



(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)



1-0033558

(51)⁷ C22C 38/46; C22C 38/54; C22C 38/00 (13) B

(21) 1-2012-00428

(22) 20/07/2010

(86) PCT/IB2010/001759 20/07/2010

(87) WO2011/010206 27/01/2011

(30) 09290581.9 22/07/2009 EP

(45) 25/10/2022 415

(43) 25/05/2012 290A

(73) 1. ARCELORMITTAL INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO SL (ES)

CL/Chavarri, 6 E-48910 Sestao, Bizkaia, Spain

2. CENTRO SVILUPPO MATERIALI S.P.A. (IT)

Via di Castel Romano, 100 I-00128 Roma, Italy

3. NETHERLANDS ORGANIZATION FOR APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH (TNO) (NL)

P.O. Box 6072, NL-2600 JA Delft, Netherlands

(72) BONNEFOIS Bernard (FR); FANICA Amélie (FR); COUDREUSE Lionel (FR);
ORIANA Tassa (IT); VAN WORTEL Johannes Cornelis (NL).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) TẤM THÉP CÁN NÓNG HOẶC CHI TIẾT RÈN CÁN NÓNG ĐƯỢC LÀM BẰNG THÉP AUSTENIT CHỊU ĐƯỢC NÚT DO CHÙNG ỨNG SUẤT

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nóng hoặc chi tiết rèn cán nóng được làm bằng thép austenit chịu được nứt do chùng ứng suất, có thành phần tính theo phần trăm khối lượng như sau: $0,019\% \leq C \leq 0,030\%$, $0,5\% \leq Mn \leq 2\%$, $0,1\% \leq Si \leq 0,75\%$, $Al \leq 0,25\%$, $18\% \leq Cr \leq 25\%$, $12\% \leq Ni \leq 20\%$, $1,5\% \leq Mo \leq 3\%$, $0,001\% \leq B \leq 0,008\%$, $0,25\% \leq V \leq 0,35\%$, $0,23\% \leq N \leq 0,27\%$, phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh được trong đó: $Ni(\text{tương đương}) \geq 1,11$, $Cr(\text{tương đương}) - 8,24$, với $Cr(\text{eq}) = Cr + Mo + 1,5Si + 5V + 3Al + 0,02$, $Ni(\text{eq}) = Ni + 30C + x(N - 0,045) + 0,87$ với $x = 30$ khi $N \leq 0,2$, $x = 22$ khi $0,2 < N \leq 0,25$, $x = 20$ khi $0,25 < N \leq 0,35$.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép chịu nhiệt austenit và sử dụng thép này để chế tạo các thiết bị như thiết bị phản ứng, chi tiết rèn và ống dẫn vận hành ở nhiệt độ trên 550°C. Cụ thể, sáng chế đề cập đến thép chịu được nứt do chùng ứng suất.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các ngành công nghiệp khác nhau, như công nghiệp hóa chất, đang sử dụng các loại thép chịu nhiệt để chế tạo các thiết bị vận hành ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 550°C đến 900°C, thường xuyên dưới áp suất cao. Cơ chế lão hóa chính ở nhiệt độ này là rão, tác động hoá học/oxy hóa và nứt do chùng ứng suất. Hai cơ chế lão hóa đầu đã được nghiên cứu kỹ lưỡng và có tính đến các quy chuẩn xây dựng. Các chất liệu như thép AISI 304H (có các thành phần hợp kim chính là: 18-20% Cr, 8-10,5% Ni), AISI 316H (16-18% Cr, Ni 10-14%, 2-3% Mo), 800H (19-23% Cr, 30-35% Ni) có độ bền chống đứt gãy do rão cao. Về mặt này, hợp kim 800H được ưa chuộng vì nó có độ bền chống đứt gãy cao ở nhiệt độ nằm khoảng 550-950°C. Tuy nhiên, hợp kim 800H là đắt tiền do nó chứa hàm lượng niken cao. Ngoài ra, ba hợp kim nêu trên dễ bị nứt do chùng ứng suất (SRC). Hiện tượng nứt này xảy ra ở giữa vùng các hạt (tinh thể), tức là ở các biên hạt. Hiện tượng này không xảy ra khi các hợp kim này được xử lý nhiệt để làm giảm các ứng suất dư. Đã thấy rằng việc xử lý nhiệt ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 875 đến 980°C có tác dụng giúp tránh được SRC. Tuy nhiên, việc xử lý ở nhiệt độ cao này khó có thể thực hiện được ở các khu công nghiệp. Các cấu kiện trong công nghiệp hóa học nói chung là rất phức tạp và rất lớn. Việc xử lý này cũng tiêu tốn chi phí và có độ rủi ro cao.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do vậy, cần có thép chịu nhiệt có độ bền rão và độ bền oxy hóa cao ở nhiệt độ cao, chịu được nứt do chùng ứng suất. Mục đích của sáng chế là đề xuất thép chịu nhiệt hầu như không bị nứt do chùng ứng suất, để có thể tránh được việc xử lý nhiệt bổ sung sau khi chế tạo.

