



(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)



1-0049184

C21D 6/00; C22C 38/00; C22C 38/02; (13) B

C22C 38/04; C22C 38/06; C22C 38/12;

(51)^{2021.01} C22C 38/14; C22C 38/42; C22C 38/44;

C22C 38/46; C22C 38/48; C22C 38/50;

C22C 38/54; C22C 38/58; C21D 8/02

(21) 1-2022-03680

(22) 15/12/2020

(86) PCT/IB2020/061955 15/12/2020

(87) WO2021/124094 24/06/2021

(30) PCT/IB2019/060890 17/12/2019 IB

(45) 25/07/2025 448

(43) 26/09/2022 414A

(73) ARCELORMITTAL (LU)

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

(72) DE KNIJF, Dorien (BE); DUPREZ, Lode (BE); THEUWISSEN, Koenraad (BE);
WATERSCHOOT, Tom (BE).

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

(54) TẤM THÉP CÁN NÓNG VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP NÀY

(21) 1-2022-03680

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nóng có thành phần bao gồm các nguyên tố sau: $0,18\% \leq \text{cacbon} \leq 0,3\%$, $1,8\% \leq \text{mangan} \leq 4,5\%$, $0,8\% \leq \text{silic} \leq 2\%$, $0,001\% \leq \text{nhôm} \leq 0,2\%$, $0,1\% \leq \text{molybden} \leq 1\%$, $0,001\% \leq \text{titan} \leq 0,2\%$, $0,0001\% \leq \text{bo} \leq 0,01\%$, $0\% \leq \text{phospho} \leq 0,09\%$, $0\% \leq \text{lưu huỳnh} \leq 0,09\%$, $0\% \leq \text{nito} \leq 0,09\%$, $0\% \leq \text{crom} \leq 0,5\%$, $0\% \leq \text{niobi} \leq 0,1\%$, $0\% \leq \text{vanadi} \leq 0,5\%$, $0\% \leq \text{niken} \leq 1\%$, $0\% \leq \text{đồng} \leq 1\%$, $0\% \leq \text{canxi} \leq 0,005\%$, $0\% \leq \text{magie} \leq 0,0010\%$, phần còn lại bao gồm sắt và các tạp chất không tránh khỏi tạo thành trong quá trình xử lý, cấu trúc tế vi của tấm thép này, tính theo tỷ phần diện tích, bao gồm ít nhất 70% mactensit, từ 8% đến 25% austenit dư, trong đó hệ số hình dạng austenit dư này nằm trong khoảng từ 4 đến 12 và hệ số hình dạng là tỷ lệ giữa trục lớn và trục nhỏ của hợp phần vi cấu trúc. Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng này.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nóng thích hợp để dùng làm thép kết cấu hoặc để sản xuất máy móc vàng (yellow goods, tức máy xây dựng, máy đào đất, máy khai thác đá) và máy móc xanh (green goods, tức máy nông nghiệp).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, đã có những nỗ lực làm giảm khối lượng của thiết bị và cấu trúc bằng cách áp dụng các tấm thép có độ bền cao nhằm mục đích nâng cao hiệu quả sử dụng nhiên liệu cũng như giảm tác động đến môi trường. Tuy nhiên, khi độ bền của tấm thép được tăng lên, thì độ dai thường bị giảm. Do đó, trong quá trình phát triển thép có độ bền cao, điều quan trọng là làm tăng độ bền mà không làm giảm độ dai.

Nhiều nỗ lực nghiên cứu và phát triển đã được thực hiện nhằm giảm lượng vật liệu cần sử dụng bằng cách làm tăng độ bền của vật liệu. Tuy nhiên, sự gia tăng độ bền của các tấm thép lại làm giảm độ dai, và do đó cần phải phát triển các vật liệu có cả độ bền cao lẫn độ dai tốt.

Các nghiên cứu và phát triển trước đây trong lĩnh vực thép có độ bền cao và độ dai tốt đã tìm ra được nhiều phương pháp sản xuất thép có độ bền cao, một vài phương pháp trong số đó được liệt kê dưới đây để đánh giá sáng chế này:

Công bố đơn sáng chế US2006/0011274 A1 bộc lộ một quy trình tương đối mới được gọi là “tôi và phân hóa” (quenching and partitioning, Q&P) cho phép sản xuất thép có cấu trúc tế vi chứa austenit dư. Quy trình tôi và phân hóa gồm đã biết này bao gồm việc xử lý nhiệt hai bước. Sau khi nung nóng lại để thu được vi cấu trúc austenit một phần hoặc toàn bộ, thép được làm nguội tới nhiệt độ thích hợp định trước nằm giữa nhiệt độ bắt đầu mactensit (Ms) và nhiệt độ kết thúc mactensit (Mf). Cấu trúc tế vi mong muốn ở nhiệt độ tôi (quench temperature, QT) này gồm

có ferit, mactensit và austenit hoặc mactensit không chuyển hóa và austenit không chuyển hóa. Trong bước xử lý thứ hai là phân hóa, thép được giữ ở nhiệt độ QT hoặc được đưa tới nhiệt độ cao hơn, gọi là nhiệt độ phân hóa (partitioning temperature, PT), tức là, PT QT. Mục đích của bước sau là làm giàu austenit không chuyển hóa bằng cacbon thông qua việc làm cạn kiệt mactensit siêu bão hòa cacbon. Trong quy trình Q&P này, sự tạo thành các carbua sắt hoặc bainit được có ý kìm hãm, và austenit dư được ổn định để có được ưu điểm của quá trình chuyển pha do ứng suất trong các công đoạn định hình tiếp theo. Những phát triển trên được dự định để cải thiện các đặc tính cơ học và định hình của các tấm thép mỏng được dùng trong các ứng dụng ô tô. Trong các ứng dụng như vậy, không cần phải có độ dai va đập tốt và độ bền được giới hạn ở mức dưới 1.000 MPa.

Đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế EP2789699 bộc lộ phương pháp sản xuất sản phẩm thép cán nóng, như dải hoặc tấm thép cán nóng, có độ cứng Brinell ít nhất bằng 450 HBW. Phương pháp này bao gồm các bước theo thứ tự như sau: chuẩn bị phôi thép chứa, tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng, C: 0,25-0,45%, Si: 0,01-1,5%, Mn: 0,4-3,0%, Ni: 0,5-4,0%, Al: 0,01-1,2%, Cr: ít hơn 2,0%, Mo: ít hơn 1,0%, Cu: ít hơn 1,5%, V: ít hơn 0,5%, Nb: ít hơn 0,2%, Ti: ít hơn 0,2%, B: ít hơn 0,01%, Ca: ít hơn 0,01%, phần còn lại là sắt, các chất dư và các tạp chất không tránh khỏi; nung nóng phôi thép này tới nhiệt độ T_{heat} nằm trong khoảng từ 950-1350°C; cân bằng nhiệt độ; cán nóng trong khoảng nhiệt độ từ A_{r3} đến 1300°C để thu được vật liệu thép cán nóng; và tôi trực tiếp vật liệu thép cán nóng này từ nhiệt độ cán nóng tới nhiệt độ thấp hơn M_s . Cấu trúc hạt austenit trước của sản phẩm thép thu được được kéo dài theo hướng cán sao cho tỷ lệ kích thước (aspect ratio) bằng hoặc lớn hơn 1,2. Nhưng phương pháp theo EP2789699 không tạo ra được độ dẫn dài tổng bằng 15% đồng thời với độ bền kéo bằng 1.000 MPa.

EP 3282030 A1 bộc lộ tấm thép cán nóng có cấu trúc tế vi bao gồm chủ yếu là mactensit và 5,0% hoặc nhiều hơn austenit dư. Tấm thép như vậy có độ bền kéo bằng hoặc cao hơn 1,4 GPa và độ dẫn dài tổng bằng hoặc cao hơn 8,0%. Tấm thép như vậy không có được độ dẫn dài tổng bằng 15% đồng thời với độ bền kéo bằng 1.000 MPa.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là giải quyết các vấn đề nêu trên bằng cách tạo ra thép cán nóng có đồng thời:

- giới hạn chảy bằng hoặc cao hơn 850 MPa và tốt hơn nếu bằng hoặc cao hơn 880 Mpa,
- độ dẫn dài tổng bằng hoặc lớn hơn 15% và tốt hơn nếu bằng hoặc lớn hơn 15,5%.
- độ dai va đập bằng bằng hoặc lớn hơn 30 J/cm² khi được đo ở -40°C và tốt hơn nếu bằng hoặc lớn hơn 35 J/cm² khi được đo ở -40°C.

Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, các tấm thép theo sáng chế này có độ cứng bằng hoặc lớn hơn 395 BHN và tốt hơn nếu bằng hoặc lớn hơn 410BHN

Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, các tấm thép theo sáng chế này cũng có thể có độ bền kéo bằng hoặc lớn hơn 1150 MPa .

Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, các tấm thép theo sáng chế này cũng có thể có tỷ lệ giữ giới hạn chảy và độ bền kéo bằng hoặc lớn hơn 0,5.

Tốt hơn nếu thép như vậy cũng có thể có tính định hình thích hợp, cụ thể để cán với khả năng chịu hàn tốt.

Sáng chế cũng đề xuất phương pháp sản xuất các tấm thép như vậy tương hợp với các ứng dụng công nghiệp thông thường đồng thời chịu được sự thay đổi các thông số sản xuất.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Tấm thép cán nóng theo sáng chế có thể tùy ý được mạ bằng kẽm hoặc kẽm các hợp kim, để cải thiện độ bền ăn mòn.

Cacbon có mặt trong tấm thép với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,18% đến 0,3%. Cacbon là nguyên tố cần thiết để tăng cường độ bền cũng như độ cứng của thép bằng cách trợ giúp cho quá trình tạo thành mactensit ram. Nhưng hàm

lượng cacbon nhỏ hơn 0,18% sẽ không thể mang lại độ bền kéo cho thép theo sáng chế. Mặt khác, ở hàm lượng cacbon vượt quá 0,3%, thì thép có khả năng chịu hàn điểm kém cũng như không có lợi về độ dai va đập, hạn chế ứng dụng của nó để làm các bộ phận cấu trúc của máy móc vàng và máy móc xanh. Tốt hơn nếu hàm lượng được dùng trong sáng chế này nằm trong khoảng từ 0,19% đến 0,28%, và tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 0,19% đến 0,25%.

Hàm lượng mangan của thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 1,8% đến 4,5%.

