



(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)



1-0048064

(51)^{2020.01} C22C 38/00; C22C 38/58; C22C 38/38; (13) B
C21D 8/02

(21) 1-2022-00822

(22) 18/08/2020

(86) PCT/JP2020/031164 18/08/2020

(87) WO2021/033693 25/02/2021

(30) 2019-151323 21/08/2019 JP

(45) 25/06/2025 447

(43) 25/05/2022 410A

(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)

2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000011, Japan

(72) IZUMI Daichi (JP); NAKASHIMA Koichi (JP); UEDA Keiji (JP).

(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) THÉP VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT THÉP

(21) 1-2022-00822

(57) Thép theo sáng chế chứa, theo % khối lượng, C: 0,100 % đến 0,700 %, Si: 0,05 % đến 1,00 %, Mn: 20,0 % đến 40,0 %, P: $\leq$ 0,030 %, S: $\leq$ 0,0050 %, Al: 0,01 % đến 5,00 %, Cr: 0,5 % đến 7,0 %, N: 0,0050 % đến 0,0500 %, O: $\leq$ 0,0050 %, Ti: $\leq$ 0,005 %, Nb: $\leq$ 0,005 %, và ít nhất một nguyên tố được chọn từ Ca: 0,0005 % đến 0,0100 %, Mg: 0,0005 % đến 0,0100 %, và REM: 0,0010 % đến 0,0200 %, và có cấu trúc vi mô với austenit như ma trận, trong khi kích thước hạt trung bình là 50 μm hoặc ít hơn, độ sạch của tạp chất sulfit ít hơn 1,0 %, cường độ chảy 400 MPa hoặc nhiều hơn, và phần trăm độ gãy giòn sau thử nghiệm va chạm Charpy ở $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ ít hơn 5 %.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép mà phù hợp như thép kết cấu được sử dụng trong các môi trường nhiệt độ cực thấp, như các bể để giữ hydro lỏng, heli lỏng, khí hóa lỏng và tương tự, cũng như phương pháp sản xuất chúng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Khi các tấm thép cán nóng được sử dụng trong các cấu trúc của các bể để giữ hydro lỏng, heli lỏng và khí hóa lỏng, các tấm thép được yêu cầu để có độ dẻo ưu việt ở các nhiệt độ đông lạnh cùng với độ bền cao, bởi vì các môi trường hoạt động của chúng là ở các nhiệt độ cực thấp. Ví dụ, khi tấm thép cán nóng được sử dụng trong bể để giữ heli lỏng, cần thiết để đảm bảo độ dẻo ưu việt ở nhiệt độ không lớn hơn -269°C , mà ở điểm sôi của heli. Khi vật liệu thép có độ dẻo dai kém ở các nhiệt độ đông lạnh, không thể duy trì sự an toàn như cấu trúc đối với bảo quản lạnh. Do đó, nhu cầu mạnh mẽ để cải thiện độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh của vật liệu thép được áp dụng.

Để đáp ứng nhu cầu này, thép không gỉ austenitic với austenit, mà không thể hiện tính giòn ở các nhiệt độ đông lạnh, như cấu trúc của tấm thép, được sử dụng thông thường. Tuy nhiên, bởi vì chi phí hợp kim cao và chi phí sản xuất cao, mong muốn có vật liệu thép rẻ có độ dẻo ưu việt ở các nhiệt độ đông lạnh.

Ví dụ, JP 2018-104792 A (PTL 1) đề xuất sử dụng thép Ni cao chứa lượng lớn của Ni, là nguyên tố ổn định austenit, làm thép kết cấu trong môi trường -253°C , làm nguyên liệu thép mới để thay thế các thép nhiệt độ thấp thông thường. PTL 1 đề xuất công nghệ đảm bảo độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh, ví dụ, kiểm soát kích thước và hình thái hạt của austenit trước.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

PTL 1: JP 2018-104792 A

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Công nghệ được mô tả trong PTL 1 cho thấy có thể cung cấp thép Ni cao với độ dẻo ưu việt ở các nhiệt độ đông lạnh, nhưng thép Ni cao cần chứa 12,5 % hoặc nhiều hơn Ni theo quan điểm đảm bảo độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh, và giảm chi phí nguyên liệu được yêu cầu. Vấn đề khác là chi phí sản xuất cao, bởi vì cần thiết để thực hiện xử lý nhiệt như tôi nung lại, xử lý nhiệt trung gian và ủ để đảm bảo pha austenit hoặc tương tự.

Do đó có thể hữu ích để cung cấp thép có độ bền cao và độ dẻo ưu việt ở các nhiệt độ đông lạnh, nhờ đó các chi phí vật liệu và các quy trình sản xuất có thể được giảm. Cũng hữu ích để đề xuất phương pháp hữu ích để sản xuất thép như vậy. Như được sử dụng ở đây, “độ bền cao” có nghĩa có cường độ chảy 400 MPa hoặc nhiều hơn ở nhiệt độ phòng, và “độ dẻo ưu việt ở các nhiệt độ đông lạnh” có nghĩa có phần trăm độ gãy giòn ít hơn 5,0 % sau thử nghiệm va chạm Charpy ở -196 °C và còn ở -269 °C.

Giải quyết vấn đề

Để giải quyết các vấn đề trên, chúng tôi tiến hành nghiên cứu trên các yếu tố khác nhau để xác định hợp phần hóa học và cấu trúc vi mô của tấm thép đối với tấm thép có hàm lượng Mn cao tương đối của 20,0 % hoặc nhiều hơn, và chúng tôi tìm thấy từ a đến c.

a. Thép austenit nói trên có nhiều tạp chất sunfit hơn thép cacbon bởi vì nó chứa lượng lớn của Mn. Các tạp chất sunfit ở đây đề cập chính đến MnS. Các tạp chất sunfit đóng vai trò như các điểm khởi đầu của sự đứt gãy. Do đó, khi độ sạch của tạp chất sulfit sau khi quá trình cán nóng và xử lý làm nguội là 1,0 % hoặc nhiều hơn, độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh bị giảm sút. Do đó, việc giảm các tạp chất sulfit có hiệu quả trong việc cải thiện độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh của thép.

b. Khi quá trình cán nóng được thực hiện dưới các điều kiện phù hợp, độ sạch của tạp chất sulfit có thể được giảm xuống dưới 1,0 %, và độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh của thép có thể được cải thiện mà không thực hiện xử lý nhiệt khác sau khi cán, mà giảm các chi phí sản xuất.

c. Cường độ chảy của thép có thể được tăng bởi thực hiện quá trình cán nóng dưới các điều kiện phù hợp để cung cấp mật độ đứt gãy cao và bằng cách điều khiển một cách phù hợp kích thước hạt tinh thể.

Sáng chế được dựa trên các phát hiện đã nói ở trên và các nghiên cứu khác. Do đó chúng tôi cung cấp những điều sau.

1. Thép, bao gồm

hợp phần hóa học chứa (chỉ chứa), theo % khối lượng,

C: 0,100 % hoặc nhiều hơn và 0,700 % hoặc ít hơn,

Si: 0,05 % hoặc nhiều hơn và 1,00 % hoặc ít hơn,

Mn: 20,0 % hoặc nhiều hơn và 40,0 % hoặc ít hơn,

P: 0,030 % hoặc ít hơn,

S: 0,0050 % hoặc ít hơn,

Al: 0,01 % hoặc nhiều hơn và 5,00 % hoặc ít hơn,

Cr: 0,5 % hoặc nhiều hơn và 7,0 % hoặc ít hơn,

N: 0,0050 % hoặc nhiều hơn và 0,0500 % hoặc ít hơn,

O: 0,0050 % hoặc ít hơn,

Ti: 0,005 % hoặc ít hơn, và

Nb: 0,005 % hoặc ít hơn, và

còn chứa, theo % khối lượng, ít nhất một nguyên tố được chọn từ nhóm chỉ bao gồm

Ca: 0,0005 % hoặc nhiều hơn và 0,0100 % hoặc ít hơn,

Mg: 0,0005 % hoặc nhiều hơn và 0,0100 % hoặc ít hơn, và

REM: 0,0010 % hoặc nhiều hơn và 0,0200 % hoặc ít hơn,

với sự cân bằng là Fe và các tạp chất không tránh khỏi, và

cấu trúc vi mô có austenit như ma trận, trong đó

cấu trúc vi mô có kích thước hạt trung bình của 50 μm hoặc ít hơn và độ sạch của tạp chất sunfit ít hơn 1,0 %, và

cường độ chảy 400 MPa hoặc nhiều hơn, và phần trăm độ gãy giòn sau thử nghiệm va chạm Charpy ở $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ ít hơn 5 %.