Mục đích khác của sáng chế là đề xuất thép có thành phần đáp ứng được các đặc tính chống rỉ và oxy hóa mảy mẫn ở nhiệt độ cao nằm trong khoảng từ 550 đến 900°C, nhất là ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 550 đến 750°C.

Mục đích khác của sáng chế là đề xuất thép có thành phần đáp ứng được độ dẻo cao ở nhiệt độ cao và có cả độ dai đạt yêu cầu ở nhiệt độ môi trường sau khi giữ ở nhiệt độ cao.

Mục đích tiếp theo của sáng chế là đề xuất thép có thành phần, trong đó các nguyên tố bổ sung đắt tiền như niken có mặt với lượng hạn chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Kết quả của nhiều thử nghiệm và nghiên cứu là các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng mục đích của sáng chế đạt được khi một số nguyên tố, và cụ thể cacbon, nhôm, crom, niken, molybden, bo, vanadi, nito, có mặt với lượng thích hợp trong thép.

Cấu trúc của thép theo sáng chế hoàn toàn chỉ là austenit.

Nhằm mục đích này, đối tượng của sáng chế là thép austenit chịu được nứt do chùng ứng suất, có thành phần tính theo phần trăm khối lượng như sau: $0,019\% \leq C \leq 0,030\%$, $0,5\% \leq Mn \leq 3\%$, $0,1\% \leq Si \leq 0,75\%$, $Al \leq 0,25\%$, $18\% \leq Cr \leq 25\%$, $12\% \leq Ni \leq 20\%$, $1,5\% \leq Mo \leq 3\%$, $0,001\% \leq B \leq 0,008\%$, $0,25\% \leq V \leq 0,35\%$, $0,23\% \leq N \leq 0,27\%$, phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh được, và trong đó: $Ni(\text{tương đương}) \geq 1,11$ $Cr(\text{tương đương}) - 8,24$, với $Cr(\text{eq}) = Cr + Mo + 1,5Si + 5V + 3Al + 0,02$, $Ni(\text{eq}) = Ni + 30C + x(N - 0,045) + 0,87$ với $x = 22$ khi $0,23\% \leq N \leq 0,25\%$, $x = 20$ khi $0,25\% < N \leq 0,27\%$.

Theo phương án ưu tiên, thành phần thép bao gồm: $14\% \leq Ni \leq 17\%$.

Đối tượng khác của sáng chế là sản phẩm thép có thành phần nêu trên có độ giãn dài lớn hơn 30% ở nhiệt độ bằng 750°C.

Đối tượng khác của sáng chế là sản phẩm thép có thành phần nêu trên có thời gian sử dụng trong điều kiện áp suất bằng 36MPa và ở nhiệt độ bằng 750°C là lớn hơn $0,5 \times 10^5$ giờ.

Đối tượng khác của sáng chế là sử dụng sản phẩm thép có thành phần nêu trên để chế tạo thiết bị phản ứng, chi tiết rèn và ống dẫn.