Nguyên tố này có tác dụng tạo pha gama và do đó có vai trò quan trọng trong việc kiểm soát tỷ phần austenit dư. Về cơ bản, mục đích của việc bổ sung mangan là để tạo khả năng cứng hóa cho thép. Hàm lượng mangan ít nhất là 1,8% khối lượng được thấy là có thể mang lại độ bền và khả năng cứng hóa cho thép. Nhưng khi hàm lượng mangan lớn hơn 4,5% thì nó tạo ra các tác dụng ngược như làm chậm quá trình chuyển pha của austenit trong quá trình làm nguội sau khi cán nóng. Ngoài ra, hàm lượng mangan cao hơn 4,5% tăng cường sự thiên tích ở vùng tâm do đó làm giảm khả năng tạo hình và cũng như làm hỏng khả năng chịu hàn của thép. Tốt hơn nếu hàm lượng được dùng trong sáng chế này nằm trong khoảng từ 1,9% đến 4,2% và tốt hơn nữa nếu từ 2% đến 4%.

Hàm lượng silic của thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 0,8% đến 2%. Silic là chất tăng cường dung dịch rắn cho thép theo sáng chế. Ngoài ra, silic làm chậm quá trình kết tụ xementit và cũng ngăn ngừa sự tạo thành các carbua trong khi thường không thể loại bỏ hoàn toàn sự tạo thành carbua. Do đó, silic hỗ trợ sự tạo thành austenit dư ở nhiệt độ trong phòng. Tuy nhiên, hàm lượng silic lớn hơn 2% dẫn đến vấn đề về các khuyết tật bề mặt như các vết sọc gây ảnh hưởng xấu đến thép theo sáng chế. Do đó, hàm lượng nguyên tố này được kiểm soát trong phạm vi giới hạn 2% nêu trên. Tốt hơn nếu hàm lượng được dùng trong sáng chế này nằm trong khoảng từ 0,9% đến 1,9%, và tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 1% đến 1,8%.

Nhôm là nguyên tố có mặt trong tâm thép theo sáng chế với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,2%. Nhôm là nguyên tố tạo pha alpha và mang lại

độ dai cho thép theo sáng chế. Nhôm trong tấm thép có xu hướng liên kết với nito để tạo ra nhôm nitrua, do đó để dùng trong sáng chế thì hàm lượng nhôm cần phải được giữ ở mức thấp nhất có thể và tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,02% đến 0,06%.

Molypden là nguyên tố thiết yếu cấu thành từ 0,1% đến 1% thép theo sáng chế. Molypden làm tăng khả năng cứng hóa và độ dai của thép theo sáng chế bằng cách tác động đến sự tạo thành austenit dạng màng. Hàm lượng molypden ít nhất 0,1% là cần thiết để hỗ trợ sự tạo thành austenit dạng màng và mactensit ram dạng màng. Tuy nhiên, việc bổ sung quá mức molypden sẽ làm tăng giá thành hợp kim, do vậy vì các lý do kinh tế hàm lượng nguyên tố này được hạn chế ở mức 1%. Tốt hơn nếu hạn chế hàm lượng molypden trong khoảng từ 0,15% đến 0,7% và tốt hơn nữa nếu trong khoảng từ 0,15% đến 0,6%.

Titan là nguyên tố thiết yếu và có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,2% trong tấm thép theo sáng chế. Titan làm cho thép theo sáng chế có độ bền bằng cách tạo ra carbua. Nhưng khi titan có mặt với lượng lớn hơn 0,2% thì nó tạo ra độ bền và độ cứng vượt mức cho thép theo sáng chế, làm giảm độ dai quá giới hạn đã định. Tốt hơn nếu hạn chế hàm lượng titan trong khoảng từ 0,001% đến 0,15%, và và tốt hơn nữa từ 0,001% đến 0,1%.

Phospho có mặt trong thép theo sáng chế với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 0,09%. Phospho làm giảm khả năng chịu hàn điểm, độ dai nóng và độ bền, đặc biệt là do nó có xu hướng tạo thiên tích ở ranh giới hạt hoặc cùng tạo thiên tích với mangan. Vì các lý do này, hàm lượng của nó được hạn chế ở mức 0,02% và tốt hơn nếu thấp hơn 0,015%.

Lưu huỳnh không là nguyên tố thiết yếu nhưng có thể có mặt dưới dạng tạp chất trong thép và để dùng trong sáng chế thì tốt hơn nếu hàm lượng lưu huỳnh là thấp nhất có thể, nhưng nên bằng hoặc nhỏ hơn 0,09% từ khía cạnh giá thành sản xuất. Nếu lưu huỳnh có mặt với lượng cao hơn trong thép, thì nó sẽ kết hợp đặc biệt với mangan để tạo ra sulfua và làm giảm tác dụng có lợi của nó đến thép theo sáng chế, do đó tốt hơn nếu hàm lượng lưu huỳnh thấp hơn 0,003%

Nitơ được hạn chế ở mức 0,09% để tránh tác dụng hóa già vật liệu. Nitơ tạo ra nitrua, mang lại độ bền cho thép theo sáng chế bằng cách gia cường kết tụ với vanadi và niobi, nhưng khi nitơ có mặt với lượng lớn hơn 0,09% thì nó có thể tạo ra lượng lớn nhôm nitrua gây bất lợi cho sáng chế. Do đó, tốt hơn nếu giới hạn trên của nitơ bằng 0,01%, và tốt hơn nữa nếu bằng 0,005%.

Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, tổng hàm lượng của cacbon và mangan nằm trong khoảng từ 2,3% đến 4,5%.

Bo là nguyên tố tùy ý cho thép theo sáng chế và có thể có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001% đến 0,01%. Bo mang lại độ bền cho thép theo sáng chế bằng cách tạo ra các carbua và nitrua.

Crom là nguyên tố tùy ý trong sáng chế. Hàm lượng crom có thể trong thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 0% đến 0,5%. Crom là nguyên tố mang lại khả năng cứng hóa cho thép, nhưng hàm lượng crom cao hơn 0,5% sẽ dẫn đến sự thiên tích ở vùng trung tâm tương tự như mangan.

Vanadi là nguyên tố tùy ý và có thể có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 0,5% trong thép theo sáng chế. Vanadi có hiệu quả trong việc tăng cường độ bền của thép bằng cách tạo ra các carbua, nitrua hoặc carbo-nitrua và giới hạn trên của nó là 0,5% do lý do về kinh tế. Các carbua, nitrua hoặc carbo-nitrua nêu trên được tạo ra trong quá trình làm nguội sau khi cán nóng. Tốt hơn nếu giới hạn hàm lượng vanadi trong khoảng từ 0,15% đến 0,4% và tốt hơn nữa nếu từ 0,15% đến 0,3%.

Niobi là nguyên tố tùy ý trong sáng chế. Hàm lượng niobi trong thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 0% đến 0,1% và được bổ sung vào thép theo sáng chế để tạo ra các carbua hoặc carbo-nitrua nhằm mang lại độ bền cho thép theo sáng chế bằng cách gia cường kết tụ. Tốt hơn nếu giới hạn hàm lượng niobi trong khoảng từ 0% đến 0,05%

Niken có thể được bổ sung như một nguyên tố tùy ý với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 1% để làm tăng độ bền và cải thiện độ dai của thép theo sáng

ché. Lượng nhỏ nhất bằng 0,01% được ưu tiên để có được các tác dụng này. Tuy nhiên, khi hàm lượng niken lớn hơn 1%, thì nó sẽ phá hủy độ dai.

Đồng có thể được bổ sung như một nguyên tố tùy ý với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 1% để làm tăng độ bền của thép theo sáng chế và cải thiện độ bền ăn mòn của nó. Lượng nhỏ nhất bằng 0,01% được ưu tiên để có được các tác dụng này. Tuy nhiên, khi hàm lượng đồng lớn hơn 1%, thì nó có thể làm giảm các đặc tính bề mặt.

Hàm lượng canxi trong tấm thép theo sáng chế ít hơn 0,005%. Tốt hơn nếu canxi được bổ sung vào thép theo sáng chế với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,005% như một nguyên tố tùy ý, đặc biệt là trong quá trình xử lý thể vùi, nhờ đó làm chậm tác dụng có hại của lưu huỳnh.

Các nguyên tố khác như magie có thể được bổ sung với lượng $\leq 0,0010\%$ khối lượng. Lên đến mức hàm lượng tối đa được chỉ định, các nguyên tố này có thể làm mịn hạt tinh thể trong quá trình hóa rắn.

Phần còn lại của thành phần tấm thép của thép gồm có sắt và các tạp chất không tránh khỏi tạo thành trong quá trình xử lý.

Cấu trúc tế vi của tấm thép bao gồm:

Nhằm mục đích của sáng chế, hệ số hình dạng (shape factor) là tỷ lệ giữa trục lớn và trục nhỏ của hợp phần vi cấu trúc (cũng được gọi là tỷ lệ kích thước) và là số không đơn vị.

Mactensit có mặt trong tấm thép theo sáng chế với tỷ phần diện tích ít nhất bằng 70%, trong đó mactensit theo sáng chế bao gồm mactensit ram và mactensit mới, trong đó mactensit ram là pha nền của thép theo sáng chế. Mactensit ram của thép theo sáng chế có cấu trúc dạng màng và không bị giới hạn đặc biệt, mặc dù sẽ tốt hơn nếu hệ số hình dạng của nó nằm trong khoảng từ 4 đến 12 và tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 5 đến 11. Mactensit ram được tạo ra từ mactensit hình thành trong quá trình làm nguội sau bước ủ. Mactensit như vậy sau đó được ram trong quá trình giữ ở nhiệt độ phân hóa. Mactensit ram của thép theo sáng chế mang lại độ dai và độ bền. Sẽ tốt hơn nếu mactensit ram chiếm nhiều hơn 70% và

tốt hơn nữa nếu nhiều hơn 75% tỷ phần diện tích trong tổng cấu trúc tế vi. Mactensit mới cũng có thể tùy ý có mặt trong thép theo sáng chế. Mactensit mới có thể hình thành trong công đoạn làm nguội sau bước phân hóa từ austenit dư không ổn định còn lại. Mactensit mới có thể có mặt với lượng từ 0% đến 15%, tốt hơn nếu từ 0 đến 10%, còn tốt hơn nữa nếu mactensit mới không có mặt. Hệ số hình dạng của mactensit mới này nằm trong khoảng từ 4 đến 12 và tốt hơn nữa nếu từ 5 đến 11.

