



(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)



1-0036423

(51)⁷ C22C 38/14; C21D 8/02

(13) B

(21) 1-2015-03662

(22) 05/03/2014

(86) PCT/CN2014/072890 05/03/2014

(87) WO 2014/201877 A1 24/12/2014

(30) 201310244713.8 19/06/2013 CN

(45) 25/07/2023 424

(43) 25/12/2015 333A

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

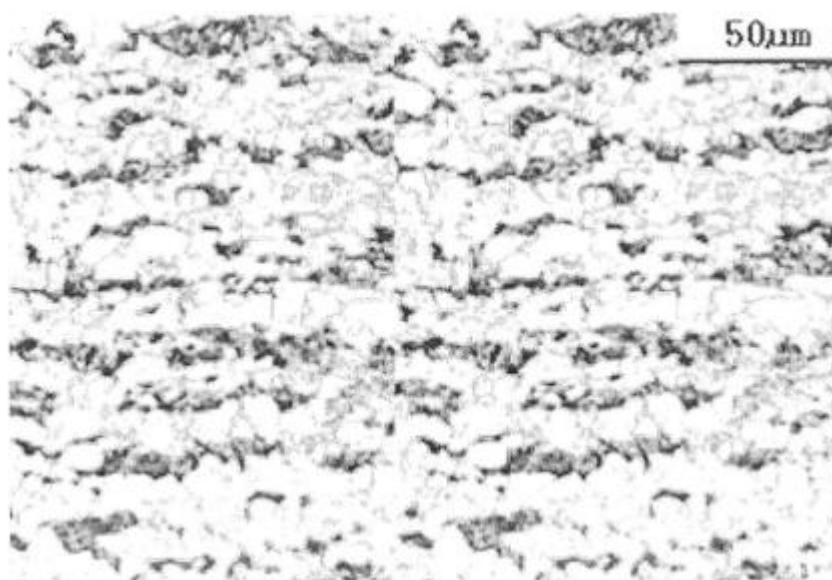
No.885, Fujin Road, Baoshan District, Shanghai 201900, China

(72) LIU, Zicheng (CN); WU, Yong (CN); LI, Xianju (CN).

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

(54) THÉP TẤM CHỊU RẠN NÚT DO KẼM GÂY RA VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT THÉP TẤM NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến thép tấm chịu rạn nứt do kẽm gây ra và phương pháp sản xuất thép tấm này, trong đó thép hợp kim thấp được xử lý vi hợp kim Al-(Ti + Nb) thấp - Mn cao - Si rất thấp - C thấp là cơ bản, lượng Al trong thép được giảm thích hợp, các điều kiện được kiểm soát sao cho $Mn/C \geq 15$, $[(\%Mn) + 0,75(\%Mo)] \times (\%C) \leq 0,16$, $Nb/Ti \geq 1,8$ và Ti/N từ 1,50 đến 3,40, $CEZ \leq 0,44\%$ và lượng B $\leq 2ppm$, $Ni/Cu \geq 1,50$; việc xử lý Ca được thực hiện và tỷ số Ca/S được kiểm soát từ 1,0 đến 3,0, với $(\%Ca) \times (\%S)^{0,28} \leq 1,0 \times 10^{-3}$ và quy trình TMCP được tối ưu hóa, sao cho thép tấm hoàn thiện có kết cấu tế vi là ferit+cụm bainit rất nhỏ và được phân bố rải rác, kích cỡ hạt trung bình không lớn hơn 10 μm , có các tính chất cơ học rất tốt và đồng nhất, khả năng hàn và sức chịu rạn nứt do kẽm gây ra rất tốt, phù hợp làm thép tấm chịu ăn mòn được mạ kẽm dùng cho kết cấu dưới biển, kết cấu truyền tải điện áp rất cao, kết cấu cầu đường bờ biển, và tương tự.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép kết cấu và phương pháp sản xuất thép này, và cụ thể là thép tấm chịu rạn nứt do kẽm gây ra và phương pháp sản xuất thép tấm này, trong đó thép tấm có giới hạn chảy $\geq 460\text{MPa}$ ($460 \times 10^3 \text{kgf/m}^2$), độ bền kéo $\geq 550\text{MPa}$ ($550 \times 10^3 \text{kgf/m}^2$) và năng lượng va đập ở nhiệt độ -60°C (một giá trị) $\geq 47\text{J}$ và chịu rạn nứt do kẽm gây ra ($\text{CEZ} \leq 0,44\%$). Kết cấu tế vi của thép tấm hoàn thiện là ferit + các cụm bainit rất nhỏ và được phân bố đồng nhất và rải rác, với kích cỡ hạt trung bình được kiểm soát không lớn hơn $10\mu\text{m}$, và kết cấu tế vi của vùng chịu tác động nhiệt do hàn là rất nhỏ và ferit + một lượng nhỏ peclit đồng nhất.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Đã biết rằng thép hợp kim thấp và cacbon thấp (cường lực) là một trong số các vật liệu xây dựng quan trọng nhất và được sử dụng rộng rãi trong các đường ống dẫn dầu và khí tự nhiên, các giàn khai thác dầu ngoài biển, công nghệ đóng tàu, các cầu, các bình áp suất, các kết cấu xây dựng, công nghệ ô tô, vận tải đường sắt và chế tạo máy. Tính năng của thép hợp kim thấp và cacbon thấp (cường lực) phụ thuộc vào các thành phần hóa học và hệ thống xử lý trong quy trình sản xuất của nó, trong đó độ bền, độ dai và khả năng hàn là các tính năng quan trọng nhất của thép hợp kim thấp và cacbon thấp (cường lực) và cuối cùng được xác định bởi trạng thái kết cấu tế vi của sản phẩm thép hoàn thiện. Khi khoa học và công nghệ phát triển liên tục, người ta đặt ra các yêu cầu cao hơn về độ bền-độ cứng và khả năng hàn của thép, tức là, cải thiện mạnh tính năng của thép tấm trong khi duy trì chi phí sản xuất tương đối thấp, để làm giảm lượng thép sử dụng và tiết kiệm chi phí, giảm trọng lượng riêng của kết cấu thép và nâng cao sự an toàn của kết cấu.

Từ cuối thế kỷ 20 tới nay có nhiều nghiên cứu sâu rộng về sự phát triển thế hệ tiếp theo của vật liệu thép trên thế giới, điều này đòi hỏi thu được kết cấu tốt hơn phù hợp qua việc tối ưu hóa thiết kế kết hợp hợp kim và đổi mới kỹ thuật quy trình TMCP (Thermo-mechanically controlled processed - Xử lý kiểm soát cơ nhiệt), mà không làm gia tăng các lượng nguyên tố hợp kim quý như Ni, Cr, Mo và Cu, v.v, nhờ đó thu được độ bền-độ cứng cao hơn, khả năng hàn tốt hơn và sự thích hợp của các môi hàn đối với phương pháp phun với các kim loại khác nhau như Al và Zn, v.v..

Khi sản xuất thép tấm dày có giới hạn chảy $\geq 415\text{MPa}$ ($415 \times 10^3 \text{kgf/m}^2$) và độ cứng chịu va đập ở nhiệt độ thấp $-60^\circ\text{C} \geq 34\text{J}$ theo giải pháp kỹ thuật đã biết, lượng các nguyên tố Ni hoặc Cu + Ni ($\geq 0,30\%$) thường được bổ sung vào, ví dụ [The Firth (1986) international Symposium and Exhibit on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, 1986, Tokyo, Japan, 354; “DEVELOPMENTS IN MATERIALS FOR ARCTIC OFFSHORE STRUCTURES”; “Structural Steel Plates for Arctic Use Produced by Multipurpose Accelerated Cooling System” (Japan), Kawaseki Seitetsu Gihou, 1985, số 1 68-72; “Application of Accelerated Cooling For Producing 360MPa Yield Strength Steel plates of up to 150mm in Thickness with Low Carbon Equivalent”, Accelerated Cooling Rolled Steel, 1986, 209-219; “High Strength Steel Plates For Ice-Breaking Vessels Produced by Thermo-Mechanical Control Process”, Accelerated Cooling Rolled Steel, 1986, 249-260; “420MPa Yield Strength Steel Plate with Superior Fracture Toughness for Arctic Offshore Structures”, Kawasaki steel technical report, 1999, số 40, 56; “420MPa and 500MPa Yield Strength Steel Plate with High HAZ toughness Produced by TMCP for Offshore Structure”, Kawasaki steel technical report, 1993, số 29, 54; “Toughness Improvement in Bainite Structure by Thermo-Mechanical Control Process” (Japanese), Sumitomo Metal, Vol.50, số 1 (1998), 26; “Structural Steel Plates for Ocean Platform used in Frozen Sea Areas” (Japanese), Research on Iron and Steel, 1984, số 314, 19-43], để đảm bảo rằng thép tấm là vật liệu nên có độ cứng nhiệt độ thấp tốt, độ cứng của vùng chịu ảnh hưởng nhiệt HAZ cũng có thể đạt được $Akv \geq 34\text{J}$ ở nhiệt độ -60°C khi hàn với lượng nhiệt đầu vào $< 100\text{KJ/cm}$; tuy

nhien, thép tấm không chịu được rạn nứt do kềm gây ra.

