



(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)



1-0029350

(51)⁷ C22C 38/58; C22C 38/44

(13) B

(21) 1-2013-04101

(22) 24/05/2012

(86) PCT/SG2012/000183 24/05/2012

(87) WO 2012/161661 A1 29/11/2012

(30) 201103887-4 26/05/2011 SG

(45) 25/09/2021 402

(43) 25/02/2014 311A

(73) UNITED PIPELINES ASIA PACIFIC PTE LIMITED (SG)

50 Raffles Place, #32-01, Singapore Land Tower, Singapore 048623

(72) Cecil Vernon ROSCOE (GB).

(74) CÔNG TY LUẬT TNHH IP MAX (IPMAX LAW FIRM)

(54) THÉP KHÔNG GỈ AUSTENIT

(57) Sáng chế đề cập đến thép không gỉ austenit. Theo các phương án được mô tả, kim loại nền thép không gỉ austenit chứa từ 16,00% trọng lượng crom đến 30,00% trọng lượng crom; từ 8,00% trọng lượng niken đến 27,00% trọng lượng niken; không quá 7,00% trọng lượng molypden; từ 0,40% trọng lượng nitơ đến 0,70% trọng lượng nitơ, từ 1,0% trọng lượng mangan đến 4,00% trọng lượng mangan, và nhỏ hơn 0,10% trọng lượng cacbon, trong đó tỷ lệ mangan với nitơ được kiểm soát đến mức nhỏ hơn hoặc bằng 10,0. Sáng chế cũng đề cập đến kim loại nền thép không gỉ austenit trên cơ sở chỉ số PRE_N tối thiểu theo quy định.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép không gỉ austenit.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Thông thường, các thép không gỉ austenit nhóm 300 như UNS S30403 (304L) và UNS S30453 (304LN) có thành phần hoá học quy định tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như được minh họa trong Bảng 1 dưới đây:

Bảng 1

UNS số	Loại		C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	N
S 30403	304L	Tối						17,50	8,00		
		thiểu									
		Tối đa	0,030	2,00	0,045	0,030	0,75	19,50	12,00	...	0,10
UNS số	Loại		C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	N
S 30453	304LN	Tối						18,00	8,00		
		thiểu									
		Tối đa	0,030	2,00	0,045	0,030	0,75	20,00	12,00	...	0,16

Các thép không gỉ austenit thông thường nêu trên có một số nhược điểm liên quan đến khoảng thông số kỹ thuật cụ thể của chúng. Các nhược điểm này có thể dẫn đến việc không kiểm soát được việc phân tích hoá học một cách thích hợp trong bước làm nóng chảy, yếu tố cần thiết để tối ưu hoá các đặc tính của hợp kim để tạo ra tổ hợp tốt nhất của các đặc tính về độ bền cơ học và tạo ra khả năng chống ăn mòn tốt.

Các đặc tính cơ học thu được với hợp kim như UNS S30403 và UNS S30453 là không tối ưu và tương đối thấp so với các các nhóm thép không gỉ chung khác như thép không gỉ 22Cr Duplex và thép không gỉ 25Cr Duplex và 25Cr Super Duplex. Điều này được chứng minh trong Bảng 2, trong đó so sánh các đặc tính của thép không gỉ austenit thông thường với các loại thép không gỉ 22Cr Duplex, 25Cr Duplex và 25Cr Super Duplex điển hình.

Bảng 2

Các đặc tính cơ học của thép không gỉ austenit

UNS số	Loại	Độ bền kéo		Giới hạn chảy		Độ giãn		Độ cứng	
						2 inso hoặc 50mm		Ghi chú 2	
		Tối thiểu		Tối thiểu		Tối thiểu		Tối đa	
		Ksi	MPa	Ksi	MPa	%		Britnell	Rockwell B
S30403	304L	70	485	25	170	40		201	92
S30453	304LN	75	515	30	205	40		217	95

Các đặc tính cơ học của thép không gỉ 22Cr Duplex

UNS số	Loại	Độ bền kéo		Giới hạn chảy		Độ giãn		Độ cứng	
						2 inso hoặc 50mm		Ghi chú 2	
		Tối thiểu		Tối thiểu		Tối thiểu		Tối đa	
		Ksi	MPa	Ksi	MPa	%		Britnell	Rockwell B
S31803	2205	90	620	65	450	25		293	31
S32205	2205	95	655	65	450	25		293	31
S32304	2304	87	600	58	400	25		290	32

Các đặc tính cơ học của thép không gỉ 25Cr Duplex và 25Cr Super Duplex

UNS số	Loại	Độ bền kéo		Giới hạn chảy		Độ giãn		Độ cứng	
						2 inso hoặc 50mm		Ghi chú 2	
		Tối thiểu		Tối thiểu		Tối thiểu		Tối đa	
		Ksi	MPa	Ksi	MPa	%		Britnell	Rockwell B
S32670	...	108	750	80	550	25		270	...
S32750	2507	116	795	80	550	15		310	32
S39274	...	116	800	80	550	15		310	32
S32520	...	112	770	80	550	25		310	...

Ghi chú 2: Các số liệu về độ cứng được trích dẫn áp dụng cho điều kiện tôi dung dịch.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất thép không gỉ austenit có khả năng làm giảm ít nhất một trong số các nhược điểm của các thép không gỉ austenit đã biết và/hoặc cung cấp cho công chúng một lựa chọn hữu ích.

Theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất thép không gỉ austenit theo điểm 1 yêu cầu bảo hộ.

Các dấu hiệu được ưu tiên khác được mô tả trong các điểm yêu cầu bảo hộ phụ thuộc.

Như có thể thấy từ các phương án được mô tả, hợp kim thép không gỉ austenit (Cr-Ni-Mo-N) chứa nito với hàm lượng cao có tổ hợp độc đáo các đặc tính về độ bền cơ học cao với độ dẻo và độ dai tuyệt vời, cùng với khả năng hàn tốt và khả năng chống ăn mòn tổng thể và khu trú tốt. Cụ thể, các phương án được mô tả ở đây cùng giải quyết được vấn đề về đặc tính độ bền cơ học tương đối thấp ở các thép không gỉ austenit nhóm 300 thông thường như UNS S30403 và UNS S30453 so với thép không gỉ 22Cr Duplex và thép không gỉ 25Cr Duplex và 25Cr Super Duplex.

Mô tả chi tiết sáng chế

304LM4N

Để dễ giải thích, phương án thứ nhất của sáng chế được gọi là 304LM4N. Trong thuật ngữ chung, 304LM4N là hợp kim thép không gỉ austenit (Cr-Ni-Mo-N) có độ bền cao chứa nito với hàm lượng cao và được tạo công thức để đạt được chỉ số Dương lượng chống ăn mòn tối thiểu theo quy định (Chống ăn mòn tối Equivalent) $PRE_N \geq 25$, và tốt hơn nếu $PRE_N \geq 30$. PRE_N được tính theo công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Thép không gỉ austenit có độ bền cao 304LM4N có tổ hợp độc đáo các đặc tính về độ bền cơ học cao với độ dẻo và độ dai tuyệt vời, cùng với khả năng hàn tốt và khả năng chống ăn mòn tổng thể và khu trú tốt.

Thành phần hoá học của thép không gỉ austenit có độ bền cao 304LM4N được chọn lọc và đặc trưng bởi hợp kim chứa các nguyên tố hoá học tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng (trọng lượng) như sau: tối đa 0,030% trọng lượng C (Cacbon), tối đa

2,00% trọng lượng Mn (Mangan), tối đa 0,030% trọng lượng P (Phospho), tối đa 0,010% trọng lượng S (Lưu huỳnh), tối đa 0,75% trọng lượng Si (Silic), 17,50% trọng lượng Cr (Crom) - 20,00% trọng lượng Cr, 8,00% trọng lượng Ni (Niken) - 12,00% trọng lượng Ni, tối đa 2,00% trọng lượng Mo (Molypden), và 0,40% trọng lượng N (Nito) - 0,70% trọng lượng N.

Thép không gỉ 304LM4N cũng chủ yếu chứa Fe (Sắt) làm thành phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như tối đa 0,010% trọng lượng B (Bo), tối đa 0,10% trọng lượng Ce (Xeri), tối đa 0,050% trọng lượng Al (Nhôm), tối đa 0,01% trọng lượng Ca (Canxi) và/hoặc tối đa 0,01% trọng lượng Mg (Magie) và các tạp chất khác thường có mặt ở mức tồn dư.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 304LM4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy chủ yếu để đảm bảo vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C, sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Do đó, thép không gỉ 304LM4N có tổ hợp độc đáo của độ bền và độ dẻo cao ở nhiệt độ môi trường, đồng thời cũng có độ dai tuyệt vời ở nhiệt độ môi trường và nhiệt độ thấp. Về thực tế là thành phần hoá học của thép không gỉ austenit có độ bền cao 304LM4N được điều chỉnh để đạt được $PRE_N \geq 25$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 30$, điều đó đảm bảo rằng vật liệu có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 304LM4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S30403 và UNS S30453.

Đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của thép không gỉ 304LM4N được lựa chọn một cách thận trọng để chứa các nguyên tố hoá học dưới đây tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau theo phương án thứ nhất của sáng chế:

Cacbon (C)

Hàm lượng cacbon trong thép không gỉ 304LM4N là $\leq 0,030\%$ trọng lượng C (tức là lượng C tối đa là). Tốt hơn nếu lượng cacbon $\geq 0,020\%$ trọng lượng C và $\leq 0,030\%$ trọng lượng C và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,025\%$ trọng lượng C.

Mangan (Mn)

Thép không gỉ 304LM4N theo phương án thứ nhất có thể có hai khả năng: hàm lượng mangan thấp hoặc hàm lượng mangan cao.

Đối với hợp kim có hàm lượng mangan thấp, hàm lượng mangan trong thép không gỉ 304LM4N là $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn. Tốt hơn nếu khoảng này là $\geq 1,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn và tốt hơn nữa nếu $\geq 1,20\%$ trọng lượng Mn và $\leq 1,50\%$ trọng lượng Mn. Với thành phần như vậy, thép này đạt được tỷ lệ Mn với N $\leq 5,0$, và tốt hơn nếu $\geq 1,42$ và $\leq 5,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ này là $\geq 1,42$ và $\leq 3,75$.

Đối với hợp kim có hàm lượng mangan cao, hàm lượng mangan trong thép không gỉ 304LM4N là $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn. Tốt hơn nữa nếu hàm lượng mangan là $\geq 2,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn, và tốt hơn nữa nếu giới hạn trên là $\leq 3,0\%$ trọng lượng Mn. Thậm chí tốt hơn nữa nếu giới hạn trên là $\leq 2,50\%$ trọng lượng Mn. Với khoảng lựa chọn như vậy, thép này đạt được tỷ lệ Mn với N là $\leq 10,0$, và tốt hơn nếu $\geq 2,85$ và $\leq 10,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với N đối với hợp kim có hàm lượng mangan cao là $\geq 2,85$ và $\leq 7,50$ và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 2,85$ và $\leq 6,25$.

Phospho (P)

Hàm lượng phospho trong thép không gỉ 304LM4N được kiểm soát để $\leq 0,030\%$ trọng lượng P. Tốt hơn nếu hợp kim 304LM4N có $\leq 0,025\%$ trọng lượng P và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,020\%$ trọng lượng P. Thậm chí tốt hơn nữa nếu hợp kim này có $\leq 0,015\%$ trọng lượng P và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,010\%$ trọng lượng P.

Lưu huỳnh (S)

Hàm lượng lưu huỳnh trong thép không gỉ 304LM4N theo phương án thứ nhất là $\leq 0,010\%$ trọng lượng S. Tốt hơn nếu thép không gỉ 304LM4N có $\leq 0,005\%$ trọng lượng S và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,003\%$ trọng lượng S, và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\leq 0,001\%$ trọng lượng S.

Oxy (O)

Hàm lượng oxy trong thép không gỉ 304LM4N được kiểm soát để nằm ở mức càng thấp càng tốt và theo phương án thứ nhất, thép không gỉ 304LM4N có $\leq 0,070\%$ trọng lượng O. Tốt hơn nếu hợp kim 304LM4N có $\leq 0,050\%$ trọng lượng O và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,030\%$ trọng lượng O. Thậm chí tốt hơn nữa nếu hợp kim này có $\leq 0,010\%$ trọng lượng O và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,005\%$ trọng lượng O.

Silic (Si)

Hàm lượng silic trong thép không gỉ 304LM4N là $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si. Tốt hơn nếu hợp kim này có $\geq 0,25\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si. Tốt hơn nữa nếu khoảng này là $\geq 0,40\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,60\%$ trọng lượng Si. Tuy nhiên, đối với các ứng dụng cụ thể ở nhiệt độ cao hơn nơi cần có khả năng chống oxy hoá được cải thiện, hàm lượng silic có thể là $\geq 0,75\%$ trọng lượng Si và $\leq 2,00\%$ trọng lượng Si.

Crom (Cr)

Hàm lượng crom trong Thép không gỉ 304LM4N theo phương án thứ nhất là $\geq 17,50\%$ trọng lượng Cr và $\leq 20,00\%$ trọng lượng Cr. Tốt hơn nếu hợp kim này có $\geq 18,25\%$ trọng lượng Cr.

Niken (Ni)

Hàm lượng niken trong thép không gỉ 304LM4N là $\geq 8,00\%$ trọng lượng Ni và $\leq 12,00\%$ trọng lượng Ni. Tốt hơn nếu giới hạn trên của Ni trong hợp kim này là $\leq 11\%$ trọng lượng Ni và tốt hơn nữa nếu $\leq 10\%$ trọng lượng Ni.

Molypden (Mo)

Hàm lượng molypden trong hợp kim thép không gỉ 304LM4N là $\leq 2,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng Mo và $\leq 2,00\%$ trọng lượng Mo. Tốt hơn nữa nếu giới hạn dưới của Mo là $\geq 1,0\%$ trọng lượng Mo.

Nitơ (N)

Hàm lượng nitơ trong thép không gỉ 304LM4N là $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N. Tốt hơn nữa

nếu hợp kim thép không gỉ 304LM4N có $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N, và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

PRE_N

Đương lượng chống ăn mòn lỗ (PRE_N) được tính bằng cách sử dụng công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Thép không gỉ 304LM4N được tạo công thức đặc hiệu để có thành phần như sau:

(i) hàm lượng crom là $\geq 17,50\%$ trọng lượng Cr và $\leq 20,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 18,25\%$ trọng lượng Cr;

(ii) hàm lượng molypden $\leq 2,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng Mo và $\leq 2,00\%$ trọng lượng Mo và tốt hơn nữa nếu $\geq 1,0\%$ trọng lượng Mo;

(iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

Với hàm lượng nitơ cao, thép không gỉ 304LM4N đạt được PRE_N là ≥ 25 , và tốt hơn nếu PRE_N ≥ 30 . Điều đó đảm bảo rằng hợp kim này có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 304LM4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S30403 và UNS S30453. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 304LM4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, nhưng tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$, để về cơ bản sẽ thu được vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến

1250°C, sau đó tôi bằng nước. Vì cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Nhờ đó, hợp kim này có thể được sản xuất và cung ứng trong điều kiện không từ tính.

Thép không gỉ 304LM4N cũng chủ yếu chứa sắt (Fe) làm thành phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như bo, xeri, nhôm, canxi và/hoặc magie với lượng tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau.

Bo (B)

Thép không gỉ 304LM4N có thể không chứa bo được bổ sung vào một cách có chủ đích vào hợp kim này và do đó, hàm lượng bo thường $\geq 0,0001\%$ trọng lượng B và $\leq 0,0006\%$ trọng lượng B đối với các đơn vị sản xuất không muốn bổ sung bo một cách có chủ đích vào hỗn hợp gia nhiệt. Theo cách khác, thép không gỉ 304LM4N có thể được sản xuất để chứa bo với lượng đặc hiệu $\leq 0,010\%$ trọng lượng B. Tốt hơn nếu khoảng hàm lượng bo là $\geq 0,001\%$ trọng lượng B và $\leq 0,010\%$ trọng lượng B và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,0015\%$ trọng lượng B và $\leq 0,0035\%$ trọng lượng B. Nói cách khác, bo được bổ sung vào với lượng đặc hiệu trong quá trình sản xuất thép không gỉ, nhưng được kiểm soát để đạt được hàm lượng như nêu trên.

Xeri (Ce)

Thép không gỉ 304LM4N theo phương án thứ nhất cũng có thể chứa $\leq 0,10\%$ trọng lượng Ce, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,01\%$ trọng lượng Ce và $\leq 0,10\%$ trọng lượng Ce. Tốt hơn nữa nếu lượng xeri là $\geq 0,03\%$ trọng lượng Ce và $\leq 0,08\%$ trọng lượng Ce. Nếu thép không gỉ này chứa xeri, nó cũng có thể chứa các kim loại đất hiếm (Rare Earth Metals - REM) khác như Lantan do các REM thường được cung ứng cho các nhà sản xuất thép không gỉ dưới dạng Mischmetal. Cần lưu ý rằng các kim loại đất hiếm có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc cùng nhau dưới dạng Mischmetal để tạo ra tổng lượng các REM phù hợp với hàm lượng Ce được quy định ở đây.

Nhôm (Al)

Thép không gỉ 304LM4N theo phương án thứ nhất cũng có thể chứa $\leq 0,050\%$ trọng lượng Al, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,005\%$ trọng lượng Al và $\leq 0,050\%$ trọng lượng Al và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,010\%$ trọng lượng Al và $\leq 0,030\%$ trọng lượng Al.

Canxi (Ca)/Magie (Mg)

Thép không gỉ 304LM4N cũng có thể chứa $\leq 0,010\%$ trọng lượng Ca và/hoặc Mg. Tốt hơn nếu thép không gỉ này có thể chứa $\geq 0,001\%$ trọng lượng Ca và/hoặc Mg và $\leq 0,010\%$ trọng lượng Ca và/hoặc Mg và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,001\%$ trọng lượng Ca và/hoặc Mg và $\leq 0,005\%$ trọng lượng Ca và/hoặc Mg và các tạp chất khác thường có mặt với lượng tồn dư.

Trên cơ sở các đặc tính nêu trên, thép không gỉ 304LM4N có giới hạn chảy tối thiểu là 55 ksi hoặc 380 MPa đối với sản phẩm rèn. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được giới hạn chảy tối thiểu 62 ksi hoặc 430 MPa đối với sản phẩm rèn. Sản phẩm đúc có giới hạn chảy tối thiểu là 41 ksi hoặc 280 MPa. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được giới hạn chảy tối thiểu 48 ksi hoặc 330 MPa đối với sản phẩm đúc. Trên cơ sở các chỉ số về độ bền được ưu tiên, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 304LM4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S30403 trong Bảng 2 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 304LM4N có thể cao hơn 2,5 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S30403. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 304LM4N mới và sáng tạo theo sáng chế, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S30453 trong Bảng 2 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 304LM4N có thể cao hơn 2,1 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S30453.

Thép không gỉ 304LM4N theo phương án thứ nhất có độ bền kéo tối thiểu là 102 ksi hoặc 700 MPa đối với sản phẩm rèn. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được độ bền kéo tối thiểu 109 ksi hoặc 750 MPa đối với sản phẩm rèn. Sản phẩm đúc có độ bền kéo tối thiểu là 95 ksi hoặc 650 MPa. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được độ bền kéo tối thiểu 102 ksi hoặc 700 MPa đối với sản phẩm đúc. Trên cơ sở các chỉ số được ưu tiên này, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 304LM4N mới và sáng tạo theo sáng chế, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S30403 trong Bảng 2, có thể cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 304LM4N là cao hơn 1,5 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S30403. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ austenit 304LM4N mới và sáng tạo theo sáng chế, các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S30453 trong Bảng 2 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 304LM4N có thể cao hơn 1,45 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định

cho UNS S30453. Trên thực tế, nếu các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 304LM4N mới và sáng tạo theo sáng chế, được so sánh với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 22 Cr Duplex trong Bảng 2, thì có thể chứng minh được rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 304LM4N nằm trong khoảng cao hơn 1,2 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho S31803 và tương tự với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex. Do đó, các đặc tính về độ bền cơ học tối thiểu của thép không gỉ 304LM4N đã được cải thiện đáng kể so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S30403 và UNS S30453 và các đặc tính về độ bền kéo là tốt hơn so với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Điều đó có nghĩa là các ứng dụng sử dụng thép không gỉ 304LM4N dùng để rèn thường có thể được thiết kế với độ dày vách giảm, nhờ đó tiết kiệm đáng kể trọng lượng khi chỉ định thép không gỉ 304LM4N so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S30403 và S30453 do ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép có thể cao hơn đáng kể. Trên thực tế, ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 304LM4N khi rèn có thể là cao hơn so với ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ 304LM4N được tạo công thức theo chủ đích để sản xuất chứa các nguyên tố tạo hợp kim khác như đồng, vonfram và vanadi, với lượng đặc hiệu. Đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của các biến thể khác của thép không gỉ 304LM4N được chọn lọc và đặc trưng bởi hợp kim chứa các thành phần hoá học tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau.

Đồng (Cu)

Hàm lượng đồng trong thép không gỉ 304LM4N là $\leq 1,50\%$ trọng lượng Cu, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng Cu và $\leq 1,50\%$ trọng lượng Cu và tốt hơn nữa nếu $\leq 1,00\%$ trọng lượng Cu đối với các hợp kim có hàm lượng đồng thấp. Đối với các hợp kim có hàm lượng đồng cao, hàm lượng đồng có thể chứa trong đó $\leq 3,50\%$ trọng lượng, nhưng tốt hơn nếu $\geq 1,50\%$ trọng lượng Cu và $\leq 3,50\%$ trọng lượng Cu và tốt hơn nữa nếu $\leq 2,50\%$ trọng lượng Cu.

Đồng có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với vonfram, vanadi, titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này, để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này. Đồng có giá thành cao và do đó được hạn chế có chủ đích để tối ưu hoá giá thành của hợp kim, đồng thời tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim.

Vonfram (W)

Hàm lượng vonfram trong thép không gỉ 304LM4N là $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W. Đối với các biến thể chứa vonfram của thép không gỉ 304LM4N, lượng chống ăn mòn sẽ được tính bằng cách sử dụng công thức:

$$PRE_{NW} = \% Cr + [3,3 \times \% (Mo + W)] + (16 \times \% N).$$

Biến thể chứa vonfram này của thép không gỉ 304LM4N được tạo công thức đặc hiệu để có thành phần như sau:

- (i) hàm lượng crom $\geq 17,50\%$ trọng lượng Cr và $\leq 20,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 18,25\%$ trọng lượng Cr;
- (ii) hàm lượng molybden $\leq 2,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng Mo và $\leq 2,00\%$ trọng lượng Mo và tốt hơn nữa nếu $\geq 1,0\%$ trọng lượng Mo;
- (iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N; và
- (iv) hàm lượng vonfram $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W.

Biến thể chứa vonfram này của thép không gỉ 304LM4N có hàm lượng nitơ cao theo quy định và $PRE_{NW} \geq 27$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_{NW} \geq 32$. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc. Vonfram có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vanadi, titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng

tantan trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này, để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này. Vonfram có giá thành cực cao và do đó được hạn chế có chủ đích để tối ưu hoá giá thành của hợp kim, đồng thời tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim.

Vanadi (V)

Hàm lượng vanadi trong thép không gỉ 304LM4N $\leq 0,50\%$ trọng lượng V, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,10\%$ trọng lượng V và $\leq 0,50\%$ trọng lượng V và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,30\%$ trọng lượng V. Vanadi có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram, titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này. Vanadi có giá thành cao và do đó được hạn chế có chủ đích để tối ưu hoá giá thành của hợp kim, đồng thời tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim.

Cacbon (C)

Đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể khác của thép không gỉ austenit có độ bền cao 304LM4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa carbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, hàm lượng cacbon trong thép không gỉ 304LM4N có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C. Các biến thể đặc hiệu này của thép không gỉ austenit có độ bền cao 304LM4N lần lượt có thể được gọi là 304HM4N hoặc 304M4N.

Titan (Ti)/Niobi (Nb)/Niobi (Nb) cộng tantan (Ta)

Ngoài ra, đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể được làm ổn định khác của thép không gỉ 304HM4N hoặc 304M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, lượng cacbon có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C, hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C.

(i) Các biến thể này bao gồm biến thể được làm ổn định bằng titan, được gọi là 304HM4NTi hoặc 304M4NTi tương phản với các sản phẩm thép không gỉ 304LM4N chung.

Hàm lượng titan được kiểm soát theo công thức sau:

Ti $4 \times C$ tối thiểu, 0,70% trọng lượng Ti tối đa hoặc Ti $5 \times C$ tối thiểu, 0,70% trọng lượng Ti tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng titan trong hợp kim.

(ii) Ngoài ra, cũng có sản phẩm 304HM4NNb hoặc 304M4NNb được làm ổn định bằng niobi, trong đó hàm lượng niobi được kiểm soát theo công thức sau:

Nb $8 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb tối đa hoặc Nb $10 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng niobi trong hợp kim.

(iii) Ngoài ra, các biến thể khác của hợp kim này cũng có thể được sản xuất để bao gồm các sản phẩm 304HM4NNbTa hoặc 304M4NNbTa được làm ổn định bằng niobi cộng tantan, trong đó hàm lượng niobi cộng tantan được kiểm soát theo công thức sau:

Nb + Ta $8 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa, hoặc Nb + Ta $10 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa.

Các biến thể được làm ổn định bằng titan, niobi và niobi cộng tantan của hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram và vanadi trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá hợp kim cho một số ứng dụng nhất định khi cần hàm lượng cacbon cao hơn. Các nguyên tố tạo hợp kim này có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để biến đổi thép không gỉ phù hợp với các ứng dụng cụ thể và để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này.

Sản phẩm dùng để rèn và hàn của thép không gỉ 304LM4N cùng với các biến thể và phương án khác được bàn luận ở đây thường được cung ứng trong điều

kiện tôi dung dịch. Tuy nhiên, bộ phận hàn chứa các chi tiết được chế tạo sẵn, các môđun và các sản phẩm chế tạo sẵn thường được cung ứng trong điều kiện đã hàn, với điều kiện các tiêu chuẩn của quy trình hàn thích hợp đã được thẩm định trước theo các tiêu chuẩn và quy chuẩn kỹ thuật tương ứng. Đối với các ứng dụng cụ thể, sản phẩm dùng để hàn cũng có thể được cung ứng trong điều kiện được xử lý nguội.

Tác dụng của các nguyên tố tạo hợp kim được đề xuất và thành phần của chúng

Một trong số các đặc tính quan trọng nhất của thép không gỉ là chúng thường có tính chống ăn mòn, mà nếu không có đặc tính này, thì chúng sẽ ít được ứng dụng trong công nghiệp, do trong nhiều trường hợp, các đặc tính cơ học của chúng có thể được thực hiện bởi các vật liệu có giá thành thấp hơn.

Sự thay đổi về hàm lượng nguyên tố tạo hợp kim cần thiết để tạo ra các đặc tính chống ăn mòn hấp dẫn có thể có tác động đáng kể đến quá trình luyện kim thép không gỉ. Theo đó, yếu tố này có thể tác động đến các đặc tính vật lý và cơ học có thể được sử dụng trên thực tế. Việc tạo ra một số đặc tính mong muốn nhất định như độ bền, độ dẻo và độ dai cao phụ thuộc vào việc kiểm soát vi cấu trúc và điều đó có thể làm hạn chế khả năng chống ăn mòn thu được. Các nguyên tố tạo hợp kim trong dung dịch rắn, tạp chất mangan sulphua và các pha khác nhau có thể kết tủa để tạo ra các vùng không có crom và molybden xung quanh các chất kết tủa này, tất cả các thành phần này có thể có tác động mạnh mẽ đến vi cấu trúc, các đặc tính cơ học của hợp kim và khả năng duy trì hoặc hoặc hư hỏng thụ động.

Do đó, việc đạt được thành phần tối ưu của các nguyên tố trong hợp kim nhằm tạo ra hợp kim có các đặc tính tốt về độ bền cơ học, có độ dẻo và độ dai tuyệt vời, tuy nhiên lại có khả năng hàn và chống ăn mòn tổng thể và khu trú tốt sẽ là thách thức cực lớn. Điều này cũng đặc biệt đúng khi xem xét sự phức tạp của các biến trong quá trình luyện kim tạo nên thành phần của hợp kim và sự phức tạp trong cách mà mỗi biến tác động đến tính thụ động, vi cấu trúc và các đặc tính cơ học. Ngoài ra, cũng cần ứng dụng kiến thức này vào các chương trình phát triển, kế hoạch sản xuất, và xử lý nhiệt hợp kim. Trong phần dưới đây, phương pháp để mỗi nguyên tố trong hợp kim được tối ưu hoá nhằm thu được các đặc tính nêu trên được bàn luận.

Tác dụng của crom

Thép không gỉ thu được các đặc tính thụ động của chúng nhờ tạo hợp kim với crom. Sắt tạo hợp kim với crom làm dịch chuyển điện thế thụ động hoá cơ sở về hướng tác động. Đến lượt mình, điện thế này mở rộng khoảng điện thế thụ động và làm giảm cường độ dòng điện thụ động i_{pass} . Trong dung dịch clorua, việc làm tăng hàm lượng crom trong thép không gỉ sẽ làm tăng điện thế điểm E_p , nhờ đó mở rộng khoảng điện thế thụ động. Theo đó, crom làm tăng khả năng chống ăn mòn khu trú (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) cũng như ăn mòn tổng thể. Việc tăng hàm lượng crom, một nguyên tố tạo ferit, có thể được làm cân bằng bằng cách gia tăng hàm lượng niken và các nguyên tố tạo austenit khác như nito, cacbon và mangan để về cơ bản duy trì được vi cấu trúc austenit. Tuy nhiên, đã phát hiện ra rằng crom phối hợp với molybden và silic có thể làm tăng xu hướng kết tủa của các pha liên kim loại và các chất kết tủa có hại. Do đó, trên thực tế, có giới hạn tối đa đối với hàm lượng crom có thể gia tăng mà không làm tăng tốc độ tạo pha liên kim loại ở các phần dày mà đến lượt mình, pha liên kim loại này có thể làm giảm độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim. Thép không gỉ 304LM4N theo sáng chế được tạo công thức đặc hiệu để có hàm lượng crom $\geq 17,50\%$ trọng lượng Cr và $\leq 20,00\%$ trọng lượng Cr để thu được các kết quả tối ưu. Tốt hơn nếu hàm lượng crom là $\geq 18,25\%$ trọng lượng.

Tác dụng của niken

Đã phát hiện ra rằng niken làm dịch chuyển điện thế điểm E_p về hướng trợ, nhờ đó mở rộng khoảng điện thế thụ động và ngoài ra còn làm giảm cường độ dòng điện thụ động i_{pass} . Do đó, niken làm tăng khả năng chống ăn mòn khu trú và ăn mòn tổng thể ở thép không gỉ austenit. Niken là nguyên tố tạo austenit và hàm lượng niken, mangan, cacbon và nito được tối ưu hoá theo phương án thứ nhất để làm cân bằng các nguyên tố tạo ferit như crom, molybden và silic để về cơ bản duy trì được vi cấu trúc austenit. Niken có giá thành rất cao và do đó được hạn chế có chủ đích để tối ưu hoá giá thành của hợp kim, đồng thời tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim. Thép không gỉ 304LM4N theo sáng chế được tạo công thức đặc hiệu để có hàm lượng niken $\geq 8,00\%$ trọng lượng Ni và $\leq 12,00\%$ trọng lượng Ni, nhưng tốt hơn nếu $\leq 11,00\%$ trọng lượng Ni và tốt hơn nữa nếu $\leq 10,00\%$ trọng lượng Ni.

Tác dụng của molybden

Ở các mức cụ thể của hàm lượng crom, đã phát hiện ra rằng molybden có tác động mạnh hữu ích đối với tính thụ động của thép không gỉ austenit. Việc bổ sung

molypden làm dịch chuyển điện thế điểm về hướng trở hơn, nhờ đó mở rộng khoảng điện thế thụ động. Việc gia tăng hàm lượng molypden còn làm giảm $i_{\max}$, do đó molypden cải thiện khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong môi trường clorua. Molypden cũng cải thiện khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất bởi clorua trong môi trường chứa clorua. Molypden là nguyên tố tạo ferit và hàm lượng molypden cùng với crom và silic, được tối ưu hoá để làm cân bằng các nguyên tố tạo austenit như niken, mangan, cacbon và nitơ để về cơ bản duy trì được vi cấu trúc austenit. Tuy nhiên, molypden phối hợp với crom và silic có thể làm tăng xu hướng kết tủa của các pha liên kim loại và các chất kết tủa có hại. Ở hàm lượng molypden cao hơn, có thể xảy ra tình trạng phân ly ở mức vĩ mô, đặc biệt là trong sản phẩm đúc và sản phẩm ban đầu, quá trình này có thể làm tăng hơn nữa động học của các pha liên kim loại này và các chất kết tủa có hại. Đôi khi, các nguyên tố khác như vonfram có thể được đưa vào quá trình gia nhiệt để làm giảm lượng tương đối của molypden cần thiết trong hợp kim này. Do đó, trên thực tế, có giới hạn tối đa đối với hàm lượng molypden có thể được gia tăng mà không làm tăng tốc độ tạo pha liên kim loại ở các phần dày mà đến lượt mình, phần dày này có thể làm giảm độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim. Thép không gỉ 304LM4N theo sáng chế được tạo công thức đặc hiệu để có hàm lượng molypden $\leq 2,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng Mo và $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mo và tốt hơn nữa nếu $\geq 1,0\%$ trọng lượng Mo.

