



(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)



1-0052730

C22C 38/58; C21D 8/02; C21D 9/46; (13) B

C22C 38/00; C22C 38/02; C22C 38/06;

(51)^{2022.01} C22C 38/22; C22C 38/38; C22C 38/44;

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

C22C 38/54; C21D 6/00; C21D 6/02

(21) 1-2022-08053

(22) 20/07/2020

(86) PCT/IB2020/056787 20/07/2020

(87) WO2022/018481 27/01/2022

(45) 27/10/2025 451

(43) 25/08/2023 425A

(73) ARCELORMITTAL (LU)

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

(72) LHOIST, Vincent (FR); HEBERT, Véronique (FR); SIEBENTRITT, Matthieu (FR).

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

(54) TẤM THÉP CÁN NGUỘI NHIỆT LUYỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT

(21) 1-2022-08053

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nguội nhiệt luyện bao gồm các nguyên tố sau đây: $0,1\% \leq C \leq 0,2\%$; $1,2\% \leq Mn \leq 2,2\%$; $0,05\% \leq Si \leq 0,6\%$; $0,001\% \leq$
 $\leq 0,1\%$; $0,01\% \leq Cr \leq 0,5\%$; $0\% \leq S \leq 0,09\%$; $0\% \leq P \leq 0,09\%$; $0\% \leq N \leq$
 $0,09\%$; $0\% \leq Mo \leq 0,5\%$; $0\% \leq Ti \leq 0,1\%$; $0\% \leq Nb \leq 0,1\%$; $0\% \leq V \leq 0,1\%$;
 $0\% \leq Ni \leq 1\%$; $0\% \leq Cu \leq 1\%$; $0\% \leq Ca \leq 0,005\%$; $0\% \leq B \leq 0,05\%$; 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 thép này bao gồm, tính theo tỷ phần diện tích, mactensit ram từ
60% đến 85%, tổng lượng ferit và bainit từ 15% đến 38%, lượng tùy ý austenit dư
từ 0% đến 5% và lượng tùy ý mactensit mới từ 0% đến 5%, trong đó tấm thép này
có độ bền kéo tới hạn từ 980 MPa đến 1.150MPa theo hướng ngang, và độ bền kéo
tới hạn từ 980 MPa đến 1.150 MPa theo hướng cán.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nguội có độ bền cao và khả năng tạo hình tốt.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các chi tiết ô tô cần thỏa mãn hai yêu cầu trái ngược là dễ tạo hình và bền chắc, nhưng trong những năm gần đây yêu cầu thứ ba về cải thiện mức tiêu thụ nhiên liệu cũng được đặt ra do những lo ngại về môi trường toàn cầu. Do đó, hiện nay các chi tiết ô tô phải được làm bằng vật liệu có khả năng tạo hình tốt để phù hợp với tiêu chí dễ lắp ráp trong dây chuyền sản xuất ô tô phức tạp, đồng thời cải thiện được khả năng chống va chạm và tuổi thọ của xe cộ trong khi vẫn giảm được khối lượng xe cộ nhằm cải thiện hiệu suất nhiên liệu.

Do đó, đã có nhiều nỗ lực nghiên cứu và phát triển nhằm làm giảm lượng vật liệu sử dụng trong xe hơi bằng cách tăng độ bền của vật liệu. Thế nhưng việc tăng độ bền của tấm thép thường làm giảm khả năng tạo hình của nó, và do vậy cần phải phát triển các vật liệu có cả độ bền cao lẫn khả năng tạo hình tốt.

Các nghiên cứu và phát triển trước đây trong lĩnh vực thép tấm có độ bền cao và khả năng tạo hình tốt đã tìm ra được nhiều phương pháp sản xuất thép tấm có độ bền cao và khả năng tạo hình tốt, một vài trong số đó được liệt kê dưới đây làm xuất phát điểm cho sáng chế này.

EP3187608 bộc lộ tấm thép mạ nhúng nóng có độ bền cao và độ bền kéo (tensile strength, TS) lớn hơn hoặc bằng 1.300 MPa và mỹ mãn các đặc tính vật liệu vượt trội về độ dai và tính đồng đều trong mặt phẳng (in-plane uniformity), cũng như phương pháp sản xuất tấm thép như vậy. Tấm thép mạ nhúng nóng có độ bền cao đó có thành phần cụ thể bao gồm C, Si, Mn, v. v... Trong thành phần hóa học đó, hàm lượng Ti [Ti] và hàm lượng N [N] thỏa mãn điều kiện $[Ti] > 4[N]$. Tấm thép mạ nhúng nóng có độ bền cao đó có cấu trúc tế vi bao gồm mactensit với tỷ phần diện tích lớn hơn hoặc bằng 60% và nhỏ

hơn hoặc bằng 90%, ferit đa cạnh với tỷ phần diện tích lớn hơn 5% và nhỏ hơn hoặc bằng 40%, và austenit dư với tỷ phần diện tích nhỏ hơn 3% (bao gồm 0%). Độ cứng trung bình của mactensit lớn hơn hoặc bằng 450 và nhỏ hơn hoặc bằng 600 theo thang độ cứng Vickers, và đường kính hạt tinh thể trung bình của mactensit nhỏ hơn hoặc bằng 10 μm . Độ lệch chuẩn của đường kính hạt tinh thể của mactensit nhỏ hơn hoặc bằng 4,0 μm . EP3187608 cũng có thể tạo ra độ bền kéo cao hơn 980MPa nhưng không có độ giãn dài cao hơn hoặc bằng 8%.