Số lượng lớn các tài liệu sáng chế nêu trên chỉ minh chứng cách thức thu được độ cứng của thép tấm làm vật liệu nền ở nhiệt độ thấp, và giải thích chút ít về cách thức thu được độ cứng ở nhiệt độ thấp của vùng chịu ảnh hưởng nhiệt (HAZ) dưới điều kiện hàn, và thậm chí không liên quan đến cách thức đảm bảo kết cấu của vùng chịu ảnh hưởng nhiệt là đồng nhất và ferit nhỏ + một lượng nhỏ peclit đặc biệt khi hàn sử dụng lượng nhiệt đầu vào cao, cho phép ferit tạo nhân và phát triển ở biên dạng hạt autensit đã biết, về cơ bản loại bỏ biên dạng hạt autensit đã biết và gia tăng sự chịu rạn nứt do kềm gây ra của thép tấm, như các patent Nhật Bản số S 63-93845, S 63-79921, S 60-258410, công bố patent số H 4-285119, công bố patent số H 4-308035, H 3-264614, H 2-250917, H 4-143246 và patent Mỹ số 4855106, patent Mỹ số 5183198, patent Mỹ số 4137104, v.v..

Hiện nay, chỉ Nippon Steel Corporation áp dụng công nghệ luyện kim oxit để cải thiện độ cứng ở nhiệt độ thấp của vùng chịu ảnh hưởng nhiệt (HAZ) khi sử dụng hàn nhiệt đầu vào cao đối với thép tấm, và không nói gì đến cách thức gia tăng sức chịu rạn nứt do kềm gây ra của thép tấm, xem patent Mỹ số 4629505 và WO 01/59167A1,

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất thép tấm chịu rạn nứt do kềm gây ra và phương pháp sản xuất thép tấm này, trong đó thép tấm có giới hạn chảy $\geq 460\text{MPa}$ ($460 \times 10^3 \text{kgf/m}^2$), độ bền kéo $\geq 550\text{MPa}$ ($550 \times 10^3 \text{kgf/m}^2$) và năng lượng va đập ở nhiệt độ -60°C (một giá trị) $\geq 47\text{J}$ và chịu rạn nứt do kềm gây ra ($\text{CEZ} \leq 0,44\%$). Kết cấu tế vi của thép tấm hoàn thiện là ferit + các cụm bainit nhỏ và được phân bố đồng nhất và rải rác, có kích cỡ hạt trung bình được kiểm soát không lớn hơn $10\mu\text{m}$ và kết cấu tế vi của vùng chịu tác động nhiệt do hàn là rất nhỏ và ferit đồng nhất + một lượng nhỏ peclit. Quan trọng hơn, biên dạng hạt autenit được tạo ra ở nhiệt độ cao trong khi chu kỳ

nhiet hàn được loại bỏ hoàn toàn, trong khi đảm bảo các tính chất cơ học tốt và khả năng hàn của thép tấm làm vật liệu nền, các mối hàn, đặc biệt là vùng chịu ảnh hưởng bởi nhiệt hàn, của thép tấm có sự chịu rạn nứt do kềm gây ra rất tốt, sự thống nhất của độ bền cao, khả năng hàn tốt và sức chịu rạn nứt do kềm gây ra đạt được và thép tấm đặc biệt phù hợp làm thép tấm chịu ăn mòn được mạ kềm bằng cách phun đối với các kết cấu dưới đường biển, thép tấm chịu ăn mòn bằng cách phun kềm dùng cho các kết cấu truyền dẫn điện áp cực cao, thép tấm chịu ăn mòn được mạ kềm bằng cách phun kềm dùng cho các kết cấu cầu ven bờ biển và tương tự.

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

Sáng chế đề xuất thép hợp kim thấp được xử lý vi hợp kim Al-(Ti + Nb) thấp - Mn cao - Si rất thấp - C thấp làm nền, và phương tiện kỹ thuật luyện kim được sử dụng, ví dụ, làm giảm thích hợp lượng Al trong thép, kiểm soát các điều kiện sao cho $Mn/C \geq 15$, $[(\%Mn) + 0,75(\%Mo)] \times (\%C)$ nhỏ hơn hoặc bằng 0,16, $Nb/Ti \geq 1,8$ và Ti/N nằm trong khoảng từ 1,50 đến 3,40, $CEZ \leq 0,44\%$ và lượng B $\leq 2ppm$, $Ni/Cu \geq 1,50$; thực hiện việc xử lý Ca và kiểm soát tỷ lệ Ca/S nằm trong khoảng từ 1,0 đến 3,0, với $(\%Ca) \times (\%S)^{0,28} \leq 1,0 \times 10^{-3}$, v.v., và quy trình kiểm soát cơ nhiệt (TMCP - Thermo-mechanical control process) được tối ưu hóa, sao cho thép tấm hoàn thiện có kết cấu tế vi của ferit + các cụm bainit rất nhỏ được phân bố rải rác, với kích cỡ hạt trung bình được kiểm soát không lớn hơn 10 μm , thu được các tính chất cơ học tốt và đồng nhất, khả năng hàn rất tốt và sức chịu rạn nứt do kềm gây ra, và nhờ đó đặc biệt phù hợp làm thép tấm chịu ăn mòn được mạ kềm bằng cách phun dùng cho các kết cấu dưới biển, thép tấm chịu ăn mòn phun kềm dùng cho các cấu trúc truyền tải điện áp cực cao, thép tấm chịu ăn mòn được mạ kềm bằng cách phun dùng cho các kết cấu cầu đường bờ biển và tương tự.

Cụ thể là, thép tấm chịu rạn nứt do kềm gây ra theo sáng chế có các thành

phần sau, tính theo trọng lượng:

C: từ 0,05% đến 0,090%;

Si: $\leq 0,20\%$;

Mn: từ 1,35% đến 1,65%;

P: $\leq 0,013\%$;

S: $\leq 0,003\%$;

Cu: từ 0,10% đến 0,30%;

Ni: từ 0,20% đến 0,50%;

Mo: từ 0,05% đến 0,20%;

Nb: từ 0,015% đến 0,035%;

Ti: từ 0,008% đến 0,018%;

N: $\leq 0,0060\%$;

Ca: từ 0,0010% đến 0,0040%;

B: $\leq 0,0002\%$, và

phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi;

và đồng thời, các lượng nguyên tố nêu trên phải thỏa mãn các điều kiện sau:

$Mn/C \geq 15$, sao cho kết cấu tế vi của thép tấm hoàn thiện là ferit + cụm bainit rất nhỏ được phân bố rải rác và nhiệt độ truyền sự va đập của thép tấm là thấp hơn -60°C .

$[(\%Mn) + 0,75(\%Mo)] \times (\%C) \leq 0,16$, sao cho điều này đảm bảo rằng trong phạm vi rộng của lượng nhiệt đầu vào khi hàn (từ 10kJ/cm đến 50kJ/cm), kết cấu của vùng chịu ảnh hưởng bởi nhiệt hàn là ferit + peclit hoặc các cụm bainit được phân bố rải rác, biên dạng hạt autensit trước trong vùng chịu ảnh hưởng bởi nhiệt hàn được loại bỏ và sức chịu rạn nứt do kềm gây ra của thép tấm được cải thiện; đây là một trong số các chìa khóa cho việc thiết kế thành phần của thép theo sáng chế.

