(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) **1-0025695**

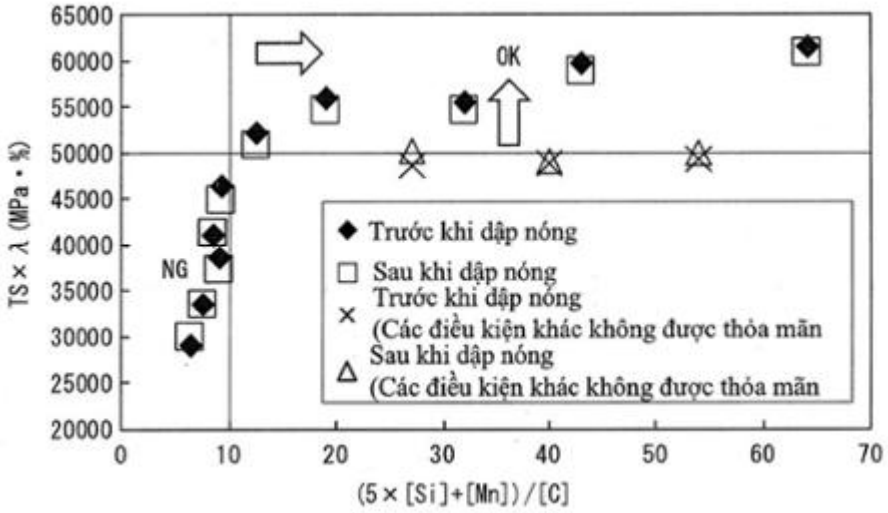
(51)[7] **C22C 38/00**; C23C 2/28; C22C 38/02; C22C 38/04; C22C 38/06; C22C 38/08; C22C 38/12; C22C 38/14; C22C 38/18; C22C 38/58; C23C 2/02; C23C 2/06; C23C 2/12; C23C 2/26; C21D 8/02; C21D 9/46

(13) **B**

(21) 1-2014-02362
(22) 11/01/2013
(86) PCT/JP2013/050377 11/01/2013
(87) WO 2013/105631 A1 18/07/2013
(30) 2012-004552 13/01/2012 JP
(45) 26/10/2020 391
(43) 27/10/2014 319A
(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan
(72) NONAKA Toshiki (JP); KATO Satoshi (JP); KAWASAKI Kaoru (JP); TOMOKIYO Toshimasa (JP).
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

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

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép dập nóng, trong đó khi [C] thể hiện hàm lượng C (tính theo % trọng lượng), [Si] thể hiện hàm lượng Si (tính theo % trọng lượng) và [Mn] thể hiện hàm lượng Mn (tính theo % trọng lượng), biểu thức $5\times[Si]+[Mn])/[C]>10$ được thỏa mãn, cấu trúc kim tương chứa mactensit với lượng bằng 80% hoặc lớn hơn tính theo tỷ lệ diện tích và tuỳ ý, còn chứa một hoặc nhiều hợp chất trong số: peclit với lượng bằng 10% hoặc nhỏ hơn tính theo tỷ lệ diện tích, austenit dư với lượng bằng 5% hoặc nhỏ hơn tính theo tỷ lệ thể tích, ferit với lượng bằng 20% hoặc nhỏ hơn theo tỷ lệ diện tích và bainit với lượng nhỏ hơn 20% tính theo tỷ lệ diện tích, $TS\times\lambda$ là tích số của độ bền kéo TS và tỷ số nong rộng lỗ λ bằng 50000MPa·% hoặc lớn hơn và độ cứng của mactensit được đo bằng thiết bị đo độ cứng hệ nano thỏa mãn $H2/H1<1,10$ và $\sigma HM<20$. Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép dập nóng này.


65000
60000
55000
50000
45000
40000
35000
30000
25000
20000
TS × λ (MPa • %)
0
10
20
30
40
50
60
70
(5 × [Si]+[Mn])/[C]
OK
NG
◆ Trước khi dập nóng
□ Sau khi dập nóng
× Trước khi dập nóng
(Các điều kiện khác không được thỏa mãn
△ Sau khi dập nóng
(Các điều kiện khác không được thỏa mãn

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép dập nóng có khả năng gia công tuyệt vời, trong đó tấm thép cán nguội dùng để dập nóng được sử dụng và phương pháp sản xuất tấm thép này. Tấm thép cán nguội theo sáng chế bao gồm tấm thép cán nguội, tấm thép cán nguội mạ kẽm nhúng nóng, tấm thép cán nguội tráng kẽm, tấm thép cán nguội mạ kẽm điện phân và tấm thép cán nguội mạ nhôm.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hiện nay, tấm thép dùng cho phương tiện giao thông đòi hỏi phải được cải thiện về sự an toàn khi va chạm và có trọng lượng giảm. Hiện đang có nhu cầu đối với tấm thép có độ bền cao hơn ngoài tấm thép loại 980 MPa (980 MPa hoặc cao hơn) và tấm thép loại 1180 MPa (1180 MPa hoặc cao hơn) xét về độ bền kéo. Ví dụ, hiện có nhu cầu đối với tấm thép có độ bền kéo lớn hơn 1,5 GPa. Trong trường hợp nêu trên, việc dập nóng (còn được gọi là ép nóng, tôi bằng khuôn, tôi-ép hoặc tương tự) đang được quan tâm như phương pháp để thu được độ bền cao. Dập nóng là phương pháp tạo hình, trong đó tấm thép được gia nhiệt ở nhiệt độ 750°C hoặc lớn hơn, được tạo hình (gia công) nóng để cải thiện khả năng tạo hình của tấm thép có độ bền cao và sau đó được làm nguội để tôi tấm thép, nhờ đó thu được chất lượng vật liệu mong muốn.

Tấm thép chứa ferit và mactensit, tấm thép chứa ferit và bainit, tấm thép chứa austenit dư trong cấu trúc hoặc tương tự được biết đến là tấm thép có cả khả năng gia công ép và độ bền cao. Trong số các tấm thép nêu trên, tấm thép nhiều pha chứa mactensit phân tán trong nền ferit (tấm thép chứa ferit và mactensit, nghĩa là, tấm thép được gọi là DP) có hệ số uốn thấp và độ bền kéo cao và hơn nữa, có đặc tính giãn dài tuyệt vời. Tuy nhiên, tấm thép nhiều pha có khả năng nong rộng lỗ kém do ứng suất tập trung ở mặt phân cách giữa ferit và mactensit và sự rạn nứt có thể bắt nguồn từ mặt phân cách này. Ngoài ra, tấm thép có nhiều pha nêu trên không có khả năng tạo ra độ bền kéo loại 1,5 GPa.

Ví dụ, các tài liệu sáng chế 1 đến 3 bộc lộ các tấm thép nhiều pha nêu trên. Ngoài ra, các tài liệu sáng chế từ 4 đến 6 bộc lộ mối tương quan giữa độ cứng và khả năng gia công của tấm thép có độ bền cao.

Tuy nhiên, ngay cả với các kỹ thuật đã biết nêu trên, sẽ khó đáp ứng các nhu cầu hiện nay đối với phương tiện giao thông như trọng lượng giảm hơn nữa, độ bền tăng hơn nữa và hình dạng chi tiết phức tạp hơn và có hiệu quả gia công như khả năng nong rộng lỗ sau khi dập nóng.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số H6-128688

Tài liệu sáng chế 2: đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2000-319756

Tài liệu sáng chế 3: đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2005-120436

Tài liệu sáng chế 4: đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2005-256141

Tài liệu sáng chế 5: đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2001-355044

Tài liệu sáng chế 6: đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số H11-189842.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Sáng chế được tạo ra để giải quyết các vấn đề nêu trên. Nghĩa là, mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép dập nóng, trong đó tấm thép cán nguội dùng để dập nóng (bao gồm tấm thép mạ kẽm hoặc tấm thép mạ nhôm như được mô tả dưới đây) được sử dụng và đảm bảo độ bền bằng 1,5 GPa hoặc lớn hơn, tốt hơn là 1,8 GPa hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 2,0 GPa hoặc lớn hơn và có sự nong rộng lỗ tốt hơn và phương pháp sản xuất tấm thép này. Trong phần mô tả, tấm thép dập nóng là sản phẩm dập thu được bằng cách sử dụng tấm thép cán nguội dùng để dập nóng nêu trên làm vật liệu và tạo hình vật liệu thông qua việc dập nóng.

Phương tiện giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế đầu tiên thực hiện các nghiên cứu chuyên sâu đối với tấm thép cán nguội dùng để dập nóng làm tấm thép dập nóng đảm bảo độ

bền bằng 1,5 GPa hoặc lớn hơn, tốt hơn là 1,8 GPa hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 2,0 GPa hoặc lớn hơn và có khả năng gia công (khả năng nong rộng lỗ) tuyệt vời và các điều kiện dập nóng. Kết quả là đã nhận thấy rằng, trong tấm thép cán nguội dùng để dập nóng (tấm thép cán nguội trước khi dập nóng), khả năng tạo hình tốt hơn so với trước đây, nghĩa là, tích số của độ bền kéo TS và tỷ số nong rộng lỗ λ (TS×λ) bằng 50000 MPa·% hoặc lớn hơn có thể được đảm bảo bằng cách (i), liên quan đến thành phần thép, thiết lập mối tương quan thích hợp giữa hàm lượng Si, hàm lượng Mn và hàm lượng C, (ii) điều chỉnh tỷ lệ (tỷ lệ diện tích) của ferit và tỷ lệ (tỷ lệ diện tích) của mactensit với các tỷ lệ định trước và (iii) điều chỉnh tỷ lệ giảm tiết diện cán của bước cán nguội để thiết lập tỷ số độ cứng (sự chênh lệch về độ cứng) của mactensit giữa phần bề mặt của chiều dày tấm (phần bề mặt) và phần giữa của chiều dày tấm (phần tâm) của tấm thép và sự phân bố độ cứng của mactensit trong phần tâm trong khoảng cụ thể. Tấm thép cán nguội trước khi dập nóng là tấm thép cán nguội ở trạng thái trong đó bước gia nhiệt trong quá trình dập nóng, trong đó tấm thép được gia nhiệt đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 750°C đến 1000°C được gia công và được làm nguội, cần được thực hiện. Ngoài ra, đã nhận thấy rằng, khi bước dập nóng được thực hiện trên tấm thép cán nguội dùng để dập nóng trong các điều kiện dập nóng được nêu dưới đây, tỷ số độ cứng của mactensit giữa phần bề mặt của chiều dày tấm và phần giữa của tấm thép và sự phân bố độ cứng của mactensit trong phần tâm hầu như được duy trì ngay cả sau khi dập nóng và tấm thép dập nóng có độ bền cao và khả năng gia công tuyệt vời, trong đó TS×λ bằng 50000 MPa·% hoặc lớn hơn có thể thu được. Ngoài ra, cũng rõ ràng rằng cũng có hiệu quả trong việc làm giảm sự phân tách của MnS ở phần giữa của chiều dày tấm của tấm thép cán nguội dùng để dập nóng để cải thiện khả năng gia công (khả năng nong rộng lỗ) của tấm thép dập nóng.

Ngoài ra, cũng nhận thấy rằng, trong quá trình cán nguội, cũng có hiệu quả trong việc điều chỉnh tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội trong mỗi giá cán từ giá cán trên cùng đến giá cán thứ ba theo tổng tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội (tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội tích lũy) đến khoảng cụ thể để điều chỉnh độ cứng của

mactensit. Dựa trên phát hiện nêu trên, các tác giả sáng chế đã tìm ra các khía cạnh của sáng chế được nêu dưới đây. Ngoài ra, đã nhận thấy rằng các hiệu quả này không bị suy giảm ngay cả khi thực hiện việc mạ kẽm nhúng nóng, tráng kẽm, mạ kẽm điện phân và mạ nhôm trên tấm thép cán nguội dùng để dập nóng.

(1) Đó là, theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất tấm thép dập nóng chứa các nguyên tố sau (tính theo % trọng lượng): C: lớn hơn 0,150% đến 0,300%, Si: 0,010% đến 1,000%, Mn: 1,50% đến 2,70%, P: 0,001% đến 0,060%, S: 0,001% đến 0,010%, N: 0,0005% đến 0,0100%, Al: 0,010% đến 0,050% và tuỳ ý chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số B: 0,0005% đến 0,0020%, Mo: 0,01% đến 0,50%, Cr: 0,01% đến 0,50%, V: 0,001% đến 0,100%, Ti: 0,001% đến 0,100%, Nb: 0,001% đến 0,050%, Ni: 0,01% đến 1,00%, Cu: 0,01% đến 1,00%, Ca: 0,0005% đến 0,0050%, REM: 0,0005% đến 0,0050% và phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi, trong đó, khi [C] thể hiện hàm lượng C tính theo % trọng lượng, [Si] thể hiện hàm lượng Si tính theo % trọng lượng và [Mn] thể hiện hàm lượng Mn tính theo % trọng lượng, biểu thức a dưới đây được thỏa mãn, cấu trúc kim tương chứa mactensit với lượng bằng 80% hoặc lớn hơn tính theo tỷ lệ diện tích và tuỳ ý, còn chứa một hoặc nhiều hợp chất trong số: peclit với lượng bằng 10% hoặc nhỏ hơn tính theo tỷ lệ diện tích, austenit dư với lượng bằng 5% hoặc nhỏ hơn tính theo tỷ lệ thể tích, ferit với lượng bằng 20% hoặc nhỏ hơn theo tỷ lệ diện tích và bainit với lượng nhỏ hơn 20% tính theo tỷ lệ diện tích, TS×λ là tích số của độ bền kéo TS và tỷ số nong rộng lỗ λ bằng 50000MPa·% hoặc lớn hơn và độ cứng của mactensit được đo bằng thiết bị đo độ cứng hệ nano thỏa mãn biểu thức b và biểu thức c dưới đây:

$5\times[Si]+[Mn])/[C]>10$ (a)

$H2/H1<1,10$ (b)

$\sigma HM<20$ (c)

trong đó H1 thể hiện độ cứng trung bình của mactensit trong phần bề mặt, H2 thể hiện độ cứng trung bình của mactensit trong phần giữa của chiều dày tấm, nghĩa là vùng có chiều rộng bằng ±100 μm theo hướng chiều dày tính từ tâm của chiều dày tấm và σHM thể hiện phương sai của độ cứng của

mactensit hiện có ở phần giữa của chiều dày tấm.

(2) Trong tấm thép dập nóng theo mục (1), tỷ lệ diện tích của MnS, mà hiện có trong cấu trúc kim tương và có đường kính vòng tròn tương đương nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 10 μm, có thể bằng 0,01% hoặc nhỏ hơn và biểu thức d dưới đây có thể được thỏa mãn:

$n2/n1<1,5$ (d)

trong đó n1 thể hiện mật độ trung bình trên 10000 μm^2 của MnS trong phần 1/4 chiều dày tấm và n2 thể hiện mật độ trung bình trên 10000 μm^2 của MnS ở phần giữa của chiều dày tấm.

(3) Trong tấm thép dập nóng theo mục (1) hoặc (2), lớp mạ kẽm nhúng nóng có thể được tạo ra trên bề mặt của nó.

(4) Trong tấm thép dập nóng theo mục (3), lớp mạ kẽm nhúng nóng có thể bao gồm lớp tráng kẽm.

(5) Trong tấm thép dập nóng theo mục (1) hoặc (2), lớp mạ kẽm điện phân có thể cũng được tạo ra trên bề mặt của nó.

(6) Trong tấm thép dập nóng theo mục (1) hoặc (2), lớp mạ nhôm có thể cũng được tạo ra trên bề mặt của nó.

(7) Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép dập nóng bao gồm bước đúc thép nóng chảy có thành phần hoá học theo mục (1) và thu được tấm thép; gia nhiệt tấm thép; cán nóng tấm thép bằng thiết bị cán nóng có nhiều giá cán; cuộn tấm thép sau khi cán nóng; tẩy gỉ tấm thép sau khi cuộn; cán nguội tấm thép sau khi tẩy gỉ bằng máy cán nguội có nhiều giá cán trong điều kiện thỏa mãn biểu thức e dưới đây; ủ, trong đó tấm thép được gia nhiệt ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700°C đến 850°C và làm nguội sau khi cán nguội; cán-tôi tấm thép sau khi ủ; và dập nóng, trong đó tấm thép được gia nhiệt đến nhiệt độ 750°C hoặc lớn hơn với tốc độ tăng nhiệt độ bằng 5°C/giây hoặc lớn hơn, tạo hình trong khoảng nhiệt độ này và làm nguội đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20°C đến 300°C với tốc độ làm nguội bằng 10°C/giây hoặc lớn hơn sau khi cán-tôi:

$1,5\times r1/r+1,2\times r2/r+r3/r>1$ (e)

trong đó ri thể hiện tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội riêng (%) ở giá cán thứ i tính từ giá cán trên cùng trong số các giá cán trong quá trình cán nguội, trong đó i bằng 1, 2 hoặc 3 và r thể hiện tổng tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội (%) trong quá trình cán nguội.