Tác dụng của nitơ

Theo phương án thứ nhất (và các phương án tiếp theo), một trong số các cải thiện đáng kể nhất về hiệu suất chống ăn mòn khu trú của thép không gỉ austenit được tạo ra bằng cách gia tăng hàm lượng nitơ. Nitơ làm tăng điện thế điểm E_p , nhờ đó mở rộng khoảng điện thế thụ động. Nitơ làm biến đổi màng bảo vệ thụ động để cải thiện khả năng bảo vệ chống lại hư hỏng thụ động. Đã được thông báo là¹, quan sát thấy nồng độ nitơ cao ở phía kim loại của mặt phân cách của màng thụ động kim loại bằng cách sử dụng phổ điện tử Auger. Nitơ là nguyên tố tạo austenit cực mạnh cùng với cacbon. Tương tự, mangan và niken cũng là các nguyên tố tạo austenit, mặc dù ở mức thấp hơn. Hàm lượng các nguyên tố tạo austenit như nitơ và cacbon, cũng như mangan và niken được tối ưu hoá trong các phương án này để làm cân bằng các nguyên tố tạo ferit như crom, molypden và silic để về cơ bản duy trì được vi cấu trúc

austenit. Theo đó, nitơ gián tiếp hạn chế xu hướng tạo ra các pha liên kim loại do tốc độ khuếch tán chậm hơn nhiều trong austenit. Do đó, động học của quá trình tạo pha liên kim loại được giảm xuống. Tương tự, do thực tế là austenit có độ tan tốt đối với nitơ, nên điều đó có nghĩa là khả năng tạo ra các chất kết tủa có hại như M_2X (cacbo-nitrua, nitrua, borua, bo-nitrua hoặc bo-carbua) cũng như $M_{23}C_6$ carbua, trong kim loại hàn và vùng được tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, trong các chu trình hàn, được giảm xuống. Nitơ trong dung dịch rắn chủ yếu có tác dụng làm tăng các đặc tính về độ bền cơ học của thép không gỉ 304LM4N trong khi đảm bảo rằng vi cấu trúc austenit sẽ tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim. Tuy nhiên, nitơ có độ tan hạn chế cả trong công đoạn làm nóng chảy và trong dung dịch rắn. Thép không gỉ 304LM4N theo sáng chế được tạo công thức đặc hiệu để có hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

Tác dụng của mangan

Mangan là nguyên tố tạo austenit và hàm lượng mangan, niken, cacbon và nitơ được tối ưu hoá trong các phương án theo sáng chế để làm cân bằng các nguyên tố tạo ferit như crom, molypden và silic để về cơ bản duy trì được vi cấu trúc austenit. Do đó, hàm lượng mangan càng cao sẽ gián tiếp cho phép tạo ra độ tan càng cao của cả cacbon lẫn nitơ trong công đoạn làm nóng chảy và trong dung dịch rắn để làm giảm nguy cơ tạo ra các chất kết tủa có hại như M_2X (cacbo-nitrua, nitrua, borua, bo-nitrua hoặc bo-carbua) cũng như $M_{23}C_6$ carbua đến mức tối thiểu. Do đó, việc gia tăng nồng độ mangan đến mức đặc hiệu để cải thiện độ tan của nitơ trong pha rắn sẽ cải thiện hiệu suất chống ăn mòn khu trú của thép không gỉ austenit. Mangan cũng là nguyên tố có giá thành rẻ hơn niken và có thể được sử dụng đến một mức nhất định để hạn chế lượng niken được sử dụng trong hợp kim. Tuy nhiên, có giới hạn đối với hàm lượng mangan có thể được sử dụng thành công do có thể tạo ra tạp chất mangan sulphua là các điểm thuận lợi cho sự khởi đầu quá trình ăn mòn lỗ, do đó ảnh hưởng bất lợi đến hiệu suất chống ăn mòn khu trú của thép không gỉ austenit này. Mangan cũng làm tăng xu hướng kết tủa các pha liên kim loại cũng như các chất kết tủa có hại. Do đó, trên thực tế, có giới hạn tối đa đối với hàm lượng mangan có thể được gia tăng mà không làm tăng tốc độ tạo pha liên kim loại ở các phần dày mà đến lượt mình, phần

dày này có thể làm giảm độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim. Thép không gỉ 304LM4N theo sáng chế được tạo công thức đặc hiệu để có hàm lượng mangan $\geq 1,00\%$ trọng lượng Mn và $\leq 2,00\%$ trọng lượng Mn, nhưng tốt hơn nếu với hàm lượng mangan $\geq 1,20\%$ trọng lượng Mn và $\leq 1,50\%$ trọng lượng Mn. Hàm lượng mangan có thể được kiểm soát để đảm bảo tỷ lệ mangan với nitơ là $\leq 5,0$, và tốt hơn nếu $\geq 1,42$ và $\leq 5,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ này là $\geq 1,42$ và $\leq 3,75$ đối với hợp kim có khoảng hàm lượng mangan thấp. Hàm lượng mangan có thể được đặc trưng bởi hợp kim chứa $\geq 2,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn, nhưng tốt hơn nếu $\leq 3,0\%$ trọng lượng Mn và tốt hơn nữa nếu $\leq 2,50\%$ trọng lượng Mn, với tỷ lệ Mn với N là $\leq 10,0$, và tốt hơn nếu $\geq 2,85$ và $\leq 10,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ này là $\geq 2,85$ và $\leq 7,50$ và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 2,85$ và $\leq 6,25$ đối với hợp kim có hàm lượng mangan cao.

Tác dụng của lưu huỳnh, oxy và phospho

Các tạp chất như lưu huỳnh, oxy và phospho có thể có ảnh hưởng tiêu cực đến các đặc tính cơ học và khả năng chống ăn mòn khu trú (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) và ăn mòn tổng thể trong thép không gỉ austenit. Điều đó là do lưu huỳnh, phối hợp với mangan ở những mức cụ thể, có khả năng thúc đẩy quá trình tạo tạp chất mangan sulphua. Ngoài ra, oxy phối hợp với nhôm hoặc silic ở những mức cụ thể, có khả năng thúc đẩy quá trình tạo tạp chất oxit như Al_2O_3 hoặc SiO_2 . Các tạp chất này là các vị trí thuận lợi cho sự khởi đầu quá trình ăn mòn lỗ, do đó ảnh hưởng bất lợi đến hiệu suất chống ăn mòn khu trú, độ dẻo và độ dai thép không gỉ austenit này. Tương tự, phospho có khả năng thúc đẩy quá trình tạo các chất kết tủa có là các vị trí thuận lợi cho sự khởi đầu quá trình ăn mòn lỗ, qua đó ảnh hưởng bất lợi đến khả năng chống ăn mòn lỗ và chống ăn mòn hốc của hợp kim cũng như làm giảm độ dẻo và độ dai của nó. Ngoài ra, lưu huỳnh, oxy và phospho có ảnh hưởng bất lợi đến khả năng xử lý nóng của thép không gỉ austenit dùng để rèn và độ nhạy nứt nóng và nứt nguội, đặc biệt là trong sản phẩm đúc và kim loại hàn của bộ phận hàn trong thép không gỉ austenit. Ở những mức cụ thể, oxy cũng có thể tạo ra tính xốp trong sản phẩm đúc bằng thép không gỉ austenit. Điều đó có thể tạo ra các vị trí khởi đầu tình trạng nứt tiềm tàng bên trong các chi tiết đúc được nạp vào theo chu trình lớn. Do đó, các kỹ thuật làm nóng chảy hiện đại như làm nóng chảy bằng hồ quang điện, làm nóng chảy cảm ứng và tách cacbon bằng oxy trong chân không hoặc tách cacbon bằng oxy trong

môi trường argon, phối hợp với các kỹ thuật tái nóng chảy thứ cấp khác như tái nóng chảy xỉ lò điện hoặc tái nóng chảy bằng hồ quang trong chân không cũng như các kỹ thuật tinh luyện khác được sử dụng để đảm bảo rằng thu được hàm lượng lưu huỳnh, oxy và phospho cực thấp để cải thiện khả năng xử lý nóng của thép không gỉ dùng để rèn và làm giảm độ nhạy nứt nóng và nứt nguội và độ xốp, đặc biệt là trong sản phẩm đúc và trong kim loại hàn của bộ phận hàn. Các kỹ thuật làm nóng chảy hiện đại cũng có tác dụng làm giảm hàm lượng tạp chất. Điều đó cải thiện độ sạch của thép không gỉ austenit, do đó cải thiện độ dẻo và độ dai cũng như tổng hiệu suất chống ăn mòn. Thép không gỉ 304LM4N theo sáng chế được tạo công thức đặc hiệu để có hàm lượng lưu huỳnh $\leq 0,010\%$ trọng lượng S, nhưng tốt hơn nếu với hàm lượng lưu huỳnh là $\leq 0,005\%$ trọng lượng S và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,003\%$ trọng lượng S và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\leq 0,001\%$ trọng lượng S. Hàm lượng oxy cần được duy trì ở mức càng thấp càng tốt và được kiểm soát đến $\leq 0,070\%$ trọng lượng O, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng O và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,030\%$ trọng lượng O và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\leq 0,010\%$ trọng lượng O và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,005\%$ trọng lượng O. Hàm lượng phospho được kiểm soát đến $\leq 0,030\%$ trọng lượng P, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,025\%$ trọng lượng P, và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,020\%$ trọng lượng P, và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\leq 0,015\%$ trọng lượng P, và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,010\%$ trọng lượng P.

Tác dụng của silic

Silic làm dịch chuyển điện thế điểm về hướng trợ, nhờ đó mở rộng khoảng điện thế thụ động. Silic cũng làm tăng độ lỏng của hỗn hợp nóng chảy trong quá trình sản xuất thép không gỉ. Tương tự, silic cũng cải thiện độ lỏng của kim loại hàn nóng trong các chu trình hàn. Silic là nguyên tố tạo ferit và hàm lượng silic cùng với crom và molybden, được tối ưu hoá để làm cân bằng các nguyên tố tạo austenit như niken, mangan, cacbon và nitơ để về cơ bản duy trì được vi cấu trúc austenit. Hàm lượng silic nằm trong khoảng từ 0,75% trọng lượng Si đến 2,00% trọng lượng Si có thể cải thiện khả năng chống oxy hoá đối với các ứng dụng ở nhiệt độ cao. Tuy nhiên, hàm lượng silic dư khoảng 1,0% trọng lượng Si, phối hợp với crom và molybden có thể làm tăng xu hướng kết tủa của các pha liên kim loại và các chất kết tủa có hại. Do đó, trên thực tế, có giới hạn tối đa đối với hàm lượng silic có thể được gia tăng mà không làm tăng tốc độ tạo pha liên kim loại ở các phần dày mà đến lượt mình, phần dày này

có thể làm giảm độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim. Thép không gỉ 304LM4N theo sáng chế được tạo công thức đặc hiệu để có hàm lượng silic $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,25\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,60\%$ trọng lượng Si. Hàm lượng silic có thể được đặc trưng bởi hợp kim chứa $\geq 0,75\%$ trọng lượng Si và $\leq 2,00\%$ trọng lượng Si đối với các ứng dụng cụ thể ở nhiệt độ cao hơn nơi cần có khả năng chống oxy hoá được cải thiện.

Tác dụng của cacbon

Cacbon là nguyên tố tạo austenit cực mạnh cùng với nitơ. Tương tự, mangan và niken cũng là các nguyên tố tạo austenit cực mạnh, mặc dù ở mức thấp hơn. Hàm lượng các nguyên tố tạo austenit như cacbon và nitơ, cũng như mangan và niken, được tối ưu hoá để làm cân bằng các nguyên tố tạo ferit như crom, molybden và silic để về cơ bản duy trì được vi cấu trúc austenit. Theo đó, cacbon gián tiếp hạn chế xu hướng tạo ra các pha liên kim loại do tốc độ khuếch tán chậm hơn nhiều trong austenit. Do đó, động học của quá trình tạo pha liên kim loại được giảm xuống. Tương tự, do thực tế là austenit có độ tan tốt đối với cacbon, điều đó có nghĩa là khả năng tạo ra các chất kết tủa có hại như M_2X (cacbo-nitrua, nitrua, borua, bo-nitrua hoặc bo-carbua) cũng như $M_{23}C_6$ carbua, trong kim loại hàn và vùng được tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, trong các chu trình hàn, được làm giảm. Cacbon và nitơ trong dung dịch rắn chủ yếu có tác dụng làm tăng các đặc tính về độ bền cơ học của thép không gỉ 304LM4N trong khi đảm bảo rằng vi cấu trúc austenit tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim. Hàm lượng cacbon thường được giới hạn đến $0,030\%$ trọng lượng C là tối đa để tối ưu hoá các đặc tính và còn đảm bảo khả năng xử lý nóng tốt của thép không gỉ austenit dùng để rèn. Thép không gỉ 304LM4N theo sáng chế được tạo công thức đặc hiệu để có hàm lượng cacbon $\leq 0,030\%$ trọng lượng C là tối đa, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,020\%$ trọng lượng C và $\leq 0,030\%$ trọng lượng C và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,025\%$ trọng lượng C. Đối với một số ứng dụng nhất định, nếu cần hàm lượng cacbon cao hơn $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C, các biến thể đặc hiệu của thép không gỉ 304LM4N, cụ thể lần lượt là 304HM4N hoặc 304M4N, cũng được tạo công thức theo chủ đích.

Tác dụng của bo, xeri, nhôm, canxi và magie

Khả năng xử lý nóng của thép không gỉ được cải thiện bằng cách đưa các nguyên tố khác như bo hoặc xeri với lượng riêng rẽ vào. Nếu thép không gỉ này chứa xeri, nó cũng có thể chứa các kim loại đất hiếm (Rare Earth Metals - REM) khác như Lantan do các REM thường được cung ứng cho các nhà sản xuất thép không gỉ dưới dạng Mischmetal. Nói chung, hàm lượng bo thường còn lại trong thép không gỉ là $\geq 0,0001\%$ trọng lượng B và $\leq 0,0006\%$ trọng lượng B đối với các đơn vị sản xuất không muốn bổ sung bo một cách có chủ đích vào hỗn hợp gia nhiệt. Thép không gỉ 304LM4N có thể được sản xuất mà không cần bổ sung bo. Theo cách khác, thép không gỉ 304LM4N có thể được sản xuất để có hàm lượng đặc hiệu của bo $\geq 0,001\%$ trọng lượng B và $\leq 0,010\%$ trọng lượng B, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,0015\%$ trọng lượng B và $\leq 0,0035\%$ trọng lượng B. Tác dụng hữu ích của bo đối với khả năng xử lý nóng thu được từ việc đảm bảo rằng bo được giữ lại trong dung dịch rắn. Do đó, cần đảm bảo rằng các chất kết tủa có hại như M_2X (borua, bo-nitrua hoặc bo-carbua) không kết tủa trong vi cấu trúc ở ranh giới hạt vật liệu nền trong quá trình sản xuất và các chu trình xử lý nhiệt hoặc trong kim loại hàn khi được hàn và vùng được tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn trong các chu trình hàn.

Thép không gỉ 304LM4N có thể được sản xuất để có hàm lượng xeri đặc hiệu $\leq 0,10\%$ trọng lượng Ce, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,01\%$ trọng lượng Ce và $\leq 0,10\%$ trọng lượng Ce và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,03\%$ trọng lượng Ce và $\leq 0,08\%$ trọng lượng Ce. Xeri tạo ra xeri oxysulphua trong thép không gỉ để cải thiện khả năng xử lý nóng, nhưng ở những mức cụ thể, hợp chất này không ảnh hưởng bất lợi đến khả năng chống ăn mòn của vật liệu. Đối với một số ứng dụng nhất định, nếu cần hàm lượng cacbon cao hơn là $\geq 0,04\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C, các biến thể của thép không gỉ 304LM4N cũng có thể được sản xuất để có hàm lượng bo đặc hiệu $\leq 0,010\%$ trọng lượng B, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,001\%$ trọng lượng B và $\leq 0,010\%$ trọng lượng B và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,0015\%$ trọng lượng B và $\leq 0,0035\%$ trọng lượng B hoặc hàm lượng xeri $\leq 0,10\%$ trọng lượng Ce, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,01\%$ trọng lượng Ce và $\leq 0,10\%$ trọng lượng Ce và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,03\%$ trọng lượng Ce và $\leq 0,08\%$ trọng lượng Ce. Cần lưu ý rằng các kim loại đất hiếm có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc cùng nhau dưới

dạng Mischmetal để tạo ra tổng lượng các REM phù hợp với hàm lượng Ce được quy định ở đây. Thép không gỉ 304LM4N có thể được sản xuất để chứa nhôm, canxi và/hoặc magie với lượng đặc hiệu. Các nguyên tố này có thể được bổ sung vào để khử oxy và/hoặc khử lưu huỳnh thép không gỉ để cải thiện độ sạch của nó cũng như khả năng xử lý nóng vật liệu. Nếu thích hợp, hàm lượng nhôm thường được kiểm soát để có hàm lượng nhôm $\leq 0,050\%$ trọng lượng Al, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,005\%$ trọng lượng Al và $\leq 0,050\%$ trọng lượng Al và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,010\%$ trọng lượng Al và $\leq 0,030\%$ trọng lượng Al để ức chế quá trình kết tủa nitrua. Tương tự, hàm lượng canxi và/hoặc magie thường được kiểm soát để có hàm lượng Ca và/hoặc Mg là $\leq 0,010\%$ trọng lượng Ca và/hoặc Mg, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,001\%$ trọng lượng Ca và/hoặc Mg và $\leq 0,010\%$ trọng lượng Ca và/hoặc Mg và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,001\%$ trọng lượng Ca và/hoặc Mg và $\leq 0,005\%$ trọng lượng Ca và/hoặc Mg để hạn chế mức tạo xỉ trong hỗn hợp nóng chảy.

Các biến thể khác

Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ 304LM4N có thể được tạo công thức để sản xuất chứa các nguyên tố tạo hợp kim khác như đồng, vonfram và vanadi, với lượng đặc hiệu. Tương tự, đối với một số ứng dụng nhất định, nếu cần hàm lượng cacbon cao hơn $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C, các biến thể đặc hiệu của thép không gỉ 304LM4N, cụ thể lần lượt là 304HM4N hoặc 304M4N, được tạo công thức theo chủ đích. Ngoài ra, đối với một số ứng dụng nhất định, nếu cần hàm lượng cacbon cao hơn $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C, các biến thể đặc hiệu của thép không gỉ 304HM4N hoặc 304M4N, cụ thể là hợp kim 304HM4NTi hoặc 304M4NTi được làm ổn định bằng titan, 304HM4NNb hoặc 304M4NNb được làm ổn định bằng niobi và 304HM4NNbTa hoặc 304M4NNbTa được làm ổn định bằng niobi cộng tantan cũng được tạo công thức theo chủ đích. Các biến thể được làm ổn định bằng titan, niobi và niobi cộng tantan của các hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối

hợp với đồng, vonfram và vanadi trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá hợp kim cho một số ứng dụng nhất định khi cần hàm lượng cacbon cao hơn. Các nguyên tố tạo hợp kim này có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để biến đổi thép không gỉ phù hợp với các ứng dụng cụ thể và để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này.

Tác dụng của đồng

Tác dụng hữu ích của việc bổ sung đồng đối với khả năng chống ăn mòn thép không gỉ trong môi trường không oxy hoá đã được biết rõ. Nếu khoảng 0,50% trọng lượng đồng được bổ sung vào, thì cả tốc độ hoà tan hoạt chất trong axit clohydric lẫn mức hao hụt do ăn mòn hốc trong dung dịch clorua đều được làm giảm. Đã phát hiện ra rằng khả năng chống ăn mòn tổng thể trong axit sulphuric cũng được cải thiện khi bổ sung đồng đến hàm lượng 1,50% trọng lượng Cu.² Đồng là nguyên tố tạo austenit cùng với niken, mangan, cacbon và nitơ. Do đó, đồng có thể cải thiện hiệu suất chống ăn mòn khu trú và ăn mòn tổng thể của thép không gỉ. Hàm lượng đồng và các nguyên tố tạo austenit khác được tối ưu hoá để làm cân bằng các nguyên tố tạo ferit như crom, molybden và silic để về cơ bản duy trì được vi cấu trúc austenit. Do đó, biến thể của thép không gỉ 304LM4N được lựa chọn đặc hiệu để có hàm lượng đồng $\leq 1,50\%$ trọng lượng Cu, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng Cu và $\leq 1,50\%$ trọng lượng Cu và tốt hơn nữa nếu $\leq 1,00\%$ trọng lượng Cu đối với các hợp kim có hàm lượng đồng thấp. Hàm lượng đồng trong 304LM4N có thể được đặc trưng bởi hợp kim chứa $\leq 3,50\%$ trọng lượng Cu, nhưng tốt hơn nếu $\geq 1,50\%$ trọng lượng Cu và $\leq 3,50\%$ trọng lượng Cu và tốt hơn nữa nếu $\leq 2,50\%$ trọng lượng Cu đối với hợp kim có hàm lượng đồng cao.

Đồng có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với vonfram, vanadi, titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này, để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này. Đồng có giá thành cao và do đó được hạn chế có chủ đích để tối ưu hoá giá thành của hợp kim, đồng thời tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim.

Tác dụng của vonfram

Vonfram và molybden chiếm vị trí tương tự trên Bảng tuần hoàn và có hiệu lực và tác động tương tự đối với khả năng chống ăn mòn khu trú (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc). Ở các mức cụ thể của hàm lượng crom và molybden, vonfram có tác động mạnh hữu ích đối với tính thụ động của thép không gỉ austenit. Ngoài ra, vonfram làm dịch chuyển điện thế điểm về hướng trơ hơn, nhờ đó mở rộng khoảng điện thế thụ động. Việc gia tăng hàm lượng vonfram còn làm giảm cường độ dòng điện thụ động i_{pass} . Vonfram có mặt trong lớp thụ động và được hấp phụ mà không làm biến đổi trạng thái oxit³. Trong dung dịch clorua axit, vonfram có thể trực tiếp đi từ kim vào màng thụ động, bằng cách tương tác với nước và tạo ra WO_3 không tan, thay vì qua quy trình hoà tan rồi hấp phụ. Trong dung dịch clorua trung tính, tác dụng hữu ích của vonfram được thể hiện nhờ tương tác của WO_3 với các oxit khác để tạo ra độ ổn định gia tăng và mức liên kết gia tăng của lớp oxit với kim loại nền. Vonfram cải thiện khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong môi trường clorua. Vonfram cũng cải thiện khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất bởi clorua trong môi trường chứa clorua. Vonfram là nguyên tố tạo ferit và hàm lượng vonfram cùng với crom, molybden và silic, được tối ưu hoá để làm cân bằng các nguyên tố tạo austenit như niken, mangan, cacbon và nitơ để về cơ bản duy trì được vi cấu trúc austenit. Tuy nhiên, vonfram phối hợp với crom, molybden và silic có thể làm tăng xu hướng kết tủa của các pha liên kim loại và các chất kết tủa có hại. Do đó, trên thực tế, có giới hạn tối đa đối với hàm lượng vonfram có thể được gia tăng mà không làm tăng tốc độ tạo pha liên kim loại ở các phần dày mà đến lượt mình, phần dày này có thể làm giảm độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim. Do đó, biến thể của thép không gỉ 304LM4N này được tạo công thức đặc hiệu để có hàm lượng vonfram $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W. Vonfram có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vanadi, titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này, để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này. Vonfram có giá thành cực cao và do đó được hạn chế có chủ đích để tối ưu hoá giá thành của hợp kim, đồng thời tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim.

Tác dụng của vanadi

Ở các mức cụ thể của hàm lượng crom và molybden, vanadi có tác động mạnh hữu ích đối với tính thụ động của thép không gỉ austenit. Ngoài ra, vanadi làm dịch chuyển điện thế điểm về hướng trơ hơn nhờ đó mở rộng khoảng điện thế thụ động. Việc làm tăng hàm lượng vanadi còn làm giảm $i_{\max}$ và do đó, vanadi, phối hợp với molybden cải thiện khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong môi trường clorua. Vanadi phối hợp với molybden cũng có thể cải thiện khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất bởi clorua trong môi trường chứa clorua. Tuy nhiên, vanadi phối hợp với crom, molybden và silic có thể làm tăng xu hướng kết tủa của các pha liên kim loại và các chất kết tủa có hại. Vanadi có xu hướng mạnh trong việc tạo ra các chất kết tủa có hại như M_2X (cacbo-nitrua, nitrua, borua, bo-nitrua hoặc bo-carbua) cũng như $M_{23}C_6$ carbua. Do đó, trên thực tế, có giới hạn tối đa đối với hàm lượng vanadi có thể được gia tăng mà không làm tăng tốc độ tạo pha liên kim loại ở các phần dày. Vanadi cũng làm tăng xu hướng tạo ra các chất kết tủa có hại như vậy trong kim loại hàn và vùng được tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn trong các chu trình hàn. Đến lượt mình, các pha liên kim loại và pha có hại này có thể làm giảm độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim. Do đó, biến thể của thép không gỉ 304LM4N này được tạo công thức đặc hiệu để có hàm lượng vanadi $\leq 0,50\%$ trọng lượng V, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,10\%$ trọng lượng V và $\leq 0,50\%$ trọng lượng V và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,30\%$ trọng lượng V. Vanadi có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram, titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này. Vanadi có giá thành cao và do đó được hạn chế có chủ đích để tối ưu hoá giá thành của hợp kim, đồng thời tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim.

Tác dụng của titan, niobi và niobi cộng tantan

Đối với một số ứng dụng nhất định, nếu cần hàm lượng cacbon cao hơn $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C, các biến thể đặc hiệu của thép không gỉ 304HM4N hoặc 304M4N, cụ thể là 304HM4NTi hoặc 304M4NTi, được tạo công thức theo chủ đích để có hàm lượng titan theo các công thức dưới đây: Ti $4 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa hoặc Ti $5 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa tương ứng, để có

lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng titan trong hợp kim. Các biến thể được làm ổn định bằng titan của hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram, vanadi và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim.

Tương tự, đối với một số ứng dụng nhất định, nếu cần hàm lượng cacbon cao hơn $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C, các biến thể đặc hiệu của thép không gỉ 304HM4N hoặc 304M4N, cụ thể là 304HM4NNb hoặc 304M4NNb, được tạo công thức theo chủ đích để có hàm lượng niobi theo các công thức dưới đây: Nb $8 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb tối đa hoặc Nb $10 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb tối đa tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng niobi trong hợp kim. Ngoài ra, các biến thể khác của hợp kim này cũng có thể được sản xuất để bao gồm các sản phẩm các sản phẩm 304HM4NNbTa hoặc 304M4NnbTa được làm ổn định bằng niobi cộng tantan, trong đó hàm lượng niobi cộng tantan được kiểm soát theo công thức sau: Nb + Ta $8 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa, hoặc Nb + Ta $10 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa. Các biến thể được làm ổn định bằng Niobi và niobi cộng tantan của hợp kim có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Niobi và/hoặc niobi cộng tantan có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram, vanadi và/hoặc titan trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim.

Đương lượng chống ăn mòn lỗ

Điều rõ ràng từ phần mô tả trên đây là một số các nguyên tố tạo hợp kim trong thép không gỉ làm dịch chuyển điện thế điểm về hướng trơ. Tác dụng hữu ích này là phức tạp và có tính tương tác, đã có nhiều nỗ lực nhằm sử dụng mối tương quan thực nghiệm phụ thuộc thành phần như vậy đối với chỉ số chống ăn mòn lỗ. Công thức được chấp nhận phổ biến nhất dùng để tính Đương lượng chống ăn mòn lỗ là:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Nói chung, đã phát hiện ra rằng các hợp kim như vậy được mô tả ở đây có chỉ số PRE_N nhỏ hơn 40, có thể được phân loại là thép không gỉ “Austenit”. Trong khi đó, các hợp kim như vậy được mô tả ở đây có chỉ số PRE_N lớn hơn hoặc bằng 40, có thể được phân loại là thép không gỉ “Siêu Austenit” để phản ánh khả năng chống ăn mòn tổng thể và khu trú tốt hơn của chúng. Thép không gỉ 304LM4N theo sáng chế được tạo công thức đặc hiệu để có thành phần như sau:

(i) hàm lượng crom $\geq 17,50\%$ trọng lượng Cr và $\leq 20,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 18,25\%$ trọng lượng Cr,

(ii) hàm lượng molypden $\leq 2,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng Mo và $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mo và tốt hơn nữa nếu $\geq 1,0\%$ trọng lượng Mo,

(iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

Thép không gỉ 304LM4N có hàm lượng nitơ cao theo quy định và $PRE_N \geq 25$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 30$. Theo đó, thép không gỉ 304LM4N có tổ hợp độc đáo các đặc tính về độ bền cơ học cao với độ dẻo và độ dai tuyệt vời, cùng với khả năng hàn tốt và khả năng chống ăn mòn tổng thể và khu trú tốt. Cũng có những sự lo ngại liên quan đến việc chỉ sử dụng riêng các công thức này. Các công thức này không tính đến tác dụng hữu ích của các nguyên tố khác như vonfram, nguyên tố có khả năng cải thiện hiệu suất chống ăn mòn lỗ. Đối với các biến thể chứa vonfram của thép không gỉ 304LM4N, Đường lượng chống ăn mòn lỗ được tính bằng cách sử dụng công thức: $PRE_{NW} = \% Cr + [3,3 \times \% (Mo + W)] + (16 \times \% N)$. Nói chung, đã phát hiện ra rằng các hợp kim như vậy được mô tả ở đây với chỉ số PRE_{NW} nhỏ hơn 40, có thể được phân loại là thép không gỉ “Austenit”. Trong khi đó, các hợp kim như vậy được mô tả ở đây với chỉ số PRE_{NW} lớn hơn hoặc bằng 40, có thể được phân loại là thép không gỉ “Siêu Austenit” để phản ánh khả năng chống ăn mòn tổng thể và khu trú tốt hơn của chúng. Biến thể chứa vonfram này của thép không gỉ 304LM4N được tạo công thức đặc hiệu để có sản phẩm như sau:

(i) hàm lượng crom $\geq 17,50\%$ trọng lượng Cr và $\leq 20,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 18,25\%$ trọng lượng Cr,

(ii) hàm lượng molypden $\leq 2,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng Mo và $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mo và tốt hơn nữa nếu $\geq 1,0\%$ trọng lượng Mo,

(iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N,

(iv) hàm lượng vonfram $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W.

Biên thể chứa vonfram này của thép không gỉ 304LM4N có hàm lượng nitơ cao theo quy định và $PRE_{NW} \geq 27$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_{NW} \geq 32$. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc.

Vi cấu trúc austenit

Thành phần hoá học của thép không gỉ 304LM4N theo phương án thứ nhất được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để về cơ bản đảm bảo việc xử lý vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C , sau đó tôi bằng nước.

Vi cấu trúc của vật liệu nền 304LM4N trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit, như được bàn luận trên đây, để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim này là hợp kim austenit.

Hiệu lực tương đối của các nguyên tố làm ổn định ferit và các pha austenit có thể được thể hiện theo đương lượng [Cr] và [Ni] của chúng. Tác dụng kết hợp của việc sử dụng các đương lượng [Cr] và [Ni] được chứng minh bằng cách sử dụng phương pháp được Schaeffler⁴ đề xuất để dự đoán cấu trúc của kim loại hàn. Biểu đồ

Schaeffler⁴ chỉ áp dụng được nghiêm ngặt cho các hợp kim có khả năng đúc nhanh và làm nguội như các bộ phận hàn hoặc đúc nguội. Tuy nhiên, biểu đồ Schaeffler⁴ cũng có thể đưa ra chỉ thị về sự cân bằng pha của các vật liệu ‘gốc’. Schaeffler⁴ cũng cho phép dự đoán về cấu trúc của kim loại hàn thép không gỉ được tạo ra khi làm nguội nhanh theo thành phần hoá học của chúng tính theo các đương lượng [Cr] và [Ni] của chúng. Biểu đồ Schaeffler⁴ sử dụng các đương lượng [Cr] và [Ni] theo các công thức dưới đây:

$$\text{Đương lượng [Cr]} = \% \text{ trọng lượng Cr} + \% \text{ trọng lượng Mo} + 1,5 \times \% \text{ trọng lượng Si} + 0,5 \times \% \text{ trọng lượng Nb} \quad (1)$$

$$\text{đương lượng [Ni]} = \% \text{ trọng lượng Ni} + 30 \times \% \text{ trọng lượng C} + 0,5 \times \% \text{ trọng lượng Mn} \quad (2)$$

Tuy nhiên, biểu đồ Schaeffler⁴ không tính đến ảnh hưởng đáng kể của nito trong việc làm ổn định austenit. Do đó, biểu đồ Schaeffler⁴ đã được DeLong⁵ cải biến để đưa ảnh hưởng quan trọng của nito dưới dạng nguyên tố tạo austenit vào. Biểu đồ DeLong⁵ cũng sử dụng công thức đương lượng [Cr] như được Schaeffler⁴ sử dụng trong phương trình (1). Tuy nhiên, đương lượng [Ni] được biến đổi theo các công thức dưới đây:

$$\text{đương lượng [Ni]} = \% \text{ trọng lượng Ni} + 30 \times \% \text{ trọng lượng (C + N)} + 0,5 \times \% \text{ trọng lượng Mn} \quad (3)$$

Biểu đồ DeLong⁵ này thể hiện hàm lượng ferit theo hàm lượng ferit được xác định là có từ tính và số ferit của Hội đồng nghiên cứu về hàn (Welding Research Council – WRC). Sự khác nhau giữa số ferit và tỷ lệ phần trăm ferit (tức là ở giá trị > 6% Ferit) có liên quan đến phương pháp định cỡ WRC và đường cong định cơ được sử dụng với các số đo từ tính. Việc so sánh biểu đồ Schaeffler⁴ và biểu đồ Schaeffler⁴ được DeLong⁵ cải biến cho thấy rằng, đối với một đương lượng [Cr] và đương lượng [Ni] nhất định, biểu đồ DeLong⁵ dự đoán được hàm lượng ferit cao hơn (tức là cao hơn khoảng 5%).

Về cơ bản, cả biểu đồ Schaeffler⁴ lẫn biểu đồ DeLong⁵ được phát triển cho các bộ phận hàn, do đó không áp dụng được hoàn toàn cho vật liệu ‘gốc’. Tuy nhiên,

chúng đưa ra chỉ thị tốt về các pha có thể có mặt và cho thông tin có giá trị về ảnh hưởng tương đối của các nguyên tố tạo hợp kim khác nhau.

Schoefer⁶ đã chứng minh được rằng một phiên bản cải biến của biểu đồ Schaeffler⁴ có thể được sử dụng để mô tả số ferit trong sản phẩm đúc. Đạt được điều này bằng cách biến đổi các tọa độ của biểu đồ Schaeffler⁴ thành số ferit hoặc ferit tính theo tỷ lệ phần trăm thể tích trên trục hoành như được ASTM chấp thuận trong A800/A800M – 10.7. Trục tung được thể hiện dưới dạng tỷ lệ đương lượng [Cr] trên đương lượng [Ni]. Schoefer⁶ cũng biến đổi các thừa số đương lượng [Cr] và đương lượng [Ni] theo các công thức dưới đây:

$$\text{đương lượng [Cr]} = \% \text{ trọng lượng Cr} + 1,5 \times \% \text{ trọng lượng Si} + 1,4 \times \% \text{ trọng lượng Mo} + \% \text{ trọng lượng Nb} - 4,99 \quad (4)$$

$$\text{đương lượng [Ni]} = \% \text{ trọng lượng Ni} + 30 \times \% \text{ trọng lượng C} + 0,5 \times \% \text{ trọng lượng Mn} + 26 \times \% \text{ trọng lượng (N - 0,02)} + 2,77 \quad (5)$$

Ngoài ra, cũng có đề xuất là các nguyên tố khác là chất làm ổn định ferit cũng có thể có ảnh hưởng đến thừa số đương lượng [Cr] để tạo ra thay đổi trong các phương trình được Schoefer⁶ sử dụng. Các nguyên tố này bao gồm các nguyên tố dưới đây được gán cho các thừa số đương lượng [Cr] tương ứng mà có thể là thích hợp cho các biến thể của hợp kim được mô tả ở đây:

Nguyên tố	Thừa số đương lượng [Cr]
Vonfram	0,72
Vanadi	2,27
Titan	2,20
Tantan	0,21
Nhôm	2,48

Tương tự, cũng đã có đề xuất là các nguyên tố khác là chất làm ổn định austenit cũng có thể có ảnh hưởng đến thừa số đương lượng [Ni] để tạo ra thay đổi trong các phương trình được Schoefer⁶ sử dụng. Các nguyên tố này bao gồm các nguyên tố dưới đây được gán cho thừa số đương lượng [Ni] tương ứng mà có thể là thích hợp cho các biến thể của hợp kim được mô tả ở đây:

Nguyên tố	Thừa số đương lượng [Ni]
Đồng	0,44

Tuy nhiên, ASTM A800/A800M - 10⁷ cũng mô tả rằng biểu đồ Schoefer⁶ chỉ áp dụng được cho các hợp kim thép không gỉ chứa các nguyên tố tạo hợp kim tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng theo khoảng chỉ tiêu kỹ thuật dưới đây:

	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Nb	N
Tối thiểu				17,00	4,00			
Tối đa	0,20	2,00	2,00	28,00	13,00	4,00	1,00	0,20

Từ phần trên đây, có thể suy luận là hàm lượng nitơ trong thép không gỉ 304LM4N là $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N. Khoảng hàm lượng này vượt quá các giới hạn tối đa của biểu đồ Schoefer⁶ như được ASTM A800/A800M - 10⁷ chấp thuận. Bất kể điều này, nếu thích hợp, biểu đồ Schoefer⁶ cho phép so sánh tương đối số ferit hoặc ferit tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng có mặt trong các thép không gỉ austenit chứa nitơ với hàm lượng cao hơn.

