



(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)



1-0025936

(51)^{2016.01} C22C 38/00; C22C 38/50; C21C 7/068; (13) B
C21C 7/072

(21) 1-2015-01891 (22) 19/11/2013
(86) PCT/FI2013/051085 19/11/2013 (87) WO2014/080078 30/05/2014
(30) 20126212 20/11/2012 FI
(45) 26/10/2020 391 (43) 25/08/2015 329A
(73) OUTOKUMPU OYJ (FI)
Riihitontuntie 7, FI-02200 Espoo, Finland
(72) KELA, Juha (FI); KOSKINIEMI, Joni (FI); LEVONMAA, Raimo (FI).
(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT THÉP KHÔNG GỈ FERIT

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất thép không gỉ ferit có đặc tính ăn mòn và đặc tính tạo hình tấm rất tốt. Thép gồm có 0,003 đến 0,035% cacbon, từ 0,05 đến 1,0% silic, từ 0,1 đến 0,8% mangan, 20 đến 24% crom, 0,05 đến 0,8% niken, 0,003 đến 0,5% molypden, 0,2 đến 0,8% đồng, từ 0,003 đến 0,05% nitơ, 0,05 đến 0,8% titan, 0,05 đến 0,8% niobi, 0,03 đến 0,5% vanadi, nhỏ hơn 0,04% nhôm và tổng C+N nhỏ hơn 0,06 theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng, phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh được trong các điều kiện này, tỷ lệ $(Ti+Nb)/(C+N)$ bằng hoặc lớn hơn 8 và nhỏ hơn 40 và tỷ lệ $Ti_{eq}/C_{eq} = (Ti + 0,515*Nb + 0,940*V)/(C+0,858*N)$ bằng hoặc lớn hơn 6 và nhỏ hơn 40.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép không gỉ ferit ổn định có đặc tính chống ăn mòn tốt và đặc tính tạo hình tấm tốt.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Điểm quan trọng nhất trong việc phát triển thép không gỉ ferit là cách để kiểm soát các nguyên tố cacbon và nitơ. Các nguyên tố này phải được gắn kết vào các cacbua, nitrua hoặc cacbonitrua. Các nguyên tố được sử dụng theo kiểu gắn kết này được gọi là nguyên tố ổn định. Các nguyên tố ổn định phổ biến là niobi và titan. Các yêu cầu đối với việc ổn định cacbon và nitơ có thể được giảm bớt đối với thép không gỉ ferit, trong đó ví dụ hàm lượng cacbon rất thấp, nhỏ hơn 0,01% trọng lượng. Tuy nhiên, hàm lượng cacbon thấp này gây ra các yêu cầu cho quy trình sản xuất. Công nghệ sản xuất Argon-Oxy-Tách cacbon (Argon-Oxygen-Decarburization - AOD) thông thường đối với các thép không gỉ là không có nhiều tính thực tiễn bất kỳ và, do đó, ngày càng nhiều phương pháp sản xuất đắt đỏ được sử dụng, như công nghệ sản xuất Chân không-Oxy-Tách cacbon (Vacuum-Oxygen-Decarburization - VOD).

Bằng sáng chế châu Âu số 936280 đề cập đến thép không gỉ ferit được ổn định bằng titan và niobi có thành phần theo % trọng lượng, nhỏ hơn 0,025% cacbon, từ 0,2 đến 0,7% silic, từ 0,1 đến 1,0% mangan, từ 17 đến 21% crom, từ 0,07 đến 0,4% niken, từ 1,0 đến 1,25% molypden, nhỏ hơn 0,025% nitơ, từ 0,1 đến 0,2% titan, từ 0,2 đến 0,35% niobi, từ 0,045 đến 0,060% bo, từ 0,02 đến 0,04% (REM+hafini), phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh được. Theo bằng sáng chế châu Âu số 936280 này, đồng và molypden có tác dụng có lợi đối với sự chống ăn mòn nói chung và nói riêng và các kim loại đất hiếm (rare earth metals - REM) cầu hóa sulfua, do đó cải thiện tính dẫn và tính tạo hình. Tuy nhiên, molypden và REM là các nguyên tố đắt tiền mà làm cho việc sản xuất thép trở nên đắt đỏ.