$CEZ \leq 0,44\%$ và lượng B ≤ 2 ppm, trong đó:

$CEZ = C + Si/17 + Mn/7,5 + Cu/13 + Ni/17 + Cr/4,5 + Mo/3 + V/1,5 + Nb/2 + Ti/4,5 + 420B$, để kiểm soát quá trình chuyển pha từ autensit thành ferit trong vùng chịu ảnh hưởng bởi nhiệt hàn, ức chế sự tạo nhân và sự phát triển của bainit từ biên dạng hạt autensit đã biết, phá hủy biên dạng hạt autensit trước đó và loại bỏ sự tạo thành các vết rạn nứt do kềm gây ra ở các mối hàn của thép tấm. Đây cũng là một trong những chìa khóa dùng cho việc thiết kế thành phần thép theo sáng chế.

$Ni/Cu \geq 1,50$ để hạn chế sự hóa giòn do gia nhiệt lại trong khi hàn nhiệt đầu vào cao, trong khi hạn chế Cu không bị kết tụ ở biên dạng hạt, gia tăng tính giòn của đồng và sức chịu rạn nứt do kềm gây ra và gia tăng độ cứng chịu va đập ở nhiệt độ thấp của thép tấm TMCP (thép tấm được làm nguội nhanh).

$Nb/Ti \geq 1,8$ và Ti/N nằm trong khoảng từ 1,50 đến 3,40, sao cho các hạt $Ti(C,N)$ và $Nb(C,N)$ được tạo ra đảm bảo là rất nhỏ và được phân bố trong thép ở trạng thái phân bố đồng nhất, quan trọng hơn, độ chín Ostwald của $Ti(C,N)$ (tức là, các hạt lớn tiếp tục phát triển, trong khi các hạt nhỏ co lại hoặc biến mất) là thấp, các hạt $Ti(C,N)$ đảm bảo duy trì sự đồng nhất và rất nhỏ trong khi gia nhiệt xử lý và trong chu kỳ nhiệt hàn của thép tấm, các kết cấu tế vi của thép tấm làm vật liệu nền và vùng chịu ảnh hưởng bởi nhiệt hàn được làm sạch, sự tạo ra kết cấu tế vi của ferit + peclit trong vùng chịu ảnh hưởng bởi nhiệt hàn được thuận tiện, độ cứng chịu va đập nhiệt độ thấp của vùng chịu ảnh hưởng bởi nhiệt hàn được cải thiện, biên dạng hạt autensit đã biết trong vùng chịu ảnh hưởng bởi nhiệt hàn được loại bỏ và sự chịu rạn nứt do kềm gây ra của thép tấm được gia tăng.

Ca/S nằm trong khoảng từ 1,00 đến 3,00 và $(\%Ca) \times (\%S)^{0,28} \leq 1,0 \times 10^{-3}$, sao cho các chất lẫn trong thép có hàm lượng thấp và được phân bố rất nhỏ và đồng nhất trong thép và độ cứng nhiệt độ thấp của thép tấm và độ cứng của HAZ hàn được gia tăng.

Ca/S nằm trong khoảng từ 1,00 đến 3,00 và $(\%Ca) \times (\%S)^{0,28} \leq 1,0 \times 10^{-3}$, sao cho các chất lẫn trong thép có hàm lượng thấp và được phân bố rất nhỏ và đồng nhất trong thép và độ cứng ở nhiệt độ thấp của thép tấm và độ cứng của HAZ do hàn được gia tăng.

Thép hoàn thiện có giới hạn chảy $\geq 460\text{MPa}$ ($460 \times 10^3 \text{kgf/m}^2$), độ bền kéo $\geq 550\text{MPa}$ ($550 \times 10^3 \text{kgf/m}^2$) và năng lượng va đập ở nhiệt độ -60°C (một giá trị) $\geq 47\text{J}$. Kết cấu tế vi của thép tấm hoàn thiện là ferit + các cụm bainit rất nhỏ và được phân bố đồng nhất và rải rác, với kích cỡ hạt trung bình được kiểm soát không lớn hơn $10\mu\text{m}$ và kết cấu tế vi của vùng chịu tác động nhiệt do hàn là rất nhỏ và ferit + lượng nhỏ peclit đồng nhất.

Trong thiết kế thành phần của sáng chế:

C có ảnh lớn đến độ bền, độ cứng ở nhiệt độ thấp, khả năng hàn và sức chịu rạn nứt do kềm gây ra của thép, từ việc gia tăng độ cứng ở nhiệt độ thấp, khả năng hàn và sức chịu rạn nứt do kềm gây ra của thép, mong muốn kiểm soát lượng C trong thép thấp hơn; nhưng theo quan điểm về độ bền của thép và việc kiểm soát kết cấu tế vi trong quá trình sản xuất và chế tạo, lượng C không nên quá thấp, lượng C quá thấp ($< 0,05\%$) gây ra không chỉ nhiệt độ của các điểm Ac_1 , Ac_3 , Ar_1 và Ar_3 tương đối cao, mà tốc độ di cư của biên dạng hạt austenit cũng rất cao, điều này mang lại những khó khăn lớn trong việc tinh lọc hạt, dễ dàng tạo ra cấu trúc tinh thể hỗn hợp và dẫn đến độ cứng ở nhiệt độ thấp của thép thấp và sự suy giảm nghiêm trọng độ cứng ở nhiệt độ thấp của vùng chịu tác động nhiệt dưới điều kiện hàn nhiệt đầu vào rất cao, khi lượng C quá thấp, cần phải bổ sung lượng lớn các nguyên tố hợp kim như Cu, Ni, Cr, Mo, v.v, điều này dẫn đến chi phí sản xuất của thép tấm vẫn duy trì ở mức cao và do đó giới hạn kiểm soát dưới của lượng C trong thép không nên thấp hơn $0,05\%$. Khi lượng C được gia tăng, mặc dù ưu điểm hiển nhiên đối với sự tinh lọc của kết cấu tế vi của thép tấm, khả năng hàn của thép tấm bị ảnh hưởng, đặc biệt dưới điều kiện hàn nhiệt đầu vào cao, do sự hóa thô đáng kể các hạt ở vùng chịu tác động nhiệt (HAZ) và tốc độ làm nguội rất thấp trong quá trình làm nguội ở chu kỳ nhiệt hàn, các kết

cấu thô bất thường như tấm mặt ferit (FSP), kết cấu Widmannstat (WF) và bainit trên (Bu) dễ dàng được tạo ra ở vùng chịu tác động nhiệt (HAZ), quan trọng hơn, biên dạng hạt austenit được tạo ra ở nhiệt độ cao trong chu kỳ nhiệt hàn được duy trì hoàn toàn, sức chịu rạn nứt do kềm gây ra bị suy giảm nghiêm trọng và do đó lượng C không nên cao hơn 0,09%; ngoài ra, khi lượng C cao hơn 0,09%, thép lỏng đóng rắn và đi vào vùng phản ứng peritectic, sự kết tụ của thép tấm đảm bảo được gia tăng đáng kể, chất tương ứng cacbon và CEZ trong vùng kết tụ tăng đáng kể và độ cảm nhận sức chịu rạn nứt do kềm gây ra về cơ bản được gia tăng.

