



(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)



1-0044977

(51)^{2020.01} C22C 38/00; C22C 38/38; C21D 9/46

(13) B

(21) 1-2021-03858

(22) 29/11/2019

(86) PCT/CN2019/121868 29/11/2019

(87) WO 2020/108597 A1 04/06/2020

(30) 201811444049.0 29/11/2018 CN

(45) 25/04/2025 445

(43) 27/09/2021 402A

(71) BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD. (CN)

No.885, Fujin Road, Baoshan District, Shanghai 201900, China

(72) XUE, Peng (CN); ZHU, Xiaodong (CN); LI, Wei (CN).

(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) TẤM THÉP CÁN NGUỘI LOẠI 980MPA CÓ TỶ LỆ NONG RỘNG LỖ CAO,
PHẦN TRĂM ĐỘ GIÃN DÀI CAO HƠN VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM
THÉP NÀY

(21) 1-2021-03858

(57) Sáng chế đề cập đến các tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nong rộng lỗ cao và phần trăm độ giãn dài cao hơn cũng như phương pháp sản xuất các tấm thép này. Phần trăm theo khối lượng của các thành phần hóa học trong tấm thép này như sau: C: 0,08%~0,12%, Si: 0,1%~1,0%, Mn: 1,9%~2,6%, Al: 0,01%~0,05%, Cr: 0,1~0,55%, Mo: 0,1~0,5%, Ti: 0,01~0,1%, phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi khác. Tấm thép này có giới hạn chảy lớn hơn 600MPa, độ bền kéo lớn hơn 980MPa, phần trăm độ giãn dài lớn hơn 11%, tỷ lệ nong rộng lỗ bằng 45% hoặc cao hơn, và độ bền kéo lên tới cấp độ 980MPa; vi cấu trúc là ferit cộng với bainit cộng với martensit, có tỷ lệ theo thể tích của ferit lớn hơn 10%, tỷ lệ theo thể tích của bainit lớn hơn 30%, và tỷ lệ theo thể tích của martensit lớn hơn 15%; vi cấu trúc này còn bao gồm kết tủa có kích thước nano được phân bố đều và phân tán, kích thước trung bình của kết tủa này nhỏ hơn 20nm.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nguội và phương pháp sản xuất tấm thép này, cụ thể là đề cập đến tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nong rộng lỗ cao, độ giãn dài cao hơn và phương pháp sản xuất tấm thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Do cuộc khủng hoảng năng lượng toàn cầu và các vấn đề về môi trường ngày càng trở nên nghiêm trọng nên việc dự trữ và đảm bảo an toàn năng lượng đã trở thành hướng phát triển chính cho ngành công nghiệp sản xuất ô tô. Thép có độ bền cao có các tính chất cơ học và khả năng bảo trì tốt, và thích hợp cho việc sản xuất các cấu kiện.

Để đem lại tỷ lệ nong rộng lỗ cao cho tấm thép cán nguội truyền thống, phương pháp thông thường là cho phép chất nền có tỷ lệ cấu trúc bainit cao (thường là thép có cấu trúc pha phức hợp với hàm lượng bainit lớn hơn 70%) bằng lộ trình xử lý liên tục là ủ + hóa già quá mức ở nhiệt độ trung bình, theo đó làm giảm sự thay đổi về độ bền của cấu trúc và làm tăng tỷ lệ nong rộng lỗ. Loại tấm thép có tỷ lệ nong rộng lỗ cao này có các nhược điểm cố hữu sau: Tỷ lệ cấu trúc bainit cao có thể đảm bảo tỷ lệ nong rộng lỗ cao nhưng tỷ lệ giãn dài của chất nền có tỷ lệ cấu trúc bainit cao lại không cao, và khả năng gia công bị giảm.

Ngoài ra, một số loại thép cán nguội có độ bền cao khác có tỷ lệ nong rộng lỗ cao đã được bộc lộ trong các tài liệu sau đây:

Công bố đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Mỹ US20180023155A1 bộc lộ tấm thép cán nguội có độ bền siêu cao loại 980MPa hoặc cao hơn, có độ giãn dài tuyệt vời và tỷ lệ nong rộng lỗ tuyệt vời và phương pháp sản xuất tấm thép này, trong đó C: 0,1-0,5%, Si: 0,8-4,0%, Mn: 1,0-4,0%, P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,015%, S:

nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%, Al: 0-2%, N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%, Ti: 0,02-0,15%, và có thể bổ sung thêm các nguyên tố tùy ý khác. Cấu trúc cuối cùng cần chứa pha ferit, pha bainit và pha martensit, và cần chứa 10-25% pha austenit dư. Điểm đặc trưng đó là việc bổ sung Si được tin là sẽ tạo ra austenit dư, theo đó thu được độ giãn dài tốt hơn và tỷ lệ nong rộng lỗ tốt hơn, và tỷ lệ nong rộng lỗ của loại 980MPa có thể đạt đến 30% hoặc cao hơn.

Công bố bằng sáng chế Hàn Quốc số KR1858852B1 bộc lộ thép cán nguội có độ bền siêu cao loại 980MPa hoặc cao hơn có độ giãn dài cao, độ cứng cao và tỷ lệ nong rộng lỗ tuyệt vời và phương pháp sản xuất tấm thép này, trong đó C: 0,06-0,2%, Si: 0,3-2,5%, Mn: 1,5-3,0%, Al: 0,01-0,2%, Mo: 0-0,2%, Ti: 0,01-0,05%, Ni: 0,01-3,0%, Sb: 0,02-0,05%, B: 0,0005-0,003%, N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%, và phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi khác. Điểm đặc trưng đó là bằng cách kiểm soát tỷ lệ của martensit được ram so với martensit trong quy trình và tăng cường bổ sung Si, cấu trúc cuối cùng sẽ chứa nhiều hơn 20% austenit dư, và cuối cùng, thu được các tính chất tạo hình tổng thể tốt hơn.