Nitơ là nguyên tố tạo austenit cực mạnh cùng với cacbon. Tương tự, mangan và niken cũng là các nguyên tố tạo austenit, mặc dù ở mức thấp hơn. Hàm lượng các nguyên tố tạo austenit như nitơ và cacbon, cũng như mangan và niken, được tối ưu hoá để làm cân bằng các nguyên tố tạo ferit như crom, molypden và silic để về cơ bản duy trì được vi cấu trúc austenit. Theo đó, nitơ gián tiếp hạn chế xu hướng tạo ra các pha liên kim loại do tốc độ khuếch tán chậm hơn nhiều trong austenit. Theo đó, động học của quá trình tạo pha liên kim loại được giảm xuống. Tương tự, do thực tế là austenit có độ tan tốt đối với nitơ, nên điều đó có nghĩa là khả năng tạo ra các chất kết tủa có hại như M₂X (cacbo-nitrua, nitrua, borua, bo-nitrua hoặc bo-carbua) cũng như M₂₃C₆ carbua, trong kim loại hàn và vùng được tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, trong các chu trình hàn, được làm giảm. Như đã được bàn luận, các biến thể khác của thép không gỉ cũng có thể chứa các nguyên tố như vonfram, vanadi, titan, tantan, nhôm và đồng.

Theo đó, thép không gỉ 304LM4N đã được phát triển đặc biệt để về cơ bản đảm bảo rằng vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn ở dạng austenit. Điều đó được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit. Do đó, chỉ số phân tích hoá học thép không gỉ 304LM4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, nhưng tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$.

Do đó, thép không gỉ 304LM4N có tổ hợp độc đáo của độ bền và độ dẻo cao ở nhiệt độ môi trường, đồng thời cũng đảm bảo độ dai tuyệt vời ở nhiệt độ môi trường và nhiệt độ thấp. Ngoài ra, hợp kim này có thể được sản xuất và cung ứng trong điều kiện không từ tính.

Thành phần hoá học tối ưu

Theo phần mô tả trên đây, đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của thép không gỉ 304LM4N sẽ được lựa chọn và chứa các thành phần tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau:

- (i) $\leq 0,030\%$ trọng lượng C là tối đa, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,020\%$ trọng lượng C và $\leq 0,030\%$ trọng lượng C và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,025\%$ trọng lượng C;
- (ii) $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn, nhưng tốt hơn nếu $\geq 1,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn và tốt hơn nữa nếu $\geq 1,20\%$ trọng lượng Mn và $\leq 1,50\%$ trọng lượng Mn, với tỷ lệ Mn với N là $\leq 5,0$ và tốt hơn nếu, $\geq 1,42$ và $\leq 5,0$ nhưng tốt hơn nữa nếu $\geq 1,42$ và $\leq 3,75$, đối với hợp kim có khoảng hàm lượng mangan thấp;
- (iii) $\leq 0,030\%$ trọng lượng P, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,025\%$ trọng lượng P và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,020\%$ trọng lượng P và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\leq 0,015\%$ trọng lượng P và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,010\%$ trọng lượng P;
- (iv) $\leq 0,010\%$ trọng lượng S, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,005\%$ trọng lượng S và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,003\%$ trọng lượng S, và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\leq 0,001\%$ trọng lượng S;

(v) $\leq 0,070\%$ trọng lượng O, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng O, và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,030\%$ trọng lượng O, và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\leq 0,010\%$ trọng lượng O, và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,005\%$ trọng lượng O;

(vi) $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,25\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,60\%$ trọng lượng Si;

(vii) $\geq 17,50\%$ trọng lượng Cr và $\leq 20,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 18,25\%$ trọng lượng Cr;

(viii) $\geq 8,00\%$ trọng lượng Ni và $\leq 12,00\%$ trọng lượng Ni, nhưng tốt hơn nếu $\leq 11\%$ trọng lượng Ni và tốt hơn nữa nếu $\leq 10\%$ trọng lượng Ni;

(ix) $\leq 2,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng Mo và $\leq 2,00\%$ trọng lượng Mo và tốt hơn nữa nếu $\geq 1,0\%$ trọng lượng Mo;

(x) $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

Thép không gỉ 304LM4N có hàm lượng nitơ cao theo quy định và $PRE_N \geq 25$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 30$. Thành phần hoá học của thép không gỉ 304LM4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, nhưng tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$.

Thép không gỉ 304LM4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như bo, xeri, nhôm, canxi và/hoặc magie cũng như các tạp chất khác có thể có mặt ở mức tồn dư. Thép không gỉ 304LM4N có thể được sản xuất mà không cần bổ sung bo và mức tồn dư của bo thường $\geq 0,0001\%$ trọng lượng B và $\leq 0,0006\%$ trọng lượng B đối với các đơn vị sản xuất không muốn bổ sung bo một cách có chủ đích vào hỗn hợp gia nhiệt. Theo cách khác, thép không gỉ 304LM4N có thể được sản xuất để có hàm lượng bo đặc hiệu $\geq 0,001\%$ trọng lượng B và $\leq 0,010\%$ trọng lượng B, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,0015\%$ trọng lượng B và $\leq 0,0035\%$ trọng lượng B. Xeri có thể được bổ sung vào với hàm lượng xeri $\leq 0,10\%$ trọng lượng Ce, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,01\%$ trọng lượng Ce và $\leq 0,10\%$ trọng lượng

Ce và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,03\%$ trọng lượng Ce và $\leq 0,08\%$ trọng lượng Ce. Nếu thép không gỉ này chứa xeri, nó cũng có thể chứa các kim loại đất hiếm (Rare Earth Metals - REM) khác như Lantan do các REM thường được cung ứng cho các nhà sản xuất thép không gỉ dưới dạng Mischmetal. Cần lưu ý rằng các kim loại đất hiếm có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc cùng nhau dưới dạng Mischmetal để tạo ra tổng lượng các REM phù hợp với hàm lượng Ce được quy định ở đây. Nhôm có thể được bổ sung vào với hàm lượng nhôm $\leq 0,050\%$ trọng lượng Al, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,005\%$ trọng lượng Al và $\leq 0,050\%$ trọng lượng Al và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,010\%$ trọng lượng Al và $\leq 0,030\%$ trọng lượng Al. Canxi và/hoặc magie có thể được bổ sung vào với hàm lượng Ca và/hoặc Mg là $\geq 0,001$ và $\leq 0,01\%$ trọng lượng Ca và/hoặc Mg, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,005\%$ trọng lượng Ca và/hoặc Mg.

Trong phần mô tả nêu trên, các ứng dụng sử dụng thép không gỉ 304LM4N dùng để rèn thường có thể được thiết kế với độ dày vách giảm, nhờ đó tiết giảm đáng kể trọng lượng khi chỉ định thép không gỉ 304LM4N so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S30403 và S30453 do ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép là cao hơn đáng kể. Trên thực tế, ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 304LM4N khi rèn là cao hơn so với ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Ngoài ra, cũng cần hiểu rằng nếu thép không gỉ 304LM4N dùng để rèn được chỉ định và sử dụng, thì điều đó có thể giúp tiết kiệm tổng chi phí trong sản xuất và xây dựng các bộ phận có vách mỏng hơn, dễ thao tác và cần thời gian sản xuất ít hơn, có thể được thiết kế. Do đó, thép không gỉ 304LM4N có thể được sử dụng trong một phạm vi rộng các ứng dụng công nghiệp nơi cần tính nguyên vẹn về mặt cấu trúc và khả năng chống ăn mòn và thép này là đặc biệt thích hợp để dùng cho các ứng dụng trong lĩnh vực dầu khí ngoài khơi và trên bờ.

Thép không gỉ 304LM4N dùng để hàn là lý tưởng để sử dụng một phạm vi rộng các ứng dụng trong các lĩnh vực thị trường và công nghiệp khác nhau như các hệ thống đường ống trên dàn khoan ngoài khơi và các mô đun sản xuất sẵn dùng cho các thùng khí thiên nhiên hoá lỏng nổi (Floating Liquefied Natural Gas – FLNG) ngoài khơi do có thể tiết giảm đáng kể trọng lượng và tiết kiệm thời gian sản xuất, nhờ đó tiết kiệm đáng kể chi phí. Thép không gỉ 304LM4N cũng có thể được chỉ định và có thể được

sử dụng cho các hệ thống đường ống dùng cho cả các ứng dụng ngoài khơi lẫn trên bờ, như các hệ thống đường ống dùng cho các thùng FLNG ngoài khơi và nhà máy LNG trên bờ, do các đặc tính về độ bền cơ học và độ dẻo cao của chúng, cũng như có độ dai tuyệt vời ở nhiệt độ môi trường và nhiệt độ thấp.

Ngoài thép không gỉ austenit 304LM4N, sáng chế cũng đề xuất phương án thứ hai, thích hợp nếu được gọi là 316LM4N, trong phần mô tả này.

316LM4N

Thép không gỉ austenit có độ bền cao 316LM4N chứa nito với hàm lượng cao và có Đường lượng chống ăn mòn lỗ PREN theo quy định ≥ 30 , nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 35$. Đường lượng chống ăn mòn lỗ như được ký hiệu bằng PRE_N được tính theo công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Thép không gỉ 316LM4N được tạo công thức để có tổ hợp độc đáo các đặc tính về độ bền cơ học cao với độ dẻo và độ dai tuyệt vời, cùng với khả năng hàn tốt và khả năng chống ăn mòn tổng thể và khu trú tốt. Thành phần hoá học của thép không gỉ 316LM4N được chọn lọc và đặc trưng bởi hợp kim chứa các nguyên tố hoá học tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau: tối đa 0,030% trọng lượng C, tối đa 2,00% trọng lượng Mn, tối đa 0,030% trọng lượng P, tối đa 0,010% trọng lượng S, tối đa 0,75% trọng lượng Si, 16,00% trọng lượng Cr - 18,00% trọng lượng Cr, 10,00% trọng lượng Ni - 14,00% trọng lượng Ni, 2,00% trọng lượng Mo - 4,00% trọng lượng Mo, 0,40% trọng lượng N - 0,70% trọng lượng N.

Thép không gỉ 316LM4N cũng chủ yếu chứa Fe làm thành phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như tối đa 0,010% trọng lượng B, tối đa 0,10% trọng lượng Ce, tối đa 0,050% trọng lượng Al, tối đa 0,01% trọng lượng Ca và/hoặc tối đa 0,01% trọng lượng Mg và các tạp chất khác thường có mặt với lượng tồn dư. Thành phần hoá học của thép không gỉ 316LM4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để về cơ bản đảm bảo vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C, sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ

phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Theo đó, thép không gỉ 316LM4N có tổ hợp độc đáo của độ bền và độ dẻo cao ở nhiệt độ môi trường, đồng thời đảm bảo độ dai tuyệt vời ở nhiệt độ môi trường và nhiệt độ thấp. Về thực tế là thành phần hoá học của thép không gỉ 316LM4N được điều chỉnh để đảm bảo $PRE_N \geq 30$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 35$, điều đó đảm bảo rằng vật liệu có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 316LM4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31603 và UNS S31653.

Đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của thép không gỉ 316LM4N cần được lựa chọn một cách thận trọng để chứa các nguyên tố hoá học dưới đây tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau theo phương án thứ hai của sáng chế.

Cacbon (C)

Hàm lượng cacbon trong thép không gỉ 316LM4N là $\leq 0,030\%$ trọng lượng C là tối đa, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,020\%$ trọng lượng C và $\leq 0,030\%$ trọng lượng C và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,025\%$ trọng lượng C.

Mangan (Mn)

Thép không gỉ 316LM4N theo phương án thứ hai có thể có hai khả năng: Hàm lượng mangan thấp hoặc hàm lượng mangan cao.

Đối với hợp kim có hàm lượng mangan thấp, hàm lượng mangan trong thép không gỉ 316LM4N là $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn, nhưng tốt hơn nếu $\geq 1,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn và tốt hơn nữa nếu $\geq 1,20\%$ trọng lượng Mn và $\leq 1,50\%$ trọng lượng Mn. Với thành phần như vậy, thép này đạt được tỷ lệ Mn với N $\leq 5,0$, và tốt hơn nếu $\geq 1,42$ và $\leq 5,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ này là $\geq 1,42$ và $\leq 3,75$.

Đối với hợp kim có hàm lượng mangan cao, hàm lượng mangan trong 316MN4N là $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn. Tốt hơn nữa nếu hàm lượng mangan là $\geq 2,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn, và tốt hơn nữa nếu giới hạn trên là $\leq 3,0\%$ trọng lượng Mn. Thậm chí tốt hơn nữa nếu giới hạn trên là $\leq 2,50\%$ trọng lượng Mn.

Với khoảng chọn này, thép đạt được tỷ lệ Mn với N là $\leq 10,0$, và tốt hơn nếu $\geq 2,85$ và $\leq 10,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với N đối với hợp kim có hàm lượng mangan cao là $\geq 2,85$ và $\leq 7,50$ và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 2,85$ và $\leq 6,25$.

Phospho (P)

Hàm lượng phospho trong thép không gỉ 316LM4N được kiểm soát để $\leq 0,030\%$ trọng lượng P. Tốt hơn nếu hợp kim 316LM4N có $\leq 0,025\%$ trọng lượng P và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,020\%$ trọng lượng P. Thậm chí tốt hơn nữa nếu hợp kim này có $\leq 0,015\%$ trọng lượng P và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,010\%$ trọng lượng P.

Lưu huỳnh (S)

Hàm lượng lưu huỳnh trong thép không gỉ 316LM4N là $\leq 0,010\%$ trọng lượng S. Tốt hơn nếu 316LM4N có $\leq 0,005\%$ trọng lượng S và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,003\%$ trọng lượng S, và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\leq 0,001\%$ trọng lượng S.

Oxy (O)

Hàm lượng oxy trong thép không gỉ 316LM4N được kiểm soát để nằm ở mức càng thấp càng tốt và theo phương án thứ hai, 316LM4N có $\leq 0,070\%$ trọng lượng O. Tốt hơn nếu 316LM4N có $\leq 0,050\%$ trọng lượng O và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,030\%$ trọng lượng O. Thậm chí tốt hơn nữa nếu hợp kim này có $\leq 0,010\%$ trọng lượng O và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,005\%$ trọng lượng O.

Silic (Si)

Hàm lượng silic trong thép không gỉ 316LM4N có $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si. Tốt hơn nếu hợp kim này có $\geq 0,25\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si. Tốt hơn nữa nếu khoảng này là $\geq 0,40\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,60\%$ trọng lượng Si. Tuy nhiên, đối với các ứng dụng ở nhiệt độ cao, trong đó khả năng chống oxy hoá được cải thiện là cần thiết, thì hàm lượng silic có thể là $\geq 0,75\%$ trọng lượng Si và $\leq 2,00\%$ trọng lượng Si.

Crom (Cr)

Hàm lượng crom trong thép không gỉ 316LM4N là $\geq 16,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 18,00\%$ trọng lượng Cr. Tốt hơn nếu hợp kim này có $\geq 17,25\%$ trọng lượng Cr.

Niken (Ni)

Hàm lượng niken trong thép không gỉ 316LM4N là $\geq 10,00\%$ trọng lượng Ni và $\leq 14,00\%$ trọng lượng Ni. Tốt hơn nếu giới hạn trên của Ni trong hợp kim này là $\leq 13,00\%$ trọng lượng Ni và tốt hơn nữa nếu $\leq 12,00\%$ trọng lượng Ni.

Molypden (Mo)

Hàm lượng molypden trong thép không gỉ 316LM4N là $\geq 2,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 4,00\%$ trọng lượng Mo. Tốt hơn nếu giới hạn dưới là $\geq 3,0\%$ trọng lượng Mo.

Nitơ (N)

Hàm lượng nitơ trong thép không gỉ 316LM4N là $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N. Tốt hơn nữa nếu 316LM4N có $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N, và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

PRE_N

Đương lượng chống ăn mòn lỗ (PRE_N) được tính bằng cách sử dụng công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Thép không gỉ 316LM4N được tạo công thức đặc hiệu để có thành phần như sau:

- (i) hàm lượng crom $\geq 16,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 18,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 17,25\%$ trọng lượng Cr,
- (ii) hàm lượng molypden $\geq 2,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 4,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 3,0\%$ trọng lượng Mo,
- (iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

Với hàm lượng nitơ cao, thép không gỉ 316LM4N đạt được PRE_N ≥ 30 , nhưng tốt hơn nếu PRE_N ≥ 35 . Điều đó đảm bảo rằng hợp kim này cũng có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 316LM4N cũng có khả năng chống

nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31603 và UNS S31653. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 316LM4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, nhưng tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$, để về cơ bản sẽ thu được vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C , sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Nhờ đó, hợp kim này có thể được sản xuất và cung ứng trong điều kiện không từ tính.

Thép không gỉ 316LM4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như bo, xeri, nhôm, canxi và/hoặc magie tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng và thành phần của các nguyên tố này là giống như thành phần trong 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được ở đây.

Thép không gỉ 316LM4N theo phương án thứ hai có giới hạn chảy tối thiểu là 55 ksi hoặc 380 MPa đối với sản phẩm rèn. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được giới hạn chảy tối thiểu 62 ksi hoặc 430 MPa đối với sản phẩm rèn. Sản phẩm đúc có giới hạn chảy tối thiểu là 41 ksi hoặc 280 MPa. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được giới hạn chảy tối thiểu 48 ksi hoặc 330 MPa đối với sản phẩm đúc. Trên cơ sở các chỉ số được ưu tiên này, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 316LM4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31603 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 316LM4N có thể cao hơn 2,5 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S31603. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 316LM4N mới và sáng tạo theo sáng chế, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31653, có thể cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 316LM4N là cao hơn 2,1 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S31653.

Thép không gỉ 316LM4N theo phương án thứ hai có độ bền kéo tối thiểu là 102 ksi hoặc 700 MPa đối với sản phẩm rèn. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được độ bền kéo tối thiểu 109 ksi hoặc 750 MPa và đối với sản phẩm đúc. Sản phẩm đúc có độ bền kéo tối thiểu là 95 ksi hoặc 650 MPa. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được độ bền kéo tối thiểu 102 ksi hoặc 700 MPa đối với sản phẩm đúc. Trên cơ sở các chỉ số được ưu tiên này, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 316LM4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31603, có thể cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 316LM4N là cao hơn 1,5 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S31603. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 316LM4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31653, có thể cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 316LM4N có thể cao hơn 1,45 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S31653. Trên thực tế, nếu các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 316LM4N mới và sáng tạo theo sáng chế, được so sánh với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 22 Cr Duplex, thì có thể chứng minh được rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 316LM4N có thể cao hơn khoảng 1,2 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho S31803 và tương tự với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex. Do đó, các đặc tính về độ bền cơ học tối thiểu của thép không gỉ 316LM4N đã được cải thiện đáng kể so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31603 và UNS S31653 và các đặc tính về độ bền kéo là tốt hơn so với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Điều đó có nghĩa là các ứng dụng sử dụng thép không gỉ 316LM4N dùng để rèn thường có thể được thiết kế với độ dày vách giảm, nhờ đó tiết giảm đáng kể trọng lượng khi chỉ định thép không gỉ 316LM4N so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31603 và S31653 do ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép là cao hơn đáng kể. Trên thực tế, ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 316LM4N dùng để rèn có thể là cao hơn so với thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ 316LM4N được tạo công thức theo chủ đích để sản xuất chứa các nguyên tố tạo hợp

kim khác như đồng, vonfram và vanadi, với lượng đặc hiệu. Đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của các biến thể khác của thép không gỉ 316LM4N được chọn lọc và các thành phần đồng và vanadi là giống như các thành phần đồng và vanadi của 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được ở đây cho 316LM4N.

Vonfram (W)

Hàm lượng vonfram trong thép không gỉ 316LM4N là $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W. Đối với các biến thể chứa vonfram của thép không gỉ 316LM4N, lượng chống ăn mòn lỗ được tính bằng cách sử dụng công thức:

$$PRE_{NW} = \% Cr + [3,3 \times \% (Mo + W)] + (16 \times \% N).$$

Biến thể chứa vonfram này của thép không gỉ 316LM4N được tạo công thức đặc hiệu để có thành phần như sau:

- (i) hàm lượng crom $\geq 16,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 18,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 17,25\%$ trọng lượng Cr;
- (ii) hàm lượng molypden $\geq 2,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 4,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 3,0\%$ trọng lượng Mo;
- (iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N; và
- (iv) hàm lượng vonfram $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W.

Biến thể chứa vonfram của thép không gỉ 316LM4N có hàm lượng nitơ cao theo quy định và $PRE_{NW} \geq 32$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_{NW} \geq 37$. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc. Vonfram có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vanadi, titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này, để cải thiện hơn nữa tổng

hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này. Vonfram có giá thành cực cao và do đó được hạn chế có chủ đích để tối ưu hoá giá thành của hợp kim, đồng thời tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim.

Cacbon (C)

Đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể khác của thép không gỉ 316LM4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, hàm lượng cacbon trong thép không gỉ 316LM4N có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C. Các biến thể đặc hiệu này của thép không gỉ 316LM4N lần lượt có thể được gọi là sản phẩm 316HM4N hoặc 316M4N.

Titan (Ti)/Niobi (Nb)/Niobi (Nb) cộng tantan (Ta)

Ngoài ra, đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể được làm ổn định khác của thép không gỉ 316HM4N hoặc 316M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, lượng cacbon có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C.

(i) Các biến thể này bao gồm biến thể được làm ổn định bằng titan, được gọi là 316HM4NTi hoặc 316M4Nti, trái ngược với sản phẩm thép không gỉ chung 316LM4N. Hàm lượng titan được kiểm soát theo công thức sau:

Ti $4 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa hoặc Ti $5 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng titan trong hợp kim.

(ii) Ngoài ra, cũng có các sản phẩm 316HM4NNb hoặc 316M4NNb được làm ổn định bằng niobi, trong đó hàm lượng niobi được kiểm soát theo công thức sau:

Nb $8 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa hoặc Nb $10 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng niobi trong hợp kim.

(iii) Ngoài ra, các biến thể khác của hợp kim này cũng có thể được sản xuất để có các sản phẩm 316HM4NNbTa hoặc 316M4NNbTa được làm ổn định bằng niobi cộng tantan, trong đó hàm lượng niobi cộng tantan được kiểm soát theo công thức sau:

Nb + Ta $8 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa, hoặc Nb + Ta $10 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa.

Các biến thể được làm ổn định bằng titan, niobi và niobi cộng tantan của hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram và vanadi trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá hợp kim cho một số ứng dụng nhất định khi cần hàm lượng cacbon cao hơn. Các nguyên tố tạo hợp kim này có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để biến đổi thép không gỉ phù hợp với các ứng dụng cụ thể và để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này.

Các sản phẩm dùng để rèn và đúc của thép không gỉ 316LM4N cùng với các biến thể và phương án khác được bàn luận ở đây thường được cung ứng trong điều kiện dung dịch được tôi. Tuy nhiên, các bộ phận hàn chứa các chi tiết được sản xuất sẵn, các mô đun và các sản phẩm chế tạo sẵn thường được cung ứng trong điều kiện đã hàn, với điều kiện các tiêu chuẩn của quy trình hàn đã được thẩm định trước theo các tiêu chuẩn và quy chuẩn kỹ thuật tương ứng. Đối với các ứng dụng cụ thể, sản phẩm dùng để hàn cũng có thể được cung ứng trong điều kiện được xử lý nguội.

Cần hiểu rằng tác dụng của các nguyên tố khác nhau và thành phần của chúng như được bàn luận đối với 304LM4N cũng có thể áp dụng được cho 316LM4N (và các phương án được bàn luận dưới đây) để hiểu cách thu được thành phần hoá học tối ưu đối với thép không gỉ 316LM4N (và các phương án còn lại).

Ngoài các thép không gỉ austenit 304LM4N và 316LM4N, cũng đã có đề xuất về việc biến đổi thêm, thích hợp nếu được gọi là 317L57M4N và đây là phương án thứ ba theo sáng chế.

[317L57M4N]

Thép không gỉ austenit có độ bền cao 317L57M4N có hàm lượng nito cao và có Độ lượng chống ăn mòn lỗ PREN theo quy định ≥ 40 , nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 45$. Độ lượng chống ăn mòn lỗ như được ký hiệu bằng PRE_N được tính theo công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Thép không gỉ 317L57M4N được tạo công thức để có tổ hợp độc đáo các đặc tính về độ bền cơ học cao với độ dẻo và độ dai tuyệt vời, cùng với khả năng hàn tốt và khả năng chống ăn mòn tổng thể và khu trú tốt. Thành phần hoá học của thép không gỉ 317L57M4N được chọn lọc và đặc trưng bởi hợp kim chứa các nguyên tố hoá học tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau: tối đa 0,030% trọng lượng C, tối đa 2,00% trọng lượng Mn, tối đa 0,030% trọng lượng P, tối đa 0,010% trọng lượng S, tối đa 0,75% trọng lượng Si, 18,00% trọng lượng Cr - 20,00% trọng lượng Cr, 11,00% trọng lượng Ni - 15,00% trọng lượng Ni, 5,00% trọng lượng Mo - 7,00% trọng lượng Mo, 0,40% trọng lượng N - 0,70% trọng lượng N.

Thép không gỉ 317L57M4N cũng chủ yếu chứa Fe làm thành phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như tối đa 0,010% trọng lượng B, tối đa 0,10% trọng lượng Ce, tối đa 0,050% trọng lượng Al, tối đa 0,01% trọng lượng Ca và/hoặc tối đa 0,01% trọng lượng Mg và các tạp chất khác thường có mặt với lượng tồn dư.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 317L57M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để về cơ bản đảm bảo vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C, sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Theo đó, thép không gỉ 317L57M4N có tổ hợp độc đáo của độ bền và độ dẻo cao ở nhiệt độ môi trường, đồng thời cũng có độ dai tuyệt vời ở nhiệt độ môi trường và nhiệt độ thấp. Về thực tế là thành phần hoá học của thép không gỉ 317L57M4N được điều chỉnh để đạt được $PRE_N \geq 40$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 45$, điều đó đảm bảo rằng vật liệu có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình.

Thép không gỉ 317L57M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753.

Đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của thép không gỉ 317L57M4N được lựa chọn một cách thận trọng để chứa các nguyên tố hoá học dưới đây tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau theo phương án thứ ba của sáng chế,

Cacbon (C)

Hàm lượng cacbon tối đa trong thép không gỉ 317L57M4N là $\leq 0,030\%$ trọng lượng C. Tốt hơn nếu lượng cacbon cần $\geq 0,020\%$ trọng lượng C và $\leq 0,030\%$ trọng lượng C và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,025\%$ trọng lượng C.

Mangan (Mn)

Thép không gỉ 317LM57M4N theo phương án thứ ba có thể có hai khả năng: hàm lượng mangan thấp hoặc hàm lượng mangan cao.

Đối với hợp kim có hàm lượng mangan thấp, hàm lượng mangan trong thép không gỉ 317L57M4N là $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn. Tốt hơn nếu khoảng này là $\geq 1,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn và tốt hơn nữa nếu $\geq 1,20\%$ trọng lượng Mn và $\leq 1,50\%$ trọng lượng Mn. Với thành phần như vậy, thép này đạt được tỷ lệ Mn với N $\leq 5,0$, và tốt hơn nếu $\geq 1,42$ và $\leq 5,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ này là $\geq 1,42$ và $\leq 3,75$.

Đối với hợp kim có hàm lượng mangan cao, hàm lượng mangan trong 317L57M4N là $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn. Tốt hơn nữa nếu hàm lượng mangan là $\geq 2,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn, và tốt hơn nữa nếu giới hạn trên là $\leq 3,0\%$ trọng lượng Mn. Thậm chí tốt hơn nữa nếu giới hạn trên là $\leq 2,50\%$ trọng lượng Mn. Với khoảng lựa chọn như vậy, thép này đạt được tỷ lệ Mn với N là $\leq 10,0$, và tốt hơn nếu $\geq 2,85$ và $\leq 10,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với N đối với hợp kim có hàm lượng mangan cao là $\geq 2,85$ và $\leq 7,50$ và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 2,85$ và $\leq 6,25$.

Phospho (P)

Hàm lượng phospho trong thép không gỉ 317L57M4N được kiểm soát để $\leq 0,030\%$ trọng lượng P. Tốt hơn nếu hợp kim 317L57M4N có $\leq 0,025\%$ trọng lượng P

và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,020\%$ trọng lượng P. Thậm chí tốt hơn nữa nếu hợp kim này có $\leq 0,015\%$ trọng lượng P và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,010\%$ trọng lượng P.

Lưu huỳnh (S)

Hàm lượng lưu huỳnh trong thép không gỉ 317L57M4N theo phương án thứ ba bao gồm $\leq 0,010\%$ trọng lượng S. Tốt hơn nếu 317L57M4N có $\leq 0,005\%$ trọng lượng S và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,003\%$ trọng lượng S, và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\leq 0,001\%$ trọng lượng S.

Oxy (O)

Hàm lượng oxy trong thép không gỉ 317L57M4N được kiểm soát để nằm ở mức càng thấp càng tốt và theo phương án thứ ba, 317L57M4N cũng có $\leq 0,070\%$ trọng lượng O. Tốt hơn nếu hợp kim 317L57M4N có $\leq 0,050\%$ trọng lượng O và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,030\%$ trọng lượng O. Thậm chí tốt hơn nữa nếu hợp kim này có $\leq 0,010\%$ trọng lượng O và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,005\%$ trọng lượng O.

Silic (Si)

Hàm lượng silic trong thép không gỉ 317L57M4N là $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si. Tốt hơn nếu hợp kim này có $\geq 0,25\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si. Tốt hơn nữa nếu khoảng này là $\geq 0,40\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,60\%$ trọng lượng Si. Tuy nhiên, đối với các ứng dụng cụ thể ở nhiệt độ cao hơn nơi cần có khả năng chống oxy hoá được cải thiện, hàm lượng silic có thể là $\geq 0,75\%$ trọng lượng Si và $\leq 2,00\%$ trọng lượng Si.

Crom (Cr)

Hàm lượng crom trong thép không gỉ 317L57M4N là $\geq 18,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 20,00\%$ trọng lượng Cr. Tốt hơn nếu hợp kim này có $\geq 19,00\%$ trọng lượng Cr.

Niken (Ni)

Hàm lượng niken trong thép không gỉ 317L57M4N là $\geq 11,00\%$ trọng lượng Ni và $\leq 15,00\%$ trọng lượng Ni. Tốt hơn nếu giới hạn trên của Ni trong hợp kim này là $\leq 14,00\%$ trọng lượng Ni và tốt hơn nữa nếu $\leq 13,00\%$ trọng lượng Ni đối với hợp kim có khoảng hàm lượng niken thấp.

Đối với hợp kim có khoảng hàm lượng niken cao, hàm lượng niken trong thép không gỉ 317L57M4N có thể $\geq 13,50\%$ trọng lượng Ni và $\leq 17,50\%$ trọng lượng Ni.

Tốt hơn nếu giới hạn trên của Ni là $\leq 16,50\%$ trọng lượng Ni và tốt hơn nữa nếu $\leq 15,50\%$ trọng lượng Ni đối với hợp kim có khoảng hàm lượng niken cao.

Molypden (Mo)

Hàm lượng molypden trong hợp kim thép không gỉ 317L57M4N là $\geq 5,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 7,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 6,00\%$ trọng lượng Mo. Nói cách khác, molypden có hàm lượng tối đa là $7,00\%$ trọng lượng Mo.

Nitơ (N)

Hàm lượng nitơ trong thép không gỉ 317L57M4N là $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N. Tốt hơn nữa nếu 317L57M4N có $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N, và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

PRE_N

Đương lượng chống ăn mòn lỗ được tính bằng cách sử dụng công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Thép không gỉ 317L57M4N được tạo công thức đặc hiệu để có thành phần như sau:

- (i) hàm lượng crom $\geq 18,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 20,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 19,00\%$ trọng lượng Cr;
- (ii) hàm lượng molypden $\geq 5,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 7,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 6,00\%$ trọng lượng Mo
- (iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

Với hàm lượng nitơ cao, thép không gỉ 317L57M4N đạt được PRE_N là ≥ 40 , và tốt hơn nếu PRE_N ≥ 45 . Điều đó đảm bảo rằng hợp kim này có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 317L57M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với

các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 317L57M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, nhưng tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$, để về cơ bản sẽ thu được vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C , sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Nhờ đó, hợp kim này có thể được sản xuất và cung ứng trong điều kiện không từ tính.

Thép không gỉ 317L57M4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như bo, xeri, nhôm, canxi và/hoặc magie tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng, và thành phần của các nguyên tố này là giống như thành phần trong 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được ở đây.

Thép không gỉ 317L57M4N theo phương án thứ ba có giới hạn chảy tối thiểu là 55 ksi hoặc 380 MPa đối với sản phẩm rèn. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được giới hạn chảy tối thiểu 62 ksi hoặc 430 MPa đối với sản phẩm rèn. Sản phẩm đúc có giới hạn chảy tối thiểu là 41 ksi hoặc 280 MPa. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được giới hạn chảy tối thiểu 48 ksi hoặc 330 MPa đối với sản phẩm đúc. Trên cơ sở các chỉ số được ưu tiên này, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn thép không gỉ 317L57M4N mới và sáng tạo theo sáng chế, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31703 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 317L57M4N có thể cao hơn 2,1 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S31703. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 317L57M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31753 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 317L57M4N có thể cao hơn 1,79 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S31753.