Như nguyên tố hợp kim quan trọng nhất trong thép, Mn, ngoài việc cải thiện độ bền của thép tấm, còn có chức năng mở rộng phạm vi của pha austenit, làm giảm nhiệt độ ở điểm Ar_3 , tinh lọc các hạt ferit để cải thiện độ cứng ở nhiệt độ thấp của thép tấm và tạo thuận lợi cho việc tạo ra bainit để gia tăng độ bền của thép tấm; do đó lượng Mn được kiểm soát trong thép không nên thấp hơn 1,35%. Mn dễ bị hỏng để kết tụ trong quá trình đóng rắn của thép lỏng, đặc biệt lượng Mn quá cao không chỉ làm thao tác đúc liên tục gặp khó khăn, mà còn dễ dàng gặp hiện tượng kết tụ kết hợp với các nguyên tố như C, P và S, điều này làm nghiêm trọng thêm sự kết tụ và sự nở lỏng của tâm của phôi tấm do cán liên tục và sự kết tụ ở tâm của phôi tấm do cán liên tục dễ dàng tạo ra các kết cấu bất thường trong quá trình cán và hàn có kiểm soát tiếp theo, đồng thời, lượng Mn quá cao cũng sẽ tạo ra các hạt MnS thô và các hạt MnS thô này kéo dài theo hướng cán trong quá trình cán nóng, làm suy giảm nghiêm trọng độ cứng chịu va đập của thép tấm là vật liệu nền (đặc biệt theo chiều ngang), vùng chịu tác động nhiệt do hàn (HAZ) [đặc biệt dưới điều kiện hàn nhiệt đầu vào cao] và gây ra tính chất theo hướng Z kém và tính chịu rách theo lớp kém; ngoài ra, lượng Mn quá cao sẽ cũng gia tăng khả năng hóa cứng của thép, tăng hệ số cảm nhận sự rạn nứt do hàn lạnh (P_{cm}) và chỉ số sức chịu rạn nứt do kềm gây ra CEZ trong thép, tác động mạnh đến khả năng chế tạo khi hàn của thép, tạo thuận lợi cho việc tạo ra các kết cấu chuyển pha ở nhiệt độ thấp, duy trì biên dạng hạt austenit được tạo ra ở nhiệt độ cao trong chu kỳ nhiệt hàn và làm suy giảm

nghiêm trọng sức chịu rạn nứt do kẽm gây ra. Do đó, giới hạn trên của lượng Mn trong thép không vượt quá 1,65%.

Si thúc đẩy sự khử oxy của thép lỏng và có thể làm tăng độ bền của thép tấm, nhưng việc sử dụng thép lỏng được khử oxy bằng Al, việc khử oxy của Si là không cần thiết; mặc dù Si có thể gia tăng độ bền của thép tấm, Si ảnh hưởng nghiêm trọng đến độ cứng ở nhiệt độ thấp và khả năng hàn của thép tấm, cụ thể là dưới điều kiện hàn nhiệt đầu vào cao, Si không chỉ tạo thuận lợi cho việc tạo ra các đảo M-A, các đảo M-A được tạo ra có kích cỡ lớn và được phân bố không đều và ảnh hưởng nghiêm trọng đến độ cứng của vùng chịu tác động nhiệt do hàn (HAZ), mà còn mở rộng phạm vi chuyển pha ở nhiệt độ vừa phải, tạo thuận lợi cho việc tạo ra bainit, làm cho biên dạng hạt austenit trước đó được duy trì hoàn toàn và làm suy giảm nghiêm trọng sức chịu rạn nứt do kẽm gây ra của vùng chịu tác động nhiệt do hàn; ngoài ra, khi lượng Si trong thép quá cao, độ bám dính do phun kẽm của thép tấm giảm và ảnh hưởng đến hiệu quả phun kẽm của thép tấm; do đó, lượng Si trong thép cần được kiểm soát càng thấp càng tốt và có tính đến kinh tế và khả năng vận hành trong quá trình luyện thép, lượng Si được kiểm soát không lớn hơn 0,20%.

Mặc dù P, là chất lẫn có hại trong thép, nhưng các kết tụ ở biên dạng hạt austenit trước đó và có thể ức chế sự khuếch tán của Zn về phía biên dạng hạt và giảm độ nhạy đối với sự xuất hiện của vết rạn nứt do kẽm gây ra, P làm yếu nghiêm trọng biên dạng hạt, làm giảm nghiêm trọng các tính chất cơ học của thép tấm, đặc biệt là độ cứng chịu va đập ở nhiệt độ thấp và khả năng hàn và tạo thuận lợi cho sự vỡ giòn giữa các hạt ở vùng chịu tác động nhiệt do hàn, với kết quả cuối cùng là sự gia tăng lượng P trong thép có hại nhiều hơn có lợi; do đó, theo lý thuyết thì tốt hơn là cần P thấp, nhưng có tính đến khả năng vận hành luyện thép và chi phí luyện thép, đối với các yêu cầu về hàn nhiệt đầu vào cao và sức chịu rạn nứt do kẽm gây ra, lượng P cần được kiểm soát là $\leq 0,013\%$.

Mặc dù S, là chất lẫn có hại trong thép, các kết tụ ở biên dạng hạt austenit trước đó và có thể ức chế sự khuếch tán của Zn về phía biên dạng hạt và làm giảm độ nhạy đối với sự xuất hiện của các vết nứt do kẽm gây ra, S kết hợp với

Mn trong thép để tạo ra chất lẫn MnS và trong quá trình cán nóng, tính dẻo của MnS cho phép MnS kéo dài dọc theo hướng cán và tạo ra dải chất lẫn MnS dọc theo hướng cán, điều này làm suy giảm nghiêm trọng độ cứng chịu va đập bên, tính dẫn hướng Z và khả năng hàn của thép tấm; đồng thời, S cũng là nguyên tố chính để tạo ra tính giòn nóng trong quá trình cán nóng, với kết quả cuối cùng là việc làm giảm lượng S trong thép là có hại hơn có lợi; do đó, theo lý thuyết, tốt hơn là cần S thấp, nhưng có tính đến khả năng vận hành luyện thép, chi phí luyện thép và nguyên tắc của dòng vật liệu mịn, đối với các yêu cầu về hàn nhiệt đầu vào cao và sức chịu rạn nứt do kẽm gây ra, lượng S cần được kiểm soát là $\leq 0,003\%$.

Như nguyên tố làm ổn định austenit, việc bổ sung lượng nhỏ Cu có thể gia tăng đồng thời độ bền và sức chịu thời tiết của thép tấm và gia tăng độ cứng ở nhiệt độ thấp mà không ảnh hưởng đến khả năng hàn; tuy nhiên, khi thêm quá nhiều ($\text{Cu} > 0,30\%$), Cu, là nguyên tố hoạt động bề mặt, luôn kết tụ ở biên dạng hạt giữa austenit và ferit, nên tạo thuận lợi cho việc tạo ra các cấu trúc chuyển pha ở nhiệt độ thấp ở vùng chịu tác động nhiệt do hàn để duy trì biên dạng hạt austenit trước đó và làm giảm nghiêm trọng sức chịu rạn nứt do kẽm gây ra của thép tấm và do đó lượng Cu được kiểm soát nằm trong khoảng từ 0,10% đến 0,30%.

Ni là nguyên tố hợp kim duy nhất dùng cho thép tấm thu được độ cứng ở nhiệt độ siêu thấp rất tốt mà không làm ảnh hưởng đến khả năng hàn và cũng là nguyên tố hợp kim rất cần thiết đối với thép đông; quan trọng hơn, ngoài ra, Ni trong thép có thể ức chế sự kết tụ của Cu ở biên dạng hạt giữa austenit và ferit, ngăn ngừa sự hóa giòn ở biên dạng hạt của Cu để làm tăng sức chịu rạn nứt do kẽm gây ra của thép tấm; khi lượng bổ sung quá thấp ($\text{Ni} < 0,20\%$), chức năng của nó là không đáng kể và không thể ức chế một cách hiệu quả sự hóa giòn ở biên dạng hạt được gây ra bởi Cu, khi lượng bổ sung quá cao ($\text{Ni} > 0,50\%$), tạo thuận lợi cho việc tạo ra các cấu trúc chuyển pha ở nhiệt độ thấp ở vùng chịu tác động nhiệt do hàn để duy trì biên dạng hạt austenit trước đó và làm giảm sức chịu rạn nứt do kẽm gây ra của thép tấm; do đó, lượng Ni được kiểm soát nằm

trong khoảng 0,20% đến 0,50%.