Bằng sáng chế châu Âu số 1818422 mô tả thép không gỉ ferit được ổn định bằng niobi có trong số các chất khác nhỏ hơn 0,03% trọng lượng cacbon, từ 18 đến

22% trọng lượng crom, nhỏ hơn 0,03% trọng lượng nitơ và từ 0,2 đến 1,0% trọng lượng niobi. Theo bảng sáng chế châu Âu này, sự ổn định của cacbon và nitơ được thực hiện bằng cách chỉ sử dụng niobi.

Bảng sáng chế Mỹ số 7056398 mô tả thép không gỉ ferit được tạo thành từ cacbon siêu thấp bao gồm theo % trọng lượng nhỏ, hơn 0,01% cacbon, nhỏ hơn 1,0% silic, nhỏ hơn 1,5% mangan, từ 11 đến 23% crom, nhỏ hơn 1,0% nhôm, nhỏ hơn 0,04% nitơ, từ 0,0005 đến 0,01% bo, nhỏ hơn 0,3% vanadi, nhỏ hơn 0,8% niobi, nhỏ hơn 1,0% titan, trong đó $18 \leq \text{Nb}/(\text{C}+\text{N}) + 2(\text{Ti}/(\text{C}+\text{N})) \leq 60$. Trong quy trình sản xuất thép, cacbon được loại bỏ càng nhiều càng tốt và cacbon dung dịch-rắn được cố định dưới dạng cacbua bằng titan và niobi. Trong thép của bảng sáng chế Mỹ số 7056398, một phần titan được thay thế bằng vanadi và vanadi được bổ sung vào kết hợp với bo để cải thiện độ bền. Hơn nữa, bo tạo thành bo nitrua (BN) mà ngăn ngừa sự kết tủa của titan nitrua mà còn phá hỏng độ bền của thép. Thép của bảng sáng chế Mỹ số 7056398 được tập trung vào việc cải thiện tính chống giòn thay vì tính chống ăn mòn và khuyến cáo sử dụng lớp sơn phủ bảo vệ.

Đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế châu Âu số 2163658 mô tả thép không gỉ ferit có tính chống ăn mòn sulfat chứa nhỏ hơn 0,02% cacbon, từ 0,05 đến 0,8% silic, nhỏ hơn 0,5% mangan, từ 20 đến 24% crom, nhỏ hơn 0,5% niken, từ 0,3 đến 0,8% đồng, nhỏ hơn 0,02% nitơ, từ 0,20 đến 0,55% niobi, nhỏ hơn 0,1% nhôm và phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh được. Trong thép không gỉ ferit này, chỉ có niobi được sử dụng trong việc ổn định cacbon và nitơ.

Đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế châu Âu số 2182085 đề cập đến thép không gỉ ferit có khả năng gia công siêu đục lỗ mà không cần phải tạo ra các gờ ráp. Thép chứa từ 0,003 đến 0,012% carbon, nhỏ hơn 0,13% silic, nhỏ hơn 0,25% mangan, từ 20,5 đến 23,5% crom, nhỏ hơn 0,5% niken, từ 0,3 đến 0,6% đồng, từ 0,003 đến 0,012% nitơ, từ 0,3 đến 0,5% niobi, từ 0,05 đến 0,15% titan, nhỏ hơn 0,06% nhôm theo % trọng lượng, phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh được. Hơn nữa, tỷ lệ Nb/Ti được chứa trong cacbonitrua phức hợp NbTi có mặt trong các đường biên hạt tinh thể ferit là nằm trong khoảng 1 đến 10. Ngoài ra, thép không gỉ ferit của đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế châu Âu số 2182085 bao gồm nhỏ hơn 0,001% bo, nhỏ hơn 0,1% molybden,

nhỏ hơn 0,05% vanadi và nhỏ hơn 0,01% canxi. Cũng cần phải nói rằng khi hàm lượng cacbon lớn hơn 0,012%, thì không thể ngăn ngừa việc tạo ra crom cacbua và tính chống ăn mòn bị giảm và khi nhiều hơn 0,05% vanadi được bổ sung vào thì thép cứng và kết quả là, khả năng gia công bị giảm.