Thép không gỉ 317L57M4N theo phương án thứ ba có độ bền kéo tối thiểu là 102 ksi hoặc 700 MPa đối với sản phẩm rèn. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được độ bền kéo tối thiểu 109 ksi hoặc 750 MPa đối với sản phẩm rèn. Sản phẩm đúc có độ bền kéo tối thiểu là 95 ksi hoặc 650 MPa. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được độ bền kéo tối thiểu 102 ksi hoặc 700 MPa đối với sản phẩm đúc. Trên cơ sở các chỉ số được ưu tiên này việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 317L57M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31703 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 317L57M4N có thể cao hơn 1,45 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S31703. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn thép không gỉ 317L57M4N mới và sáng tạo theo sáng chế, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31753 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 317L57M4N có thể cao hơn 1,36 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S31753. Trên thực tế, nếu các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 317L57M4N, được so sánh với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 22 Cr Duplex trong Bảng 2, thì có thể chứng minh được rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 317L57M4N cao hơn khoảng 1,2 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho S31803 và tương tự với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex. Do đó, các đặc tính về độ bền cơ học tối thiểu của thép không gỉ 317L57M4N đã được cải thiện đáng kể so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753 và các đặc tính về độ bền kéo là tốt hơn so với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Điều đó có nghĩa là các ứng dụng sử dụng thép không gỉ 317L57M4N dùng để rèn thường có thể được thiết kế với độ dày vách giảm, nhờ đó tiết giảm đáng kể trọng lượng khi chỉ định thép không gỉ 317L57M4N so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và S31753 do ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép là cao hơn đáng kể. Trên thực tế, ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 317L57M4N dùng để rèn là cao hơn so với thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ 317L57M4N được tạo công thức theo chủ đích để sản xuất chứa các nguyên tố tạo

hợp kim khác như đồng, vonfram và vanadi, với lượng đặc hiệu. Đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của các biến thể khác của thép không gỉ 317L57M4N được chọn lọc và các thành phần đồng và vanadi là giống như các thành phần đồng và vanadi của 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được ở đây cho 317L57M4N.

Vonfram (W)

Hàm lượng vonfram trong thép không gỉ 317L57M4N là $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W. Đối với các biến thể chứa vonfram của thép không gỉ 317L57M4N, Đường lượng chống ăn mòn lỗ được tính bằng cách sử dụng công thức:

$$PRE_{NW} = \% Cr + [3,3 \times \% (Mo + W)] + (16 \times \% N).$$

Biến thể chứa vonfram này của thép không gỉ 317L57M4N được tạo công thức đặc hiệu để có thành phần như sau:

- (i) hàm lượng crom $\geq 18,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 20,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 19,00\%$ trọng lượng Cr;
- (ii) hàm lượng molypden $\geq 5,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 7,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 6,00\%$ trọng lượng Mo;
- (iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N; và
- (iv) hàm lượng vonfram $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W.

Biến thể chứa vonfram của thép không gỉ 317L57M4N có hàm lượng nitơ cao theo quy định và $PRE_{NW} \geq 42$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_{NW} \geq 47$. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc. Vonfram có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vanadi, titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan

trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này, để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này. Vonfram có giá thành cực cao và do đó được hạn chế có chủ đích để tối ưu hoá giá thành của hợp kim, đồng thời tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim.

Cacbon (C)

Đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể khác của thép không gỉ 317L57M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, hàm lượng cacbon trong thép không gỉ 317L57M4N có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C. Các biến thể đặc hiệu này của thép không gỉ 317L57M4N lần lượt là sản phẩm 317H57M4N hoặc 31757M4N.

Titan (Ti)/Niobi (Nb)/Niobi (Nb) công tantan (Ta)

Ngoài ra, đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể được làm ổn định khác của thép không gỉ 317H57M4N hoặc 31757M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, hàm lượng cacbon có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C.

(i) Các biến thể này bao gồm biến thể được làm ổn định bằng titan, được gọi là 317H57M4NTi hoặc 31757M4NTi tương phản với các sản phẩm thép 317L57M4N chung. Hàm lượng titan được kiểm soát theo công thức sau:

Ti $4 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa hoặc Ti $5 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng titan trong hợp kim.

(ii) Ngoài ra, cũng có các sản phẩm 317H57M4NNb hoặc 31757M4NNb được làm ổn định bằng niobi, trong đó hàm lượng niobi được kiểm soát theo công thức sau:

Nb 8 x C tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb tối đa hoặc Nb 10 x C tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng niobi trong hợp kim.

(iii) Ngoài ra, các biến thể khác của hợp kim này cũng có thể được sản xuất để bao gồm các sản phẩm 317H57M4NNbTa hoặc 317S57M4NNbTa được làm ổn định bằng niobi cộng tantan, trong đó hàm lượng niobi cộng tantan được kiểm soát theo công thức sau:

Nb + Ta 8 x C tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa, hoặc Nb + Ta 10 x C tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa.

Các biến thể được làm ổn định bằng titan, niobi và niobi cộng tantan của hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram và vanadi trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá hợp kim cho một số ứng dụng nhất định khi cần hàm lượng cacbon cao hơn. Các nguyên tố tạo hợp kim này có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để biến đổi thép không gỉ phù hợp với các ứng dụng cụ thể và để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này.

Sản phẩm dùng để rèn và đúc của thép không gỉ 317L57M4N cùng với các biến thể khác thường được cung ứng theo cách giống như trong các phương án nêu trên.

Ngoài ra, sáng chế đề xuất một phương án khác, thích hợp nếu được gọi là thép không gỉ austenit có độ bền cao 317L35M4N, đây là phương án thứ tư của sáng chế. Thép không gỉ 317L35M4N có thành phần hoá học hầu như giống với thép không gỉ 317L57M4N, ngoại trừ hàm lượng molypden. Theo đó, thay vì lặp lại các thành phần hoá học khác nhau, chỉ có một sự khác biệt duy nhất được mô tả.

[317L35M4N]

Như đã đề cập đến ở trên, 317L35M4N có tỷ lệ % trọng lượng cacbon, mangan, phospho, lưu huỳnh, oxy, silic, crom, niken và hàm lượng nitơ hoàn toàn giống với phương án thứ ba, thép không gỉ 317L57M4N, ngoại trừ hàm lượng

molybden. Trong thép không gỉ 317L57M4N, hàm lượng molybden nằm trong khoảng từ 5,00% trọng lượng đến 7,00% trọng lượng Mo. Ngược lại, hàm lượng molybden trong thép không gỉ 317L35M4N nằm trong khoảng từ 3,00% trọng lượng đến 5,00% Mo. Nói cách khác, 317L35M4N có thể được coi là sản phẩm thép không gỉ 317L57M4N có hàm lượng molybden thấp.

Cần hiểu rằng các đoạn đề cập đến 317L57M4N cũng áp dụng được ở đây, ngoại trừ hàm lượng molybden.

Molybden (Mo)

Hàm lượng molybden trong thép không gỉ 317L35M4N có thể $\geq 3,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 5,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 4,00\%$ trọng lượng Mo. Nói cách khác, hàm lượng molybden tối đa trong 317L35M4N là 5,00% trọng lượng Mo.

PRE_N

Đương lượng chống ăn mòn lỗ của 317L35M4N được tính bằng cách sử dụng công thức giống như 317L57M4N, nhưng do hàm lượng molybden khác nhau, nên $PRE_N \geq 35$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 40$. Điều đó đảm bảo rằng vật liệu có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 317L35M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 317L35M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, nhưng tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$, để về cơ bản sẽ thu được vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C, sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit.

Theo đó, thép không gỉ 317L35M4N có tổ hợp độc đáo của độ bền và độ dẻo cao ở nhiệt độ môi trường, đồng thời đảm bảo độ dai tuyệt vời ở nhiệt độ môi trường và nhiệt độ thấp. Do đó, hợp kim này có thể được sản xuất và cung ứng trong điều kiện không từ tính.

Tương tự phương án 317L57M4N, thép không gỉ 317L35M4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như bo, xeri, nhôm, canxi và/hoặc magie tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng, và thành phần của các nguyên tố này là giống như thành phần trong 317L57M4N và theo đó là thành phần của 304LM4N.

Thép không gỉ 317L35M4N theo phương án thứ tư có giới hạn chảy tối thiểu và độ bền kéo tối thiểu tương đương hoặc tương tự với giới hạn chảy tối thiểu và độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 317L57M4N. Tương tự, các đặc tính về độ bền của sản phẩm dùng để rèn và đúc của 317L35M4N cũng tương đương với các đặc tính về độ bền của 317L57M4N. Theo đó, các chỉ số cụ thể về độ bền không được lặp lại ở đây và được dẫn chiếu đến các đoạn trên 317L57M4N. Việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn giữa 317L35M4N và các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ austenit thông thường UNS S31703, và giữa 317L35M4N và UNS S31753, cho thấy giới hạn chảy lớn hơn và độ bền kéo tương tự với độ bền kéo được thấy đối với 317L57M4N. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền kéo của 317L35M4N cho thấy chúng tốt hơn so với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex, gần như tương tự với 317L57M4N.

Điều đó có nghĩa là các ứng dụng sử dụng thép không gỉ 317L35M4N dùng để rèn thường có thể được thiết kế với độ dày vách giảm, nhờ đó tiết giảm đáng kể trọng lượng khi chỉ định thép không gỉ 317L35M4N so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và S31753 do ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép là cao hơn đáng kể. Trên thực tế, ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 317L35M4N dùng để rèn là cao hơn so với thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ 317L35M4N được tạo công thức theo chủ đích để sản xuất chứa các nguyên tố tạo hợp kim khác như đồng, vonfram và vanadi, với lượng đặc hiệu. Đã xác định được

rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của các biến thể khác của thép không gỉ 317L35M4N được chọn lọc và các thành phần đồng và vanadi là giống như các thành phần đồng và vanadi của 317L57M4N và các thành phần đồng và vanadi của 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được ở đây cho 317L35M4N.

Vonfram (W)

Hàm lượng vonfram trong thép không gỉ 317L35M4N là tương tự với hàm lượng vonfram trong 317L57M4N và Đường lượng chống ăn mòn lỗ, PRE_{NW} , của 317L35M4N tính được bằng cách sử dụng công thức giống như đã đề cập đến ở trên đối với 317L57M4N là ≥ 37 , và tốt hơn nếu $PRE_{NW} \geq 42$, do hàm lượng molybden khác nhau. Hiển nhiên là đoạn đề cập đến ứng dụng và tác dụng của vonfram đối với 317L57M4N cũng áp dụng được cho 317L35M4N.

Ngoài ra, 317L35M4N có thể có hàm lượng cacbon cao hơn, được gọi là 317H35M4N và 31735M4N, lần lượt tương ứng với 317H57M4N và 31757M4N được bàn luận ở trên và khoảng tỷ lệ % trọng lượng cacbon được bàn luận ở trên cũng áp dụng được cho 317H35M4N và 31735M4N.

Titan (Ti)/ niobi (Nb)/ niobi (Nb) cộng tantan (Ta)

Ngoài ra, đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể được làm ổn định khác của thép không gỉ 317H35M4N hoặc 31735M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, lượng cacbon có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C.

(i) Các biến thể này bao gồm biến thể được làm ổn định bằng titan, được gọi là 317H35M4NTi hoặc 31735M4NTi tương phản với thép 317L35M4N chung. Hàm lượng titan được kiểm soát theo công thức sau:

Ti $4 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa hoặc Ti $5 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng titan trong hợp kim.

(ii) Ngoài ra, cũng có các sản phẩm 317H35M4NNb hoặc 31735M4NNb được làm ổn định bằng niobi, trong đó hàm lượng niobi được kiểm soát theo công thức sau:

Nb 8 x C tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb tối đa hoặc Nb 10 x C tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng niobi trong hợp kim.

(iii) Ngoài ra, các biến thể khác của hợp kim này cũng có thể được sản xuất để bao gồm các sản phẩm 317H35M4NNbTa hoặc 31735M4NNbTa được làm ổn định bằng niobi cộng tantan, trong đó hàm lượng niobi cộng tantan được kiểm soát theo công thức sau:

Nb + Ta 8 x C tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa, hoặc Nb + Ta 10 x C tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa.

Các biến thể được làm ổn định bằng titan, niobi và niobi cộng tantan của hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram và vanadi trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá hợp kim cho một số ứng dụng nhất định khi cần hàm lượng cacbon cao hơn. Các nguyên tố tạo hợp kim này có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để biến đổi thép không gỉ phù hợp với các ứng dụng cụ thể và để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này.

Các sản phẩm dùng để rèn và đúc của thép không gỉ 317L35M4N cùng với các biến thể khác thường được cung ứng theo cách giống như trong các phương án nêu trên.

Ngoài ra, sáng chế đề xuất một phương án khác, thích hợp nếu được gọi là 312L35M4N trong phần mô tả này, đây là phương án thứ năm của sáng chế.

[312L35M4N]

Thép không gỉ austenit có độ bền cao 312L35M4N có hàm lượng nitơ cao và có Độ lượng chống ăn mòn lỗ PREN theo quy định ≥ 37 , nhưng tốt hơn nếu PRE_N

≥ 42 . Đương lượng chống ăn mòn lỗ như được ký hiệu bằng PRE_N được tính theo công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Thép không gỉ 312L35M4N được tạo công thức để có tổ hợp độc đáo các đặc tính về độ bền cơ học cao với độ dẻo và độ dai tuyệt vời, cùng với khả năng hàn tốt và khả năng chống ăn mòn tổng thể và khu trú tốt. Thành phần hoá học của thép không gỉ 312L35M4N được chọn lọc và đặc trưng bởi hợp kim có thành phần hoá học tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau: tối đa 0,030% trọng lượng C, tối đa 2,00% trọng lượng Mn, tối đa 0,030% trọng lượng P, tối đa 0,010% trọng lượng S, tối đa 0,75% trọng lượng Si, 20,00% trọng lượng Cr - 22,00% trọng lượng Cr, 15,00% trọng lượng Ni - 19,00% trọng lượng Ni, 3,00% trọng lượng Mo - 5,00% trọng lượng Mo, 0,40% trọng lượng N - 0,70% trọng lượng N.

Thép không gỉ 312L35M4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như tối đa 0,010% trọng lượng B, tối đa 0,10% trọng lượng Ce, tối đa 0,050% trọng lượng Al, tối đa 0,01% trọng lượng Ca và/hoặc tối đa 0,01% trọng lượng Mg và các tạp chất khác thường có mặt với lượng tồn dư.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 312L35M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để về cơ bản đảm bảo vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C, sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Theo đó, thép không gỉ 312L35M4N có tổ hợp độc đáo của độ bền và độ dẻo cao ở nhiệt độ môi trường, đồng thời đảm bảo độ dai tuyệt vời ở nhiệt độ môi trường và nhiệt độ thấp. Về thực tế là thành phần hoá học của thép không gỉ 312L35M4N được điều chỉnh để đạt được $PRE_N \geq 37$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 42$, điều đó đảm bảo rằng vật liệu có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 312L35M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn

ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753.

Theo phương án thứ năm, đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của thép không gỉ 312L35M4N được lựa chọn một cách thận trọng để chứa các nguyên tố hoá học dưới đây tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau:

Cacbon (C)

Hàm lượng cacbon tối đa trong thép không gỉ 312L35M4N là $\leq 0,030\%$ trọng lượng C. Tốt hơn nếu lượng cacbon $\geq 0,020\%$ trọng lượng C và $\leq 0,030\%$ trọng lượng C và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,025\%$ trọng lượng C.

Mangan (Mn)

Thép không gỉ 312L35M4N theo phương án thứ năm có thể có hai khả năng: hàm lượng mangan thấp hoặc hàm lượng mangan cao.

Đối với hợp kim có hàm lượng mangan thấp, hàm lượng mangan trong thép không gỉ 312L35M4N là $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn. Tốt hơn nếu khoảng này là $\geq 1,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn và tốt hơn nữa nếu $\geq 1,20\%$ trọng lượng Mn và $\leq 1,50\%$ trọng lượng Mn. Với thành phần như vậy, thép này đạt được tỷ lệ Mn với N $\leq 5,0$, và tốt hơn nếu $\geq 1,42$ và $\leq 5,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ này là $\geq 1,42$ và $\leq 3,75$.

Đối với hợp kim có hàm lượng mangan cao, hàm lượng mangan trong 312L35M4N là $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn. Tốt hơn nữa nếu hàm lượng mangan là $\geq 2,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn và tốt hơn nữa nếu giới hạn trên là $\leq 3,0\%$ trọng lượng Mn. Thậm chí tốt hơn nữa nếu giới hạn trên là $\leq 2,50\%$ trọng lượng Mn. Với khoảng lựa chọn như vậy, thép này đạt được tỷ lệ Mn với N là $\leq 10,0$, và tốt hơn nếu $\geq 2,85$ và $\leq 10,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với N đối với hợp kim có hàm lượng mangan cao là $\geq 2,85$ và $\leq 7,50$ và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 2,85$ và $\leq 6,25$.

Phospho (P)

Hàm lượng phospho trong thép không gỉ 312L35M4N được kiểm soát để $\leq 0,030\%$ trọng lượng P. Tốt hơn nếu hợp kim 317L57M4N có $\leq 0,025\%$ trọng lượng P và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,020\%$ trọng lượng P. Thậm chí tốt hơn nữa nếu hợp kim này có $\leq 0,015\%$ trọng lượng P và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,010\%$ trọng lượng P.

Lưu huỳnh (S)

Hàm lượng lưu huỳnh trong thép không gỉ 312L35M4N theo phương án thứ năm bao gồm $\leq 0,010\%$ trọng lượng S. Tốt hơn nếu 312L35M4N có $\leq 0,005\%$ trọng lượng S và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,003\%$ trọng lượng S, và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\leq 0,001\%$ trọng lượng S.

Oxy (O)

Hàm lượng oxy trong thép không gỉ 312L35M4N được kiểm soát để nằm ở mức càng thấp càng tốt và theo phương án thứ năm, 312L35M4N có $\leq 0,070\%$ trọng lượng O. Tốt hơn nếu 312L35M4N có $\leq 0,050\%$ trọng lượng O và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,030\%$ trọng lượng O. Thậm chí tốt hơn nữa nếu hợp kim này có $\leq 0,010\%$ trọng lượng O và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,005\%$ trọng lượng O.

Silic (Si)

Hàm lượng silic trong thép không gỉ 312L35M4N là $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si. Tốt hơn nếu hợp kim này có $\geq 0,25\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si. Tốt hơn nữa nếu khoảng này là $\geq 0,40\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,60\%$ trọng lượng Si. Tuy nhiên, đối với các ứng dụng cụ thể ở nhiệt độ cao hơn nơi cần có khả năng chống oxy hoá được cải thiện, hàm lượng silic có thể là $\geq 0,75\%$ trọng lượng Si và $\leq 2,00\%$ trọng lượng Si.

Crom (Cr)

Hàm lượng crom trong thép không gỉ 312L35M4N là $\geq 20,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 22,00\%$ trọng lượng Cr. Tốt hơn nếu hợp kim này có $\geq 21,00\%$ trọng lượng Cr.

Niken (Ni)

Hàm lượng niken trong thép không gỉ 312L35M4N là $\geq 15,00\%$ trọng lượng Ni và $\leq 19,00\%$ trọng lượng Ni. Tốt hơn nếu giới hạn trên của Ni trong hợp kim này là $\leq 18,00\%$ trọng lượng Ni và tốt hơn nữa nếu $\leq 17,00\%$ trọng lượng Ni.

Molypden (Mo)

Hàm lượng molypden trong hợp kim thép không gỉ 312L35M4N là $\geq 3,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 5,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 4,00\%$ trọng lượng Mo. Nói cách khác, hàm lượng molypden tối đa theo phương án này là 5,00% trọng lượng Mo.

Nitơ (N)

Hàm lượng nitơ trong thép không gỉ 312L35M4N là $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N. Tốt hơn nữa nếu 312L35M4N có $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N, và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

PRE_N

Đương lượng chống ăn mòn lỗ được tính bằng cách sử dụng công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Thép không gỉ 312L35M4N được tạo công thức đặc hiệu để có thành phần như sau:

- (i) hàm lượng crom $\geq 20,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 22,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 21,00\%$ trọng lượng Cr;
- (ii) hàm lượng molybden $\geq 3,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 5,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 4,00\%$ trọng lượng Mo;
- (iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

Với hàm lượng nitơ cao, thép không gỉ 312L35M4N đạt được PRE_N là ≥ 37 , và tốt hơn nếu PRE_N ≥ 42 . Điều đó đảm bảo rằng hợp kim này có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 312L35M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 312L35M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, nhưng tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$, để về cơ bản sẽ thu được vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý

nhệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C, sau đó tôi bằng nước. Vì cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Nhờ đó, hợp kim này có thể được sản xuất và cung ứng trong điều kiện không từ tính.

Thép không gỉ 312L35M4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như bo, xeri, nhôm, canxi và/hoặc magie tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng, và thành phần của các nguyên tố này là giống như thành phần trong 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được ở đây.

Thép không gỉ 312L35M4N theo phương án thứ năm có giới hạn chảy tối thiểu là 55 ksi hoặc 380 MPa đối với sản phẩm rèn. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được giới hạn chảy tối thiểu 62 ksi hoặc 430 MPa đối với sản phẩm rèn. Sản phẩm đúc có giới hạn chảy tối thiểu là 41 ksi hoặc 280 MPa. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được giới hạn chảy tối thiểu 48 ksi hoặc 330 MPa đối với sản phẩm đúc. Trên cơ sở các chỉ số được ưu tiên này, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 312L35M4N mới và sáng tạo theo sáng chế, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31703 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 312L35M4N có thể cao hơn 2,1 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S31703. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 312L35M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31753 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 312L35M4N có thể cao hơn 1,79 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S31753. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 312L35M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31254 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 312L35M4N có thể cao hơn 1,38 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S31254.

Thép không gỉ 312L35M4N theo phương án thứ năm có độ bền kéo tối thiểu là 102 ksi hoặc 700 MPa đối với sản phẩm rèn. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được độ bền kéo tối thiểu 109 ksi hoặc 750 MPa đối với sản phẩm rèn. Sản phẩm đúc có độ bền kéo tối thiểu là 95 ksi hoặc 650 MPa. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được độ bền kéo tối

thiếu 102 ksi hoặc 700 MPa đối với sản phẩm đúc. Trên cơ sở các chỉ số được ưu tiên này, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 312L35M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31703 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 312L35M4N có thể cao hơn 1,45 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S31703. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 312L35M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31753 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 312L35M4N có thể cao hơn 1,36 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S31753. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 312L35M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31254 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 312L35M4N có thể cao hơn 1,14 so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S31254. Trên thực tế, nếu các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 312L35M4N, được so sánh với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 22 Cr Duplex, thì có thể chứng minh được rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 312L35M4N cao hơn khoảng 1,2 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho S31803 và tương tự với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex. Do đó, các đặc tính về độ bền cơ học tối thiểu của thép không gỉ 312L35M4N đã được cải thiện đáng kể so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703, UNS S31753 và UNS S31254 và các đặc tính về độ bền kéo là tốt hơn so với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Điều đó có nghĩa là các ứng dụng sử dụng thép không gỉ 312L35M4N dùng để rèn thường có thể được thiết kế với độ dày vách giảm, nhờ đó tiết giảm đáng kể trọng lượng khi chỉ định thép không gỉ 312L35M4N so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703, S31753 và S31254 do ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép là cao hơn đáng kể. Trên thực tế, ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 312L35M4N dùng để rèn là cao hơn so với thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ 312L35M4N được tạo công thức theo chủ đích để sản xuất chứa các nguyên tố tạo hợp kim khác như đồng, vonfram và vanadi, với lượng đặc hiệu. Đã xác định được

rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của các biến thể khác của thép không gỉ 312L35M4N được chọn lọc và các thành phần đồng và vanadi là giống như các thành phần đồng và vanadi của 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được cho 312L35M4N.

Vonfram (W)

Hàm lượng vonfram trong thép không gỉ 312L35M4N là $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W, và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W. Đối với các biến thể chứa vonfram của thép không gỉ 312L35M4N, Đường lượng chống ăn mòn lỗ được tính bằng cách sử dụng công thức:

$$PRE_{NW} = \% Cr + [3,3 \times \% (Mo + W)] + (16 \times \% N).$$

Biến thể chứa vonfram này của thép không gỉ 312L35M4N được tạo công thức đặc hiệu để có thành phần như sau:

- (i) hàm lượng crom $\geq 20,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 22,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 21,00\%$ trọng lượng Cr;
- (ii) hàm lượng molypden $\geq 3,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 5,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 4,00\%$ trọng lượng Mo;
- (iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N; và
- (iv) hàm lượng vonfram $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W.

Biến thể chứa vonfram của thép không gỉ 312L35M4N có hàm lượng nitơ cao theo quy định và $PRE_{NW} \geq 39$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_{NW} \geq 44$. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc. Vonfram có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vanadi, titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này, để cải thiện hơn nữa tổng

hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này. Vonfram có giá thành cực cao và do đó được hạn chế có chủ đích để tối ưu hoá giá thành của hợp kim, đồng thời tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim.

Cacbon

Đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể khác của thép không gỉ 312L35M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, hàm lượng cacbon trong thép không gỉ 312L35M4N có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C. Các biến thể đặc hiệu này của thép không gỉ 312L35M4N lần lượt là các sản phẩm 312H35M4N hoặc 31235M4N.

Titan (Ti)/Niobi (Nb)/ niobi (Nb) cộng tantan (Ta)

Ngoài ra, đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể được làm ổn định khác của thép không gỉ 312H35M4N hoặc 31235M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, hàm lượng cacbon có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C.

(i) Các biến thể này bao gồm biến thể được làm ổn định bằng titan, được gọi là 312H35M4NTi hoặc 31235M4NTi tương phản với sản phẩm thép 312L35M4N chúng. Hàm lượng titan được kiểm soát theo công thức sau:

Ti $4 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa hoặc Ti $5 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng titan trong hợp kim.

(ii) Ngoài ra, cũng có các sản phẩm 312H35M4NNb hoặc 31235M4NNb được làm ổn định bằng niobi, trong đó hàm lượng niobi được kiểm soát theo công thức sau:

Nb $8 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa hoặc Nb $10 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng niobi trong hợp kim.

(iii) Ngoài ra, các biến thể khác của hợp kim này cũng có thể được sản xuất để bao gồm các sản phẩm 312H35M4NNbTa hoặc 31235M4NNbTa được làm ổn định bằng niobi cộng tantan, trong đó hàm lượng niobi cộng tantan được kiểm soát theo công thức sau:

Nb + Ta $8 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa, hoặc Nb + Ta $10 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa.

Các biến thể được làm ổn định bằng titan, niobi và niobi cộng tantan của hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram và vanadi trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá hợp kim cho một số ứng dụng nhất định khi cần hàm lượng cacbon cao hơn. Các nguyên tố tạo hợp kim này có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để biến đổi thép không gỉ phù hợp với các ứng dụng cụ thể và để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này.

Các sản phẩm dùng để rèn và đúc của thép không gỉ 312L35M4N cùng với các biến thể khác thường được cung ứng theo cách giống như trong các phương án nêu trên.

Ngoài ra, sáng chế đề xuất một phương án khác, thích hợp nếu được gọi là thép không gỉ austenit có độ bền cao 312L57M4N, đây là phương án thứ sáu của sáng chế. Thép không gỉ 312L57M4N hầu như có thành phần hoá học giống như thép không gỉ 312L35M4N, ngoại trừ hàm lượng molypden. Theo đó, thay vì lặp lại các thành phần hoá học khác nhau, chỉ có một sự khác biệt duy nhất được mô tả.

[312L57M4N]

Như đã đề cập đến ở trên, 312L57M4N có tỷ lệ % trọng lượng cacbon, mangan, phospho, lưu huỳnh, oxy, silic, crom, niken và hàm lượng nitơ hoàn toàn giống như phương án thứ năm, thép không gỉ 312L35M4N, ngoại trừ hàm lượng molypden. Trong 312L35M4N, hàm lượng molypden nằm trong khoảng từ 3,00% trọng lượng đến 5,00% trọng lượng. Ngược lại, hàm lượng molypden trong thép không gỉ 312L57M4N nằm trong khoảng từ 5,00% trọng lượng đến 7,00% trọng

lượng. Nói cách khác, 312L57M4N có thể được coi là sản phẩm có hàm lượng molybden cao của thép không gỉ 312L35M4N.

Cần hiểu rằng các đoạn đề cập đến 312L35M4N cũng áp dụng được ở đây, ngoại trừ hàm lượng molybden.

Molybden (Mo)

Hàm lượng molybden trong thép không gỉ 312L57M4N có thể $\geq 5,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 7,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 6,00\%$ trọng lượng Mo. Nói cách khác, hàm lượng molybden tối đa trong 312L57M4N là $7,00\%$ trọng lượng Mo.

PRE_N

Đương lượng chống ăn mòn lỗ của 312L57M4N được tính bằng cách sử dụng công thức giống như 312L35M4N, nhưng do hàm lượng molybden, nên PRE_N là ≥ 43 , nhưng tốt hơn nếu PRE_N ≥ 48 . Điều đó đảm bảo rằng vật liệu có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 312L57M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 312L57M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, nhưng tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$, để về cơ bản sẽ thu được vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C , sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Nhờ đó, hợp kim này có thể được sản xuất và cung ứng trong điều kiện không từ tính.

Tương tự phương án 312L35M4N, thép không gỉ 312L57M4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như

bo, xeri, nhôm, canxi và/hoặc magie tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng, và thành phần của các nguyên tố này là giống như thành phần trong 312L35M4N và theo đó là thành phần trong 304LM4N.

Thép không gỉ 312L57M4N theo phương án thứ sáu có giới hạn chảy tối thiểu và độ bền kéo tối thiểu tương đương hoặc tương tự với có giới hạn chảy tối thiểu và độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 312L35M4N. Tương tự, các đặc tính về độ bền của các sản phẩm dùng để rèn và đúc của 312L57M4N cũng là tương đương với các đặc tính về độ bền của 312L35M4N. Theo đó, các chỉ số cụ thể về độ bền không được lặp lại ở đây và được dẫn chiếu đến các đoạn trên 312L35M4N. Việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn giữa 312L57M4N và các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ austenit thông thường UNS S31703, và giữa 312L57M4N và với UNS S31753/UNS S31254, cho thấy giới hạn chảy lớn hơn và độ bền kéo tương tự với độ bền kéo được thấy đối với 312L35M4N. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền kéo của 312L57M4N cho thấy rằng chúng có các đặc tính về độ bền kéo tốt hơn so với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 22Cr Duplex và tương tự với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex, gần như tương tự với 312L35M4N.

Điều đó có nghĩa là các ứng dụng sử dụng thép không gỉ 312L57M4N dùng để rèn thường có thể được thiết kế với độ dày vách giảm, nhờ đó tiết giảm đáng kể trọng lượng khi chỉ định thép không gỉ 312L57M4N so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703, S31753 và S31254 do ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép là cao hơn đáng kể. Trên thực tế, ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 312L57M4N dùng để rèn là cao hơn so với thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ 312L57M4N được tạo công thức theo chủ đích để sản xuất chứa các nguyên tố tạo hợp kim khác như đồng, vonfram và vanadi, với lượng đặc hiệu. Đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của các biến thể khác của thép không gỉ 312L57M4N được chọn lọc và các thành phần đồng và vanadi là giống như các thành phần đồng và vanadi của 312L35M4N và các thành phần đồng và vanadi của 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được ở đây cho 312L57M4N.

Vonfram (W)

Hàm lượng vonfram trong thép không gỉ 312L57M4N là tương tự với hàm lượng vonfram trong 312L35M4N và Đường lượng chống ăn mòn lỗ, PRE_{NW} , của 312L57M4N tính được bằng cách sử dụng công thức giống như đã đề cập đến ở trên đối với 312L35M4N là $PRE_{NW} \geq 45$, và tốt hơn nếu $PRE_{NW} \geq 50$, do hàm lượng molybden khác nhau. Hiển nhiên là đoạn đề cập đến ứng dụng và tác dụng của vonfram đối với 312L35M4N cũng áp dụng được cho 312L57M4N.

Ngoài ra, 312L57M4N có thể có hàm lượng cacbon cao hơn, được gọi là 312H57M4N hoặc 31257M4N, lần lượt tương ứng với 312H35M4N và 31235M4N được bàn luận ở trên và khoảng tỷ lệ % trọng lượng cacbon được bàn luận ở trên cũng áp dụng được cho 312H57M4N và 31257M4N.

Titan (Ti)/ niobi (Nb)/ niobi (Nb) cộng tantan (Ta)

Ngoài ra, đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể được làm ổn định khác của thép không gỉ 312H57M4N hoặc 31257M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, hàm lượng cacbon có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C.

(i) Các biến thể này bao gồm biến thể được làm ổn định bằng titan, được gọi là 312H57M4NTi hoặc 31257M4NTi tương phản với sản phẩm thép không gỉ 312L57M4N chung. Hàm lượng titan được kiểm soát theo công thức sau:

Ti $4 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa hoặc Ti $5 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng titan trong hợp kim.

(ii) Ngoài ra, cũng có các sản phẩm 312H57M4NNb hoặc 31257M4NNb được làm ổn định bằng niobi, trong đó hàm lượng niobi được kiểm soát theo công thức sau:

Nb $8 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa hoặc Nb $10 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng niobi trong hợp kim.

(iii) Ngoài ra, các biến thể khác của hợp kim này cũng có thể được sản xuất để bao gồm các sản phẩm 312H57M4NNbTa hoặc 31257M4NNbTa được làm ổn định bằng niobi cộng tantan, trong đó hàm lượng niobi cộng tantan được kiểm soát theo công thức sau:

Nb + Ta $8 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa, hoặc Nb + Ta $10 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa.

Các biến thể được làm ổn định bằng titan, niobi và niobi cộng tantan của hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram và vanadi trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá hợp kim cho một số ứng dụng nhất định khi cần hàm lượng cacbon cao hơn. Các nguyên tố tạo hợp kim này có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để biến đổi thép không gỉ phù hợp với các ứng dụng cụ thể và để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này.

Các sản phẩm dùng để rèn và đúc của thép không gỉ 312L57M4N cùng với các biến thể khác thường được cung ứng theo cách giống như trong các phương án nêu trên.

Ngoài ra, sáng chế đề xuất một phương án khác, thích hợp nếu được gọi là 320L35M4N trong phần mô tả này, đây là phương án thứ bảy của sáng chế.

[320L35M4N]

Thép không gỉ austenit có độ bền cao 320L35M4N có hàm lượng nitơ cao và có Độ lượng chống ăn mòn lỗ PREN theo quy định ≥ 39 , nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 44$. Độ lượng chống ăn mòn lỗ như được ký hiệu bằng PRE_N được tính theo công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Thép không gỉ 320L35M4N được tạo công thức để có tổ hợp độc đáo các đặc tính về độ bền cơ học cao với độ dẻo và độ dai tuyệt vời, cùng với khả năng hàn tốt và khả năng chống ăn mòn tổng thể và khu trú tốt. Thành phần hoá học của thép không gỉ

320L35M4N được chọn lọc và đặc trưng bởi hợp kim có thành phần hoá học tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau: tối đa 0,030% trọng lượng C, tối đa 2,00% trọng lượng Mn, tối đa 0,030% trọng lượng P, tối đa 0,010% trọng lượng S, tối đa 0,75% trọng lượng Si, 22,00% trọng lượng Cr - 24,00% trọng lượng Cr, 17,00% trọng lượng Ni - 21,00% trọng lượng Ni, 3,00% trọng lượng Mo - 5,00% trọng lượng Mo, 0,40% trọng lượng N - 0,70% trọng lượng N.

