



(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)



1-0025685

(51)⁷ C22C 38/14; C22C 38/32; C21D 8/02; (13) B
C21D 9/46; C22C 38/00; C22C 38/02;
C22C 38/04; C22C 38/06; C22C 38/12;
C22C 38/22; C22C 38/24; C22C 38/26;
C22C 38/28; C21D 1/60; C21D 6/00

(21) 1-2015-00543

(22) 31/01/2013

(86) PCT/CN2013/071185 31/01/2013

(87) WO 2014/019353 A1 06/02/2014

(30) 201210270605.3 31/07/2012 CN

(45) 26/10/2020 391

(43) 25/05/2015 326A

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

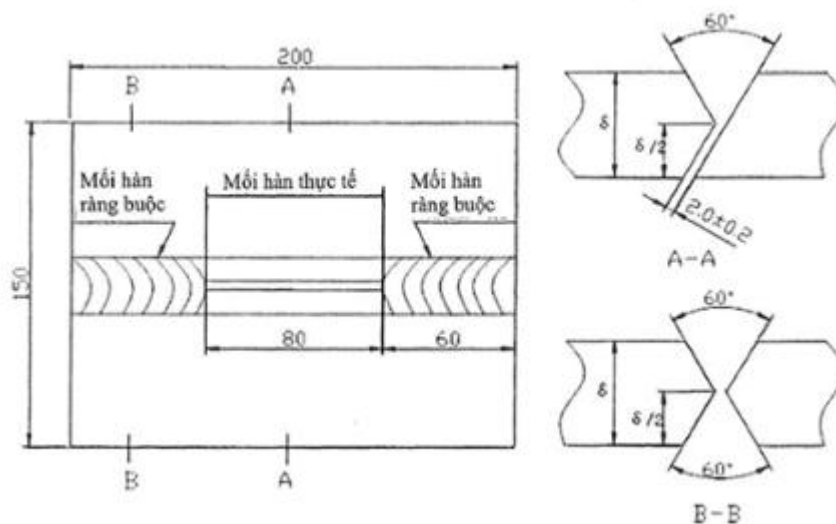
NO.885, FUJIN ROAD, BAOSHAN DISTRICT, SHANGHAI, 201900, P.R.CHINA

(72) LI, Hongbin (CN); YAO, Liandeng (CN); MIAO, Yuchuan (CN).

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

(54) THÉP TẤM CHỊU MÒN VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT THÉP TẤM NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến thép tấm chịu mòn, thép tấm này có thành phần hóa học sau đây (% trọng lượng): C: 0,22-0,35%, Si: 0,10-0,40%, Mn: 0,60-1,35%, P: $\leq 0,015\%$, S: $\leq 0,010\%$, Nb: 0,010-0,040%, Al: 0,010-0,080%, B: 0,0006-0,0014%, Ti: 0,005-0,050%, Ca: 0,0010-0,0080%, V $\leq 0,080\%$, Cr $\leq 0,60\%$, W $\leq 1,00\%$ trọng lượng, N $\leq 0,0080\%$, O $\leq 0,0060\%$, H $\leq 0,0004\%$, trong đó $0,025\% \leq \text{Nb} + \text{Ti} \leq 0,080\%$, $0,030\% \leq \text{Al} + \text{Ti} \leq 0,12\%$, và phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi. Phương pháp sản xuất thép tấm chịu mòn bao gồm các bước nấu chảy, đúc, cán, làm nguội trực tiếp sau khi cán và tương tự. Thép tấm chịu mòn thu được từ hợp phần và quy trình trên có độ bền cao, độ cứng cao, độ dai ở nhiệt độ thấp tốt, và khả năng gia công tuyệt vời, và phù hợp với các thiết bị ăn mòn nhanh trong máy móc kỹ thuật và khai thác mỏ, như thiết bị vận chuyển có gầu xúc và cạp đất, v.v..



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép chịu mòn, cụ thể là thép tấm hợp kim thấp chịu mòn có độ dai cao, độ bền siêu cao, và phương pháp sản xuất thép tấm này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Thép tấm chịu mòn được sử dụng rộng rãi làm các sản phẩm cơ khí để sử dụng trong các ngành kỹ thuật, khai thác, nông nghiệp, sản xuất xi măng, bê tông, nhà máy điện, luyện kim và tương tự trong đó các điều kiện vận hành đặc biệt xấu và cần có độ bền cao cũng như các tính năng chịu mòn cao. Ví dụ, máy ủi, xe nạo tải, máy xúc, xe tải tự lật và gàu ngoạm, băng tải bốc xếp, kết cấu cong để vận chuyển, v.v.. có thể được kể đến.

Trong các thập kỷ gần đây, sự phát triển và ứng dụng của thép chịu mòn phát triển nhanh. Nói chung, lượng cacbon được gia tăng và hàm lượng thích hợp của các vi nguyên tố như crom, molypden, niken, vanadi, vonfram, coban, bo, titan và tương tự được bổ sung để làm tăng các tính năng cơ học của thép chịu mòn bằng cách tận dụng đầy đủ lợi ích của các phương tiện gia cường khác nhau như gia cường kết tủa, sự gia cường hạt mịn, sự gia cường biến đổi và sự gia cường dịch vị không kể những cái khác. Do thép chịu mòn hầu như là thép hợp kim cacbon trung bình, cacbon cao trung bình hoặc cacbon cao, sự gia tăng lượng cacbon dẫn đến độ dai giảm, và lượng cacbon cao dư làm khả năng hàn của thép trở nên xấu đi. Ngoài ra, sự gia tăng lượng hợp kim sẽ dẫn đến chi phí tăng và khả năng hàn giảm. Các nhược điểm này ngăn sự phát triển tiếp của thép chịu mòn.

Tuy nhiên, tính chịu hàn của vật liệu chủ yếu phụ thuộc vào độ cứng của nó, độ ráp cũng có ảnh hưởng quan trọng đến tính chịu hàn của vật liệu. Trong các điều kiện làm việc phức tạp, tính chịu hàn tốt và tuổi thọ dài của vật liệu không thể được đảm bảo nhờ sự gia tăng độ cứng của chỉ riêng vật liệu. Việc điều chỉnh các thành phần và quy trình xử lý nhiệt, và kiểm soát sự hài hòa phù hợp

giữa độ cứng và độ ráp của thép chịu mòn hợp kim thấp, có thể dẫn đến các tính năng cơ học vốn có ưu việt, sao cho các yêu cầu về các điều kiện ăn mòn khác nhau có thể được đáp ứng.