2. Thép theo mục 1, trong đó hợp phần hóa học còn chứa, theo % khối lượng, ít nhất một nguyên tố được chọn từ nhóm chỉ bao gồm

Cu: 1,0 % hoặc ít hơn,
 Ni: 1,0 % hoặc ít hơn,
 Mo: 2,0 % hoặc ít hơn,
 V: 2,0 % hoặc ít hơn, và
 W: 2,0 % hoặc ít hơn.

3. Phương pháp sản xuất thép, bao gồm

gia nhiệt vật liệu thép có hợp phần hóa học theo mục 1 hoặc 2 tới khoảng nhiệt độ 1100 °C hoặc cao hơn và 1300 °C hoặc thấp hơn.

Đưa vật liệu thép để cán nóng, trong đó

trong suốt quá trình cán nóng ở khoảng nhiệt độ 900 °C hoặc cao hơn, khoảng thời gian giữa lần cán đến tận lần cán tiếp theo được thực hiện là 200 giây hoặc ngắn hơn, và sự giảm tốc độ cán qua (%) trong lần cán qua tiếp theo/khoảng thời gian giữa các lần cán qua (giây) $\geq 0,015$ (%/giây),

đưa vật liệu thép vào việc cán hoàn thiện với nhiệt độ kết thúc 700 °C hoặc cao hơn và thấp hơn 900 °C, và

sau đó đưa vật liệu thép vào xử lý làm nguội mà tốc độ làm mát trung bình từ nhiệt độ của (nhiệt độ kết thúc -100 °C) hoặc cao hơn tới khoảng nhiệt độ 300 °C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn là 1,0 °C/s hoặc cao hơn.

Như được sử dụng ở đây, mỗi nhiệt độ được mô tả trên là nhiệt độ bề mặt của vật liệu thép hoặc tấm thép, tương ứng.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Theo sáng chế, có thể cung cấp thép có độ bền cao và độ dẻo ưu việt ở các nhiệt độ đông lạnh. Do đó, thép theo sáng chế góp phần đáng kể để cải thiện độ an toàn và tuổi thọ sản phẩm của cấu trúc thép được sử dụng trong các môi trường đông lạnh, như bể để giữ hydro lỏng, heli lỏng, và khí hóa lỏng, mà thể hiện hiệu quả công nghiệp đáng chú ý. Ngoài ra, phương pháp sản xuất theo sáng chế không làm giảm năng suất hoặc tăng chi phí sản xuất, mà là phương pháp với hiệu quả kinh tế tuyệt vời.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Trong các hình vẽ đính kèm:

FIG. 1 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa kích thước hạt trung bình (kích thước hạt trung bình) và cường độ chảy của thép thỏa mãn hợp phần hóa học theo sáng chế; và

FIG. 2 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa độ sạch của tạp chất sulfit và phần trăm độ gãy giòn ở -269°C của thép mà thỏa mãn các điều kiện sản xuất theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần sau mô tả chi tiết thép theo sáng chế.

Hợp phần hóa học

Đầu tiên, hợp phần hóa học của thép theo sáng chế và các lý do để hạn chế sẽ được mô tả. Chú ý rằng đơn vị “%” của mỗi thành phần là “%” trừ khi được quy định khác.

C: 0,100 % hoặc nhiều hơn và 0,700 % hoặc ít hơn

C là nguyên tố ổn định austenit rẻ và là nguyên tố quan trọng trong việc thu được austenit. Để đạt được hiệu quả, hàm lượng C cần là 0,100 % hoặc nhiều hơn. Mặt khác, khi hàm lượng C vượt quá 0,700 %, Cr cacbua được tạo thành quá mức, và độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh bị giảm sút. Do đó, hàm lượng C được đặt thành 0,100 % hoặc nhiều hơn và 0,700 % hoặc ít hơn. Hàm lượng C tốt hơn là 0,200 % hoặc nhiều hơn. Hàm lượng C tốt hơn là 0,600 % hoặc ít hơn. Hàm lượng C tốt hơn nữa là 0,200 % hoặc nhiều hơn và 0,600 % hoặc ít hơn.

Si: 0,05 % hoặc nhiều hơn và 1,00 % hoặc ít hơn

Si là nguyên tố mà hoạt động như vật liệu khử oxy. Nó không chỉ cần thiết cho quá trình luyện thép mà còn làm tăng độ bền của tấm thép bằng cách hóa bền dung dịch rắn. Để đạt được hiệu quả, hàm lượng Si cần là 0,05 % hoặc nhiều hơn. Mặt khác, khi hàm lượng vượt quá 1,00 %, ứng suất không nhiệt (ứng suất trong) tăng quá mức, dẫn đến suy giảm độ dẻo ở các nhiệt độ đông lạnh. Do đó, hàm lượng Si được đặt thành 0,05 % hoặc nhiều hơn và 1,00 % hoặc ít hơn. Hàm lượng Si tốt hơn là 0,07 % hoặc nhiều hơn. Hàm lượng C tốt hơn là 0,80 % hoặc ít hơn. Hàm lượng Si tốt hơn nữa là 0,07 % hoặc nhiều hơn và 0,80 % hoặc ít hơn.

Mn: 20,0 % hoặc nhiều hơn và 40,0 % hoặc ít hơn

Mn là nguyên tố ổn định austenit tương đối rẻ. Theo sáng chế, Mn là nguyên tố quan trọng để đạt được cả độ bền và độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh bằng cách austenitizing cấu trúc vi mô. Để đạt được hiệu quả, hàm lượng Mn cần là 20,0 % hoặc nhiều hơn. Mặt khác, khi hàm lượng vượt quá 40,0 %, độ bền ranh giới của hạt giảm, và độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh kém đi. Do đó, hàm lượng Mn được đặt thành 20,0 % hoặc nhiều hơn và 40,0 % hoặc ít hơn. Hàm lượng Mn tốt hơn là 23,0 % hoặc nhiều hơn. Hàm lượng Mn tốt hơn là 38,0 % hoặc ít hơn. Hàm lượng Si tốt hơn nữa là 23,0 % hoặc nhiều hơn và 38,0 % hoặc ít hơn. Hàm lượng Mn còn tốt hơn nữa là 36,0 % hoặc ít hơn.

P: 0,030 % hoặc ít hơn

Khi hàm lượng P vượt quá 0,030 %, độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh bị giảm sút do sự phân tách quá mức ở các ranh giới hạt. Do đó, giới hạn trên được đặt thành 0,030 %, và hàm lượng P càng thấp càng tốt. Do đó, hàm lượng P được đặt thành 0,030 % hoặc ít hơn. Chú ý rằng hàm lượng P được mong muốn là 0,002 % hoặc nhiều hơn, bởi vì việc giảm hàm lượng P quá mức tăng các chi phí tinh chế và bất lợi về mặt kinh tế. Hàm lượng P tốt hơn là 0,005 % hoặc nhiều hơn. Hàm lượng P tốt hơn là 0,028 % hoặc ít hơn. Hàm lượng P tốt hơn nữa là 0,005 % hoặc nhiều hơn và 0,028 % hoặc ít hơn. Hàm lượng P còn tốt hơn nữa là 0,024 % hoặc ít hơn.

S: 0,0050 % hoặc ít hơn

S là nguyên tố mà kém độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh và độ dẻo của tấm thép. Do đó, giới hạn trên được đặt thành 0,0050 %, và hàm lượng S càng thấp càng tốt. Do đó, hàm lượng S được đặt thành 0,0050 % hoặc ít hơn. Hàm lượng S tốt hơn là 0,0045 % hoặc ít hơn. Chú ý rằng hàm lượng S được mong muốn là 0,0010 % hoặc nhiều hơn, bởi vì việc giảm quá mức hàm lượng S tăng các chi phí tinh chế và bất lợi về mặt kinh tế.