(8) Trong phương pháp sản xuất tấm thép dập nóng theo mục (7), khi CT (°C) thể hiện nhiệt độ cuộn trong bước cuộn; [C] thể hiện hàm lượng C tính theo % trọng lượng, [Si] thể hiện hàm lượng Si tính theo % trọng lượng, [Mn] thể hiện hàm lượng Mn tính theo % trọng lượng trong thép; và [Mo] thể hiện hàm lượng Mo theo % trọng lượng trong thép, biểu thức f dưới đây có thể được thỏa mãn:

$$560-474\times[C]-90\times[Mn]-20\times[Cr]-20\times[Mo]<CT<830-270\times[C]-90\times[Mn]-70\times[Cr]-80\times[Mo] \quad (f).$$

(9) Trong phương pháp sản xuất tấm thép dập nóng theo mục (7) hoặc (8), khi T (°C) thể hiện nhiệt độ gia nhiệt trong bước gia nhiệt; t (phút) thể hiện thời gian ở trong lò; và [Mn] thể hiện hàm lượng Mn tính theo % trọng lượng và [S] thể hiện hàm lượng S theo % trọng lượng trong thép, biểu thức g dưới đây có thể được thỏa mãn:

$$T\times\ln(t)/(1,7\times[Mn]+[S])>1500 \quad (g).$$

(10) Phương pháp sản xuất tấm thép dập nóng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (7) đến (9) có thể còn bao gồm bước mạ kẽm giữa bước ủ và bước cán-tôi.

(11) Phương pháp sản xuất tấm thép dập nóng theo mục (10) có thể còn bao gồm bước hợp kim hoá giữa bước mạ kẽm nhúng nóng và cán-tôi.

(12) Phương pháp sản xuất tấm thép dập nóng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (7) đến (9) còn bao gồm bước mạ kẽm điện phân giữa bước cán-tôi và bước dập nóng.

(13) Phương pháp sản xuất tấm thép dập nóng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (7) đến (9) có thể còn bao gồm bước mạ nhôm giữa bước ủ và bước cán-tôi.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, do mối tương quan thích hợp được thiết lập giữa hàm lượng C, hàm lượng Mn và hàm lượng Si và độ cứng của mactensit được đo bằng thiết bị đo độ cứng hệ nano được thiết lập ở trị số thích hợp trong sản phẩm dập sau khi dập nóng, nên có thể thu được tấm thép dập nóng có khả năng nong rộng lỗ tốt hơn.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là đồ thị minh họa mối tương quan giữa (5×[Si]+[Mn])/[C] và TS×λ.

Fig.2A là đồ thị minh họa cơ sở của biểu thức b và biểu thức c và là đồ thị minh họa mối tương quan giữa H2/H1 và σHM của tấm thép dập nóng.

Fig.2B là đồ thị minh họa cơ sở của biểu thức c và là đồ thị minh họa mối tương quan giữa σHM và TS×λ.

Fig.3 là đồ thị minh họa mối tương quan giữa n2/n1 và TS×λ trước khi và sau khi dập nóng và minh họa cơ sở của biểu thức d.

Fig.4 là đồ thị minh họa mối tương quan giữa 1,5×r1/r+1,2×r2/r+r3/r và H2/H1 và minh họa cơ sở của biểu thức e.

Fig.5A là đồ thị minh họa mối tương quan giữa biểu thức f và tỷ lệ mactensit.

Fig.5B là đồ thị minh họa mối tương quan giữa biểu thức f và tỷ lệ peclit.

Fig.6 là đồ thị minh họa mối tương quan giữa T×ln(t)/(1,7×[Mn]+[S]) và TS×λ và minh họa cơ sở của biểu thức g.

Fig.7 là hình vẽ phối cảnh của tấm thép dập nóng được dùng trong ví dụ.

Fig.8 là sơ đồ khối minh họa phương pháp sản xuất tấm thép dập nóng theo phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Như được mô tả trên đây, cần phải thiết lập mối tương quan thích hợp giữa hàm lượng Si, hàm lượng Mn và hàm lượng C và hơn nữa, cần thiết lập độ cứng thích hợp của mactensit ở vị trí định trước để cải thiện khả năng tạo hình

(khả năng nong rộng lỗ) của tấm thép dập nóng. Cho đến nay, không có các nghiên cứu về mối tương quan giữa khả năng gia công của tấm thép dập nóng và độ cứng của mactensit.

Dưới đây, phương án của sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết.

Đầu tiên, các lý do để giới hạn thành phần hoá học của tấm thép cán nguội dùng để dập nóng (bao gồm tấm thép cán nguội mạ kẽm nhúng nóng hoặc tấm thép cán nguội mạ nhôm và, trong một số trường hợp, được gọi là tấm thép cán nguội theo sáng chế hoặc đơn giản là tấm thép cán nguội dùng để dập nóng) được dùng làm tấm thép dập nóng theo phương án của sáng chế (tấm thép dập nóng theo phương án thực hiện của sáng chế hoặc, trong một số trường hợp, được gọi đơn giản là tấm thép dập nóng) sẽ được mô tả. Dưới đây, "%" là đơn vị của lượng thành phần riêng rẽ được dùng để chỉ "% trọng lượng". Vì hàm lượng của thành phần hoá học của tấm thép không thay đổi trong quá trình dập nóng, nên thành phần hoá học là giống nhau trong cả tấm thép cán nguội và tấm thép dập nóng, trong đó tấm thép cán nguội được sử dụng.

C: lớn hơn 0,150% đến 0,300%

C là nguyên tố quan trọng để tăng bền ferit và mactensit và tăng độ bền của thép. Tuy nhiên, khi hàm lượng C bằng 0,150% hoặc nhỏ hơn, không thể thu được lượng mactensit đủ và không thể tăng đủ độ bền. Mặt khác, khi hàm lượng C lớn hơn 0,300%, độ giãn dài và khả năng nong rộng lỗ giảm đáng kể. Do đó, hàm lượng C được thiết lập nằm trong khoảng lớn hơn 0,150% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,300%.

Si: 0,010% đến 1,000%

Si là nguyên tố quan trọng để làm giảm sự tạo ra cacbua độc hại và để thu được nhiều pha mà chủ yếu chứa ferit và mactensit. Tuy nhiên, khi hàm lượng Si lớn hơn 1,000%, độ giãn dài hoặc khả năng nong rộng lỗ giảm và tính chất chuyển hoá hoá học cũng giảm. Do đó, hàm lượng Si được thiết lập bằng 1,000% hoặc nhỏ hơn. Ngoài ra, Si được bổ sung cho quá trình khử oxy, nhưng hiệu quả khử oxy là không đủ với hàm lượng Si nhỏ hơn 0,010%. Do đó, hàm lượng Si được thiết lập bằng 0,010% hoặc lớn hơn.

Al: 0,010% đến 0,050%

Al là nguyên tố quan trọng làm chất khử oxy. Để thu được hiệu quả khử oxy, hàm lượng Al được thiết lập bằng 0,010% hoặc lớn hơn. Mặt khác, ngay cả khi Al được bổ sung quá mức cần thiết, hiệu quả nêu trên bị bão hoà và ngược lại, thép trở nên giòn và TS×λ giảm. Do đó, hàm lượng Al được thiết lập nằm trong khoảng từ 0,010% đến 0,050%.

Mn: 1,50% đến 2,70%

Mn là nguyên tố quan trọng để cải thiện độ thấm tôi và tăng bền thép. Tuy nhiên, khi hàm lượng Mn nhỏ hơn 1,50%, không thể tăng đủ độ bền. Mặt khác, khi hàm lượng Mn lớn hơn 2,70%, độ thấm tôi trở nên cao quá mức cần thiết và độ giãn dài hoặc khả năng nong rộng lỗ giảm. Do đó, hàm lượng Mn được thiết lập nằm trong khoảng từ 1,50% đến 2,70%. Trong trường hợp nếu cần độ giãn dài cao hơn, hàm lượng Mn cần được thiết lập bằng 2,00% hoặc nhỏ hơn.

P: 0,001% đến 0,060%

Với hàm lượng lớn, P tách ra ở các biên hạt và làm giảm độ giãn dài cục bộ và khả năng tính hàn. Do đó, hàm lượng P được thiết lập bằng 0,060% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng P càng nhỏ càng tốt, nhưng việc làm giảm hàm lượng P quá mức cần thiết dẫn đến làm tăng chi phí làm sạch và do đó hàm lượng P cần được thiết lập bằng 0,001% hoặc lớn hơn.

S: 0,001% đến 0,010%

S là nguyên tố tạo ra MnS và làm giảm đáng kể độ giãn dài cục bộ hoặc khả năng hàn. Do đó, giới hạn trên của lượng S được thiết lập bằng 0,010%. Ngoài ra, hàm lượng S càng nhỏ càng tốt; tuy nhiên, do vấn đề về chi phí làm sạch, giới hạn dưới của hàm lượng S cần được thiết lập bằng 0,001%.

N: 0,0005% đến 0,0100%

N là nguyên tố quan trọng để làm kết tủa AlN và tương tự và thu nhỏ các hạt tinh thể. Tuy nhiên, khi lượng N lớn hơn 0,0100%, dung dịch rắn chứa nitơ còn sót lại và độ giãn dài hoặc khả năng nong rộng lỗ giảm. Do đó, lượng N được thiết lập bằng 0,0100% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng N càng nhỏ càng tốt; tuy

nhiên, do vấn đề về chi phí làm sạch, giới hạn dưới của hàm lượng N cần được thiết lập bằng 0,0005%.

Tấm thép cán nguội theo sáng chế có thành phần cơ bản bao gồm các nguyên tố nêu trên và phần còn lại là sắt và các tạp chất không tránh khỏi, tuy nhiên, trong một số trường hợp, tấm thép cán nguội này còn chứa ít nhất một nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Nb, Ti, V, Mo, Cr, Ca, REM (kim loại đất hiếm), Cu, Ni và B như các nguyên tố mà đã được sử dụng với hàm lượng bằng hoặc nhỏ hơn giới hạn trên được nêu dưới đây để cải thiện độ bền, để điều chỉnh hình dạng của sulfua hoặc oxit và tương tự. Các nguyên tố hoá học nêu trên không nhất thiết phải bổ sung vào tấm thép và do đó giới hạn dưới của chúng bằng 0%.

Nb, Ti và V là các nguyên tố làm kết tủa cacbonitrit mịn và tăng bền thép. Ngoài ra, Mo và Cr là các nguyên tố làm tăng độ thấm tôi và tăng bền thép. Để thu được các hiệu quả nêu trên, tốt hơn là chứa Nb: 0,001% hoặc lớn hơn, Ti: 0,001% hoặc lớn hơn, V: 0,001% hoặc lớn hơn, Mo: 0,01% hoặc lớn hơn và Cr: 0,01% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, ngay cả khi Nb: lớn hơn 0,050%, Ti: lớn hơn 0,100%, V: lớn hơn 0,100%, Mo: lớn hơn 0,50% và Cr: lớn hơn 0,50% được chứa, hiệu quả làm tăng độ bền bị bão hoà và gây ra sự suy giảm về độ giãn dài hoặc khả năng nong rộng lỗ. Do đó, giới hạn trên của Nb, Ti, V, Mo và Cr lần lượt được thiết lập bằng 0,050%, 0,100%, 0,100%, 0,50% và 0,50%.

Ca điều chỉnh hình dạng của sulfua hoặc oxit và cải thiện độ giãn dài cục bộ hoặc khả năng nong rộng lỗ. Để thu được hiệu quả nêu trên, thép cần phải chứa 0,0005% hoặc lớn hơn Ca. Tuy nhiên, do việc bổ sung quá mức cần thiết làm giảm khả năng gia công, nên giới hạn trên của hàm lượng Ca được thiết lập bằng 0,0050%.

Tương tự với Ca, kim loại đất hiếm (REM) điều chỉnh hình dạng của sulfua và oxit và cải thiện độ giãn dài cục bộ hoặc khả năng nong rộng lỗ. Để thu được hiệu quả nêu trên, thép cần phải chứa 0,0005% hoặc lớn hơn REM. Tuy nhiên, do việc bổ sung quá mức cần thiết làm giảm khả năng gia công, nên giới hạn trên của hàm lượng REM được thiết lập bằng 0,0050%.

Thép có thể còn chứa Cu: 0,01% đến 1,00%, Ni: 0,01% đến 1,00% và B: 0,0005% đến 0,0020%. Các nguyên tố nêu trên cũng có thể cải thiện độ thấm tôi và làm tăng độ bền của thép. Tuy nhiên, để thu được hiệu quả nêu trên, thép cần phải chứa Cu: 0,01% hoặc lớn hơn, Ni: 0,01% hoặc lớn hơn và B: 0,0005% hoặc lớn hơn. Với hàm lượng bằng hoặc nhỏ hơn các lượng nêu trên, hiệu quả tăng bền tấm thép là nhỏ. Mặt khác, ngay cả khi Cu: lớn hơn 1,00%, Ni: lớn hơn 1,00% và B: lớn hơn 0,0020% được bổ sung, hiệu quả tăng bền này bị bão hoà và độ giãn dài hoặc khả năng nong rộng lỗ giảm. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng Cu được thiết lập bằng 1,00%, giới hạn trên của hàm lượng Ni được thiết lập bằng 1,00% và giới hạn trên của hàm lượng B được thiết lập bằng 0,0020%.

Trong trường hợp nếu B, Mo, Cr, V, Ti, Nb, Ni, Cu, Ca và REM được chứa, ít nhất một nguyên tố được chứa. Phần còn lại của thép là Fe và các tạp chất không tránh khỏi. Đối với các tạp chất không tránh khỏi, các nguyên tố ngoài các nguyên tố nêu trên (ví dụ, Sn, As và tương tự) có thể cũng được chứa miễn là các tính chất của thép không bị ảnh hưởng. Khi B, Mo, Cr, V, Ti, Nb, Ni, Cu, Ca và REM được chứa với lượng nhỏ hơn các giới hạn dưới nêu trên, các nguyên tố này được coi như các tạp chất không tránh khỏi.

Hơn nữa, trong tấm thép dập nóng theo sáng chế, khi [C] thể hiện hàm lượng C (tính theo % trọng lượng), [Si] thể hiện hàm lượng Si (tính theo % trọng lượng) và [Mn] thể hiện hàm lượng Mn (tính theo % trọng lượng), điều quan trọng là thỏa mãn biểu thức a dưới đây để thu được khả năng nong rộng lỗ đủ như được minh họa trên Fig.1,

$(5\times[Si]+[Mn])/[C]>10$ (a).

Khi giá trị của $(5\times[Si]+[Mn])/[C]$ bằng 10 hoặc nhỏ hơn, $TS\times\lambda$ sẽ nhỏ hơn 50000 MPa·% và không thể thu được khả năng nong rộng lỗ đủ. Điều này là do, khi hàm lượng C cao, độ cứng của pha cứng trở nên quá cao và sự chênh lệch giữa độ cứng của pha cứng và độ cứng của pha mềm trở nên lớn và do đó, giá trị của λ giảm và khi hàm lượng Si hoặc hàm lượng Mn nhỏ, TS trở nên thấp. Do đó, cần phải để mỗi nguyên tố trong khoảng nêu trên và hơn nữa, cần phải điều chỉnh sự cân bằng về hàm lượng của chúng. Do giá trị của

(5×[Si]+[Mn])/[C] không thay đổi ngay cả sau khi dập nóng như nêu trên, giá trị này tốt hơn là được thỏa mãn khi sản xuất tấm thép cán nguội. Tuy nhiên, ngay cả khi (5×[Si]+[Mn])/[C]>10 được thỏa mãn, trong trường hợp nếu H2/H1 hoặc σHM được nêu dưới đây không thỏa mãn các điều kiện này, không thể thu được khả năng nong rộng lỗ đủ. Trên Fig.1, ký hiệu chỉ dẫn thể hiện "sau khi dập nóng" chỉ tấm thép dập nóng và ký hiệu chỉ dẫn thể hiện "trước khi dập nóng" chỉ tấm thép cán nguội dùng để dập nóng.

Thông thường, mactensit chứ không phải ferit trội hơn về khả năng gia công (khả năng nong rộng lỗ) trong tấm thép cán nguội có cấu trúc kim tương hầu như chứa ferit và mactensit. Các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu chuyên sâu đối với mối tương quan giữa độ cứng và khả năng gia công như độ giãn dài hoặc khả năng nong rộng lỗ của mactensit. Kết quả là, đã nhận thấy rằng, khi tỷ số độ cứng (sự chênh lệch của độ cứng) của mactensit giữa phần bề mặt của chiều dày tấm và phần giữa của chiều dày tấm và sự phân bố độ cứng của mactensit ở phần giữa của chiều dày tấm là ở trạng trái định trước đối với khả năng tạo hình bằng cách dập nóng theo sáng chế như được minh họa trên Fig.2A và Fig.2B, độ giãn dài hoặc khả năng nong rộng lỗ trở nên tốt hơn. Ngoài ra, đã được nhận thấy rằng, khi tỷ số độ cứng và sự phân bố độ cứng nằm trong khoảng định trước trong tấm thép cán nguội dùng để dập nóng được sử dụng nhờ khả năng dập nóng theo sáng chế, tỷ số độ cứng và cũng như sự phân bố độ cứng hầu như được duy trì trong tấm thép dập nóng và độ giãn dài hoặc khả năng nong rộng lỗ trở nên tốt hơn. Điều này là do sự phân bố độ cứng của mactensit được tạo ra trong tấm thép cán nguội dùng để dập nóng cũng có ảnh hưởng đáng kể đến tấm thép dập nóng sau khi dập nóng. Cụ thể là, điều này được cho là do các nguyên tố hợp kim được tập trung ở phần giữa của chiều dày tấm vẫn giữ trạng thái được tập trung tại phần tâm ngay cả sau khi bước dập nóng được thực hiện. Nghĩa là, trong tấm thép cán nguội dùng để dập nóng, trong trường hợp nếu sự chênh lệch về độ cứng của mactensit giữa phần bề mặt của chiều dày tấm và phần giữa của chiều dày tấm lớn hoặc trường hợp nếu sự thay đổi về độ cứng của mactensit lớn ở phần giữa của chiều dày tấm, tỷ số độ

cứng giống nhau và phương sai giống nhau cũng thu được trong tấm thép dập nóng. Trên Fig.2A và Fig.2B, ký hiệu chỉ dẫn thể hiện "sau khi dập nóng" chỉ tấm thép dập nóng và ký hiệu chỉ dẫn thể hiện "trước khi dập nóng" chỉ tấm thép cán nguội dùng để dập nóng.