Thép không gỉ 320L35M4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như tối đa 0,010% trọng lượng B, tối đa 0,10% trọng lượng Ce, tối đa 0,050% trọng lượng Al, tối đa 0,01% trọng lượng Ca và/hoặc tối đa 0,01% trọng lượng Mg và các tạp chất khác thường có mặt với lượng tồn dư.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 320L35M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để về cơ bản đảm bảo vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C, sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Theo đó, thép không gỉ 320L35M4N có tổ hợp độc đáo của độ bền và độ dẻo cao ở nhiệt độ môi trường, đồng thời đảm bảo độ dai tuyệt vời ở nhiệt độ môi trường và nhiệt độ thấp. Về thực tế là thành phần hoá học của thép không gỉ 320L35M4N được điều chỉnh để đạt được $PRE_N \geq 39$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 44$, điều đó đảm bảo rằng vật liệu có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 320L35M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753.

Theo phương án thứ bảy, đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của thép không gỉ 320L35M4N được lựa chọn một cách thận trọng để chứa các nguyên tố hoá học dưới đây tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau:

Cacbon (C)

Hàm lượng cacbon tối đa trong thép không gỉ 320L35M4N là $\leq 0,030\%$ trọng lượng C. Tốt hơn nếu lượng cacbon $\geq 0,020\%$ trọng lượng C và $\leq 0,030\%$ trọng lượng C và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,025\%$ trọng lượng C.

Mangan (Mn)

Thép không gỉ 320L35M4N theo phương án thứ bảy có thể có hai khả năng: hàm lượng mangan thấp hoặc hàm lượng mangan cao.

Đối với hợp kim có hàm lượng mangan thấp, hàm lượng mangan trong thép không gỉ 320L35M4N là $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn. Tốt hơn nếu khoảng này là $\geq 1,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn và tốt hơn nữa nếu $\geq 1,20\%$ trọng lượng Mn và $\leq 1,50\%$ trọng lượng Mn. Với thành phần như vậy, thép này đạt được tỷ lệ Mn với N $\leq 5,0$, và tốt hơn nếu $\geq 1,42$ và $\leq 5,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ này là $\geq 1,42$ và $\leq 3,75$.

Đối với hợp kim có hàm lượng mangan cao, hàm lượng mangan trong 320L35M4N là $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn. Tốt hơn nữa nếu hàm lượng mangan là $\geq 2,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn và tốt hơn nữa nếu giới hạn trên là $\leq 3,0\%$ trọng lượng Mn. Thậm chí tốt hơn nữa nếu giới hạn trên là $\leq 2,50\%$ trọng lượng Mn. Với khoảng lựa chọn như vậy, thép này đạt được tỷ lệ Mn với N là $\leq 10,0$, và tốt hơn nếu $\geq 2,85$ và $\leq 10,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với N đối với hợp kim có hàm lượng mangan cao là $\geq 2,85$ và $\leq 7,50$ và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 2,85$ và $\leq 6,25$.

Phospho (P)

Hàm lượng phospho trong thép không gỉ 320L35M4N được kiểm soát để $\leq 0,030\%$ trọng lượng P. Tốt hơn nếu hợp kim 320L35M4N có $\leq 0,025\%$ trọng lượng P và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,020\%$ trọng lượng P. Thậm chí tốt hơn nữa nếu hợp kim này có $\leq 0,015\%$ trọng lượng P và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,010\%$ trọng lượng P.

Lưu huỳnh (S)

Hàm lượng lưu huỳnh trong thép không gỉ 320L35M4N theo phương án thứ bảy bao gồm $\leq 0,010\%$ trọng lượng S. Tốt hơn nếu 320L35M4N có $\leq 0,005\%$ trọng lượng S và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,003\%$ trọng lượng S, và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\leq 0,001\%$ trọng lượng S.

Oxy (O)

Hàm lượng oxy trong thép không gỉ 320L35M4N được kiểm soát để nằm ở mức càng thấp càng tốt và theo phương án thứ bảy, 320L35M4N có $\leq 0,070\%$ trọng lượng O. Tốt hơn nếu 320L35M4N có $\leq 0,050\%$ trọng lượng O và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,030\%$ trọng lượng O. Thậm chí tốt hơn nữa nếu hợp kim này có $\leq 0,010\%$ trọng lượng O và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,005\%$ trọng lượng O.

Silic (Si)

Hàm lượng silic trong thép không gỉ 320L35M4N là $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si. Tốt hơn nếu hợp kim này có $\geq 0,25\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si. Tốt hơn nữa nếu khoảng này là $\geq 0,40\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,60\%$ trọng lượng Si. Tuy nhiên, đối với các ứng dụng cụ thể ở nhiệt độ cao hơn nơi cần có khả năng chống oxy hoá được cải thiện, hàm lượng silic có thể là $\geq 0,75\%$ trọng lượng Si và $\leq 2,00\%$ trọng lượng Si.

Crom (Cr)

Hàm lượng crom trong thép không gỉ 320L35M4N là $\geq 22,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 24,00\%$ trọng lượng Cr. Tốt hơn nếu hợp kim này có $\geq 23,00\%$ trọng lượng Cr.

Niken (Ni)

Hàm lượng niken trong thép không gỉ 320L35M4N là $\geq 17,00\%$ trọng lượng Ni và $\leq 21,00\%$ trọng lượng Ni. Tốt hơn nếu giới hạn trên của Ni trong hợp kim này là $\leq 20,00\%$ trọng lượng Ni và tốt hơn nữa nếu $\leq 19,00\%$ trọng lượng Ni.

Molypden (Mo)

Hàm lượng molypden trong hợp kim thép không gỉ 320L35M4N là $\geq 3,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 5,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 4,00\%$ trọng lượng Mo.

Nitơ (N)

Hàm lượng nitơ trong thép không gỉ 320L35M4N là $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N. Tốt hơn nữa nếu 320L35M4N có $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N, và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

PRE_N

Đương lượng chống ăn mòn lỗ được tính bằng cách sử dụng công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Thép không gỉ 320L35M4N được tạo công thức đặc hiệu để có thành phần như sau:

- (i) hàm lượng crom $\geq 22,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 24,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 23,00\%$ trọng lượng Cr;
- (ii) hàm lượng molypden $\geq 3,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 5,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 4,00\%$ trọng lượng Mo,
- (iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

Với hàm lượng nitơ cao, thép không gỉ 320L35M4N đạt được PRE_N là ≥ 39 , và tốt hơn nếu $PRE_N \geq 44$. Điều đó đảm bảo rằng hợp kim này có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 320L35M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 320L35M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, nhưng tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$, để về cơ bản sẽ thu được vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C , sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Nhờ đó, hợp kim này có thể được sản xuất và cung ứng trong điều kiện không từ tính.

Thép không gỉ 320L35M4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như bo, xeri, nhôm, canxi và/hoặc magie tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng, và thành phần của các nguyên tố này là giống như thành phần trong 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được ở đây.

Thép không gỉ 320L35M4N theo phương án thứ bảy có giới hạn chảy tối thiểu là 55 ksi hoặc 380 MPa đối với sản phẩm rèn. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được giới hạn chảy tối thiểu 62 ksi hoặc 430 MPa đối với sản phẩm rèn. Sản phẩm đúc có giới hạn chảy tối thiểu là 41 ksi hoặc 280 MPa. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được giới hạn chảy tối thiểu 48 ksi hoặc 330 MPa đối với sản phẩm đúc. Trên cơ sở các chỉ số được ưu tiên này, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 320L35M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31703 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 320L35M4N có thể cao hơn 2,1 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S31703. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 320L35M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31753 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 320L35M4N có thể cao hơn 1,79 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S31753. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 320L35M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S32053 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 320L35M4N có thể cao hơn 1,45 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S32053.

Thép không gỉ 320L35M4N theo phương án thứ bảy có độ bền kéo tối thiểu là 102 ksi hoặc 700 MPa đối với sản phẩm rèn. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được độ bền kéo tối thiểu 109 ksi hoặc 750 MPa đối với sản phẩm rèn. Sản phẩm đúc có độ bền kéo tối thiểu là 95 ksi hoặc 650 MPa. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được độ bền kéo tối thiểu 102 ksi hoặc 700 MPa đối với sản phẩm đúc. Trên cơ sở các chỉ số được ưu tiên này, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 320L35M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31703 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 320L35M4N có thể cao hơn 1,45 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S31703. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 320L35M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31753 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép

không gỉ 320L35M4N có thể cao hơn 1,36 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S31753. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 320L35M4N với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S32053 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 320L35M4N có thể cao hơn 1,17 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S32053. Trên thực tế, nếu các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 320L35M4N, được so sánh với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 22 Cr Duplex, thì có thể chứng minh được rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 320L35M4N cao hơn khoảng 1,2 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho S31803 và tương tự với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex. Do đó, các đặc tính về độ bền cơ học tối thiểu của thép không gỉ 320L35M4N mới và sáng tạo theo sáng chế đã được cải thiện đáng kể so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703, UNS S31753 và UNS S32053 và các đặc tính về độ bền kéo là tốt hơn so với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Điều đó có nghĩa là các ứng dụng sử dụng thép không gỉ 320L35M4N dùng để rèn thường có thể được thiết kế với độ dày vách giảm, nhờ đó tiết giảm đáng kể trọng lượng khi chỉ định thép không gỉ 320L35M4N so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703, S31753 và S32053 do ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép là cao hơn đáng kể. Trên thực tế, ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 320L35M4N dùng để rèn là cao hơn so với thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ 320L35M4N được tạo công thức theo chủ đích để sản xuất chứa các nguyên tố tạo hợp kim khác như đồng, vonfram và vanadi, với lượng đặc hiệu. Đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của các biến thể khác của thép không gỉ 320L35M4N được chọn lọc và các thành phần đồng và vanadi là giống như các thành phần đồng và vanadi của 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được cho 320L35M4N.

Vonfram (W)

Hàm lượng vonfram trong thép không gỉ 320L35M4N là $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W, và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W. Đối với các biến thể chứa vonfram của thép không gỉ 320L35M4N, Đường lượng chống ăn mòn lỗ được tính bằng cách sử dụng công thức:

$$PRE_{NW} = \% Cr + [3,3 \times \% (Mo + W)] + (16 \times \% N).$$

Biến thể chứa vonfram này của thép không gỉ 320L35M4N được tạo công thức đặc hiệu để có thành phần như sau:

- (i) hàm lượng crom $\geq 22,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 24,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 23,00\%$ trọng lượng Cr;
- (ii) hàm lượng molypden $\geq 3,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 5,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 4,00\%$ trọng lượng Mo;
- (iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N; và
- (iv) hàm lượng vonfram $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W.

Biến thể chứa vonfram của thép không gỉ 320L35M4N có hàm lượng nitơ cao theo quy định và $PRE_{NW} \geq 41$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_{NW} \geq 46$. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc. Vonfram có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vanadi, titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này, để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này. Vonfram có giá thành cực cao và do đó được hạn chế có chủ đích để tối ưu hoá giá thành của hợp kim, đồng thời tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim.

Cacbon (C)

Đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể khác của thép không gỉ 320L35M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, hàm lượng cacbon trong thép không gỉ 320L35M4N có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C. Các biến thể đặc hiệu này của thép không gỉ 320L35M4N lần lượt là sản phẩm 320H35M4N hoặc 32035M4N.

Titan (Ti)/ niobi (Nb)/ niobi (Nb) cộng tantan (Ta)

Ngoài ra, đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể được làm ổn định khác của thép không gỉ 320H35M4N hoặc 32035M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, lượng cacbon có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C.

(i) Các biến thể này bao gồm biến thể được làm ổn định bằng titan, được gọi là 320H35M4NTi hoặc 32035M4NTi tương phản với sản phẩm 320L35M4N chung. Hàm lượng titan được kiểm soát theo công thức sau:

Ti $4 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa hoặc Ti $5 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng titan trong hợp kim.

(ii) Ngoài ra, cũng có các sản phẩm 320H35M4NNb hoặc 32035M4NNb được làm ổn định bằng niobi, trong đó hàm lượng niobi được kiểm soát theo công thức sau:

Nb $8 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa hoặc Nb $10 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng niobi trong hợp kim.

(iii) Ngoài ra, các biến thể khác của hợp kim này cũng có thể được sản xuất để bao gồm các sản phẩm 320H35M4NNbTa hoặc 32035M4NNbTa được làm ổn định bằng niobi cộng tantan, trong đó hàm lượng niobi cộng tantan được kiểm soát theo công thức sau:

Nb + Ta 8 x C tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa, hoặc Nb + Ta 10 x C tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa.

Các biến thể được làm ổn định bằng titan, niobi và niobi cộng tantan của hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram và vanadi trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá hợp kim cho một số ứng dụng nhất định khi cần hàm lượng cacbon cao hơn. Các nguyên tố tạo hợp kim này có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để biến đổi thép không gỉ phù hợp với các ứng dụng cụ thể và để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này.

Các sản phẩm dùng để rèn và đúc của thép không gỉ 320L35M4N cùng với các biến thể khác thường được cung ứng theo cách giống như trong các phương án nêu trên.

Ngoài ra, sáng chế đề xuất một phương án khác, thích hợp nếu được gọi là thép không gỉ austenit có độ bền cao 320L57M4N, đây là phương án thứ tám của sáng chế. Thép không gỉ 320L57M4N hầu như có thành phần hoá học giống như 320L35M4N, ngoại trừ hàm lượng molybden. Theo đó, thay vì lặp lại các thành phần hoá học khác nhau, chỉ có một sự khác biệt duy nhất được mô tả.

[320L57M4N]

Như đã đề cập đến ở trên, 320L57M4N có tỷ lệ % trọng lượng cacbon, mangan, phospho, lưu huỳnh, oxy, silic, crom, niken và hàm lượng nitơ hoàn toàn giống như phương án thứ bảy, thép không gỉ 320L35M4N, ngoại trừ hàm lượng molybden. Trong 320L35M4N, hàm lượng molybden nằm trong khoảng từ 3,00% trọng lượng đến 5,00% trọng lượng Mo. Ngược lại, hàm lượng molybden trong thép không gỉ 320L57M4N nằm trong khoảng từ 5,00% trọng lượng đến 7,00% trọng lượng Mo. Nói cách khác, 320L57M4N có thể được coi là sản phẩm có hàm lượng molybden cao của thép không gỉ 320L35M4N.

Cần hiểu rằng các đoạn đề cập đến 320L35M4N cũng áp dụng được ở đây, ngoại trừ hàm lượng molybden.

Molypden (Mo)

Hàm lượng molypden trong thép không gỉ 320L57M4N có thể $\geq 5,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 7,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 6,00\%$ trọng lượng Mo. Nói cách khác, hàm lượng molypden tối đa trong 320L57M4N là 7,00% trọng lượng Mo.

PRE_N

Đương lượng chống ăn mòn lỗ của 320L57M4N được tính bằng cách sử dụng công thức giống như 320L35M4N, nhưng do hàm lượng molypden, nên PRE_N là ≥ 45 , nhưng tốt hơn nếu PRE_N ≥ 50 . Điều đó đảm bảo rằng vật liệu có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 320L57M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 320L57M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, nhưng tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$, để về cơ bản sẽ thu được vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C, sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Nhờ đó, hợp kim này có thể được sản xuất và cung ứng trong điều kiện không từ tính.

Tương tự phương án 320L35M4N, thép không gỉ 320L57M4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như bo, xeri, nhôm, canxi và/hoặc magie tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng và thành phần của các nguyên tố này là giống như thành phần trong 320L35M4N và theo đó là thành phần trong 304LM4N.

Thép không gỉ 320L57M4N theo phương án thứ tám có giới hạn chảy tối thiểu và độ bền kéo tối thiểu tương đương hoặc tương tự với giới hạn chảy tối thiểu và độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 320L35M4N. Tương tự, các đặc tính về độ bền của các sản phẩm dùng để rèn và đúc của 320L57M4N cũng là tương đương với các đặc tính về độ bền của 320L35M4N. Do đó, các chỉ số cụ thể về độ bền không được lặp lại ở đây và được dẫn chiếu đến các đoạn trên 320L35M4N. Việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn giữa 320L57M4N và các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ austenit thông thường UNS S31703, và giữa 320L57M4N và UNS S31753/UNS S32053, cho thấy giới hạn chảy lớn hơn và độ bền kéo tương tự với độ bền kéo được thấy đối với 320L35M4N. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền kéo của 320L57M4N cho thấy rằng chúng tốt hơn so với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex, gần như tương tự với 320L35M4N.

Điều đó có nghĩa là các ứng dụng sử dụng thép không gỉ 320L57M4N dùng để rèn thường có thể được thiết kế với độ dày vách giảm, nhờ đó tiết giảm đáng kể trọng lượng khi chỉ định thép không gỉ 320L57M4N so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703, S31753 và S32053 do ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép là cao hơn đáng kể. Trên thực tế, ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 320L57M4N dùng để rèn là cao hơn so với thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ 320L57M4N được tạo công thức theo chủ đích để sản xuất chứa các nguyên tố tạo hợp kim khác như đồng, vonfram và vanadi, với lượng đặc hiệu. Đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của các biến thể khác của thép không gỉ 320L57M4N được chọn lọc và các thành phần đồng và vanadi là giống như các thành phần đồng và vanadi của 320L35M4N và các thành phần đồng và vanadi của 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được ở đây cho 320L57M4N

Vonfram (W)

Hàm lượng vonfram trong thép không gỉ 320L57M4N là tương tự với hàm lượng vonfram trong 320L35M4N và đương lượng chống ăn mòn lỗ, PRE_{NW} , của

320L57M4N tính được bằng cách sử dụng công thức giống như đã đề cập đến ở trên đối với 320L35M4N là $PRE_{NW} \geq 47$, và tốt hơn nếu $PRE_{NW} \geq 52$, do hàm lượng molypden khác nhau. Hiển nhiên là đoạn đề cập đến ứng dụng và tác dụng của vonfram đối với 320L35M4N cũng áp dụng được cho 320L57M4N.

Ngoài ra, 320L57M4N có thể có hàm lượng cacbon cao hơn, được gọi là 320H57M4N hoặc 32057M4N, lần lượt tương ứng với 320H35M4N và 32035M4N được bàn luận ở trên và khoảng tỷ lệ % trọng lượng cacbon được bàn luận ở trên cũng áp dụng được cho 320H57M4N và 32057M4N.

Titan (Ti)/ niobi (Nb)/ niobi (Nb) cộng tantan (Ta)

Ngoài ra, đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể được làm ổn định khác của thép không gỉ 320H57M4N hoặc 32057M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, hàm lượng cacbon có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C.

(i) Các biến thể này bao gồm biến thể được làm ổn định bằng titan, được gọi là 320H57M4NTi hoặc 32057M4NTi tương phản với sản phẩm 320L57M4N chung. Hàm lượng titan được kiểm soát theo công thức sau:

Ti $4 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa hoặc Ti $5 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng titan trong hợp kim.

(ii) Ngoài ra, cũng có các sản phẩm 320H57M4NNb hoặc 32057M4NNb được làm ổn định bằng niobi, trong đó hàm lượng niobi được kiểm soát theo công thức sau:

Nb $8 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa hoặc Nb $10 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng niobi trong hợp kim.

(iii) Ngoài ra, các biến thể khác của hợp kim này cũng có thể được sản xuất để bao gồm các sản phẩm 320H57M4NNbTa hoặc 32057M4NNbTa được làm ổn

định bằng niobi cộng tantan, trong đó hàm lượng niobi cộng tantan được kiểm soát theo công thức sau:

$Nb + Ta \geq 8 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng $Nb + Ta$ tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa, hoặc $Nb + Ta \geq 10 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng $Nb + Ta$ tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa.

Các biến thể được làm ổn định bằng titan, niobi và niobi cộng tantan của hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram và vanadi trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá hợp kim cho một số ứng dụng nhất định khi cần hàm lượng cacbon cao hơn. Các nguyên tố tạo hợp kim này có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để biến đổi thép không gỉ phù hợp với các ứng dụng cụ thể và để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này.

Các sản phẩm dùng để rèn và đúc của thép không gỉ 320L57M4N cùng với các biến thể khác thường được cung ứng theo cách giống như trong các phương án nêu trên.

Ngoài ra, sáng chế đề xuất một phương án khác, thích hợp nếu được gọi là 326L35M4N trong phần mô tả này, đây là phương án thứ chín của sáng chế.

[326L35M4N]

Thép không gỉ austenit có độ bền cao 326L35M4N có hàm lượng nito cao và có Độ lượng chống ăn mòn lỗ PREN theo quy định ≥ 42 , nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 47$. Độ lượng chống ăn mòn lỗ như được ký hiệu bằng PRE_N được tính theo công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Thép không gỉ 326L35M4N được tạo công thức để có tổ hợp độc đáo các đặc tính về độ bền cơ học cao với độ dẻo và độ dai tuyệt vời, cùng với khả năng hàn tốt và khả năng chống ăn mòn tổng thể và khu trú tốt. Thành phần hoá học của thép không gỉ 326L35M4N được chọn lọc và đặc trưng bởi hợp kim có thành phần hoá học tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau: tối đa 0,030% trọng lượng C, tối đa 2,00% trọng

lượng Mn, tối đa 0,030% trọng lượng P tối đa, tối đa 0,010% trọng lượng S, tối đa 0,75% trọng lượng Si, 24,00% trọng lượng Cr - 26,00% trọng lượng Cr, 19,00% trọng lượng Ni - 23,00% trọng lượng Ni, 3,00% trọng lượng Mo - 5,00% trọng lượng Mo, 0,40% trọng lượng N - 0,70% trọng lượng N.

Thép không gỉ 326L35M4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như tối đa 0,010% trọng lượng B, tối đa 0,10% trọng lượng Ce, tối đa 0,050% trọng lượng Al, tối đa 0,01% trọng lượng Ca và/hoặc tối đa 0,01% trọng lượng Mg và các tạp chất khác thường có mặt với lượng tồn dư.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 326L35M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để về cơ bản đảm bảo vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C, sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Theo đó, thép không gỉ 326L35M4N có tổ hợp độc đáo của độ bền và độ dẻo cao ở nhiệt độ môi trường, đồng thời đảm bảo độ dai tuyệt vời ở nhiệt độ môi trường và nhiệt độ thấp. Về thực tế là thành phần hoá học của thép không gỉ 326L35M4N được điều chỉnh để đạt được $PRE_N \geq 42$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 47$, điều đó đảm bảo rằng vật liệu có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 326L35M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753.

Theo phương án thứ chín, đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của thép không gỉ 326L35M4N được lựa chọn một cách thận trọng để chứa các nguyên tố hoá học dưới đây tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau:

Cacbon (C)

Hàm lượng cacbon tối đa trong thép không gỉ 326L35M4N là $\leq 0,030\%$ trọng lượng C. Tốt hơn nếu lượng cacbon $\geq 0,020\%$ trọng lượng C và $\leq 0,030\%$ trọng lượng C và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,025\%$ trọng lượng C.

Mangan (Mn)

Thép không gỉ 326L35M4N theo phương án thứ chín có thể có hai khả năng: hàm lượng mangan thấp hoặc hàm lượng mangan cao.

Đối với hợp kim có hàm lượng mangan thấp, hàm lượng mangan trong thép không gỉ 326L35M4N là $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn. Tốt hơn nếu khoảng này là $\geq 1,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn và tốt hơn nữa nếu $\geq 1,20\%$ trọng lượng Mn và $\leq 1,50\%$ trọng lượng Mn. Với thành phần như vậy, thép này đạt được tỷ lệ Mn với N $\leq 5,0$, và tốt hơn nếu $\geq 1,42$ và $\leq 5,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ này là $\geq 1,42$ và $\leq 3,75$.

Đối với hợp kim có hàm lượng mangan cao, hàm lượng mangan trong 326L35M4N là $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn. Tốt hơn nữa nếu hàm lượng mangan là $\geq 2,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn và tốt hơn nữa nếu giới hạn trên là $\leq 3,0\%$ trọng lượng Mn. Thậm chí tốt hơn nữa nếu giới hạn trên là $\leq 2,50\%$ trọng lượng Mn. Với khoảng lựa chọn như vậy, thép này đạt được tỷ lệ Mn với N là $\leq 10,0$, và tốt hơn nếu $\geq 2,85$ và $\leq 10,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với N đối với hợp kim có hàm lượng mangan cao là $\geq 2,85$ và $\leq 7,50$ và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 2,85$ và $\leq 6,25$ đối với hợp kim có khoảng hàm lượng mangan cao.

Phospho (P)

Hàm lượng phospho trong thép không gỉ 326L35M4N được kiểm soát để $\leq 0,030\%$ trọng lượng P. Tốt hơn nếu hợp kim 326L35M4N có $\leq 0,025\%$ trọng lượng P và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,020\%$ trọng lượng P. Thậm chí tốt hơn nữa nếu hợp kim này có $\leq 0,015\%$ trọng lượng P và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,010\%$ trọng lượng P.

Lưu huỳnh (S)

Hàm lượng lưu huỳnh trong thép không gỉ 326L35M4N theo phương án thứ chín bao gồm $\leq 0,010\%$ trọng lượng S. Tốt hơn nếu 326L35M4N có $\leq 0,005\%$ trọng lượng S và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,003\%$ trọng lượng S, và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\leq 0,001\%$ trọng lượng S.

Oxy (O)

Hàm lượng oxy trong thép không gỉ 326L35M4N được kiểm soát để nằm ở mức càng thấp càng tốt và theo phương án thứ chín, 326L35M4N có $\leq 0,070\%$ trọng lượng O. Tốt hơn nếu 326L35M4N có $\leq 0,050\%$ trọng lượng O và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,030\%$ trọng lượng O. Thậm chí tốt hơn nữa nếu hợp kim này có $\leq 0,010\%$ trọng lượng O và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,005\%$ trọng lượng O.

Silic (Si)

Hàm lượng silic trong thép không gỉ 326L35M4N là $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si. Tốt hơn nếu hợp kim này có $\geq 0,25\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si. Tốt hơn nữa nếu khoảng này là $\geq 0,40\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,60\%$ trọng lượng Si. Tuy nhiên, đối với các ứng dụng cụ thể ở nhiệt độ cao hơn nơi cần có khả năng chống oxy hoá được cải thiện, hàm lượng silic có thể là $\geq 0,75\%$ trọng lượng Si và $\leq 2,00\%$ trọng lượng Si.

Crom (Cr)

Hàm lượng crom trong thép không gỉ 326L35M4N là $\geq 24,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 26,00\%$ trọng lượng Cr. Tốt hơn nếu hợp kim này có $\geq 25,00\%$ trọng lượng Cr.

Niken (Ni)

Hàm lượng niken trong thép không gỉ 326L35M4N là $\geq 19,00\%$ trọng lượng Ni và $\leq 23,00\%$ trọng lượng Ni. Tốt hơn nếu giới hạn trên của Ni trong hợp kim này là $\leq 22,00\%$ trọng lượng Ni và tốt hơn nữa nếu $\leq 21,00\%$ trọng lượng Ni.

Molypden (Mo)

Hàm lượng molypden trong hợp kim thép không gỉ 326L35M4N là $\geq 3,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 5,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 4,00\%$ trọng lượng Mo.

Nitơ (N)

Hàm lượng nitơ trong thép không gỉ 326L35M4N là $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N. Tốt hơn nữa nếu 326L35M4N có $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

PRE_N

Đương lượng chống ăn mòn lỗ được tính bằng cách sử dụng công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Thép không gỉ 326L35M4N được tạo công thức đặc hiệu để có thành phần như sau:

- i) hàm lượng crom $\geq 24,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 26,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 25,00\%$ trọng lượng Cr;
- ii) hàm lượng molybden $\geq 3,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 5,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 4,00\%$ trọng lượng Mo;
- iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

Với hàm lượng nitơ cao, thép không gỉ 326L35M4N đạt được $PRE_N \geq 42$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 47$. Điều đó đảm bảo rằng hợp kim này có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 326L35M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 326L35M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, nhưng tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$, để về cơ bản sẽ thu được vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C , sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo

austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Nhờ đó, hợp kim này có thể được sản xuất và cung ứng trong điều kiện không từ tính.

Thép không gỉ 326L35M4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như bo, xeri, nhôm, canxi và/hoặc magie tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng, và thành phần của các nguyên tố này là giống như thành phần trong 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được ở đây.

Thép không gỉ 326L35M4N theo phương án thứ chín có giới hạn chảy tối thiểu là 55 ksi hoặc 380 MPa đối với sản phẩm rèn. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được giới hạn chảy tối thiểu 62 ksi hoặc 430 MPa đối với sản phẩm rèn. Sản phẩm đúc có giới hạn chảy tối thiểu là 41 ksi hoặc 280 MPa. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được giới hạn chảy tối thiểu 48 ksi hoặc 330 MPa đối với sản phẩm đúc. Trên cơ sở các chỉ số được ưu tiên này, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 326L35M4N với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31703 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 326L35M4N có thể cao hơn 2,1 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S31703. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 326L35M4N với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31753 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 326L35M4N có thể cao hơn 1,79 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S31753. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 326L35M4N với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S32615 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 326L35M4N có thể cao hơn 1,95 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S32615.

Thép không gỉ 326L35M4N theo phương án thứ chín có độ bền kéo tối thiểu là 102 ksi hoặc 700 MPa đối với sản phẩm rèn. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được độ bền kéo tối thiểu 109 ksi hoặc 750 MPa đối với sản phẩm rèn. Sản phẩm đúc có độ bền kéo tối thiểu là 95 ksi hoặc 650 MPa. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được độ bền kéo tối thiểu 102 ksi hoặc 700 MPa đối với sản phẩm đúc. Trên cơ sở các chỉ số được ưu tiên này, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 326L35M4N với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31703 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 326L35M4N có thể cao hơn 1,45 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S31703. Tương tự, việc so sánh các

đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 326L35M4N với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31753 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 326L35M4N có thể cao hơn 1,36 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S31753. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 326L35M4N với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S32615 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 326L35M4N có thể cao hơn 1,36 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S32615. Trên thực tế, nếu các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 326L35M4N được so sánh với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 22 Cr Duplex, thì có thể chứng minh được rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 326L35M4N cao hơn khoảng 1,2 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho S31803 và tương tự với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex. Do đó, các đặc tính về độ bền cơ học tối thiểu của thép không gỉ 326L35M4N đã được cải thiện đáng kể so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703, UNS S31753 và UNS S32615 và các đặc tính về độ bền kéo là tốt hơn so với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Điều đó có nghĩa là các ứng dụng sử dụng thép không gỉ 326L35M4N dùng để rèn thường có thể được thiết kế với độ dày vách giảm, nhờ đó tiết giảm đáng kể trọng lượng khi chỉ định thép không gỉ 326L35M4N so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703, S31753 và S32615 do ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép là cao hơn đáng kể. Trên thực tế, ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 326L35M4N dùng để rèn là cao hơn so với thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ 326L35M4N được tạo công thức theo chủ đích để sản xuất chứa các nguyên tố tạo hợp kim khác như đồng, vonfram và vanadi, với lượng đặc hiệu. Đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của các biến thể khác của thép không gỉ 326L35M4N được chọn lọc và các thành phần đồng và vanadi là giống như các thành phần đồng và vanadi của 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được cho 320L35M4N.

Vonfram (W)

Hàm lượng vonfram trong thép không gỉ 326L35M4N là $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W, và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W. Đối với các biến thể chứa vonfram của thép không gỉ 326L35M4N, Đường lượng chống ăn mòn lỗ được tính bằng cách sử dụng công thức:

$$PRE_{NW} = \% Cr + [3,3 \times \% (Mo + W)] + (16 \times \% N).$$

Biến thể chứa vonfram này của thép không gỉ 326L35M4N được tạo công thức đặc hiệu để có thành phần như sau:

(i) hàm lượng crom $\geq 24,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 26,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 25,00\%$ trọng lượng Cr;

(ii) hàm lượng molypden $\geq 3,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 5,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 4,00\%$ trọng lượng Mo;

(iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N; và

(iv) hàm lượng vonfram $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W.

Biến thể chứa vonfram của thép không gỉ 326L35M4N có hàm lượng nitơ cao theo quy định và $PRE_{NW} \geq 44$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_{NW} \geq 49$. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc. Vonfram có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vanadi, titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này, để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này. Vonfram có giá thành cực cao và do đó được hạn chế có chủ đích để tối ưu hoá giá thành của hợp kim, đồng thời tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim.

Cacbon (C)

Đối với một số ứng dụng nhất định, cần có không gỉ 326L35M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, hàm lượng cacbon trong thép không gỉ 320L35M4N có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C. Các biến thể đặc hiệu này của thép không gỉ 326L35M4N lần lượt là các sản phẩm 326H35M4N hoặc 32635M4N.

Titan (Ti)/ niobi (Nb)/ niobi (Nb) cộng tantan (Ta)

Ngoài ra, đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể được làm ổn định khác của thép không gỉ 326H35M4N hoặc 32635M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, hàm lượng cacbon có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C.

(i) Các biến thể này bao gồm biến thể được làm ổn định bằng titan, được gọi là 326H35M4NTi hoặc 32635M4NTi tương phản với sản phẩm 326L35M4N chung. Hàm lượng titan được kiểm soát theo công thức sau:

Ti $4 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa hoặc Ti $5 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng titan trong hợp kim.

(ii) Ngoài ra, cũng có các sản phẩm 326H35M4NNb hoặc 32635M4NNb được làm ổn định bằng niobi, trong đó hàm lượng niobi được kiểm soát theo công thức sau:

Nb $8 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa hoặc Nb $10 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng niobi trong hợp kim.

(iii) Ngoài ra, các biến thể khác của hợp kim này cũng có thể được sản xuất để bao gồm các sản phẩm 326H35M4NNbTa hoặc 32635M4NNbTa được làm ổn định bằng niobi cộng tantan, trong đó hàm lượng niobi cộng tantan được kiểm soát theo công thức sau:

Nb + Ta 8 x C tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa, hoặc Nb + Ta 10 x C tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa.

Các biến thể được làm ổn định bằng titan, niobi và niobi cộng tantan của hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram và vanadi trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá hợp kim cho một số ứng dụng nhất định khi cần hàm lượng cacbon cao hơn. Các nguyên tố tạo hợp kim này có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để biến đổi thép không gỉ phù hợp với các ứng dụng cụ thể và để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này.

Các sản phẩm dùng để rèn và đúc của thép không gỉ 326L35M4N cùng với các biến thể khác thường được cung ứng theo cách giống như trong các phương án nêu trên.

Ngoài ra, sáng chế đề xuất một phương án khác, thích hợp nếu được gọi là thép không gỉ austenit có độ bền cao 326L57M4N, đây là phương án thứ mười của sáng chế. Thép không gỉ 326L57M4N hầu như có thành phần hoá học giống như thép không gỉ 326L35M4N, ngoại trừ hàm lượng molypden. Theo đó, thay vì lặp lại các thành phần hoá học khác nhau, chỉ có một sự khác biệt duy nhất được mô tả.