Đối với thành phần thép, cacbon là nguyên tố hữu hiệu để tạo ra kết tủa $M_{23}C_6$ nhỏ mịn có tác dụng làm tăng độ bền kéo và độ bền rão. Khi hàm lượng cacbon bằng 0,019% khối lượng hoặc nhỏ hơn, thì tác dụng này là không đủ. Nhưng khi hàm lượng cacbon lớn hơn 0,030%, thì sẽ xảy ra sự kết tủa quá nhiều cacbua và thép trở nên dễ bị SRC. Hơn thế nữa, độ dai bị giảm do mức độ kết tủa tăng của cacbonitrua, pha sigma thô và cacbua $M_{23}C_6$.

Mangan được bổ sung làm chất khử oxy cho thép nấu chảy. Mangan cũng kết hợp với lưu huỳnh, do vậy làm cải thiện khả năng gia công nóng. Các tác dụng này thu được khi hàm lượng mangan lớn hơn 0,5% khối lượng. Khi hàm lượng mangan vượt quá 3%, thì sẽ làm tăng động học của quá trình tạo ra một số pha không mong muốn, như pha sigma giòn. Khoảng ưu tiên đối với hàm lượng mangan là 1,3-1,7%.

Giống như mangan, silic cũng có tác dụng khử oxy. Nó còn có tác dụng làm tăng khả năng chịu oxy hóa. Nếu hàm lượng silic dưới 0,1%, thì không đạt được các tác dụng này. Nhưng khi hàm lượng của silic vượt quá 0,75%, thì độ dai của thép sẽ bị giảm. Khoảng ưu tiên đối với hàm lượng silic là 0,2-0,55%.

Nhôm là nguyên tố khử oxy mạnh cho thép nấu chảy. Nhưng khi hàm lượng nhôm vượt quá 0,25% khối lượng, thì sẽ làm thúc đẩy quá trình kết tủa liên kim loại ở nhiệt độ cao, đồng thời cho thời gian lưu dài và độ dai bị giảm. Mức độ kết tủa của AlN không mong muốn cũng bị tăng lên. Do vậy, nhôm cần được duy trì ở hàm lượng nhỏ hơn 0,25%. Tốt hơn là, hàm lượng nhôm nhỏ hơn 0,2% để hoàn toàn tránh được sự kết tủa của AlN.

Crom làm tăng khả năng chịu oxy hóa ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 550 đến 950°C và làm tăng độ bền khi tạo ra cacbonitrua. Nếu hàm lượng crom nhỏ hơn 18% khối lượng, thì các tác dụng này là không đạt được. Mặt khác, nếu hàm lượng

crom vượt quá 25%, thì sẽ làm thúc đẩy quá trình tạo ra các pha liên nội kim loại như pha sigma giòn. Hơn thế nữa, khi hàm lượng crom tăng, thì hàm lượng niken cũng phải tăng lên để giữ được cấu trúc hoàn toàn là austenit, do vậy làm tăng chi phí sản xuất. Khoảng ưu tiên đối với hàm lượng crom là 9-21%.

Niken là nguyên tố tạo pha gamma đảm bảo độ ổn định của cấu trúc austenit cùng với các nguyên tố khác như cacbon và nitơ. Khi tính đến hàm lượng crom cùng với các nguyên tố làm ổn định ferit khác như molipđen, hàm lượng niken phải lớn hơn 12% để tạo ra cấu trúc austenit ổn định. Nếu hàm lượng niken vượt quá 20%, tác dụng của nó cũng không thể tăng hơn được nữa và làm tăng chi phí sản xuất một cách không cần thiết. Khoảng ưu tiên đối với hàm lượng niken là 14-17%.