Austenit dư là hợp phần vi cấu trúc thiết yếu của thép theo sáng chế và có mặt với lượng từ 8% đến 25%. Austenit dư mang lại độ dai cho thép theo sáng chế. Austenit dư của thép theo sáng chế là austenit dạng màng có hệ số hình dạng nằm trong khoảng từ 4 đến 12 và tốt hơn nếu từ 5 đến 11. Austenit dư của sáng chế nằm giữa các lát mactensit ram hoặc các màng mactensit mới. Tốt hơn nếu các màng austenit dư này có độ dày nằm trong khoảng từ 15 nanomet đến 120 nanomet. Austenit dư này được tạo ra trong quá trình phân hóa. Tốt hơn nếu austenit dư theo sáng chế có mặt với lượng từ 8% đến 22% và tốt hơn nữa nếu từ 9% đến 18%.

Ngoài cấu trúc tế vi nêu trên, cấu trúc tế vi của tấm thép cán nóng không có các hợp phần vi cấu trúc khác, như peclit, ferit, bainit và xementit. Các carbua của các nguyên tố hợp kim hóa, như Mo, Fe và các kim loại khác, có thể có mặt trong thép theo sáng chế với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 5%, tuy các carbua này không được mong muốn do sự tạo thành các carbua này tiêu thụ một phần lượng cacbon, gây bất lợi cho việc ổn định austenit dư.

Tấm thép cán nóng theo sáng chế có thể được sản xuất bằng phương pháp thích hợp bất kỳ. Tốt hơn nếu phương pháp như vậy có bước đúc bán sản phẩm là thép có thành phần hóa học theo sáng chế. Bước đúc này có thể tạo ra bán sản phẩm dưới dạng thỏi hoặc phiến mỏng hoặc dải mỏng liên tục, tức là có độ dày nằm trong khoảng từ xấp xỉ 220mm đối với dạng phiến xuống tới vài chục milimet đối với dạng dải mỏng.

Ví dụ, phiến thép có thành phần hóa học như nêu trên được sản xuất bằng cách đúc liên tục, trong đó phiến thép này tùy ý được giảm mềm trực tiếp trong quá trình đúc liên tục để tránh thiên tích ở vùng tâm. Phiến thép thu được từ quá trình

đúc liên tục này có thể được sử dụng trực tiếp ở nhiệt độ cao sau khi đúc liên tục hoặc có thể trước hết được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng và sau đó được nung nóng lại để cán nóng.

Phiến thép này được nung nóng lại tới nhiệt độ từ ít nhất $Ac_3 + 50^{\circ}C$ đến $1300^{\circ}C$. Trong trường hợp nhiệt độ của phiến thép thấp hơn ít nhất $Ac_3 + 50^{\circ}C$, thì trục cán sẽ bị quá tải. Do đó, nhiệt độ của phiến thép cần đủ cao để bằng cán nóng có thể được hoàn thành toàn bộ trong vùng austenit. Cần phải tránh việc nung nóng lại ở các nhiệt độ cao hơn $1300^{\circ}C$ do điều đó sẽ làm giảm năng suất và cũng gây tổn kém chi phí công nghiệp. Do đó, tốt hơn nếu nhiệt độ nung nóng lại nằm trong khoảng từ ít nhất $Ac_3 + 100^{\circ}C$ đến $1280^{\circ}C$.

Nhiệt độ kết thúc bước cán nóng theo sáng chế ít nhất bằng Ac_3 và tốt hơn nếu nằm trong khoảng từ Ac_3 đến $Ac_3 + 100^{\circ}C$, tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ $840^{\circ}C$ đến $980^{\circ}C$ và còn tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ $850^{\circ}C$ đến $930^{\circ}C$.

Dải thép đã được cán nóng theo cách này sau đó được làm nguội từ nhiệt độ kết thúc cán nóng tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ M_s đến $20^{\circ}C$ với tốc độ làm nguội từ $10^{\circ}C/giây$ đến $200^{\circ}C/giây$. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, tốc độ làm nguội của bước này nằm trong khoảng từ $20^{\circ}C/giây$ đến $180^{\circ}C/giây$ và tốt hơn nếu nằm trong khoảng từ $50^{\circ}C/giây$ đến $150^{\circ}C/giây$.

Sau đó, dải thép đã được cán nóng này có thể tùy ý được cuộn ở nhiệt độ công đoạn cuộn nằm trong khoảng từ $20^{\circ}C$ đến $450^{\circ}C$.

Tiếp theo đó, dải thép cán nóng này được xử lý nhiệt để thu được thép theo sáng chế với các đặc tính cơ học và cấu trúc tế vi theo yêu cầu.

Dải thép cán nóng này được nung nóng từ nhiệt độ nằm trong khoảng từ $M_s - 50^{\circ}C$ đến $20^{\circ}C$ lên đến nhiệt độ ủ Tsoak nằm trong khoảng từ Ac_3 đến $Ac_3 + 250^{\circ}C$, tốt hơn nếu từ $Ac_3 + 10^{\circ}C$ đến $Ac_3 + 200^{\circ}C$, việc nung nóng như vậy được tiến hành với tốc độ nung nóng HR1 ít nhất bằng $1^{\circ}C/giây$.

Dải thép cán nóng sau đó được giữ ở Tsoak trong khoảng thời gian từ 5 giây đến 1.000 giây để đảm bảo sự tái kết tinh hoàn toàn và chuyển pha toàn bộ cấu trúc ban đầu cứng thành austenit.