EP3473741 bộc lộ tấm thép có độ bền kéo cao hơn hoặc bằng 950 MPa và độ dai tốt và phương pháp sản xuất tấm thép như vậy. Tấm thép như vậy có thành phần cụ thể và cấu trúc kim tương bao gồm: ferit với tỷ phần diện tích bằng hoặc ít hơn 30% (bao gồm cả 0%), mactensit ram với tỷ phần diện tích bằng hoặc lớn hơn 70% (bao gồm cả 100%), và austenit dư tỷ với phần diện tích bằng hoặc ít hơn 4,5% (bao gồm cả 0%), trong đó tỷ lệ kích thước trung bình của carbua nền sắt, kết tụ trong các hạt mactensit ram, có 10% cỡ hạt lớn nhất bằng hoặc lớn hơn 3,5. Nhưng thép theo EP3473741 không có được độ bền kéo tới hạn bằng hoặc lớn hơn 950 theo cả hai hướng cán và hướng ngang.

Các giải pháp đã biết để sản xuất thép tấm có độ bền cao và khả năng tạo hình tốt vẫn bị nhược điểm ở mặt này hoặc mặt khác: do đó vẫn có nhu cầu về tấm thép cán nguội có độ bền cao và khả năng tạo hình tốt cũng như phương pháp sản xuất tấm thép như vậy.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là nhằm giải quyết các vấn đề nêu trên bằng cách đề xuất tấm thép cán nguội có đồng thời:

- độ bền kéo tới hạn nằm trong khoảng từ 980MPa đến 1.150MPa theo cả hướng ngang lẫn hướng cán và tốt hơn nếu từ 980 MPa đến 1.150MPa theo cả hướng ngang lẫn hướng cán.

Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, độ giãn dài tổng của tấm thép này lớn hơn hoặc bằng 8%.

Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, giới hạn chảy của tấm thép này nằm trong khoảng từ 700MPa đến 850MPa theo cả hướng ngang lẫn hướng cán và tốt hơn nếu từ 720 MPa đến 850MPa theo cả hướng ngang lẫn hướng cán.

Tốt hơn nếu tấm thép như vậy cũng có thể thích hợp để tạo hình, đặc biệt là để cán với khả năng chịu hàn tốt và khả năng tiếp nhận lớp mạ tốt.

Một mục đích nữa của sáng chế là cũng đề xuất phương pháp sản xuất các tấm thép như vậy theo cách tương thích với các ứng dụng công nghiệp thông thường đồng thời không nhạy cảm với sự biến động các thông số của quy trình sản xuất

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Các dấu hiệu kỹ thuật và ưu điểm khác của sáng chế sẽ được làm rõ trong phần mô tả chi tiết sau đây của sáng chế.

Cacbon có mặt trong tấm thép với lượng từ 0,1% đến 0,2%. Cacbon là nguyên tố cần thiết để tăng cường độ bền của tấm thép bằng cách tạo ra pha chuyển hóa ở nhiệt độ thấp như mactensit. Hàm lượng C nhỏ hơn 0,1% sẽ không cho phép tạo thành mactensit và mactensit ram, từ đó làm giảm độ bền cũng như độ dai. Mặt khác, ở hàm lượng cacbon vượt quá 0,2%, vùng hàn và vùng bị ảnh hưởng bởi nhiệt bị hóa cứng đáng kể, và do vậy làm suy giảm các đặc tính cơ học của vùng hàn. Giới hạn ưu tiên của cacbon là từ 0,12 đến 0,19% và tốt hơn nữa nếu từ 0,13 đến 0,17%.

Hàm lượng mangan của thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 1,2% đến 2,2%. Mangan là nguyên tố mang lại độ bền. Hàm lượng mangan tối thiểu khoảng 1,2% khối lượng được xác định là cần thiết để tạo ra độ bền và khả năng cứng hóa cho tấm thép này. Do đó, hàm lượng của mangan lớn hơn như từ 1,3% đến 2,1% là được ưu tiên. Nhưng khi hàm lượng mangan lớn hơn 2,2%, thì sẽ xảy ra tác dụng ngược như làm chậm quá trình chuyển pha của austenit thành ferit trong quá trình làm nguội chậm sau bước ủ, dẫn đến làm giảm độ dai. Ngoài ra, hàm lượng mangan lớn hơn 2,2% cũng sẽ làm giảm khả năng chịu hàn của thép theo sáng chế. Do đó, giới hạn ưu tiên của Mn trong thép theo sáng chế là từ 1,3% đến 2,1% và tốt hơn nếu từ 1,6% đến 2,0%.

Silic là nguyên tố thiết yếu của thép theo sáng chế. Silic có mặt với hàm lượng từ 0,05% đến 0,6%. Silic được bổ sung vào thép theo sáng chế để mang lại độ bền bằng cách gia cường dung dịch rắn. Silic góp phần vào việc tạo thành cấu trúc tế vi bằng cách

ngăn ngừa sự kết tụ carbua và thúc đẩy sự tạo thành mactensit. Nhưng khi hàm lượng silic lớn hơn 0,6%, thì các đặc tính bề mặt và khả năng chịu hàn của thép bị hư hại, do đó tốt hơn nữa nếu hàm lượng silic nằm trong khoảng từ 0,1% đến 0,5% và tốt hơn nữa nếu 0,1% đến 0,4%.

Hàm lượng nhôm của thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,1%. Nhôm được bổ sung để khử oxy cho thép theo sáng chế. Nhôm nguyên tố tạo pha alpha. Điều này có thể làm tăng khả năng tạo hình và độ dai của thép. Để thu được hiệu quả như vậy, hàm lượng nhôm cần phải ở mức 0,001% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, khi hàm lượng nhôm vượt quá 0,1%, thì điểm Ac3 sẽ tăng quá mức có thể chấp nhận được, thì rất khó để thu được pha austenit đơn nhất ở quy mô công nghiệp vì không thể tiến hành cán nóng trong vùng austenit hoàn toàn. Do đó, hàm lượng nhôm không được lớn hơn 0,1%. Phạm vi ưu tiên đối với hàm lượng nhôm là từ 0,001% đến 0,09% và tốt hơn nữa nếu từ 0,001% đến 0,06%.