Al: 0,01 % hoặc nhiều hơn và 5,00 % hoặc ít hơn

Al là nguyên tố mà hoạt động như chất khử oxy và được sử dụng phần lớn trong quá trình khử oxy thép nóng chảy để thu được tấm thép. Hơn nữa, Al góp phần để cải thiện cường độ chảy và độ giãn dài cục bộ trong thử nghiệm kéo. Để đạt được hiệu quả, hàm lượng Al cần là 0,01 % hoặc nhiều hơn. Mặt khác, khi hàm

lượng Al vượt quá 5,00 %, lượng lớn của tạp chất được hình thành, và độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh bị giảm sút. Do đó, hàm lượng Al được đặt thành 5,00 % hoặc ít hơn. Do đó, hàm lượng Al được đặt thành 0,01 % hoặc nhiều hơn và 5,00 % hoặc ít hơn. Hàm lượng Al tốt hơn là 0,02 % hoặc nhiều hơn. Hàm lượng Al tốt hơn là 4,00 % hoặc ít hơn. Hàm lượng Al tốt hơn nữa là 0,02 % hoặc nhiều hơn và 4,00 % hoặc ít hơn.

Cr: 0,5 % hoặc nhiều hơn và 7,0 % hoặc ít hơn

Cr là nguyên tố mà cải thiện một cách hiệu quả độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh bởi vì nó cải thiện độ bền ranh giới của hạt. Cr cũng là nguyên tố mà cải thiện một cách hiệu quả độ bền. Để đạt được hiệu quả, hàm lượng Cr cần là 0,5 % hoặc nhiều hơn. Mặt khác, khi hàm lượng Cr vượt quá 7,0 %, Cr cacbua được tạo thành, và độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh bị giảm sút. Do đó, hàm lượng Cr được đặt thành 0,5 % hoặc nhiều hơn và 7,0 % hoặc ít hơn. Hàm lượng Cr tốt hơn là 1,0 % hoặc nhiều hơn và tốt hơn nữa 1,2 % hoặc nhiều hơn. Hàm lượng Cr tốt hơn là 6,7 % hoặc ít hơn và tốt hơn nữa 6,5 % hoặc ít hơn. Hàm lượng Cr tốt hơn nữa là 1,0 % hoặc nhiều hơn và 6,7 % hoặc ít hơn. Hàm lượng Cr còn tốt hơn nữa là 1,2 % hoặc nhiều hơn và 6,5 % hoặc ít hơn.

N: 0,0050 % hoặc nhiều hơn và 0,0500 % hoặc ít hơn

N là nguyên tố ổn định austenit và là nguyên tố có hiệu quả trong việc cải thiện độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh. Để đạt được hiệu quả, hàm lượng N cần là 0,0050 % hoặc nhiều hơn. Mặt khác, khi hàm lượng vượt quá 0,0500 %, nitrit hoặc cacbonitrit được làm thô, và độ dẻo dai bị giảm sút. Do đó, hàm lượng N được đặt thành 0,0050 % hoặc nhiều hơn và 0,0500 % hoặc ít hơn. Hàm lượng N tốt hơn là 0,0060 % hoặc nhiều hơn. Hàm lượng N tốt hơn là 0,0400 % hoặc ít hơn. Hàm lượng N tốt hơn nữa là 0,0060 % hoặc nhiều hơn và 0,0400 % hoặc ít hơn.

O: 0,0050 % hoặc ít hơn

O kém đi độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh do sự hình thành của oxit. Do đó, hàm lượng O được đặt thành 0,0050 % hoặc ít hơn. Hàm lượng O tốt hơn là 0,0045 % hoặc ít hơn. Chú ý rằng hàm lượng O được mong muốn là 0,0010 % hoặc nhiều hơn, bởi vì việc giảm quá mức hàm lượng O tăng các chi phí tinh chế và bất lợi về mặt kinh tế.

Các hàm lượng Ti và Nb: bị giảm xuống 0,005 % hoặc ít hơn mỗi

Việc bao gồm nhiều Ti và Nb kém đi độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh bởi vì chúng hình thành cacbonitrit với điểm nóng chảy cao trong thép. Ti và Nb chắc chắn được trộn vào từ các nguyên liệu thô hoặc tương tự. Trong phần lớn trường hợp, chúng được trộn trong khoảng Ti: hơn 0,005 % và 0,010 % hoặc ít hơn, và Nb: hơn 0,005 % và 0,010 % hoặc ít hơn. Do đó, cần phải cố ý giới hạn lượng Ti và Nb được trộn vào bằng phương pháp được mô tả sau, và để hạn chế các hàm lượng của Ti và Nb tới 0,005 % hoặc ít hơn, tương ứng. Bằng việc giảm các hàm lượng của Ti và Nb tới 0,005 % hoặc ít hơn, tương ứng, các tác dụng bất lợi được đề cập trên của cacbonitrit có thể được giảm, và độ dẻo ưu việt ở các nhiệt độ đông lạnh và độ dẻo có thể được đảm bảo. Các hàm lượng của Ti và Nb tốt hơn là 0,003 % hoặc ít hơn, tương ứng. Các hàm lượng của Ti và Nb có thể là 0 %, tương ứng. Tuy nhiên, các hàm lượng của Ti và Nb mong muốn là 0,001 % hoặc nhiều hơn, tương ứng, bởi vì việc giảm quá mức không được ưu tiên theo quan điểm của chi phí sản xuất thép.

Ít nhất một nguyên tố được chọn từ nhóm chỉ chứa Ca: 0,0005 % hoặc nhiều hơn và 0,0100 % hoặc ít hơn, Mg: 0,0005 % hoặc nhiều hơn và 0,0100 % hoặc ít hơn, REM: 0,0010 % hoặc nhiều hơn và 0,0200 % hoặc ít hơn

Ca, Mg và REM là các nguyên tố hữu ích để kiểm soát hình thái của các tạp chất. Kiểm soát hình thái của các tạp chất nghĩa là kiểm soát các tạp chất sunfit mở rộng thành các tạp chất dạng hạt. Độ dẻo và độ dẻo dai có thể được cải thiện thông qua việc kiểm soát hình thái của các tạp chất. Để đạt được hiệu quả, các hàm lượng Ca và Mg tốt hơn là 0,0005 % hoặc nhiều hơn, và hàm lượng REM tốt hơn là 0,0010 % hoặc nhiều hơn. Mặt khác, khi bất kỳ các thành phần này được chứa trong lượng lớn, lượng tạp chất phi kim tăng, và do đó độ dẻo và độ dẻo dai có thể bị giảm. Hơn nữa, nó có thể bất lợi về mặt kinh tế.

Do đó, khi Ca và Mg được chứa, hàm lượng của mỗi nguyên tố tốt hơn là 0,0005 % hoặc nhiều hơn và 0,0100 % hoặc ít hơn, và khi REM được chứa, hàm lượng tốt hơn là 0,0010 % hoặc nhiều hơn và 0,0200 % hoặc ít hơn. Hàm lượng Ca tốt hơn nữa là 0,0010 % hoặc nhiều hơn. Hàm lượng Ca tốt hơn nữa là 0,0080 % hoặc ít hơn. Hàm lượng Ca còn tốt hơn nữa là 0,0010 % hoặc nhiều hơn và 0,0080

% hoặc ít hơn. Hàm lượng Mg tốt hơn nữa là 0,0010 % hoặc nhiều hơn. Hàm lượng Mg tốt hơn nữa là 0,0080 % hoặc ít hơn. Hàm lượng Mg còn tốt hơn nữa là 0,0010 % hoặc nhiều hơn và 0,0080 % hoặc ít hơn. Hàm lượng REM tốt hơn nữa là 0,0020 % hoặc nhiều hơn. Hàm lượng REM tốt hơn nữa là 0,0150 % hoặc ít hơn. Hàm lượng REM còn tốt hơn nữa là 0,0020 % hoặc nhiều hơn và 0,0150 % hoặc ít hơn.