Thép không gỉ ferit có tính chống ăn mòn tốt cũng được mô tả trong đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Mỹ số 2009056838 có thành phần chứa nhỏ hơn 0,03% cacbon, nhỏ hơn 1,0% silic, nhỏ hơn 0,5% mangan, từ 20,5 đến 22,5% crom, nhỏ hơn 1,0% niken, từ 0,3 đến 0,8% đồng, nhỏ hơn 0,03% nitơ, nhỏ hơn 0,1% nhôm, nhỏ hơn 0,01% niobi, $(4 \times (C+N)\% < \text{titan} < 0,35\%)$, $(C+N)$ nhỏ hơn 0,05% và phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh được. Theo đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Mỹ số 2009056838 thì niobi không được sử dụng, do niobi làm tăng nhiệt độ tái kết tinh, gây ra việc ủ không đủ ở dây truyền ủ tốc độ cao của tấm được cán nguội. Ngược lại, titan là nguyên tố chủ yếu được bổ sung vào để làm tăng khả năng tạo lỗ và do đó cải thiện tính chống ăn mòn. Vanadi có tác dụng ngăn ngừa việc xuất hiện sự ăn mòn giữa các hạt ở vùng hàn. Do đó, vanadi được bổ sung vào theo cách tùy ý nằm trong khoảng 0,01 đến 0,5%.

Công bố đơn quốc tế số WO2010016014 mô tả thép không gỉ ferit có tính kháng ưu việt với tính giòn của hydro và bề gãy ăn mòn ứng suất. Thép chứa nhỏ hơn 0,015% cacbon, nhỏ hơn 1,0% silic, nhỏ hơn 1,0% mangan, từ 20 đến 25% crom, nhỏ hơn 0,5% niken, nhỏ hơn 0,5% molybden, nhỏ hơn 0,5% đồng, nhỏ hơn 0,015% nitơ, nhỏ hơn 0,05% nhôm, nhỏ hơn 0,25% niobi, nhỏ hơn 0,25% titan, và còn nhỏ hơn 0,20% nguyên liệu đất hiếm, tantali, phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh được. Việc bổ sung hàm lượng ở mức cao của niobi và/hoặc tantali làm vững chắc cấu trúc tinh thể và, do đó, tổng $(Ti+Nb+Ta)$ nằm trong khoảng 0,2 đến 0,5%. Ngoài ra, để ngăn ngừa tính giòn của hydro, tỷ lệ của $(Nb+\frac{1}{2}Ta)/Ti$ là cần phải nằm trong khoảng 1 đến 2.

Công bố đơn quốc tế số WO2012046879 đề cập đến thép không gỉ ferit được sử dụng cho thiết bị tách của pin nhiên liệu màng trao đổi proton. Màng oxy hóa chống gỉ được tạo thành trên bề mặt của thép không gỉ bằng cách nhúng thép không gỉ vào dung dịch chủ yếu chứa axit flohydric hoặc hỗn hợp dạng lỏng của axit flohydric và axit

nitric. Thép không gỉ ferit chứa cacbon, silic, mangan, nhôm, nito, crom và molypden ngoài sắt làm các nguyên tố hợp kim cần thiết. Tất cả các nguyên tố hợp kim khác được mô tả trong công bố đơn quốc tế số WO 2012046879 là tùy ý. Như được mô tả trong các ví dụ của công bố đơn quốc tế này, thép không gỉ ferit có hàm lượng cacbon thấp được tạo ra bằng cách nấu chảy chân không mà là phương pháp sản xuất rất đắt tiền.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là khắc phục một số nhược điểm của giải pháp kỹ thuật đã biết và đạt được thép không gỉ ferit có đặc tính chống ăn mòn tốt và đặc tính tạo hình tấm tốt, mà thép được ổn định bằng niobi, titan và vanadi và được sản xuất bằng cách sử dụng công nghệ Agon-Oxy-Tách cacbon. Các dấu hiệu chủ yếu của sáng chế được liệt kê trong các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

Thành phần hóa học của thép không gỉ ferit theo sáng chế gồm có nhỏ hơn 0,035% cacbon (C), nhỏ hơn 1,0% silic (Si), nhỏ hơn 0,8% mangan (Mn), từ 20 đến 24% crom (Cr), nhỏ hơn 0,8% niken (Ni), nhỏ hơn 0,5% molypden (Mo), nhỏ hơn 0,8% đồng (Cu), nhỏ hơn 0,05% nito (N), nhỏ hơn 0,8% titan (Ti), nhỏ hơn 0,8% niobi (Nb), nhỏ hơn 0,5% vanadi (V), nhỏ hơn 0,04% nhôm theo % trọng lượng, phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh được chứa trong thép không gỉ, trong các điều kiện mà tổng của (C+N) nhỏ hơn 0,06% và tỷ lệ $(Ti+Nb)/(C+N)$ bằng hoặc lớn hơn 8, và nhỏ hơn 40, ít nhất là nhỏ hơn 25 và tỷ lệ $(Ti + 0,515*Nb + 0,940*V)/(C+0,858*N)$ bằng hoặc lớn hơn 6, và nhỏ hơn 40, ít nhất là nhỏ hơn 20. Có lợi là, thép không gỉ ferit theo sáng chế được sản xuất bằng cách sử dụng công nghệ Agon-Oxy-Tách cacbon.