Cả hai tài liệu nêu trên đều giới thiệu phương pháp để thu được tỷ lệ nong rộng lỗ tốt hơn bằng cách bổ sung Si để thu được austenit dư, và cả hai tài liệu này đều dựa trên việc bổ sung lượng lớn Si.

Hiện tại, thép DP và thép QP có độ bền siêu cao đều có độ bền và độ dẻo tốt nhưng tỷ lệ nong rộng lỗ (khoảng từ 20% đến 35%) lại thấp hơn nhiều so với tỷ lệ nong rộng lỗ của thép mềm truyền thống dùng cho xe ô tô. Mặc dù tỷ lệ nong rộng lỗ của thép CP cao nhưng độ giãn dài của nó lại rất thấp. Do đó, nếu sản phẩm có độ giãn dài không thấp hơn độ giãn dài của thép DP và tỷ lệ nong rộng lỗ cao hơn được phát triển nó sẽ có triển vọng ứng dụng rộng rãi.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nong rộng lỗ cao và độ giãn dài cao, và phương pháp sản xuất tấm thép này. Tấm thép này có giới hạn chảy lớn hơn 600 MPa, độ bền kéo lớn hơn 980MPa, độ giãn dài lớn hơn 11%, và độ xoắn $\geq 45\%$. Tấm thép này có cấp độ bền là 980MPa. Cấu

trúc cuối cùng bao gồm nhiều hơn 30% bainit để thu được tỷ lệ nồng độ lỗ cao; tỷ lệ theo thể tích của martensit lớn hơn 15% để đảm bảo độ bền; và cấu trúc còn lại nhiều hơn 10% ferrit để đảm bảo độ giãn dài cao. Các kết tủa có kích thước nano được phân bố đều và phân tán trong cấu trúc thu được, để thu được tác dụng tăng cường kết tủa cao và làm giảm sự chênh lệch về độ bền giữa các pha, theo đó thu được tỷ lệ nồng độ lỗ tuyệt vời.

Để đạt được mục đích nêu trên, giải pháp kỹ thuật được sáng chế đề xuất như sau:

Thành phần theo thiết kế của thép theo sáng chế là hệ pha trộn chủ yếu cấu thành từ C+Mn+Cr+Mo+Ti, trong đó cách phối hợp C, Mn, Cr và Mo đảm bảo rằng quá trình biến đổi pha kiểu khuếch tán – quá trình biến đổi pha của ferit xuất hiện sau khi cán và cuộn nóng, tạo ra một số lượng lớn các kết tủa có kích thước nano nằm giữa các pha; đường cong C của bainit dịch chuyển sang trái, vì vậy tỷ lệ theo thể tích cuối cùng của bainit lớn hơn 30%; và thu được độ thấm tối nhất định, vì vậy tỷ lệ theo thể tích của martensit trong cấu trúc cuối cùng lớn hơn 15%.

Cụ thể, tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nồng độ lỗ cao và độ giãn dài cao theo sáng chế có thành phần hóa học tính theo phần trăm khối lượng là: C: 0,08%-0,12%, Si: 0,1%-1,0%, Mn: 1,9%-2,6%, Al: 0,01%-0,05%, Cr: 0,1-0,55%, Mo: 0,1-0,5%, Ti: 0,01-0,1%, và phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi khác, trong đó các hệ thức sau đây được thỏa mãn: $1,8 \geq 5 \times [C] + 0,4 \times [Si] + 0,1 \times ([Mn] + [Cr] + [Mo])^2 \geq 1,3$, $[Mo] \geq 3 \times [Ti]$.

Vì cấu trúc của tấm thép cán nguội theo sáng chế là ferit + bainit + martensit, cộng với các kết tủa có kích thước nano được phân bố đều và phân tán (nghĩa là, được tán xạ ra toàn bộ xung quanh), trong đó bainit có tỷ lệ theo thể tích lớn hơn 30%; martensit có tỷ lệ theo thể tích lớn hơn 15%; và các kết tủa có kích thước trung bình nhỏ hơn 20 nm. Thông thường, trong vi cấu trúc của tấm thép cán nguội theo sáng chế, tỷ lệ theo thể tích của martensit có giới hạn trên là 35%; tỷ lệ theo thể tích của ferit có giới hạn trên là 30%; và tỷ lệ theo thể tích của bainit có giới hạn trên là 75%. Tốt hơn, nếu trong vi cấu trúc của tấm thép cán nguội theo

sáng chế, tỷ lệ theo thể tích của bainit lớn hơn 35%, và tỷ lệ theo thể tích của martensit lớn hơn 20%. Theo một số phương án, trong vi cấu trúc của tấm thép cán nguội theo sáng chế, tỷ lệ theo thể tích của bainit lớn hơn 35%, và tỷ lệ theo thể tích của martensit lớn hơn 15%. Tốt hơn, nếu trong vi cấu trúc của tấm thép cán nguội theo sáng chế, tỷ lệ theo thể tích của martensit nằm trong khoảng từ lớn hơn 15% đến 35%, tốt hơn là từ 20 đến 35%; tỷ lệ theo thể tích của ferit nằm trong khoảng từ lớn hơn 10% đến 30%; và tỷ lệ theo thể tích của bainit nằm trong khoảng từ lớn hơn 30% đến 75%, tốt hơn là từ 35 đến 75%. Tấm thép cán nguội theo sáng chế không chứa austenit dư trong vi cấu trúc này.