Việc hàn là quy trình xử lý rất quan trọng và đóng vai trò thiết yếu trong ứng dụng kỹ thuật khi có thể nhận ra sự kết nối giữa các vật liệu thép khác nhau. Rạn nứt nguội khi hàn là khiếm khuyết trong quy trình hàn thông thường nhất. Cụ thể, sự rạn nứt nguội có xu hướng lớn xuất hiện khi thép có độ bền cao được hàn. Nói chung, sự gia nhiệt sơ bộ trước khi hàn và xử lý nhiệt sau khi hàn được sử dụng để ngăn ngừa sự rạn nứt nguội, quá trình này làm phức tạp quy trình hàn, làm cho quy trình không thể hoạt động trong các trường hợp đặc biệt, và gây hại đến độ an toàn và tin cậy của kết cấu hàn. Đối với các thép tấm chịu mòn độ bền siêu cao, độ cứng cao, các nhược điểm liên quan đến việc hàn là đặc biệt nổi bật.

CN1140205A bộc lộ thép chịu mòn có cacbon trung bình và hợp kim trung bình, hàm lượng cacbon và các nguyên tố hợp kim (Cr, Mo, v.v.) của nó cao hơn nhiều so với hàm lượng cacbon và các nguyên tố hợp kim theo sáng chế, mà chắc chắn dẫn đến khả năng hàn và chế tạo kém.

CN1865481A bộc lộ thép bainit chịu mòn mà có hàm lượng của các nguyên tố hợp kim (Si, Mn, Cr, Mo, v.v.) cao hơn, và các tính chất hàn và cơ học kém hơn so với sáng chế.

WO2012/002563A1 bộc lộ thép tấm chống mài mòn dùng cho các máy xây dựng bao gồm các nguyên tố Mo và Ni không được kết hợp một cách có chủ ý ở thép tấm theo sáng chế, và WO2012/002563A1 không bộc lộ các hàm lượng kết hợp của Nb+Ti và Al+Ti được dành riêng theo sáng chế.

JP2011-214120 bộc lộ thép tấm chống mài mòn bao gồm nguyên tố Mo không được kết hợp một cách có chủ ý trong thép tấm theo sáng chế, và JP2011-214120 không bộc lộ các hàm lượng kết hợp của Nb+Ti và Al+Ti được dành riêng theo sáng chế.

JP2009-030094 bộc lộ thép tấm chống mài mòn bao gồm các nguyên tố Mo và Ni không được kết hợp một cách có chủ ý trong thép tấm theo sáng chế, và

JP2009-030094 không bộc lộ hàm lượng kết hợp của Nb+Ti và Al+Ti được dành riêng theo sáng chế.

EP1930459 bộc lộ thép chống mài mòn có độ nhám cao có các hàm lượng Al và B khác nhau, và bao gồm nguyên tố Mo không được kết hợp một cách có chủ ý trong thép tấm theo sáng chế. Ngoài ra, EP1930459 không bộc lộ hàm lượng kết hợp của Nb+Ti và Al+Ti được dành riêng theo sáng chế.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất thép tấm hợp kim thấp chịu mòn có độ dai cao, độ bền siêu cao có các tính chất kết hợp của độ bền cao, độ cứng cao và cao dẫn đến từ lượng vết của các nguyên tố hợp kim, để đạt được tính chất gia công ưu việt, lợi ích của nó là ứng dụng rộng rãi của thép tấm trong ngành kỹ thuật.

Để đạt được mục đích trên, thép tấm hợp kim thấp chịu mòn độ dai cao, độ bền siêu cao theo sáng chế bao gồm các thành phần hóa học sau đây theo phần trăm trọng lượng: C nằm trong khoảng từ 0,22 đến 0,35%, Si nằm trong khoảng từ 0,10 đến 0,40%, Mn nằm trong khoảng từ 0,60 đến 1,35%, P: $\leq 0,015\%$, S: $\leq 0,010\%$, Nb nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,040%, Al nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,080%, B nằm trong khoảng từ 0,0006 đến 0,0014%, Ti nằm trong khoảng từ 0,005 đến 0,050%, Ca nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0080%, $V \leq 0,080\%$, $Cr \leq 0,60\%$, $W \leq 1,00\%$ trọng lượng, $N \leq 0,0080\%$, $O \leq 0,0060\%$, $H \leq 0,0004\%$, trong đó $0,025\% \leq Nb+Ti \leq 0,080\%$, $0,030\% \leq Al+Ti \leq 0,12\%$, và phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi.

Thép chịu mòn theo sáng chế có cấu trúc tế vi chủ yếu gồm martensit và austenit dư, trong đó đoạn thể tích của austenit dư là $\leq 5\%$.

Mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp sản xuất thép tấm hợp kim thấp chịu mòn có độ dai cao, độ bền siêu cao, trong đó phương pháp bao gồm tuần tự các bước nấu chảy, đúc, gia nhiệt, cán và làm nguội trực tiếp sau khi cán, v.v.. Trong bước gia nhiệt, nguyên liệu được gia nhiệt đến nhiệt độ từ 1000 đến 1200°C. Trong bước cán, nhiệt độ cán ban đầu nằm trong khoảng từ 950 đến 1150°C và nhiệt độ cán kết thúc nằm trong khoảng từ 800 đến 950°C.

Trong bước làm nguội trực tiếp sau khi cán, làm nguội bằng nước được sử dụng và nhiệt độ gián đoạn việc làm nguội nằm trong khoảng từ nhiệt độ trong phòng đến 300°C.

Do hàm lượng cacbon và các nguyên tố hợp kim theo sáng chế được thiết kế một cách khoa học, thép tấm có các tính chất cơ khí tuyệt vời (độ bền, độ cứng, độ giãn dài, sức chịu va đập, không kể những cái khác), khả năng hàn và tính chịu hàn thu được từ chức năng tinh chế và gia cường của các nguyên tố hợp kim vết cũng như kiểm soát về hiệu quả tinh lọc và gia cường của các quy trình cán và làm nguội.

Sáng chế khác với giải pháp kỹ thuật đã biết chủ yếu ở các khía cạnh sau đây:

Do các thành phần hóa học, thép chịu mòn theo sáng chế kết hợp hàm lượng nhỏ của các nguyên tố này như Nb, v.v., vào hợp phần hóa học của nó ngoài C, Si, Mn và tương tự, và do vậy khác biệt bởi hợp phần đơn giản, chi phí thấp, v.v..