Mô tả chi tiết sáng chế

Hiệu quả và hàm lượng theo % trọng lượng, trừ phi có quy định khác, của mỗi nguyên tố hợp kim được thảo luận sau đây:

Cacbon (C) làm giảm độ giãn và trị số r và tốt hơn là, cacbon được loại bỏ càng nhiều càng tốt trong quy trình sản xuất thép. Cacbon dung dịch-rắn được cố định dưới

dạng cacbua bằng titan, niobi và vanadi như được mô tả sau đây. Hàm lượng cacbon được giới hạn đến 0,035%, tốt hơn là 0,03%, nhưng có ít nhất 0,003% cacbon.

Silic (Si) được sử dụng để khử crom từ xỉ trở lại nóng chảy. Một số phần còn lại của silic trong thép cần phải đảm bảo rằng việc khử được thực hiện tốt. Do đó, hàm lượng silic nhỏ hơn 1,0%, nhưng ít nhất bằng 0,05%, tốt hơn là nằm trong khoảng 0,05 đến 0,7%.

Mangan (Mn) làm giảm tính chống ăn mòn của thép không gỉ ferit bằng cách tạo thành mangan sulfua. Với hàm lượng lưu huỳnh (S) thấp thì hàm lượng mangan nhỏ hơn 0,8%, tốt hơn là nhỏ hơn 0,65%, nhưng ít nhất bằng 0,10%. Khoảng ưu tiên hơn nằm trong khoảng từ 0,10 đến 0,65% mangan.

Crom (Cr) làm tăng cường tính chống oxy hóa và tính chống ăn mòn. Để đạt được tính chống ăn mòn so với thép loại EN 1.4301 thì hàm lượng crom phải nằm trong khoảng từ 20 đến 24%, tốt hơn nằm trong khoảng từ 20 đến 21,5%.

Niken (Ni) là nguyên tố ưu tiên góp phần vào sự cải thiện độ bền, nhưng niken dễ bị bẻ gãy ăn mòn ứng suất (SCC). Để xem xét các tác dụng này, hàm lượng niken nhỏ hơn 0,8%, tốt hơn là nhỏ hơn 0,5% sao cho hàm lượng niken ít nhất bằng 0,05%.

Molypden (Mo) làm tăng tính chống ăn mòn nhưng làm giảm độ giãn với vết nứt. Hàm lượng molypden nhỏ hơn 0,5%, tốt hơn là nhỏ hơn 0,2%, nhưng ít nhất bằng 0,003%.

Đồng (Cu) làm tăng tính chống ăn mòn trong các dung dịch axit, nhưng hàm lượng đồng cao có thể có hại. Do đó, hàm lượng đồng nhỏ hơn 0,8%, tốt hơn là nhỏ hơn 0,5%, nhưng ít nhất bằng 0,2%.

Nitơ (N) làm giảm độ giãn với vết nứt. Hàm lượng nitơ nhỏ hơn 0,05%, tốt hơn là nhỏ hơn 0,03%, nhưng ít nhất bằng 0,003%.

Nhôm (Al) được sử dụng để loại bỏ oxy ra khỏi phần nóng chảy. Hàm lượng nhôm nhỏ hơn 0,04%.

Titan (Ti) là rất hữu dụng do nguyên tố này tạo thành titan nitrua với nitơ ở nhiệt độ rất cao. Titan nitrua ngăn ngừa sự phát triển của hạt trong quá trình ủ và hàn. Hàm lượng titan nhỏ hơn 0,8%, nhưng ít nhất bằng 0,05%, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,40%.

Niobi (Nb) được sử dụng đến một số phạm vi để gắn kết cacbon với niobi cacbua. Với niobi, nhiệt độ tái kết tinh có thể được kiểm soát. Niobi là nguyên tố đắt tiền nhất trong số các nguyên tố ổn định được chọn, titan, vanadi và niobi. Hàm lượng niobi nhỏ hơn 0,8%, nhưng ít nhất bằng 0,05%, tốt hơn nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,40%.