Việc bổ sung lượng Mo thích hợp không chỉ bù lại độ bền còn thiếu do sự thiết kế lượng C rất thấp gây ra và gia tăng độ bền-độ cứng phù hợp và độ cứng ở nhiệt độ thấp của thép tấm, mà còn có thể cải thiện khả năng hàn, khả năng hàn nhiệt đầu vào đặc biệt cao được mang lại do sự suy giảm đáng kể lượng C và nâng cao độ cứng của vùng chịu tác động nhiệt do hàn; khi lượng bổ sung quá thấp ($Mo < 0,05\%$), chức năng gia cường sự chuyển pha trong quy trình TMCP là không đủ và sự phù hợp độ bền-độ cứng của thép tấm không thể đạt được, khi lượng bổ sung quá cao ($Mo > 0,20\%$), tạo thuận lợi cho việc tạo ra các cấu trúc chuyển pha ở nhiệt độ thấp ở vùng chịu tác động nhiệt do hàn để duy trì biên dạng hạt austenit trước đó và làm giảm nghiêm trọng sức chịu rạn nứt do kềm gây ra của thép tấm; do đó, lượng Mo được kiểm soát nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,20%.

Mục đích của việc bổ sung lượng nhỏ của nguyên tố Nb vào thép để thực hiện việc cán có kiểm soát mà không cần tái kết tinh, khi lượng bổ sung của Nb thấp hơn 0,015%, việc cán có kiểm soát không thể đóng vai trò hiệu quả, khi lượng bổ sung của Nb vượt quá 0,035%, điều này khiến cho tạo ra bainit trên (B_I , B_{II}) dưới điều kiện hàn nhiệt đầu vào cao để duy trì biên dạng hạt austenit trước đó và làm giảm nghiêm trọng độ cứng ở nhiệt độ thấp và sức chịu rạn nứt do kềm gây ra của vùng chịu tác động nhiệt (HAZ) dưới hàn nhiệt đầu vào cao; do đó, lượng Nb được kiểm soát nằm trong khoảng từ 0,015% đến 0,035%, điều này không ảnh hưởng đến độ cứng và sức chịu rạn nứt do kềm gây ra của HAZ dưới hàn nhiệt đầu vào cao trong khi thu được hiệu quả cán có kiểm soát tối ưu.

Mục đích của việc bổ sung lượng nhỏ của Ti vào thép để kết hợp với N trong thép để tạo ra các hạt TiN có tính ổn định rất cao, ức chế sự phát triển của các hạt austenit trong vùng HAZ do hàn và thay đổi sản phẩm chuyển pha thứ cấp, cải thiện khả năng hàn của thép, tinh lọc kích cỡ của các hạt austenit trước đó ở vùng chịu tác động nhiệt do hàn, làm tăng diện tích của biên dạng hạt, giảm lượng khuếch tán của Zn ở biên dạng hạt đơn vị; thứ hai, các hạt TiN tạo điều kiện thuận lợi cho sự tạo nhân và phát triển của ferit, loại bỏ biên dạng hạt

austenit trước đó và về cơ bản cải thiện sức chịu rạn nứt do kếm gây ra của thép tấm trong khi làm giảm kích cỡ của các hạt austenit ở vùng chịu tác động nhiệt do hàn. Lượng Ti bổ sung vào thép cần phù hợp với lượng N trong thép, nguyên tắc phù hợp là TiN không thể kết tủa trong thép lỏng và phải kết tủa ở pha rắn; do đó, nhiệt độ kết tủa của TiN phải được đảm bảo thấp hơn 1400°C ; khi lượng của Ti bổ sung quá thấp ($< 0,008\%$), số lượng các hạt TiN được tạo ra không đủ để ức chế sự phát triển của các hạt austenit ở HAZ và thay đổi sản phẩm chuyển pha thứ cấp để cải thiện độ cứng ở nhiệt độ thấp của HAZ; khi lượng của Ti bổ sung quá cao ($> 0,018\%$), nhiệt độ kết tủa của TiN vượt quá 1400°C , trong quá trình đóng rắn của thép lỏng, các hạt TiN kích cỡ lớn cũng có thể kết tủa, các hạt TiN kích cỡ lớn này trở thành điểm bắt đầu cho việc khởi tạo vết nứt hơn là ức chế sự phát triển hạt austenit của HAZ; do đó, phạm vi kiểm soát tối ưu của lượng Ti nằm trong khoảng từ $0,008\%$ đến $0,018\%$.

Phạm vi kiểm soát của N tương ứng với phạm vi kiểm soát của Ti và đối với hàn nhiệt đầu vào cao của thép tấm, Ti/N tối ưu nằm trong khoảng từ 1,5 đến 3,4. Nếu lượng N quá thấp, các hạt TiN được tạo ra với lượng thấp và kích cỡ lớn, nên không có chức năng cải thiện khả năng hàn của thép và thay vào đó là có hại cho khả năng hàn, tuy nhiên, nếu lượng N quá cao, [N] tự do trong thép tăng, đặc biệt là dưới điều kiện hàn nhiệt đầu vào cao, lượng [N] tự do ở vùng chịu tác động nhiệt (HAZ) tăng nhanh chóng và ảnh hưởng nghiêm trọng đến độ cứng ở nhiệt độ thấp của HAZ và làm giảm khả năng hàn của thép. Do đó, lượng N được kiểm soát $\leq 0,0060\%$.

Bằng cách thực hiện việc xử lý Ca ở thép, mặt khác, thép lỏng có thể được làm sạch tiếp và mặt khác, các sulfit được xử lý biến tính để không thể biến dạng, các sulfit hình cầu rất nhỏ và ổn định, nhờ đó ức chế tính giòn nóng của S, nâng cao độ cứng ở nhiệt độ thấp và tính chất định hướng Z của thép và cải thiện tính không đẳng hướng của độ cứng của thép tấm. Lượng bổ sung của Ca phụ thuộc vào lượng của S trong thép; nếu lượng bổ sung của Ca quá thấp, hiệu quả xử lý là không đáng kể và nếu lượng bổ sung của Ca quá cao, kích cỡ của Ca(O,S) được tạo ra quá lớn, tính giòn cũng được gia tăng, mà có thể trở thành điểm bắt đầu của

các vết rạn nứt, độ cứng ở nhiệt độ thấp của thép giảm xuống và đồng thời độ tinh khiết của chất lượng thép giảm xuống và thép lỏng bị nhiễm bẩn. Nói chung, lượng Ca được kiểm soát theo $ESSP = (\%Ca)[1 - 124(\%O)]/1,25(\%S)$, trong đó ESSP là chỉ số kiểm soát hình dạng của các chất lẫn sulfit và nên nằm trong khoảng giá trị từ 0,5 đến 5 và do đó khoảng phù hợp của lượng Ca là nằm trong khoảng từ 0,0010% đến 0,0040%.

Phương pháp sản xuất thép tấm chịu rạn nứt do kềm gây ra theo sáng chế bao gồm các bước:

1) nấu chảy và đúc

phôi tấm được tạo ra bằng cách nấu chảy và đúc liên tục theo các thành phần nêu trên và sử dụng kỹ thuật giảm nhẹ, tỷ lệ giảm nhẹ đối với việc đúc liên tục được kiểm soát nằm trong khoảng từ 2% đến 5%, nhiệt độ rót của gàu nằm trong khoảng từ 1530°C đến 1560°C và tốc độ rót nằm trong khoảng từ 0,6m/phút đến 1,0m/phút;

2) gia nhiệt, nhiệt độ gia nhiệt của phôi tấm là nằm trong khoảng từ 1050°C đến 1150°C, phôi tấm được khử cặn bằng nước có áp suất cao sau khi ra khỏi lò và việc khử cặn có thể được lặp đi lặp lại nếu chưa hoàn thành;

3) cán

công đoạn đầu tiên là cán thường, trong đó công suất tối đa của máy cán được sử dụng để cán không gián đoạn, tỷ lệ giảm cán qua $\geq 10\%$, tỷ lệ giảm lũy tiến $\geq 45\%$ và nhiệt độ cán hoàn thiện $\geq 980^\circ\text{C}$;

công đoạn thứ hai thực hiện việc cán có kiểm soát trong phạm vi pha đơn austenit, trong đó nhiệt độ cán ban đầu của việc cán có kiểm soát nằm trong khoảng từ 800°C đến 850°C, tỷ lệ giảm cán qua $\geq 8\%$, tỷ lệ giảm lũy tiến $\geq 50\%$ và nhiệt độ cán hoàn thiện nằm trong khoảng từ 760°C đến 800°C;

4) làm nguội

Sau khi việc cán có kiểm soát được hoàn thành, thép tấm được vận chuyển ngay đến thiết bị ACC với tốc độ vận chuyển tối đa của giàn con lăn, và tiếp theo, thép tấm được làm nguội nhanh, nhiệt độ làm nguội ban đầu của thép tấm nằm trong khoảng từ 750°C đến 790°C, tốc độ làm nguội $\geq 5^\circ\text{C}/\text{giây}$, nhiệt độ

dùng làm nguội nằm trong khoảng từ 350°C đến 550°C, và sau đó thép tấm có độ dày $\geq 25\text{mm}$ được làm nguội tự nhiên bằng không khí không thấp hơn 300°C và sau đó được làm nguội từ từ và được khử hydro, quy trình làm nguội từ từ có trong khi duy trì nhiệt độ của thép tấm không thấp hơn 300°C trong ít nhất 36 giờ.