Do quy trình sản xuất, quy trình TMCP được sử dụng để sản xuất thép chịu mòn theo sáng chế không cần quy trình làm nguội ngoại tuyến, quy trình ủ và các quy trình xử lý nhiệt khác, và do vậy khác biệt ở tiến trình sản xuất ngắn, hiệu quả sản xuất cao, sự tiêu thụ năng lượng giảm, chi phí sản xuất thấp hơn, v.v..

Do về các tính chất của sản phẩm, thép chịu mòn theo sáng chế thể hiện độ bền cao, độ cứng cao, và độ dai ở nhiệt độ thấp đặc biệt tốt.

Do cấu trúc tế vi, cấu trúc tế vi của thép chịu mòn theo sáng chế chủ yếu bao gồm martensit nhỏ và austenit dư, trong đó đoạn thể tích của austenit dư là $\leq 5\%$, mà tạo điều kiện cho việc thích hợp tốt giữa độ bền, độ cứng và độ dai của thép tấm chịu mòn.

Thép tấm chịu mòn theo sáng chế có các lợi ích tương đối đáng kể. Khi sự phát triển của nền kinh tế xã hội và công nghiệp thép được quan tâm, xu hướng không thể tránh khỏi là kiểm soát là kiểm soát hàm lượng cacbon và các nguyên

tổ hợp kim, và sự phát triển của thép chịu mòn chi phí thấp có các tính chất cơ học tốt nhờ quy trình đơn giản.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 thể hiện hình dạng và kích cỡ của mẫu thử nghiệm rạn nứt hàn rãnh hình chữ Y trong thử nghiệm hàn.

Fig.2 thể hiện cấu trúc tế vi của thép tấm theo ví dụ 3, mà cấu trúc tế vi này bao gồm martensit nhỏ và lượng nhỏ austenit dư và đảm bảo rằng thép tấm có các tính chất cơ học tốt.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các tính chất của thép tấm hợp kim thấp chịu mòn độ dai cao, độ bền siêu cao theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dựa vào các ví dụ sau đây.

Bằng cách thiết kế một cách khoa học các loại và lượng nguyên tố của nó, loại thép theo sáng chế đạt được sự phối hợp tốt giữa độ bền cao, độ cứng cao và độ dai cao nhờ việc bổ sung hàm lượng vết của các nguyên tố hợp kim.

Cacbon: cacbon là nguyên tố cơ bản và quan trọng trong thép chịu mòn. Nguyên tố này cũng gia tăng độ bền và độ cứng của thép, và còn gia tăng tính chịu hàn của thép. Tuy nhiên, nguyên tố này cũng làm giảm độ dai và khả năng hàn của thép. Do đó, lượng cacbon trong thép sẽ được kiểm soát một cách phù hợp nằm trong khoảng từ 0,22 đến 0,35%, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,23 đến 0,33 %.

Silic: silic tạo ra dung dịch rắn trong ferit và austenit để gia tăng độ cứng và độ bền của chúng. Tuy nhiên, silic dư sẽ làm giảm mạnh độ dai của thép. Trong lúc đó, do ái lực của silic với oxy tốt hơn là với sắt, silicat có điểm nóng chảy thấp có xu hướng được tạo ra một cách dễ dàng trong khi hàn, nguyên tố này làm tăng xỉ và tính cơ động của các kim loại nóng chảy, và do vậy ảnh hưởng đến chất lượng hàn. Do đó, không muốn có lượng dư của silic. Lượng silic trong sáng chế được kiểm soát nằm trong khoảng từ 0,10 đến 0,40%, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,10 đến 0,35%.

Mangan: mangan gia tăng mạnh khả năng hóa cứng của thép, và giảm nhiệt độ chuyển của thép chịu mòn và tỷ lệ làm mát quan trọng của thép. Tuy nhiên, lượng mangan cao hơn có xu hướng làm thô các hạt, gia tăng nhạy cảm hóa giòn khi ủ của thép, gia tăng xu hướng phân tách và rạn nứt trong mẫu đúc, và giảm tính năng của thép tấm. Theo sáng chế, lượng mangan được kiểm soát nằm trong khoảng từ 0,60 đến 1,35%, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,65 đến 1,30%.

Niobi: chức năng của Nb trong tinh lọc hạt và sự gia tăng độ bền kết tủa góp phần làm tăng đáng kể độ bền và độ dai của vật liệu. là nguyên tố có xu hướng mạnh tạo ra cacbua và nitrit, niobi giới hạn sự phát triển của các hạt austenit. Nb gia tăng cả độ bền và độ dai của thép bằng cách tinh chế các hạt. Nb cải thiện và gia tăng các tính chất của thép chủ yếu bằng cách gia cường kết tủa và gia cường biến đổi. Nb đã được coi là một trong số các chất gia cường hữu hiệu nhất trong thép HSLA. Theo sáng chế, niobi được kiểm soát nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,040%, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,035%.

Nhôm: nhôm và nitơ trong thép có thể tạo ra các hạt AlN nhỏ không tan để tinh chế các hạt thép. Nhôm có thể tinh chế các hạt thép, làm mất cơ động nitơ và oxy trong thép, làm giảm độ nhạy khe hở của thép, khử hoặc làm giảm hiện tượng lão hóa của thép, và làm tăng độ dai của thép. Theo sáng chế, lượng Al được kiểm soát nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,080%, tốt hơn là 0,010 đến 0,060%.

Bo: bo làm tăng khả năng hóa cứng của thép, nhưng lượng dư sẽ dẫn đến sự tinh giòn nóng, và ảnh hưởng đến khả năng hàn và khả năng gia công nóng của thép. Theo sáng chế, lượng bo được kiểm soát nghiêm ngặt từ 0,0006 đến 0,0014%, tốt hơn là 0,0008 đến 0,0014%.

Titan: titan là một trong số các nguyên tố có xu hướng mạnh tạo ra các cacbua, và tạo ra các hạt TiC nhỏ với cacbon. Các hạt TiC là rất nhỏ, và được phân bố dọc theo biên dạng tinh thể, để có hiệu quả tinh chế các hạt. Các hạt TiC cứng gia tăng tính chịu hàn của thép. Theo sáng chế, titan được kiểm soát nằm trong khoảng từ 0,005 đến 0,050%, tốt hơn là 0,010 đến 0,045%.