Sau đó, dải thép cán nóng được làm nguội, trong đó việc làm nguội được bắt đầu từ Tsoak với tốc độ làm nguội CR1 nằm trong khoảng từ $0,1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ đến $150^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, tới nhiệt độ dừng làm nguội T1 nằm trong khoảng từ $\text{Ms}-10^{\circ}\text{C}$ đến 50°C . Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, tốc độ làm nguội CR1 trong bước làm nguội này nằm trong khoảng từ $0,1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ đến $120^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Tốt hơn nếu nhiệt độ T1 nằm trong khoảng từ $\text{Ms}-10^{\circ}\text{C}$ đến 100°C . Tốc độ làm nguội của bước làm nguội sau khi ủ nhiệt cần phải đủ cao để tránh quá trình chuyển pha austenit thành bainit để có được lượng đủ cacbon cho việc làm ổn định austenit dạng màng dư trong bước phân hóa. Trong quá trình thực hiện bước này, austenit được chuyển hóa thành mactensit, đặc biệt là sau khi vượt qua nhiệt độ Ms.

Sau đó, dải thép đã được cán nóng này được đưa tới nhiệt độ phân hóa Tpartition nằm trong khoảng từ $\text{Ms}+150^{\circ}\text{C}$ đến $\text{Ms}-150^{\circ}\text{C}$ và dải thép đã được cán nóng này được giữ ở Tpartition trong khoảng thời gian từ 5 giây đến 1.000 giây. Tốt hơn nếu nhiệt độ Tpartition này nằm trong khoảng từ $\text{Ms}+100^{\circ}\text{C}$ đến $\text{Ms}-100^{\circ}\text{C}$, và tốt hơn nếu thời gian lưu giữ ở Tpartition nằm trong khoảng từ 200 giây đến 1.000 giây và tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 400 giây đến 1.000 giây. Trong quá trình thực hiện bước này, cacbon từ mactensit được phân hóa và tiêu thụ bởi austenit để ổn định ở nhiệt độ trong phòng. Tốt hơn nếu thời gian lưu giữ dải thép đã được cán nóng này ở nhiệt độ phân hóa được chọn sao cho austenit dư có hàm lượng trung bình của cacbon trong austenit bằng ít nhất 0,9%.

Tiếp theo đó, dải thép cán nóng này được làm nguội xuống tới nhiệt độ trong phòng với tốc độ làm nguội CR2 nằm trong khoảng từ $0,1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ đến $10^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và tốt hơn nếu nằm trong khoảng từ $0,1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ đến $5^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, để thu được tấm thép cán nóng. Trong quá trình làm nguội này, mactensit mới có thể được tạo thành từ một số austenit không ổn định còn lại. Tốt hơn nếu tấm thép cán nóng thu được như vậy có độ dày nằm trong khoảng từ 2mm đến 25mm, tốt hơn nữa nếu nằm trong

khoảng từ 2 mm đến 20 mm, và còn tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 4mm đến 15 mm.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các thử nghiệm, ví dụ, ví dụ minh họa bằng hình vẽ và các bảng được trình bày dưới đây về bản chất không có tính hạn chế và cần được coi là chỉ nhằm mục đích minh họa, và sẽ thể hiện các đặc điểm có lợi của sáng chế.

Các tấm thép được làm từ thép có các thành phần khác nhau được liệt kê trong Bảng 1, trong đó các tấm thép này được tạo ra theo các thông số quy trình như được liệt kê tương ứng trong Bảng 2. Tiếp theo đó, Bảng 3 liệt kê các cấu trúc tế vi của tấm thép thép thu được trong quá trình thử nghiệm và Bảng 4 liệt kê kết quả đánh giá các đặc tính thu được.

Ac3 được tính toán bằng cách sử dụng công thức sau đây:

$$\begin{aligned} Ac3 = & 910 - 203[C]^{(1/2)} - 15,2[Ni] + 44,7[Si] + 104[V] + 31,5[Mo] \\ & + 13,1[W] - 30[Mn] - 11[Cr] - 20[Cu] + 700[P] + 400[Al] \\ & + 120[As] + 400[Ti] \end{aligned}$$

Ms được tính toán bằng cách sử dụng công thức sau đây:

$$\begin{aligned} Ms = & 545 - 601,2 * (1 - EXP(-0,868[C])) - 34,4[Mn] - 13,7[Si] - 9,2[Cr] \\ & - 17,3[Ni] - 15,4[Mo] + 10,8[V] + 4,7[Co] - 1,4[Al] - 16,3[Cu] \\ & - 361[Nb] - 2,44[Ti] - 3448[B] \end{aligned}$$

trong đó hàm lượng các nguyên tố được biểu thị theo tỷ lệ phần trăm khối lượng của tấm thép cán nóng.