Giới hạn chảy của tấm thép theo sáng chế là 600 MPa hoặc cao hơn, tốt hơn là 650 MPa hoặc cao hơn, và tốt hơn nữa là 700 MPa hoặc cao hơn. Theo một số phương án, giới hạn chảy của tấm thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 600 đến 850 MPa, ví dụ, nằm trong khoảng từ 700 đến 850 MPa. Độ bền kéo của tấm thép theo sáng chế là 980MPa hoặc cao hơn, tốt hơn là 1000 MPa hoặc cao hơn, và tốt hơn nữa là 1020 MPa hoặc cao hơn. Theo một số phương án, độ bền kéo của tấm thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 980 đến 1100 MPa, ví dụ, nằm trong khoảng từ 1000 đến 1100 MPa. Độ giãn dài của tấm thép theo sáng chế là 11% hoặc cao hơn, tốt hơn là 11,5%, và tốt hơn nữa là 12,0% hoặc cao hơn. Tỷ lệ nong rộng lỗ của tấm thép theo sáng chế $\geq 45\%$, tốt hơn là $\geq 50\%$, tốt hơn nữa là $\geq 55\%$.

Trong thiết kế thành phần của tấm thép theo sáng chế:

C: Trong tấm thép theo sáng chế, việc bổ sung nguyên tố C có thể cải thiện độ bền của thép, và đảm bảo sự xuất hiện của quá trình biến đổi pha của martensit và tạo ra các kết tủa có kích thước nano. Hàm lượng C được chọn nằm trong khoảng từ 0,08% đến 0,12%, vì nếu hàm lượng C nhỏ hơn 0,08%, không thể đảm bảo đủ lượng bainit và martensit được tạo ra trong quá trình ủ, và không thể đảm bảo đủ lượng kết tủa có kích thước nano được tạo ra, theo đó ảnh hưởng đến độ bền của tấm thép. Nếu hàm lượng C cao hơn 0,12%, độ cứng của martensit sẽ quá cao, và hạt sẽ có kích thước thô. Điều này không có lợi cho khả năng tạo hình của tấm thép. Cũng không dễ xuất hiện quá trình biến đổi pha của ferit sau khi cán và cuộn nóng, và không thể tạo ra các kết tủa có kích thước nano. Tốt hơn, nếu hàm

lượng C là 0,08%-0,1% hoặc là 0,09-0,11%.

Si: Việc bổ sung Si có thể cải thiện độ thấm tôi. Ngoài ra, Si được hòa tan trong chất rắn trong thép có thể ảnh hưởng đến tương tác dẫn đến sự chuyển vị, làm tăng tốc độ hóa bền rèn, và làm tăng tương ứng độ giãn dài, mà có tác dụng tạo ra khả năng tạo hình tốt hơn. Hàm lượng Si được kiểm soát ở Si: 0,1%-1,0%, tốt hơn là 0,4%-0,8%.

Mn: Việc bổ sung nguyên tố Mn có tác dụng cải thiện độ thấm tôi của thép và làm tăng hiệu quả độ bền của tấm thép. Phần trăm khối lượng của Mn được chọn là 1,9%-2,6%, do nếu phần trăm khối lượng của Mn nhỏ hơn 1,9%, độ thấm tôi sẽ không đủ, và không thể tạo ra đủ lượng martensit trong quá trình ủ, theo đó độ bền của tấm thép sẽ không đủ; nếu phần trăm khối lượng của Mn cao hơn 2,6%, quá trình biến đổi pha của bainit sẽ xuất hiện trong quy trình cán và cuộn nóng, và không thể tạo ra các kết tủa có kích thước nano giữa các pha. Do đó, trong sáng chế, phần trăm khối lượng của Mn được kiểm soát ở Mn: 1,9-2,6%, tốt hơn là 2,1%-2,4%.

Cr: Cả Mn lẫn Cr đều là các nguyên tố tạo thành cacbua (đưa cacbon thành dung dịch rắn), và có thể thay thế cho nhau để đảm bảo độ bền cho thép khi tính đến độ thấm tôi. Tuy nhiên, việc bổ sung Cr cho hiệu quả cao hơn trong việc làm chậm sự biến đổi của pearlit, và dịch chuyển vùng biến đổi pha của bainit sang bên trái. Ngoài ra, Cr làm giảm điểm Ms đến mức ít hơn Mn. Do đó, việc bổ sung một lượng hợp lý Cr sẽ cho hiệu quả trực tiếp cao hơn trong việc kiểm soát hàm lượng bainit lớn hơn 30%, và hàm lượng martensit lớn hơn 20%. Do đó, trong sáng chế, phần trăm khối lượng của Cr được kiểm soát ở Cr: 0,1-0,55%, tốt hơn là 0,2%-0,4%.

Al: Việc bổ sung Al có tác dụng khử oxy và tinh luyện hạt. Do đó, phần trăm khối lượng của Al được kiểm soát ở Al: 0,01%-0,05%, tốt hơn là 0,015-0,045%.

Mo: Mo được bổ sung với lượng 0,1-0,5%, do Mo trước hết là nguyên tố tạo ra hợp chất quan trọng nhất mà ảnh hưởng đến việc tạo ra các kết tủa có kích thước nano. Mo có thể làm tăng độ tan trong chất rắn của Ti (C, N) trong austenit.

Do đó, lượng lớn Ti giữ lại trong dung dịch rắn, và sau đó kết tủa phân tán trong quá trình biến đổi ở nhiệt độ thấp, tạo ra hiệu quả tăng cường cao hơn. Các Mo cacbua kết tủa cùng với các Ti cacbonitrua ở các nhiệt độ thấp để tạo ra pha kết tủa mịn có kích thước nano. 0,2%-0,3% được ưu tiên.