Việc bổ sung kết hợp niobi và titan có thể dẫn đến hiệu quả tốt hơn trong việc tinh chế hạt, giảm cỡ hạt của austenit ban đầu, giúp cho sự tạo thành các thanh martensit sau khi tinh chế và làm nguội, và gia tăng độ bền và tính chịu hàn. Sự không tan của TiN và tương tự ở nhiệt độ cao có thể ngăn không cho các hạt ở vùng chịu ảnh hưởng nhiệt khỏi bị thô hóa, và làm tăng độ dai của vùng chịu ảnh hưởng nhiệt, để làm tăng khả năng hàn của thép. Do đó, hàm lượng niobi và titan thỏa mãn mối tương quan sau đây: $0,025\% \leq \text{Nb} + \text{Ti} \leq 0,080\%$, tốt hơn là $0,035\% \leq \text{Nb} + \text{Ti} \leq 0,070\%$.

Titan có thể tạo ra các hạt mịn và do đó tinh chế các hạt tinh thể. Nhôm có thể đảm bảo sự tạo thành các hạt titan mịn, sao cho titan có thể đóng vai trò đầy đủ trong tinh chế các hạt. Do đó, các phạm vi của lượng nhôm và titan thỏa mãn mối tương quan sau đây: $0,030\% \leq \text{Al} + \text{Ti} \leq 0,12\%$, tốt hơn là $0,040\% \leq \text{Al} + \text{Ti} \leq 0,11\%$.

Canxi: canxi có hiệu quả đáng kể đến sự biến đổi của các chất vùi trong thép đúc. Việc bổ sung một lượng phù hợp của canxi trong thép đúc có thể biến đổi các chất vùi sunfit dạng dải dài trong thép đúc thành các chất vùi CaS hoặc (Ca, Mn)S hình cầu. Các chất vùi oxit và sunfit tạo ra từ canxi có các tỷ trọng nhỏ, và bởi vậy dễ dàng nổi và loại bỏ. Đáng chú ý, canxi cũng có thể ức chế đáng chú ý sự kết chùm của lưu huỳnh dọc theo biên dạng tinh thể. Tất cả hàm lượng này cũng thích hợp để gia tăng chất lượng của thép đúc, và do đó cải thiện các tính năng của thép. Khi có lượng tương đối lớn của các chất vùi, việc bổ sung canxi thể hiện hiệu quả hiển nhiên, và có thể giúp cho việc đảm bảo các tính chất cơ học của thép, đặc biệt là độ dai. Theo sáng chế, canxi được kiểm soát nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0080%, tốt hơn là 0,0010 đến 0,0060%.

Vanadi: vanadi được bổ sung chủ yếu để tinh chế các hạt, sao cho các austenit sẽ không tăng quá mức trong giai đoạn ủ gia nhiệt. Như vậy, trong một số vòng cán tiếp theo, các hạt thép có thể được tinh chế tiếp để gia tăng độ bền và độ dai của thép. Theo sáng chế, vanadi được kiểm soát là $\leq 0,080\%$, tốt hơn nằm trong khoảng từ 0,035 đến 0,080%, tốt hơn nữa là $\leq 0,060\%$.

Crom: crom có thể làm chậm tốc độ làm nguội tới hạn và làm tăng khả năng hóa cứng của thép. Một vài cacbua, như $(\text{Fe,Cr})_3\text{C}$, $(\text{Fe,Cr})_7\text{C}_3$ và $(\text{Fe,Cr})_{23}\text{C}_7$, v.v., có thể được tạo ra từ crom trong thép để làm tăng độ bền và độ cứng. Trong khi ủ, crom có thể ngăn ngừa hoặc làm chậm sự kết tủa và kết tụ của các cacbua, sao cho độ ổn định ủ của thép có thể được gia tăng. Theo sáng chế, lượng crom được kiểm soát là $\leq 0,60\%$, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,20 đến 0,60%, tốt hơn nữa là $\leq 0,40\%$.

Vonfram: vonfram có thể gia tăng độ bền khi ủ và độ bền nóng của thép, và có thể có hiệu quả nhất định trong tinh chế các hạt. Ngoài ra, vonfram có thể tạo ra cacbua cứng để làm tăng tính chịu hàn của thép. Theo sáng chế, lượng vonfram được kiểm soát là $\leq 1,00\%$, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,30 đến 1,00%, tốt hơn nữa là $\leq 0,80\%$.

Phospho và lưu huỳnh: Cả lưu huỳnh và phospho là các nguyên tố có hại trong thép chịu mòn. Hàm lượng của chúng có thể được kiểm soát nghiêm ngặt. Trong loại thép theo sáng chế, lượng phospho được kiểm soát là $\leq 0,015\%$, tốt hơn là $\leq 0,010\%$; và lượng lưu huỳnh là $\leq 0,010\%$, tốt hơn là $\leq 0,005\%$.

Nitơ, oxy và hydro: oxy và nitơ dư trong thép là khá không mong muốn đối với các tính chất của thép, đặc biệt khả năng hàn và độ dai. Tuy nhiên, sự kiểm soát nghiêm ngặt quá mức sẽ gia tăng chi phí sản xuất tới mức lớn. Do đó, trong loại thép theo sáng chế, lượng nitơ được kiểm soát là $\leq 0,0080\%$, tốt hơn là $\leq 0,0050\%$; lượng oxy là $\leq 0,0060\%$, tốt hơn là $\leq 0,0040\%$; và lượng hydro là $\leq 0,0004\%$, tốt hơn là $\leq 0,0003\%$.

Phương pháp sản xuất thép tấm hợp kim thấp chịu mòn có độ dai cao, độ bền siêu cao trên theo sáng chế bao gồm tuần tự các bước nấu chảy, đúc, gia nhiệt, cán và làm nguội trực tiếp sau khi cán, v.v.. Trong bước gia nhiệt, nguyên liệu được gia nhiệt đến nhiệt độ từ 1000 đến 1200°C. Trong bước cán, nhiệt độ cán ban đầu nằm trong khoảng từ 950 đến 1150°C và nhiệt độ cán kết thúc nằm trong khoảng từ 800 đến 950°C. Trong bước làm nguội, việc làm nguội bằng nước được sử dụng và nhiệt độ gián đoạn việc làm nguội nằm trong khoảng từ nhiệt độ trong phòng đến 300°C.

Tốt hơn là, trong quy trình gia nhiệt, nhiệt độ gia nhiệt từ 1000 đến 1150°C, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 1000 đến 1130°C. Để đảm bảo sự khuếch tán đầy đủ cacbon và các nguyên tố hợp kim, và để ngăn ngừa sự gia tăng quá mức các austenit và sự oxy hóa nghiêm ngặt bề mặt của phôi thép, nhiệt độ gia nhiệt tốt nhất nằm trong khoảng từ 1050 đến 1130°C.