Các tác giả sáng chế cũng nhận thấy rằng, đối với việc đo độ cứng của mactensit mà được đo bằng thiết bị đo độ cứng hệ nano được sản xuất bởi Hysitron Corporation với độ khuếch đại 1000 lần, khi biểu thức b và biểu thức c dưới đây được thỏa mãn, khả năng gia công của tấm thép dập nóng được cải thiện. Trong phần mô tả, "H1" là độ cứng của mactensit trong phần bề mặt của chiều dày tấm trong vùng có chiều rộng bằng 200 μm theo hướng chiều dày tính từ lớp ngoài cùng của tấm thép dập nóng. "H2" là độ cứng của mactensit ở phần giữa của chiều dày tấm của tấm thép dập nóng, nghĩa là, trong vùng có chiều rộng bằng ±100 μm theo hướng chiều dày từ phần giữa của chiều dày tấm. "σHM" là phương sai của độ cứng của mactensit tồn tại trong vùng có chiều rộng bằng 200 μm theo hướng chiều dày ở phần giữa của chiều dày tấm của tấm thép dập nóng. H1, H2 và σHM đều thu được từ 300 điểm đo. Diện tích có chiều rộng bằng 200 μm theo hướng chiều dày ở phần giữa của chiều dày tấm là vùng có tâm ở giữa của chiều dày tấm và có kích thước bằng 200 μm theo hướng chiều dày.

$H2/H1<1,10$ (b)

$\sigma HM<20$ (c)

Ngoài ra, trong phần mô tả, phương sai là giá trị thu được bằng cách sử dụng biểu thức h dưới đây và là sự phân bố về độ cứng của mactensit.

Biểu thức 1

$$\sigma HM=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_{ave}-x_i)^2 \quad \text{(h)}$$

X_{ave} thể hiện giá trị trung bình của độ cứng đo được của mactensit và X_i thể hiện độ cứng của mactensit thứ i.

Fig.2A minh họa các tỷ lệ giữa độ cứng của mactensit trong phần bề mặt

và độ cứng của mactensit ở phần giữa của chiều dày tấm của tấm thép dập nóng và tấm thép cán nguội dùng để dập nóng. Ngoài ra, Fig.2B minh họa chung sự thay đổi về độ cứng của mactensit tồn tại trong chiều rộng bằng ±100 μm theo hướng chiều dày tấm từ tâm của chiều dày tấm của tấm thép dập nóng và tấm thép cán nguội dùng để dập nóng. Như được minh họa trên Fig.2A và Fig.2B, tỷ số độ cứng của tấm thép cán nguội trước khi dập nóng và tỷ số độ cứng của tấm thép cán nguội sau khi dập nóng gần như bằng nhau. Ngoài ra, các phương sai của độ cứng của mactensit ở phần giữa của chiều dày tấm cũng gần như bằng nhau cả trong tấm thép cán nguội trước khi dập nóng và trong tấm thép cán nguội sau khi dập nóng.

Trong tấm thép dập nóng, giá trị của H2/H1 bằng 1,10 hoặc lớn hơn thể hiện rằng độ cứng của mactensit ở phần giữa của chiều dày tấm gấp lớn hơn hoặc bằng 1,10 lần độ cứng của mactensit trong phần bề mặt của chiều dày tấm. Nghĩa là, giá trị này thể hiện rằng độ cứng ở phần giữa của chiều dày tấm trở nên quá cao. Như được minh họa trên Fig.2A, khi H2/H1 bằng 1,10 hoặc lớn hơn, σHM bằng 20 hoặc lớn hơn. Trong trường hợp này, TS×λ sẽ nhỏ hơn 50000MPa·% và không thể thu được khả năng gia công đủ sau khi tôi, nghĩa là, trong tấm thép dập nóng. Theo lý thuyết, có trường hợp trong đó giới hạn dưới của H2/H1 sẽ giống như ở phần giữa của chiều dày tấm và trong phần bề mặt của chiều dày tấm trừ khi thực hiện việc xử lý nhiệt đặc biệt; tuy nhiên, trong quá trình sản xuất thực tế có xét đến năng suất, giới hạn dưới, ví dụ, lên đến gần 1,005.

Phương sai σHM của tấm thép dập nóng bằng 20 hoặc lớn hơn thể hiện rằng sự thay đổi của độ cứng của mactensit là lớn và các phần trong đó độ cứng quá cao tồn tại một cách cục bộ. Trong trường hợp này, TS×λ sẽ nhỏ hơn 50000MPa·%. Nghĩa là, không thể thu được khả năng gia công đủ trong tấm thép dập nóng.

Tiếp theo, cấu trúc kim tương của tấm thép dập nóng theo sáng chế sẽ được mô tả. Tỷ lệ diện tích của mactensit bằng 80% hoặc lớn hơn trong tấm thép dập nóng theo sáng chế. Khi tỷ lệ diện tích của mactensit nhỏ hơn 80%, độ bền

đủ mà gần đây được yêu cầu đối với tấm thép dập nóng (ví dụ, 1,5 GPA) không thể thu được. Do đó, tỷ lệ diện tích của mactensit được thiết lập bằng 80% hoặc lớn hơn. Toàn bộ hoặc các phần quan trọng của cấu trúc kim tương của tấm thép dập nóng được tạo bởi mactensit và có thể còn chứa một hoặc nhiều hợp chất trong số: peclit với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 10% tính theo tỷ lệ diện tích, austenit dư với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 5% tính theo tỷ lệ thể tích, ferit với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 20% tính theo tỷ lệ diện tích và 0% đến nhỏ hơn 20% bainit tính theo tỷ lệ diện tích. Trong khi có trường hợp trong đó ferit với lượng nằm trong khoảng từ 0% đến 20% tồn tại phụ thuộc vào điều kiện dập nóng, không có vấn đề nào đối với độ bền sau khi dập nóng trong khoảng nêu trên. Khi austenit dư còn sót lại trong cấu trúc kim tương, tính phá huỷ chậm và tính giòn khi gia công thứ cấp có khả năng giảm. Do đó, tốt hơn là austenit dư hầu như không được chứa; tuy nhiên, không thể tránh khỏi, austenit dư với lượng bằng 5% hoặc nhỏ hơn tính theo tỷ lệ thể tích có thể được chứa. Vì peclit là cấu trúc cứng và giòn, có thể không chứa peclit; tuy nhiên, không thể tránh khỏi, peclit với lượng lên đến 10% tính theo tỷ lệ diện tích có thể được chứa. Bainit là cấu trúc có thể được tạo ra như cấu trúc dư và là cấu trúc trung gian xét về độ bền hoặc khả năng gia công, có thể được chứa. Bainit có thể được chứa đến dưới 20% xét về tỷ lệ diện tích. Theo sáng chế, các cấu trúc kim tương của ferit, bainit và peclit được quan sát thông qua việc khắc ăn mòn bằng nitan và cấu trúc kim tương của mactensit được quan sát thông qua việc khắc ăn mòn Le Pera. Tất cả các cấu trúc kim tương được quan sát trong phần 1/4 chiều dày tấm bằng kính hiển vi quang học với độ khuếch đại 1000 lần. Tỷ lệ thể tích của austenit dư được đo bằng thiết bị nhiễu xạ tia X sau khi đánh bóng tấm thép đến phần 1/4 chiều dày tấm.

Tiếp theo, cấu trúc kim tương mong muốn của tấm thép cán nguội dùng để dập nóng trong đó tấm thép dập nóng theo sáng chế được sử dụng sẽ được mô tả. Cấu trúc kim tương của tấm thép dập nóng bị ảnh hưởng bởi cấu trúc kim tương của tấm thép cán nguội dùng để dập nóng. Do đó, khi cấu trúc kim tương của tấm thép cán nguội dùng để dập nóng được kiểm soát, sẽ dễ dàng thu được

cấu trúc kim tương nêu trên trong tấm thép dập nóng. Trong tấm thép cán nguội theo sáng chế, tỷ lệ diện tích của ferit mong muốn nằm trong khoảng từ 40% đến 90%. Khi tỷ lệ diện tích của ferit nhỏ hơn 40%, độ bền trở nên quá cao thậm chí trước khi dập nóng và có trường hợp trong đó hình dạng của tấm thép dập nóng giảm hoặc việc cắt trở nên khó khăn. Do đó, tỷ lệ diện tích của ferit trước khi dập nóng cần được thiết lập bằng 40% hoặc lớn hơn. Ngoài ra, trong tấm thép cán nguội theo sáng chế, do hàm lượng Các nguyên tố hợp kim lớn, nên khó thiết lập tỷ lệ diện tích của ferit lớn hơn 90%. Trong cấu trúc kim tương, ngoài ferit, còn chứa mactensit và tỷ lệ diện tích của nó mong muốn là nằm trong khoảng từ 10% đến 60%. Tổng tỷ lệ diện tích của ferit và tỷ lệ diện tích của mactensit mong muốn bằng 60% hoặc lớn hơn trước khi dập nóng. Cấu trúc kim tương có thể còn chứa một hoặc nhiều hợp chất trong số: peclit, bainit và austenit dư. Tuy nhiên, khi austenit dư còn sót lại trong cấu trúc kim tương, tính giòn gia công thứ cấp và tính phá huỷ chậm có khả năng giảm và do đó tốt hơn là austenit dư hầu như không được có mặt. Tuy nhiên, không thể tránh khỏi, austenit dư với lượng bằng 5% hoặc nhỏ hơn có thể được chứa theo tỷ lệ thể tích. Vì peclit là cấu trúc cứng và giòn, peclit tốt hơn là không được có mặt; tuy nhiên, không thể tránh khỏi, peclit với lượng lên đến 10% có thể được chứa theo tỷ lệ diện tích. Bainit với lượng lên đến 20% hoặc nhỏ hơn làm cấu trúc dư có thể được chứa theo tỷ lệ diện tích với lý do tương tự như nêu trên. Tương tự tấm thép cán nguội trước khi dập nóng, các cấu trúc kim tương của ferit, bainit và peclit được quan sát thông qua việc khắc ăn mòn bằng nitan và cấu trúc kim tương của mactensit được quan sát thông qua việc khắc ăn mòn Le Pera. Tất cả các cấu trúc kim tương được quan sát trong phần 1/4 chiều dày tấm bằng kính hiển vi quang học với độ khuếch đại 1000 lần. Tỷ lệ thể tích của austenit dư được đo bằng thiết bị nhiễu xạ tia X sau khi đánh bóng tấm thép đến phần 1/4 chiều dày tấm.

Ngoài ra, trong tấm thép dập nóng theo sáng chế, độ cứng của mactensit được đo bằng thiết bị đo độ cứng hệ nano với độ khuếch đại 1000 lần (độ cứng ấn lõm (GPa hoặc N/mm^2) hoặc giá trị thu được bằng cách chuyển đổi độ cứng

ấn lõm thành độ cứng Vicker (Hv)) được xác định cụ thể. Trong thử nghiệm độ cứng Vicker thông thường, vết ấn lõm được tạo ra trở nên lớn hơn so với mactensit. Do đó, độ cứng nhận thấy bằng mắt thường của mactensit và các kết cấu ngoại biên của nó (ferit và tương tự) có thể thu được, nhưng không thể thu được độ cứng của chính mactensit. Do khả năng gia công như khả năng nong rộng lỗ bị ảnh hưởng một cách đáng kể bởi độ cứng của chính mactensit, nên khó đánh giá một cách đầy đủ khả năng gia công chỉ bằng độ cứng Vicker. Trái lại, trong tấm thép dập nóng theo sáng chế, do tỷ số độ cứng của độ cứng của mactensit được đo bằng thiết bị đo độ cứng hệ nano và trạng thái phân tán được kiểm soát trong khoảng thích hợp, nên có thể thu được khả năng tạo hình tốt hơn nhiều.

MnS được quan sát tại vị trí 1/4 của chiều dày tấm (vị trí 1/4 chiều dày tấm tính từ bề mặt) và phần giữa của chiều dày tấm của tấm thép dập nóng. Kết quả là, đã nhận thấy rằng tỷ lệ diện tích của MnS có đường kính vòng tròn tương đương nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 10 μm bằng 0,01% hoặc nhỏ hơn và, như được minh họa trên Fig.3, biểu thức d dưới đây được thỏa mãn là thích hợp để thu được một cách ổn định và thuận lợi $TS \times \lambda \geq 50000$ MPa·%,

$n2/n1 < 1,5$ (d).

Trong đó n1 thể hiện mật độ số (mật độ trung bình) (số hạt/10000 μm^2) của MnS có đường kính vòng tròn tương đương nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 10 μm trên mỗi đơn vị diện tích ở phần 1/4 chiều dày tấm của tấm thép dập nóng và n2 thể hiện mật độ số (mật độ trung bình) (số hạt/10000 μm^2) của MnS có đường kính vòng tròn tương đương nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 10 μm trên mỗi đơn vị diện tích ở phần giữa của chiều dày tấm của tấm thép dập nóng.

Lý do của sự cải thiện khả năng gia công trong trường hợp nếu tỷ lệ diện tích của MnS nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 10 μm bằng 0,01% hoặc nhỏ hơn được cho là do ứng suất tập trung ở lân cận của nó, khi thử nghiệm nong rộng lỗ được thực hiện và nếu có MnS có đường kính vòng tròn tương đương từ 0,1 μm hoặc lớn hơn, nên sự rạn nứt có thể xuất hiện. Lý do để không tính MnS có đường kính vòng tròn tương đương nhỏ hơn 0,1 μm là sự ảnh hưởng đến sự tập

trung ứng suất là nhỏ và lý do để không tính MnS có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn 10 μm đó là MnS có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn 10 μm không thích hợp cho việc gia công. Hơn nữa, khi tỷ lệ diện tích của MnS có đường kính vòng tròn tương đương nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 10 μm lớn hơn 0,01%, vì nó dễ tạo ra các vết rạn nứt rất nhỏ do sự tập trung ứng suất lan truyền. Do đó, có trường hợp trong đó khả năng nong rộng lỗ giảm. Hơn nữa, giới hạn dưới của tỷ lệ diện tích của MnS không được quy định một cách cụ thể, nhưng đó có thể là lý do để thiết lập giới hạn dưới đến 0,0001% hoặc lớn hơn do khi thiết lập giới hạn dưới nhỏ hơn 0,0001% khi xét đến phương pháp đo được nêu dưới đây, các giới hạn của độ phóng đại và trường quan sát, hàm lượng Mn hoặc S và khả năng xử lý khử lưu huỳnh có ảnh hưởng đến năng suất và chi phí.

Khi tỷ lệ diện tích của MnS có đường kính vòng tròn tương đương nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 10 μm trong tấm thép dập nóng lớn hơn 0,01%, như nêu trên, khả năng gia công có thể giảm do sự tập trung ứng suất. Giá trị của n2/n1 bằng 1,5 hoặc lớn hơn trong tấm thép dập nóng thể hiện rằng mật độ số của MnS ở phần giữa của chiều dày tấm của tấm thép dập nóng gấp lớn hơn hoặc bằng 1,5 lần mật độ số của MnS ở phần 1/4 chiều dày tấm của tấm thép dập nóng. Trong trường hợp này, khả năng gia công có thể giảm do sự phân tách của MnS ở phần giữa của chiều dày tấm. Theo sáng chế, đường kính vòng tròn tương đương và mật độ số của MnS được đo bằng kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường (Fe-SEM) được sản xuất bởi JEOL Ltd. Độ phóng đại là 1000 lần và diện tích đo của trường quan sát được thiết lập bằng 0,12×0,09 mm^2 (=10800 $\mu m^2 \approx 10000\ \mu m^2$). Mười trường quan sát được quan sát ở vị trí 1/4 của chiều dày tấm tính từ bề mặt (phần 1/4 chiều dày tấm) và mười trường quan sát được quan sát ở phần giữa của chiều dày tấm. Tỷ lệ diện tích của MnS được tính toán bằng phần mềm phân tích hạt. Theo sáng chế, MnS được quan sát trong tấm thép cán nguội dùng để dập nóng ngoài tấm thép dập nóng. Kết quả là, đã nhận thấy rằng dạng của MnS tạo ra trước khi dập nóng (trong tấm thép cán nguội dùng để dập nóng) không thay đổi ngay cả trong tấm thép dập nóng (sau khi dập nóng). Fig.3

là hình vẽ minh họa mối tương quan giữa n2/n1 và TS×λ của tấm thép dập nóng và cũng minh họa việc đánh giá các kết quả đo mật độ số của MnS ở phần 1/4 chiều dày tấm và ở phần giữa của chiều dày tấm của tấm thép cán nguội dùng để dập nóng bằng cách sử dụng cùng một chỉ số như đối với tấm thép dập nóng. Trên Fig.3, ký hiệu chỉ dẫn thể hiện "sau khi dập nóng" chỉ tấm thép dập nóng và ký hiệu chỉ dẫn thể hiện "trước khi dập nóng" chỉ tấm thép cán nguội dùng để dập nóng. Như được minh họa trên Fig.3, n2/n1 (tỷ lệ của MnS giữa phần 1/4 chiều dày tấm và phần giữa của chiều dày tấm) của tấm thép cán nguội dùng để dập nóng và tấm thép dập nóng gần như giống nhau. Điều này là do dạng của MnS không thay đổi tại nhiệt độ gia nhiệt của bước dập nóng.