[326L57M4N]

Như đã đề cập đến ở trên, 326L57M4N có tỷ lệ % trọng lượng cacbon, mangan, phospho, lưu huỳnh, oxy, silic, crom, niken và hàm lượng nitơ hoàn toàn giống với phương án thứ chín, thép không gỉ 326L35M4N, ngoại trừ hàm lượng molypden. Trong 326L35M4N, hàm lượng molypden nằm trong khoảng từ 3,00% trọng lượng đến 5,00% trọng lượng Mo. Ngược lại, hàm lượng molypden trong thép không gỉ 326L57M4N nằm trong khoảng từ 5,00% trọng lượng đến 7,00% trọng lượng Mo. Nói cách khác, 326L57M4N có thể được coi là sản phẩm có hàm lượng molypden cao của thép không gỉ 326L35M4N.

Cần hiểu rằng các đoạn đề cập đến 326L35M4N cũng áp dụng được ở đây, ngoại trừ hàm lượng molypden.

Molypden (Mo)

Hàm lượng molypden trong thép không gỉ 326L57M4N có thể $\geq 5,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 7,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 6,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 7,00\%$ trọng lượng Mo, và tốt hơn nữa nếu $\geq 6,50\%$ trọng lượng Mo. Nói cách khác, hàm lượng molypden tối đa trong 326L57M4N là 7,00% trọng lượng Mo.

PRE_N

Đương lượng chống ăn mòn lỗ của 326L57M4N được tính bằng cách sử dụng công thức giống như 326L35M4N, nhưng do hàm lượng molypden, nên PRE_N là $\geq 48,5$, nhưng tốt hơn nếu PRE_N $\geq 53,5$. Điều đó đảm bảo rằng vật liệu có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 326L57M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 326L57M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, nhưng tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$, để về cơ bản sẽ thu được vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C, sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Nhờ đó, hợp kim này có thể được sản xuất và cung ứng trong điều kiện không từ tính.

Tương tự phương án 326L35M4N, thép không gỉ 326L57M4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như bo, xeri, nhôm, canxi và/hoặc magie tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng và thành phần của các nguyên tố này là giống như thành phần trong 326L35M4N, và theo đó là thành phần trong 304LM4N.

Thép không gỉ 326L57M4N theo phương án thứ mười có giới hạn chảy tối thiểu và độ bền kéo tối thiểu tương đương hoặc tương tự với giới hạn chảy tối thiểu và độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 326L35M4N. Tương tự, các đặc tính về độ bền của các sản phẩm dùng để rèn và đúc của 326L57M4N cũng là tương đương với các đặc tính về độ bền của 326L35M4N. Theo đó, các chỉ số cụ thể về độ bền không được lặp lại ở đây và được dẫn chiếu đến các đoạn trên 326L35M4N. Việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn giữa 326L57M4N và các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ austenit thông thường UNS S31703, và giữa 326L57M4N và UNS S31753/UNS S32615, cho thấy giới hạn chảy lớn hơn và độ bền kéo tương tự với độ bền kéo được thấy đối với 326L35M4N. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền kéo của 326L57M4N cho thấy rằng chúng tốt hơn so với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 22Cr Duplex và tương tự với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex, gần như tương tự với 326L35M4N.

Điều đó có nghĩa là các ứng dụng sử dụng thép không gỉ 326L57M4N dùng để rèn thường có thể được thiết kế với độ dày vách giảm, nhờ đó tiết giảm đáng kể trọng lượng khi chỉ định thép không gỉ 326L57M4N so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703, S31753 và S32615 do ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép là cao hơn đáng kể. Trên thực tế, ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 326L57M4N dùng để rèn là cao hơn so với thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ 326L57M4N, được tạo công thức theo chủ đích để sản xuất chứa các nguyên tố tạo hợp kim khác như đồng, vonfram và vanadi, với lượng đặc hiệu. Đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của các biến thể khác của thép không gỉ 326L57M4N được chọn lọc và các thành phần đồng và vanadi là giống như các thành phần đồng và vanadi của 326L35M4N và các thành phần đồng và vanadi của 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được ở đây cho 326L57M4N

Vonfram (W)

Hàm lượng vonfram trong thép không gỉ 326L57M4N là tương tự với hàm lượng vonfram trong 326L35M4N và Đương lượng chống ăn mòn lỗ, PRE_{NW} , của

326L57M4N được tính bằng cách sử dụng công thức giống như đã đề cập đến ở trên đối với 326L35M4N là $PRE_{NW} \geq 50,5$, và tốt hơn nếu $PRE_{NW} \geq 55,5$, do hàm lượng molybden khác nhau. Hiển nhiên là đoạn đề cập đến ứng dụng và tác dụng của vonfram đối với 326L35M4N cũng áp dụng được cho 326L57M4N.

Ngoài ra, 326L57M4N có thể có hàm lượng cacbon cao hơn, được gọi là 326H57M4N hoặc 32657M4N, lần lượt tương ứng với 326H35M4N và 32635M4N được bàn luận ở trên và khoảng tỷ lệ % trọng lượng cacbon được bàn luận ở trên cũng áp dụng được cho 326H57M4N và 32657M4N.

Titan (Ti)/ niobi (Nb)/ niobi (Nb) cộng tantan (Ta)

Ngoài ra, đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể được làm ổn định khác của thép không gỉ 326H57M4N hoặc 32657M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, lượng cacbon có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C.

(i) Các biến thể này bao gồm biến thể được làm ổn định bằng titan, được gọi là 326H57M4NTi hoặc 32657M4NTi tương phản với sản phẩm 326L57M4N chung. Hàm lượng titan được kiểm soát theo công thức sau:

Ti $4 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa hoặc Ti $5 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng titan trong hợp kim.

(ii) Ngoài ra, cũng có các sản phẩm 326H57M4NNb hoặc 32657M4NNb được làm ổn định bằng niobi, trong đó hàm lượng niobi được kiểm soát theo công thức sau:

Nb $8 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa hoặc Nb $10 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng niobi trong hợp kim.

(iii) Ngoài ra, các biến thể khác của hợp kim này cũng có thể được sản xuất để bao gồm các sản phẩm 326H57M4NNbTa hoặc 32657M4NNbTa được làm ổn

định bằng niobi cộng tantan, trong đó hàm lượng niobi cộng tantan được kiểm soát theo công thức sau:

$Nb + Ta \geq 8 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng $Nb + Ta$ tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa, hoặc $Nb + Ta \geq 10 \times C$ tối thiểu, 1,0% trọng lượng $Nb + Ta$ tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa.

Các biến thể được làm ổn định bằng titan, niobi và niobi cộng tantan của hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram và vanadi trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá hợp kim cho một số ứng dụng nhất định khi cần hàm lượng cacbon cao hơn. Các nguyên tố tạo hợp kim này có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để biến đổi thép không gỉ phù hợp với các ứng dụng cụ thể và để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này.

Các sản phẩm dùng để rèn và đúc của thép không gỉ 326L57M4N cùng với các biến thể khác, thường được cung ứng theo cách giống như trong các phương án nêu trên.

Ngoài ra, sáng chế đề xuất một phương án khác, thích hợp nếu được gọi là 351L35M4N trong phần mô tả này, đây là phương án thứ mười một của sáng chế.

[351L35M4N]

Thép không gỉ 351L35M4N có hàm lượng nito cao và có Đường lượng chống ăn mòn lỗ PREN theo quy định ≥ 44 , nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 49$. Đường lượng chống ăn mòn lỗ như được ký hiệu bằng PRE_N được tính theo công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Thép không gỉ 351L35M4N được tạo công thức để có tổ hợp độc đáo các đặc tính về độ bền cơ học cao với độ dẻo và độ dai tuyệt vời, cùng với khả năng hàn tốt và khả năng chống ăn mòn tổng thể và khu trú tốt. Thành phần hoá học của thép không gỉ 351L35M4N được chọn lọc và đặc trưng bởi hợp kim có thành phần hoá học tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau: tối đa 0,030% trọng lượng C, tối đa 2,00% trọng lượng Mn, tối đa 0,030% trọng lượng P, tối đa 0,010% trọng lượng S tối đa, tối đa

0,75% trọng lượng Si, 26,00% trọng lượng Cr - 28,00% trọng lượng Cr, 21,00% trọng lượng Ni - 25,00% trọng lượng Ni, 3,00% trọng lượng Mo - 5,00% trọng lượng Mo, 0,40% trọng lượng N - 0,70% trọng lượng N.

Thép không gỉ 351L35M4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như tối đa 0,010% trọng lượng B, tối đa 0,10% trọng lượng Ce, tối đa 0,050% trọng lượng Al, tối đa 0,01% trọng lượng Ca và/hoặc tối đa 0,01% trọng lượng Mg và các tạp chất khác thường có mặt với lượng tồn dư.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 351L35M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để về cơ bản đảm bảo vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C, sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Theo đó, thép không gỉ 351L35M4N có tổ hợp độc đáo của độ bền và độ dẻo cao ở nhiệt độ môi trường, đồng thời đảm bảo độ dai tuyệt vời ở nhiệt độ môi trường và nhiệt độ thấp. Về thực tế là thành phần hoá học của thép không gỉ 351L35M4N được điều chỉnh để đạt được $PRE_N \geq 44$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 49$, điều đó đảm bảo rằng vật liệu có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 351L35M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753.

Theo phương án thứ mười một, đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của thép không gỉ 351L35M4N được lựa chọn một cách thận trọng để chứa các nguyên tố hoá học dưới đây tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau:

Cacbon (C)

Hàm lượng cacbon tối đa trong thép không gỉ 351L35M4N là $\leq 0,030\%$ trọng lượng C. Tốt hơn nếu lượng cacbon $\geq 0,020\%$ trọng lượng C và $\leq 0,030\%$ trọng lượng C và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,025\%$ trọng lượng C.

Mangan (Mn)

Thép không gỉ 351L35M4N theo phương án thứ mười một có thể có hai khả năng: hàm lượng mangan thấp hoặc hàm lượng mangan cao.

Đối với hợp kim có hàm lượng mangan thấp, hàm lượng mangan trong thép không gỉ 351L35M4N là $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn. Tốt hơn nếu khoảng này là $\geq 1,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn và tốt hơn nữa nếu $\geq 1,20\%$ trọng lượng Mn và $\leq 1,50\%$ trọng lượng Mn. Với thành phần như vậy, thép này đạt được tỷ lệ Mn với N $\leq 5,0$, và tốt hơn nếu $\geq 1,42$ và $\leq 5,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ này là $\geq 1,42$ và $\leq 3,75$.

Đối với hợp kim có hàm lượng mangan cao, hàm lượng mangan trong 351L35M4N là $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn. Tốt hơn nữa nếu hàm lượng mangan là $\geq 2,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn và tốt hơn nữa nếu giới hạn trên là $\leq 3,0\%$ trọng lượng Mn. Thậm chí tốt hơn nữa nếu giới hạn trên là $\leq 2,50\%$ trọng lượng Mn. Với khoảng lựa chọn như vậy, thép này đạt được tỷ lệ Mn với N là $\leq 10,0$, và tốt hơn nếu $\geq 2,85$ và $\leq 10,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với N đối với hợp kim có hàm lượng mangan cao là $\geq 2,85$ và $\leq 7,50$ và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 2,85$ và $\leq 6,25$.

Phospho (P)

Hàm lượng phospho trong thép không gỉ 351L35M4N được kiểm soát để $\leq 0,030\%$ trọng lượng P. Tốt hơn nếu hợp kim 351L35M4N có $\leq 0,025\%$ trọng lượng P và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,020\%$ trọng lượng P. Thậm chí tốt hơn nữa nếu hợp kim này có $\leq 0,015\%$ trọng lượng P và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,010\%$ trọng lượng P.

Lưu huỳnh (S)

Hàm lượng lưu huỳnh trong thép không gỉ 351L35M4N theo phương án thứ mười một bao gồm $\leq 0,010\%$ trọng lượng S. Tốt hơn nếu 351L35M4N có $\leq 0,005\%$ trọng lượng S và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,003\%$ trọng lượng S, và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\leq 0,001\%$ trọng lượng S.

Oxy (O)

Hàm lượng oxy content trong thép không gỉ 351L35M4N được kiểm soát để nằm ở mức càng thấp càng tốt và theo phương án thứ mười một, 351L35M4N có $\leq 0,070\%$ trọng lượng O. Tốt hơn nếu 351L35M4N có $\leq 0,050\%$ trọng lượng O và tốt

hơn nữa nếu $\leq 0,030\%$ trọng lượng O. Thậm chí tốt hơn nữa nếu hợp kim này có $\leq 0,010\%$ trọng lượng O và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,005\%$ trọng lượng O.

Silic (Si)

Hàm lượng silic trong thép không gỉ 351L35M4N là $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si. Tốt hơn nếu hợp kim này có $\geq 0,25\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si. Tốt hơn nữa nếu khoảng này là $\geq 0,40\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,60\%$ trọng lượng Si. Tuy nhiên, đối với các ứng dụng cụ thể ở nhiệt độ cao hơn nơi cần có khả năng chống oxy hoá được cải thiện, hàm lượng silic có thể là $\geq 0,75\%$ trọng lượng Si và $\leq 2,00\%$ trọng lượng Si.

Crom (Cr)

Hàm lượng crom trong thép không gỉ 351L35M4N là $\geq 26,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 28,00\%$ trọng lượng Cr. Tốt hơn nếu hợp kim này có $\geq 27,00\%$ trọng lượng Cr.

Niken (Ni)

Hàm lượng niken trong thép không gỉ 351L35M4N là $\geq 21,00\%$ trọng lượng Ni và $\leq 25,00\%$ trọng lượng Ni. Tốt hơn nếu giới hạn trên của Ni trong hợp kim này là $\leq 24,00\%$ trọng lượng Ni và tốt hơn nữa nếu $\leq 23,00\%$ trọng lượng Ni.

Molypden (Mo)

Hàm lượng molypden trong thép không gỉ 351L35M4N là $\geq 3,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 5,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 4,00\%$ trọng lượng Mo.

Nitơ (N)

Hàm lượng nitơ trong thép không gỉ 351L35M4N là $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N. Tốt hơn nữa nếu 351L35M4N có $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

PRE_N

Đương lượng chống ăn mòn lỗ được tính bằng cách sử dụng công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Thép không gỉ 351L35M4N được tạo công thức đặc hiệu để có thành phần như sau:

(i) hàm lượng crom $\geq 26,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 28,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 27,00\%$ trọng lượng Cr;

(ii) hàm lượng molypden $\geq 3,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 5,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 4,00\%$ trọng lượng Mo,

(iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

Với hàm lượng nitơ cao, thép không gỉ 351L35M4N đạt được $PRE_N \geq 44$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 49$. Điều đó đảm bảo rằng vật liệu có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 351L35M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 351L35M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, nhưng tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$, để về cơ bản sẽ thu được vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C , sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Nhờ đó, hợp kim này có thể được sản xuất và cung ứng trong điều kiện không từ tính.

Thép không gỉ 351L35M4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như bo, xeri, nhôm, canxi và/hoặc magie tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng, và thành phần của các nguyên tố này là giống như thành phần trong 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được ở đây.

Thép không gỉ 351L35M4N theo phương án thứ mười một có giới hạn chảy tối thiểu là 55 ksi hoặc 380 MPa đối với sản phẩm rèn. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được giới hạn chảy tối thiểu 62 ksi hoặc 430 MPa đối với sản phẩm rèn. Sản phẩm đúc có giới hạn chảy tối thiểu là 41 ksi hoặc 280 MPa. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được giới hạn chảy tối thiểu 48 ksi hoặc 330 MPa đối với sản phẩm đúc. Trên cơ sở các chỉ số được ưu tiên này, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 351L35M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31703 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 351L35M4N có thể cao hơn 2,1 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S31703. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 351L35M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31753 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 351L35M4N có thể cao hơn 1,79 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S31753. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 351L35M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S35115 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 351L35M4N có thể cao hơn 1,56 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S35115.

Thép không gỉ 351L35M4N theo phương án thứ mười một có độ bền kéo tối thiểu là 102 ksi hoặc 700 MPa đối với sản phẩm rèn. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được độ bền kéo tối thiểu 109 ksi hoặc 750 MPa đối với sản phẩm rèn. Sản phẩm đúc có độ bền kéo tối thiểu là 95 ksi hoặc 650 MPa. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được độ bền kéo tối thiểu 102 ksi hoặc 700 MPa đối với sản phẩm đúc. Trên cơ sở các chỉ số được ưu tiên này, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 351L35M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31703 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 351L35M4N có thể cao hơn 1,45 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S31703. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 351L35M4N với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31753 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 351L35M4N có thể cao hơn 1,36 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S31753. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 351L35M4N với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S35115 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 351L35M4N có thể cao hơn 1,28 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S35115. Trên thực

tế, nếu các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 351L35M4N, được so sánh với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 22 Cr Duplex, thì có thể chứng minh được rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 351L35M4N cao hơn khoảng 1,2 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho S31803 và tương tự với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex. Do đó, các đặc tính về độ bền cơ học tối thiểu của thép không gỉ 351L35M4N đã được cải thiện đáng kể so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703, UNS S31753 và UNS S35115 và các đặc tính về độ bền kéo là tốt hơn so với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Điều đó có nghĩa là các ứng dụng sử dụng thép không gỉ 351L35M4N dùng để rèn thường có thể được thiết kế với độ dày vách giảm, nhờ đó tiết giảm đáng kể trọng lượng khi chỉ định thép không gỉ 351L35M4N so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703, S31753 và S35115 do ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép là cao hơn đáng kể. Trên thực tế, ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 351L35M4N dùng để rèn là cao hơn so với thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ 351L35M4N được tạo công thức theo chủ đích để sản xuất chứa các nguyên tố tạo hợp kim khác như đồng, vonfram và vanadi, với lượng đặc hiệu. Đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của các biến thể khác của thép không gỉ 351L35M4N được chọn lọc và các thành phần đồng và vanadi là giống như các thành phần đồng và vanadi của 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được cho 351L35M4N.

Vonfram (W)

Hàm lượng vonfram trong thép không gỉ 351L35M4N là $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W, và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W. Đối với các biến thể chứa vonfram của thép không gỉ 351L35M4N, Đường lượng chống ăn mòn lỗ được tính bằng cách sử dụng công thức:

$$PRE_{NW} = \% Cr + [3,3 \times \% (Mo + W)] + (16 \times \% N).$$

Biên thể chứa vonfram này của thép không gỉ 351L35M4N được tạo công thức đặc hiệu để có thành phần như sau:

- (i) hàm lượng crom $\geq 26,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 28,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 27,00\%$ trọng lượng Cr;
- (ii) hàm lượng molypden $\geq 3,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 5,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 4,00\%$ trọng lượng Mo;
- (iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N; và
- (iv) hàm lượng vonfram $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W.

Biên thể chứa vonfram của thép không gỉ 351L35M4N có hàm lượng nitơ cao theo quy định và $PRE_{NW} \geq 46$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_{NW} \geq 51$. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc. Vonfram có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vanadi, titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này, để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này. Vonfram có giá thành cực cao và do đó được hạn chế có chủ đích để tối ưu hoá giá thành của hợp kim, đồng thời tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim.

Cacbon (C)

Đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biên thể khác của thép không gỉ 351L35M4N, các biên thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, hàm lượng cacbon trong thép không gỉ 351L35M4N có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C. Các biên thể đặc hiệu này của thép không gỉ 351L35M4N lần lượt là các sản phẩm 351H35M4N hoặc 35135M4N.

Titan (Ti)/ niobi (Nb)/ niobi (Nb) cộng tantan (Ta)

Ngoài ra, đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể được làm ổn định khác của thép không gỉ 351H35M4N hoặc 35135M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, lượng cacbon có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C.

(i) Các biến thể này bao gồm biến thể được làm ổn định bằng titan, được gọi là 351H35M4NTi hoặc 35135M4NTi tương phản với sản phẩm 351L35M4N chung.

Hàm lượng titan được kiểm soát theo công thức sau:

Ti $4 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa hoặc Ti $5 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng titan trong hợp kim.

(ii) Ngoài ra, cũng có các sản phẩm 351H35M4NNb hoặc 35135M4NNb được làm ổn định bằng niobi, trong đó hàm lượng niobi được kiểm soát theo công thức sau:

Nb $8 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa hoặc Nb $10 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng niobi trong hợp kim.

(iii) Ngoài ra, các biến thể khác của hợp kim này cũng có thể được sản xuất để bao gồm các sản phẩm 351H35M4NNbTa hoặc 35135M4NNbTa được làm ổn định bằng niobi cộng tantan, trong đó hàm lượng niobi cộng tantan được kiểm soát theo công thức sau:

Nb + Ta $8 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb + Ta tối đa, $0,10\%$ trọng lượng Ta tối đa, hoặc Nb + Ta $10 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb + Ta tối đa, $0,10\%$ trọng lượng Ta tối đa.

Các biến thể được làm ổn định bằng titan, niobi và niobi cộng tantan của hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan có thể được bổ

sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram và vanadi trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá hợp kim cho một số ứng dụng nhất định khi cần hàm lượng cacbon cao hơn. Các nguyên tố tạo hợp kim này có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để biến đổi thép không gỉ phù hợp với các ứng dụng cụ thể và để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này.

Các sản phẩm dùng để rèn và đúc của thép không gỉ 351L35M4N cùng với các biến thể khác thường được cung ứng theo cách giống như trong các phương án nêu trên.

Ngoài ra, sáng chế đề xuất một phương án khác, thích hợp nếu được gọi là thép không gỉ austenit có độ bền cao 351L57M4N, đây là phương án thứ mười hai của sáng chế. Thép không gỉ 351L57M4N hầu như có thành phần hoá học giống như 351L35M4N, ngoại trừ hàm lượng molypden. Theo đó, thay vì lặp lại các thành phần hoá học khác nhau, chỉ có một sự khác biệt duy nhất được mô tả.

[351L57M4N]

Như đã đề cập đến ở trên, 351L57M4N có tỷ lệ % trọng lượng cacbon, mangan, phospho, lưu huỳnh, oxy, silic, crom, niken và hàm lượng nitơ hoàn toàn giống như phương án thứ mười một, thép không gỉ 351L35M4N, ngoại trừ hàm lượng molypden. Trong 351L35M4N, hàm lượng molypden nằm trong khoảng từ 3,00% trọng lượng đến 5,00% trọng lượng Mo. Ngược lại, hàm lượng molypden trong thép không gỉ 351L57M4N nằm trong khoảng từ 5,00% trọng lượng đến 7,00% trọng lượng Mo. Nói cách khác, 351L57M4N có thể được coi là sản phẩm có hàm lượng molypden cao của thép không gỉ 351L35M4N.

Cần hiểu rằng các đoạn đề cập đến 351L35M4N cũng áp dụng được ở đây, ngoại trừ hàm lượng molypden.

Molypden (Mo)

Hàm lượng molypden trong thép không gỉ 351L57M4N có thể $\geq 5,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 7,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 5,50\%$ trọng lượng Mo và $\leq 6,50\%$ trọng lượng Mo và tốt hơn nữa nếu $\geq 6,00\%$ trọng lượng Mo. Nói cách khác, hàm lượng molypden tối đa trong 351L57M4N là 7,00% trọng lượng Mo.

PRE_N

Đương lượng chống ăn mòn lỗ của 351L57M4N được tính bằng cách sử dụng công thức giống như 351L35M4N, nhưng do hàm lượng molybden, nên PRE_N là $\geq 50,5$, nhưng tốt hơn nếu PRE_N $\geq 55,5$. Điều đó đảm bảo rằng vật liệu có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 351L57M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 351L57M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, nhưng tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$, để về cơ bản sẽ thu được vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C, sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Nhờ đó, hợp kim này có thể được sản xuất và cung ứng trong điều kiện không từ tính.

Tương tự phương án 351L35M4N, thép không gỉ 351L57M4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như bo, xeri, nhôm, canxi và/hoặc magie tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng và thành phần của các nguyên tố này là giống như thành phần trong 351L35M4N, và theo đó là thành phần trong 304LM4N.

Thép không gỉ 351L57M4N theo phương án thứ mười hai có giới hạn chảy tối thiểu và độ bền kéo tối thiểu tương đương hoặc tương tự với giới hạn chảy tối thiểu và độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 351L35M4N. Tương tự, các đặc tính về độ bền của các sản phẩm dũa để rèn và đúc của 351L57M4N cũng là tương đương với các đặc tính về độ bền của 351L35M4N. Theo đó, các chỉ số cụ thể về độ bền không được lặp lại ở đây và được dẫn chiếu đến các đoạn trên 351L35M4N. Việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn giữa 351L57M4N và các đặc tính về độ bền cơ học khi

rèn của thép không gỉ austenit thông thường UNS S31703, và giữa 351L57M4N và UNS S31753/UNS S35115, cho thấy giới hạn chảy lớn hơn và độ bền kéo tương tự với độ bền kéo được thấy đối với 351L35M4N. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền kéo của 351L57M4N cho thấy chúng tốt hơn so với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex, gần như tương tự với 351L35M4N.

Điều đó có nghĩa là các ứng dụng sử dụng thép không gỉ 351L57M4N dùng để rèn thường có thể được thiết kế với độ dày vách giảm, nhờ đó tiết giảm đáng kể trọng lượng khi chỉ định thép không gỉ 351L57M4N so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703, S31753 và S35115 do ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép là cao hơn đáng kể. Trên thực tế, ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 351L57M4N dùng để rèn là cao hơn so với thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ 351L57M4N, được tạo công thức theo chủ đích để sản xuất chứa các nguyên tố tạo hợp kim khác như đồng, vonfram và vanadi, với lượng đặc hiệu. Đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của các biến thể khác của thép không gỉ 351L57M4N được chọn lọc và các thành phần đồng và vanadi là giống như các thành phần đồng và vanadi của 351L35M4N và các thành phần đồng và vanadi của 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được ở đây cho 351L57M4N.

Vonfram (W)

Hàm lượng vonfram trong thép không gỉ 351L57M4N là tương tự với hàm lượng vonfram trong 351L35M4N và Đương lượng chống ăn mòn lỗ, PRE_{NW} , của 351L57M4N được tính bằng cách sử dụng công thức giống như đã đề cập đến ở trên đối với 351L35M4N là $PRE_{NW} \geq 52,5$, và tốt hơn nếu $PRE_{NW} \geq 57,5$, do hàm lượng molybden khác nhau. Hiển nhiên là đoạn đề cập đến ứng dụng và tác dụng của vonfram đối với 351L35M4N cũng áp dụng được cho 351L57M4N.

Ngoài ra, 351L57M4N có thể có hàm lượng cacbon cao hơn, được gọi là 351H57M4N hoặc 35157M4N, lần lượt tương ứng với 351H35M4N và 35135M4N

được bàn luận ở trên và khoảng tỷ lệ % trọng lượng cacbon được bàn luận ở trên cũng áp dụng được cho 351H57M4N và 35157M4N.

Titan (Ti)/ niobi (Nb)/ niobi (Nb) cộng tantan (Ta)

Ngoài ra, đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể được làm ổn định khác của thép không gỉ 351H57M4N hoặc 35157M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, lượng cacbon có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C.

(i) Các biến thể này bao gồm biến thể được làm ổn định bằng titan, được gọi là 351H57M4NTi hoặc 35157M4NTi tương phản với sản phẩm 351L57M4N chung.

Hàm lượng titan được kiểm soát theo công thức sau:

Ti $4 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa hoặc Ti $5 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng titan trong hợp kim.

(ii) Ngoài ra, cũng có các sản phẩm 351H57M4NNb hoặc 35157M4NNb được làm ổn định bằng niobi, trong đó hàm lượng niobi được kiểm soát theo công thức sau:

Nb $8 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa hoặc Nb $10 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng niobi trong hợp kim.

(iii) Ngoài ra, các biến thể khác của hợp kim này cũng có thể được sản xuất để bao gồm các sản phẩm 351H57M4NNbTa hoặc 35157M4NNbTa được làm ổn định bằng niobi cộng tantan, trong đó hàm lượng niobi cộng tantan được kiểm soát theo công thức sau:

Nb + Ta $8 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb + Ta tối đa, $0,10\%$ trọng lượng Ta tối đa, hoặc Nb + Ta $10 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb + Ta tối đa, $0,10\%$ trọng lượng Ta tối đa.

Các biến thể được làm ổn định bằng titan, niobi và niobi cộng tantan của hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram và vanadi trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá hợp kim cho một số ứng dụng nhất định khi cần hàm lượng cacbon cao hơn. Các nguyên tố tạo hợp kim này có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để biến đổi thép không gỉ phù hợp với các ứng dụng cụ thể và để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này.

Các sản phẩm dùng để rèn và đúc của thép không gỉ 351L57M4N, cùng với các biến thể khác, thường được cung ứng theo cách giống như trong các phương án nêu trên.

Ngoài ra, sáng chế đề xuất một phương án khác, thích hợp nếu được gọi là 353L35M4N trong phần mô tả này, đây là phương án thứ mười ba của sáng chế.

[353L35M4N]

Thép không gỉ 353L35M4N có hàm lượng nitơ cao và có Đường lượng chống ăn mòn lỗ PREN theo quy định ≥ 46 , nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 51$. Đường lượng chống ăn mòn lỗ như được ký hiệu bằng PRE_N được tính theo công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Thép không gỉ 353L35M4N được tạo công thức để có tổ hợp độc đáo các đặc tính về độ bền cơ học cao với độ dẻo và độ dai tuyệt vời, cùng với khả năng hàn tốt và khả năng chống ăn mòn tổng thể và khu trú tốt. Thành phần hoá học của thép không gỉ 353L35M4N được chọn lọc và đặc trưng bởi hợp kim có thành phần hoá học tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau: tối đa 0,030% trọng lượng C, tối đa 2,00% trọng lượng Mn, tối đa 0,030% trọng lượng P, tối đa 0,010% trọng lượng S, tối đa 0,75% trọng lượng Si, 28,00% trọng lượng Cr - 30,00% trọng lượng Cr, 23,00% trọng lượng Ni - 27,00% trọng lượng Ni, 3,00% trọng lượng Mo - 5,00% trọng lượng Mo, 0,40% trọng lượng N - 0,70% trọng lượng N.

Thép không gỉ 353L35M4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như tối đa 0,010% trọng lượng B, tối đa 0,10% trọng lượng Ce, tối đa 0,050% trọng lượng Al, tối đa 0,01% trọng lượng Ca

và/hoặc tối đa 0,01% trọng lượng Mg tối đa và các tạp chất khác thường có mặt với lượng tồn dư.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 353L35M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để về cơ bản đảm bảo vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C, sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Theo đó, thép không gỉ 353L35M4N có tổ hợp độ dẻo của độ bền và độ dẻo cao ở nhiệt độ môi trường, đồng thời đảm bảo độ dai tuyệt vời ở nhiệt độ môi trường và nhiệt độ thấp. Về thực tế là thành phần hoá học của thép không gỉ 353L35M4N được điều chỉnh để đạt được $PRE_N \geq 46$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 51$, điều đó đảm bảo rằng vật liệu có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 353L35M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753.

Theo phương án thứ mười ba, đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của thép không gỉ 353L35M4N được lựa chọn một cách thận trọng để chứa các nguyên tố hoá học dưới đây tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng như sau:

Cacbon (C)

Hàm lượng cacbon tối đa trong thép không gỉ 353L35M4N là $\leq 0,030\%$ trọng lượng C. Tốt hơn nếu lượng cacbon $\geq 0,020\%$ trọng lượng C và $\leq 0,030\%$ trọng lượng C và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,025\%$ trọng lượng C.

Mangan (Mn)

Thép không gỉ 353L35M4N theo phương án thứ mười ba có thể có hai khả năng: hàm lượng mangan thấp hoặc hàm lượng mangan cao.

Đối với hợp kim có hàm lượng mangan thấp, hàm lượng mangan trong thép không gỉ 353L35M4N là $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn. Tốt hơn nếu khoảng này là $\geq 1,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 2,0\%$ trọng lượng Mn và tốt hơn nữa nếu $\geq 1,20\%$ trọng lượng

Mn và $\leq 1,50\%$ trọng lượng Mn. Với thành phần như vậy, thép này đạt được tỷ lệ Mn với N $\leq 5,0$, và tốt hơn nữa $\geq 1,42$ và $\leq 5,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ này là $\geq 1,42$ và $\leq 3,75$.

Đối với hợp kim có hàm lượng mangan cao, hàm lượng mangan trong 353L35M4N là $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn. Tốt hơn nữa nếu hàm lượng mangan là $\geq 2,0\%$ trọng lượng Mn và $\leq 4,0\%$ trọng lượng Mn và tốt hơn nữa nếu giới hạn trên là $\leq 3,0\%$ trọng lượng Mn. Thậm chí tốt hơn nữa nếu giới hạn trên là $\leq 2,50\%$ trọng lượng Mn. Với khoảng lựa chọn như vậy, thép này đạt được tỷ lệ Mn với N là $\leq 10,0$, và tốt hơn nữa $\geq 2,85$ và $\leq 10,0$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với N của hợp kim có hàm lượng mangan cao là $\geq 2,85$ và $\leq 7,50$ và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 2,85$ và $\leq 6,25$.

Phospho (P)

Hàm lượng phospho trong thép không gỉ 353L35M4N được kiểm soát để $\leq 0,030\%$ trọng lượng P. Tốt hơn nếu hợp kim 353L35M4N có $\leq 0,025\%$ trọng lượng P và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,020\%$ trọng lượng P. Thậm chí tốt hơn nữa nếu hợp kim này có $\leq 0,015\%$ trọng lượng P và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,010\%$ trọng lượng P.

Lưu huỳnh (S)

Hàm lượng lưu huỳnh trong thép không gỉ 353L35M4N theo phương án thứ mười ba bao gồm $\leq 0,010\%$ trọng lượng S. Tốt hơn nếu 353L35M4N có $\leq 0,005\%$ trọng lượng S và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,003\%$ trọng lượng S, và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\leq 0,001\%$ trọng lượng S.

Oxy (O)

Hàm lượng oxy trong thép không gỉ 353L35M4N được kiểm soát để nằm ở mức càng thấp càng tốt và theo phương án thứ mười ba, 353L35M4N có $\leq 0,070\%$ trọng lượng O. Tốt hơn nếu 353L35M4N có $\leq 0,050\%$ trọng lượng O và tốt hơn nữa nếu $\leq 0,030\%$ trọng lượng O. Thậm chí tốt hơn nữa nếu hợp kim này có $\leq 0,010\%$ trọng lượng O và thậm chí còn tốt hơn nữa nếu $\leq 0,005\%$ trọng lượng O.

Silic (Si)

Hàm lượng silic trong thép không gỉ 353L35M4N là $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si. Tốt hơn nếu hợp kim này có $\geq 0,25\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,75\%$ trọng lượng Si. Tốt hơn nữa nếu khoảng này là $\geq 0,40\%$ trọng lượng Si và $\leq 0,60\%$ trọng lượng Si. Tuy

nhiên, đối với các ứng dụng cụ thể ở nhiệt độ cao hơn nơi cần có khả năng chống oxy hoá được cải thiện, hàm lượng silic có thể là $\geq 0,75\%$ trọng lượng Si và $\leq 2,00\%$ trọng lượng Si.

Crom (Cr)

Hàm lượng crom trong thép không gỉ 353L35M4N là $\geq 28,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 30,00\%$ trọng lượng Cr. Tốt hơn nếu hợp kim này có $\geq 29,00\%$ trọng lượng Cr.