Thuật ngữ “REM” đề cập đến các kim loại đất hiếm và là thuật ngữ chung của 17 nguyên tố gồm 15 nguyên tố lantanit và Y và Sc. Ít nhất một trong các nguyên tố này có thể được chứa. Hàm lượng của REM nghĩa là tổng hàm lượng của các nguyên tố này.

Để cải thiện hơn nữa độ bền và độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh, nguyên tố sau có thể được chứa khi cần thiết ngoài các nguyên tố thiết yếu trong sáng chế.

Ít nhất một nguyên tố được chọn từ nhóm chỉ chứa Cu: 1,0 % hoặc ít hơn, Ni: 1,0 % hoặc ít hơn, Mo: 2,0 % hoặc ít hơn, V: 2,0 % hoặc ít hơn, và W: 2,0 % hoặc ít hơn

Cu, Ni: 1,0 % hoặc ít hơn mỗi

Cu và Ni là nguyên tố mà không chỉ tăng độ bền của tấm thép bằng cách hóa bền dung dịch rắn, mà còn cải thiện tính linh động của sự đứt gãy và độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp. Để đạt được hiệu quả, các hàm lượng Cu và Ni tốt hơn là 0,01 % hoặc nhiều hơn và tốt hơn nữa 0,03 % hoặc nhiều hơn. Mặt khác, khi hàm lượng vượt quá 1,0 %, các đặc tính bề mặt bị xấu đi trong suốt quá trình cán, và các chi phí sản xuất tăng. Do đó, khi nguyên tố hợp kim này được chứa, hàm lượng của mỗi nguyên tố tốt hơn là 1,00 % hoặc ít hơn và tốt hơn nữa 0,70 % hoặc ít hơn. Hàm lượng Cu và hàm lượng Ni tốt hơn là 0,03 % hoặc nhiều hơn. Hàm lượng Cu và hàm lượng Ni tốt hơn là 0,70 % hoặc ít hơn, và chúng còn tốt hơn là 0,50 % hoặc ít hơn.

Mo, V, W: 2,0 % hoặc ít hơn mỗi

Mo, V và W góp phần vào sự ổn định của austenit và góp phần cải thiện độ bền của vật liệu thép. Để đạt được hiệu quả, các hàm lượng Mo, V và W tốt hơn là 0,001 % hoặc nhiều hơn và tốt hơn nữa 0,003 % hoặc nhiều hơn. Mặt khác, khi hàm lượng vượt quá 2,0 %, cacbonitrit thô được tạo thành và đóng vai trò như các

điểm khởi đầu của sự đứt gãy. Hơn nữa, chi phí sản xuất tăng. Do đó, khi các nguyên tố hợp kim này được chứa, hàm lượng tốt hơn là 2,0 % hoặc ít hơn và tốt hơn nữa 1,7 % hoặc ít hơn. Hàm lượng của mỗi Mo, V và W tốt hơn nữa là 0,003 % hoặc nhiều hơn. Hàm lượng của mỗi Mo, V và W tốt hơn nữa là 1,7 % hoặc ít hơn. Hàm lượng của mỗi Mo, V và W còn tốt hơn nữa là 1,5 % hoặc ít hơn.

Sự cân bằng ngoài các thành phần nêu trên là iron và các tạp chất không tránh khỏi. Các tạp chất không thể tránh khỏi ở đây gồm H, B và tương tự, và tổng 0,01 % hoặc ít hơn có thể chấp nhận được.

Cấu trúc vi mô

Cấu trúc vi mô có austenit như ma trận

Khi cấu trúc tinh thể của vật liệu thép là cấu trúc lập phương tâm khối (bcc), vật liệu thép không phù hợp để sử dụng trong các môi trường đông lạnh bởi vì nó có thể gây ra các độ gãy giòn trong các môi trường đông lạnh. Do đó, khi xem xét việc sử dụng trong các môi trường đông lạnh, nền của vật liệu thép tốt hơn là cấu trúc vi mô austenit mà cấu trúc tinh thể là cấu trúc lập phương tâm mặt (fcc). Như được sử dụng ở đây, “austenit như ma trận” có nghĩa là pha austenit có tỷ lệ diện tích của 90 % hoặc nhiều hơn, trong khi pha austenit tốt hơn có tỷ lệ diện tích của 95 % hoặc nhiều hơn. Sự cân bằng tốt hơn là pha austenit là pha ferrit hoặc pha martensit.

Kích thước hạt trung bình trong cấu trúc vi mô: 50 μm hoặc ít hơn

Kết quả của việc xác minh mối quan hệ giữa kích thước hạt trung bình và giới hạn chảy trong thử nghiệm kéo, được tìm thấy rằng giới hạn chảy có thể đạt được 400 MPa hoặc nhiều hơn khi kích thước hạt trung bình là 50 μm hoặc ít hơn trong thép có hợp phần hóa học theo sáng chế, như được mô tả trong FIG. 1.

Hạt tinh thể trong bản mô tả chủ yếu đề cập đến các hạt austenit, và kích thước hạt trung bình có thể được xác định bằng cách chọn ngẫu nhiên 100 hạt tinh thể từ ảnh được chụp ở độ phóng đại 200 lần sử dụng kính hiển vi quang học, tính đường kính hình tròn tương đương, và sử dụng giá trị trung bình như kích thước hạt trung bình.

Độ sạch của tạp chất sulfit trong cấu trúc vi mô: ít hơn 1,0 %

Kết quả của việc xác minh mối quan hệ giữa độ sạch của tạp chất sulfit và phần trăm độ gãy giòn trong thử nghiệm va đập Charpy, được tìm thấy rằng phần trăm độ gãy giòn có thể được giảm tới ít hơn 5 % khi độ sạch của tạp chất sulfit ít hơn 1,0 % trong thép mà đáp ứng các điều kiện sản xuất theo sáng chế, như được mô tả trong FIG. 2.

Độ sạch trong bản mô tả có thể được xác định theo các ví dụ được mô tả dưới.

Kích thước hạt trung bình được mô tả trên: 50 μm hoặc ít hơn và độ sạch của tạp chất sulfit: ít hơn 1,0 % có thể được nhận bằng cách thực hiện quá trình cán nóng dưới các điều kiện được mô tả dưới với hợp phần hóa học được mô tả trên.

Thép theo sáng chế có thể được thu bằng cách luyện thép, trong đó thép nóng chảy có hợp phần hóa học được mô tả trên được thu với phương pháp nóng chảy đã biết như lò chuyển, lò điện, hoặc tương tự. Ngoài ra, quá trình tinh chế thứ hai có thể là được thực hiện trong lò khử khí chân không. Tại thời điểm đó, để hạn chế Ti và Nb, mà cản trở việc kiểm soát cấu trúc vi mô thích hợp, với khoảng được mô tả trên, tốt hơn để tránh việc trộn lẫn không thể tránh khỏi từ các nguyên liệu thô và tương tự và thực hiện các biện pháp để giảm các hàm lượng của chúng. Ví dụ, bằng cách hạ thấp độ kiềm của xỉ trong giai đoạn tinh luyện, các hợp kim này được cô đặc và được xả vào xỉ, do đó giảm nồng độ của Ti và Nb trong sản phẩm phôi cuối cùng. Ngoài ra, phương pháp thổi oxy để oxy hóa Ti và Nb và làm nổi và tách hợp kim của Ti và Nb trong hồi lưu cũng có thể được sử dụng. Sau đó, tốt hơn là để thu vật liệu thép như phôi có kích thước được xác định trước với phương pháp đúc liên tục đã biết như phương pháp đúc liên tục hoặc phương pháp đúc và nở thổi.

Sau đây quy định các điều kiện sản xuất để làm vật liệu thép trên thành vật liệu thép có độ dẻo ưu việt ở các nhiệt độ đông lạnh.