Tấm thép dập nóng theo sáng chế thu được, ví dụ, bằng cách gia nhiệt tấm thép cán nguội theo sáng chế đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 750°C đến 1000°C với tốc độ tăng nhiệt độ bằng 5°C/giây đến 500°C/giây, tạo hình (gia công) tấm thép trong khoảng từ 1 giây đến 120 giây và làm nguội tấm thép đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20°C đến 300°C với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 10°C/giây đến 1000°C/giây. Tấm thép dập nóng thu được có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 1500 MPa đến 2200 MPa và có thể thu được hiệu quả cải thiện khả năng tạo hình đáng kể, cụ thể là, trong tấm thép có độ bền cao xấp xỉ 1800 MPa đến 2000 MPa.

Tốt hơn nếu tạo ra lớp mạ kẽm, ví dụ, lớp mạ kẽm nhúng nóng, lớp tráng kẽm, lớp mạ kẽm điện phân, hoặc lớp mạ nhôm trên tấm thép dập nóng theo sáng chế nhằm chống gỉ. Trong trường hợp trong đó lớp mạ được tạo ra trên tấm thép dập nóng, lớp được mạ không thay đổi dưới điều kiện dập nóng nêu trên và do đó lớp mạ có thể được tạo ra trên tấm thép cán nguội dùng để dập nóng. Ngay cả khi lớp mạ nêu trên được tạo ra trên tấm thép dập nóng, các hiệu quả của sáng chế không suy giảm. Các lớp mạ nêu trên có thể được tạo ra bằng phương pháp đã biết.

Dưới đây, phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội theo sáng chế và tấm thép dập nóng theo sáng chế thu được bằng cách dập nóng tấm thép cán nguội sẽ được mô tả.

Khi sản xuất tấm thép cán nguội theo sáng chế, như điều kiện thông thường, thép nóng chảy được làm nóng chảy mà có thành phần hoá học nêu trên được đúc một cách liên tục sau lò chuyển, nhờ đó tạo ra phôi tấm. Trong quá trình đúc liên tục, khi tốc độ đúc là nhanh, kết tủa chứa Ti và tương tự trở nên quá mịn. Mặt khác, khi tốc độ đúc là chậm, năng suất giảm và do đó, kết tủa nêu trên trở nên thô để làm giảm số lượng hạt và có trường hợp trong đó các tính chất khác như sự phá huỷ chậm không thể kiểm soát được xuất hiện. Do đó, tốc độ đúc tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1,0 m/phút đến 2,5 m/phút.

Phôi tấm sau bước làm nóng chảy và bước đúc được cán nóng. Theo cách khác, trong trường hợp nếu phôi tấm được làm nguội đến nhiệt độ dưới 1100°C, có thể gia nhiệt lại phôi tấm đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1300°C trong lò hầm hoặc tương tự và cán nóng phôi tấm này. Khi nhiệt độ của phôi tấm trong quá trình cán nóng nhỏ hơn 1100°C, khó đảm bảo nhiệt độ cuối ở bước cán nóng, mà gây ra sự suy giảm về độ giãn dài. Ngoài ra, trong tấm thép mà Ti hoặc Nb được bổ sung, sự hoà tan của kết tủa trở nên không đầy đủ trong bước gia nhiệt, khiến làm giảm độ bền. Mặt khác, khi nhiệt độ của phôi tấm lớn hơn 1300°C, sự tạo ra gỉ trở nên lớn và lo ngại rằng điều này gây ảnh hưởng xấu đến chất lượng bề mặt tấm thép.

Ngoài ra, để giảm tỷ lệ diện tích của MnS, khi [Mn] thể hiện hàm lượng Mn (tính theo % trọng lượng) và [S] thể hiện hàm lượng S (tính theo % trọng lượng) trong thép, tốt hơn là nhiệt độ T (°C) của lò gia nhiệt trước khi thực hiện việc cán nóng, thời gian ở trong lò t (phút), [Mn] và [S] đáp ứng biểu thức g dưới đây như được minh họa trên Fig.6,

$$T\times\ln(t)/(1,7\times[Mn]+[S])>1500 \qquad (g).$$

Khi giá trị của $T\times\ln(t)/(1,7\times[Mn]+[S])$ bằng hoặc nhỏ hơn 1500, tỷ lệ diện tích của MnS trở nên lớn và có trường hợp trong đó sự chênh lệch giữa số lượng của MnS ở phần 1/4 chiều dày tấm và số lượng của MnS ở phần giữa của chiều dày tấm trở nên lớn. Nhiệt độ của lò gia nhiệt trước khi thực hiện việc cán nóng là nhiệt độ ở phía ngoài của lò gia nhiệt và thời gian ở trong lò là thời gian trôi qua từ lúc đưa phôi tấm vào trong lò gia nhiệt nóng đến khi lấy phôi tấm ra

khỏi lò gia nhiệt. Do MnS không thay đổi trong bước cán nóng hoặc dập nóng như nêu trên, tốt hơn là thỏa mãn biểu thức g trong bước gia nhiệt phôi tấm. Ln nêu trên thể hiện logarit tự nhiên.

Tiếp theo, bước cán nóng được thực hiện theo phương pháp thông thường. Lúc này, nhiệt độ cuối (nhiệt độ kết thúc cán nóng) mong muốn được thiết lập nằm trong khoảng từ Ar_3 đến 970°C và thực hiện việc cán nóng trên phôi tấm. Khi nhiệt độ cuối nhỏ hơn nhiệt độ Ar_3, lo ngại rằng việc cán này sẽ là cán vùng hai pha gồm ferit (α) và austenit (γ) và độ giãn dài có thể giảm. Mặt khác, khi nhiệt độ cuối lớn hơn 970°C, cỡ hạt austenit thô, tỷ lệ ferit trở nên nhỏ và lo ngại rằng độ giãn dài có thể giảm.

Nhiệt độ Ar_3 có thể được ước tính từ điểm uốn sau khi thực hiện thử nghiệm Formastor và đo sự thay đổi chiều dài của mẫu thử tương ứng với sự thay đổi nhiệt độ.

Sau khi cán nóng, thép được làm nguội với tốc độ làm nguội trung bình nằm trong khoảng từ 20°C/giây đến 500°C/giây và được cuộn tại nhiệt độ cuộn định trước CT °C. Trong trường hợp nếu tốc độ làm nguội nhỏ hơn 20°C/giây, peclit gây ra sự suy giảm độ giãn dài có thể được tạo ra, nhiệt độ này không được ưu tiên.

Mặt khác, giới hạn trên của tốc độ làm nguội không được quy định một cách cụ thể, nhưng giới hạn trên của tốc độ làm nguội cần được thiết lập xấp xỉ 500°C/giây khi xét đến thông số kỹ thuật của thiết bị, nhưng không bị giới hạn ở đó.

Sau khi cuộn, bước tẩy gỉ được thực hiện và tiến hành cán nguội. Lúc này, như được minh họa trên Fig.4, tiến hành cán nguội dưới điều kiện trong đó biểu thức e dưới đây được thỏa mãn để thu được khoảng thỏa mãn biểu thức b nêu trên. Khi bước cán nêu trên được thực hiện và sau đó bước ủ, làm nguội và tương tự được thực hiện theo các điều kiện dưới đây, $TS \times \lambda \geq 50000$ MPa·% có thể thu được trong tấm thép cán nguội trước khi dập nóng và hơn nữa, có thể đảm bảo $TS \times \lambda \geq 50000$ MPa·% trong tấm thép dập nóng, trong đó tấm thép cán nguội được sử dụng. Trong khi đó, tốt hơn là việc cán nguội được thực hiện

bằng máy cán liên tục, trong đó các máy cán này được bố trí thẳng hàng và tấm thép được cán một cách liên tục theo một hướng, nhờ đó thu được chiều dày định trước.

$1,5\times r1/r+1,2\times r2/r+r3/r>1,0$ (e).

Trong phần mô tả, "ri (i=1, 2 hoặc 3)" thể hiện tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội đích riêng (%) ở giá cán thứ i (i = 1, 2, 3) tính từ giá cán trên cùng trong quá trình cán nguội và "r" thể hiện tổng tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội đích (%) trong quá trình cán nguội.

Tổng tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội được gọi là tỷ lệ giảm tiết diện cán tích lũy, được tính theo chiều dày tấm tại đầu vào của giá cán thứ nhất và là tỷ lệ phần trăm của tỷ lệ giảm tiết diện cán tích lũy (sự chênh lệch giữa chiều dày tấm ở đầu vào của rãnh cán thứ nhất và chiều dày tấm tại đầu ra sau rãnh cán cuối cùng) so với cơ sở nêu trên.

Khi tiến hành cán nguội dưới điều kiện trong đó biểu thức e nêu trên được thỏa mãn, có thể phân chia một cách đầy đủ peclit trong quá trình cán nguội ngay cả khi lượng peclit lớn tồn tại trước khi cán nguội. Kết quả là, có thể đốt cháy peclit hoặc giảm tỷ lệ diện tích của peclit đến tối thiểu thông qua việc ủ thực hiện sau khi cán nguội. Do đó, sẽ dễ dàng thu được cấu trúc thỏa mãn biểu thức b và biểu thức c. Mặt khác, trong trường hợp nếu biểu thức e không được thỏa mãn, các tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội ở giá cán trước là không đủ và peclit lớn có thể còn sót lại. Kết quả là, không thể tạo ra mactensit có dạng mong muốn trong quá trình ủ.

Ngoài ra, các tác giả sáng chế đã nhận thấy rằng, trong tấm thép cán nguội đã được cán để thỏa mãn biểu thức e, có thể duy trì dạng của cấu trúc mactensit thu được sau khi ủ gần như cùng một trạng thái ngay cả khi bước dập nóng được thực hiện sau đó và độ giãn dài hoặc khả năng nong rộng lỗ trở nên có lợi. Trong trường hợp nếu tấm thép cán nguội dùng để dập nóng theo sáng chế được gia nhiệt đến vùng austenit thông qua việc dập nóng, pha cứng chứa mactensit chuyển hóa thành austenite có nồng độ C cao và pha ferit chuyển hóa thành austenit có nồng độ C thấp. Khi austenit được làm nguội sau đó, austenit

tạo ra pha cứng chứa mactensit. Nghĩa là, khi bước dập nóng được thực hiện trên tấm thép dùng cho việc dập nóng có độ cứng của mactensit để thỏa mãn biểu thức e (để tạo ra H2/H1 nêu trên trong khoảng định trước), H2/H1 nêu trên đạt được trong khoảng định trước ngay cả sau khi dập nóng và khả năng gia công sau khi dập nóng trở nên tuyệt vời.

Theo sáng chế, r, r1, r2 và r3 là các tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội đích. Thông thường, tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội đích và tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội thực được kiểm soát để về cơ bản thu được giá trị giống nhau và tiến hành cán nguội. Sẽ không thích hợp nếu thực hiện việc cán nguội đích sau khi tạo ra một cách không cần thiết tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội thực khác với tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội. Trong trường hợp trong đó có sự chênh lệch lớn giữa tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội đích và tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội thực, có thể coi là phương án theo sáng chế được thực hiện khi tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội thực thỏa mãn biểu thức e. Tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội thực tốt hơn là bằng ±10% tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội.

Sau khi cán nguội, thực hiện bước ủ. Khi thực hiện bước ủ, gây ra sự tái kết tinh trong tấm thép và mactensit mong muốn được tạo ra. Đối với nhiệt độ ủ, tốt hơn là thực hiện việc ủ bằng cách gia nhiệt tấm thép đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700°C đến 850°C bằng phương pháp thông thường và làm nguội tấm thép đến nhiệt độ bằng 20°C hoặc nhiệt độ mà tại đó việc xử lý bề mặt như mạ kẽm nhúng nóng được thực hiện. Khi thực hiện việc ủ ở khoảng nhiệt độ nêu trên, có thể đảm bảo tỷ lệ mong muốn của ferit và tỷ lệ diện tích mong muốn của mactensit và để thu được tổng tỷ lệ diện tích của ferit và tỷ lệ diện tích của mactensit bằng 60% hoặc lớn hơn, TS×λ cải thiện.

Các điều kiện khác ngoài nhiệt độ ủ không được quy định một cách cụ thể, nhưng giới hạn dưới của thời gian giữ tại nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700°C đến 850°C tốt hơn là 1 giây hoặc lớn hơn để thu được một cách đáng tin cậy cấu trúc định trước, ví dụ, xấp xỉ 10 phút miễn là năng suất không bị giảm. Tốt hơn là xác định một cách thích hợp tốc độ tăng nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1°C/giây đến giới hạn trên của khả năng của thiết bị, ví dụ, 1000°C/giây và

tốt hơn là xác định một cách thích hợp tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 1°C/giây đến giới hạn trên của khả năng của thiết bị, ví dụ, 500°C/giây. Bước cán-tôi có thể được thực hiện bằng phương pháp thông thường. Tỷ lệ giãn dài của quá trình cán-tôi là, thông thường, xấp xỉ 0,2% đến 5% và tốt hơn là khi độ giãn dài ở điểm uốn được tránh và hình dạng của tấm thép có thể được hiệu chỉnh.

Đối với điều kiện thích hợp hơn nữa của sáng chế, khi [C] thể hiện hàm lượng C (tính theo % trọng lượng), [Mn] thể hiện hàm lượng Mn (tính theo % trọng lượng), [Si] thể hiện hàm lượng Si (tính theo % trọng lượng) và [Mo] thể hiện hàm lượng Mo (tính theo % trọng lượng) trong thép, nhiệt độ cuộn CT trong bước cuộn tốt hơn là thỏa mãn biểu thức f dưới đây:

560-474×[C]-90×[Mn]-20×[Cr]-20×[Mo]<CT<830-270×[C]-90×[Mn]-70×[Cr]-80×[Mo] (f).

Khi nhiệt độ cuộn CT nhỏ hơn 560-474×[C]-90×[Mn]-20×[Cr]-20×[Mo], nghĩa là, CT-(560-474×[C]-90×[Mn]-20×[Cr]-20×[Mo]) nhỏ hơn 0 như được minh họa trên Fig.5A, mactensit được tạo ra quá mức cần thiết và tấm thép trở nên quá cứng, do đó có trường hợp trong đó việc cán nguội sau đó trở nên khó khăn. Mặt khác, khi nhiệt độ cuộn CT lớn hơn 830-270×[C]-90×[Mn]-70×[Cr]-80×[Mo], nghĩa là, CT-(830-270×[C]-90×[Mn]-70×[Cr]-80×[Mo]) lớn hơn 0 như được minh họa trên Fig.5B, cấu trúc dạng dải chứa ferit và peclit có thể được tạo ra. Ngoài ra, tỷ lệ peclit ở phần giữa của chiều dày tấm có thể trở nên cao. Do đó, tính đồng đều phân bố mactensit đang được tạo ra ở quá trình ủ sau đó giảm và sẽ khó thỏa mãn biểu thức b nêu trên. Ngoài ra, có trường hợp trong đó khó tạo ra lượng mactensit đủ.

Khi biểu thức f được thỏa mãn, ferit và pha cứng có dạng phân bố lý tưởng trước khi dập nóng như nêu trên. Hơn nữa, trong trường hợp này, C và tương tự có thể phân tán theo cách đồng đều sau khi việc gia nhiệt được thực hiện trong quá trình dập nóng. Do đó, dạng phân bố này của độ cứng của mactensit trong tấm thép dập nóng sẽ gần lý tưởng. Khi có thể đảm bảo một

cách đáng tin cậy hơn cấu trúc kim tương nêu trên bằng cách thỏa mãn biểu thức f, khả năng gia công của tấm thép dập nóng trở nên tuyệt vời.

Hơn nữa, để cải thiện khả năng chống gỉ, tốt hơn nữa là thực hiện quá trình mạ kẽm nhúng nóng, trong đó bước mạ kẽm nhúng nóng được thực hiện giữa bước ủ và bước cán-tôi và tạo ra lớp mạ kẽm nhúng nóng trên bề mặt của tấm thép cán nguội. Hơn nữa, tốt hơn nữa là thực hiện bước hợp kim hoá, trong đó việc hợp kim hóa được thực hiện giữa bước mạ kẽm nhúng nóng và bước cán-tôi để thu được lớp tráng kẽm bằng cách hợp kim hóa lớp mạ kẽm nhúng nóng. Trong trường hợp nếu việc hợp kim hóa được thực hiện, việc xử lý trong đó bề mặt tráng kẽm được cho tiếp xúc với chất oxy hóa bề mặt đã đã được mạ như hơi nước, nhờ đó việc làm dày màng oxi hoá cũng có thể được thực hiện trên bề mặt này.

Tốt hơn nữa là thực hiện, ví dụ, bước mạ kẽm điện phân, trong đó việc mạ kẽm điện phân được thực hiện trên bề mặt của tấm thép cán nguội sau bước cán-tôi ngoài bước mạ kẽm nhúng nóng và bước tráng kẽm. Ngoài ra, tốt hơn nữa là thực hiện, thay vì thực hiện mạ kẽm nhúng nóng, bước mạ nhôm, trong đó việc mạ nhôm được thực hiện giữa bước ủ và bước cán-tôi và thực hiện việc mạ nhôm trên bề mặt của tấm thép cán nguội. Tốt hơn nếu việc mạ nhôm thông thường là mạ nhôm nhúng nóng.