Hàm lượng crom của thép theo sáng chế là từ 0,01% đến 0,5%. Crom là nguyên tố thiết yếu để tạo ra độ bền và làm tăng độ cứng cho thép, nhưng khi được dùng với hàm lượng lớn hơn 0,5% thì độ hoàn thiện bề mặt của thép sẽ bị suy giảm. Giới hạn ưu tiên của hàm lượng crom là từ 0,1% đến 0,4% và tốt hơn nữa nếu từ 0,1% đến 0,3%.

Hàm lượng phospho của thép theo sáng chế được giới hạn ở mức 0,09%. Phospho là nguyên tố tăng cứng trong dung dịch rắn và cũng gây trở ngại cho sự tạo thành carbua. Do đó, một lượng nhỏ phospho, ít nhất khoảng 0,002%, có thể có lợi, nhưng phospho cũng có các tác dụng ngược, như làm giảm khả năng chịu hàn điểm và độ dai nóng, đặc biệt là do xu hướng tạo thiên tích ở ranh giới hạt hoặc cùng tạo thiên tích với mangan. Vì các lý do này, tốt hơn nếu hàm lượng P được giới hạn ở mức lớn nhất bằng 0,09%.

Lưu huỳnh không phải là nguyên tố thiết yếu nhưng có thể có mặt dưới dạng tạp chất trong thép với lượng lên đến 0,09%. Tốt hơn nếu hàm lượng lưu huỳnh được giữ ở mức thấp nhất có thể, nhưng hàm lượng từ 0,001% đến 0,03% là được ưu tiên xét từ khía cạnh chi phí sản xuất. Ngoài ra, nếu lưu huỳnh có mặt với lượng cao hơn trong thép, thì nó sẽ kết hợp đặc biệt là với Mn và Ti để tạo ra sulfua và làm giảm tác dụng có lợi của chúng trong sáng chế.

Nitơ được giới hạn ở mức 0,09% để tránh hóa già vật liệu. Nitơ có thể tạo thành nitrua hoặc cacbonitrua với cacbon và mang lại độ bền cho thép theo sáng chế bằng cách

gia cường kết tụ với vanadi và niobi nhưng khi hàm lượng nito lớn hơn 0,09% thì nó có thể tạo ra lượng lớn nhôm nitrua gây bất lợi cho thép theo sáng chế, do đó phạm vi ưu tiên của nito là từ 0,001% đến 0,01%.

Molypden là nguyên tố tùy ý và có mặt với lượng từ 0% đến 0,5% trong thép theo sáng chế; Molypden làm tăng khả năng cứng hóa của thép theo sáng chế và tác động đến quá trình chuyển pha austenit thành ferit và bainit trong công đoạn làm nguội sau bước ủ. Tuy nhiên, việc bổ sung molypden quá mức làm tăng chi phí của các nguyên tố hợp kim bổ sung, nên hàm lượng của nó được giới hạn ở mức 0,5% vì các lý do kinh tế.

Niobi là nguyên tố tùy ý và có thể được bổ sung vào thép với hàm lượng lên đến 0,1%, tốt hơn nếu hàm lượng niobi nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,1%. Nó là nguyên tố thích hợp để tạo thành cacbonitrua mang lại độ bền cho thép theo sáng chế bằng cách kết tụ tăng độ cứng. Do niobi làm chậm quá trình tái kết tinh khi nung nóng, nên cấu trúc tế vi được tạo thành ở cuối giai đoạn duy trì nhiệt độ và nhờ vậy mà sau khi hoàn thành bước ủ sẽ thu được cấu trúc mịn hơn, dẫn đến làm tăng độ cứng của thép. Nhưng khi hàm lượng niobi lớn hơn 0,1%, thì lượng lớn cacbonitrua tạo thành sẽ không còn có lợi cho thép theo sáng chế vì nó làm giảm độ dai của thép.

Titan là nguyên tố tùy ý và có thể được bổ sung vào thép theo sáng chế với hàm lượng lên đến 0,1%, tốt hơn nếu hàm lượng Ti nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,1%. Giống như niobi, nó liên quan tới việc tạo thành cacbonitrua và có vai trò trong việc làm tăng độ cứng. Nhưng nó cũng liên quan đến việc tạo ra TiN xuất hiện trong quá trình hóa rắn sản phẩm đúc. Do vậy, hàm lượng Ti được giới hạn ở mức 0,1% để tránh tạo ra TiN thô gây bất lợi cho khả năng nóng rộng lỗ. Trong trường hợp hàm lượng titan ít hơn 0,001% thì nó không có bất kỳ tác dụng gì đối với thép theo sáng chế.

Vanadi là nguyên tố tùy ý và có thể được bổ sung vào thép theo sáng chế với hàm lượng lên đến 0,1%, tốt hơn nếu hàm lượng V nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,01%. Giống như niobi, nó liên quan tới việc tạo thành cacbonitrua và có vai trò trong việc làm tăng độ cứng. Nhưng nó cũng liên quan đến việc tạo ra VN xuất hiện trong quá trình hóa rắn sản phẩm đúc. Lượng V do vậy được giới hạn ở mức 0,1% để tránh tạo ra VN thô gây bất lợi cho khả năng nóng rộng lỗ. Trong trường hợp hàm lượng vanadi ít hơn 0,001% thì nó không có bất kỳ tác dụng gì đối với thép theo sáng chế.

Niken có thể được bổ sung dưới dạng 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. Hàm lượng Ni tối thiểu 0,01% là cần thiết để tạo ra tác dụng như vậy. Tuy nhiên, khi hàm lượng Ni lớn hơn 1%, thì Ni sẽ làm giảm độ dai.