Trong phương pháp sản xuất theo sáng chế:

theo các thành phần của loại thép và các đặc điểm của quy trình sản xuất theo sáng chế, sáng chế đề xuất quy trình cán liên tục và kỹ thuật giảm nhẹ, với tỷ lệ giảm nhẹ cho việc cán liên tục được kiểm soát nằm trong khoảng từ 2% đến 5%, điểm quan trọng của quy trình cán liên tục là kiểm soát nhiệt độ rót của gàu và tốc độ rót, nhiệt độ rót của gàu nằm trong khoảng từ 1530°C đến 1560°C và tốc độ rót nằm trong khoảng từ 0,6 m/phút đến 1,0m/phút.

nhiệt độ gia nhiệt của phôi tấm nằm trong khoảng từ 1050°C đến 1150°C, phôi tấm được khử cặn bằng nước có áp suất cao sau khi ra khỏi lò và việc khử cặn có thể được lặp lại nếu chưa hoàn thành; sau khi việc tẩy gỉ được hoàn thành, công đoạn cán thứ nhất về cơ bản được thực hiện;

công đoạn thứ nhất là cán thường, trong đó công suất tối đa của máy cán được sử dụng đối với việc cán không bị gián đoạn, tỷ lệ giảm cán qua $\geq 10\%$, tỷ lệ giảm lũy tiến $\geq 45\%$ và nhiệt độ cán hoàn thiện $\geq 980^\circ\text{C}$, sao cho kim loại bị biến dạng đảm bảo thực hiện việc tái kết tinh tĩnh/động và các hạt austenit được tinh lọc.

Công đoạn thứ hai áp dụng việc cán có kiểm soát trong phạm vi pha đơn austenit, trong đó nhiệt độ cán ban đầu của việc cán có kiểm soát nằm trong khoảng từ 800°C đến 850°C, tỷ lệ giảm cán qua $\geq 8\%$, tỷ lệ giảm lũy tiến $\geq 50\%$ và nhiệt độ cán hoàn thiện nằm trong khoảng từ 760°C đến 800°C.

Sau khi việc cán có kiểm soát được hoàn thành, thép tấm được vận chuyển ngay đến thiết bị làm nguội nhanh để thực hiện việc làm nguội nhanh ở thép tấm, nhiệt độ làm nguội ban đầu của thép tấm nằm trong khoảng từ 750°C đến 790°C, tốc độ làm nguội $\geq 5^\circ\text{C/giây}$, nhiệt độ dừng làm nguội nằm trong khoảng từ 350°C đến 550°C và sau đó thép tấm có độ dày $\geq 25\text{mm}$ được làm nguội tự

nhien bằng không khí không thấp hơn 300°C và sau đó được làm nguội từ từ và được khử hydro, quy trình làm nguội từ từ có trong việc duy trì thép tấm ở nhiệt độ không thấp hơn 300°C trong ít nhất 36 giờ.

Nhờ việc thiết kế thành phần được đề cập ở trên và việc thực hiện quy trình sản xuất quy mô lớn tại chỗ, kết cấu tế vi thép tấm là ferit + cụm bainit rất nhỏ được phân bố rải rác, với kích cỡ hạt trung bình không lớn hơn 10µm, thu được các tính chất cơ học rất tốt và đồng nhất, khả năng hàn và sức chịu rạn nứt do kẽm gây ra rất tốt và do đó, đặc biệt phù hợp làm thép tấm chịu ăn mòn được mạ kẽm dùng cho các kết cấu dưới biển, thép tấm chịu ăn mòn được mạ kẽm dùng cho các kết cấu truyền tải điện áp rất cao, thép tấm chịu ăn mòn được mạ kẽm dùng cho các cấu trúc cầu đường bờ biển và tương tự.

Sáng chế có các ưu điểm sau:

Nhờ thiết kế kết hợp của các nguyên tố hợp kim và việc kiểm soát nghiêm ngặt nguyên tố B sót lại trong thép và cùng với quy trình TMCP phù hợp, sáng chế đảm bảo kết cấu tế vi của thép tấm hoàn thiện là ferit + các cụm bainit rất nhỏ và được phân bố đồng nhất và rải rác, với kích cỡ hạt trung bình được kiểm soát không lớn hơn 10µm và kết cấu tế vi của vùng chịu tác động nhiệt do hàn là ferit + lượng nhỏ peclit rất nhỏ và đồng nhất; quan trọng hơn, biên dạng hạt austenit được tạo ra ở nhiệt độ cao trong chu kỳ nhiệt hàn được loại bỏ hoàn toàn, trong khi đảm bảo các tính chất cơ học tốt và khả năng hàn của thép tấm là vật liệu nền, các mối hàn, đặc biệt là vùng chịu tác động nhiệt do hàn, của thép tấm có sức chịu rạn nứt do kẽm gây ra rất tốt, sự thống nhất theo kiểu hữu cơ của độ bền cao, khả năng hàn và sức chịu rạn nứt do kẽm gây ra tốt thu được và thép tấm đặc biệt phù hợp làm thép tấm chịu ăn mòn được mạ kẽm dùng cho các kết cấu dưới biển, thép tấm chịu ăn mòn được mạ kẽm dùng cho các kết cấu truyền tải điện áp rất cao, thép tấm chịu ăn mòn được mạ kẽm dùng cho các kết cấu cầu đường bờ biển và tương tự.

Ngoài ra, sáng chế được thực hiện thông qua quy trình kiểm soát TMCP

trực tuyến và quy trình xử lý nhiệt ram - tôi được loại bỏ; không chỉ chu kỳ sản xuất thép tấm được rút ngắn và chi phí sản xuất thép tấm được giảm xuống, mà sự khó khăn trong việc tổ chức sản xuất thép tấm được giảm xuống và hiệu quả vận hành sản xuất được cải thiện; thiết kế thành phần hợp kim quý hiếm là tương đối thấp (đặc biệt là lượng Cu, Ni và Mo) làm giảm đáng kể chi phí hợp kim của thép tấm; lượng C rất thấp và lượng tương đương C thấp và chỉ số Pcm làm tăng đáng kể khả năng hàn của thép tấm, đặc biệt là khả năng hàn nhiệt đầu vào cao, nhờ đó về cơ bản nâng cao hiệu quả sản xuất của hàn tại chỗ cho các người dùng, tiết kiệm chi phí sản xuất các chi tiết cho các người sử dụng, rút ngắn thời gian sản xuất các chi tiết cho người sử dụng và tạo ra giá trị lớn cho các người dùng, do đó thép tấm không chỉ là sản phẩm thân thiện với môi trường và xanh có giá trị gia tăng cao.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Fig. 1 thể hiện kết cấu tế vi thép trong ví dụ 5 của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế được mô tả tiếp theo đây dựa trên các phương án và hình vẽ.

Bảng 1 thể hiện các thành phần của các thép trong các phương án của sáng chế và các bảng 2 và 3 thể hiện quy trình sản xuất của các thép trong các phương án. Bảng 4 thể hiện các tính chất của các thép trong các phương án của sáng chế.

Như được minh họa trên Fig.1, kết cấu tế vi của thép tấm hoàn thiện theo sáng chế là ferit + các cụm bainit rất nhỏ và được phân bố đồng nhất và rải rác, với kích cỡ hạt trung bình được kiểm soát không lớn hơn 10 μ m và kết cấu tế vi của vùng chịu tác động nhiệt do hàn là rất nhỏ và ferit + lượng nhỏ peclit đồng nhất.