Sau một loạt các bước xử lý nêu trên, bước dập nóng được thực hiện trên tấm thép cán nguội thu được dùng cho việc dập nóng, do đó tạo ra tấm thép dập nóng. Trong quá trình dập nóng, việc dập nóng tốt hơn là được thực hiện, ví dụ, trong các điều kiện dưới đây. Đầu tiên, tấm thép được gia nhiệt đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 750°C đến 1000°C với tốc độ tăng nhiệt độ nằm trong khoảng từ 5°C/giây đến 500°C/giây. Sau khi gia nhiệt, bước gia công (tạo hình) được thực hiện trong 1 giây đến 120 giây. Để thu được độ bền cao, nhiệt độ gia nhiệt tốt hơn là lớn hơn nhiệt độ Ac_3. Nhiệt độ Ac_3 được tính toán từ điểm uốn theo chiều dài của mẫu thử sau khi thực hiện thử nghiệm Formastor.

Sau đó, tốt hơn là làm nguội tấm thép đến nhiệt độ bằng 20°C đến 300°C với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ, ví dụ, 10°C/giây đến 1000°C/giây.

Khi nhiệt độ gia nhiệt nhỏ hơn 750°C, trong tấm thép dập nóng, tỷ lệ của mactensit là không đủ và độ bền không thể được đảm bảo. Khi nhiệt độ gia nhiệt lớn hơn 1000°C, tấm thép trở nên quá mềm và trong trường hợp trong đó lớp mạ được tạo ra trên bề mặt của tấm thép, cụ thể là, trong trường hợp nếu kẽm được mạ, lo ngại rằng kẽm có thể bị hoá hơi và bị đốt cháy, nhiệt độ này không được ưu tiên. Do đó, nhiệt độ gia nhiệt trong quá trình dập nóng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 750°C đến 1000°C. Khi tốc độ tăng nhiệt độ nhỏ hơn 5°C/giây, do việc kiểm soát nó là khó và năng suất giảm đáng kể, nên tốt hơn là gia nhiệt tấm thép với tốc độ tăng nhiệt độ bằng 5°C/giây hoặc lớn hơn. Mặt khác, giới hạn trên của tốc độ tăng nhiệt độ bằng 500°C/giây là từ khả năng gia nhiệt hiện có, nhưng không bị giới hạn ở đó. Với tốc độ làm nguội nhỏ hơn 10°C/giây, do việc điều khiển tốc độ của nó là khó và năng suất cũng giảm đáng kể, nên tốt hơn là làm nguội tấm thép với tốc độ làm nguội bằng 10°C/giây hoặc lớn hơn. Giới hạn trên của tốc độ làm nguội không được quy định một cách cụ thể, nhưng bằng 1000°C/giây hoặc nhỏ hơn khi xét về khả năng làm nguội hiện có. Lý do để thực hiện việc tăng nhiệt độ và gia công tạo hình trong thời gian 1 giây đến 120 giây là để tránh sự hóa hơi của kẽm và tương tự trong trường hợp nếu lớp mạ kẽm nhúng nóng và tương tự được tạo ra trên bề mặt của tấm thép. Lý do để thiết lập nhiệt độ làm nguội nằm trong khoảng từ 20°C (nhiệt độ phòng) đến 300°C là để đảm bảo có đủ mactensit để đảm bảo độ bền sau khi dập nóng.

Theo những gì được bộc lộ trên đây, khi các điều kiện nêu trên được thỏa mãn, có thể tạo ra tấm thép dập nóng, trong đó sự phân bố độ cứng hoặc cấu trúc gần như được duy trì ngay cả sau khi dập nóng và do đó độ bền được đảm bảo và sự nong rộng lỗ tốt hơn có thể thu được.

Fig.8 minh họa sơ đồ khối (các bước từ S1 đến S14) về ví dụ của phương pháp sản xuất nêu trên.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Thép có thành phần nêu ở Bảng 1 được đúc một cách liên tục với tốc độ đúc nằm trong khoảng từ 1,0 m/phút đến 2,5 m/phút, sau đó, phôi tấm được gia nhiệt trong lò gia nhiệt dưới điều kiện nêu ở Bảng 2 bằng phương pháp thông

thường như đúc hoặc sau khi làm nguội thép một lần và thực hiện cán nóng ở nhiệt độ cuối nằm trong khoảng từ 910°C đến 930°C, nhờ đó tạo ra tấm thép cán nóng. Sau đó, tấm thép cán nóng được cuộn lại ở nhiệt độ cuộn CT được nêu ở Bảng 2. Sau đó, các gỉ trên bề mặt của tấm thép được loại bỏ bằng cách thực hiện bước tẩy gỉ và độ dày tấm được thiết lập nằm trong khoảng từ 1,2 mm đến 1,4 mm thông qua cán nguội. Lúc này, việc cán nguội được thực hiện để giá trị của biểu thức e thành giá trị được nêu ở Bảng 2. Sau khi cán nguội, thực hiện ủ trong lò ủ liên tục tại nhiệt độ ủ được nêu ở các Bảng 3 và 4. Trên phần của tấm thép, lớp mạ kẽm nhúng nóng được tạo ra ở giữa bước làm nguội sau khi giữ trong lò ủ liên tục và sau đó tiếp tục thực hiện việc hợp kim hóa trên phần này của nó, nhờ đó thực hiện việc tráng kẽm. Ngoài ra, việc mạ kẽm điện phân hoặc mạ nhôm cũng được thực hiện trên phần này của tấm thép. Bước cán-tôi được thực hiện với tỷ lệ giãn dài bằng 1% bằng phương pháp thông thường. Ở trạng thái này, mẫu được lấy để đánh giá chất lượng vật liệu và tương tự của tấm thép cán nguội dùng để dập nóng và thử nghiệm chất lượng vật liệu hoặc tương tự được thực hiện. Sau đó, để thu được tấm thép dập nóng có dạng như được minh họa trên Fig.7, việc dập nóng, trong đó nhiệt độ được tăng với tốc độ tăng nhiệt độ bằng 10°C/giây, tấm thép được giữ tại nhiệt độ gia tăng bằng 850°C trong 10 giây và thực hiện việc làm nguội đến nhiệt độ bằng 200°C hoặc nhỏ hơn với tốc độ làm nguội bằng 100°C/giây. Mẫu được cắt ra từ vị trí trên Fig.7 trong sản phẩm dập thu được, việc thử nghiệm chất lượng vật liệu và việc quan sát cấu trúc được thực hiện và các tỷ lệ của các cấu trúc riêng rẽ, mật độ số của MnS, độ cứng, độ bền kéo (TS), độ giãn dài (El), tỷ số nong rộng lỗ (λ) và tương tự thu được. Các kết quả được nêu ở các Bảng từ 3 đến 8. Các tỷ số nong rộng lỗ λ ở các Bảng từ 3 đến 6 thu được theo biểu thức i dưới đây:

$$\lambda\ (\%) = \{(d' - d)/d\} \times 100 \qquad (i)$$

d': đường kính lỗ khi vết nứt xuyên qua chiều dày tấm

d: đường kính lỗ ban đầu.

Đối với các phương pháp mạ ở các Bảng 5 và 6, CR thể hiện tấm thép cán nguội không được mạ, GI thể hiện sự tạo ra lớp mạ kẽm nhúng nóng, GA

thể hiện sự tạo ra lớp tráng kẽm, EG thể hiện sự tạo ra lớp mạ kẽm điện phân và Al thể hiện sự tạo ra lớp mạ nhôm.

Lượng "0" ở Bảng 1 thể hiện rằng lượng bằng hoặc nhỏ hơn giới hạn dưới đo được.

Các sự xác định G và B ở Bảng 2, Bảng 7 và Bảng 8 được xác định như sau.

G: biểu thức điều kiện đích được thỏa mãn.

B: biểu thức điều kiện đích không được thỏa mãn.

Bảng 1-1

(% trọng lượng)

Ký hiệu tấm thép	C	Si	Mn	P	S	N	Al	Cr	Mo	V	Ti	Nb	Ni	Cu	Ca	B	REM	Biểu thức a	Ghi chú
A	0,151	0,145	2,01	0,003	0,008	0,0035	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	Các thành phần của sáng chế
B	0,158	0,231	1,61	0,023	0,006	0,0064	0,021	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	18	Các thành phần của sáng chế
C	0,167	0,950	2,12	0,008	0,009	0,0034	0,042	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	Các thành phần của sáng chế
D	0,178	0,342	1,62	0,007	0,007	0,0035	0,042	0,42	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	19	Các thành phần của sáng chế
E	0,186	0,251	1,89	0,008	0,008	0,0045	0,034	0,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	Các thành phần của sáng chế
F	0,191	0,256	1,71	0,006	0,009	0,0087	0,041	0	0	0	0	0	0	0,4	0,004	0	0	16	Các thành phần của sáng chế
G	0,197	0,321	1,51	0,012	0,008	0,0041	0,038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	Các thành phần của sáng chế
H	0,206	0,456	1,52	0,051	0,001	0,0035	0,032	0,32	0,05	0	0	0	0	0	0,003	0	0	19	Các thành phần của sáng chế
I	0,214	0,512	2,05	0,008	0,002	0,0035	0,041	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	22	Các thành phần của sáng chế
J	0,216	0,785	1,62	0,007	0,009	0,0014	0,045	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0,0008	0	26	Các thành phần của sáng chế
K	0,222	0,412	1,74	0,006	0,008	0,0026	0,034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	Các thành phần của sáng chế
L	0,227	0,624	2,11	0,012	0,006	0,0015	0,012	0	0,21	0	0,05	0	0	0	0	0	0	24	Các thành phần của sáng chế
M	0,231	0,325	1,58	0,011	0,005	0,0032	0,025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	Các thành phần của sáng chế
N	0,236	0,265	2,61	0,009	0,008	0,0035	0,041	0	0,31	0	0	0	0	0	0	0,0012	0	17	Các thành phần của sáng chế
O	0,241	0,955	1,74	0,007	0,007	0,0041	0,037	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	28	Các thành phần của sáng chế
P	0,245	0,210	2,45	0,005	0,008	0,0022	0,012	0,42	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	15	Các thành phần của sáng chế
Q	0,251	0,325	1,84	0,011	0,003	0,0041	0,035	0	0,11	0	0	0,03	0	0	0	0,0010	0	14	Các thành phần của sáng chế
R	0,256	0,120	2,06	0,008	0,004	0,0047	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	Các thành phần của sáng chế
S	0,264	0,562	1,86	0,013	0,007	0,0034	0,015	0	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	18	Các thành phần của sáng chế
T	0,271	0,150	2,01	0,018	0,003	0,0031	0,021	0	0,21	0	0,03	0	0	0	0	0	0	10	Các thành phần của sáng chế
U	0,278	0,115	2,41	0,011	0,003	0,0060	0,031	0	0,31	0	0	0	0	0	0	0,0008	0	11	Các thành phần của sáng chế
W	0,281	0,562	2,03	0,012	0,007	0,0012	0,036	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	17	Các thành phần của sáng chế
X	0,289	0,921	1,54	0,013	0,003	0,0087	0,026	0,15	0,11	0	0,05	0	0	0	0	0,0014	0,0005	22	Các thành phần của sáng chế
Y	0,293	0,150	2,44	0,009	0,007	0,0074	0,034	0,32	0	0	0	0	0	0	0	0,0015	0	11	Các thành phần của sáng chế
Z	0,298	0,352	2,00	0,008	0,004	0,0069	0,035	0	0,15	0,05	0	0	0	0	0	0	0	13	Các thành phần của sáng chế

Bảng 1-2

(% trọng lượng)

Ký hiệu tấm thép	C	Si	Mn	P	S	N	Al	Cr	Mo	V	Ti	Nb	Ni	Cu	Ca	B	REM	Biểu thức a	Ghi chú
AA	0,175	0,210	1,85	0,010	0,005	0,0025	0,025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	Các thành phần của sáng chế
AB	0,185	0,210	1,84	0,011	0,005	0,0032	0,032	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0008	0	16	Các thành phần của sáng chế
AC	0,192	0,150	1,95	0,008	0,003	0,0035	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0011	0	14	Các thành phần của sáng chế
AD	0,175	0,325	1,95	0,008	0,004	0,0034	0,031	0	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	20	Các thành phần của sáng chế
AE	0,187	0,256	1,99	0,008	0,002	0,0030	0,031	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0,0015	0	17	Các thành phần của sáng chế
AF	0,192	0,263	1,85	0,008	0,002	0,0030	0,031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	Các thành phần của sáng chế
AG	0,154	0,526	1,85	0,007	0,003	0,0034	0,030	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	Các thành phần của sáng chế
AH	0,120	0,320	1,65	0,007	0,003	0,0035	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0006	27	Các thành phần so sánh
AI	0,321	0,489	2,04	0,003	0,006	0,0009	0,041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	Các thành phần so sánh
AJ	0,174	0,005	2,22	0,007	0,009	0,0035	0,035	0	0,15	0	0	0	0	0	0	0,0012	0	13	Các thành phần so sánh
AK	0,189	1,151	1,50	0,008	0,005	0,0034	0,026	0,280	0,32	0	0	0	0	0	0	0,0015	0	38	Các thành phần so sánh
AL	0,210	0,660	1,21	0,009	0,003	0,0032	0,029	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000	0	21	Các thành phần so sánh
AM	0,254	0,050	2,91	0,007	0,004	0,0034	0,036	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	Các thành phần so sánh
AN	0,263	0,321	2,05	0,091	0,003	0,0021	0,034	0,256	0,15	0	0	0,03	0	0	0	0	0	14	Các thành phần so sánh
AO	0,275	0,154	2,50	0,002	0,025	0,0059	0,034	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0	12	Các thành phần so sánh
AP	0,245	0,256	1,52	0,011	0,009	0,0145	0,026	0	0	0	0	0,02	0	0	0,003	0	0	11	Các thành phần so sánh
AQ	0,174	0,012	2,25	0,006	0,004	0,0058	0,003	0	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	13	Các thành phần so sánh
AR	0,281	0,150	2,35	0,005	0,003	0,0035	0,074	0	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0	11	Các thành phần so sánh
AS	0,291	0,020	1,54	0,007	0,003	0,0032	0,031	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0	6	Các thành phần so sánh
AT	0,294	0,315	1,95	0,005	0,003	0,0020	0,025	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	12	Các thành phần của sáng chế
AU	0,274	0,220	1,84	0,005	0,003	0,0020	0,025	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	11	Các thành phần của sáng chế
AV	0,277	0,201	1,61	0,018	0,003	0,0031	0,031	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	9	Các thành phần so sánh

Bảng 2

Số thử nghiệm	Nhiệt độ lò gia nhiệt (°C)	Thời gian trong lò gia nhiệt (phút)	Vế phải của Biểu thức (g)	Sự xác định	Vế trái của Biểu thức (e)	Sự xác định	Vế trái của Biểu thức (f)	CT (°C)	Vế phải của Biểu thức (f)	Sự xác định
1	1200	121	1616	G	1,4	G	308	550	608	G
2	1111	39	1371	B	1,2	G	340	615	642	G
3	1285	205	1502	G	1,1	G	288	555	586	G
4	1156	124	1800	G	1,4	G	318	495	595	G
5	1222	136	1733	G	1,4	G	298	574	595	G
6	1232	127	1887	G	1,2	G	316	631	625	B
7	1256	111	2048	G	1,3	G	331	623	641	G
8	1256	106	1921	G	1,2	G	318	601	611	G
9	1250	205	1665	G	1,6	G	278	554	590	G
10	1206	87	1522	G	1,4	G	313	440	626	G
11	1214	152	1810	G	1,1	G	301	627	615	B
12	1233	182	1524	G	1,2	G	261	550	563	G
13	1198	132	1943	G	1,3	G	310	457	627	G
14	1287	252	1513	G	1,2	G	209	389	508	G
15	1105	201	1498	B	1,5	G	287	541	590	G
16	1285	222	1587	G	1,7	G	217	487	515	G
17	1156	135	1642	G	1,9	G	276	501	589	G
18	1200	185	1730	G	1,6	G	256	244	577	B
19	1232	122	1589	G	1,3	G	269	520	584	G
20	1256	152	1769	G	1,1	G	250	512	561	G
21	1256	155	1506	G	1,2	G	209	489	515	G
22	1250	145	1550	G	1,3	G	246	501	572	G
23	1150	138	1600	G	1,2	G	283	253	596	B
24	1260	182	1526	G	1,4	G	197	485	510	G
25	1146	114	1447	B	1,5	G	236	504	558	G
26	1200	132	1746	G	0,7	B	311	602	616	G
27	1194	71	1525	G	0,8	B	307	514	614	G
28	1163	96	1532	G	0,6	B	293	506	603	G
29	1200	145	1641	G	0,8	B	299	451	595	G
30	1155	152	1595	G	0,9	B	292	554	600	G
31	1187	75	1504	G	0,7	B	302	521	612	G
32	1215	152	1663	G	0,8	B	321	555	622	G
33	1241	132	1939	G	1,2	G	355	511	649	G
34	1250	178	1637	G	1,1	G	224	545	560	G
35	1205	111	1502	G	1,2	G	275	520	571	G
36	1156	127	1513	G	1,2	G	323	510	599	G
37	1109	45	1554	G	1,2	G	352	602	664	G
38	1295	336	1508	G	1,3	G	178	485	500	G
39	1212	124	1535	G	1,2	G	243	540	544	G
40	1297	164	1504	G	1,3	G	202	501	521	G
41	1312	132	2256	G	1,1	G	307	582	627	G
42	1241	162	1645	G	1,1	G	271	389	565	G
43	1254	222	1634	G	1,5	G	211	471	525	G
45	1278	205	2579	G	1,4	G	283	600	613	G
46	1199	210	1766	G	1,3	G	245	502	575	G
47	1185	202	1879	G	1,6	G	265	552	590	G
48	1194	202	2157	G	1,6	G	284	502	610	G