Đồng có thể được bổ sung dưới dạng nguyên tố tùy ý với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 1% để làm tăng độ bền của thép và để tăng cường độ bền chống ăn mòn. Hàm lượng Cu tối thiểu 0,01% là cần thiết để tạo ra tác dụng như vậy. Tuy nhiên, khi hàm lượng Cu lớn hơn 1%, thì nó sẽ làm giảm độ dai nóng trong quá trình cán nóng.

Canxi là nguyên tố tùy ý và có thể được bổ sung vào thép theo sáng chế với hàm lượng lên đến 0,005%, tốt hơn nếu hàm lượng Ca nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,005%. Canxi được bổ sung vào thép theo sáng chế dưới dạng nguyên tố tùy ý, đặc biệt là khi xử lý thể vùi. Canxi góp phần vào việc tinh luyện thép bằng cách bắt giữ lưu huỳnh có hại trong cấu trúc dạng cầu.

Các nguyên tố khác như xeri, bo, magie hoặc zirconi có thể được bổ sung một cách riêng rẽ hoặc kết hợp với hàm lượng thỏa mãn điều kiện sau đây: $Ce \leq 0,1\%$, $B \leq 0,05\%$, $Mg \leq 0,05\%$ và $Zr \leq 0,05\%$. Với hàm lượng lên tới mức lớn nhất nêu trên, các nguyên tố này có thể giúp cho việc làm mịn hạt tinh thể trong quá trình hóa rắn.

Phần còn lại của thành phần tấm thép của thép bao gồm sắt và các tạp chất không tránh khỏi trong quá trình sản xuất.

Cấu trúc tế vi của tấm thép theo sáng chế bao gồm từ 60% đến 85% mactensit ram, từ 0% đến 5% austenit dư, từ 0% đến 5% mactensit mới và tổng lượng ferit và bainit bằng từ 15% đến 38% tính theo tỷ phần diện tích. Mactensit ram cấu thành pha nền của thép theo sáng chế

Mactensit ram chiếm từ 60% đến 85% cấu trúc tế vi tính theo tỷ phần diện tích. Mactensit ram được tạo ra từ mactensit tạo thành trong bước làm nguội thứ hai sau bước ủ và đặc biệt là khi nhiệt độ giảm xuống dưới nhiệt độ M_s , và cụ thể hơn đến nhiệt độ từ $M_s - 10^\circ\text{C}$ đến 15°C . Mactensit như vậy sau đó được ram trong giai đoạn duy trì ở nhiệt độ ram T_{temper} nằm trong khoảng từ 150°C đến 300°C . Mactensit như vậy mang lại độ dai và độ bền cho thép theo sáng chế. Tốt hơn nếu lượng mactensit chiếm từ 62% đến 80% và tốt hơn nữa nếu từ 62% đến 75%.

Mactensit mới là hợp phần vi lượng tùy ý và được giới hạn trong thép theo sáng chế với lượng từ 0% đến 5%, tốt hơn nếu từ 0% đến 2% và tốt hơn nữa nếu bằng 0%. Mactensit mới có thể tạo thành trong quá trình làm nguội cuối sau bước ram.

Tổng lượng ferit và bainit chiếm từ 15% đến 38% trong cấu trúc tế vi. Tổng lượng bainit và ferit lớn hơn 15% là bắt buộc để đảm bảo sự cân bằng giữa độ bền và độ giãn dài, trong đó sự có mặt của bainit mang lại độ bền kéo 980 MPa và ferit đảm bảo độ giãn dài. Bainit tạo thành trong quá trình nung nóng lại trước bước ram. Bainit có thể mang lại độ bền cho thép, nhưng khi có mặt với lượng quá lớn thì nó có thể tác động xấu đến giới hạn chảy của thép. Ferit mang lại độ giãn dài cũng như khả năng tạo hình cho thép theo sáng chế. Để đảm bảo độ giãn dài bằng 8% và tốt hơn nếu bằng hoặc lớn hơn 9%, thì tốt hơn nếu có 10% ferit. Ferit được tạo ra trong bước làm nguội thứ nhất sau bước ủ. Nhưng khi tổng lượng bainit và ferit lớn hơn 38% thì các đặc tính cơ học có thể bị ảnh hưởng bất lợi, đặc biệt là độ bền kéo và giới hạn chảy theo hướng ngang. Do đó, tốt hơn nếu tổng lượng ferit và bainit được giữ nằm trong khoảng từ 20% đến 37% và tốt hơn nữa nếu từ 25% đến 36%.

Austenit dư là cấu trúc tế vi tùy ý và có thể có mặt với lượng từ 0% đến 5% trong tấm thép. Lượng austenit dư lên đến 5% không gây hại cho các đặc tính cơ học. Lượng austenit dư lên đến 5% mang lại độ dai và độ giãn dài cho thép. Tốt hơn nếu lượng austenit dư nằm trong khoảng từ 0% đến 3% và tốt hơn nữa nếu từ 0% đến 2%.

Ngoài các cấu trúc tế vi nêu trên, cấu trúc tế vi của tấm thép cán nguội này không chứa các hợp phần vi cấu trúc như peclit và xementit.

Thép theo sáng chế có thể được sản xuất bởi các phương pháp thích hợp bất kỳ. Tuy nhiên, tốt hơn nếu sử dụng phương pháp theo sáng chế, mà sẽ được mô tả chi tiết dưới đây như ví dụ không mang tính giới hạn.

Phương pháp ưu tiên bao gồm bước chuẩn bị bán thành phẩm đúc từ thép có thành phần hóa học của thép ban đầu theo sáng chế. Công đoạn đúc có thể được thực hiện bằng cách đúc thành thỏi hoặc đúc liên tục thành dạng phôi dẹt hoặc dải mỏng, tức là với độ dày khoảng từ xấp xỉ 220mm đối với phôi dẹt cho đến vài chục milimet đối với dải mỏng.