Vanadi (V) tạo thành cacbua và nitrua ở nhiệt độ thấp hơn. Các kết tủa này là nhỏ và phần lớn chúng thường nằm trong các hạt. Lượng vanadi cần cho việc ổn định cacbon chỉ bằng khoảng một nửa lượng niobi cần cho sự ổn định cacbon tương tự. Điều này là do trọng lượng nguyên tử của vanadi chỉ bằng khoảng một nửa trọng lượng nguyên tử của niobi. Do vanadi rẻ hơn so với niobi nên vanadi là sự lựa chọn mang tính kinh tế. Vanadi cũng làm tăng độ bền của thép. Hàm lượng vanadi nhỏ hơn 0,5%, nhưng ít nhất bằng 0,03%, tốt hơn nằm trong khoảng từ 0,03 đến 0,20%.

Nhờ sử dụng tất cả ba nguyên tố ổn định này, titan, niobi và vanadi trong thép không gỉ ferit theo sáng chế, nên có thể đạt được lưới nguyên tử, mà tự do về mặt kỹ thuật theo thực tế. Điều đó có nghĩa rằng hầu như tất cả các nguyên tử cacbon và nito được gắn với các nguyên tố ổn định.

Một số hợp kim thép không gỉ được sản xuất để thử nghiệm thép không gỉ ferit theo sáng chế. Trong quá trình sản xuất, mọi hợp kim bị nóng chảy, đúc và được cán nóng. Khuôn được cán nóng còn được ủ và ngâm trước khi cán nguội. Sau đó, tấm được cán nguội ở độ dày cuối cùng được ủ và ngâm lại một lần nữa. Bảng 1 còn chứa các thành phần hóa học của các vật liệu tham khảo EN 1,4301 và EN 1,4404.

Hợp kim	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb	Cu	V	Al	N
A	0,014	0,31	0,34	0,006	0,004	21,0	0,21	<0,01	0,26	0,22	0,41	0,01	0,010	0,019
B	0,021	0,46	0,29	0,005	0,003	20,9	0,20	<0,01	0,21	0,23	0,41	0,01	0,011	0,023
C	0,022	0,46	0,51	0,006	0,004	21,1	0,20	<0,01	0,32	0,12	0,42	0,01	0,016	0,019
D	0,021	0,47	0,31	0,006	0,003	20,9	0,20	<0,01	0,11	0,34	0,42	0,01	0,010	0,024
E	0,035	0,48	0,31	0,005	0,004	21,0	0,20	<0,01	0,20	<0,01	0,42	0,13	0,010	0,023
F	0,021	0,45	0,31	0,005	0,003	21,0	0,20	<0,01	0,16	<0,01	0,42	0,12	0,011	0,024
G	0,024	0,48	0,52	0,006	0,004	21,0	0,20	<0,01	0,02	0,11	0,41	0,15	0,040	0,024
H	0,019	0,60	0,35	0,040	0,003	20,8	0,21	0,02	0,15	0,25	0,33	0,07	0,012	0,024
I	0,0211	0,41	0,38	0,005	0,004	20,9	0,20	<0,01	0,08	0,41	0,40	0,08	0,050	0,0179
J	0,022	0,43	0,40	0,006	0,003	21,1	0,80	<0,01	0,07	0,38	0,42	0,21	0,046	0,0213
K	0,023	0,44	0,32	0,006	0,003	21,0	0,20	<0,01	0,09	0,25	0,42	0,31	0,019	0,0202
L	0,019	0,45	0,38	0,032	-	20,812	0,23	0,02	0,12	0,25	0,38	0,07	0,010	0,023
EN 1,4301	0,04	0,4	1,4	0,03	0,001	18,2	8,1	0,2	0,01	0	0,4	0	0,002	0,04
EN 1,4404	0,02	0,5	1,7	0,03	0,001	17,0	10,1	2,0	0,01	0	0,4	0	0,002	0,04

Bảng 1: Các thành phần hóa học

Dựa vào bảng 1, các tác giả sáng chế đã thấy rằng các hợp kim A, B, C và D được ổn định kép bằng titan và niobi. Các hợp kim A và B hầu như có lượng titan và niobi cân bằng. Hợp kim C có nhiều titan hơn so với niobi, trong khi hợp kim D có nhiều niobi hơn so với titan. Các hợp kim E, F, G và H cũng chứa vanadi ngoài titan và niobi, các hợp kim E và F chỉ có lượng niobi nhỏ và hợp kim G chỉ có hàm lượng titan nhỏ. Các hợp kim được ổn định ba lần bằng titan, niobi và vanadi theo sáng chế là các hợp kim từ H đến L.