Theo sáng chế, nhờ thiết kế kết hợp của các nguyên tố hợp kim và việc kiểm soát nghiêm ngặt của nguyên tố B sót lại trong thép và cùng với quy trình TMCP phù hợp, trong khi đảm bảo các tính chất cơ học tốt và khả năng hàn của thép tấm làm vật liệu nền, các mối hàn, đặc biệt là vùng chịu tác động nhiệt do hàn, của thép tấm có sức chịu rạn nứt do kềm gây ra rất tốt, sự thống nhất hữu cơ của độ bền cao, khả năng hàn và sức chịu rạn nứt do kềm gây ra tốt thu được

và thép tấm đặc biệt phù hợp làm thép tấm chịu ăn mòn được mạ kẽm dùng cho các kết cấu dưới biển, thép tấm chịu ăn mòn được mạ kẽm dùng cho các kết cấu truyền tải điện áp rất cao, thép tấm chịu ăn mòn được mạ kẽm dùng cho các kết cấu cầu đường bờ biển và tương tự. Ngoài ra, giải pháp kỹ thuật của sáng chế được thực hiện thông qua quy trình kiểm soát TMCP trực tuyến, quy trình xử lý nhiệt ram-tôi được loại bỏ; không chỉ chu kỳ sản xuất thép tấm được rút ngắn và chi phí sản xuất thép tấm được giảm xuống, mà khó khăn trong việc tổ chức sản xuất thép tấm cũng được cải thiện và hiệu quả vận hành sản xuất được cải thiện; thiết kế thành phần hợp kim quý tương đối thấp (đặc biệt là lượng Cu, Ni và Mo) làm giảm đáng kể chi phí hợp kim của thép tấm; lượng C rất thấp và chất tương đương cacbon thấp và chỉ số Pcm cải thiện đáng kể khả năng hàn của thép tấm, đặc biệt là khả năng hàn nhiệt đầu vào thấp, nhờ đó, về cơ bản nâng cao hiệu quả sản xuất tại chỗ của việc hàn cho người dùng, tiết kiệm chi phí sản xuất bộ phận cho người dùng, rút ngắn thời gian sản xuất bộ phận cho người dùng và tạo giá trị lớn cho người dùng; do đó, thép tấm này không chỉ là sản phẩm thân thiện với môi trường và xanh và có giá trị gia tăng cao. Việc thực hiện thành công công nghệ trong patent này chứng minh rằng thép của hãng Bao (Baoshan Iron & Steel Co., Ltd.) tạo ra bước đột phá mới theo khía cạnh công nghệ sản xuất chính của thép tấm chịu rạn nứt do kẽm gây ra, điều này nâng cao giá trị thương hiệu và khả năng cạnh tranh trên thị trường của tấm thép dày của hãng Bao; không cần thêm bất kỳ thiết bị nào trong quá trình sản xuất thép tấm cường lực 550MPa ($550 \times 10^3 \text{kgf/m}^2$) theo sáng chế, quy trình chế tạo đơn giản và quy trình sản xuất dễ dàng được kiểm soát và do đó, chi phí sản xuất thấp và hiệu suất chi phí rất cao và có khả năng cạnh tranh trên thị trường và công nghệ này có khả năng thích nghi mạnh, có thể được xúc tiến ở tất cả các môi trường và các nhà sản xuất tấm thép nặng có thiết bị xử lý nhiệt và có sự phổ biến thương mại lớn và giá trị thương mại của công nghệ tương đối cao.

Với sự phát triển của nền kinh tế Trung Quốc, việc yêu cầu xây dựng xã hội cân đối và tiết kiệm và sự phát triển năng lượng đã được đưa vào chương trình, việc khai thác biển nhờ con người là quan trọng nhất; các thép tấm dùng

cho các kết cấu dưới biển có quy mô lớn, các giàn khoan dầu ngoài biển, các cần trục khoan và các cầu vượt biển cần mạ kẽm để chống ăn mòn, thép tấm chịu rạn nứt do kẽm gây có tiềm năng thị trường lớn và thép tấm khối chịu rạn nứt do kẽm gây ra là 550MPa ($550 \times 10^3 \text{kgf/m}^2$) vẫn là loại thép có thương hiệu mới ở Trung Quốc, ngoại trừ thép của hãng Bao, các doanh nghiệp sắt và thép khác ở Trung Quốc chưa bao giờ nghiên cứu và sản xuất thử. Hiện tại, loại thép này đã được sản xuất thử thành công thép của hãng Bao và mỗi chỉ số về tính năng cơ khí, khả năng hàn và sức chịu rạn nứt do kẽm gây ra của nó đã đạt đến trình độ tiên tiến quốc tế.

Bảng 1

Đơn vị: % trọng lượng

Mẫu thép	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Mo	Nb	Ti	N	Ca	B	Sắt và các tạp chất
Ví dụ 1	0,05	0,17	1,38	0,013	0,0017	0,10	0,20	0,05	0,015	0,008	0,0043	0,0019	0,0002	phần còn lại
Ví dụ 2	0,07	0,11	1,35	0,010	0,0008	0,16	0,25	0,09	0,020	0,011	0,0038	0,0022	0,0001	phần còn lại
Ví dụ 3	0,06	0,20	1,50	0,011	0,0030	0,25	0,40	0,12	0,027	0,015	0,0046	0,0030	0,0001	phần còn lại
Ví dụ 4	0,09	0,10	1,60	0,007	0,0014	0,22	0,45	0,16	0,032	0,017	0,0053	0,0040	/	phần còn lại
Ví dụ 5	0,07	0,09	1,65	0,008	0,0009	0,30	0,50	0,20	0,035	0,018	0,0060	0,0010	/	phần còn lại

Bảng 2

Mẫu thép	Tỷ lệ giảm nhẹ (%)	Nhiệt độ rót của gàu (°C)	Tốc độ rót (m/phút)	Nhiệt độ gia nhiệt (°C)	Cán ở công đoạn thứ nhất			Cán có kiểm soát ở công đoạn thứ hai			
					Tỷ lệ giảm cán qua (%)	Tỷ lệ giảm lũy tiến (%)	Nhiệt độ cán hoàn thiện (°C)	Nhiệt độ cán có kiểm soát (°C)	Nhiệt độ cán hoàn thiện (°C)	Tỷ lệ giảm cán qua (%)	Tỷ lệ giảm lũy tiến (%)
Ví dụ 1	3	1560	1,0	1150	13	80	980	850	760	9	75
Ví dụ 2	2	1545	0,9	1130	10	75	995	830	775	8	75
Ví dụ 3	5	1530	0,7	1100	11	60	1000	820	800	8	60
Ví dụ 4	4	1550	0,8	1080	10	45	990	810	790	9	55
Ví dụ 5	3	1535	0,6	1050	12	50	1010	800	780	9	50

Bảng 3

Mẫu thép	Quy trình cán có kiểm soát			Quy trình làm nguội từ từ	
	Nhiệt độ cán ban đầu (°C)	Tốc độ làm nguội (°C/giây)	Nhiệt độ dừng làm nguội (°C)	Nhiệt độ làm nguội từ từ (°C)	Thời gian làm nguội từ từ (giờ)
Ví dụ 1	750	25	550	Làm nguội bằng không khí tự nhiên	/
Ví dụ 2	765	15	500	311	36
Ví dụ 3	790	8	430	323	40
Ví dụ 4	780	6	400	335	40
Ví dụ 5	770	5	350	357	48

Bảng 4

Mẫu thép	Độ dày của sản phẩm tấm thép (mm)	YP MPa	TS MPa	δ %	Akv (-40°C) J	Nhiệt độ gia nhiệt sơ bộ khi hàn (°C)	S _{LM} (%)	Lưu ý
Ví dụ 1	12	535	617	23	332,367,355; 351	≤ 0	63	không xuất hiện các vết rạn nứt do kẽm gây ra
Ví dụ 2	25	527	623	25	363,375,344; 361	≤ 0	57	không xuất hiện các vết rạn nứt do kẽm gây ra
Ví dụ 3	50	519	621	25	355,349,366; 357	≤ 0	60	không xuất hiện các vết rạn nứt do kẽm gây ra
Ví dụ 4	65	530	636	26	324,335,348; 336	≤ 0	52	không xuất hiện các vết rạn nứt do kẽm gây ra
Ví dụ 5	80	522	608	25	293,303,317; 304	≤ 0	50	không xuất hiện các vết rạn nứt do kẽm gây ra