Ví dụ, phôi dẹt có thành phần hóa học theo sáng chế được sản xuất bằng công đoạn đúc liên tục trong đó phôi dẹt này tùy ý được ép nhẹ trực tiếp (direct soft reduction)

trong công đoạn đúc liên tục để tránh thiên tích ở vùng trung tâm và để đảm bảo tỷ lệ giữa cacbon cục bộ và cacbon danh định được giữ ở mức nhỏ hơn 1,10. Phôi dẹt thu được từ công đoạn đúc liên tục có thể được sử dụng trực tiếp ở nhiệt độ cao ngay sau công đoạn đúc liên tục hoặc có thể đầu tiên được làm nguội đến nhiệt độ phòng và sau đó được nung nóng lại để cán nóng.

Nhiệt độ của phôi dẹt, khi đưa vào bước cán nóng, cần bằng ít nhất 1.000°C và phải thấp hơn 1.280°C . Trong trường hợp nhiệt độ của phôi dẹt thấp hơn 1.000°C , tải trọng quá mức bị ép lên trục cán, và ngoài ra nhiệt độ của thép có thể giảm xuống tới nhiệt độ chuyển pha ferit trong bước cán cuối cùng, vì vậy thép sẽ được cán ở trạng thái trong đó ferit chuyển hóa có mặt trong cấu trúc. Do đó, nhiệt độ của phôi dẹt cần phải đủ cao sao cho bước cán nóng được hoàn thành trong khoảng nhiệt độ từ Ac_3 đến $\text{Ac}_3+100^{\circ}\text{C}$. Cần phải tránh nung nóng lại ở nhiệt độ cao hơn 1.280°C do chi phí công nghiệp cao.

Tấm thép thu được theo cách này sau đó được làm nguội ở tốc độ làm nguội bằng ít nhất 20°C/s đến nhiệt độ công đoạn cuộn thấp hơn 650°C . Tốt hơn nếu tốc độ làm nguội này thấp hơn hoặc bằng 200°C/s .

Tấm thép cán nóng này sau đó được cuộn ở nhiệt độ công đoạn cuộn thấp hơn 650°C để tránh tạo thành hình bầu dục và tốt hơn là từ 475°C đến 625°C để tránh tạo thành lớp vảy gỉ, tốt hơn nếu nhiệt độ công đoạn cuộn này nằm trong khoảng từ 500°C đến 625°C . Sau đó, tấm thép cán nóng ở dạng cuộn được làm nguội xuống tới nhiệt độ phòng trước khi đưa vào bước ủ dải nóng tùy ý.

Tấm thép cán nóng này có thể tùy ý được đưa vào bước loại bỏ lớp vảy gỉ để loại bỏ lớp vảy gỉ tạo thành trong quá trình cán nóng trước bước ủ dải nóng tùy ý. Sau đó, tấm cán nóng này có thể được đưa vào bước ủ dải nóng tùy ý. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, bước ủ dải nóng như vậy được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 400°C đến 750°C , tốt hơn trong ít nhất 12 giờ và không nhiều hơn 96 giờ, tốt hơn nếu nhiệt độ được giữ thấp hơn 750°C để tránh cho cấu trúc tế vi của tấm thép cán nóng bị chuyển pha một phần và, do đó, có thể làm mất độ đồng đều của cấu trúc tế vi. Sau đó, tùy ý bước loại bỏ lớp vảy gỉ trên tấm thép cán nóng có thể được thực hiện bằng cách, ví dụ, tẩy gỉ tấm thép này.

Tấm thép cán nóng thu được sau đó được đưa tới bước cán nguội để thu được tấm thép cán nguội với tỷ lệ giảm độ dày từ 35% đến 90%.

Tiếp đó, tấm thép cán nguội được nhiệt luyện để có được các đặc tính cơ học và cấu trúc tế vi yêu cầu của thép theo sáng chế.

Tấm thép cán nguội này sau đó được nung nóng theo quy trình nung nóng hai bước, trong đó ở bước thứ nhất tấm thép cán nguội này được nung nóng từ nhiệt độ phòng, với tốc độ nung nóng HR1 bằng ít nhất 10°C/s, tới nhiệt độ HT1 nằm trong khoảng từ 550°C đến 750°C. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, tốc độ nung nóng HR1 của bước nung nóng thứ nhất này bằng ít nhất 12°C/s và tốt hơn nữa nếu bằng ít nhất 15°C/s. Tốt hơn nếu nhiệt độ HT1 của bước thứ nhất này nằm trong khoảng từ 575°C đến 725°C và tốt hơn nữa nếu từ 575°C đến 700°C.

Trong bước nung nóng thứ hai, tấm thép cán nguội được nung nóng từ HT1 tới nhiệt độ ủ Tsoak nằm trong khoảng từ Ac3 đến Ac3 + 100°C, tốt hơn là từ Ac3 + 10°C đến Ac3 + 100°C, với tốc độ nung nóng HR2 từ 1°C/s đến 15°C/s. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, tốc độ nung nóng HR2 của bước nung nóng thứ hai nằm trong khoảng từ 1°C/s đến 8°C/s và tốt hơn nếu từ 1°C/s đến 4°C/s, trong đó Ac3 của tấm thép này được tính toán bằng cách sử dụng công thức sau đây:

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

trong đó hàm lượng các nguyên tố được biểu thị theo phần trăm khối lượng của tấm thép cán nguội này.

Tấm thép cán nguội này được giữ ở Tsoak trong từ 10 giây đến 500 giây để đảm bảo sự tái kết tinh hoàn toàn và quá trình chuyển pha toàn bộ cấu trúc ban đầu có độ cứng cao thành austenit.