Bảng 3

Ký hiệu tấm thép	Số thử nghiệm	Điều kiện ủ	Sau khi ủ và cán-tôi và trước khi dập nóng (tấm thép cán nguội dùng cho việc dập nóng)											Tỷ lệ peclit trước khi cán nguội (%)
		Nhiệt độ ủ (°C)	TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	TS×EL (MPa·%)	TS×λ (MPa·%)	Tỷ lệ ferit (%)	Tỷ lệ mactensit (%)	Tỷ lệ ferit+ mactensit (%)	Tỷ lệ austenit dư (%)	Tỷ lệ bainit (%)	Tỷ lệ peclit (%)	
A	1	774	584	32,5	111	18980	64824	88	11	99	1	0	0	31
B	2	778	578	28,5	100	16473	57800	74	15	89	3	4	4	25
C	3	784	524	30,5	99	15982	51876	75	12	87	4	5	4	32
D	4	825	562	33,2	95	18658	53390	77	12	89	3	8	0	24
E	5	815	591	29,9	90	17612	53190	70	15	85	4	11	0	51
F	6	780	622	27,4	81	17043	50382	58	10	68	3	20	9	62
G	7	841	603	31,2	83	18814	50049	74	12	86	2	6	6	48
H	8	784	612	30,5	85	18666	52020	70	15	85	3	8	4	35
I	9	778	614	28,1	82	17253	50348	75	12	87	4	5	4	71
J	10	825	665	30,5	76	20283	50540	76	12	88	3	7	2	25
K	11	841	709	23,1	71	16378	50339	61	10	71	4	17	8	35
L	12	815	705	25,6	72	18048	50760	79	12	91	2	5	2	15
M	13	805	712	24,2	80	17230	56960	66	26	92	3	5	0	10
N	14	789	755	28,6	81	21593	61155	50	34	84	2	5	9	42
O	15	785	762	29,8	74	22708	56388	72	19	91	3	6	0	9
P	16	785	748	25,5	68	19074	50864	59	28	87	3	1	9	25
Q	17	841	780	20,1	71	15678	55380	78	18	96	0	4	0	31
R	18	845	783	20,1	65	15738	50895	41	44	85	4	5	6	51
S	19	789	805	20,4	74	16422	59570	42	38	80	4	10	6	46
T	20	785	789	22,2	71	17516	56019	44	40	84	3	12	1	18
U	21	805	845	20,2	62	17069	52390	41	38	79	5	12	4	22
W	22	778	922	17,4	61	16043	56242	41	39	80	4	12	4	15
X	23	804	988	15,5	51	15314	50388	42	46	88	2	4	6	45
Y	24	820	1012	17,4	51	17609	51612	45	37	82	2	16	0	42
Z	25	836	1252	13,5	45	16902	56340	41	48	89	2	9	0	10

Bảng 4

Ký hiệu tấm thép	Số thử nghiệm	Điều kiện ủ	Sau khi ủ và cán-tôi và trước khi dập nóng (tấm thép cán nguội dùng cho việc dập nóng)											Tỷ lệ peclit trước khi cán nguội (%)
		Nhiệt độ ủ (℃)	TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	TS×EL (MPa·%)	TS×λ (MPa·%)	Tỷ lệ ferit (%)	Tỷ lệ mactensit (%)	Tỷ lệ ferit+ mactensit (%)	Tỷ lệ austenit dư (%)	Tỷ lệ bainit (%)	Tỷ lệ peclit (%)	
AA	26	804	577	27,2	77	15694	44429	59	10	69	2	12	17	35
AB	27	775	601	26,8	69	16107	41469	64	15	79	0	6	15	32
AC	28	754	513	28,9	74	14826	37962	62	12	74	2	5	19	25
AD	29	778	588	23,1	72	13583	42336	36	15	51	1	45	3	5
AE	30	780	595	27,9	69	16601	41055	73	10	83	2	3	12	66
AF	31	805	616	28,5	64	17556	39424	70	9	79	2	10	9	22
AG	32	812	632	28,6	52	18075	32864	58	20	78	2	9	11	25
AH	33	768	326	41,9	112	13659	36512	95	0	95	3	2	0	2
AI	34	781	1512	8,9	25	13457	37800	5	90	95	4	1	0	3
AJ	35	805	635	22,5	72	14288	45720	74	22	96	2	2	0	42
AK	36	789	625	31,2	55	19500	34375	75	22	97	2	1	0	15
AL	37	784	705	26,0	48	18330	33840	42	25	67	1	25	7	2
AM	38	841	795	15,6	36	12402	28620	30	52	82	3	10	5	14
AN	39	845	784	19,1	42	14974	32928	51	37	88	3	9	0	16
AO	40	826	602	30,5	35	18361	21070	68	21	89	4	7	0	22
AP	41	807	586	27,4	66	16056	38676	69	21	90	4	6	0	32
AQ	42	845	1254	7,5	25	9405	31350	11	68	79	4	11	6	22
AR	43	775	1480	9,6	26	14208	38480	12	69	81	3	16	0	5
AS	45	845	1152	12,0	42	13824	48384	41	35	76	0	23	1	5
AT	46	684	852	16,0	52	13632	44304	80	0	80	1	2	17	5
AU	47	912	1355	6,0	33	8130	44715	5	50	55	1	40	4	5
AV	48	805	1355	6,0	33	8130	44715	41	48	89	1	10	0	5

Bảng 5

Ký hiệu tấm thép	Điều kiện dập nóng	Sau khi dập nóng (tấm thép dập nóng)											Phương pháp mạ*)	Ghi chú
	Nhiệt độ xử lý nhiệt (°C)	TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	TS×EL (MPa·%)	TS×λ (MPa·%)	Tỷ lệ ferit (%)	Tỷ lệ mactensit (%)	Tỷ lệ ferit+ mactensit (%)	Tỷ lệ austenit dư (%)	Tỷ lệ bainit (%)	Tỷ lệ peclit (%)		
1	871	1512	8,5	41	12852	61992	10	82	92	1	7	0	CR	Ví dụ theo sáng chế
2	861	1514	7,6	38	11506	57532	12	84	96	0	4	0	GA	Ví dụ theo sáng chế
3	825	1612	8,1	37	13057	59644	8	81	89	1	5	5	GI	Ví dụ theo sáng chế
4	816	1658	7,4	40	12269	66320	11	86	97	3	0	0	EG	Ví dụ theo sáng chế
5	901	1689	8,4	36	14188	60804	9	84	93	1	0	6	AI	Ví dụ theo sáng chế
6	778	1745	8,2	37	14309	64565	10	82	92	3	5	0	CR	Ví dụ theo sáng chế
7	885	1784	7,6	38	13558	67792	5	81	86	0	6	8	CR	Ví dụ theo sáng chế
8	925	1795	9,2	40	16514	71800	0	89	89	3	8	0	GA	Ví dụ theo sáng chế
9	955	1812	8,6	35	15583	63420	0	94	94	0	6	0	GA	Ví dụ theo sáng chế
10	875	1815	9,1	34	16517	61710	0	100	100	0	0	0	GA	Ví dụ theo sáng chế
11	851	1823	8,4	31	15313	56513	0	100	100	0	0	0	GA	Ví dụ theo sáng chế
12	864	1855	8,2	36	15211	66780	0	97	97	2	0	1	GI	Ví dụ theo sáng chế
13	865	1894	7,6	37	14394	70078	0	100	100	0	0	0	GA	Ví dụ theo sáng chế
14	897	1912	9,2	35	17590	66920	5	90	95	0	5	0	GA	Ví dụ theo sáng chế
15	880	1894	8,6	36	16288	68184	0	100	100	0	0	0	GI	Ví dụ theo sáng chế
16	888	1912	8,4	37	16061	70744	0	94	94	0	6	0	GA	Ví dụ theo sáng chế
17	955	1925	8,2	38	15785	73150	3	92	95	3	2	0	GA	Ví dụ theo sáng chế
18	856	1945	7,6	40	14782	77800	0	100	100	0	0	0	CR	Ví dụ theo sáng chế
19	841	1962	9,2	35	18050	68670	0	94	94	0	0	6	GA	Ví dụ theo sáng chế
20	874	2012	8,6	34	17303	68408	0	100	100	0	0	0	GI	Ví dụ theo sáng chế
21	884	2015	9,1	31	18337	62465	4	95	99	0	0	1	EG	Ví dụ theo sáng chế
22	908	2025	7,8	36	15795	72900	0	100	100	0	0	0	GA	Ví dụ theo sáng chế
23	925	2035	8,6	37	17501	75295	10	90	100	0	0	0	AI	Ví dụ theo sáng chế
24	901	2145	8,7	35	18662	75075	0	87	87	1	10	2	GA	Ví dụ theo sáng chế
25	865	2215	8,2	40	18163	88600	0	100	100	0	0	0	CR	Ví dụ theo sáng chế

Bảng 6

Ký hiệu tấm thép	Điều kiện dập nóng	Sau khi dập nóng (tấm thép dập nóng)											Phương pháp mạ*)	Ghi chú
	Nhiệt độ xử lý nhiệt (°C)	TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	TS×EL (MPa·%)	TS×λ (MPa·%)	Tỷ lệ ferit (%)	Tỷ lệ mactensit (%)	Tỷ lệ ferit+ mactensit (%)	Tỷ lệ austenit dư (%)	Tỷ lệ bainit (%)	Tỷ lệ peclit (%)		
26	849	1754	20,1	26	35255	45604	8	77	85	0	5	10	GA	Ví dụ so sánh
27	878	1792	16,1	26	28851	46592	5	74	79	0	12	9	CR	Ví dụ so sánh
28	865	1817	15,4	26	27982	47242	3	81	84	0	3	13	GA	Ví dụ so sánh
29	825	1823	16,5	27	30080	49221	8	76	84	3	11	2	EG	Ví dụ so sánh
30	869	1988	14,9	25	29621	49700	6	78	84	0	7	9	GI	Ví dụ so sánh
31	848	1965	13,6	25	26724	49125	8	77	85	0	11	4	Al	Ví dụ so sánh
32	876	1512	18,5	25	27972	37800	7	74	81	4	7	8	CR	Ví dụ so sánh
33	835	1524	42,5	24	64770	36576	32	52	84	10	2	4	GA	Ví dụ so sánh
34	895	2012	8,5	21	17102	42252	30	62	92	4	1	3	GA	Ví dụ so sánh
35	888	1812	18,5	26	33522	47112	5	85	90	2	5	3	GA	Ví dụ so sánh
36	846	1842	17,2	20	31682	36840	0	95	95	2	3	0	GA	Ví dụ so sánh
37	805	1785	16,5	25	29453	44625	7	78	85	3	10	2	GI	Ví dụ so sánh
38	863	1812	15,0	26	27180	47112	3	92	95	3	2	0	GI	Ví dụ so sánh
39	878	1845	18,2	24	33579	44280	0	100	100	0	0	0	GI	Ví dụ so sánh
40	899	2012	17,0	21	34204	42252	0	95	95	0	0	5	GI	Ví dụ so sánh
41	905	1744	31,0	22	54064	38368	0	100	100	0	0	0	EG	Ví dụ so sánh
42	923	2012	11,1	21	22333	42252	11	68	79	4	11	6	Al	Ví dụ so sánh
43	907	2022	10,2	21	20624	42462	12	69	81	3	16	0	GA	Ví dụ so sánh
45	845	2014	10,0	20	20140	40280	4	78	82	3	13	2	GA	Ví dụ so sánh
46	879	2033	19,0	21	26429	42693	4	72	76	0	22	2	GA	Ví dụ so sánh
47	886	2122	9,0	20	19098	42440	19	55	74	3	14	9	GA	Ví dụ so sánh
48	914	2066	11,0	24	22726	49584	7	86	93	0	5	2	GA	Ví dụ so sánh

Bảng 7

Ký hiệu tấm thép	Số thử nghiệm	Tấm thép cán nguội dùng cho việc dập nóng		Tấm thép dập nóng		Tấm thép cán nguội dùng cho việc dập nóng		Tấm thép dập nóng		Tấm thép cán nguội dùng cho việc dập nóng	Tấm thép dập nóng	Tấm thép cán nguội dùng cho việc dập nóng				Tấm thép dập nóng			
		Vế trái của Biểu thức (b)	Sự xác định	Vế trái của Biểu thức (b)	Sự xác định	Vế trái của Biểu thức (c)	Sự xác định	Vế trái của Biểu thức (c)	Sự xác định	Tỉ lệ diện tích của MnS bằng 0,1 µm hoặc lớn hơn (%)	Tỉ lệ diện tích của MnS bằng 0,1 µm hoặc lớn hơn (%)	n1	n2	Vế trái của Biểu thức (d)	Sự xác định	n1	n2	Vế trái của Biểu thức (d)	Sự xác định
A	1	1,02	G	1,02	G	15	G	16	G	0,005	0,005	10	12	1,2	G	9	12	1,3	G
B	2	1,03	G	1,03	G	18	G	17	G	0,011	0,011	7	12	1,7	B	8	12	1,5	B
C	3	1,04	G	1,04	G	12	G	10	G	0,005	0,007	5	7	1,4	G	5	6	1,2	G
D	4	1,01	G	1,01	G	14	G	18	G	0,006	0,006	9	11	1,2	G	9	10	1,1	G
E	5	1,06	G	1,06	G	11	G	14	G	0,007	0,008	17	18	1,1	G	18	19	1,1	G
F	6	1,06	G	1,06	G	10	G	10	G	0,008	0,003	14	16	1,1	G	12	15	1,3	G
G	7	1,06	G	1,06	G	11	G	10	G	0,004	0,008	7	10	1,4	G	7	10	1,4	G
H	8	1,03	G	1,03	G	16	G	17	G	0,008	0,005	9	10	1,1	G	9	10	1,1	G
I	9	1,07	G	1,07	G	18	G	16	G	0,006	0,006	19	20	1,1	G	20	21	1,1	G
J	10	1,08	G	1,08	G	10	G	11	G	0,007	0,007	26	29	1,1	G	25	26	1,0	G
K	11	1,09	G	1,09	G	6	G	6	G	0,006	0,006	7	8	1,1	G	7	8	1,1	G
L	12	1,08	G	1,08	G	6	G	8	G	0,008	0,008	5	6	1,2	G	5	6	1,2	G
M	13	1,06	G	1,06	G	8	G	7	G	0,009	0,008	12	15	1,3	G	11	15	1,4	G
N	14	1,07	G	1,07	G	13	G	14	G	0,003	0,003	6	8	1,3	G	6	8	1,3	G
O	15	1,06	G	1,06	G	3	G	5	G	0,011	0,011	2	3	1,5	B	2	3	1,5	B
P	16	1,08	G	1,08	G	18	G	17	G	0,007	0,005	4	5	1,3	G	4	5	1,3	G
Q	17	1,06	G	1,06	G	14	G	13	G	0,006	0,006	7	9	1,3	G	7	9	1,3	G
R	18	1,04	G	1,04	G	13	G	13	G	0,008	0,007	16	18	1,1	G	15	18	1,2	G
S	19	1,02	G	1,02	G	9	G	8	G	0,003	0,008	10	12	1,2	G	10	12	1,2	G
T	20	1,03	G	1,03	G	8	G	8	G	0,008	0,004	6	7	1,2	G	6	7	1,2	G
U	21	1,03	G	1,03	G	8	G	6	G	0,005	0,008	8	10	1,3	G	7	9	1,3	G
W	22	1,05	G	1,05	G	11	G	10	G	0,006	0,006	16	20	1,3	G	15	20	1,3	G
X	23	1,07	G	1,07	G	16	G	16	G	0,007	0,007	23	26	1,1	G	22	25	1,1	G
Y	24	1,06	G	1,06	G	16	G	17	G	0,006	0,005	22	28	1,3	G	20	28	1,4	G
Z	25	1,04	G	1,04	G	15	G	17	G	0,012	0,012	20	31	1,6	B	22	32	1,5	B