Để thu thép có các đặc tính trên, quan trọng để nung phôi thép (vật liệu thép) tới khoảng nhiệt độ 1100 °C hoặc cao hơn và 1300 °C hoặc thấp hơn, sau đó để thực hiện lần cán tiếp theo trong 200 giây trong suốt quá trình cán nóng ở khoảng nhiệt độ 900 °C hoặc cao hơn để giảm tốc độ cán qua (%) / khoảng thời gian giữa các lần cán qua (giây) $\geq 0,015$ %/giây, và để thực hiện quá trình cán nóng ở nhiệt

độ kết thúc 700 °C hoặc cao hơn và thấp hơn 900 °C ở cuối quá trình cán. Nhiệt độ được sử dụng ở đây đề cập đến nhiệt độ bề mặt của vật liệu thép.

Nhiệt độ gia nhiệt của vật liệu thép: 1100 °C hoặc cao hơn và 1300 °C hoặc thấp hơn

Để phát huy tác dụng nêu trên của Mn, quan trọng để khuếch tán Mn trong thép. Nghĩa là, nhiệt độ gia nhiệt của vật liệu thép trước quá trình cán nóng được đặt thành 1100 °C hoặc cao hơn để Mn được khuếch tán trong suốt quá trình cán nóng. Mặt khác, khi nhiệt độ vượt quá 1300 °C, thép có thể bắt đầu nóng chảy. Do đó, giới hạn trên của nhiệt độ gia nhiệt được đặt thành 1300 °C. nhiệt độ gia nhiệt của vật liệu thép tốt hơn là 1130 °C hoặc cao hơn. Nhiệt độ gia nhiệt của vật liệu thép tốt hơn là 1270 °C hoặc thấp hơn. Nhiệt độ gia nhiệt của vật liệu thép tốt hơn nữa là 1130 °C hoặc cao hơn và 1270 °C hoặc thấp hơn.

Quá trình cán nóng ở 900 °C hoặc cao hơn: khoảng thời gian giữa các lần cán qua là 200 giây hoặc ngắn hơn, và sự giảm tốc độ cán qua (%)/khoảng thời gian giữa các lần cán qua (giây) $\geq 0,015$ (%/giây)

Sau khi vật liệu thép được gia nhiệt với phương pháp được mô tả trên, nó được trải qua quá trình cán nóng. Điều đặc biệt quan trọng để thực hiện lần cán tiếp theo trong 200 giây, mà là khoảng thời gian giữa các lần cán qua, trong suốt quá trình cán trong khoảng nhiệt độ 900 °C hoặc cao hơn. Điều này là do, trong suốt quá trình cán trong khoảng nhiệt độ 900 °C hoặc cao hơn, các hạt bắt đầu phát triển, và hạt tinh thể được làm thô, nếu vật liệu thép được giữ trong khoảng nhiệt độ đó trong thời gian dài. Khoảng thời gian giữa các lần cán (khoảng thời gian giữa các lần cán qua) tốt hơn là trong 150 giây và tốt hơn nữa trong 100 giây. Mặc dù không có giới hạn thấp hơn cho khoảng thời gian giữa các lần cán qua, tốt hơn là để khoảng thời gian ít nhất 5 giây là khoảng thời gian giữa các lần cán qua khi xem xét các thủ tục trong quy trình thực tế. Mặc dù giới hạn trên của nhiệt độ cán nóng không được xác định, tốt hơn là 1250 °C hoặc thấp hơn. Trong trường hợp có nhiều khoảng thời gian giữa các lần cán qua trong khoảng nhiệt độ 900 °C hoặc cao hơn (nghĩa là quá trình cán được thực hiện ít nhất ba lần trong khoảng nhiệt độ 900 °C hoặc cao hơn), thời gian lớn nhất (giá trị lớn nhất) của nhiều khoảng thời gian giữa các lần cán qua được đặt thành 200 giây hoặc ngắn hơn.

Hơn nữa, trong suốt quá trình cán trong khoảng nhiệt độ 900 °C hoặc cao hơn, điều kiện của sự giảm tốc độ cán qua (%)/khoảng thời gian giữa các lần cán qua (giây) $\geq 0,015$ (%/giây) cần được thỏa mãn mỗi quá trình cán gồm và sau lần lần thứ hai. Bằng cách này, austenit được kết tinh lại mịn, sự phát triển của hạt sau sự kết tinh lại có thể được giảm, và sự hình thành của các hạt thô có thể được giảm một cách đáng tin cậy. Trong trường hợp có nhiều khoảng sự giảm tốc độ cán qua/khoảng thời gian giữa các lần cán qua trong khoảng nhiệt độ 900 °C hoặc cao hơn, giá trị nhỏ nhất của sự giảm tốc độ cán qua/khoảng thời gian giữa các lần cán qua được đặt thành 0,015 (%/giây) hoặc nhiều hơn. Sự giảm tốc độ cán qua/khoảng thời gian giữa các lần cán qua tốt hơn là 0,020 (%/giây) hoặc nhiều hơn.

Nhiệt độ kết thúc: 700 °C hoặc cao hơn và thấp hơn 900 °C

Cần thực hiện quá trình cán hoàn thiện cuối cùng gồm một hoặc nhiều lần cán ở nhiệt độ kết thúc 700 °C hoặc cao hơn và thấp hơn 900 °C. Nghĩa là, hạt tinh thể có thể được tinh chế bằng cách thực hiện quá trình cán cho một hoặc nhiều hơn lần cán ở nhiệt độ nhỏ hơn 900 °C. Hơn nữa, khi nhiệt độ kết thúc là trong khoảng 900 °C hoặc cao hơn, hạt tinh thể bị thô quá mức, và cường độ chảy mong muốn không được thu. Do đó, tốt hơn để thực hiện quá trình cán hoàn thiện cuối cùng gồm một hoặc nhiều hơn các lần cán ở nhiệt độ thấp hơn 900 °C. Nhiệt độ kết thúc tốt hơn là 890 °C hoặc thấp hơn và tốt hơn nữa 880 °C hoặc thấp hơn. Mặt khác, khi nhiệt độ kết thúc thấp hơn 700 °C, độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh kém đi. Do đó, nhiệt độ kết thúc được đặt thành 700 °C hoặc cao hơn. Nhiệt độ kết thúc tốt hơn là 750 °C hoặc cao hơn. Độ giảm cán ở cuối quá trình cán tốt hơn là 10 % hoặc nhiều hơn mỗi lần qua.

Độ dày của tấm ở cuối ở cuối quá trình cán không được xác định, nhưng tốt hơn là 6 mm tới 30 mm khi xem xét việc dùng như cấu trúc đối với bảo quản lạnh.

Tốc độ làm mát trung bình từ nhiệt độ của (nhiệt độ kết thúc -100 °C) hoặc cao hơn tới khoảng nhiệt độ 300 °C hoặc cao hơn và 650 °C hoặc thấp hơn: 1,0 °C/s hoặc cao hơn

Sau quá trình cán nóng, tấm thép được trải qua việc xử lý làm mát ở tốc độ làm mát cao. Khi tốc độ làm mát của tấm thép sau quá trình cán nóng chậm, sự hình thành của cacbua được tăng, dẫn đến suy giảm độ dẻo ở các nhiệt độ đông lạnh. Sự

hình thành của cacbua có thể được giảm bằng cách làm nguội tấm thép ở tốc độ làm nguội trung bình 1,0 °C/s hoặc cao hơn từ nhiệt độ của (nhiệt độ kết thúc -100 °C) hoặc cao hơn tới khoảng nhiệt độ 300 °C hoặc cao hơn và 650 °C hoặc thấp hơn. Lý do tại sao khoảng nhiệt độ để làm lạnh được đặt thành khoảng nhiệt độ là bằng cách này, sự kết tủa của cacbua có thể được giảm. Đặc biệt, lý do tại sao nhiệt độ bắt đầu làm mát được đặt thành (nhiệt độ kết thúc -100 °C) hoặc cao hơn là sự kết tủa của cacbua được tăng khi nhiệt độ bắt đầu làm mát thấp hơn nhiệt độ (nhiệt độ kết thúc -100 °C) sau khi kết thúc quá trình cán. Hơn nữa, làm mát quá mức làm biến dạng tấm thép và giảm năng suất. Do đó, tốt hơn để đặt giới hạn trên của nhiệt độ bắt đầu làm mát tới 900 °C. giới hạn trên của tốc độ làm mát trung bình không được xác định, nhưng tốt hơn là 200 °C/s hoặc thấp hơn. Làm mát bằng không khí được ưu tiên, đặc biệt các vật liệu thép với độ dày ít hơn 10 mm.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Phần sau cung cấp sự giải thích chi tiết theo sáng chế thông qua các ví dụ. Tuy nhiên, sáng chế hiện tại không được giới hạn ở các ví dụ sau.