Tấm thép cán nguội này sau đó được làm nguội theo quy trình làm nguội hai bước, trong đó bước làm nguội thứ nhất bắt đầu từ Tsoak, tấm thép cán nguội được làm nguội, ở tốc độ làm nguội CR1 từ 1°C/s đến 15°C/s, tới nhiệt độ T1 nằm trong khoảng từ 630°C đến 685°C. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, tốc độ làm nguội CR1 của bước làm nguội thứ nhất này là từ 1°C/s đến 10°C/s và tốt hơn nếu từ 1°C/s đến

4°C/s. Tốt hơn nếu nhiệt độ T1 của bước thứ nhất này nằm trong khoảng từ 640°C đến 685°C và tốt hơn nữa nếu từ 650°C đến 685°C.

Trong bước làm nguội thứ hai, tấm thép cán nguội này được làm nguội từ T1 xuống tới nhiệt độ T2 nằm trong khoảng từ Ms-10°C đến 15°C, với tốc độ làm nguội CR2 bằng ít nhất 100°C/s. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, tốc độ làm nguội CR2 của bước làm nguội thứ hai bằng ít nhất 200°C/s và tốt hơn nếu bằng ít nhất 300°C/s. Tốt hơn nếu nhiệt độ T2 của bước thứ hai này nằm trong khoảng từ Ms-20°C đến 20°C và tốt hơn nữa nếu từ Ms-50°C đến 20°C.

Nhiệt độ Ms của tấm thép này được tính toán bằng cách sử dụng công thức sau đây:

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

Sau đó, tấm thép cán nguội được nung nóng lại tới nhiệt độ ram Ttemper nằm trong khoảng từ 150°C đến 300°C với tốc độ nung nóng bằng ít nhất 5°C/s và tốt hơn nếu bằng ít nhất 10°C/s và tốt hơn nữa nếu bằng hoặc cao hơn 12°C/s trong từ 100 giây đến 600 giây. Tốt hơn nếu nhiệt độ ram nằm trong khoảng từ 175°C đến 280°C và tốt hơn nếu thời gian giữ ở Ttemper nằm trong khoảng từ 200 giây đến 500 giây.

Theo sáng chế, nhiệt độ ram được chọn sao cho độ chênh lệch giữa T1 và Ttemper nằm trong khoảng từ 415°C đến 455°C. ΔT được xác định như sau:

$$\Delta T = (T1 - Ttemper)$$

Nếu ΔT nhỏ hơn 415°C thì tổng lượng bainit và ferit sẽ vượt quá 38%, gây bất lợi cho các đặc tính cơ học đặc biệt là độ bền kéo theo hướng ngang. Khi ΔT lớn hơn 455°C thì lượng mactensit ram sẽ quá cao, khiến cho độ bền kéo tới hạn theo hướng cán của thép theo sáng chế vượt quá 1.150 MPa. Tốt hơn nếu ΔT nằm trong khoảng từ 420°C đến 440°C

Sau đó, tấm thép cán nguội thu được được làm nguội xuống tới nhiệt độ phòng để thu được tấm thép cán nguội nhiệt luyện.

Tấm thép cán nguội nhiệt luyện theo sáng chế có thể tùy ý được mạ bằng kẽm hoặc các hợp kim kẽm, hoặc bằng nhôm hoặc các hợp kim nhôm để tăng cường độ bền chống ăn mòn.

Tấm thép cán nguội nhiệt luyện này cũng có thể được mạ bằng quy trình bất kỳ trong số các quy trình công nghiệp đã biết như mạ điện, JVD, PVD, v.v..

Sau đó, tùy ý công đoạn ủ theo mẻ bổ sung có thể được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 150°C và 300°C trong từ 30 phút đến 120 giờ.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các thử nghiệm và ví dụ được trình bày dưới đây không nhằm giới hạn sáng chế và mà chỉ nhằm mục đích minh họa, và sẽ làm rõ các đặc điểm có lợi của sáng chế và giải thích rõ ý nghĩa của các thông số được các tác giả sáng chế lựa chọn sau khi thực hiện các thử nghiệm và thiết lập các đặc tính có thể đạt được bằng thép theo sáng chế.

Chuẩn bị các mẫu thử làm từ thép theo sáng chế và một số loại thép so sánh có thành phần được nêu trong Bảng 1 và các thông số xử lý được nêu trong Bảng 2. Các cấu trúc tế vi tương ứng của các tấm thép này được nêu trong Bảng 3 và các đặc tính được nêu trong Bảng 4.

Bảng 1 liệt kê các loại thép với thành phần được tính theo phần trăm khối lượng.

Bảng 1: Thành phần của các mẫu thử nghiệm

Thép	C	Mn	Si	Al	Cr	P	S	N	Mo	Ti	Nb	V	Ni	B
1	0,15	1,90	0,19	0,04	0,18	0,0031	0,001	0,0034	0,002	0,02	0,001	0,06	0,015	0,001
2	0,15	1,90	0,18	0,04	0,18	0,0031	0,001	0,004	0,0021	0,02	0,001	0,06	0,015	0,001
3	0,15	1,89	0,21	0,03	0,19	0,0025	0,0013	0,005	0,0031	0,025	0,001	0,03	0,02	0,001
4	0,15	1,88	0,20	0,03	0,18	0,0018	0,0012	0,0045	0,0022	0,025	0,001	0,02	0,015	0,001
5	0,15	1,91	0,20	0,03	0,19	0,0016	0,0025	0,004	0,0035	0,025	0,001	0,02	0,017	0,001
6	0,15	1,87	0,21	0,027	0,18	0,0018	0,0023	0,004	0,0043	0,025	0,001	0,02	0,015	0,001
7	0,14	1,87	0,21	0,027	0,18	0,0018	0,0023	0,004	0,0043	0,025	0,001	0,02	0,015	0,001
8	0,15	1,88	0,20	0,025	0,20	0,0023	0,0021	0,004	0,0043	0,025	0,001	0,03	0,015	0,001

Bảng 2 liệt kê các thông số quy trình của bước ủ được áp dụng với thép nêu trong Bảng 1.