Bảng 1

Thép	C	Mn	Si	Al	Mo	Ti	B	P	S	N	Cr	Nb	V	Ni	Cu	Ac3	Ms
A	0,21	3,92	1,48	0,056	0,21	0,030	0,0020	0,005	0,0027	0,003	0,009	0	0,0030	0	0,007	770	311
B	0,19	2,20	1,50	0,015	0,37	0,002	0,0002	0,003	0,0015	0,005	0,210	0,004	0,0040	0,008	0,019	825	369
C	0,24	2,19	1,48	0,022	0,20	0,001	0,0003	0,003	0,0020	0,001	0,201	0,055	0,0050	0,005	0,011	820	349
D	0,21	3,93	1,44	0,03	<u>0,006</u>	0,034	0,0025	0,002	0,0020	0,003	0,009	0	0,0040	0	0,006	766	313
E	0,20	2,13	1,43	0,03	<u>0,003</u>	0,006	0	0,003	0,0080	0,002	0,210	0,009	0,0009	0,004	0,011	820	368
F	0,24	2,16	1,48	0,02	<u>0,003</u>	0,001	0,0030	0,003	0,0010	0,002	0,200	0,063	0,0061	0,005	0,011	816	353

I = mẫu theo sáng chế; R = mẫu so sánh; các giá trị gạch chân: không theo sáng chế.

Bảng 2: Các thông số của quy trình tạo ra thép trong Bảng 1.

Mẫu thử nghiệm	Thép	T nung nóng lại (°C)	T kết thúc HR (°C)	Tốc độ làm nguội sau khi HR (°C/giây)	T dừng làm nguội (°C)	HR1 (°C/giây)	T ủ nhiệt (°C)	Bước ủ			Bước phân hóa			
								Thời gian ủ nhiệt (giây)	T1 (°C)	CR1 (°C/giây)	T phân hóa (°C)	Thời gian lưu giữ (giây)	CR2 (°C/giây)	T dừng làm nguội (°C)
I1	A	1.250	850	129	25	1,62	830	480	130	0,44	400	480	0,1	25
I2	B	1.250	850	143	25	1,96	850	900	250	26	400	480	0,5	25
I3	C	1.250	900	117	25	2	850	480	215	30	300	900	0,23	25
R1	D	1.250	850	91	25	1,48	826	480	130	0,45	400	480	0,4	25
R2	<u>E</u>	1.250	850	104	25	1,93	851	900	230	109	400	480	0,28	25
R3	<u>F</u>	1.250	900	124	25	1,83	857	480	215	25	300	900	0,33	25

I = mẫu theo sáng chế; R = mẫu so sánh; các giá trị gạch chân: không theo sáng chế.

Bảng 3 minh họa kết quả của các thử nghiệm được tiến hành theo các tiêu chuẩn trên các kính hiển vi khác nhau như kính hiển vi điện tử quét hoặc nhiễu xạ tia X để xác định cấu trúc tế vi của cả thép theo sáng chế lẫn thép so sánh.

Bảng 3: Các kết quả thử nghiệm

Mẫu thử nghiệm	Mactensit (%)	Austenit dư (%)	Hệ số hình dạng của austenit dư
I1	84	16	5,6
I2	90	10	6,0
I3	88	12	5,6
R1	84	16	<u>2,6</u>
R2	93	<u>7</u>	<u>3,7</u>
R3	89	11	<u>2,1</u>

I = mẫu theo sáng chế; R = mẫu so sánh; các giá trị gạch chân: không theo sáng chế.

Bảng 4 minh họa các đặc tính cơ học của cả thép theo sáng chế lẫn thép so sánh. Để xác định độ bền kéo, giới hạn chảy và độ dẫn dài tổng, các thử nghiệm kéo được tiến hành theo tiêu chuẩn NBN EN ISO6892-1 với các mẫu thử kéo A25. Độ dai được xác định bằng thử nghiệm Charpy được tiến hành theo ISO 148-1. Kết quả thu được từ các thử nghiệm cơ học khác nhau được tiến hành theo các tiêu chuẩn đã biết.

Bảng 4: Các đặc tính cơ học

Mẫu thử nghiệm	Giới hạn chảy (MPa)	Độ dẫn dài tổng (%)	Độ dai (J/cm ²)	Độ bền kéo (MPa)	Độ cứng (BHN)
I1	1.145	15,5	36	1.291	473
I2	1.011	16,9	59	1.200	415
I3	886	17,9	59	1.216	422
R1	1.184	16,6	<u>16</u>	1.325	480
R2	<u>827</u>	16,6	41	1.116	275
R3	981	<u>14,4</u>	39	1.281	390

I = mẫu theo sáng chế; R = mẫu so sánh; các giá trị gạch chân: không theo sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép cán nóng có thành phần bao gồm các nguyên tố với hàm lượng được biểu thị theo tỷ lệ phần trăm theo khối lượng như sau:

$$0,18\% \leq \text{cacbon} \leq 0,3\%$$

$$1,8\% \leq \text{mangan} \leq 4,5\%$$

$$0,8\% \leq \text{silic} \leq 2\%$$

$$0,001\% \leq \text{nhôm} \leq 0,2\%$$

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

$$0,001\% \leq \text{titan} \leq 0,2\%$$

$$0\% \leq \text{phospho} \leq 0,09\%$$

$$0\% \leq \text{lưu huỳnh} \leq 0,09\%$$

$$0\% \leq \text{nito} \leq 0,09\%$$

và có thể chứa một hoặc nhiều nguyên tố tùy ý sau đây:

$$0,0001\% \leq \text{bo} \leq 0,01\%$$

$$0\% \leq \text{crom} \leq 0,5\%$$

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

$$0\% \leq \text{vanadi} \leq 0,5\%$$

$$0\% \leq \text{niken} \leq 1\%$$

$$0\% \leq \text{đồng} \leq 1\%$$

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

$$0\% \leq \text{magie} \leq 0,0010\%$$

phần còn lại bao gồm sắt và các tạp chất không tránh khỏi tạo thành trong quá trình xử lý, cấu trúc tế vi của tấm thép này bao gồm, tính theo tỷ phần diện tích, ít nhất 70% mactensit, từ 8% đến 25% austenit dư, trong đó hệ số

hình dạng của austenit dư này nằm trong khoảng từ 4 đến 12 và hệ số hình dạng là tỷ lệ giữa trục lớn và trục nhỏ của hợp phần vi cấu trúc.