Các phôi thép (các vật liệu thép) có hợp phần hóa học được liệt kê trong bảng 1 được điều chế bởi quy trình tinh luyện với lò chuyển và thùng và đúc liên tục. Tiếp, các phôi thép do đó được thu được trải qua quá trình cán nóng dưới các điều kiện được liệt kê trong bảng 2 để thu các tấm thép có độ dày 6 mm tới 30 mm. Các tấm thép do đó được thu được trải qua đánh giá cấu trúc vi mô và đánh giá các đặc tính cơ học như các đặc tính kéo và độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh như được mô tả sau.

Trong bảng 2, “khoảng thời gian giữa các lần cán qua trong suốt quá trình cán nóng ở 900 °C hoặc cao hơn” thể hiện thời gian lớn nhất (giá trị lớn nhất) nếu có nhiều khoảng thời gian giữa các lần cán qua, và “sự giảm tốc độ cán qua/khoảng thời gian giữa các lần cán qua” thể hiện giá trị nhỏ nhất nếu có nhiều sự giảm tốc độ cán qua/khoảng thời gian giữa các lần cán qua. Hơn nữa, “nhiệt độ kết thúc trong suốt quá trình cán hoàn thiện” thể hiện nhiệt độ kết thúc quá trình cán.

Mẫu thép		Chế phẩm hóa học (% theo khối lượng)																Nhận xét		
		C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	N	O	Ti	Nb	Ca	Mg	REM	Cu	Ni	Mo	V	W
1		0,512	0,18	35,0	0,016	0,0035	0,04	4,4	0,0105	0,0020	0,003	0,001	0,0006	-	-	-	-	-	-	-
2		0,359	0,30	31,2	0,020	0,0028	0,06	0,6	0,0153	0,0018	0,002	0,002	-	0,0005	-	-	-	-	-	-
3		0,441	0,45	28,6	0,023	0,0032	0,05	3,9	0,0180	0,0016	0,004	0,001	-	-	0,0010	-	-	-	-	-
4		0,296	0,15	36,3	0,015	0,0020	0,50	3,5	0,0237	0,0017	0,002	0,001	0,0095	-	-	0,8	-	-	-	-
5		0,155	0,08	30,6	0,025	0,0045	4,52	5,5	0,0465	0,0045	0,001	0,002	-	0,0090	-	-	0,9	-	-	-
6		0,305	0,33	23,1	0,017	0,0022	2,51	2,1	0,0061	0,0021	0,002	0,004	-	-	0,0150	-	-	1,8	-	-
7		0,408	0,12	20,4	0,013	0,0015	0,05	6,5	0,0144	0,0015	0,001	0,001	0,0030	-	-	-	-	-	0,1	-
8		0,650	0,95	39,6	0,011	0,0018	1,01	4,6	0,0182	0,0016	0,002	0,001	-	0,0006	-	-	-	-	-	0,1
9		0,090	0,32	22,5	0,022	0,0030	0,07	2,3	0,0103	0,0020	0,002	0,002	0,0012	-	-	-	-	-	-	-
10		0,742	0,16	25,8	0,025	0,0024	0,05	2,7	0,0090	0,0022	0,003	0,001	-	0,0005	-	-	-	-	-	-
11		0,186	0,03	29,2	0,025	0,0036	0,30	2,8	0,0134	0,0026	0,003	0,002	-	-	0,0011	-	-	-	-	-
12		0,640	1,03	20,8	0,028	0,0043	0,08	0,7	0,0374	0,0041	0,002	0,003	0,0008	-	-	-	-	-	-	-
13		0,573	0,71	19,1	0,022	0,0035	0,16	1,4	0,0258	0,0037	0,001	0,001	-	0,0005	-	-	-	-	-	-
14		0,124	0,35	40,8	0,018	0,0026	0,05	0,7	0,0488	0,0018	0,002	0,003	-	-	0,0010	-	-	-	-	-
15		0,217	0,47	39,0	0,033	0,0029	0,06	1,0	0,0169	0,0032	0,002	0,002	0,0010	-	-	-	-	-	-	-
16		0,669	0,88	20,5	0,027	0,0055	1,60	1,2	0,0328	0,0040	0,002	0,001	-	0,0008	-	-	-	-	-	-
17		0,591	0,36	25,6	0,018	0,0025	5,03	6,2	0,0183	0,0023	0,001	0,002	-	-	0,0012	-	-	-	-	-
18		0,184	0,23	39,3	0,019	0,0031	0,04	0,4	0,0137	0,0024	0,002	0,002	0,0023	-	-	-	-	-	-	-
19		0,575	0,64	25,0	0,022	0,0026	1,37	7,2	0,0381	0,0022	0,003	0,002	-	0,0010	-	-	-	-	-	-
20		0,134	0,86	21,1	0,026	0,0027	0,05	1,0	0,0045	0,0019	0,002	0,001	-	-	0,0015	-	-	-	-	-
21		0,158	0,76	22,4	0,019	0,0043	0,32	0,7	0,0504	0,0043	0,001	0,001	0,0032	-	-	-	-	-	-	-
22		0,637	0,89	21,3	0,020	0,0038	3,47	6,2	0,0201	0,0055	0,002	0,002	-	0,0036	-	-	-	-	-	-
23		0,353	0,50	38,8	0,017	0,0036	2,53	0,6	0,0142	0,0024	0,006	0,002	-	-	0,0020	-	-	-	-	-
24		0,596	0,43	24,6	0,018	0,0023	0,25	3,5	0,0422	0,0018	0,002	0,006	0,0040	-	-	-	-	-	-	-
25		0,450	0,37	37,8	0,023	0,0042	0,08	2,0	0,0290	0,0031	0,002	0,002	0,0004	-	-	-	-	-	-	-
26		0,216	0,62	36,6	0,025	0,0039	0,51	0,9	0,0183	0,0025	0,003	0,001	-	0,0004	-	-	-	-	-	-
27		0,649	0,57	36,8	0,019	0,0037	0,05	6,5	0,0251	0,0020	0,002	0,002	-	-	0,0009	-	-	-	-	-
28		0,205	0,32	21,0	0,020	0,0034	2,31	2,1	0,0323	0,0041	0,003	0,002	0,0101	-	-	-	-	-	-	-
29		0,672	0,84	23,2	0,024	0,0028	1,05	6,8	0,0442	0,0045	0,002	0,003	-	0,0103	-	-	-	-	-	-
30		0,410	0,25	39,7	0,019	0,0045	3,05	0,6	0,0276	0,0043	0,002	0,002	-	-	0,0202	-	-	-	-	-
31		0,121	0,10	25,4	0,018	0,0023	0,009	0,7	0,0060	0,0025	0,001	0,001	0,0018	-	-	-	-	-	-	-