Bảng 2: Các thông số quy trình của các mẫu thử nghiệm

Bảng 2a

Mẫu thử nghiệm	Mẫu Thép	HR1 (°C/s)	HT1 (°C)	HR2 (°C/s)	Tsoak (°C)	Thời gian ngâm nhiệt (s)	T1 (°C)	CR1 (°C/s)
I1	1	17	640	1,8	850	154	680	1,5
I2	2	15	620	1,8	849	164	680	1,4
I3	3	15	600	1,9	850	164	664	1,5
I4	4	20	600	2,7	850	117	660	2,1
R1	5	15	530	3,1	865	137	<u>690</u>	1,7
R2	6	15	560	2,3	855	154	667	1,6s
R3	7	15	600	2,3	855	154	665	1,6
R4	8	12	560	2,2	850	189	670	1,2

Các giá trị gạch chân: không theo sáng chế

Bảng 2b

Mẫu thử nghiệm	T2 (°C)	CR2 (°C/s)	Tốc độ nung nóng đến Ttemper (°C/s)	Ttemper (°C)	Thời gian ram (s)	ΔT (°C)	Ms (°C)	Ac3 (°C)
I1	20	650	14	260	270	420	402	826
I2	20	598	13	260	289	420	400	825
I3	20	583	11	230	289	434	400	820
I4	20	812	15	229	206	431	402	815
R1	20	728	13	230	241	<u>460</u>	399	813
R2	20	625	13	260	271	<u>407</u>	405	818
R3	20	623	13	255	271	<u>410</u>	405	818
R4	20	510	11	260	333	<u>410</u>	402	818

Các giá trị gạch chân: không theo sáng chế.

Toàn bộ các mẫu ví dụ và ví dụ so sánh được nung nóng lại tới nhiệt độ bằng 1.200°C và sau đó được cán nóng, trong đó nhiệt độ kết thúc bước cán nóng bằng 890°C, tiếp đó dải thép cán nóng được làm nguội với tốc độ bằng 80°C/s, được cuộn ở 530°C và được cán nguội với tỷ lệ giảm độ dày bằng 50% trong tất cả các mẫu ví dụ và ví dụ so sánh.

Bảng 3 liệt kê 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 để xác định thành phần vi cấu trúc của cả mẫu thép thử nghiệm theo sáng chế và mẫu thử nghiệm thép so sánh.

Bảng 3: Cấu trúc tế vi của các mẫu thử nghiệm

Mẫu thép	Mactensit (được ram)	Ferit + Bainit	Austenit dư	Mactensit mới
I1	71	29	0	0
I2	74	26	0	0
I3	67	33	0	0
I4	64	36	0	0
R1	<u>87</u>	<u>13</u>	0	0
R2	61	<u>39</u>	0	0
R3	<u>53</u>	<u>47</u>	0	0
R4	<u>57</u>	<u>43</u>	0	0

Các giá trị gạch chân: không theo sáng chế.

Bảng 4 liệt kê các đặc tính cơ học của cả thép theo sáng chế và thép so sánh. Thử nghiệm xác định độ bền kéo, giới hạn chảy và độ giãn dài tổng được tiến hành theo tiêu chuẩn NF EN ISO 6892.

Bảng 4: Các đặc tính cơ học của các mẫu thử nghiệm

Mẫu thử nghiệm	Độ bền kéo (MPa) TD	Độ bền kéo (MPa) RD	Giới hạn chảy (MPa) TD	Giới hạn chảy (MPa) RD	Độ giãn dài tổng (%)
I1	1069	1064	798	807	8,0
I2	1072	1064	789	797	9,4
I3	1044	1035	719	744	9,4
I4	1076	1076	737	767	9,8
R1	<u>1177</u>	<u>1159</u>	887	895	8,7
R2	<u>960</u>	<u>958</u>	653	670	11,5
R3	<u>959</u>	<u>954</u>	652	662	10,4
R4	<u>971</u>	<u>966</u>	658	732	9,1

Các giá trị gạch chân: không theo sáng chế.

Các ví dụ này cho thấy rằng chỉ các tấm thép theo sáng chế có được toàn bộ các đặc tính mục tiêu nhờ vào thành phần cụ thể và cấu trúc tế vi của chúng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tầm thép cán nguội nhiệt luyện, có thành phần bao gồm các nguyên tố sau đây, được biểu thị theo hàm lượng khối lượng:

$$0,1\% \leq C \leq 0,2\%;$$

$$1,2\% \leq Mn \leq 2,2\%;$$

$$0,05\% \leq Si \leq 0,6\%;$$

$$0,001\% \leq Al \leq 0,1\%;$$

$$0,01\% \leq Cr \leq 0,5\%;$$

$$0\% \leq S \leq 0,09\%;$$

$$0\% \leq P \leq 0,09\%;$$

$$0\% \leq N \leq 0,09\%;$$

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

$$0\% \leq Mo \leq 0,5\%;$$

$$0\% \leq Ti \leq 0,1\%;$$

$$0\% \leq Nb \leq 0,1\%;$$

$$0\% \leq V \leq 0,1\%;$$

$$0\% \leq Ni \leq 1\%;$$

$$0\% \leq Cu \leq 1\%;$$

$$0\% \leq Ca \leq 0,005\%;$$

$$0\% \leq B \leq 0,05\%;$$

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 thép này bao gồm, tính theo tỷ phần diện tích, mactensit ram từ 60% đến 85%, tổng lượng ferit và bainit từ 15% đến 38%, lượng tùy ý austenit dư từ 0% đến 5% và lượng tùy ý mactensit mới từ 0% đến 5%,

trong đó tầm thép này có độ bền kéo tới hạn từ 980 MPa đến 1.150MPa theo hướng ngang, và độ bền kéo tới hạn từ 980 MPa đến 1.150 MPa theo hướng cán.