Do sự chống ăn mòn là đặc tính quan trọng nhất của thép không gỉ, nên khả năng ăn mòn rỗ của tất cả các hợp kim được liệt kê trong bảng 1 được xác định một cách tiềm năng. Các hợp kim được nghiền ướt bằng mắt lưới 320 và được phép mạ lại trong không khí ở nhiệt độ môi trường trong ít nhất là 24 giờ. Các phép đo khả năng rỗ được thực hiện trong dung dịch NaCl 1,2% trọng lượng được nạp tự nhiên (0,7% trọng lượng Cl⁻, 0,2M NaCl) ở nhiệt độ trong phòng khoảng 22°C. Các đường cong phân cực được ghi chép ở 20mV/phút sử dụng các ô cổng được đội tự do ở khe (các ô Avesta được mô tả trong ASTM G150) với diện tích hoạt động điện hóa khoảng 1cm². Các lá platin nhằm mục đích làm các điện cực đếm. Các điện cực calomel bão hoà KCl (saturated calomel electrodes - SCE) được sử dụng làm các điện cực đối chứng. Trị số trung bình của sáu cách đo khả năng rỗ thùng với mỗi hợp kim được tính toán và liệt kê trong bảng 2.

Để xác nhận rằng độ ổn định chống ăn mòn giữa các hạt là thành công, các hợp kim được đưa vào thử nghiệm Strauss theo EN ISO 3651-2:1998-08: Xác định tính chống ăn mòn giữa các hạt của các thép không gỉ - Phần 2: Thử nghiệm ăn mòn của các thép không gỉ ferit, austenit và ferit-austenit (kép) trong các môi trường chứa axit sulfuric. Các kết quả của các thử nghiệm này được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2 cũng bao gồm các kết quả tương ứng với các vật liệu đối chứng EN 1,4301 và 1,4404.

Hợp kim	Khả năng ăn mòn, mV	Nhạy hóa
A	480	không
B	476	không
C	487	không
D	459	không
E	576	không
F	620	không
G	223	có
H	645	không
I	524	không
J	566	không
K	567	không
L	672	không
Đối chứng EN 1,4301	451	không
Đối chứng EN 1,4404	550	không

Bảng 2: Khả năng và nhạy hóa rỗ

Các kết quả đối với khả năng ăn mòn trong bảng 2 thể hiện rằng thép không gỉ ferit theo sáng chế có tính chống ăn mòn rỗ tốt hơn các thép đối chứng EN 1,4301 và EN 1,4404. Hơn nữa, không có sự nhạy hóa với các hợp kim theo sáng chế. Hợp kim G nằm ngoài sáng chế này, bởi vì hợp kim G không đạt yêu cầu ăn mòn theo sáng chế. Hợp kim G dưới sự ổn định.

Độ bền cong $R_{p0,2}$, độ bền kéo R_m cũng như độ giãn dẫn đến nứt gãy (A_{50}) được xác định với thép không gỉ ferit theo sáng chế trong các thử nghiệm cơ học với các hợp kim của bảng 1. Các kết quả được thể hiện trong bảng 3:

Hợp kim	Rp0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Độ giãn (A ₅₀)%
A	352	490	27
B	313	475	28
C	319	473	30
D	316	485	28
E	358	488	28
F	365	481	30
H	350	515	31
I	334	498	28
J	361	509	26
K	324	492	29
L	332	485	32
Đối chứng EN 1,4301	240	540	>45

Bảng 3: Các kết quả với thử nghiệm cơ học

Các kết quả trong bảng 3 thể hiện rằng các hợp kim từ H đến L có độ ổn định với niobi, titan và vanadi theo sáng chế có các trị số tốt hơn trong các hợp kim được thử nghiệm với các đặc tính cơ học được thử nghiệm so với các hợp kim từ A đến F, mà không theo sáng chế. Điều này được thể hiện, ví dụ, khi sức bền kéo được kết hợp với độ giãn dẫn đến nứt gãy. Hơn nữa, các kết quả thử nghiệm của bảng 3 thể hiện rằng sức bền kéo và độ giãn dẫn nứt gãy vật liệu đối chứng EN 1,4301 là cao hơn các trị số tiêu biểu với thép không gỉ ferit. Lý do là dựa trên kiểu mạng nguyên tử khác nhau. Mạng thép đối chứng được gọi là mạng khối lập phương tâm mặt (face centred cubic-FCC) và mạng thép không gỉ được gọi là mạng khối lập phương tâm thân (body centred cubic-BCC). Mạng FCC “luôn” có độ giãn tốt hơn mạng BCC.