Tốt hơn là, nhiệt độ cán ban đầu nằm trong khoảng từ 950 đến 1100°C; nhiệt độ cán cuối cùng nằm trong khoảng từ 800 đến 900°C; tốt hơn nữa là nhiệt độ cán ban đầu nằm trong khoảng từ 950 đến 1080°C; nhiệt độ cán cuối cùng nằm trong khoảng từ 810 đến 900°C; và tốt nhất là, nhiệt độ cán ban đầu nằm trong khoảng từ 980 đến 1080°C; nhiệt độ cán cuối cùng nằm trong khoảng từ 810 đến 890°C.

Tốt hơn là, nhiệt độ gián đoạn việc làm nguội nằm trong khoảng từ nhiệt độ trong phòng đến 280°C, tốt hơn nữa là từ nhiệt độ trong phòng đến 250°C, tốt nhất là từ nhiệt độ trong phòng đến 200°C.

Hàm lượng cacbon và vi hợp kim được kiểm soát một cách nghiêm ngặt theo sáng chế bằng cách thiết kế hợp lý thành phần hóa học (hàm lượng và các tỷ lệ của C, Si, Mn, Nb và các nguyên tố khác). Thép tám chịu mòn thu được từ thành phần thiết kế này có khả năng hàn tốt và phù hợp để sử dụng trong các lĩnh vực công nghệ và cơ khí, ở đó việc hàn là cần thiết. Ngoài ra, chi phí sản xuất của thép chịu mòn bị giảm mạnh do sự không có mặt các nguyên tố như Mo, Ni và tương tự.

Thép tám chịu mòn theo sáng chế, không kể những cái khác, có độ bền cao, độ cứng cao và độ dai va chạm tốt, dễ dàng để gia công như cắt, uốn, v.v., và có khả năng áp dụng rất tốt.

Thép tám hợp kim thấp chịu mòn có độ dai cao, độ bền siêu cao tạo ra theo sáng chế có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 1400 đến 1700MPa, độ giãn dài nằm trong khoảng từ 13 đến 14%, độ cứng Brinell nằm trong khoảng từ 470 đến 570HBW, và tốt hơn là công va đập dọc theo rãnh chữ V Charpy ở nhiệt độ -40°C nằm trong khoảng từ 50 đến 80J. Có khả năng hàn tốt và các tính chất cơ học tuyệt vời, dẫn đến khả năng áp dụng cao của thép chịu mòn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Bảng 1 thể hiện phân trăm khối lượng của các nguyên tố hóa học trong các thép tấm theo các ví dụ từ 1 đến 7 của sáng chế và ví dụ so sánh 1 (CN1865481A).

Các nguyên liệu thô để nấu chảy được đưa vào quy trình sản xuất theo các bước sau: nấu chảy → đúc → gia nhiệt → cán → làm nguội trực tiếp sau khi cán.

Các tham số của quy trình cụ thể cho các ví dụ từ 1 đến 7 được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 1: Các thành phần hóa học của các ví dụ từ 1 đến 7 theo sáng chế và ví dụ so sánh 1 (theo % trọng lượng)

	C	Si	Mn	P	S	Nb	Al	B	Ti	Ca	V	Cr	W	N	O	H	Nguyên tố khác
Ví dụ 1	0,22	0,25	1,35	0,009	0,005	0,027	0,020	0,0013	0,010	0,0030	0,060	0,23	0,32	0,0038	0,0040	0,0003	-
Ví dụ 2	0,23	0,40	1,30	0,015	0,004	0,040	0,051	0,0012	0,005	0,0060	0,080	/	1,00	0,0080	0,0025	0,0004	-
Ví dụ 3	0,25	0,35	1,05	0,010	0,010	0,035	0,038	0,0008	0,045	0,0010	0,038	0,60	0,80	0,0037	0,0021	0,0002	-
Ví dụ 4	0,28	0,23	0,93	0,008	0,003	0,010	0,080	0,0006	0,040	0,0050	/	0,40	/	0,0025	0,0060	0,0002	-
Ví dụ 5	0,30	0,28	0,88	0,009	0,003	0,020	0,060	0,0014	0,050	0,0080	/	/	/	0,0050	0,0027	0,0003	-
Ví dụ 6	0,33	0,10	0,65	0,008	0,002	0,018	0,010	0,0013	0,030	0,0030	0,051	0,27	0,50	0,0033	0,0033	0,0002	-
Ví dụ 7	0,35	0,22	0,60	0,009	0,003	0,021	0,045	0,0012	0,027	0,0020	0,035	0,38	0,46	0,0029	0,0029	0,0002	-
Ví dụ so sánh 1	0,40	1,12	2,26	<0,04	<0,03	-	-	-	-		-	1,0	-	-	-		Mo: 0,8

Bảng 2: Các tham số quy trình cụ thể đối với các ví dụ từ 1 đến 7 theo sáng chế

	Nhiệt độ gia nhiệt phôi tấm °C	Thời gian giữ giờ	Nhiệt độ cán ban đầu °C	Nhiệt độ cán cuối cùng °C	Phương pháp làm nguội	Nhiệt độ gián đoạn làm nguội °C	Độ dày thép tấm mm
Ví dụ 1	1000	2	950	800	Làm nguội bằng nước	200	12
Ví dụ 2	1130	2	1105	822	Làm nguội bằng nước	300	26
Ví dụ 3	1050	2	980	810	Làm nguội bằng nước	250	15
Ví dụ 4	1100	2	1020	833	Làm nguội bằng nước	128	31
Ví dụ 5	1110	2	1080	853	Làm nguội bằng nước	56	22
Ví dụ 6	1150	2	1120	900	Làm nguội bằng nước	Nhiệt độ trong phòng	19
Ví dụ 7	1200	2	1150	950	Làm nguội bằng nước	75	16

Thử nghiệm 1: Thử nghiệm các tính chất cơ học

Việc lấy mẫu được tiến hành theo phương pháp lấy mẫu được mô tả trong GB/T2975, và các thép tấm hợp kim thấp chịu mòn có độ dai cao, độ bền siêu cao của các ví dụ từ 1 đến 7 của sáng chế được tiến hành thử nghiệm độ cứng theo GB/T231,1; thử nghiệm va đập theo GB/T229; thử nghiệm kéo theo GB/T228; và thử nghiệm uốn theo GB/T232. Các kết quả được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3: Các tính chất cơ học của các ví dụ từ 1 đến 7 theo sáng chế và ví dụ so sánh 1