* Gạch chân thể hiện ngoài phạm vi sáng chế

Bảng 2

Mẫu số	Mẫu thép số	Độ dày tấm (mm)	Nhiệt độ gia nhiệt (°C)	Khoảng thời gian giữa các lần cán qua trong suốt quá trình cán nóng 900°C hoặc cao hơn (giây)	Sự giảm tốc độ cán qua/ khoảng thời gian giữa các lần cán qua (%/giây)	Nhiệt độ kết thúc trong suốt quá trình cán hoàn thiện (°C)	Nhiệt độ bắt đầu làm mát (°C)	Tốc độ làm mát tới 300°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn (°C/s)	Nhận xét
1	1	12	1150	90	0,047	880	835	13,0	Ví dụ
2	2	15	1180	80	0,053	866	828	12,0	Ví dụ
3	3	18	1210	120	0,040	804	744	10,0	Ví dụ
4	4	21	1240	73	0,061	783	731	9,0	Ví dụ
5	5	24	1270	155	0,029	826	795	8,0	Ví dụ
6	6	27	1130	109	0,032	751	723	5,0	Ví dụ
7	7	30	1100	200	0,015	864	835	3,0	Ví dụ
8	8	9	1250	60	0,080	708	708	1,0	Ví dụ
9	<u>9</u>	11	1180	180	0,035	843	788	10,0	Ví dụ so sánh
10	<u>10</u>	10	1250	78	0,063	759	683	12,0	Ví dụ so sánh
11	<u>11</u>	28	1120	155	0,042	865	840	7,0	Ví dụ so sánh
12	<u>12</u>	8	1270	88	0,055	732	732	1,0	Ví dụ so sánh
13	<u>13</u>	20	1200	112	0,046	840	804	13,0	Ví dụ so sánh
14	<u>14</u>	25	1220	124	0,049	821	778	12,0	Ví dụ so sánh
15	<u>15</u>	15	1150	82	0,057	742	676	6,0	Ví dụ so sánh
16	<u>16</u>	12	1200	93	0,045	720	670	10,0	Ví dụ so sánh
17	<u>17</u>	13	1150	100	0,040	783	745	11,0	Ví dụ so sánh
18	<u>18</u>	15	1130	118	0,046	852	815	12,0	Ví dụ so sánh
19	<u>19</u>	24	1180	125	0,051	833	762	4,0	Ví dụ so sánh
20	<u>20</u>	8	1230	160	0,039	736	736	1,0	Ví dụ so sánh
21	<u>21</u>	20	1180	76	0,060	759	725	8,0	Ví dụ so sánh
22	<u>22</u>	13	1170	62	0,074	721	672	10,0	Ví dụ so sánh
23	<u>23</u>	11	1190	163	0,028	738	677	11,0	Ví dụ so sánh
24	<u>24</u>	9	1200	175	0,036	755	755	1,0	Ví dụ so sánh
25	<u>25</u>	12	1160	89	0,054	802	748	13,0	Ví dụ so sánh
26	<u>26</u>	10	1210	73	0,063	781	717	14,0	Ví dụ so sánh
27	<u>27</u>	8	1250	64	0,066	827	827	1,5	Ví dụ so sánh
28	1	25	<u>1090</u>	65	0,059	710	673	7,0	Ví dụ so sánh
29	2	22	1250	<u>210</u>	0,016	873	835	9,0	Ví dụ so sánh
30	3	25	1200	171	0,029	<u>695</u>	652	8,0	Ví dụ so sánh
31	4	28	1150	147	0,040	<u>910</u>	875	5,0	Ví dụ so sánh
32	5	18	1150	90	0,052	852	747	10,0	Ví dụ so sánh
33	6	30	1200	118	0,042	840	803	<u>0,5</u>	Ví dụ so sánh
34	<u>28</u>	11	1140	72	0,059	726	685	8,0	Ví dụ so sánh
35	<u>29</u>	13	1120	98	0,067	745	707	10,0	Ví dụ so sánh
36	<u>30</u>	15	1100	81	0,053	732	698	9,0	Ví dụ so sánh
37	<u>31</u>	17	1250	175	0,038	870	837	12,0	Ví dụ so sánh
38	5	30	1250	190	<u>0,014</u>	853	820	10,0	Ví dụ so sánh

* Gạch chân thể hiện ngoài phạm vi sáng chế

(1) Đánh giá cấu trúc vi mô

- Tỷ lệ diện tích của pha austenit

Tỷ lệ diện tích của mỗi pha của cấu trúc vi mô được thu từ bản đồ pha của phép phân tích nhiễu xạ tán ngược điện tử (EBSD). Mẫu thử nghiệm đối với phân tích EBSD được thu từ mặt cắt song song với hướng cán ở 1/2 vị trí độ dày của mỗi tấm thép do đó được thu, phân tích EBSD được tiến hành trong trường nhìn 500 $\mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$ với bước đo 0,3 μm , và giá trị được thể hiện trên bản đồ pha được lấy làm tỷ lệ diện tích.

Tỷ lệ diện tích của pha austenit là 90 % hoặc nhiều hơn trong tất cả các ví dụ và các ví dụ so sánh, xác nhận rằng nền là austenit.

- Kích thước hạt trung bình

Đối với mỗi tấm thép mà trải qua xử lý nguội sau khi kết thúc quá trình cán, mặt cắt theo hướng cán được đánh bóng, 100 hạt tinh thể được chọn một cách ngẫu nhiên từ ảnh được chụp ở 1/2 vị trí độ dày sử dụng kính hiển vi quang học ở độ phóng đại 200 lần, và kích thước hạt trung bình được xác định bởi đường kính tròn tương đương.

- Độ sạch của tạp chất sunfit

Theo các quy định của JIS G 0555 (2003), 1/2 vị trí độ dày của mặt cắt được đánh bóng theo hướng cán của mỗi tấm thép mà trải qua xử lý nguội sau khi kết thúc quá trình cán được quan sát dưới kính hiển vi ở độ phóng đại 400 lần hơn 60 trường xem được chọn ngẫu nhiên, và độ sạch d (%) được đo sử dụng công thức sau với các tạp chất của nhóm A như là các tạp chất sunfit.

$$d = (n/p \times f) \times 100$$

trong đó p là tổng số điểm lưới trong trường xem, f là số trường xem, và n là số trung tâm điểm lưới được dùng được bao gồm trong f trường xem.

(2) Sự đánh giá của đặc tính kéo

Do đó đối với mỗi tấm thép được thu, mẫu thử nghiệm kéo JIS số 4 được thu từ tấm thép với độ dày hơn 15 mm, và mẫu thử nghiệm kéo dạng thanh tròn với đường kính phần song song 6 mm và chiều dài đo 25 mm được thu từ tấm thép với độ dày 15 mm hoặc ít hơn, và thử nghiệm kéo được tiến hành để đánh giá các đặc

tính kéo (cường độ chảy, độ bền kéo, và tổng sự giãn dài). Theo sáng chế, cường độ chảy 400 MPa hoặc nhiều hơn được đánh giá để có các đặc tính kéo ưu việt.

(3) Đánh giá độ dẻo dai ở các nhiệt độ đông lạnh

Mảnh thử nghiệm có khía V Charpy được thu từ hướng song song với hướng cán ở 1/2 vị trí độ dày của mỗi tấm thép có độ dày hơn 10 mm phù hợp với các quy định của JIS Z 2242 (2005), và ba thử nghiệm va đập Charpys được thực hiện cho mỗi tấm thép ở -196 °C và -269 °C. Mảnh thử nghiệm có khía V Charpy cỡ nhỏ của 5mm được thu từ hướng song song với hướng cán ở 1/2 vị trí độ dày của mỗi tấm thép có độ dày ít hơn 10 mm phù hợp với các quy định của JIS Z 2242 (2005), và ba thử nghiệm va đập Charpys được thực hiện cho mỗi tấm thép ở -196 °C và -269 °C. Phần trăm độ gãy giòn được xác định bằng mắt thường. Mảnh thử nghiệm có phần trăm độ gãy giòn ít hơn 5 % được xem xét để có độ dẻo ưu việt ở các nhiệt độ đông lạnh. Thử nghiệm va đập Charpy ở -269 °C được tiến hành bằng cách đặt mẫu thử trong viên nang với heli lỏng chảy qua nó.

Tài liệu tham khảo 1: T. Ogata, K. Hiraga, K. Nagai, và K.Ishikawa: Tetsu-to-Hagane, 69(1983), 641.

Các kết quả được thu bởi các đánh giá (1) đến (3) được liệt kê trong bảng 3.