Molipđen làm tăng độ bền ở nhiệt độ cao cũng như khả năng chịu nứt nóng. Lượng molipđen bổ sung nhỏ hơn 1,5% là không đủ để đạt được độ bền rã mong muốn ở nhiệt độ cao. Nhưng khi Mo vượt quá 3%, tác dụng tăng cường khả năng chịu nứt nóng đạt bão hoà, và khả năng gia công nóng bị giảm. Sự kết tủa pha sigma cũng có thể xảy ra, làm giảm độ dẻo ở nhiệt độ phòng. Khoảng ưu tiên đối với hàm lượng molipđen là 2,2-2,8%.

Ở hàm lượng lớn hơn 0,001% khối lượng, bo làm tăng độ bền rã bởi sự kết tủa của cacbonitrua hoặc borua trong nền mang và còn làm gia cường các biên hạt. Khi hàm lượng này lớn hơn 0,008%, thì nguy cơ nứt nóng tăng lên và khả năng hàn bị giảm. Khoảng ưu tiên nhất đối với hàm lượng bo là 0,003-0,005%.

Vanadi là nguyên tố quan trọng trong sáng chế vì nó tạo ra cacbonitrua ở dạng hạt mịn. Sự kết tủa cũng xảy ra đối với vanadi borua. Các chất kết tủa này làm cải thiện độ bền rã và độ dai. Các tác dụng này đạt tối ưu khi hàm lượng vanadi không nhỏ hơn 0,25% khối lượng. Nhưng khi vanadi vượt quá 0,35%, thì cacbonitrua và pha sigma thô làm giảm tác dụng gia cường và độ dẻo ở nhiệt độ phòng.

Giống như cacbon, nitơ là nguyên tố hữu hiệu để làm tăng độ bền dẻo, độ bền kéo và độ bền rã. Là nguyên tố tạo pha gamma, nitơ cũng góp phần vào việc tạo ra cấu trúc hoàn toàn là austenit. Nếu hàm lượng nitơ nhỏ hơn 0,23%, thì không thể tạo ra cacbonitrua với lượng đủ và tối ưu để thu được các tác dụng này. Mặt khác, nếu

hàm lượng nitơ lớn hơn 0,27%, thì sẽ tạo ra quá nhiều nitrua thô khiến làm giảm độ dẻo và độ dai. Cùng với nhôm, nitơ cũng có tác dụng ngăn ngừa kết tủa AlN.

Ngoài sắt, thép theo sáng chế có thể chứa các tạp chất ngẫu nhiên từ quá trình xử lý hoặc nấu chảy. Trong số các tạp chất này, lưu huỳnh, phospho và oxy có tác động bất lợi đến độ dẻo, ở nhiệt độ môi trường hoặc ở nhiệt độ cao, và đến cả khả năng hàn. Do vậy, chúng cần được giới hạn ở các mức thấp nhất có thể. Tốt hơn là, hàm lượng lưu huỳnh cần phải thấp hơn 0,005%, hàm lượng phospho thấp hơn 0,030%, và hàm lượng oxy thấp hơn 0,010% khối lượng.

Thép theo sáng chế có vi cấu trúc austenit. Do vậy, không có sự phân ly tiếp của ferit trong pha sigma giòn dễ xảy ra ở nhiệt độ cao. Cấu trúc hoàn toàn là austenit thu được khi “hàm lượng crom tương đương” (Cr(eq)) và “hàm lượng niken tương đương” (Ni(eq)) là như sau:

$\text{Ni}(\text{tương đương}) \geq 1,11 \text{ Cr}(\text{tương đương}) - 8,24$, với

$\text{Cr}(\text{eq}) = \text{Cr} + \text{Mo} + 1,5\text{Si} + 5\text{V} + 3\text{Al} + 0,02$

$\text{Ni}(\text{eq}) = \text{Ni} + 30\text{C} + x(\text{N} - 0,045) + 0,87$ với

$x = 22$ khi $0,23\% \leq \text{N} \leq 0,25\%$

$x = 20$ khi $0,25\% < \text{N} \leq 0,27\%$

hàm lượng của tất cả các nguyên tố này đều được tính theo % khối lượng.