	Uốn nguội 90° D=3a	Độ cứng HBW	Các tính chất kéo ngang		Công va đập dọc theo rãnh chữ V Charpy (-40°C), J
			Độ bền kéo MPa	Độ giãn dài %	
Ví dụ 1	Qua	472	1435	14%	75
Ví dụ 2	Qua	483	1490	14%	71
Ví dụ 3	Qua	499	1505	14%	67
Ví dụ 4	Qua	515	1520	13%	69
Ví dụ 5	Qua	526	1565	13%	67
Ví dụ 6	Qua	542	1625	13%	63
Ví dụ 7	Qua	563	1680	13%	51
Ví dụ so sánh 1	-	Khoảng 400 (HRC43)	1250	10	-

Như có thể được nhìn thấy từ bảng 3, các thép tấm của các ví dụ từ 1 đến 7 của sáng chế thể hiện độ bền kéo nằm trong khoảng từ 1400 đến 1700MPa, độ giãn dài nằm trong khoảng từ 13% đến 14%, độ cứng Brinell nằm trong khoảng từ 470 đến 570HBW, và công va đập dọc theo rãnh chữ V Charpy ở -40°C nằm

trong khoảng từ 50 đến 80J. Điều này chỉ ra rằng các thép tấm theo sáng chế không chỉ khác biệt bởi độ bền cao, độ cứng cao, độ giãn dài tốt, không kể những cái khác, mà còn có độ dai va chạm ở nhiệt độ thấp tuyệt vời. Hiển nhiên là, các thép tấm theo sáng chế là ưu việt so qua ví dụ so sánh 1 xét về độ bền, độ cứng và độ giãn dài.

Fig.2 thể hiện cấu trúc tế vi của thép tấm theo ví dụ 3, cấu trúc tế vi này bao gồm martensit nhỏ và lượng nhỏ austenit dư và đảm bảo rằng thép tấm có các tính chất cơ học tốt.

Các cấu trúc tế vi tương tự thu được đối với các ví dụ khác.

Thử nghiệm 2: Thử nghiệm khả năng hàn

Các thép tấm chịu mòn theo sáng chế được chia thành năm nhóm và được thử nghiệm rạn nứt hành rãnh hình chữ Y theo phương pháp thử nghiệm rạn nứt khi hàn rãnh hình chữ Y (GB4675,1-84). Hình dạng và kích cỡ của mẫu thử nghiệm rạn nứt hàn rãnh hình chữ Y được thể hiện trên Fig.1.

Trước tiên, các mối hàn ràng buộc được tạo thành. Các mối hàn ràng buộc này được tạo thành bằng cách sử dụng các dây hàn JM-58 ($\Phi 1,2$) qua phương pháp hàn chắn khí giàu Ar. Trong khi hàn, sự méo góc của mẫu thí nghiệm được kiểm soát nghiêm ngặt. Sau khi hàn, mối hàn thực tế được tạo ra sau khi làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng. Mỗi hàn thực tế này được tạo ra ở nhiệt độ trong phòng. Sau 48 giờ từ khi mối hàn thực tế được hoàn thành, mối hàn được kiểm tra các vết vụn nứt bề mặt, các rạn nứt đoạn và các rạn nứt chân. Sau khi cắt ra, phương pháp nhuộm màu được sử dụng để kiểm tra tương ứng bề mặt, đoạn và chân của mối hàn. Điều kiện hàn là $170A \times 25V \times 160mm/phút$.

Các thép tấm hợp kim thấp chịu mòn có độ dai cao, độ bền siêu cao của các ví dụ từ 1 đến 7 theo sáng chế được thử nghiệm về khả năng hàn. Các kết quả thử nghiệm được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4: Các kết quả thử nghiệm khả năng hàn của các ví dụ từ 1 đến 7 của sáng chế

	Nhiệt độ gia nhiệt sơ bộ	Mẫu số	Tỷ lệ rạn nứt bề mặt %	Tỷ lệ rạn nứt chân %	Tỷ lệ rạn nứt phần %	Nhiệt độ môi trường	Độ ẩm tương đối
Ví dụ 1	76	1	0	0	0	28°C	66%
		2	0	0	0		
		3	0	0	0		
		4	0	0	0		
		5	0	0	0		
Ví dụ 2	97	1	0	0	0	31°C	59%
		2	0	0	0		
		3	0	0	0		
		4	0	0	0		
		5	0	0	0		
Ví dụ 3	106	1	0	0	0	26°C	62%
		2	0	0	0		
		3	0	0	0		
		4	0	0	0		
		5	0	0	0		
Ví dụ 4	115	1	0	0	0	25°C	61%
		2	0	0	0		
		3	0	0	0		
		4	0	0	0		
		5	0	0	0		
Ví dụ 5	137	1	0	0	0	35°C	66%
		2	0	0	0		
		3	0	0	0		
		4	0	0	0		
		5	0	0	0		
Ví dụ 6	153	1	0	0	0	29°C	63%
		2	0	0	0		
		3	0	0	0		
		4	0	0	0		
		5	0	0	0		
Ví dụ 7	175	1	0	0	0	33°C	65%
		2	0	0	0		
		3	0	0	0		
		4	0	0	0		
		5	0	0	0		

Như có thể được nhìn thấy từ bảng 4, không một thép tấm của các ví dụ từ 1 đến 7 của sáng chế thể hiện sự rạn nứt sau khi hàn dưới các điều kiện gia nhiệt sơ bộ, chỉ ra rằng các thép tấm chịu mòn theo sáng chế có khả năng hàn tốt.