Thép không gỉ ferit theo sáng chế cũng đã được thử nghiệm để xác định các trị số ở các đặc tính tạo hình tấm mà rất quan trọng trong nhiều ứng dụng tấm mỏng. Với các đặc tính tạo hình tấm, đã thực hiện thử nghiệm mô phỏng tạo hình tấm với độ giãn

đồng nhất (A_g) và trị số r . Độ giãn đồng nhất tương quan với khả năng kéo giãn tấm, và trị số r tương quan với các khả năng kéo sâu. Độ giãn đồng nhất và các trị số r được đo bằng thử nghiệm sức kéo. Các kết quả của các thử nghiệm được thể hiện trong bảng 4:

Hợp kim	Độ giãn đồng nhất (A_g)%	Trị số r
A	18,9	1,82
B	19,0	1,75
C	18,5	1,75
D	18,6	2,05
E	18,4	2,09
F	18,6	1,91
H	19,1	2,44
I	18,8	1,82
J	17,0	1,81
K	18,0	1,89
L	19,1	2,55
EN 1,4301 tham khảo	>40	1,1

Bảng 4: Các đặc tính tạo hình tấm

Các kết quả trong bảng 4 thể hiện rằng các hợp kim H và L có độ giãn đồng nhất dài nhất và trị số r cao nhất, khi các hợp kim này được so sánh với các hợp kim thử nghiệm khác. Mặc dù vật liệu tham khảo EN 1,4301 có độ giãn đồng nhất tốt hơn các hợp chất được thử nghiệm, EN 1,4301 có trị số r yếu hơn nhiều so với tất cả các hợp kim được thử nghiệm.

Khi sử dụng niobi, titan và vanadi trong việc ổn định các nguyên tố hơ cacbon và nitơ trong thép không gỉ ferit theo sáng chế, các hợp chất mà được tạo ra trong quá trình ổn định, như titan cacbua (TiC), titan nitrit (TiN), niobi cacbua (NbC), niobi nitrit (NbN), vanadi cacbua (VC) và vanadi nitrit (VN). Trong việc ổn định này, đã sử dụng

công thức đơn giản để đánh giá lượng và hiệu quả ổn định cũng như vai trò của các nguyên tố ổn định khác nhau.

Mối quan hệ giữa các nguyên tố ổn định titan, niobi và vanadi được xác định bằng công thức (1) với đương lượng ổn định (Ti_{eq}), trong đó hàm lượng của mỗi nguyên tố là theo % trọng lượng:

$$Ti_{eq} = Ti + 0,515 \cdot Nb + 0,940 \cdot V \quad (1).$$

Một cách tương ứng, mối quan hệ giữa các nguyên tố hử, cacbon và nitơ được xác định bằng công thức (2) với đương lượng hử (C_{eq}), trong đó các hàm lượng của cacbon và nitơ là theo % trọng lượng:

$$C_{eq} = C + 0,858 \cdot N \quad (2).$$

Tỷ lệ Ti_{eq}/C_{eq} được sử dụng làm một yếu tố để xác định khinh hướng nhạy hóa, và tỷ lệ Ti_{eq}/C_{eq} bằng hoặc lớn hơn 6 và tỷ lệ $(Ti+Nb)/(C+N)$ bằng hoặc lớn hơn 8 với thép không gỉ ferit theo sáng chế để tránh nhạy hóa.

Các trị số với tỷ lệ Ti_{eq}/C_{eq} với các hợp kim từ A đến H cũng như với tỷ lệ $(Ti+Nb)/(C+N)$ được tính toán trong bảng 5.