Ti: Ti được bổ sung với lượng 0,01-0,1%, do Ti là nguyên tố chính tạo nên hợp chất kết tủa có kích thước nano. Đồng thời, Ti cũng bộc lộ hiệu quả cao trong việc ức chế sự phát triển của các hạt austenit ở các nhiệt độ cao, theo đó tinh luyện các hạt. Tuy nhiên, ở thép có hàm lượng cacbon thấp, nếu lượng các nguyên tố tạo thành cacbonitrua như Nb và Ti quá lớn thì quá trình biến đổi pha sau đó sẽ bị ảnh hưởng. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng của các nguyên tố tạo hợp kim cần được kiểm soát, tốt hơn là ở Ti: 0,02%-0,05%.

Trong giải pháp kỹ thuật theo sáng chế, các nguyên tố tạp chất bao gồm P, N, và S. Hàm lượng tạp chất được kiểm soát càng thấp thì hiệu quả thực hiện càng cao. Phần trăm khối lượng của P được kiểm soát ở $P \leq 0,015\%$. MnS được tạo thành từ S ảnh hưởng nghiêm trọng đến khả năng tạo hình. Do đó, phần trăm khối lượng của S được kiểm soát ở $S \leq 0,003\%$. Do N có khả năng gây ra các vết nứt hoặc vết rỗ trên bề mặt của phôi tấm nên $N \leq 0,005\%$.

Trong thiết kế thành phần nêu trên, giai đoạn chính của quá trình tạo ra các kết tủa có kích thước nano nằm ở quy trình cán nóng. Chỉ khi xuất hiện quá trình biến đổi pha kiểu khuếch tán – quá trình biến đổi pha của ferit sau khi cán và cuộn nóng thì mới có thể đảm bảo việc tạo ra đủ lượng các kết tủa có kích thước nano giữa các pha. Do đó, hàm lượng của C, Mn, Cr và Mo cần được thiết kế hợp lý để đảm bảo khi kết hợp với thiết kế hợp lý về nhiệt độ cán, quá trình biến đổi pha kiểu khuếch tán - quá trình biến đổi pha của ferit xuất hiện sau khi cán nóng và cuộn. Nếu hàm lượng của C, Mn, Cr, và Mo được tính theo công thức $5 \times [C] + 0,4 \times [Si] + 0,1 \times ([Mn] + [Cr] + [Mo])^2$ lớn hơn 1,8 thì xác suất xuất hiện quá trình biến đổi pha của ferit trong quá trình cán nóng thấp, điều này không có lợi cho việc tạo thành các kết tủa có kích thước nano. Tốt hơn, nếu

$$1,45 \leq 5 \times [C] + 0,4 \times [Si] + 0,1 \times ([Mn] + [Cr] + [Mo])^2 \leq 1,7.$$

Đồng thời, cấu trúc cuối cùng của tấm thép sau khi cán nguội và ủ liên tục là ferit + bainit + martensit. Hàm lượng của C, Mn, Cr, và Mo cần được thiết kế hợp lý để đảm bảo rằng đường cong C của bainit dịch chuyển sang bên trái; đảm bảo rằng tỷ lệ theo thể tích của bainit cuối cùng lớn hơn 30%, tốt hơn là tốt hơn là bằng 35% hoặc cao hơn; đảm bảo độ thấm tôi nhất định; và đảm bảo rằng tỷ lệ theo thể tích của martensit cuối cùng lớn hơn 15%, tốt hơn là tốt hơn là bằng 20% hoặc cao hơn, theo đó đảm bảo rằng độ bền kéo là 980MPa hoặc cao hơn. Nếu hàm lượng của C, Mn, Cr, và Mo được tính theo công thức $5 \times [C] + 0,4 \times [Si] + 0,1 \times ([Mn] + [Cr] + [Mo])^2$ nhỏ hơn 1,3 thì tỷ lệ của bainit và martensit trong cấu trúc cuối cùng sẽ không đủ, điều này gây bất lợi cho việc thu được độ bền kéo là 980MPa vào thời điểm kết thúc.

Do đó, hàm lượng của C, Mn và Si trong sáng chế cần thỏa mãn công thức: $1,8 \geq 5 \times [C] + 0,4 \times [Si] + 0,1 \times ([Mn] + [Cr] + [Mo])^2 \geq 1,3$ để đảm bảo rằng, trong cấu trúc cuối cùng, tỷ lệ theo thể tích của bainit lớn hơn 30%, tốt hơn nếu tốt hơn là bằng 35% hoặc cao hơn; tỷ lệ theo thể tích của martensit lớn hơn 15%, tốt hơn nếu tốt hơn là bằng 20% hoặc cao hơn; và số lượng lớn các kết tủa có kích thước nano được phân bố đều và phân tán.

Ngoài ra, trong quy trình sản xuất tấm thép theo sáng chế, hàm lượng Mo càng lớn thì ảnh hưởng đến lượng Ti rắn được hòa tan trong austenit càng lớn. Cụ thể, càng nhiều Ti(C, N) là chất rắn được hòa tan trong austenit được kết tủa trong quá trình biến đổi pha, và do đó, sẽ càng có nhiều kết tủa có kích thước nano giữa các pha. Để thu được đủ lượng kết tủa có kích thước nano được phân bố đều và phân tán như được yêu cầu trong cấu trúc cuối cùng theo sáng chế, hàm lượng của Mo và Ti trong sáng chế cũng cần thỏa mãn công thức: $[Mo] \geq 3 \times [Ti]$, tốt hơn nếu $[Mo]/[Ti] \geq 5$.

Phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội loại 980MPa có chi phí thấp và khả năng tạo hình cao theo sáng chế bao gồm các bước sau:

1) Làm nóng chảy và đúc: làm nóng chảy và đúc các thành phần nêu trên thành phôi;

2) Cán nóng: đầu tiên gia nhiệt đến $1150-1250^{\circ}\text{C}$, giữ trong 0,5 giờ hoặc lâu hơn, cán nóng ở nhiệt độ trên Ar_3 , làm lạnh nhanh ở tốc độ $30-100^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ sau khi cán, và cuộn ở nhiệt độ: $600-750^{\circ}\text{C}$;

3) Cán nguội: kiểm soát tỷ lệ khử cán nguội ở 30-70%, tốt hơn là 50-70%;

4) Ủ: trong quy trình ủ, ủ ở nhiệt độ ngâm $810-870^{\circ}\text{C}$, tốt hơn là $830-860^{\circ}\text{C}$ giữ trong khoảng thời gian 50-100 giây; sau đó làm nguội ở tốc độ $3-10^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ để nhiệt độ bắt đầu quá trình làm nguội nhanh là $660-730^{\circ}\text{C}$; và sau đó làm nguội ở tốc độ $30-200^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ xuống $200-460^{\circ}\text{C}$ (nhiệt độ kết thúc quá trình làm nguội nhanh);

5) Hóa già quá mức: hóa già quá mức ở nhiệt độ hóa già quá mức là $320-460^{\circ}\text{C}$ trong khoảng thời gian hóa già quá mức là 100-400 giây.

Tốt hơn, nếu phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội loại 980MPa có chi phí thấp và khả năng tạo hình cao theo sáng chế còn bao gồm bước 6), nghĩa là bước làm phẳng. Tốt hơn, nếu bước làm phẳng được thực hiện, tỷ lệ làm phẳng tốt hơn là 0,05-0,3%.

Theo một số phương án, nhiệt độ ngâm trong quy trình ủ tốt hơn là $820-870^{\circ}\text{C}$, tốt hơn là $840-860^{\circ}\text{C}$.

Trong phương pháp sản xuất tấm thép theo sáng chế:

Trong quy trình cán nóng, nhiệt độ giữ thường là 0,5 giờ hoặc lâu hơn, tốt hơn là 0,5-3 giờ. Theo một số phương án, nhiệt độ giữ là 0,8-1,5 giờ.

Quy trình cán nóng sử dụng nhiệt độ cuộn cụ thể: cuộn ở vùng biến đổi của ferit ($600-750^{\circ}\text{C}$). Chỉ khi quá trình biến đổi pha kiểu khuếch tán - quá trình biến đổi pha của ferit xuất hiện sau khi cán và cuộn nóng thì mới có thể đảm bảo việc tạo ra đủ lượng các kết tủa có kích thước nano giữa các pha được phân bố đều và phân tán. Nhiệt độ của vùng biến đổi pha của ferit của hệ pha trộn này nằm trong khoảng từ 600 đến 750°C . Nếu nhiệt độ cuộn thấp hơn 600°C , hệ này sẽ đi vào vùng chuyển pha của bainit, và không thể đảm bảo việc tạo ra đủ lượng các kết

tủa có kích thước nano.

Ở bước ủ, nhiệt độ ngâm trong quá trình ủ bị giới hạn ở 810-870°C, và thời gian ngâm là 50-100 giây. Điều này là do, ở nhiệt độ ủ này, không chỉ có thể đảm bảo được độ bền kéo là 980MPa mà còn duy trì được đủ lượng các kết tủa có kích thước nano được phân bố đều và phân tán. Nếu nhiệt độ ngâm trong quá trình ủ thấp hơn 810°C hoặc thời gian ngâm ít hơn 50 giây, tỷ lệ vật liệu không đủ sẽ được austenit hóa, vì vậy martensit có thể không được tạo ra với đủ lượng trong cấu trúc cuối cùng, và theo đó, không thể đảm bảo độ bền kéo là 980MPa. Nếu nhiệt độ ngâm trong quá trình ủ cao hơn 870°C hoặc thời gian ngâm lâu hơn 100 giây, các kết tủa có kích thước nano được tạo ra sau khi cán và cuộn nóng sẽ phát triển và là chất rắn được hòa tan lại trong austenit. Trong trường hợp này, không thể đảm bảo rằng đủ lượng các kết tủa có kích thước nano giữ lại trong cấu trúc cuối cùng, hoặc đảm bảo hiệu quả tăng cường kết tủa hoặc hiệu quả làm tăng tỷ lệ nong rộng lỗ. Theo một số phương án, thời gian giữ là 50-90 giây.

Ở bước ủ, nhiệt độ bắt đầu của quá trình làm nguội nhanh là 660-730°C. Quy trình làm nguội chậm có mối liên quan với lượng ferit được tạo ra trong quá trình ủ liên tục. Nếu nhiệt độ bắt đầu của quá trình làm nguội nhanh thấp hơn 660°C, ferit sẽ được tạo ra với lượng quá cao để đảm bảo hàm lượng tối thiểu của bainit và martensit. Nếu nhiệt độ bắt đầu của quá trình làm nguội nhanh cao hơn 730°C không thể đảm bảo việc tạo ra đủ lượng ferit, vì vậy không thể đảm bảo thu được tỷ lệ giãn dài cao vào thời điểm kết thúc. Quá trình biến đổi pha kiểu khuếch tán - quá trình biến đổi pha của ferit xuất hiện trong quy trình làm nguội chậm, vì vậy sẽ có hiện tượng kết tủa lần hai đối với các kết tủa có kích thước nano để đảm bảo rằng cấu trúc ferit cuối cùng chứa các kết tủa có kích thước nano được kết tủa hai lần để làm giảm sự chênh lệch về độ bền giữa pha bainit và martensit. Theo một số phương án, nhiệt độ kết thúc của quá trình làm nguội nhanh là 200-400°C. Theo một số phương án, nhiệt độ kết thúc của quá trình làm nguội nhanh là 320-460°C.