Niken (Ni)

Hàm lượng niken trong thép không gỉ 353L35M4N là $\geq 23,00\%$ trọng lượng Ni và $\leq 27,00\%$ trọng lượng Ni. Tốt hơn nếu giới hạn trên của Ni trong hợp kim này là $\leq 26,00\%$ trọng lượng Ni và tốt hơn nữa nếu $\leq 25,00\%$ trọng lượng Ni.

Molypden (Mo)

Hàm lượng molypden trong thép không gỉ 353L35M4N là $\geq 3,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 5,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 4,00\%$ trọng lượng Mo.

Nitơ (N)

Hàm lượng nitơ trong thép không gỉ 353L35M4N là $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N. Tốt hơn nữa nếu 353L35M4N có $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

PRE_N

Đương lượng chống ăn mòn lỗ được tính bằng cách sử dụng công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N).$$

Thép không gỉ 353L35M4N được tạo công thức đặc hiệu để có:

- (i) hàm lượng crom $\geq 28,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 30,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 29,00\%$ trọng lượng Cr;
- (ii) hàm lượng molypden $\geq 3,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 5,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 4,00\%$ trọng lượng Mo;
- (iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N

và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N.

Với hàm lượng nitơ cao, thép không gỉ 353L35M4N đạt được $PRE_N \geq 46$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_N \geq 51$. Điều đó đảm bảo rằng vật liệu có khả năng chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 353L35M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 353L35M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, nhưng tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$, để về cơ bản sẽ thu được vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C , sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Nhờ đó, hợp kim này có thể được sản xuất và cung ứng trong điều kiện không từ tính.

Thép không gỉ 353L35M4N cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như bo, xeri, nhôm, canxi và/hoặc magie tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng, và thành phần của các nguyên tố này là giống như thành phần trong 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được ở đây.

Thép không gỉ 353L35M4N theo phương án thứ mười ba có giới hạn chảy tối thiểu là 55 ksi hoặc 380 MPa đối với sản phẩm rèn. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được giới hạn chảy tối thiểu 62 ksi hoặc 430 MPa đối với sản phẩm rèn. Sản phẩm đúc có giới hạn chảy tối thiểu là 41 ksi hoặc 280 MPa. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được giới hạn chảy tối thiểu 48 ksi hoặc 330 MPa đối với sản phẩm đúc. Trên cơ sở các chỉ số được ưu tiên này, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 353L35M4N với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31703 cho thấy

rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 353L35M4N có thể cao hơn 2,1 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S31703. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 353L35M4N với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31753 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 353L35M4N có thể cao hơn 1,79 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S31753. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 353L35M4N với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S35315 cho thấy rằng giới hạn chảy tối thiểu của thép không gỉ 353L35M4N có thể cao hơn 1,59 lần so với giới hạn chảy tối thiểu được quy định cho UNS S35315.

Thép không gỉ 353L35M4N theo phương án thứ mười ba có độ bền kéo tối thiểu là 102 ksi hoặc 700 MPa đối với sản phẩm rèn. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được độ bền kéo tối thiểu 109 ksi hoặc 750 MPa đối với sản phẩm rèn. Sản phẩm đúc có độ bền kéo tối thiểu là 95 ksi hoặc 650 MPa. Tốt hơn nữa nếu có thể đạt được độ bền kéo tối thiểu 102 ksi hoặc 700 MPa đối với sản phẩm đúc. Trên cơ sở các chỉ số được ưu tiên này, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 353L35M4N với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31703 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 353L35M4N có thể cao hơn 1,45 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S31703. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 353L35M4N với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S31753 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 353L35M4N có thể cao hơn 1,36 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S31753. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 353L35M4N, với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của UNS S35315 cho thấy rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 353L35M4N có thể cao hơn 1,15 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho UNS S35315. Trên thực tế, nếu các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 353L35M4N được so sánh với các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ 22 Cr Duplex, thì có thể chứng minh được rằng độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 353L35M4N cao hơn khoảng 1,2 lần so với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho S31803 và tương tự với độ bền kéo tối thiểu được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex. Do đó, các đặc tính về độ bền cơ học tối thiểu của thép không gỉ 353L35M4N đã được cải thiện đáng kể so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703, UNS

S31753 và UNS S35315 và các đặc tính về độ bền kéo là tốt hơn so với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Điều đó có nghĩa là các ứng dụng sử dụng thép không gỉ 353L35M4N dùng để rèn thường có thể được tạo công thức với độ dày vách giảm, nhờ đó tiết giảm đáng kể trọng lượng khi chỉ định thép không gỉ 353L35M4N so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703, S31753 và S35315 do ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép là cao hơn đáng kể. Trên thực tế, ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 353L35M4N dùng để rèn là cao hơn so với thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ 353L35M4N được tạo công thức theo chủ đích để sản xuất chứa các nguyên tố tạo hợp kim khác như đồng, vonfram và vanadi, với lượng đặc hiệu. Đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của các biến thể khác của thép không gỉ 353L35M4N theo điểm 1 yêu cầu bảo hộ, được chọn lọc và các thành phần đồng và vanadi là giống như các thành phần đồng và vanadi của 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được cho 353L35M4N.

Vonfram (W)

Hàm lượng vonfram trong thép không gỉ 353L35M4N là $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W, và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W. Đối với các biến thể chứa vonfram của thép không gỉ 353L35M4N, Đường lượng chống ăn mòn lỗ được tính bằng cách sử dụng công thức:

$$PRE_{NW} = \% Cr + [3,3 \times \% (Mo + W)] + (16 \times \% N).$$

Biến thể chứa vonfram này của thép không gỉ 353L35M4N được tạo công thức đặc hiệu để có thành phần như sau:

- (i) hàm lượng crom $\geq 28,00\%$ trọng lượng Cr và $\leq 30,00\%$ trọng lượng Cr, nhưng tốt hơn nếu $\geq 29,00\%$ trọng lượng Cr;

(ii) hàm lượng molybden $\geq 3,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 5,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 4,00\%$ trọng lượng Mo;

(iii) hàm lượng nitơ $\leq 0,70\%$ trọng lượng N, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,70\%$ trọng lượng N và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,40\%$ trọng lượng N và $\leq 0,60\%$ trọng lượng N và thậm chí tốt hơn nữa nếu $\geq 0,45\%$ trọng lượng N và $\leq 0,55\%$ trọng lượng N; và

(iv) hàm lượng vonfram $\leq 2,00\%$ trọng lượng W, nhưng tốt hơn nếu $\geq 0,50\%$ trọng lượng W và $\leq 1,00\%$ trọng lượng W và tốt hơn nữa nếu $\geq 0,75\%$ trọng lượng W.

Biến thể chứa vonfram của thép không gỉ 353L35M4N có hàm lượng nitơ cao theo quy định và $PRE_{NW} \geq 48$, nhưng tốt hơn nếu $PRE_{NW} \geq 53$. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc. Vonfram có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vanadi, titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này, để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này. Vonfram có giá thành cực cao và do đó được hạn chế có chủ đích để tối ưu hoá giá thành của hợp kim, đồng thời tối ưu hoá độ dẻo, độ dai và hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim.

Cacbon (C)

Đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể khác của thép không gỉ 353L35M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, hàm lượng cacbon trong 353L35M4N có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C. Các biến thể đặc hiệu này của thép không gỉ 353L35M4N lần lượt là các sản phẩm 353H35M4N hoặc 35335M4N.

Titan (Ti)/ niobi (Nb)/ niobi (Nb) cộng tantan (Ta)

Ngoài ra, đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể được làm ổn định khác của thép không gỉ 353H35M4N hoặc 35335M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, lượng cacbon có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu

$\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C.

(i) Các biến thể này bao gồm biến thể được làm ổn định bằng titan, được gọi là 353H35M4NTi hoặc 35335M4NTi tương phản với sản phẩm 353L35M4N chung.

Hàm lượng titan được kiểm soát theo công thức sau:

Ti $4 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa hoặc Ti $5 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng titan trong hợp kim.

(ii) Ngoài ra, cũng có các sản phẩm 353H35M4NNb hoặc 35335M4NNb được làm ổn định bằng niobi, trong đó hàm lượng niobi được kiểm soát theo công thức sau:

Nb $8 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa hoặc Nb $10 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng niobi trong hợp kim.

(iii) Ngoài ra, các biến thể khác của hợp kim này cũng có thể được sản xuất để bao gồm các sản phẩm 353H35M4NNbTa hoặc 35335M4NNbTa được làm ổn định bằng niobi cộng tantan, trong đó hàm lượng niobi cộng tantan được kiểm soát theo công thức sau:

Nb + Ta $8 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb + Ta tối đa, $0,10\%$ trọng lượng Ta tối đa, hoặc Nb + Ta $10 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb + Ta tối đa, $0,10\%$ trọng lượng Ta tối đa.

Các biến thể được làm ổn định bằng titan, niobi và niobi cộng tantan của hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram và vanadi trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá hợp kim cho một số ứng dụng nhất định khi cần hàm lượng cacbon cao hơn. Các nguyên tố tạo hợp kim này có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để biến

đôi thép không gỉ phù hợp với các ứng dụng cụ thể và để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này.

Các sản phẩm dùng để rèn và đúc của thép không gỉ 353L35M4N cùng với các biến thể khác thường được cung ứng theo cách giống như trong các phương án nêu trên.

Ngoài ra, sáng chế đề xuất một phương án khác, thích hợp nếu được gọi là thép không gỉ austenit có độ bền cao 353L57M4N, đây là phương án thứ mười bốn của sáng chế. Thép không gỉ 353L57M4N hầu như có thành phần hoá học giống như 353L35M4N, ngoại trừ hàm lượng molypden. Theo đó, thay vì lặp lại các thành phần hoá học khác nhau, chỉ có một sự khác biệt duy nhất được mô tả.

[353L57M4N]

Như đã đề cập đến ở trên, 353L57M4N có tỷ lệ % trọng lượng cacbon, mangan, phospho, lưu huỳnh, oxy, silic, crom, niken và hàm lượng nitơ hoàn toàn giống như phương án thứ mười ba, thép không gỉ 353L35M4N, ngoại trừ hàm lượng molypden. Trong 353L35M4N, hàm lượng molypden nằm trong khoảng từ 3,00% trọng lượng đến 5,00% trọng lượng Mo. Ngược lại, hàm lượng molypden trong thép không gỉ 353L57M4N nằm trong khoảng từ 5,00% trọng lượng đến 7,00% trọng lượng Mo. Nói cách khác, 353L57M4N có thể được coi là sản phẩm có hàm lượng molypden cao của thép không gỉ 353L35M4N.

Cần hiểu rằng các đoạn đề cập đến 353L35M4N cũng áp dụng được ở đây, ngoại trừ hàm lượng molypden.

Molypden (Mo)

Hàm lượng molypden trong thép không gỉ 353L57M4N có thể $\geq 5,00\%$ trọng lượng Mo và $\leq 7,00\%$ trọng lượng Mo, nhưng tốt hơn nếu $\geq 5,50\%$ trọng lượng Mo và $\leq 6,50\%$ trọng lượng Mo, và tốt hơn nữa nếu $\geq 6,00\%$ trọng lượng Mo. Nói cách khác, hàm lượng molypden tối đa trong 353L57M4N là 7,00% trọng lượng Mo.

PRE_N

Đương lượng chống ăn mòn lỗ của 353L57M4N được tính bằng cách sử dụng công thức giống như 353L35M4N, nhưng do hàm lượng molypden, nên PRE_N là $\geq 52,5$, nhưng tốt hơn nếu PRE_N $\geq 57,5$. Điều đó đảm bảo rằng vật liệu có khả năng

chống ăn mòn tổng thể và ăn mòn khu trú tốt (ăn mòn lỗ và ăn mòn hốc) trong một phạm vi rộng các môi trường của quy trình. Thép không gỉ 353L57M4N cũng có khả năng chống nứt do khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện trong môi trường chứa clorua so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703 và UNS S31753. Cần nhấn mạnh rằng các phương trình này đã bỏ qua tác động của các yếu tố vi cấu trúc đối với quá trình hư hỏng thụ động do ăn mòn lỗ hoặc ăn mòn hốc.

Thành phần hoá học của thép không gỉ 353L57M4N được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, nhưng tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$, để về cơ bản sẽ thu được vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C , sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Nhờ đó, hợp kim này có thể được sản xuất và cung ứng trong điều kiện không từ tính.

Tương tự 353L35M4N, thép không gỉ 353L57M4N cũng chủ yếu chứa Fe làm thành phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như bo, xeri, nhôm, canxi và/hoặc magie tính theo tỷ lệ phần trăm trọng lượng và thành phần của các nguyên tố này là giống như thành phần trong 353L35M4N và theo đó là thành phần trong 304LM4N.

Thép không gỉ 353L57M4N theo phương án thứ mười bốn có giới hạn chảy tối thiểu và độ bền kéo tối thiểu tương đương hoặc tương tự với giới hạn chảy tối thiểu và độ bền kéo tối thiểu của thép không gỉ 353L35M4N. Tương tự, các đặc tính về độ bền của các sản phẩm dùng để rèn và đúc của 353L57M4N cũng là tương đương với các đặc tính về độ bền của 353L35M4N. Theo đó, các chỉ số cụ thể về độ bền không được lặp lại ở đây và được dẫn chiếu đến các đoạn trên 353L35M4N. Việc so sánh các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn giữa 353L57M4N và các đặc tính về độ bền cơ học khi rèn của thép không gỉ austenit thông thường UNS S31703, và giữa 353L57M4N và UNS S31753/UNS S35315, cho thấy giới hạn chảy lớn hơn và độ bền kéo tương tự với độ bền kéo được thấy đối với 353L35M4N. Tương tự, việc so sánh các đặc tính về độ bền kéo của 353L57M4N cho thấy chúng tốt hơn so với các đặc tính về độ bền kéo

được quy định cho thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với các đặc tính về độ bền kéo được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex, gần như tương tự với 353L35M4N.

Điều đó có nghĩa là các ứng dụng sử dụng thép không gỉ 353L57M4N dùng để rèn thường có thể được thiết kế với độ dày vách giảm, nhờ đó tiết giảm đáng kể trọng lượng khi chỉ định 353L57M4N thép không gỉ so với các thép không gỉ austenit thông thường như UNS S31703, S31753 và S35315 do ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép là cao hơn đáng kể. Trên thực tế, ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ 353L57M4N dùng để rèn là cao hơn so với thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ 353L57M4N được tạo công thức theo chủ đích để sản xuất chứa các nguyên tố tạo hợp kim khác như đồng, vonfram và vanadi, với lượng đặc hiệu. Đã xác định được rằng khoảng thành phần hoá học tối ưu của các biến thể khác của thép không gỉ 353L57M4N được chọn lọc và các thành phần đồng và vanadi là giống như các thành phần đồng và vanadi của 353L35M4N và các thành phần đồng và vanadi của 304LM4N. Nói cách khác, các đoạn đề cập đến các nguyên tố này đối với 304LM4N cũng áp dụng được ở đây cho 353L57M4N.

Vonfram (W)

Hàm lượng vonfram trong thép không gỉ 353L57M4N là tương tự với hàm lượng vonfram trong 353L35M4N và Đường lượng chống ăn mòn lỗ, PRE_{NW} , của 353L57M4N được tính bằng cách sử dụng công thức giống như đã đề cập đến ở trên đối với 353L35M4N là $PRE_{NW} \geq 54,5$, và tốt hơn nếu $PRE_{NW} \geq 59,5$, do hàm lượng molypden khác nhau. Hiển nhiên là đoạn đề cập đến ứng dụng và tác dụng của vonfram đối với 353L35M4N cũng áp dụng được cho 353L57M4N.

Ngoài ra, 353L57M4N có thể có hàm lượng cacbon cao hơn, được gọi là 353H57M4N hoặc 35357M4N, lần lượt tương ứng với 353H35M4N và 35335M4N được bàn luận ở trên và khoảng tỷ lệ % trọng lượng cacbon được bàn luận ở trên cũng áp dụng được cho 353H57M4N và 35357M4N.

Titan (Ti)/ niobi (Nb)/ niobi (Nb) cộng tantan (Ta)

Ngoài ra, đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể được làm ổn định khác của thép không gỉ 353H57M4N hoặc 35357M4N, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với hàm lượng cao hơn. Cụ thể, hàm lượng cacbon có thể $\geq 0,040\%$ trọng lượng C và $< 0,10\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $\leq 0,050\%$ trọng lượng C hoặc $> 0,030\%$ trọng lượng C và $\leq 0,08\%$ trọng lượng C, nhưng tốt hơn nếu $< 0,040\%$ trọng lượng C.

(i) Các biến thể này bao gồm biến thể được làm ổn định bằng titan, được gọi là 353H57M4NTi hoặc 35357M4NTi tương phản với sản phẩm 353L57M4N chung. Hàm lượng titan được kiểm soát theo công thức sau:

Ti $4 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa hoặc Ti $5 \times C$ tối thiểu, $0,70\%$ trọng lượng Ti tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng titan trong hợp kim.

(ii) Ngoài ra, cũng có sản phẩm 353H57M4NNb hoặc 35357M4NNb được làm ổn định bằng niobi, trong đó hàm lượng niobi được kiểm soát theo công thức sau:

Nb $8 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa hoặc Nb $10 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng niobi trong hợp kim.

(iii) Ngoài ra, các biến thể khác của hợp kim này cũng có thể được sản xuất để bao gồm các sản phẩm 353H57M4NNbTa hoặc 35357M4NNbTa được làm ổn định bằng niobi cộng tantan, trong đó hàm lượng niobi cộng tantan được kiểm soát theo công thức sau:

Nb + Ta $8 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb + Ta tối đa, $0,10\%$ trọng lượng Ta tối đa, hoặc Nb + Ta $10 \times C$ tối thiểu, $1,0\%$ trọng lượng Nb + Ta tối đa, $0,10\%$ trọng lượng Ta tối đa.

Các biến thể được làm ổn định bằng titan, niobi và niobi cộng tantan của hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram và vanadi trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá hợp kim cho một số ứng dụng nhất định khi cần hàm lượng cacbon cao hơn. Các nguyên tố tạo hợp kim này có thể được

sử dụng riêng rẽ hoặc trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để biến đổi thép không gỉ phù hợp với các ứng dụng cụ thể và để cải thiện hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim này.

Các sản phẩm dùng để rèn và đúc của thép không gỉ 353L57M4N cùng với các biến thể khác thường được cung ứng theo cách giống như trong các phương án nêu trên.

Không nên hiểu các phương án đã được mô tả là mang tính giới hạn và các phương án khác có thể tạo công thức ngoài các phương án được mô tả ở đây. Ví dụ, các phương án hoặc loại thép không gỉ austenit nêu trên đối với tất cả loại thành phần hợp kim khác nhau và biến thể của chúng có thể được sản xuất với thành phần hoá học được biến đổi cho các ứng dụng cụ thể. Một ví dụ như vậy là sử dụng hàm lượng mangan cao hơn $> 2,00\%$ trọng lượng Mn và $\leq 4,00\%$ trọng lượng Mn, để giảm mức hàm lượng niken với lượng tỷ lệ theo các phương trình do Schoefer đề xuất.⁶ Điều đó sẽ làm giảm tổng giá thành của hợp kim do niken có giá thành rất cao. Do đó, hàm lượng niken có thể được hạn chế theo chủ đích để tối ưu hoá lợi ích kinh tế của hợp kim.

Các phương án đã được mô tả cũng có thể được kiểm soát nhằm thoả mãn các tiêu chuẩn khác với các tiêu chuẩn đã được xác định ở đây. Ví dụ, ngoài tỷ lệ mangan với nitơ, các phương án này cũng được kiểm soát để có tỷ lệ mangan với cacbon + nitơ đặc hiệu.

Đối với “LM4N,” các loại hợp kim có khoảng hàm lượng mangan thấp, sản phẩm này đạt được tỷ lệ tỷ lệ Mn với C+N tối ưu là $\leq 4,76$, và tốt hơn nếu $\geq 1,37$ và $\leq 4,76$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với C+N là $\geq 1,37$ và $\leq 3,57$. Đối với “LM4N,” các loại hợp kim có khoảng hàm lượng mangan cao, sản phẩm này đạt được tỷ lệ Mn với C+N tối ưu là $\leq 9,52$, và tốt hơn nếu $\geq 2,74$ và $\leq 9,52$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với C+N đối với “LM4N” này, các loại hợp kim có hàm lượng mangan cao, là $\geq 2,74$ và $\leq 7,14$ và thậm chí tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với C+N là $\geq 2,74$ đến $\leq 5,95$. Các phương án hiện tại bao gồm các loại hợp kim sau: loại hợp kim 304LM4N, 316LM4N, 317L35M4N, 317L57M4N, 312L35M4N, 312L57M4N, 320L35M4N, 320L57M4N, 326L35M4N và 326L57M4N, 351L35M4N, 351L57M4N, 353L35M4N, 353L57M4N và các biến thể của chúng, có thể chứa tối đa 0,030% trọng lượng cacbon.

Đối với “HM4N,” các loại hợp kim có khoảng hàm lượng mangan thấp, sản phẩm này đạt được tỷ lệ Mn với C+N tối ưu là $\leq 4,55$, và tốt hơn nếu $\geq 1,25$ và $\leq 4,55$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với C+N là $\geq 1,25$ và $\leq 3,41$. Đối với “HM4N,” các loại hợp kim có khoảng hàm lượng mangan cao, sản phẩm này đạt được tỷ lệ Mn với C+N tối ưu là $\leq 9,10$, và tốt hơn nếu $\geq 2,50$ và $\leq 9,10$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với C+N đối với “HM4N” này, các loại hợp kim có hàm lượng mangan cao là $\geq 2,50$ và $\leq 6,82$ và thậm chí tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với C+N là $\geq 2,50$ đến $\leq 5,68$. Các phương án hiện tại bao gồm các loại hợp kim sau: loại hợp kim 304HM4N, 316HM4N 317H57M4N, 317H35M4N, 312H35M4N, 312H57M4N, 320H35M4N, 320H57M4N, 326H35M4N, 326H57M4N, 351H35M4N, 351H57M4N, 353H35M4N và 353H57M4N và các biến thể của chúng có thể chứa từ 0,040% trọng lượng cacbon đến 0,10% trọng lượng cacbon.

Đối với “M4N,” các loại hợp kim có khoảng hàm lượng mangan thấp, sản phẩm này đạt được tỷ lệ Mn với C+N tối ưu là $\leq 4,64$, và tốt hơn nếu $\geq 1,28$ và $\leq 4,64$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với C+N là $\geq 1,28$ và $\leq 3,48$. Đối với “M4N,” các loại hợp kim có khoảng hàm lượng mangan cao, sản phẩm này đạt được tỷ lệ Mn với C+N tối ưu là $\leq 9,28$, và tốt hơn nếu $\geq 2,56$ và $\leq 9,28$. Tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với C+N đối với “M4N” này, các loại hợp kim có hàm lượng mangan cao là $\geq 2,56$ và $\leq 6,96$ và thậm chí tốt hơn nữa nếu tỷ lệ Mn với C+N là $\geq 2,56$ đến $\leq 5,80$. Các phương án hiện tại bao gồm các loại hợp kim sau: loại hợp kim 304M4N, 316M4N 31757M4N, 31735M4N, 31235M4N, 31257M4N, 32035M4N, 32057M4N, 32635M4N, 32657M4N, 35135M4N, 35157M4N, 35335M4N và 35357M4N và các biến thể của chúng có thể chứa từ hơn 0,030% trọng lượng cacbon đến 0,080% trọng lượng cacbon.

Nhóm các thép không gỉ austenit có độ bền cao và các thép không gỉ austenit siêu bền N'GENIUS™ bao gồm các loại hợp kim “LM4N,” “HM4N” và “M4N,” cũng như các biến thể khác được bàn luận ở đây, có thể được chỉ định và sử dụng làm nhiều sản phẩm và gói sản phẩm khác nhau dùng cho các hệ thống trộn vụn.

Điều hiển nhiên là các khoảng thành phần hoá học được quy định cho một nguyên tố (ví dụ crom, niken, molybden, cacbon và nitơ, v.v.) đối với các loại thành phần hợp kim cụ thể và các biến thể của chúng cũng có thể áp dụng được cho các nguyên tố trong các loại thành phần hợp kim khác và các biến thể của chúng.

Sản phẩm, thị trường, ngành công nghiệp và ứng dụng

Nhóm các thép không gỉ austenit có độ bền cao và các thép không gỉ austenit siêu bền N'GENIUS™ được sáng chế đề xuất có thể được chỉ định cho các tiêu chuẩn và quy chuẩn kỹ thuật quốc tế và được sử dụng cho nhiều sản phẩm khác nhau dùng cho cả các ứng dụng ngoài khơi lẫn trên bờ do các đặc tính về độ bền cơ học cao, độ dẻo và độ dai tuyệt vời ở nhiệt độ môi trường và nhiệt độ thấp, cùng với khả năng hàn tốt và khả năng chống ăn mòn tổng thể và khu trú tốt của chúng.

Sản phẩm

Các sản phẩm bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các sản phẩm sơ cấp và thứ cấp như thỏi, tấm đúc liên tục, phôi cuộn, thép cán thô, phôi, thanh, thanh dẹt, thép hình, que, dây, dây hàn, vật cháy dùng để hàn, tấm, tấm mỏng, dải và dải cuộn, vật rèn, vật đúc tĩnh, vật đúc khuôn, vật đúc ly tâm, sản phẩm luyện kim dạng bột, vật dập đẳng tĩnh nóng, ống cáp ngầm không ghép nối, ống dẫn và ống không ghép nối, ống khoan, sản phẩm ống thép dùng trong ngành dầu khí, vỏ, thiết bị ngưng tụ và ống trao đổi nhiệt, ống cáp ngầm được hàn, ống dẫn và ống được hàn, sản phẩm dạng ống, khuỷu cảm ứng, phụ tùng được hàn giáp mối, phụ tùng không ghép nối, phương tiện bắt chặt, mối ghép bu lông, bu lông và chốt, thanh thép kéo nguội và thanh thép gia công nguội, đĩa và dây, ống dẫn và ống kéo nguội và gia công nguội, mặt bích, mặt bích đặc, bộ phận nối dạng kẹp-khoá, phụ tùng rèn, máy bơm, van, thiết bị chia tách, thùng và các sản phẩm phụ trợ. Các sản phẩm sơ cấp và thứ cấp nêu trên cũng là thích hợp cho sản phẩm phủ luyện kim (ví dụ liên kết nhiệt-cơ khí, liên kết cuộn nóng, liên kết nổ, v.v.), sản phẩm phủ được hàn, ống lót cơ khí hoặc ống lót thủy lực hoặc ống lót CRA.

Như có thể được hiểu từ số các thành phần hợp kim khác được bàn luận ở trên, các thép không gỉ austenit có độ bền cao và các thép không gỉ austenit siêu bền N'GENIUS™ được sáng chế đề xuất có thể được chỉ định và sử dụng trong các thị trường và ngành công nghiệp khác nhau trong nhiều ứng dụng khác nhau. Có thể tiết giảm đáng kể trọng lượng và tiết kiệm thời gian sản xuất khi sử dụng các hợp kim này, nhờ đó sẽ tiết kiệm đáng kể chi phí trong tổng chi phí xây dựng.

Thị trường, ngành công nghiệp và ứng dụng

Công nghiệp dầu và khí trong lĩnh vực thượng nguồn và lĩnh vực hạ nguồn (công nghệ trên bờ và ngoài khơi, kể cả vùng nước nông, nước sâu và nước rất sâu)

Các ứng dụng của sản phẩm cuối có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các ứng dụng sau:

Các đường ống trên bờ và ngoài khơi bao gồm đường ống và ống dẫn liên mỏ, đường ống và ống dẫn nội mỏ, khoá hãm, đường ống chịu áp suất cao và nhiệt độ cao (High Pressure and High Temperature – HPHT) dùng cho các chất lỏng đa pha như dầu, khí và phần ngưng chứa clorua, CO₂ và H₂S, và các thành phần khác, đường ống phun nước biển và phun nước vĩa, thiết bị dùng cho hệ thống sản xuất dưới biển, đường ống phân phối, choòng, thanh giằng, cuộn, cuộn dạng thỏi, chi tiết dạng ống, OCTG và vỏ, riser thép dạng dây neo, ống dẫn riser, ống dẫn riser ở vùng sóng vỗ kết cấu, đường chui qua sông và luồng nước, van, máy bơm, thiết bị chia tách, thùng, hệ thống lọc, vật rền, phương tiện bắt chặt và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan.

Hệ thống gói ống dẫn: như hệ thống quy trình và hệ thống các tiện ích, hệ thống làm nguội bằng nước biển và hệ thống nước chữa cháy có thể được sử dụng trong tất cả các loại ứng dụng trên bờ và ngoài khơi. Các ứng dụng ngoài khơi bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, giàn cố định, giàn nổi, SPA và Hull như giàn xử lý, giàn tiện ích, giàn đầu giếng, giàn riser, giàn nén, FPSO, FSO, cơ sở hạ tầng SPA và Hull, các sản phẩm chế tạo sẵn, các môđun chế tạo sẵn và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan.

Hệ thống gói đường ống: như ống tiếp liệu, thiết bị ngưng tụ, thiết bị trao đổi nhiệt, thiết bị khử muối, thiết bị khử sulphua và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan.

Công nghiệp khí thiên nhiên hoá lỏng

Các ứng dụng của sản phẩm cuối có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các ứng dụng sau: đường ống và các hệ thống gói ống dẫn, cơ sở hạ tầng, các sản phẩm chế tạo sẵn, các môđun chế tạo sẵn, van, thùng, máy bơm, hệ thống lọc, vật rền, phương tiện bắt chặt và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan được sử dụng để sản xuất thùng khí thiên nhiên hoá lỏng nổi (FLNG) ngoài khơi, FSRU hoặc

nhà máy, tàu và thùng khí thiên nhiên hoá lỏng (LNG) trên bờ, cũng như trạm xử lý, bảo quản và vận chuyển khí thiên nhiên hoá lỏng (LNG) ở nhiệt độ thấp.

Quy trình hoá học, công nghiệp hoá dầu, GTL và tinh luyện

Các ứng dụng của sản phẩm cuối có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các ứng dụng sau:

Đường ống và các hệ thống gói ống dẫn, cơ sở hạ tầng, các sản phẩm chế tạo sẵn, các môđun chế tạo sẵn, van, máy bơm, thùng, hệ thống lọc, vật rèn, phương tiện bắt chặt và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan, kể cả xe xi téc chở hoá chất chạy trên đường và đường bộ được sử dụng để xử lý và vận chuyển chất lỏng có tính ăn mòn từ công nghiệp quy trình hoá học, hoá dầu, công nghiệp chuyển khí thành chất lỏng và tinh luyện cũng như axit, kiềm và các chất lỏng ăn có tính ăn mòn khác, kể cả các hoá chất thường thấy trong tháp chưng cất chân không, tháp chưng cất khí quyển và thiết bị xử lý bằng hydro.

Công nghiệp bảo vệ môi trường

Các ứng dụng của sản phẩm cuối có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các ứng dụng sau:

Đường ống và các hệ thống gói ống dẫn, cơ sở hạ tầng, các sản phẩm chế tạo sẵn, các môđun chế tạo sẵn, van, máy bơm, thùng, hệ thống lọc, vật rèn, phương tiện bắt chặt và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan được sử dụng cho sản phẩm phế thải và khí độc uớt từ quy trình hoá học và công nghiệp tinh luyện, kiểm soát ô nhiễm, ví dụ hệ thống thu hồi hơi, chính sách ngăn cấm thải CO₂ và tách lưu huỳnh trong khí ống khói.

Công nghiệp sắt và thép

Các ứng dụng của sản phẩm cuối có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các ứng dụng sau:

Đường ống và các hệ thống gói ống dẫn, cơ sở hạ tầng, các sản phẩm chế tạo sẵn, các môđun chế tạo sẵn, van, máy bơm, thùng, hệ thống lọc, vật rèn, phương tiện bắt chặt và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan được sử dụng để sản xuất và xử lý sắt và thép.

Công nghiệp khai thác mỏ và quặng

Các ứng dụng của sản phẩm cuối có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các ứng dụng sau:

Đường ống và các hệ thống gói ống dẫn, cơ sở hạ tầng, các sản phẩm chế tạo sẵn, các môđun chế tạo sẵn, van, máy bơm, thùng, hệ thống lọc, vật rèn, phương tiện bắt chặt và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan được sử dụng để khai thác mỏ và tách quặng và để vận chuyển bùn quặng gây xói mòn-ăn mòn cũng như tháo khô mỏ lộ thiên.

Công nghiệp năng lượng

Các ứng dụng của sản phẩm cuối có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các ứng dụng sau:

Đường ống và các hệ thống gói ống dẫn, cơ sở hạ tầng, các sản phẩm chế tạo sẵn, các môđun chế tạo sẵn, van, máy bơm, thùng, hệ thống lọc, vật rèn, phương tiện bắt chặt và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan được sử dụng để sinh năng lượng và vận chuyển môi trường gây ăn mòn liên quan đến việc sinh năng lượng, cụ thể là năng lượng từ nhiên liệu hoá thạch, khí đốt, nhiên liệu hạt nhân, năng lượng địa nhiệt, năng lượng thủy điện và tất cả các dạng sinh năng lượng khác.

Công nghiệp bột giấy và giấy

Các ứng dụng của sản phẩm cuối có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các ứng dụng sau:

Đường ống và các hệ thống gói ống dẫn, cơ sở hạ tầng, các sản phẩm chế tạo sẵn, các môđun chế tạo sẵn, van, máy bơm, thùng, hệ thống lọc, vật rèn, phương tiện bắt chặt và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan được sử dụng trong công nghiệp bột giấy và giấy và để vận chuyển các chất lỏng có tính ăn mòn trong phân xưởng tẩy trắng bột giấy.

Công nghiệp khử muối

Các ứng dụng của sản phẩm cuối có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các ứng dụng sau:

Đường ống và các hệ thống gói ống dẫn, cơ sở hạ tầng, các sản phẩm chế tạo sẵn, các môđun chế tạo sẵn, van, máy bơm, thùng, hệ thống lọc, vật rèn, phương tiện bắt chặt và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan được sử dụng trong

công nghiệp khử muối và để vận chuyển nước biển và nước muối được sử dụng trong phân xưởng khử muối.

Công nghiệp hàng hải, hải quân và quốc phòng

Các ứng dụng của sản phẩm cuối có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các ứng dụng sau:

Đường ống và các hệ thống gói ống dẫn, các sản phẩm chế tạo sẵn, các môđun chế tạo sẵn, van, máy bơm, thùng, hệ thống lọc, vật rèn, phương tiện bắt chặt và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan được sử dụng cho công nghiệp hàng hải, hải quân và quốc phòng và để vận chuyển các môi trường có tính ăn mòn và các hệ thống đường ống tiện ích cho xe xi téc chở hoá chất, đóng tàu và tàu ngầm.