Lưu ý: S_{LM} = (độ bền gãy của thanh thử nghiệm kéo được mạ kẽm có các vết khía ở ngoại vi/độ bền gãy của thanh thử nghiệm kéo không được mạ kẽm có các vết khía ở ngoại vi) × 100% và S_{LM} ≥ 42% biểu thị việc không xuất hiện các vết nứt do kẽm gây ra.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thép tấm chịu rạn nứt do kềm gây ra, thép tấm chứa các thành phần dưới đây theo phần trăm trọng lượng:

C: từ 0,05% đến 0,090%;

Si: $\leq 0,20\%$;

Mn: từ 1,35% đến 1,65%;

P: $\leq 0,013\%$;

S: $\leq 0,003\%$;

Cu: từ 0,10% đến 0,30%;

Ni: từ 0,20% đến 0,50%;

Mo: từ 0,05% đến 0,20%;

Nb: từ 0,015% đến 0,035%;

Ti: từ 0,008% đến 0,018%;

N: $\leq 0,0060\%$;

Ca: từ 0,0010% đến 0,0040%;

B: $\leq 0,0002\%$, và

phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi;

và đồng thời lượng các nguyên tố được đề cập ở trên phải thỏa mãn các điều kiện sau:

$Mn/C \geq 15$;

$[(\%Mn) + 0,75(\%Mo)] \times (\%C) \leq 0,16$;

$CEZ \leq 0,44\%$, lượng B $\leq 2ppm$, trong đó, $CEZ = C + Si/17 + Mn/7,5 + Cu/13 + Ni/17 + Cr/4,5 + Mo/3 + V/1,5 + Nb/2 + Ti/4,5 + 420B$;

$Ni/Cu \geq 1,50$;

$Nb/Ti \geq 1,8$ và Ti/N nằm trong khoảng từ 1,50 đến 3,40;

Ca/S nằm trong khoảng từ 1,00 đến 3,00, và $(\%Ca) \times (\%S)^{0,28} \leq 1,0 \times 10^{-3}$;

thép tấm hoàn thiện có giới hạn chảy $\geq 460MPa$ ($460 \times 10^3 kgf/m^2$), độ bền kéo $\geq 550MPa$ ($550 \times 10^3 kgf/m^2$) và năng lượng va đập ở nhiệt độ $-60^\circ C$ (một giá trị) $\geq 47J$, kết cấu tế vi của thép tấm hoàn thiện là ferit + các cụm

bainit rất nhỏ và được phân bố đồng nhất và rải rác, với kích cỡ hạt trung bình được kiểm soát không lớn hơn $10\mu\text{m}$ và kết cấu tế vi của vùng chịu tác động nhiệt do hàn là rất nhỏ và ferit + lượng nhỏ peclit đồng nhất.

2. Thép tấm chịu rạn nứt do kềm gây ra theo điểm 1, trong đó S_{LM} của thép tấm $\geq 42\%$, trong đó $S_{LM} = (\text{độ bền gãy của thanh thử nghiệm kéo được mà kềm có các vết khía ở ngoại vi} / \text{độ bền gãy của thanh thử nghiệm kéo không được mà kềm có các vết khía ở ngoại vi}) \times 100\%$.

3. Phương pháp sản xuất thép tấm chịu rạn nứt do kềm gây ra theo điểm 1, phương pháp bao gồm các bước sau:

nấu chảy và đúc:

tạo ra phôi tấm bằng cách nấu chảy và đúc liên tục theo các thành phần nêu trên và sử dụng kỹ thuật giảm nhẹ, tỷ lệ giảm nhẹ đối với việc đúc liên tục được kiểm soát nằm trong khoảng từ 2% đến 5%, nhiệt độ rót của gàu nằm trong khoảng từ 1530°C đến 1560°C và tốc độ rót nằm trong khoảng từ 0,6m/phút đến 1,0m/phút;

gia nhiệt: nhiệt độ gia nhiệt của phôi tấm nằm trong khoảng từ 1050°C đến 1150°C , phôi tấm được khử cặn bằng nước có áp suất cao sau khi ra khỏi lò, và việc khử cặn có thể được lặp lại nếu chưa hoàn thành;

cán:

công đoạn đầu tiên là cán thường, trong đó công suất tối đa của máy cán được sử dụng cho việc cán không bị gián đoạn, tỷ lệ giảm cán qua $\geq 10\%$, tỷ lệ giảm lũy tiến $\geq 45\%$ và nhiệt độ cán hoàn thiện $\geq 980^{\circ}\text{C}$; và

công đoạn cán thứ hai áp dụng việc cán có kiểm soát trong phạm vi pha đơn austenit, trong đó nhiệt độ cán ban đầu của việc cán có kiểm soát nằm trong khoảng từ 800°C đến 850°C , tỷ lệ giảm cán qua $\geq 8\%$, tỷ lệ giảm lũy tiến $\geq 50\%$, và nhiệt độ cán hoàn thiện nằm trong khoảng từ 760°C đến 800°C ; và

làm nguội:

sau khi việc cán có kiểm soát được hoàn thành, chuyển thép tấm ngay đến thiết bị làm nguội nhanh để làm nguội nhanh thép tấm, trong đó nhiệt độ

làm nguội ban đầu của thép tấm nằm trong khoảng từ 750°C đến 790°C, tốc độ làm nguội $\geq 5^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, nhiệt độ dừng làm nguội nằm trong khoảng từ 350°C đến 550°C, và sau đó thép tấm có độ dày $\geq 25\text{mm}$ được làm nguội tự nhiên bằng không khí không thấp hơn 300°C, và sau đó được làm nguội từ từ và được khử hydro, quy trình làm nguội từ từ duy trì thép tấm ở nhiệt độ không thấp hơn 300°C trong ít nhất 36 giờ; và thép tấm có độ dày $< 25\text{mm}$ được làm nguội tự nhiên bằng không khí đến nhiệt độ phòng.

4. Phương pháp sản xuất thép tấm chịu rạn nứt do kẽm gây ra theo điểm 3, khác biệt ở chỗ phù hợp là thép tấm chịu ăn mòn được mạ kẽm dùng cho các kết cấu dưới biển, thép tấm chịu ăn mòn được mạ kẽm dùng cho các kết cấu truyền tải điện áp rất cao, và thép tấm chịu ăn mòn được mạ kẽm dùng cho các kết cấu cầu đường bờ biển.

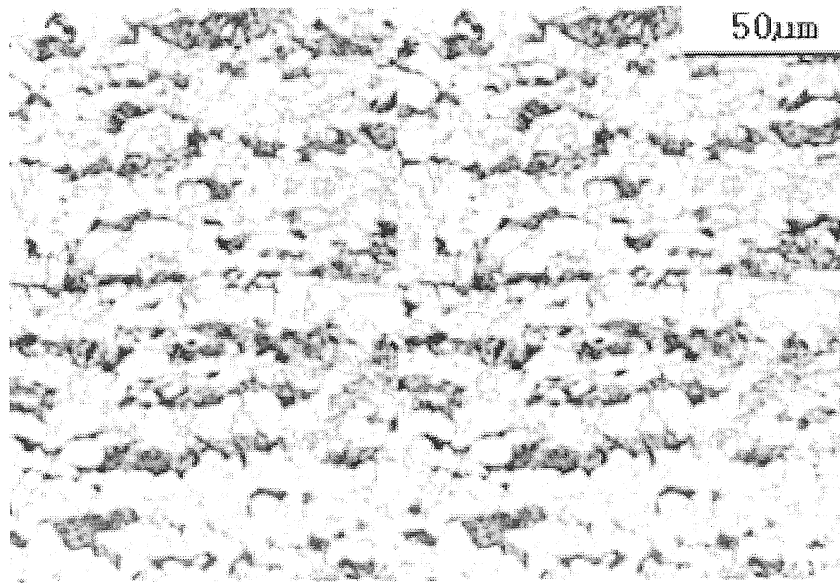


Fig. 1