Ở bước hóa già quá mức, nhiệt độ hóa già quá mức là 320-460°C. Chỉ trong khoảng nhiệt độ này mới có thể đảm bảo được cấu trúc cuối cùng chứa 30% bainit

hoặc cao hơn.

So với các giải pháp đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này, giải pháp kỹ thuật được đề xuất bởi sáng chế là thu được cấu trúc cuối cùng gồm có ferit + bainit + martensit, và cấu trúc cuối cùng chứa các kết tủa mịn có kích thước nano và phân tán, để thu được tỷ lệ nong rộng lỗ cao và độ giãn dài tương đối cao.

Việc bổ sung bainit theo sáng chế có thể làm giảm sự chênh lệch về độ bền giữa các pha của cấu trúc hai pha của thép hai pha nguyên thủy ferit + martensit, và làm tăng tỷ lệ nong rộng lỗ. Độ bền kéo bị mất đi sẽ được bù đắp thông qua hiệu quả tăng cường kết tủa đối với các kết tủa có kích thước nano. Cấu trúc ferit cuối cùng chứa các kết tủa có kích thước nano mà tăng độ bền cho cấu trúc ferit trong chất nền cuối cùng, theo đó làm giảm sự chênh lệch về độ bền giữa cấu trúc ferit và các cấu trúc bainit và martensit trong chất nền, dẫn đến tỷ lệ nong rộng lỗ cao vào thời điểm cuối cùng.

Ngoài ra, martensit và các kết tủa mịn có kích thước nano phân tán trong cấu trúc này có thể đảm bảo độ bền cao hơn cho vật liệu, và cấu trúc ferit và các hạt đã tinh luyện có thể đảm bảo độ giãn dài cao hơn. Các đặc tính tổng thể của vật liệu là xuất sắc.

Cấu trúc của tấm thép theo sáng chế gồm 10% ferit hoặc nhiều hơn + 30% bainit hoặc nhiều hơn + 15% martensit hoặc nhiều hơn + các kết tủa có kích thước nano có đường kính trung bình nhỏ hơn 20nm được phân bố đều và phân tán, vì vậy tỷ lệ nong rộng lỗ ở mức tuyệt vời trong khi vẫn đảm bảo được độ bền cao. Giới hạn chảy lớn hơn 600MPa, độ bền kéo lớn hơn 980MPa, độ giãn dài lớn hơn 11%, và tỷ lệ nong rộng lỗ $\geq 45\%$. Tỷ lệ nong rộng lỗ này là cao, và tỷ lệ giãn dài nêu trên là tốt.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế sẽ được giải thích thêm và minh họa bằng cách tham khảo các ví dụ cụ thể dưới đây. Tuy nhiên, phần giải thích và minh họa này không được dự định để giới hạn một cách không thích hợp giải pháp kỹ thuật nêu trong sáng chế.

Các thành phần của thép trong các ví dụ theo sáng chế được nêu trong Bảng 1, và thành phần còn là Fe. Bảng 2 liệt kê các thông số xử lý của các tấm thép trong các ví dụ này. Phép thử độ bền kéo được tiến hành theo phương pháp ASTM A370-2017 tiêu chuẩn, và phép kiểm tra tỷ lệ nong rộng lỗ được tiến hành theo phương pháp ISO/TS 16630-2017 tiêu chuẩn. Bảng 3 liệt kê các thông số xử lý liên quan của các tấm thép trong các ví dụ này.

Phương pháp sản xuất các thép trong các ví dụ của sáng chế như sau:

(1) Làm nóng chảy và đúc: chuẩn bị các thành phần cần thiết tạo nên hợp kim, và giảm hàm lượng của S và P tới mức tối thiểu;

(2) Cán nóng: tiến hành gia nhiệt đầu tiên đến 1150-1250°C mà được giữ trong 0,5 giờ hoặc lâu hơn; sau đó tiến hành cán nóng ở nhiệt độ trên Ar₃; sau khi cán, tiến hành làm nguội nhanh ở tốc độ 30-100°C/giây; và tiến hành cuộn ở nhiệt độ 600-750°C trong quy trình cán nóng;

(3) Cán nguội: kiểm soát tỷ lệ khử cán nguội ở 30-70%;

(4) Ủ: nhiệt độ ngâm trong quy trình ủ là 810-870°C, tốt hơn là 830-860°C; thời gian ngâm giữ ở 50-100 giây; sau đó tiến hành làm nguội ở tốc độ $v_1=3-10^\circ\text{C/giây}$ đến nhiệt độ bắt đầu của quá trình làm nguội nhanh là 660-730°C; và sau đó tiếp tục tiến hành làm nguội thêm ở tốc độ $v_2=30-200^\circ\text{C/giây}$ đến 200-460°C;

(5) Hóa già quá mức: nhiệt độ hóa già quá mức là 320-460°C, và thời gian hóa già quá mức là 100-400 giây.

Tùy ý, phương pháp sản xuất trong mỗi ví dụ còn bao gồm bước (6) làm phẳng, trong đó sử dụng tỷ lệ làm phẳng là 0,05-0,3%.

Bảng 3 thể hiện các tính chất cơ học của các tấm thép cán nguội trong các ví dụ 1-12 thu được bằng cách sử dụng thành phần và quy trình theo sáng chế: giới hạn chảy lớn hơn 600 MPa; độ bền kéo lớn hơn 980MPa; độ giãn dài lớn hơn 11%; và tỷ lệ nong rộng lỗ $\geq 45\%$.

Bảng này thể hiện rằng tấm thép cán nguội loại 980MPa theo sáng chế có độ bền kéo lớn hơn 980MPa và có tỷ lệ nong rộng lỗ tuyệt vời.