Bảng 8

Ký hiệu tấm thép	Số thử nghiệm	Tấm thép cán nguội dùng cho việc dập nóng		Tấm thép dập nóng		Tấm thép cán nguội dùng cho việc dập nóng		Tấm thép dập nóng		Tấm thép cán nguội dùng cho việc dập nóng	Tấm thép dập nóng	Tấm thép cán nguội dùng cho việc dập nóng				Tấm thép dập nóng			
		Vế trái của Biểu thức (b)	Sự xác định	Vế trái của Biểu thức (b)	Sự xác định	Vế trái của Biểu thức (c)	Sự xác định	Vế trái của Biểu thức (c)	Sự xác định	Tỉ lệ diện tích của MnS bằng 0,1 µm hoặc lớn hơn (%)	Tỉ lệ diện tích của MnS bằng 0,1 µm hoặc lớn hơn (%)	n1	n2	Vế trái của Biểu thức (d)	Sự xác định	n1	n2	Vế trái của Biểu thức (d)	Sự xác định
AA	26	1,18	B	1,18	B	22	B	23	B	0,009	0,009	13	15	1,2	G	12	15	1,3	G
AB	27	1,15	B	1,15	B	21	B	19	G	0,008	0,008	7	10	1,4	G	8	11	1,4	G
AC	28	1,2	B	1,19	B	24	B	22	B	0,006	0,006	14	19	1,4	G	13	18	1,4	G
AD	29	1,14	B	1,13	B	22	B	25	B	0,007	0,007	6	7	1,2	G	6	7	1,2	G
AE	30	1,11	B	1,12	B	20	B	18	G	0,009	0,009	12	15	1,3	G	12	15	1,3	G
AF	31	1,12	B	1,14	B	22	B	21	B	0,002	0,002	18	23	1,3	G	17	22	1,3	G
AG	32	1,13	B	1,13	B	23	B	22	B	0,003	0,003	6	7	1,2	G	6	7	1,2	G
AH	33	1,16	B	1,16	B	21	B	21	B	0,004	0,004	4	5	1,3	G	4	5	1,3	G
AI	34	1,23	B	1,18	B	25	B	25	B	0,006	0,006	12	14	1,2	G	12	13	1,1	G
AJ	35	1,21	B	1,21	B	24	B	24	B	0,007	0,007	15	17	1,1	G	15	17	1,1	G
AK	36	1,16	B	1,15	B	21	B	21	B	0,006	0,007	11	12	1,1	G	11	12	1,1	G
AL	37	1,35	B	1,37	B	31	B	30	B	0,006	0,006	12	17	1,4	G	12	17	1,4	G
AM	38	1,32	B	1,32	B	30	B	31	B	0,006	0,006	15	21	1,4	G	16	21	1,3	G
AN	39	1,23	B	1,25	B	25	B	28	B	0,008	0,008	10	12	1,2	G	10	11	1,1	G
AO	40	1,34	B	1,33	B	30	B	32	B	0,004	0,004	8	11	1,4	G	8	11	1,4	G
AP	41	1,05	G	1,04	G	12	G	11	G	0,002	0,006	6	8	1,3	G	6	8	1,3	G
AQ	42	1,04	G	1,05	G	18	G	15	G	0,003	0,003	12	15	1,3	G	12	15	1,3	G
AR	43	1,13	B	1,14	B	26	B	26	B	0,002	0,002	23	26	1,1	G	23	25	1,1	G
AS	45	1,11	B	1,15	B	26	B	25	B	0,007	0,007	16	18	1,1	G	15	18	1,2	G
AT	46	1,25	B	1,27	B	26	B	27	B	0,004	0,005	17	19	1,1	G	16	17	1,1	G
AU	47	1,05	G	1,06	G	17	G	16	G	0,003	0,003	18	20	1,1	G	16	18	1,1	G
AV	48	1,12	B	1,13	B	21	B	23	B	0,005	0,005	18	19	1,1	G	17	18	1,1	G

Như được thấy từ các Bảng từ 1 đến 8, khi các điều kiện của sáng chế được thỏa mãn, có thể thu được tấm thép dập nóng, trong đó tấm thép cán nguội có độ bền cao thỏa mãn $TS \times \lambda \geq 50000$ MPa·% được sử dụng.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Theo sáng chế, do thiết lập được mối tương quan thích hợp giữa hàm lượng C, hàm lượng Mn và hàm lượng Si và độ cứng thích hợp được đo bằng thiết bị đo độ cứng hệ nano được tạo ra đối với mactensit, nên có thể tạo ra tấm thép dập nóng mà đảm bảo độ bền bằng 1,5 GPa hoặc lớn hơn và có sự nong rộng lỗ tốt hơn.

Danh mục các ký hiệu chỉ dẫn

S1: quá trình làm nóng chảy

S2: quá trình đúc

S3: quá trình gia nhiệt

S4: quá trình cán nóng

S5: quá trình cuộn

S6: quá trình tẩy gỉ

S7: quá trình cán nguội

S8: quá trình ủ

S9: quá trình cán-tôi

S10: quá trình dập nóng

S11: quá trình mạ kẽm

S12: quá trình hợp kim hóa

S13: quá trình mạ nhôm

S14: quá trình mạ kẽm điện phân

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép dập nóng chứa các nguyên tố sau (tính theo % trọng lượng):

C: lớn hơn 0,150% đến 0,300%;

Si: 0,010% đến 1,000%;

Mn: 1,50% đến 2,70%;

P: 0,001% đến 0,060%;

S: 0,001% đến 0,010%;

N: 0,0005% đến 0,0100%; và

Al: 0,010% đến 0,050%; và

tuỳ ý một hoặc nhiều nguyên tố trong số:

B: 0,0005% đến 0,0020%;

Mo: 0,01% đến 0,50%;

Cr: 0,01% đến 0,50%;

V: 0,001% đến 0,100%;

Ti: 0,001% đến 0,100%;

Nb: 0,001% đến 0,050%;

Ni: 0,01% đến 1,00%;

Cu: 0,01% đến 1,00%;

Ca: 0,0005% đến 0,0050%; và

REM (kim loại đất hiếm): 0,0005% đến 0,0050%; và

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

trong đó khi [C] thể hiện hàm lượng C tính theo % trọng lượng, [Si] thể hiện hàm lượng Si tính theo % trọng lượng và [Mn] thể hiện hàm lượng Mn tính theo % trọng lượng, biểu thức (a) dưới đây được thỏa mãn,

cấu trúc kim tương chứa mactensit với lượng bằng 80% hoặc lớn hơn tính theo tỷ lệ diện tích,

và tuỳ ý, còn chứa một hoặc nhiều hợp chất trong số: peclit với lượng bằng 10% hoặc nhỏ hơn tính theo tỷ lệ diện tích, austenit dư với lượng bằng 5% hoặc nhỏ hơn tính theo tỷ lệ thể tích, ferit với lượng bằng 20% hoặc nhỏ hơn theo tỷ lệ diện tích và bainit với lượng nhỏ hơn 20% tính theo tỷ lệ diện tích,

TS×λ là tích số của độ bền kéo TS và tỷ số nong rộng lỗ λ bằng 50000MPa·% hoặc lớn hơn, và

độ cứng của mactensit được đo bằng thiết bị đo độ cứng hệ nano thỏa mãn biểu thức (b) và biểu thức (c) dưới đây,

$(5\times[Si]+[Mn])/[C]>10$ (a)

$H2/H1<1,10$ (b)

$\sigma HM<20$ (c)

trong đó H1 thể hiện độ cứng trung bình của mactensit trong phần bề mặt, H2 thể hiện độ cứng trung bình của mactensit trong phần giữa của chiều dày tấm, mà là vùng có chiều rộng bằng ±100 μm theo hướng chiều dày tính từ tâm của chiều dày tấm và σHM thể hiện phương sai của độ cứng của mactensit hiện có ở phần giữa của chiều dày tấm.

2. Tấm thép dập nóng theo điểm 1,

trong đó tỷ lệ diện tích của MnS, mà hiện có trong cấu trúc kim tương và có đường kính vòng tròn tương đương nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 10 μm, bằng 0,01% hoặc nhỏ hơn, và

biểu thức (d) dưới đây được thỏa mãn:

$n2/n1<1,5$ (d)

trong đó n1 thể hiện mật độ trung bình trên 10000 μm^2 của MnS trong phần 1/4 chiều dày tấm và n2 thể hiện mật độ trung bình trên 10000 μm^2 của MnS ở phần giữa của chiều dày tấm.

3. Tấm thép dập nóng theo điểm 1 hoặc 2,

trong đó lớp mạ kẽm nhúng nóng được tạo ra trên bề mặt tấm thép này.

4. Tấm thép dập nóng theo điểm 3,

trong đó lớp mạ kẽm nhúng nóng bao gồm lớp tráng kẽm.

5. Tấm thép dập nóng theo điểm 1 hoặc 2,

trong đó lớp mạ kẽm điện phân được tạo ra trên bề mặt tấm thép này.

6. Tấm thép dập nóng theo điểm 1 hoặc 2,

trong đó lớp mạ nhôm được tạo ra trên bề mặt tấm thép này.

7. Phương pháp sản xuất tấm thép dập nóng theo điểm 1 hoặc 2, phương pháp

này bao gồm các bước:

đúc thép nóng chảy có thành phần hoá học theo điểm 1 và thu được tấm thép; sau đó phôi tấm được làm nguội đến nhiệt độ nhỏ hơn 1100°C;

gia nhiệt tấm thép đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1300°C;

cán nóng tấm thép bằng thiết bị cán nóng có nhiều giá cán;

trong đó nhiệt độ kết thúc cán nóng được thiết lập ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ nhiệt độ Ar_3 đến 970°C;

cuộn tấm thép sau khi cán nóng;

trong đó khi CT tính theo đơn vị °C thể hiện nhiệt độ cuộn trong bước cuộn;

[C] thể hiện hàm lượng C tính theo % trọng lượng, [Mn] thể hiện hàm lượng Mn tính theo % trọng lượng,

[Cr] thể hiện hàm lượng Cr theo % trọng lượng và [Mo] thể hiện hàm lượng Mo theo % trọng lượng trong thép;

biểu thức (f) sau đây được thỏa mãn:

$560-474\times C-90\times Mn-20\times Cr-20\times Mo<CT<830-270\times C-90\times Mn-70\times Cr-80\times Mo$ (f);

tẩy gỉ tấm thép sau khi cuộn;

cán nguội tấm thép sau khi tẩy gỉ bằng máy cán nguội có nhiều giá cán trong điều kiện thỏa mãn biểu thức (e) dưới đây;

ủ, trong đó tấm thép được gia nhiệt ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700°C đến 850°C và làm nguội sau khi cán nguội;

cán-tôi tấm thép sau khi ủ; và

dập nóng, trong đó thép được gia nhiệt đến khoảng nhiệt độ bằng 750°C hoặc lớn hơn với tốc độ tăng nhiệt độ bằng 5°C/giây hoặc lớn hơn, được thực hiện trong khoảng nhiệt độ này;

và làm nguội đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20°C đến 300°C với tốc độ làm nguội bằng 10°C/giây hoặc lớn hơn sau khi cán-tôi;

$1,5\times r1/r+1,2\times r2/r+r3/r>1$ (e)

trong đó khi i bằng 1, 2 hoặc 3, ri thể hiện tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội riêng tính theo đơn vị % ở giá cán thứ i tính từ giá cán trên cùng trong số các giá cán trong bước cán nguội và r thể hiện tổng tỷ lệ giảm tiết diện cán nguội tính theo đơn vị % trong bước cán nguội.

8. Phương pháp sản xuất tấm thép dập nóng theo điểm 7,

trong đó khi T tính theo đơn vị °C thể hiện nhiệt độ gia nhiệt trong bước gia nhiệt, t tính theo đơn vị phút thể hiện thời gian ở trong lò; và

[Mn] thể hiện hàm lượng Mn tính theo % trọng lượng và [S] thể hiện hàm lượng S theo % trọng lượng trong thép,

biểu thức (g) dưới đây được thỏa mãn:

$T \times \ln(t)/(1,7 \times [Mn]+[S]) > 1500$ (g).

9. Phương pháp sản xuất tấm thép dập nóng theo điểm 7, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

mạ kẽm tấm thép giữa bước ủ và bước cán-tôi.

10. Phương pháp sản xuất tấm thép dập nóng theo điểm 9, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

hợp kim hoá tấm thép giữa bước mạ kẽm nhúng nóng và cán-tôi.

11. Phương pháp sản xuất tấm thép dập nóng theo điểm 7, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

mạ kẽm điện phân tấm thép giữa bước cán-tôi và bước dập nóng.

12. Phương pháp sản xuất tấm thép dập nóng theo điểm 7, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

mạ nhôm tấm thép giữa bước ủ và bước cán-tôi.

FIG. 1

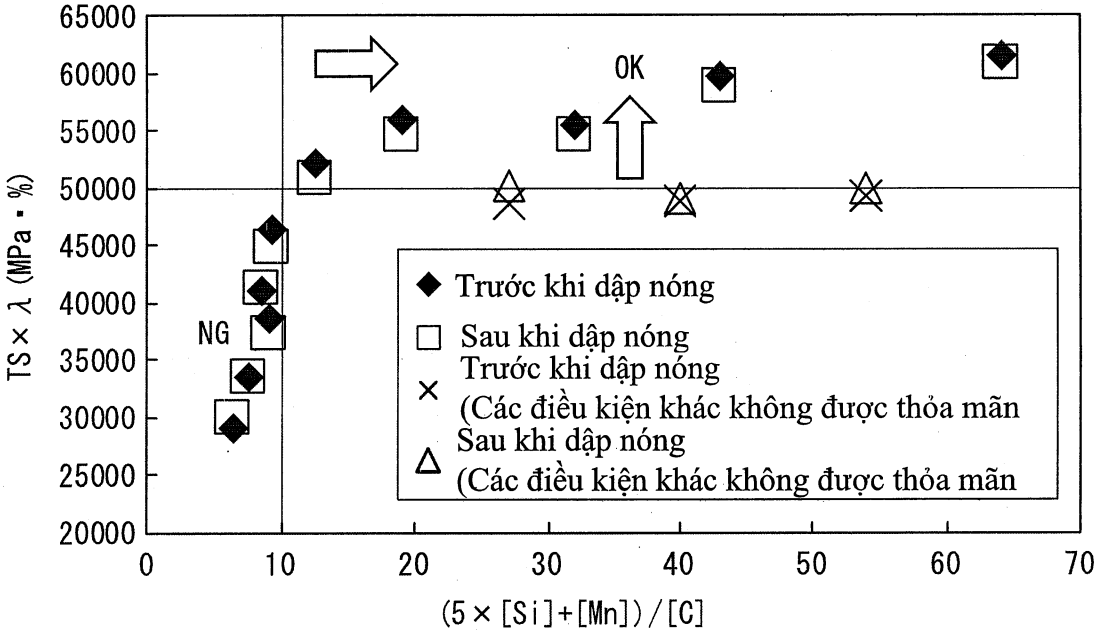

65000
60000
55000
50000
45000
40000
35000
30000
25000
20000
TS × λ (MPa・%)
0
10
20
30
40
50
60
70
(5 × [Si]+[Mn])/[C]
OK
NG
Trước khi dập nóng
Sau khi dập nóng
Trước khi dập nóng
(Các điều kiện khác không được thỏa mãn
Sau khi dập nóng
(Các điều kiện khác không được thỏa mãn

FIG. 2A

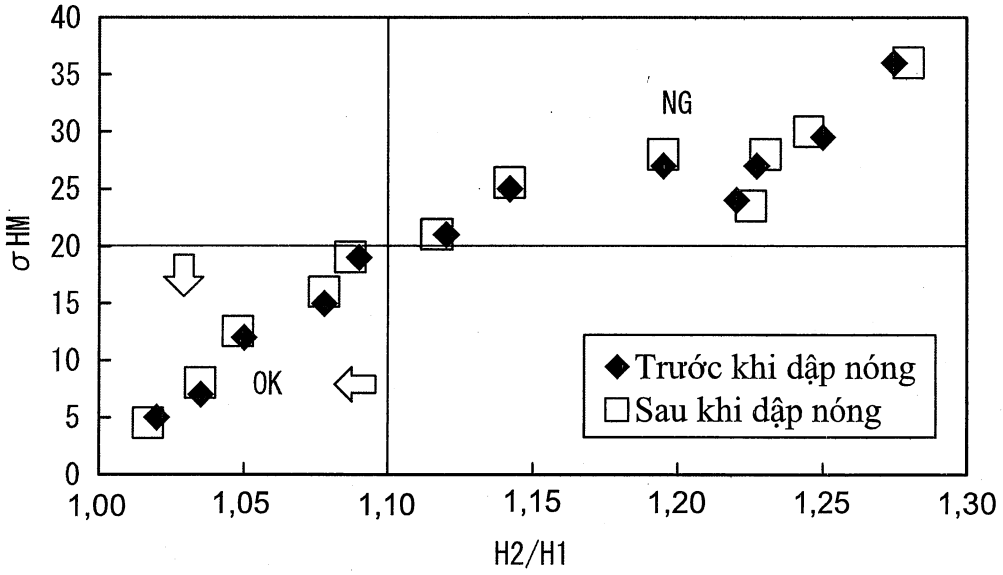

40
35
30
25
20
15
10
5
0
σHM
NG
OK
Trước khi dập nóng
Sau khi dập nóng
1,00
1,05
1,10
1,15
1,20
1,25
1,30
H2/H1

FIG. 2B

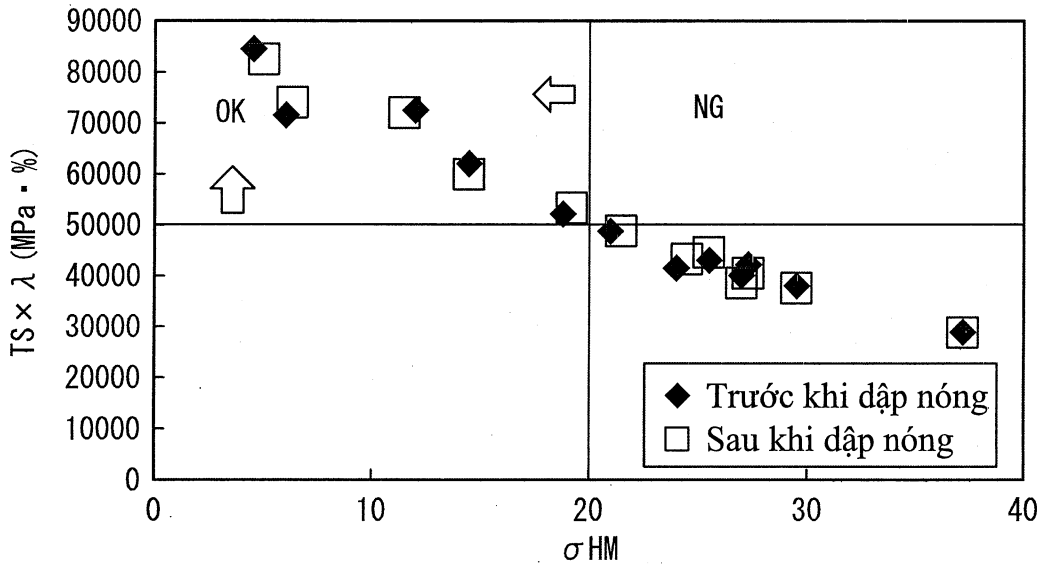

90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
TS × λ (MPa・%)
OK
NG
Trước khi dập nóng
Sau khi dập nóng
0
10
20
30
40
σHM