Thử nghiệm 3: Thử nghiệm về tính chịu hàn

Thử nghiệm tính chịu hàn được tiến hành trên thiết bị thử nghiệm sự mài mòn ML-100. Mẫu được cắt theo trục của nó vuông góc với bề mặt của thép tấm, sao cho bề mặt ăn mòn của mẫu là bề mặt cán của thép tấm. Mẫu nếu cần được gia công thành xy lanh dạng bậc, trong đó kích cỡ của phần thử nghiệm là $\Phi 4\text{mm}$, và kích cỡ của phần giữ đối với đế là $\Phi 5\text{mm}$. Trước khi thử nghiệm, mẫu được rửa bằng cồn, được làm khô bằng máy thổi, và được cân trên cân có độ chính xác 1/10000 đối với trọng lượng mẫu mà được sử dụng làm trọng lượng ban đầu. Sau đó, mẫu được lắp vào đế mềm dẻo. Thử nghiệm được tiến hành bằng cách sử dụng giấy ráp 80 mắt ở tải trọng 42N. Sau khi thử nghiệm, do sự cọ xát giữa mẫu và giấy ráp, mẫu được khắc đường xoáy ốc trên giấy ráp. Độ dài của đường xoáy ốc được tính từ bán kính đầu và cuối của đường xoáy ốc theo công thức sau đây:

$$S = \frac{\pi (r_1^2 - r_2^2)}{a}$$

trong đó r_1 là bán kính ban đầu của đường xoáy ốc, r_2 là bán kính cuối của đường xoáy ốc, và a là tốc độ cấp của đường xoáy ốc. Trong mỗi thử nghiệm, mẫu được cân ba lần và lấy giá trị trung bình. Sau đó, sự tổn thất trọng lượng được tính, và sự tổn thất trọng lượng trên m được sử dụng để biểu hiện tỷ lệ ăn mòn (mg/M) của mẫu.

Thép tấm hợp kim thấp chịu mòn có độ dai cao, độ bền siêu cao của các ví dụ từ 1 đến 7 theo sáng chế được thử nghiệm về tính chịu hàn. Bảng 5 thể hiện các kết quả thử nghiệm ăn mòn của loại thép trong các ví dụ theo sáng chế và thép trong ví dụ so sánh 2 (độ cứng của thép tấm của ví dụ so sánh 2 là 450HBW).

Bảng 5: Các kết quả thử nghiệm ăn mòn của các ví dụ từ 1 đến 7 của sáng chế và ví dụ so sánh 2

Loại thép	Nhiệt độ thử nghiệm	Các điều kiện thử nghiệm ăn mòn	Tỷ lệ ăn mòn (mg/M)
Ví dụ 1	Nhiệt độ trong phòng	giấy ráp 80 mắt/ tải trọng 42N	8,112
Ví dụ 2	Nhiệt độ trong phòng	giấy ráp 80 mắt/ tải trọng 42N	7,892
Ví dụ 3	Nhiệt độ trong phòng	giấy ráp 80 mắt/ tải trọng 42N	7,667
Ví dụ 4	Nhiệt độ trong phòng	giấy ráp 80 mắt/ tải trọng 42N	7,308
Ví dụ 5	Nhiệt độ trong phòng	giấy ráp 80 mắt/ tải trọng 42N	7,002
Ví dụ 6	Nhiệt độ trong phòng	giấy ráp 80 mắt/ tải trọng 42N	6,796
Ví dụ 7	Nhiệt độ trong phòng	giấy ráp 80 mắt/ tải trọng 42N	6,503
Ví dụ so sánh 2	Nhiệt độ trong phòng	giấy ráp 80 mắt/ tải trọng 42N	9,625

Như có thể được nhìn thấy từ bảng 5, dưới các điều kiện ăn mòn này, thép tấm hợp kim thấp chịu mòn có độ dai cao, độ bền siêu cao theo sáng chế có tính chịu hàn tốt hơn thép tấm theo ví dụ so sánh 2.

Thép chịu mòn theo sáng chế kết hợp hàm lượng nhỏ của các nguyên tố như Nb, v.v. vào thành phần hóa học của nó ngoài C, Si, Mn và các nguyên tố tương tự, và bởi vậy khác biệt bởi hợp phần đơn giản, chi phí thấp, v.v.. Quy trình TMCP được sử dụng trong việc sản xuất theo sáng chế mà không cần quy trình làm nguội ngoại tuyến, quy trình ủ và các quy trình xử lý nhiệt khác, và bởi vậy khác biệt bởi thời gian sản xuất ngắn, hiệu quả sản xuất cao, sự tiêu thụ năng lượng giảm, chi phí sản xuất thấp, v.v.. Thép tấm chịu mòn theo sáng chế có độ bền cao, độ cứng cao và đặc biệt độ dai ở nhiệt độ thấp tốt. Cấu trúc tế vi của thép chịu mòn theo sáng chế chủ yếu bao gồm martensit nhỏ và austenit dư, trong đó đoạn thể tích của austenit dư là $\leq 5\%$. Thép chịu mòn có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 1400 đến 1700MPa, tốc độ giãn dài nằm trong khoảng từ

13 đến 14%, độ cứng Brinell nằm trong khoảng từ 470 đến 570HBW, và công va đập dọc theo rãnh chữ V Charpy ở nhiệt độ -40°C nằm trong khoảng từ 50 đến 80J. Do đó, sự hài hòa tốt giữa độ bền, độ cứng và độ dai của thép tấm chịu mòn là thỏa đáng. Do đó, thép tấm chịu mòn theo sáng chế thể hiện các lợi ích hiển nhiên.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thép tấm chịu mòn chứa các thành phần hóa học sau đây, tính theo phần trăm trọng lượng: C: nằm trong khoảng từ 0,22 đến 0,35%, Si: nằm trong khoảng từ 0,10 đến 0,40%, Mn: nằm trong khoảng từ 0,60 đến 1,35%, $P \leq 0,015\%$, $S \leq 0,010\%$, Nb: nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,040%, Al: nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,080%, B: nằm trong khoảng từ 0,0006 đến 0,0014%, Ti: nằm trong khoảng từ 0,005 đến 0,050%, Ca: nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0080%, $V \leq 0,080\%$, $Cr \leq 0,60\%$, $W \leq 1,00\%$, $N \leq 0,0080\%$, $O \leq 0,0060\%$, $H \leq 0,0004\%$, trong đó $0,025\% \leq Nb + Ti \leq 0,080\%$, $0,030\% \leq Al + Ti \leq 0,12\%$, và còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi.
2. Thép tấm chịu mòn theo điểm 1, trong đó C: nằm trong khoảng từ 0,23 đến 0,33%.
3. Thép tấm chịu mòn theo điểm 1 hoặc 2, trong đó Si: nằm trong khoảng từ 0,10 đến 0,35%,
4. Thép tấm chịu mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 3, trong đó Mn: nằm trong khoảng từ 0,65 đến 1,30%.
5. Thép tấm chịu mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 4, trong đó $P \leq 0,010\%$, $S \leq 0,005\%$, $V \leq 0,060\%$, $Cr \leq 0,40\%$, $W \leq 0,80wt\%$, $N \leq 0,0050\%$, $O \leq 0,0040\%$, $H \leq 0,0003\%$.
6. Thép tấm chịu mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 5, trong đó Nb: nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,035%.
7. Thép tấm chịu mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 6, trong đó Al: nằm trong khoảng từ 0,020 đến 0,060%.
8. Thép tấm chịu mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 7, trong đó B: nằm trong khoảng từ 0,0008 đến 0,0014%.
9. Thép tấm chịu mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 8, trong đó Ti: nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,045%.