Bảng 3

Mẫu số	Mẫu thép số	Vi cấu trúc			Các đặc tính cơ học					Nhận xét
		Tỷ lệ diện tích của pha austenit (%)	Kích thước hạt trung bình (μm)	Độ sạch của tạp chất sulfit (%)	Cường độ chảy(MPa)	Độ bền kéo (MPa)	Tổng sự giãn dài (%)	Phản ứng độ gãy giòn ở -196°C (%)	Phản ứng độ gãy giòn ở -269°C (%)	
1	1	100	35	0,5	464	905	57	0	0	Ví dụ
2	2	100	30	0,4	445	910	55	0	0	Ví dụ
3	3	100	24	0,4	447	930	58	0	0	Ví dụ
4	4	100	18	0,1	443	897	60	0	0	Ví dụ
5	5	100	21	0,1	412	885	62	0	0	Ví dụ
6	6	100	17	0,1	452	927	58	0	0	Ví dụ
7	7	100	50	0,2	408	826	57	0	0	Ví dụ
8	8	100	15	0,6	531	853	53	0	0	Ví dụ
9	<u>9</u>	95	40	0,5	403	893	64	10	<u>15</u>	Ví dụ so sánh
10	<u>10</u>	100	16	0,4	542	908	54	5	<u>10</u>	Ví dụ so sánh
11	<u>11</u>	100	28	0,5	<u>397</u>	832	60	0	0	Ví dụ so sánh
12	<u>12</u>	100	15	0,6	551	937	50	3	<u>10</u>	Ví dụ so sánh
13	<u>13</u>	90	27	0,4	459	903	61	10	<u>15</u>	Ví dụ so sánh
14	<u>14</u>	100	23	0,7	426	810	43	20	<u>30</u>	Ví dụ so sánh
15	<u>15</u>	100	18	0,6	444	874	57	3	<u>10</u>	Ví dụ so sánh
16	<u>16</u>	100	16	0,9	530	958	63	10	<u>15</u>	Ví dụ so sánh
17	<u>17</u>	100	20	0,3	473	921	65	5	<u>10</u>	Ví dụ so sánh
18	<u>18</u>	100	31	0,5	415	808	50	10	<u>35</u>	Ví dụ so sánh
19	<u>19</u>	100	29	0,4	448	927	61	10	<u>20</u>	Ví dụ so sánh
20	<u>20</u>	100	25	0,4	432	911	58	2	<u>5</u>	Ví dụ so sánh
21	<u>21</u>	100	17	0,5	476	920	59	5	<u>10</u>	Ví dụ so sánh
22	<u>22</u>	100	16	0,4	520	949	55	5	<u>10</u>	Ví dụ so sánh
23	<u>23</u>	100	19	0,5	427	816	56	3	<u>10</u>	Ví dụ so sánh
24	<u>24</u>	100	21	0,2	446	909	60	2	<u>5</u>	Ví dụ so sánh
25	<u>25</u>	100	20	<u>1.0</u>	461	825	54	5	<u>20</u>	Ví dụ so sánh
26	<u>26</u>	100	18	<u>1.1</u>	429	832	57	10	<u>30</u>	Ví dụ so sánh
27	<u>27</u>	100	23	<u>1.1</u>	453	883	55	10	<u>30</u>	Ví dụ so sánh
28	1	100	13	0,4	557	954	52	5	<u>10</u>	Ví dụ so sánh
29	2	100	<u>52</u>	0,5	<u>390</u>	875	57	0	0	Ví dụ so sánh
30	3	100	10	0,3	560	968	51	5	<u>10</u>	Ví dụ so sánh
31	4	100	<u>51</u>	0,2	<u>395</u>	869	62	0	0	Ví dụ so sánh
32	5	100	29	0,1	418	890	58	10	<u>15</u>	Ví dụ so sánh
33	6	100	27	0,1	426	881	54	10	<u>15</u>	Ví dụ so sánh
34	<u>28</u>	100	14	0,1	450	910	48	10	<u>15</u>	Ví dụ so sánh
35	<u>29</u>	100	17	0,1	533	922	49	5	<u>10</u>	Ví dụ so sánh
36	<u>30</u>	100	15	0,3	475	861	45	5	<u>30</u>	Ví dụ so sánh
37	<u>31</u>	100	32	0,1	<u>397</u>	885	63	0	0	Ví dụ so sánh
38	5	100	<u>52</u>	0,1	<u>393</u>	870	61	0	0	Ví dụ so sánh

* Gạch chân thể hiện ngoài phạm vi sáng chế

Được xác nhận rằng thép theo sáng chế đáp ứng hiệu suất mục tiêu được đề cập trên (cường độ chảy 400 MPa hoặc nhiều hơn và phần trăm độ gãy giòn sau thử nghiệm va đập Charpy ít hơn 5 %). Mặt khác, trong các ví dụ so sánh mà nằm ngoài phạm vi của sáng chế, ít nhất một trong các cường độ chảy và phần trăm độ gãy giòn không thỏa mãn hiệu suất mục tiêu được mô tả trên.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thép, bao gồm

hợp phần hóa học chứa, theo % khối lượng,

C: 0,100 % hoặc nhiều hơn và 0,700 % hoặc ít hơn,

Si: 0,05 % hoặc nhiều hơn và 1,00 % hoặc ít hơn,

Mn: 20,0 % hoặc nhiều hơn và 40,0 % hoặc ít hơn,

P: 0,030 % hoặc ít hơn,

S: 0,0050 % hoặc ít hơn,

Al: 0,01 % hoặc nhiều hơn và 5,00 % hoặc ít hơn,

Cr: 0,5 % hoặc nhiều hơn và 7,0 % hoặc ít hơn,

N: 0,0050 % hoặc nhiều hơn và 0,0500 % hoặc ít hơn,

O: 0,0050 % hoặc ít hơn,

Ti: 0,005 % hoặc ít hơn, và

Nb: 0,005 % hoặc ít hơn, và

còn chứa, theo % khối lượng, ít nhất một nguyên tố được chọn từ nhóm chỉ bao gồm

Ca: 0,0005 % hoặc nhiều hơn và 0,0100 % hoặc ít hơn,

Mg: 0,0005 % hoặc nhiều hơn và 0,0100 % hoặc ít hơn, và

REM: 0,0010 % hoặc nhiều hơn và 0,0200 % hoặc ít hơn,

với sự cân bằng là Fe và các tạp chất không tránh khỏi, và

cấu trúc vi mô có austenit như ma trận, trong đó

cấu trúc vi mô có kích thước hạt trung bình của 50 μm hoặc ít hơn và độ sạch của tạp chất sunfit ít hơn 1,0 %, và

cường độ chảy 400 MPa hoặc nhiều hơn, và phần trăm độ gãy giòn sau thử nghiệm va chạm Charpy ở $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ ít hơn 5 %.

2. Thép theo điểm 1, trong đó hợp phần hóa học còn chứa, theo % khối lượng, ít nhất một nguyên tố được chọn từ nhóm chỉ bao gồm

Cu: 1,0 % hoặc ít hơn,

Ni: 1,0 % hoặc ít hơn,

Mo: 2,0 % hoặc ít hơn,

V: 2,0 % hoặc ít hơn, và

W: 2,0 % hoặc ít hơn.

3. Phương pháp sản xuất thép, bao gồm

gia nhiệt vật liệu thép có hợp phần hóa học theo điểm 1 hoặc 2 tới khoảng nhiệt độ 1100 °C hoặc cao hơn và 1300 °C hoặc thấp hơn,

đưa vật liệu thép để cán nóng, trong đó

trong suốt quá trình cán nóng ở khoảng nhiệt độ 900 °C hoặc cao hơn, khoảng thời gian giữa lần cán đến tận lần cán tiếp theo được thực hiện là 200 giây hoặc ngắn hơn, và sự giảm tốc độ cán qua trong lần cán qua tiếp theo/khoảng thời gian giữa các lần cán qua $\geq 0,015$ %/giây,

đưa vật liệu thép vào việc cán hoàn thiện với nhiệt độ kết thúc 700 °C hoặc cao hơn và thấp hơn 900 °C, và

sau đó đưa vật liệu thép vào xử lý làm nguội mà tốc độ làm mát trung bình từ nhiệt độ của (nhiệt độ kết thúc -100 °C) hoặc cao hơn tới khoảng nhiệt độ 300 °C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn là 1,0 °C/s hoặc cao hơn.