Nhờ bổ sung vanadi, nên hàm lượng cacbon và nitơ, vanadi cacbonitrua có mặt ở nhiệt độ nằm trong khoảng 550-950°C. Các cacbonitrua ổn định này có có tác động tích cực đến độ bền rão mà không kèm theo sự làm giảm mức độ dễ bị SRC.

Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến các sản phẩm khác nhau có thể thu được bằng các quy trình cũng như việc sử dụng của chúng, như:

- tấm cán nóng, và có độ dày nằm trong khoảng từ 5 đến 100 mm,
- Vật rèn có thể được sử dụng để sản xuất các mặt bích hoặc các chi tiết kết nối.

Các ví dụ sau được dùng để minh họa sáng chế. Tuy nhiên, cần phải hiểu rằng sáng chế không chỉ giới hạn ở các chi tiết cụ thể trong các ví dụ này.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các thành phần thép được nghiên cứu, trong đó các nguyên tố được thể hiện trong bảng 1 với các thành phần của chúng theo % khối lượng. Thành phần của thép A và B tương ứng với sáng chế. Các thỏi được đúc, được rèn sơ bộ dưới dạng các sản phẩm phẳng và được cán nóng thành các tấm có độ dày nằm trong khoảng từ 15 đến 40mm. Các tấm này được ủ trong dung dịch ở nhiệt độ C và được tôi trong nước. Các thép có ký hiệu từ C đến I là các thép so sánh.

	Thép So sánh	C (%)	Mn (%)	Si (%)	Al (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	B (%)	V (%)	N (%)	Các nguyên tố khác (%)
Sáng chế	A	0,023	1,44	0,26	0,005	19,87	14,61	2,49	0,0034	0,31	0,23	S : 0,0017 P : 0,014 O : 0,007
	B	0,019	1,49	0,51	0,010	20,1	14,82	2,51	0,004	0,30	0,26	S : 0,001 P : 0,003 O : 0,004
So sánh	C	0,02	1,51	0,49	0,005	20	<u>11,9</u>	±	0,0033	±	0,276	S : 0,001 P : 0,004 O : 0,006
	D	0,02	1,5	0,52	<u>0,29</u>	20	13,3	2,54	0,004	±	0,25	S : 0,002 P : 0,005 O : 0,004
	E	<u>0,072</u>	1,47	0,50	0,005	20,1	12,1	2,52	0,0044	±	0,267	S : 0,001 P : 0,002 O : 0,006
	F	0,022	1,50	0,51	0,005	<u>25,9</u>	17,3	±	0,0037	±	<u>0,351</u>	S : 0,002 P : 0,003 O : 0,006
	G	<u>0,06</u>	1,04	0,53	0,23	20,6	<u>31,3</u>	<u>0,16</u>	0,0013	<u>0,065</u>	<u>0,015</u>	S : 0,005 P : 0,012 O : 0,001
	H	0,016	1,71	0,38	0,015	<u>17,0</u>	12,86	2,26	0,004	<u>0,049</u>	<u>0,12</u>	S : 0,005 P : 0,020 O : 0,002
	I	<u>0,064</u>	1,71	0,39	0,030	18,2	<u>10,5</u>	±	±	±	<u>0,05</u>	S : 0,005 P : 0,035 O : 0,002

Bảng 1 : thành phần hóa học của thép (% khối lượng).

Các giá trị gạch dưới : không phù hợp với sáng chế

Các thử nghiệm sau được tiến hành:

- Các thử nghiệm kéo ở nhiệt độ 750 và 850°C để xác định độ bền kéo (TS) và độ giãn dài tổng (A). Độ giãn dài lớn hơn 30% là mong muốn để xác nhận độ dẻo tốt ở nhiệt độ cao.
- Các thử nghiệm Charpy V được tiến hành trong điều kiện sau: Sau khi xử lý nhiệt (lão hóa) ở nhiệt độ 650°C trong thời gian 1000 giờ, các tấm được làm nguội đến nhiệt độ môi trường và được thử nghiệm trong điều kiện như vậy. Các mẫu được gia công bằng máy thành các tấm và được thử nghiệm ở nhiệt độ 20°C trên con lắc Charpy V. Năng lượng làm gãy đứt Charpy V lớn hơn 100 Jun là mong muốn để đảm bảo độ dai thỏa mãn. Tiêu chuẩn này là đặc biệt quan trọng do việc làm lão hóa thường tương ứng với mức độ giảm độ dai rõ rệt đối với loại vật liệu này.
- Các thử nghiệm rão đều được tiến hành để xác định thời gian chịu gãy đứt ở nhiệt độ 750°C dưới ứng suất 36MPa, và ở nhiệt độ 850°C dưới ứng suất 16 MPa. Thời gian chịu gãy đứt do rão là lớn hơn hoặc bằng $0,5 \times 10^5$ giờ ở nhiệt độ 750°C dưới ứng suất 36MPa là mong muốn.
- Tổng độ dày sau 3000 giờ ở nhiệt độ 750°C được đo trên một số mẫu, cho biết khả năng chịu oxy hóa ở nhiệt độ cao.
- Các kết quả của các thử nghiệm kéo, rão và Charpy V, độ dày, được thể hiện trong bảng 2.

	Hợp kim	TS ở nhiệt độ 750°C (MPa)	TS ở nhiệt độ 850°C (MPa)	A ở nhiệt độ 750°C (%)	Năng lượng Charpy sau khi 1000 giờ ở nhiệt độ 650°C (Jun)	Thời hạn sử dụng ở nhiệt độ 750°C sự rão ứng suất 36MPa ($\times 10^5$ h)	Thời hạn sử dụng ở nhiệt độ 850°C sự rão ứng suất 16MPa ($\times 10^5$ h)	Độ dày sau 750°C - 3000 giờ (micromet)
Sáng chế	A	n.d	n.d	50	133	n.d	n.d	50
	B	407	269	40	130	1	0,8	n.d
So sánh	C	300	175	<u>30</u>	126	<u>0,1</u>	0,02	n.d
	E	370	275	50	<u>41</u>	1	0,7	n.d
	F	350	220	35	<u>61</u>	<u>0,3</u>	0,1	n.d
	G	270	150	40	182	1	1	150

	H	275	nd	65	166	<u>0,25</u>	n.d.	n.d
--	---	-----	----	----	-----	-------------	------	-----

n.d: không thể xác định được

Bảng 2 : Các kết quả thu được với các thành phần thép được thể hiện trên bảng 1

- Khả năng dễ bị nứt do chùng ứng suất được đánh giá bằng phương pháp sau: Sau khi uốn cong tại ba điểm ở nhiệt độ môi trường, các mẫu có độ dày đầy đủ chịu ứng suất không đổi ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 500 đến 900°C trong thời gian 150 giờ. Mức độ thay đổi tải được ghi lại và mức độ tổn hại xảy ra do nứt do chùng ứng suất được đánh giá bằng cách kiểm tra các mặt cắt đã được mài nhẵn của các mẫu. Một vài trong số chúng không cho thấy có sự tổn hại hoặc có các lỗ rất nhỏ, vì vậy được phân loại là chịu được ("NS"). Mặt khác, các mẫu có các vết nứt và các lỗ nhỏ hoặc to được xếp vào loại dễ bị ("S") SRC. Nhằm mục đích sử dụng trong các điều kiện công nghiệp, thì khả năng chịu được ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 550 đến 900°C, và đặc biệt là ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 550 đến 750°C, là mong muốn. Các kết quả của các thử nghiệm SRC được thể hiện trong bảng 3.

	Hợp kim	500°C	550°C	600°C	650°C	700°C	750°C	800°C	850°C	900°C
Sáng chế	A	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
So sánh	C	n.d	n.d	<u>S</u>	<u>S</u>	<u>S</u>	n.d	n.d	n.d	n.d
	E	n.d	n.d	<u>S</u>	<u>S</u>	<u>S</u>	n.d	n.d	n.d	n.d
	F	n.d	n.d	<u>S</u>	<u>S</u>	<u>S</u>	n.d	n.d	n.d	n.d
	G	NS	NS	<u>S</u>	<u>S</u>	<u>S</u>	NS	NS	NS	NS
	H	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	I	NS	NS	<u>S</u>	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Bảng 3 : Các kết quả về nứt do chùng ứng suất các thử nghiệm ở nhiệt độ khác nhau đối với các thành phần thép trong Bảng 1.