10. Thép tấm chịu mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 9, trong đó Ca: nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0060%.

11. Thép tấm chịu mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 10, trong đó $0,035\% \leq \text{Nb} + \text{Ti} \leq 0,070\%$, $0,040\% \leq \text{Al} + \text{Ti} \leq 0,11\%$.

12. Thép tấm chịu mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 11, trong đó thép tấm này có các đặc tính sau: độ bền kéo nằm trong khoảng từ 1400 đến 1700MPa; độ giãn dài nằm trong khoảng từ 13% đến 14%; độ cứng Brinell nằm trong khoảng từ 470 đến 570HBW; và công va đập dọc theo rãnh chữ V Charpy ở nhiệt độ -40°C nằm trong khoảng từ 50 đến 80J.

13. Phương pháp sản xuất thép tấm chịu mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 12, bao gồm tuần tự các bước nấu chảy, đúc, gia nhiệt, cán và làm nguội trực tiếp sau khi cán, trong đó:

trong bước gia nhiệt, nhiệt độ gia nhiệt nằm trong khoảng từ 1000 đến 1200°C và thời gian giữ nằm trong khoảng từ 1 đến 2 giờ;

trong bước cán, nhiệt độ cán ban đầu nằm trong khoảng từ 950 đến 1150°C và nhiệt độ cán kết thúc nằm trong khoảng từ 800 đến 950°C; và

trong bước làm nguội trực tiếp sau khi cán, làm nguội bằng nước được sử dụng và nhiệt độ gián đoạn làm nguội nằm trong khoảng từ nhiệt độ phòng đến 300°C.

14. Phương pháp sản xuất thép tấm chịu mòn theo điểm 13, trong đó thời gian giữ là 2 giờ, nhiệt độ để gia nhiệt phơi tấm nằm trong khoảng từ 1000 đến 1150°C, nhiệt độ cán ban đầu nằm trong khoảng từ 950 đến 1100°C và nhiệt độ cán kết thúc nằm trong khoảng từ 800 đến 900°C, nhiệt độ gián đoạn làm nguội nằm trong khoảng từ nhiệt độ phòng đến 280°C.

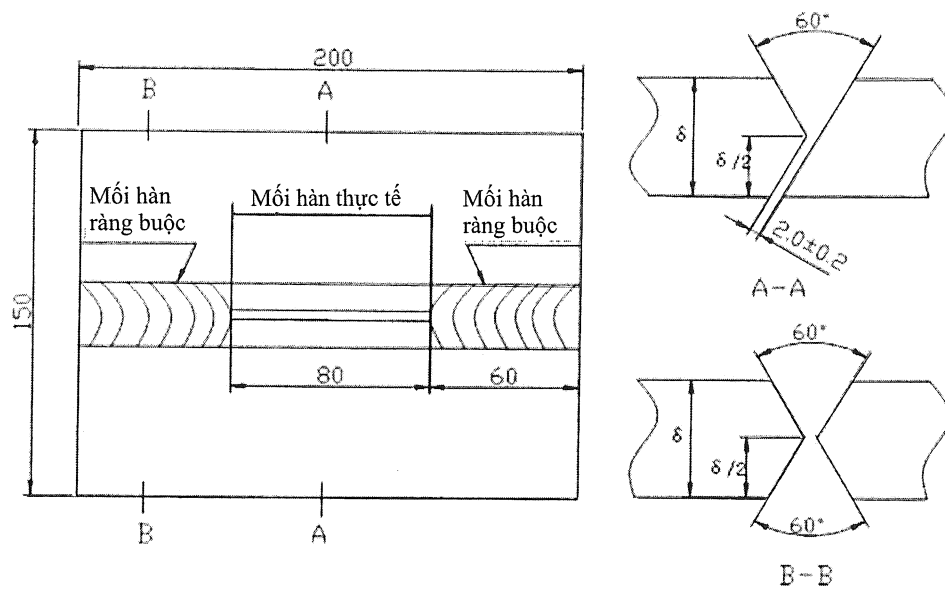


Fig.1

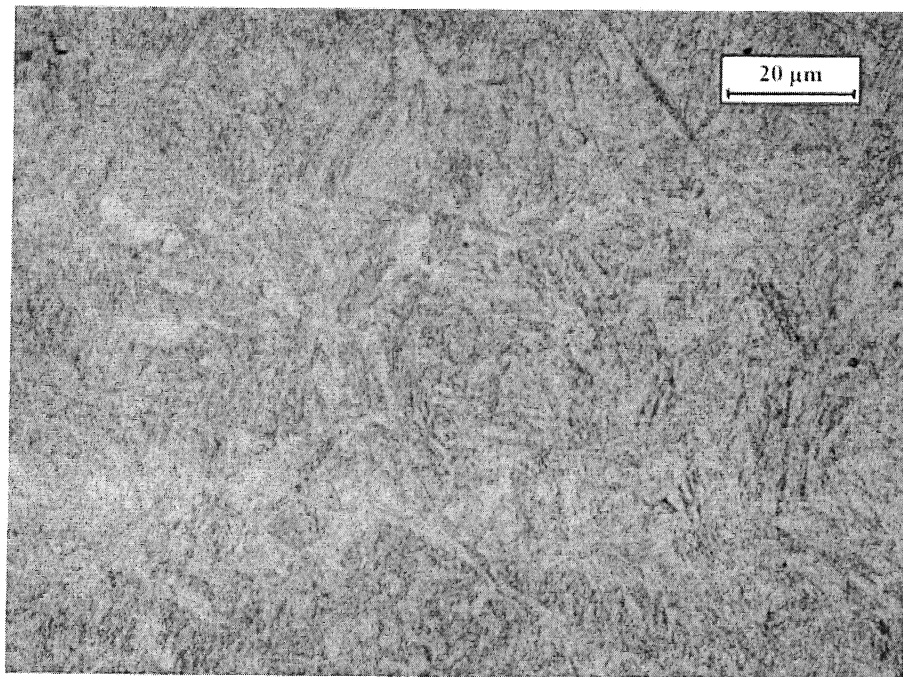


Fig.2