Công nghiệp nước và nước thải

Các ứng dụng của sản phẩm cuối có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các ứng dụng sau:

Đường ống và các hệ thống gói ống dẫn, cơ sở hạ tầng, các sản phẩm chế tạo sẵn, các môđun chế tạo sẵn, van, máy bơm, thùng, hệ thống lọc, vật rèn, phương tiện bắt chặt và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan được sử dụng trong công nghiệp nước và nước thải, kể cả đường ống có vỏ bọc dùng cho giếng nước, mạng phân phối tiện tích, mạng lưới nước thải và hệ thống tưới.

Kiến trúc, công trình và công nghiệp xây dựng

Các ứng dụng của sản phẩm cuối có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các ứng dụng sau:

Đường ống, hệ thống đường ống, cơ sở hạ tầng, các sản phẩm chế tạo sẵn, vật rèn và phương tiện bắt chặt và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan được sử dụng cho các ứng dụng cần tính nguyên vẹn về mặt kết cấu và trang trí trong kiến trúc, công trình dân dụng và cơ khí và công nghiệp xây dựng.

Công nghiệp thực phẩm và đồ uống

Các ứng dụng của sản phẩm cuối có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các ứng dụng sau:

Đường ống và các hệ thống gói ống dẫn, cơ sở hạ tầng, các sản phẩm chế tạo sẵn, các môđun chế tạo sẵn, van, máy bơm, thùng, hệ thống lọc, vật rèn, phương tiện bắt chặt và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan được sử dụng trong công nghiệp thực phẩm và đồ uống cũng như các sản phẩm tiêu dùng có liên quan.

Công nghiệp dược, sinh-hoá, chăm sóc sức khoẻ và y tế

Các ứng dụng của sản phẩm cuối có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các ứng dụng sau:

Đường ống và các hệ thống gói ống dẫn, cơ sở hạ tầng, các sản phẩm chế tạo sẵn, các môđun chế tạo sẵn, van, máy bơm, thùng, hệ thống lọc, vật rèn, phương tiện bắt chặt và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan được sử dụng trong công nghiệp dược, sinh-hoá, chăm sóc sức khoẻ và y tế cũng như các sản phẩm tiêu dùng có liên quan.

Công nghiệp ô tô

Các ứng dụng của sản phẩm cuối có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các ứng dụng sau:

Đường ống và các hệ thống gói ống dẫn, cơ sở hạ tầng, các sản phẩm chế tạo sẵn, các môđun chế tạo sẵn, van, máy bơm, thùng, hệ thống lọc, vật rèn, phương tiện bắt chặt, Components và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan được sử dụng trong công nghiệp ô tô, kể cả sản xuất xe chạy trên đường bộ và đường ray cũng như các hệ thống giao thông công cộng trên mặt đất và ngầm.

Nghiên cứu của chuyên gia và công nghiệp phát triển

Các ứng dụng của sản phẩm cuối có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các ứng dụng sau:

Đường ống và các hệ thống gói ống dẫn, cơ sở hạ tầng, các sản phẩm chế tạo sẵn, các môđun chế tạo sẵn, van, máy bơm, thùng, hệ thống lọc, vật rèn, phương tiện bắt chặt và tất cả các sản phẩm phụ trợ và thiết bị có liên quan được sử dụng trong nghiên cứu của chuyên gia và công nghiệp phát triển.

Sáng chế đề cập đến các thép không gỉ austenit, chứa nito với hàm lượng cao và có đương lượng chống ăn mòn tối thiểu theo quy định đối với mỗi loại hợp kim

được chỉ định. Đường lượng chống ăn mòn lỗ như được ký hiệu bằng PRE_N được tính theo công thức:

$$PRE_N = \% Cr + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N); \text{ và/hoặc}$$

$$PRE_{NW} = \% Cr + [3,3 \times \% (Mo + W)] + (16 \times \% N), \text{ nếu thích hợp, như được}$$

bàn luận trên đây, đối với mỗi loại hợp kim được chỉ định.

Trong phần nêu trên, sáng chế đã mô tả khoảng hàm lượng cacbon thấp của các hợp kim đối với các phương án khác nhau hoặc các loại thép không gỉ austenit và/hoặc thép không gỉ austenit siêu bền, mà ở đây đã được gọi là 304LM4N, 316LM4N, 317L35M4N, 317L57M4N, 312L35M4N, 312L57M4N, 320L35M4N, 320L57M4N, 326L35M4N, 326L57M4N, 351L35M4N, 351L57M4N, 353L35M4N và 353L57M4N và các biến thể trong số các biến thể khác. Theo các phương án đã được mô tả, các thép không gỉ austenit và/hoặc thép không gỉ austenit siêu bền, chứa từ 16,00% trọng lượng crom đến 30,00% trọng lượng crom; 8,00% trọng lượng niken đến 27,00% trọng lượng niken; không quá 7,00% trọng lượng molybden và không quá 0,70% trọng lượng nitơ, nhưng tốt hơn nếu từ 0,40% trọng lượng nitơ đến 0,70% trọng lượng nitơ. Đối với các hợp kim có khoảng hàm lượng cacbon thấp hơn, các hợp kim này chứa không quá 0,030% trọng lượng cacbon. Đối với hợp kim có khoảng hàm lượng mangan thấp, hợp kim này chứa không quá 2,00% trọng lượng mangan với tỷ lệ mangan với nitơ được kiểm soát đến mức nhỏ hơn hoặc bằng 5,0 và tốt hơn nếu tối thiểu là 1,42 và nhỏ hơn hoặc bằng 5,0, hoặc tốt hơn nữa nếu tối thiểu là 1,42 và nhỏ hơn hoặc bằng 3,75. Đối với hợp kim có khoảng hàm lượng mangan cao, hợp kim này chứa không quá 4,00% trọng lượng mangan với tỷ lệ mangan với nitơ được kiểm soát đến mức nhỏ hơn hoặc bằng 10,0 và tốt hơn nếu tối thiểu là 2,85 và nhỏ hơn hoặc bằng 10,0, hoặc tốt hơn nữa nếu đến mức tối thiểu là 2,85 và nhỏ hơn hoặc bằng 7,50, hoặc thậm chí tốt hơn nữa nếu đến mức tối thiểu là 2,85 và nhỏ hơn hoặc bằng 6,25, hoặc thậm chí còn tốt hơn nữa nếu đến mức tối thiểu là 2,85 và nhỏ hơn hoặc bằng 5,0, hoặc thậm chí còn tốt hơn nữa nếu đến mức tối thiểu là 2,85 và nhỏ hơn hoặc bằng 3,75. Hàm lượng phospho là không quá 0,030% trọng lượng phospho và được kiểm soát đến mức càng thấp càng tốt sao cho hàm lượng này có thể nhỏ hơn hoặc bằng 0,010% trọng lượng phospho. Hàm lượng lưu huỳnh là không quá 0,010% trọng lượng lưu huỳnh và được kiểm soát đến mức càng thấp càng tốt sao cho hàm lượng này có thể nhỏ hơn hoặc bằng 0,001% trọng lượng lưu huỳnh. Hàm lượng oxy trong

các hợp kim này là không quá 0,070% trọng lượng oxy và chủ yếu được kiểm soát đến mức càng thấp càng tốt sao cho hàm lượng này có thể nhỏ hơn hoặc bằng 0,005% trọng lượng oxy. Hàm lượng silic trong các hợp kim này là không quá 0,75% trọng lượng silic, ngoại trừ các ứng dụng cụ thể ở nhiệt độ cao hơn nơi cần có khả năng chống oxy hoá được cải thiện, trong đó hàm lượng silic có thể nằm trong khoảng từ 0,75% trọng lượng silic đến 2,00% trọng lượng silic. Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ và thép không gỉ austenit siêu bền, được tạo công thức theo chủ đích để sản xuất chứa các nguyên tố tạo hợp kim khác với lượng đặc hiệu như đồng với lượng không quá 1,50% trọng lượng đồng đối với các hợp kim có hàm lượng đồng thấp và đồng với lượng không quá 3,50% trọng lượng đồng đối với các hợp kim có khoảng hàm lượng đồng cao, vonfram với lượng không quá 2,00% trọng lượng vonfram và vanadi với lượng không quá 0,50% trọng lượng vanadi. Các thép không gỉ austenit và thép không gỉ austenit siêu bền, cũng chủ yếu chứa Fe là phần còn lại và cũng có thể chứa các nguyên tố khác với lượng rất nhỏ như bo với lượng không quá 0,010% trọng lượng bo, xeri với lượng không quá 0,10% trọng lượng xeri, nhôm với lượng không quá 0,050% trọng lượng nhôm và canxi và/hoặc magie với lượng không quá 0,010% trọng lượng canxi và/hoặc magie. Các thép không gỉ austenit và thép không gỉ austenit siêu bền được tạo công thức để có tổ hợp độc đáo các đặc tính về độ bền cơ học cao với độ dẻo và độ dai tuyệt vời, cùng với khả năng hàn tốt và khả năng chống ăn mòn tổng thể và khu trú tốt. Thành phần hoá học của các thép không gỉ và thép không gỉ austenit siêu bền, khác biệt ở chỗ, nó được tối ưu hoá trong bước làm nóng chảy để đảm bảo rằng tỷ lệ đương lượng [Cr] với đương lượng [Ni], theo Schoefer⁶, nằm trong khoảng từ $> 0,40$ đến $< 1,05$, hoặc tốt hơn nếu $> 0,45$ và $< 0,95$, để về cơ bản sẽ thu được vi cấu trúc austenit trong vật liệu nền sau khi xử lý nhiệt dung dịch, thường được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C, sau đó tôi bằng nước. Vi cấu trúc của vật liệu nền trong điều kiện dung dịch được xử lý nhiệt, cùng với kim loại hàn được hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt của bộ phận hàn, được kiểm soát bằng cách tối ưu hoá sự cân bằng giữa các nguyên tố tạo austenit và các nguyên tố tạo ferit để về cơ bản đảm bảo rằng hợp kim là austenit. Do đó, các hợp kim này có thể được sản xuất và cung ứng trong điều kiện không từ tính. Các đặc tính về độ bền cơ học tối thiểu được quy định của thép không gỉ và thép không gỉ austenit siêu bền mới và sáng tạo theo sáng chế đã được cải thiện đáng kể so với các sản phẩm tương ứng với chúng, kể cả các thép không gỉ austenit như, UNS

S30403, UNS S30453, UNS S31603, UNS S31703, UNS S31753, UNS S31254, UNS S32053, UNS S32615, UNS S35115 và UNS S35315. Ngoài ra, các đặc tính về độ bền kéo tối thiểu theo quy định có thể là tốt hơn so với các đặc tính về độ bền kéo tối thiểu được quy định cho thép không gỉ 22 Cr Duplex (UNS S31803) và tương tự với các đặc tính về độ bền kéo tối thiểu được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex (UNS S32760). Điều đó có nghĩa là các bộ phận trong hệ thống đối với các ứng dụng khác nhau sử dụng thép không gỉ dùng để hàn này khác biệt ở chỗ, hợp kim thường có thể được thiết kế với độ dày vách giảm, nhờ đó tiết giảm đáng kể trọng lượng khi chỉ định thép không gỉ này so với các thép không gỉ austenit thông thường như các thép không gỉ austenit được mô tả chi tiết ở đây do ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép có thể cao hơn đáng kể. Trên thực tế, ứng suất thiết kế tối thiểu được cho phép đối với thép không gỉ austenit dùng để hàn này có thể là cao hơn so với ứng suất thiết kế tối thiểu được quy định cho thép không gỉ 22 Cr Duplex và tương tự với ứng suất thiết kế tối thiểu được quy định cho thép không gỉ 25 Cr Super Duplex.

Đối với một số ứng dụng nhất định, các biến thể khác của thép không gỉ austenit và thép không gỉ austenit siêu bền được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất chứa cacbon với lượng hàm lượng cao hơn so với hàm lượng cacbon đã được xác định trên đây. Khoảng hàm lượng cacbon cao hơn của hợp kim đối với các loại thép không gỉ austenit và thép không gỉ austenit siêu bền khác nhau được gọi là 304HM4N, 316HM4N, 317H35M4N, 317H57M4N, 312H35M4N, 312H57M4N, 320H35M4N, 320H57M4N, 326H35M4N, 326H57M4N, 351H35M4N, 351H57M4N, 353H35M4N và 353H57M4N và các loại hợp kim này chứa từ 0,040% trọng lượng cacbon đến nhỏ hơn 0,10% trọng lượng cacbon. Trong khi đó, các loại 304M4N, 316M4N, 31735M4N, 31757M4N, 31235M4N, 31257M4N, 32035M4N, 32057M4N, 32635M4N, 32657M4N, 35135M4N, 35157M4N, 35335M4N và 35357M4N của hợp kim chứa từ hơn 0,030% trọng lượng cacbon đến 0,080% trọng lượng cacbon.

Ngoài ra, đối với một số ứng dụng nhất định, cần có các biến thể khác có khoảng hàm lượng cacbon cao hơn của các hợp kim đối với thép không gỉ austenit và thép không gỉ austenit siêu bền, các biến thể này được tạo công thức đặc hiệu để sản xuất dưới dạng sản phẩm được làm ổn định. Các biến thể đặc hiệu này của thép không gỉ austenit và thép không gỉ austenit siêu bền, là loại hợp kim “HM4NTi” hoặc “M4NTi” được làm ổn định bằng titan, trong đó hàm lượng titan được kiểm soát theo

công thức sau: Ti 4 x C tối thiểu, 0,70% trọng lượng Ti tối đa hoặc Ti 5 x C tối thiểu, 0,70% trọng lượng Ti tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng titan trong hợp kim. Tương tự, có các loại hợp kim “HM4NNb” hoặc “M4NNb” được làm ổn định bằng niobi, trong đó hàm lượng niobi được kiểm soát theo công thức sau: Nb 8 x C tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb tối đa hoặc Nb 10 x C tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb tối đa, tương ứng, để có lượng dẫn xuất được làm ổn định bằng niobi trong hợp kim. Ngoài ra, các biến thể khác của hợp kim này cũng có thể được sản xuất để bao gồm các loại hợp kim “HM4NNbTa” hoặc “M4NNbTa” được làm ổn định bằng niobi cộng tantan, trong đó hàm lượng niobi cộng tantan được kiểm soát theo công thức sau: Nb + Ta 8 x C tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa, hoặc Nb + Ta 10 x C tối thiểu, 1,0% trọng lượng Nb + Ta tối đa, 0,10% trọng lượng Ta tối đa. Các biến thể được làm ổn định bằng titan, niobi và niobi cộng tantan của hợp kim này có thể được xử lý nhiệt để làm ổn định ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ xử lý nhiệt dung dịch ban đầu. Titan và/hoặc niobi và/hoặc niobi cộng tantan cũng có thể được bổ sung vào riêng rẽ hoặc phối hợp với đồng, vonfram và vanadi trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để tối ưu hoá hợp kim cho một số ứng dụng nhất định khi cần hàm lượng cacbon cao hơn. Các nguyên tố tạo hợp kim này có thể được sử dụng riêng rẽ hoặc trong tất cả các tổ hợp khác nhau của các nguyên tố này để biến đổi thép không gỉ austenit cho các ứng dụng cụ thể và để tối ưu hoá hơn nữa tổng hiệu suất chống ăn mòn của hợp kim.

Tài liệu tham khảo

1. A. J. Sedriks, Stainless Steels '84, Proceedings of Göteborg Conference, Book No 320. The Institute of Metals, 1 Carlton House Terrace, London SW1Y 5DB, trang 125, 1985.
2. P. Guha and C. A. Clark, Duplex Stainless Steel Conference Proceedings, ASM Metals/Materials Technology Series, Paper (8201 – 018) trang 355, 1982.
3. N. Bui, A. Irhzo, F. Dabosi and Y. Limouzin-Maire, Corrosion NACE, Vol. 39, trang 491, 1983.
4. A. L. Schaeffler, Metal Progress, Vol. 56, trang 680, 1949.
5. C. L. Long and W. T. DeLong, Welding Journal, Vol. 52, trang 281s, 1973.
6. E. A. Schoefer, Welding Journal, Vol. 53, trang 10s, 1974.
7. ASTM A800/A800M – 10

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Kim loại nền thép không gỉ austenit có vi cấu trúc kim loại nền austenit không từ tính chứa từ 16,00% trọng lượng crom đến 30,00% trọng lượng crom (Cr); từ 8,00% trọng lượng niken đến 27,00% trọng lượng niken (Ni); không quá 7,00% trọng lượng molybden (Mo); từ 0,40% trọng lượng nitơ đến 0,70% trọng lượng nitơ (N), từ 1,0% trọng lượng mangan đến 4,00% trọng lượng mangan (Mn), không quá 1,0% trọng lượng niobi (Nb) và nhỏ hơn 0,10% trọng lượng cacbon (C), không quá 2,00% trọng lượng silic (Si), lượng còn lại là sắt và tạp chất không thể tránh khỏi,

trong đó tỷ lệ mangan (Mn) so với nitơ (N) được kiểm soát đến mức nhỏ hơn hoặc bằng 10,0; và

trong đó tỷ lệ đương lượng crom [Cr] với đương lượng niken [Ni] được xác định và kiểm soát đến mức lớn hơn 0,40 và nhỏ hơn 1,05; và

trong đó đương lượng crom được xác định và kiểm soát theo công thức thứ nhất:

$[Cr] = (\% \text{ trọng lượng Cr}) + (1,5 \times \% \text{ trọng lượng Si}) + (1,4 \times \% \text{ trọng lượng Mo}) + (\% \text{ trọng lượng Nb}) - 4,99$; và

trong đó đương lượng niken được xác định và kiểm soát theo công thức thứ hai:

$[Ni] = (\% \text{ trọng lượng Ni}) + (30 \times \% \text{ trọng lượng C}) + (0,5 \times \% \text{ trọng lượng Mn}) + ((26 \times \% \text{ trọng lượng (N - 0,02)}) + 2,77$.

2. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm 1, trong đó kim loại này còn chứa $\leq 0,030\%$ trọng lượng cacbon.
3. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm 1 hoặc 2, trong đó kim loại này còn chứa từ 0,020% trọng lượng đến 0,030% trọng lượng cacbon.
4. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa không quá 2,0% trọng lượng Mn.
5. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa từ 1,0% trọng lượng mangan đến 2,0% trọng lượng mangan.

6. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm 1, trong đó tỷ lệ mangan so với nito được kiểm soát đến mức nhỏ hơn hoặc bằng 3,75.
7. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $\leq 0,030\%$ trọng lượng phospho.
8. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $\leq 0,010\%$ trọng lượng lưu huỳnh.
9. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó thép này còn chứa $\leq 0,001\%$ trọng lượng lưu huỳnh.
10. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $\leq 0,070\%$ trọng lượng oxy.
11. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm 10, trong đó hàm lượng oxy là $\leq 0,050\%$.
12. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa không quá $0,75\%$ trọng lượng silic.
13. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó hàm lượng silic là $\geq 0,25\%$ trọng lượng và $\leq 0,75\%$ trọng lượng.
14. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó hàm lượng silic là $\geq 0,75\%$ trọng lượng và $\leq 2,00\%$ trọng lượng.
15. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa ít nhất một nguyên tố được chọn từ bo, xeri (REM), nhôm, canxi, magie, đồng, vonfram, vanadi, titan, và/hoặc niobi cộng tantan.
16. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $\leq 0,010\%$ trọng lượng bo.
17. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $\geq 0,001\%$ trọng lượng bo và $\leq 0,010\%$ trọng lượng bo.
18. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $\leq 0,10\%$ trọng lượng xeri.

19. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $\geq 0,01\%$ trọng lượng xeri và $\leq 0,10\%$ trọng lượng xeri.
20. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $\leq 0,050\%$ trọng lượng nhôm.
21. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $\geq 0,005\%$ trọng lượng nhôm và $\leq 0,050\%$ trọng lượng nhôm.
22. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $\leq 0,010\%$ trọng lượng canxi.
23. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $\geq 0,001\%$ trọng lượng canxi và $\leq 0,010\%$ trọng lượng canxi.
24. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $\leq 0,010\%$ trọng lượng magie.
25. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm 24, trong đó kim loại này còn chứa $\geq 0,001\%$ trọng lượng magie và $\leq 0,010\%$ trọng lượng magie.
26. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó thép này còn chứa $\leq 1,50\%$ trọng lượng đồng.
27. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $\geq 1,50\%$ trọng lượng đồng và $\leq 3,50\%$ trọng lượng đồng.
28. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $\leq 2,00\%$ trọng lượng vonfram.
29. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $\geq 0,50\%$ trọng lượng vonfram và $\leq 1,00\%$ trọng lượng vonfram.
30. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó thép này còn chứa $\leq 0,50\%$ trọng lượng vanadi.

31. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $\geq 0,10\%$ trọng lượng vanadi và $\leq 0,50\%$ trọng lượng vanadi.
32. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại này còn chứa $0,040\%$ trọng lượng cacbon đến $0,10\%$ trọng lượng cacbon.
33. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 31, trong đó hàm lượng cacbon là $> 0,030\%$ trọng lượng và $\leq 0,08\%$ trọng lượng.
34. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm 32 hoặc 33, trong đó kim loại này còn chứa không quá $0,70\%$ trọng lượng titan.
35. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm 34, khi phụ thuộc vào điểm 32, trong đó hàm lượng titan là lớn hơn Ti (tối thiểu); trong đó:
Ti (tối thiểu) được tính từ $4xC$ (tối thiểu); và trong đó:
C (tối thiểu) là lượng cacbon tối thiểu.
36. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm 34, khi phụ thuộc vào điểm 33, trong đó hàm lượng titan là lớn hơn Ti (tối thiểu); trong đó:
Ti (tối thiểu) được tính từ $5xC$ (tối thiểu); và trong đó:
C (tối thiểu) là lượng cacbon tối thiểu.
37. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, khi phụ thuộc vào điểm 32, trong đó hàm lượng niobi là lớn hơn Nb (tối thiểu); trong đó:
Nb (tối thiểu) được tính từ $8xC$ (tối thiểu); trong đó:
C (tối thiểu) là lượng cacbon tối thiểu.
38. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, khi phụ thuộc vào điểm 33, trong đó hàm lượng niobi là lớn hơn Nb (tối thiểu); trong đó:
Nb (tối thiểu) được tính từ $10xC$ (tối thiểu); trong đó:

C (tối thiểu) là lượng cacbon tối thiểu.

39. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm 37, trong đó kim loại này còn chứa không quá 1,0% trọng lượng niobi cộng tantan và tối đa 0,10% trọng lượng tantan.

40. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm 39, khi phụ thuộc vào điểm 32, trong đó hàm lượng niobi và tantan là lớn hơn Nb + Ta (tối thiểu); trong đó:

Nb + Ta (tối thiểu) được tính từ $8xC$ (tối thiểu); trong đó:

C (tối thiểu) là lượng cacbon tối thiểu, với 0,10% trọng lượng Ta tối đa.

41. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm 39, khi phụ thuộc vào điểm 33, trong đó hàm lượng niobi và tantan là lớn hơn Nb + Ta (tối thiểu); trong đó

Nb + Ta (tối thiểu) được tính từ $10xC$ (tối thiểu); trong đó

C (tối thiểu) là lượng cacbon tối thiểu, với 0,10% trọng lượng Ta tối đa.

42. Kim loại nền thép không gỉ austenit có vi cấu trúc kim loại nền austenit không từ tính chứa từ 0,40 đến 0,70% trọng lượng nitơ và thành phần hợp kim có đương lượng chống ăn mòn lỗ (PRE_N) theo quy định là ≥ 25 ;

trong đó $PRE_N = \% \text{ trọng lượng crom} + (3,3 \times \% \text{ trọng lượng molybden}) + (16 \times \% \text{ trọng lượng nitơ})$, và

trong đó thành phần hợp kim này còn chứa từ 16,00% trọng lượng crom đến 30,00% trọng lượng crom (Cr); từ 8,00% trọng lượng niken đến 27,00% trọng lượng niken (Ni); không quá 7,00% trọng lượng molybden (Mo); từ 1,0% trọng lượng mangan đến 4,00% trọng lượng mangan (Mn), không quá 1,0% trọng lượng niobi (Nb) và nhỏ hơn 0,10% trọng lượng cacbon (C), không quá 2,0% trọng lượng silic (Si), lượng còn lại là sắt và tạp chất không thể tránh khỏi,

trong đó tỷ lệ đương lượng mangan (Mn) so với đương lượng nitơ (N) được kiểm soát nhỏ hơn hoặc bằng 10,0; và

trong đó tỷ lệ đương lượng crom [Cr] so với đương lượng niken [Ni] được xác định và kiểm soát lớn hơn 0,40 và nhỏ hơn 1,05; và

trong đó đương lượng crom được xác định và kiểm soát theo công thức đầu tiên:

$$[Cr] = (\% \text{ trọng lượng Cr}) + (1,5 \times \% \text{ trọng lượng Si}) + (1,4 \times \% \text{ trọng lượng Mo}) + (\% \text{ trọng lượng Nb}) - 4,99; \text{ và}$$

trong đó đương lượng niken được xác định và kiểm soát theo công thức thứ hai:

$$[Ni] = (\% \text{ trọng lượng Ni}) + (30 \times \% \text{ trọng lượng C}) + (0,5 \times \% \text{ trọng lượng Mn}) + ((26 \times \% \text{ trọng lượng N} - 0,02)) + 2,77.$$

43. Kim loại nền thép không gỉ austenit có vi cấu trúc kim loại nền austenit không từ tính chứa từ 0,40 đến 0,60% trọng lượng nitơ và thành phần hợp kim có đương lượng chống ăn mòn lỗ (PRE_N) theo quy định là ≥ 25 ;

trong đó $PRE_N = \% \text{ trọng lượng crom} + (3,3 \times \% \text{ trọng lượng molybden}) + (16 \times \% \text{ trọng lượng nitơ})$ và trong đó thành phần hợp kim còn chứa từ 16,00% trọng lượng crom đến 30,00% trọng lượng crom (Cr); từ 8,00% trọng lượng niken đến 27,00% trọng lượng niken (Ni); không quá 7,00% trọng lượng molybden (Mo); từ 1,0% trọng lượng mangan đến 4,00% trọng lượng mangan (Mn), không quá 1,0% trọng lượng niobi (Nb) và nhỏ hơn 0,10% trọng lượng cacbon (C), không quá 2,00% trọng lượng silic (Si), lượng còn lại là sắt và tạp chất không thể tránh khỏi,

trong đó tỷ lệ đương lượng mangan (Mn) so với đương lượng nitơ (N) được kiểm soát nhỏ hơn hoặc bằng 10,0; và

trong đó tỷ lệ đương lượng crom [Cr] so với đương lượng niken [Ni] được xác định và kiểm soát lớn hơn 0,40 và nhỏ hơn 1,05; và

trong đó đương lượng crom được xác định và kiểm soát theo công thức đầu tiên:

$$[Cr] = (\% \text{ trọng lượng Cr}) + (1,5 \times \% \text{ trọng lượng Si}) + (1,4 \times \% \text{ trọng lượng Mo}) + (\% \text{ trọng lượng Nb}) - 4,99; \text{ và}$$

trong đó đương lượng niken được xác định và kiểm soát theo công thức thứ hai:

$[Ni] = (\% \text{ trọng lượng Ni}) + (30 \text{ x\% trọng lượng C}) + (0,5 \text{ x\% trọng lượng Mn}) + ((26 \text{ x\% trọng lượng (N - 0,02)}) + 2,77.$

44. Kim loại nền thép không gỉ austenit có vi cấu trúc kim loại nền austenit không từ tính chứa từ 0,50% trọng lượng đến 1,00% trọng lượng vonfram, từ 0,40 đến 0,70% trọng lượng nitơ, và thành phần hợp kim có Đường lượng chống ăn mòn lỗ (PRE_{NW}) theo quy định ≥ 27 ;

trong đó $PRE_{NW} = \% \text{ trọng lượng crom} + [(3,3 \text{ x\% trọng lượng (molypden + vonfram)}) + (16 \text{ x\% trọng lượng nitơ})]$; và

trong đó thành phần hợp kim còn chứa từ 16,00% trọng lượng crom đến 30,00% trọng lượng crom (Cr); từ 8,00% trọng lượng niken đến 27,00% trọng lượng niken (Ni); không quá 7,00% trọng lượng molypden (Mo); từ 1,0% trọng lượng mangan đến 4,00% trọng lượng mangan (Mn), không quá 1,0% trọng lượng niobi (Nb) và nhỏ hơn 0,10% trọng lượng cacbon (C), không quá 2,00% trọng lượng silic (Si), lượng còn lại là sắt và tạp chất không thể tránh khỏi,

trong đó tỷ lệ đường lượng mangan (Mn) so với đường lượng nitơ (N) được kiểm soát nhỏ hơn hoặc bằng 10,0; và

trong đó tỷ lệ đường lượng crom [Cr] so với đường lượng niken [Ni] được xác định và kiểm soát lớn hơn 0,40 và nhỏ hơn 1,05; và

trong đó đường lượng crom được xác định và kiểm soát theo công thức thứ nhất:

$[Cr] = (\% \text{ trọng lượng Cr}) + (1,5 \text{ x\% trọng lượng Si}) + (1,4 \text{ x\% trọng lượng Mo}) + (\% \text{ trọng lượng Nb}) - 4,99$; và

trong đó đường lượng niken được xác định và kiểm soát theo công thức thứ hai:

$[Ni] = (\% \text{ trọng lượng Ni}) + (30 \text{ x\% trọng lượng C}) + (0,5 \text{ x\% trọng lượng Mn}) + ((26 \text{ x\% trọng lượng (N - 0,02)}) + 2,77.$

45. Kim loại nền thép không gỉ austenit có vi cấu trúc kim loại nền austenit không từ tính chứa từ 0,40 đến 0,60% trọng lượng nitơ, từ 0,50% trọng lượng đến 1,00% trọng lượng vonfram và thành phần hợp kim có Đường lượng chống ăn mòn lỗ (PRE_{NW}) theo quy định ≥ 27 ;

trong đó $PRE_{NW} = \% \text{ trọng lượng crom} + [(3,3 \times \% \text{ trọng lượng (molybden + vonfram)})] + (16 \times \% \text{ trọng lượng nitơ});$ và

trong đó thành phần hợp kim còn chứa từ 16,00% trọng lượng crom đến 30,00% trọng lượng crom (Cr); từ 8,00% trọng lượng niken đến 27,00% trọng lượng niken (Ni); không quá 7,00% trọng lượng molybden (Mo); từ 1,0% trọng lượng mangan đến 4,00% trọng lượng mangan (Mn), không quá 1,0% trọng lượng niobi (Nb) và nhỏ hơn 0,10% trọng lượng cacbon (C), không quá 2,00% trọng lượng silic (Si), lượng còn lại là sắt và tạp chất không thể tránh khỏi,

trong đó tỷ lệ đương lượng mangan (Mn) so với đương lượng nitơ (N) được kiểm soát nhỏ hơn hoặc bằng 10,0; và

trong đó tỷ lệ đương lượng crom [Cr] so với đương lượng niken [Ni] được xác định và kiểm soát lớn hơn 0,40 và nhỏ hơn 1,05; và

trong đó đương lượng crom được xác định và kiểm soát theo công thức đầu tiên:

$$[Cr] = (\% \text{ trọng lượng Cr}) + (1,5 \times \% \text{ trọng lượng Si}) + (1,4 \times \% \text{ trọng lượng Mo}) + (\% \text{ trọng lượng Nb}) - 4,99; \text{ và}$$

trong đó đương lượng niken được xác định và kiểm soát theo công thức thứ hai:

$$[Ni] = (\% \text{ trọng lượng Ni}) + (30 \times \% \text{ trọng lượng C}) + (0,5 \times \% \text{ trọng lượng Mn}) + ((26 \times \% \text{ trọng lượng (N - 0,02)})) + 2,77.$$

46. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó tỷ lệ đương lượng crom so với đương lượng niken được xác định và kiểm soát lớn hơn 0,45 và nhỏ hơn 0,95.
47. Thép dùng để rèn chứa kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên.
48. Thép dùng để đúc chứa kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 46.
49. Kim loại nền thép không gỉ austenit theo điểm 1, điểm 42 hoặc 43, điểm 44 hoặc 45, trong đó [Cr] và [Ni] được xác định thêm bằng:

đương lượng crom, $[Cr] = (\% \text{ trọng lượng Cr}) + (1,5 \times \% \text{ trọng lượng Si}) + (1,4 \times \% \text{ trọng lượng Mo}) + (\% \text{ trọng lượng Nb}) + (0,72 \times \% \text{ trọng lượng W}) + (2,27 \times \% \text{ trọng lượng V}) + (2,20 \times \% \text{ trọng lượng Ti}) + (0,21 \times \% \text{ trọng lượng Ta}) + (2,48 \times \% \text{ trọng lượng Al}) - 4,99$; và

đương lượng niken, $[Ni] = (\% \text{ trọng lượng Ni}) + (30 \times \% \text{ trọng lượng C}) + (0,5 \times \% \text{ trọng lượng Mn}) + ((26 \times \% \text{ trọng lượng N} - 0,02)) + (0,44 \times \% \text{ trọng lượng Cu}) + 2,77$, trong đó tỷ lệ $\%$ trọng lượng Nb, W, V, Ti, Ta, Al và Cu là không bằng 0; và trong đó:

Nb = Niobi;

W = vonfram;

V = vanadi;

Ti = titan;

Ta = tantan;

Al = nhôm; và

Cu = đồng.

50. Phương pháp sản xuất kim loại nền thép không gỉ austenit có vi cấu trúc kim loại nền austenit không từ tính chứa 16,00% trọng lượng crom đến 30,00% trọng lượng crom (Cr); 8,00% trọng lượng niken đến 27,00% trọng lượng niken (Ni); không quá 7,00% trọng lượng molypden (Mo); 0,40% trọng lượng Nitơ đến 0,70% trọng lượng Nitơ (N), 1,0% trọng lượng mangan đến 4,00% trọng lượng mangan (Mn), không quá 1,0% trọng lượng niobium (Nb), ít hơn 0,10% trọng lượng carbon (C), không quá 2,00% trọng lượng silicon, lượng còn lại là sắt và tạp chất không thể tránh khỏi,

phương pháp này bao gồm:

(i) ở giai đoạn nóng chảy, nung nóng hỗn hợp kim loại, và

(ii) xử lý hỗn hợp kim loại để tạo thành vi cấu trúc kim loại nền austenit không từ tính;

trong đó ở giai đoạn nóng chảy, tỷ lệ mangan (Mn) so với nitơ (N) được kiểm soát nhỏ hơn hoặc bằng 10,0; và tỷ lệ đương lượng crom [Cr] với đương lượng niken [Ni] được xác định và kiểm soát lớn hơn 0,40 và nhỏ hơn 1,05; và

trong đó đương lượng crom được xác định và kiểm soát theo công thức thứ nhất:

$[Cr] = (\% \text{ trọng lượng Cr}) + (1,5 \times \% \text{ trọng lượng Si}) + (1,4 \times \% \text{ trọng lượng Mo}) + (\% \text{ trọng lượng Nb}) - 4,99$; và

trong đó đương lượng Niken được xác định và kiểm soát theo công thức thứ hai:

$[Ni] = (\% \text{ trọng lượng Ni}) + (30 \times \% \text{ trọng lượng C}) + (0,5 \times \% \text{ trọng lượng Mn}) + ((26 \times \% \text{ trọng lượng (N - 0,02)}) + 2,77$.