S= Dễ bị SRC

NS= Chịu được SRC

n.d. : không xác định được

Từ các kết quả ở trên, thép theo sáng chế có các đặc tính kết hợp đặc biệt: có khả năng chịu nứt do chùng ứng suất ở nhiệt độ nằm trong khoảng 500-900°C, độ bền rão mỹ mãn, độ dẻo cao ở nhiệt độ thay đổi trong khoảng rộng. Các thép này cũng

có độ dai tốt ở nhiệt độ môi trường sau khi lưu giữ ở nhiệt độ cao, và phạm vi độ dày được giới hạn.

Khả năng dễ bị nứt nóng khi hàn đối với các thép theo sáng chế cũng được đánh giá bằng thử nghiệm sau: bề mặt của các tấm được làm nóng chảy bằng máy hàn hồ quang khí vonfram với dòng nhiệt cấp nằm trong khoảng từ 4,5 đến 10,3 kJ/cm và tốc độ chuyển động nằm trong khoảng từ 5,7 đến 24,3cm/mn. Trong mọi trường hợp, đều không phát hiện thấy có các vết nứt ở các vật liệu đã được nấu chảy lại và trong các vùng ảnh hưởng nhiệt (Heat Affected Zones). Do vậy, thành phần theo sáng chế là có độ bền cao đối với nứt nóng.

Để so sánh, các kết quả thu được đối với các thép so sánh là như sau:

- Hợp kim C là thép so sánh không có molypden và vanadi, là cực kỳ dễ bị nứt do chùng ứng suất do các vết nứt lớn bắt đầu ngay cả sau thời gian hồi phục bằng 75 giờ. Hơn thế nữa, độ giãn dài ở nhiệt độ 750°C là không thỏa mãn.
 - Hợp kim D không chứa vanadi và có hàm lượng nhôm quá lớn, do vậy dẫn đến việc không đạt được độ dẻo ở nhiệt độ cao.
 - Hợp kim E có hàm lượng cacbon quá lớn và không chứa vanadi. Kết quả là, sự kết tủa của cacbonitrua, pha sigma thô và cacbua $M_{23}C_6$ xảy ra, gây ra việc làm giảm năng lượng Charpy sau 1000 giờ ở nhiệt độ 650°C. Hơn thế nữa, hợp kim này dễ bị SRC, đặc biệt là ở nhiệt độ khoảng 650°C.
 - Hợp kim F có hàm lượng crom quá lớn, nhưng không có molypden và không có vanadi. Kết quả là, làm tạo ra các pha liên nội kim loại và làm giảm Charpy độ dai, và mặt khác hợp kim này lại rất dễ bị SRC.
 - Hợp kim G có hàm lượng của cacbon và niken quá lớn, nhưng hàm lượng của molypden, vanadi và nitơ lại không đủ. Do đó, sau khi xử lý ở nhiệt độ 600-700°C, hợp kim G cho thấy sự tổn hại do SRC vì xuất hiện các vết nứt to.
- Ngay cả khi hợp kim H chịu được SRC, thì thời gian sử dụng của nó ở nhiệt độ 750°C là nhỏ hơn giá trị mong muốn là $0,5 \times 10^5$ giờ, do nó có hàm lượng vanadi và nitơ thấp.
- Vì có hàm lượng cacbon, niken, molypden, bo, vanadi, nitơ không thỏa đáng, nên hợp kim I dễ bị SRC ở nhiệt độ 600°C.

Có lợi nếu thép theo sáng chế được sử dụng để chế tạo các thiết bị như thiết bị phản ứng, chi tiết rèn và ống dẫn vận hành ở nhiệt độ trên 550°C.