FIG. 3

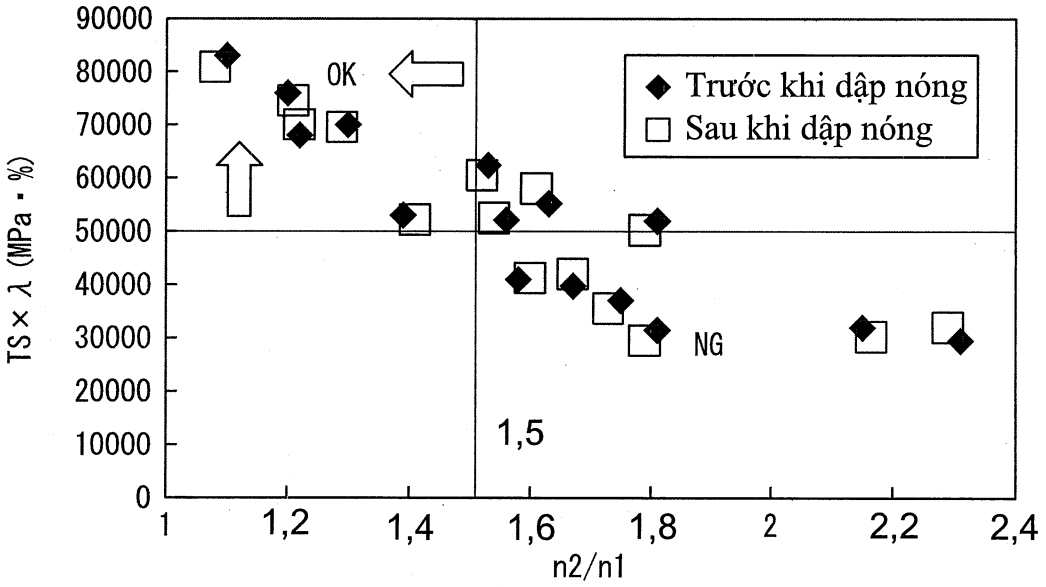

90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
TS × λ (MPa・%)
OK
NG
1,5
Trước khi dập nóng
Sau khi dập nóng
1
1,2
1,4
1,6
1,8
2
2,2
2,4
n2/n1

FIG. 4

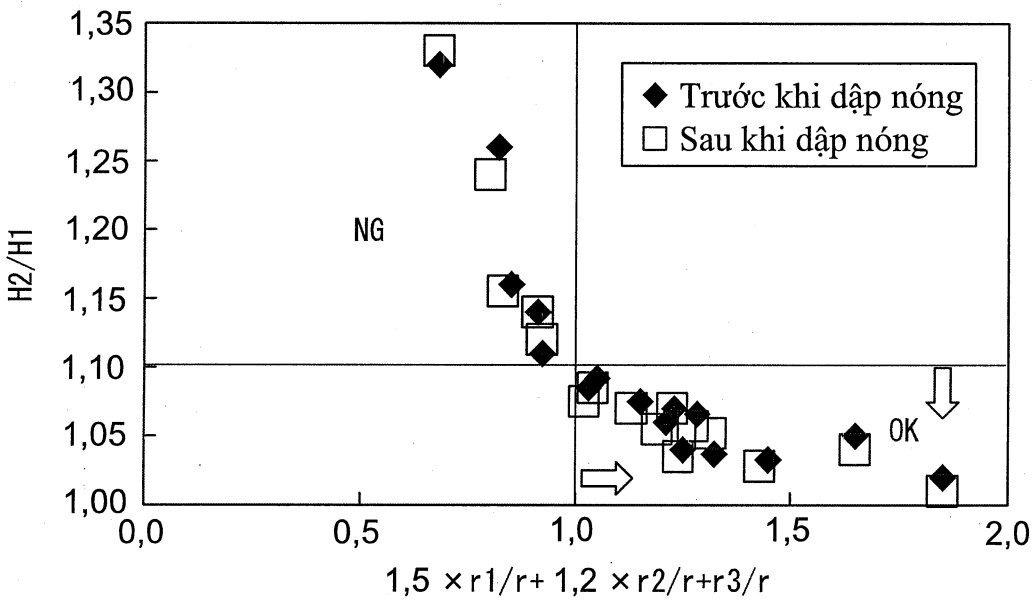
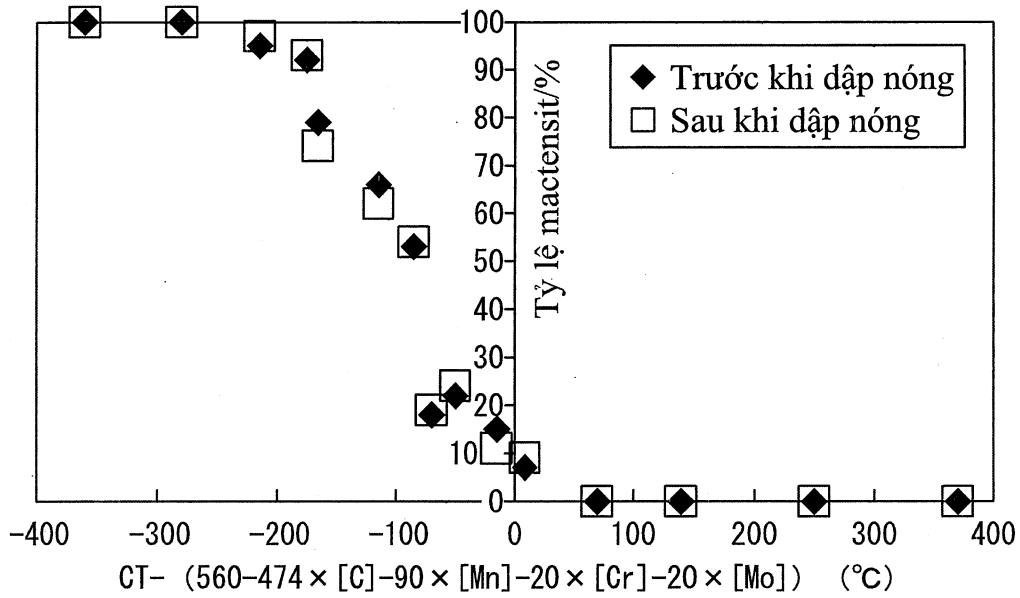

1,35
1,30
1,25
1,20
1,15
1,10
1,05
1,00
H2/H1
NG
OK
Trước khi dập nóng
Sau khi dập nóng
0,0
0,5
1,0
1,5
2,0
1,5 × r1/r+ 1,2 × r2/r+r3/r

FIG. 5A



Tỷ lệ mactensit

FIG. 5B

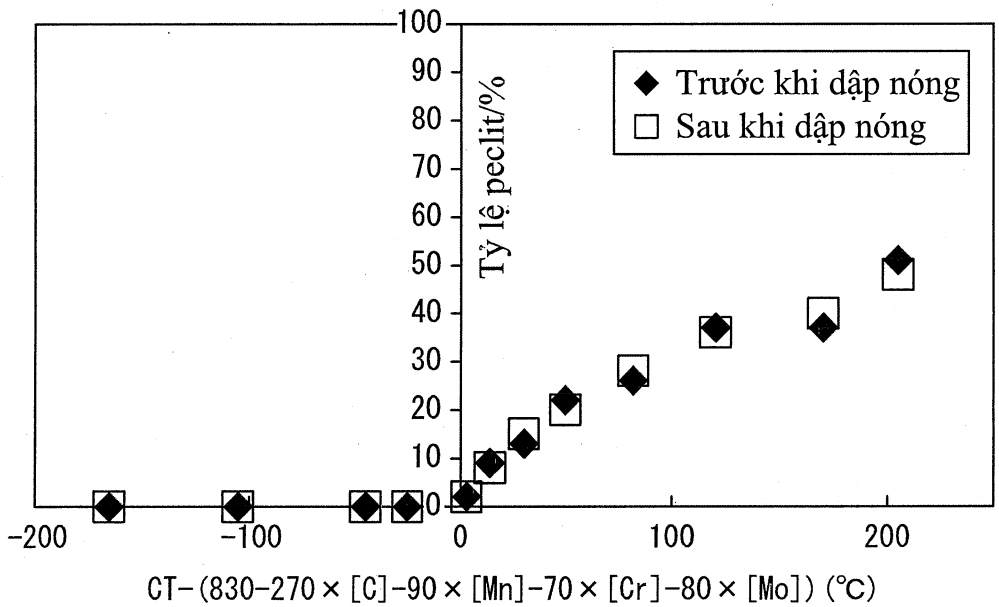


FIG. 6

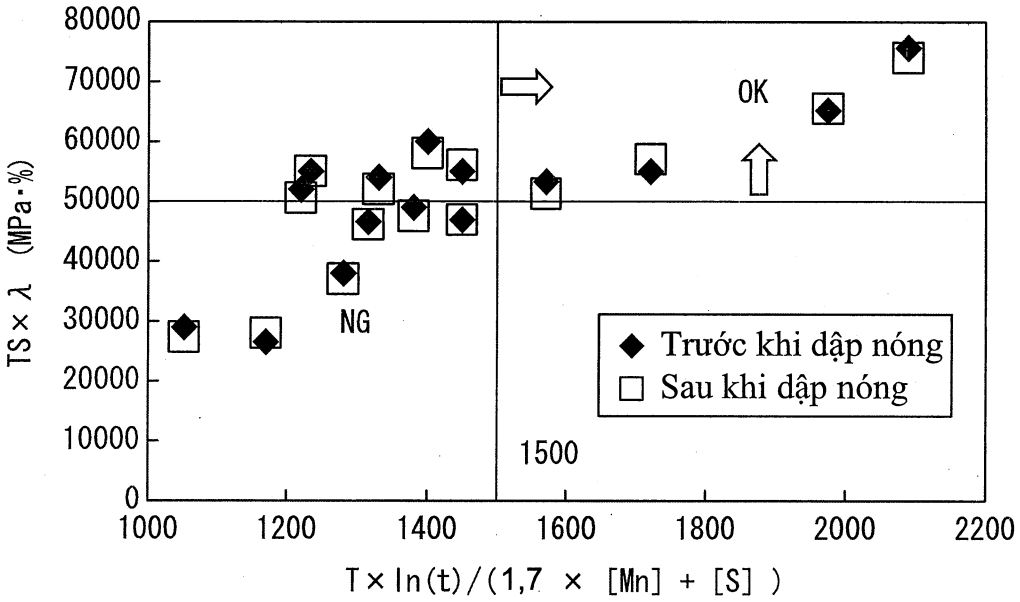

80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
TS × λ (MPa·%)
1000
1200
1400
1600
1800
2000
2200
T × ln(t)/(1,7 × [Mn] + [S])
OK
NG
1500
Trước khi dập nóng
Sau khi dập nóng

FIG. 7

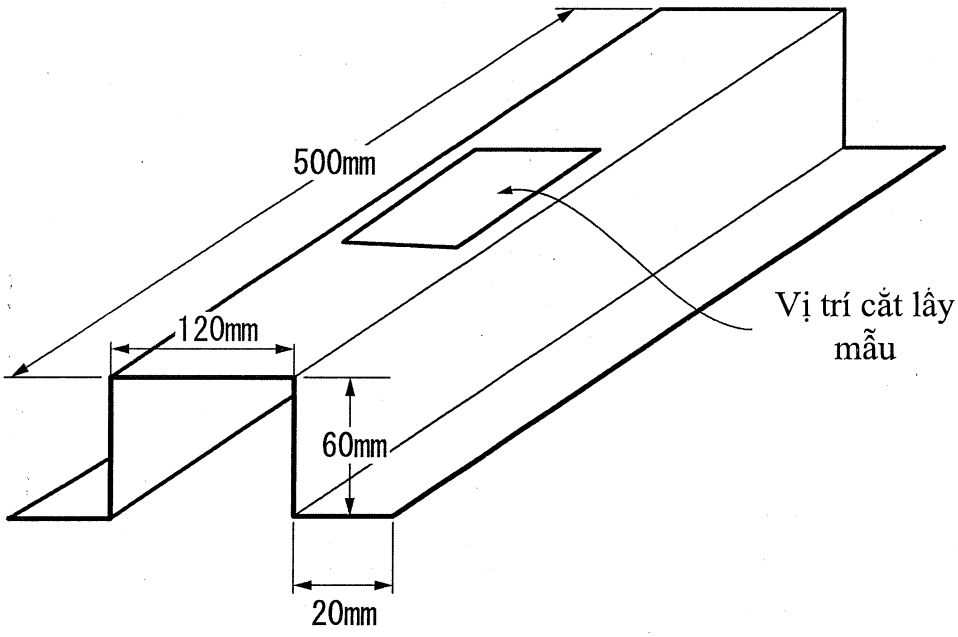
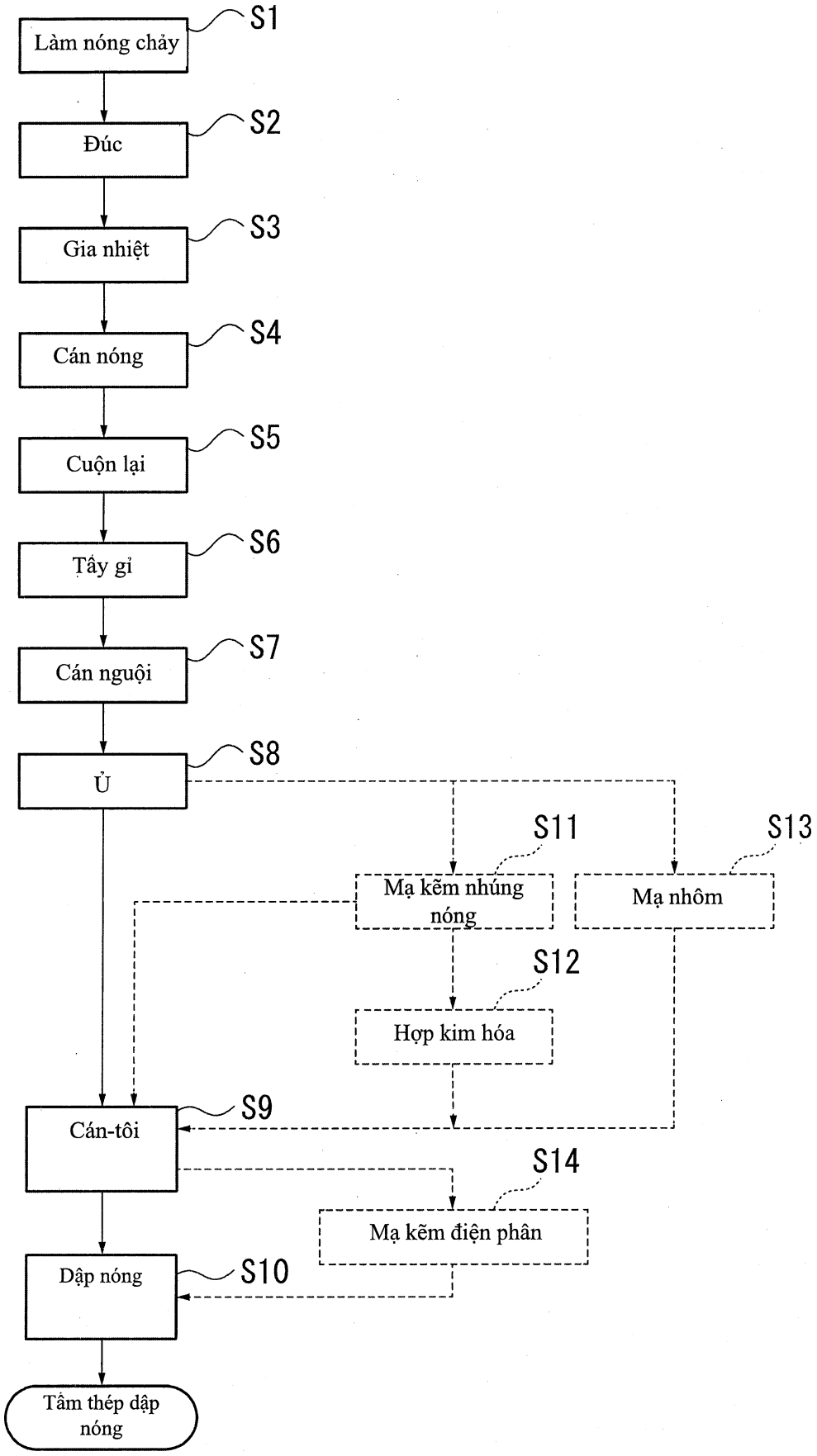

500mm
120mm
60mm
20mm
Vị trí cắt lấy mẫu

FIG. 8


S1
Làm nóng chảy
S2
Đúc
S3
Gia nhiệt
S4
Cán nóng
S5
Cuộn lại
S6
Tẩy gỉ
S7
Cán nguội
S8
Ủ
S11
Mạ kẽm nhúng nóng
S13
Mạ nhôm
S12
Hợp kim hóa
S9
Cán-tôi
S14
Mạ kẽm điện phân
S10
Dập nóng
Tấm thép dập nóng