2. Tấm thép cán nóng theo điểm 1, trong đó tấm thép này có thành phần bao gồm silic với hàm lượng từ 0,9% đến 1,9%.
3. Tấm thép cán nóng theo điểm 1 hoặc 2, trong đó tấm thép này có thành phần bao gồm cacbon với hàm lượng từ 0,19% đến 0,28%.
4. Tấm thép cán nóng theo điểm 3, trong đó tấm thép này có thành phần bao gồm titan với hàm lượng từ 0,001% đến 0,15%.
5. Tấm thép cán nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó tấm thép này có thành phần bao gồm mangan với hàm lượng từ 1,9% đến 4,2%.
6. Tấm thép cán nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó tấm thép này có thành phần bao gồm molypden với hàm lượng từ 0,15% đến 0,7%.
7. Tấm thép cán nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó tấm thép này có thành phần bao gồm nhôm với hàm lượng từ 0,02% đến 0,06%.
8. Tấm thép cán nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó tổng hàm lượng của cacbon và mangan nằm trong khoảng từ 2,3% đến 4,5%.
9. Tấm thép cán nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó lượng austenit dư nằm trong khoảng từ 8% đến 22%.
10. Tấm thép cán nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó tấm thép này có giới hạn chảy bằng hoặc lớn hơn 850 MPa, và độ dẫn dài tổng bằng hoặc lớn hơn 15%, trong đó giới hạn chảy và độ dẫn dài tổng được xác định theo tiêu chuẩn NBN EN ISO6892-1.

11. Tấm thép cán nóng theo điểm 10, trong đó tấm thép này có giới hạn chảy bằng hoặc lớn hơn 880 MPa, trong đó giới hạn chảy được xác định theo tiêu chuẩn NBN EN ISO6892-1.
12. Tấm thép cán nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11, trong đó hệ số hình dạng của mactensit ram và austenit dư nằm trong khoảng từ 5 đến 11 và hệ số hình dạng là tỷ lệ giữa trục lớn và trục nhỏ của hợp phần vi cấu trúc.
13. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng, bao gồm các bước kế tiếp sau đây:
 - chuẩn bị thép có thành phần theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8;
 - nung nóng lại bán sản phẩm có thành phần thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8 tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ $Ac3 + 50^{\circ}C$ đến $1300^{\circ}C$;
 - cán bán sản phẩm này trong vùng austenit, trong đó nhiệt độ kết thúc bước cán nóng ít nhất bằng $Ac3$ để thu được dải thép cán nóng;
 - tùy ý cuộn dải thép cán nóng này ở nhiệt độ bước cuộn nằm trong khoảng từ $200^{\circ}C$ đến $450^{\circ}C$;
 - làm nguội dải thép đã được cán nóng này từ nhiệt độ kết thúc bước cán nóng tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ Ms đến $20^{\circ}C$, với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ $10^{\circ}C/giây$ đến $200^{\circ}C/giây$;
 - nung nóng dải thép đã được cán nóng này từ nhiệt độ nằm trong khoảng từ $Ms-50^{\circ}C$ đến $20^{\circ}C$ tới nhiệt độ Tsoak nằm trong khoảng từ $Ac3$ đến $Ac3+250^{\circ}C$, với tốc độ nung nóng HR1 ít nhất bằng $1^{\circ}C/giây$, và giữ ở nhiệt độ này trong khoảng thời gian từ 5 đến 1.000 giây;
 - làm nguội dải thép đã được cán nóng này, trong đó việc làm nguội bắt đầu từ Tsoak tới nhiệt độ dừng làm nguội T1 nằm trong khoảng từ $Ms-10^{\circ}C$ đến $50^{\circ}C$, với tốc độ làm nguội CR1 nằm trong khoảng từ $0,1^{\circ}C/giây$ đến $150^{\circ}C/giây$;

- đưa nhiệt độ dải thép đã được cán nóng này từ T1 tới nhiệt độ phân hóa T_{partition} nằm trong khoảng từ Ms-150°C đến Ms +150°C và giữ dải thép cán nóng này trong khoảng thời gian từ 5 giây đến 1.000 giây;
 - làm nguội dải thép đã được cán nóng này xuống nhiệt độ phòng với tốc độ làm nguội CR2 nằm trong khoảng từ 0,1°C/giây đến 10°C/giây để thu được tấm thép cán nóng.
14. Phương pháp theo điểm 13, trong đó nhiệt độ kết thúc bước cán nóng nằm trong khoảng từ 840°C đến 980°C.
 15. Phương pháp theo điểm 13 hoặc 14, trong đó tốc độ làm nguội trong bước làm nguội sau khi cán nóng nằm trong khoảng từ 20°C/giây đến 180°C/giây.
 16. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 hoặc 14, trong đó nhiệt độ T_{partition} nằm trong khoảng từ Ms+100°C đến Ms-100°C.