Yêu cầu bảo hộ

1. Tấm thép cán nóng được làm bằng thép austenit chịu được nứt do chùng ứng suất, có thành phần tính theo phần trăm khối lượng như sau:

$$0,019\% \leq C \leq 0,030\%$$

$$0,5\% \leq Mn \leq 3\%$$

$$0,1\% \leq Si \leq 0,75\%$$

$$Al \leq 0,25\%$$

$$18\% \leq Cr \leq 25\%$$

$$12\% \leq Ni \leq 20\%$$

$$1,5\% \leq Mo \leq 3\%$$

$$0,001\% \leq B \leq 0,008\%$$

$$0,25\% \leq V \leq 0,35\%$$

$$0,23\% \leq N \leq 0,27\%,$$

phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh được, và trong đó:

$$Ni(\text{tương đương}) \geq 1,11 \quad Cr(\text{tương đương}) - 8,24, \text{ với:}$$

$$Cr(\text{eq}) = Cr + Mo + 1,5Si + 5V + 3Al + 0,02$$

$$Ni(\text{eq}) = Ni + 30C + x(N - 0,045) + 0,87 \text{ với:}$$

$$x=22 \text{ khi } 0,23\% \leq N \leq 0,25\%$$

$$x=20 \text{ khi } 0,25\% < N \leq 0,27\%$$

2. Tấm thép cán nóng theo điểm 1, trong đó:

$$14\% \leq Ni \leq 17\%$$

3. Tấm thép cán nóng có thành phần theo điểm 1 hoặc 2 có độ giãn dài lớn hơn 30% ở nhiệt độ bằng 750°C.

4. Tấm thép cán nóng có thành phần theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3 có thời gian sử dụng trong điều kiện áp suất bằng 36MPa và ở nhiệt độ bằng 750°C là lớn hơn $0,5 \times 10^5$ giờ.

5. Tấm thép cán nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4 dùng để chế tạo thiết bị phản ứng, chi tiết rèn và ống dẫn.

6. Chi tiết rèn cán nóng được làm bằng thép austenit chịu được nứt do chùng ứng suất, có thành phần tính theo phần trăm khối lượng như sau:

$$0,019\% \leq C \leq 0,030\%$$

$$0,5\% \leq Mn \leq 3\%$$

$$0,1\% \leq Si \leq 0,75\%$$

$$Al \leq 0,25\%$$

$$18\% \leq Cr \leq 25\%$$

$$12\% \leq Ni \leq 20\%$$

$$1,5\% \leq Mo \leq 3\%$$

$$0,001\% \leq B \leq 0,008\%$$

$$0,25\% \leq V \leq 0,35\%$$

$$0,23\% \leq N \leq 0,27\%,$$

phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh được, và trong đó:

$$Ni(\text{tương đương}) \geq 1,11 Cr(\text{tương đương}) - 8,24, \text{ với:}$$

$$Cr(\text{eq}) = Cr + Mo + 1,5Si + 5V + 3Al + 0,02$$

$$Ni(\text{eq}) = Ni + 30C + x(N - 0,045) + 0,87 \text{ với:}$$

$$x = 22 \text{ khi } 0,23\% \leq N \leq 0,25\%$$

$$x = 20 \text{ khi } 0,25\% < N \leq 0,27\%$$

7. Chi tiết rèn cán nóng theo điểm 6, trong đó:

$$14\% \leq Ni \leq 17\%$$

8. Chi tiết rèn cán nóng có thành phần theo điểm 6 hoặc 7 có độ giãn dài lớn hơn 30% ở nhiệt độ bằng 750°C.

9. Chi tiết rèn cán nóng có thành phần theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 6 đến 8 có thời gian sử dụng trong điều kiện áp suất bằng 36MPa và ở nhiệt độ bằng 750°C là lớn hơn $0,5 \times 10^5$ giờ.

10. Chi tiết rèn cán nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 6 đến 9 dùng để chế tạo thiết bị phản ứng, chi tiết rèn và ống dẫn.