2. Tấm thép cán nguội nhiệt luyện theo điểm 1, trong đó thành phần của tấm thép này bao gồm từ 0,12% đến 0,19% cacbon.
3. Tấm thép cán nguội nhiệt luyện theo điểm 1 hoặc 2, trong đó thành phần của tấm thép này bao gồm từ 0,1% đến 0,5% silic.
4. Tấm thép cán nguội nhiệt luyện theo điểm 1 hoặc 2, trong đó thành phần của tấm thép này bao gồm từ 0,001% đến 0,09% nhôm.
5. Tấm thép cán nguội nhiệt luyện theo điểm 1 hoặc 2, trong đó thành phần của tấm thép này bao gồm từ 1,3% đến 2,1% mangan.
6. Tấm thép cán nguội nhiệt luyện theo điểm 1 hoặc 2, trong đó thành phần của tấm thép này bao gồm từ 0,1% đến 0,4% crom.
7. Tấm thép cán nguội nhiệt luyện theo điểm 1 hoặc 2, trong đó lượng mactensit ram nằm trong khoảng từ 62% đến 80%.
8. Tấm thép cán nguội nhiệt luyện theo điểm 1 hoặc 2, trong đó tổng lượng ferit và bainit nằm trong khoảng từ 20% đến 37%.
9. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội nhiệt luyện, bao gồm các bước kế tiếp sau đây:
 - chuẩn bị bán sản phẩm từ thép có thành phần theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6;
 - nung nóng lại bán sản phẩm này tới nhiệt độ từ 1.000°C đến 1.280°C;
 - cán bán sản phẩm này trong vùng austenit, trong đó nhiệt độ kết thúc bước cán nóng nằm trong khoảng từ Ac_3 đến $Ac_3 + 100^\circ C$ để thu được tấm thép cán nóng;
 - làm nguội tấm thép này với tốc độ làm nguội bằng ít nhất 20°C/s tới nhiệt độ công đoạn cuộn thấp hơn 650°C; và cuộn tấm cán nóng này;
 - làm nguội tấm cán nóng này tới nhiệt độ phòng;
 - tùy ý thực hiện quy trình loại bỏ lớp vảy gỉ trên tấm thép cán nóng này;
 - tùy ý thực hiện bước ủ tấm thép cán nóng;

- tùy ý thực hiện quy trình loại bỏ lớp vảy gỉ trên tấm thép cán nóng này;
 - cán nguội tấm thép đã cán nóng này với tỷ lệ giảm độ dày từ 35% đến 90% để thu được tấm thép cán nguội;
 - sau đó nung nóng tấm thép cán nguội này theo quy trình nung nóng hai bước, trong đó:
 - o bước nung nóng thứ nhất là nung nóng tấm thép cán nguội từ nhiệt độ phòng tới nhiệt độ HT1 nằm trong khoảng từ 550°C đến 750°C, với tốc độ nung nóng HR1 bằng ít nhất 10°C/s,
 - o bước nung nóng thứ hai là nung nóng từ nhiệt độ HT1 tới nhiệt độ Tsoak nằm trong khoảng từ Ac3 đến Ac3+100°C, với tốc độ nung nóng HR2 từ 1°C/s đến 15°C/s, sau đó giữ trong từ 10 đến 500 giây,
 - sau đó làm nguội tấm thép này cán nguội theo quy trình làm nguội hai bước, trong đó:
 - o bước làm nguội thứ nhất là làm nguội tấm thép cán nguội này từ Tsoak xuống tới nhiệt độ T1 nằm trong khoảng từ 630°C đến 685°C, với tốc độ làm nguội CR1 từ 1°C/s đến 15°C/s,
 - o bước làm nguội thứ hai là làm nguội tấm thép cán nguội này từ T1 xuống tới nhiệt độ T2 nằm trong khoảng từ Ms-10°C đến 15°C, với tốc độ làm nguội CR2 bằng ít nhất 100°C/s,
 - sau đó nung nóng lại tấm thép cán nguội với tốc độ bằng ít nhất 5°C/s tới nhiệt độ ram Ttemper nằm trong khoảng từ 150°C đến 300°C, sau đó giữ từ 100 đến 600 giây sao cho $\Delta T = (T1 - Ttemper)$ phải nằm trong khoảng từ 415°C đến 455°C;
 - sau đó làm nguội xuống đến nhiệt độ phòng với tốc độ làm nguội bằng ít nhất 1°C/s để thu được tấm thép cán nguội nhiệt luyện.
10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó nhiệt độ công đoạn cuộn nằm trong khoảng từ 475°C đến 625°C.
11. Phương pháp theo điểm 9 hoặc 10, trong đó Tsoak nằm trong khoảng từ Ac3+10°C đến Ac3+100°C.

12. Phương pháp theo điểm 9 hoặc 10, trong đó CR1 nằm trong khoảng từ 1°C/s đến 10°C/s .
13. Phương pháp theo điểm 9 hoặc 10, trong đó T1 nằm trong khoảng từ 640°C đến 685°C .
14. Phương pháp theo điểm 9 hoặc 10, trong đó CR2 bằng ít nhất 200°C/s .
15. Phương pháp theo điểm 9 hoặc 10, trong đó T2 nằm trong khoảng từ $\text{Ms}-20^{\circ}\text{C}$ đến 20°C .
16. Phương pháp theo điểm 9 hoặc 10, trong đó Ttemper nằm trong khoảng từ 175°C đến 280°C .