Bảng 1 (Đơn vị: % trọng lượng)

Số	C	Si	Mn	Al	P	S	N	Cr	Mo	Ti
Ví dụ 1	0,107	0,52	2,19	0,024	0,012	0,0023	0,0025	0,33	0,22	0,026
Ví dụ 2	0,108	0,54	2,23	0,025	0,013	0,0022	0,0024	0,34	0,21	0,028
Ví dụ 3	0,108	0,53	2,22	0,022	0,012	0,0021	0,0025	0,31	0,25	0,027
Ví dụ 4	0,095	0,90	2,33	0,022	0,009	0,0021	0,0042	0,24	0,21	0,035
Ví dụ 5	0,097	0,91	2,34	0,025	0,008	0,0024	0,0041	0,21	0,20	0,039
Ví dụ 6	0,099	0,92	2,32	0,027	0,009	0,0024	0,0042	0,21	0,19	0,038
Ví dụ 7	0,113	0,86	2,25	0,035	0,012	0,0018	0,0021	0,13	0,31	0,019
Ví dụ 8	0,114	0,87	2,26	0,035	0,012	0,0014	0,0022	0,14	0,33	0,018
Ví dụ 9	0,111	0,88	2,23	0,037	0,009	0,0010	0,0022	0,14	0,32	0,017
Ví dụ 10	0,088	0,55	2,29	0,031	0,013	0,0015	0,0031	0,51	0,28	0,025
Ví dụ 11	0,089	0,55	2,28	0,029	0,014	0,0016	0,0030	0,49	0,31	0,026
Ví dụ 12	0,087	0,57	2,27	0,028	0,013	0,0017	0,0031	0,50	0,31	0,025
Ví dụ 13	0,098	0,46	2,03	0,022	0,013	0,0022	0,0024	0,34	0,21	0,068
Ví dụ 14	0,103	0,37	2,57	0,028	0,013	0,0017	0,0031	0,32	0,45	0,045
Ví dụ 15	0,118	0,66	1,92	0,025	0,012	0,0018	0,0021	0,13	0,47	0,011
Ví dụ 16	0,083	0,12	2,39	0,043	0,013	0,0015	0,0031	0,54	0,31	0,097
Ví dụ 17	0,095	0,97	2,23	0,048	0,009	0,0021	0,0042	0,27	0,41	0,048
Ví dụ 18	0,107	0,32	2,19	0,011	0,012	0,0023	0,0025	0,48	0,18	0,056

Bảng 2

Số	Cán nóng					Cán nguội	Ủ						Hóa già quá mức		Làm phẳng Tỷ lệ làm phẳng %
	Nhiệt độ gia nhiệt °C	Thời gian giữ Giờ	Nhiệt độ cán nóng °C	Tốc độ làm nguội °C/giây	Nhiệt độ cuộn °C		Nhiệt độ ủ °C	Thời gian ngâm giây	Tốc độ làm nguội v1 °C/giây	Nhiệt độ bắt đầu quá trình làm nguội nhanh (°C)	Tốc độ làm nguội nhanh v2 °C/giây	Nhiệt độ kết thúc quá trình làm nguội nhanh °C	Nhiệt độ hóa già quá mức °C	Thời hóa già quá mức giây	
Ví dụ 1	1150	0,8	880	50	630	50	830	90	3	670	60	370	370	180	0,05
Ví dụ 2	1150	0,8	880	50	630	50	850	90	3	670	60	370	370	180	0,10
Ví dụ 3	1150	0,8	880	50	630	50	870	90	3	670	60	370	370	180	0,15
Ví dụ 4	1200	1	890	60	660	60	830	80	5	690	70	380	380	220	0,20
Ví dụ 5	1200	1	890	60	660	60	850	80	5	690	70	380	380	220	0,25
Ví dụ 6	1200	1	890	60	660	60	870	80	5	690	70	380	380	220	0,30
Ví dụ 7	1230	1,2	900	70	690	55	830	70	6	700	80	390	390	250	0,08
Ví dụ 8	1230	1,2	900	70	690	55	850	70	6	700	80	390	390	250	/
Ví dụ 9	1230	1,2	900	70	690	55	870	70	6	700	80	390	390	250	/
Ví dụ 10	1250	1,5	910	50	720	60	830	60	8	680	90	400	400	270	0,22
Ví dụ 11	1250	1,5	910	50	720	60	850	60	8	680	90	400	400	270	0,17
Ví dụ 12	1250	1,5	910	50	720	60	870	60	8	680	90	400	400	270	0,12
Ví dụ 13	1150	0,8	880	30	600	30	850	90	3	660	30	200	460	180	0,08
Ví dụ 14	1250	1,5	910	50	720	60	870	60	10	680	90	280	400	270	0,12
Ví dụ 15	1230	1,2	900	70	690	55	830	70	6	700	80	320	320	400	0,25
Ví dụ 16	1250	1,5	910	50	750	70	810	50	8	730	200	400	400	100	0,21
Ví dụ 17	1200	1	890	60	660	100	830	80	5	690	70	460	460	220	0,18
Ví dụ 18	1150	0,8	880	100	630	50	830	100	3	670	160	370	370	330	0,09

Lưu ý: “/” thể hiện việc không được làm phẳng.