Hợp kim	Ti_{eq}/C_{eq}	$(Ti+Nb)/(C+N)$
A	12,8	14,5
B	8,4	10,0
C	10,3	10,7
D	7,0	10,0
E	6,0	3,6
F	6,8	3,8
G	4,9	2,7
H	8,8	9,3
I	10,3	12,9
J	11,5	10,4
K	12,6	8,0
L	8,1	8,7

Bảng 5: Các trị số với Ti_{eq}/C_{eq} và $(Ti+Nb)/(C+N)$

Các trị số của bảng 5 thể hiện rằng các hợp kim từ H đến L, được ổn định ba lần bằng niobi, titan và vanadi theo sáng chế, có các trị số ưu tiên với tỷ lệ Ti_{eq}/C_{eq} và $(Ti+Nb)/(C+N)$. Thay vào đó, ví dụ, hợp kim G, mà được làm nhậy theo bảng 2, có các trị số không ưu tiên với cả tỷ lệ Ti_{eq}/C_{eq} và $(Ti+Nb)/(C+N)$.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất thép không gỉ ferit có đặc tính ăn mòn và đặc tính tạo hình tấm rất tốt, khác biệt ở chỗ, thép này gồm có 0,003 đến 0,035% cacbon, 0,05 đến 1,0% silic, 0,1 đến 0,8% mangan, 20 đến 21,5% crom, 0,05 đến 0,8% niken, 0,003 đến 0,5% molybden, 0,2 đến 0,8% đồng, 0,003 đến 0,05% nitơ, 0,05 đến 0,8% titan, 0,05 đến 0,8% niobi, 0,03 đến 0,5% vanadi, nhỏ hơn 0,04% nhôm, và nhỏ hơn 0,06% tổng C+N, và phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh được trong các điều kiện này,

$(\text{Ti}+\text{Nb})/(\text{C}+\text{N})$ có tỷ lệ bằng hoặc lớn hơn 8 và nhỏ hơn 40, và

tỷ lệ $\text{Ti}_{\text{eq}}/\text{C}_{\text{eq}} = (\text{Ti} + 0,515*\text{Nb} + 0,940*\text{V})/(\text{C} + 0,858*\text{N})$ bằng hoặc lớn hơn 6 và nhỏ hơn 40,

phương pháp này còn khác biệt ở chỗ thép được sản xuất bằng cách sử dụng công nghệ Argon-Oxy-Tách cacbon (Argon-Oxygen-Decarburization - AOD).

2. Phương pháp sản xuất thép không gỉ ferit theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, hàm lượng cacbon nhỏ hơn 0,03% trọng lượng, và ít nhất bằng 0,003% trọng lượng.

3. Phương pháp sản xuất thép không gỉ ferit theo điểm 1 hoặc 2, khác biệt ở chỗ, hàm lượng silic nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,7% trọng lượng.

4. Phương pháp sản xuất thép không gỉ ferit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, khác biệt ở chỗ, hàm lượng mangan nhỏ hơn 0,65% trọng lượng.

5. Phương pháp sản xuất thép không gỉ ferit theo điểm 4, khác biệt ở chỗ, hàm lượng mangan từ 0,1 đến 0,65% trọng lượng.

6. Phương pháp sản xuất thép không gỉ ferit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, khác biệt ở chỗ, hàm lượng niken nhỏ hơn 0,5% trọng lượng, và ít nhất bằng 0,05%.

7. Phương pháp sản xuất thép không gỉ ferit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, khác biệt ở chỗ, hàm lượng molybden nằm trong khoảng từ 0,003 đến 0,2% trọng lượng.

8. Phương pháp sản xuất thép không gỉ ferit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, khác biệt ở chỗ, hàm lượng đồng nhỏ hơn 0,5% trọng lượng, và ít nhất bằng 0,2% trọng lượng.
9. Phương pháp sản xuất thép không gỉ ferit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, khác biệt ở chỗ, hàm lượng nito nhỏ hơn 0,03% trọng lượng, và ít nhất bằng 0,003%.
10. Phương pháp sản xuất thép không gỉ ferit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, khác biệt ở chỗ, hàm lượng titan nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,40% trọng lượng.
11. Phương pháp sản xuất thép không gỉ ferit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10, khác biệt ở chỗ, hàm lượng niobi nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,40% trọng lượng.
12. Phương pháp sản xuất thép không gỉ ferit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11, khác biệt ở chỗ, hàm lượng vanadi nằm trong khoảng từ 0,03 đến 0,20% trọng lượng.
13. Phương pháp sản xuất thép không gỉ ferit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 12, khác biệt ở chỗ, tỷ lệ $(Ti+Nb)/(C+N)$ bằng hoặc lớn hơn 8 và nhỏ hơn 25.
14. Phương pháp sản xuất thép không gỉ ferit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 13, khác biệt ở chỗ, tỷ lệ $Ti_{eq}/C_{eq} = (Ti + 0,515*Nb + 0,940*V)/(C+0,858*N)$ bằng hoặc lớn hơn 6 và nhỏ hơn 20.