Bảng 3

Số	Giới hạn chảy (MPa)	Độ bền kéo (MPa)	Độ giãn dài (%)	Tỷ lệ nồng rộng lỗ (%)
Ví dụ 1	664	1040	12,3	47
Ví dụ 2	675	1018	11,8	51
Ví dụ 3	685	1027	11,9	50
Ví dụ 4	730	1096	12,2	52
Ví dụ 5	743	1108	12,1	54
Ví dụ 6	741	1087	12,3	54
Ví dụ 7	779	1024	11,4	60
Ví dụ 8	786	1024	11,6	58
Ví dụ 9	776	1019	11,5	61
Ví dụ 10	719	1038	12,4	47
Ví dụ 11	709	1028	12,1	51
Ví dụ 12	731	1017	11,8	52
Ví dụ 13	710	1029	13,4	49
Ví dụ 14	689	1019	12,9	50
Ví dụ 15	821	1045	11,9	56
Ví dụ 16	798	1098	11,4	67
Ví dụ 17	816	1087	12,1	67
Ví dụ 18	765	1076	11,9	49

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nong rộng lỗ cao và độ giãn dài cao, trong đó tấm thép này có thành phần hóa học tính theo phần trăm khối lượng là: C: 0,08%-0,12%, Si: 0,1%-1,0%, Mn: 1,9%-2,6%, Al: 0,01%-0,05%, Cr: 0,1-0,55%, Mo: 0,1-0,5%, Ti: 0,01-0,1%, và phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi khác, trong đó các hệ thức sau đây được thỏa mãn:

$$1,8 \geq 5 \times [C] + 0,4 \times [Si] + 0,1 \times ([Mn] + [Cr] + [Mo])^2 \geq 1,3, [Mo] \geq 3 \times [Ti];$$

trong đó tấm thép cán nguội có vi cấu trúc ferit + bainit + martensit, trong đó tấm thép cán nguội không chứa austenit dư trong vi cấu trúc này; trong đó ferit có tỷ lệ theo thể tích lớn hơn 10%; bainit có tỷ lệ theo thể tích lớn hơn 30%; martensit có tỷ lệ theo thể tích lớn hơn 15%; trong đó vi cấu trúc còn bao gồm các kết tủa có kích thước nano mà có kích thước trung bình nhỏ hơn 20 nm được phân bố đều và phân tán; và trong đó tấm thép cán nguội có giới hạn chảy lớn hơn 600 MPa, độ bền kéo lớn hơn 980MPa, độ giãn dài lớn hơn 11%, và tỷ lệ nong rộng lỗ $\geq 45\%$.

2. Tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nong rộng lỗ cao và độ giãn dài cao theo điểm 1, trong đó hàm lượng C là 0,09%-0,11%.

3. Tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nong rộng lỗ cao và độ giãn dài cao theo điểm 1, trong đó hàm lượng Si là 0,4%-0,8%.

4. Tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nong rộng lỗ cao và độ giãn dài cao theo điểm 1, trong đó hàm lượng Mn là 2,1%-2,4%.

5. Tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nong rộng lỗ cao và độ giãn dài cao theo điểm 1, trong đó hàm lượng Al là 0,015%-0,045%.

6. Tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nong rộng lỗ cao và độ giãn dài cao theo điểm 1, trong đó hàm lượng Cr là 0,2%-0,4%.

7. Tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nong rộng lỗ cao và độ giãn dài cao theo điểm 1, trong đó hàm lượng Mo là 0,2%-0,3%.

8. Tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nong rộng lỗ cao và độ giãn dài cao theo điểm 1, trong đó hàm lượng Ti là 0,02%-0,05%.

9. Tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nong rộng lỗ cao và độ giãn dài cao theo điểm 1, trong đó $1,45 \leq 5 \times [C] + 0,4 \times [Si] + 0,1 \times ([Mn] + [Cr] + [Mo])^2 \leq 1,7$.

10. Tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nong rộng lỗ cao và độ giãn dài cao theo điểm 1, trong đó vi cấu trúc của tấm thép cán nguội là ferit + bainit + martensit, trong đó ferit có tỷ lệ theo thể tích nằm trong khoảng từ lớn hơn 10% đến 30%; bainit có tỷ lệ theo thể tích là 35-75%; và martensit có tỷ lệ theo thể tích nằm trong khoảng từ lớn hơn 15% đến 35%, và trong đó tấm thép cán nguội không chứa austenit dư trong vi cấu trúc này.

11. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nong rộng lỗ cao và độ giãn dài cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10, trong đó phương pháp này bao gồm các bước sau:

1) làm nóng chảy và đúc: làm nóng chảy và đúc các thành phần được xác định trong điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9 thành phôi;

2) cán nóng: đầu tiên gia nhiệt đến 1150-1250°C, giữ trong 0,5 giờ hoặc lâu hơn, cán nóng ở nhiệt độ trên Ar3, làm lạnh nhanh ở tốc độ 30-100°C/giây sau khi cán, và cuộn ở nhiệt độ: 600-750°C;

3) cán nguội: kiểm soát tỷ lệ khử cán nguội ở 30-70%;

4) ủ: trong quy trình ủ, ủ ở nhiệt độ ngâm là 810-870°C giữ trong khoảng thời gian 50-100 giây; sau đó làm nguội ở tốc độ 3-10°C/giây đến nhiệt độ bắt đầu quá trình làm nguội nhanh là 660-730°C; và sau đó làm nguội ở tốc độ 30-200°C/giây đến 200-460°C;

5) hóa già quá mức: hóa già quá mức ở nhiệt độ hóa già quá mức là 320-460°C trong thời gian hóa già quá mức là 100-400 giây.

12. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nong rộng lỗ cao

và độ giãn dài cao theo điểm 11, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước 6) làm phẳng, trong đó sử dụng tỷ lệ làm phẳng 0,05-0,3%.

13. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội loại 980MPa có tỷ lệ nong rộng lỗ cao và độ giãn dài cao theo điểm 11, trong đó

ở bước 2), thời gian giữ là 0,5-3 giờ;

ở bước 3), tỷ lệ khử cán nguội được kiểm soát ở 50-70%;

ở bước 4), nhiệt độ ngâm là 820-870°C; thời gian giữ là 50-90 giây; và tiến hành làm nguội ở tốc độ làm nguội 50-200°C/giây xuống nhiệt độ 320-460°C.