



(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)



1-0037032

(51)^{2006.01} C22C 38/44; B22F 9/08; C22C 33/02; (13) B
C22C 33/04; C22C 38/02; C22C 38/04;
C22C 38/06; B22F 1/00; C22C 38/00

- (21) 1-2019-00131 (22) 07/06/2017
(86) PCT/SE2017/050604 07/06/2017 (87) WO 2017/217913 21/12/2017
(30) 1650850-9 16/06/2016 SE
(45) 25/09/2023 426 (43) 25/03/2019 372A
(73) UDDEHOLMS AB (SE)
683 85 Hagfors, Sweden
(72) KARAMCHEDU, Venkata Seshendra (ID); MEDVEDEVA, Anna (SE);
OIKONOMOU, Christos (GR); SPARREVOHN VANG, Jesper Erik Joachim (SE);
DAMM, Petter (SE).
(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) THÉP ĐỂ SẢN XUẤT KHUÔN CHẾ TẠO VẬT LIỆU DẺO, BỘT HỢP KIM SƠ BỘ VÀ VẬT PHẨM

(57) Sáng chế đề cập đến thép để sản xuất khuôn chế tạo vật liệu dẻo cấu thành từ các nguyên tố sau tính theo% khối lượng:

	Tối thiểu	Tối đa
C	0,02	0,04
Si	0,1	0,4
Mn	0,1	0,5
Cr	11	13
Ni	7,8	10
Cr+Ni	19,5	23
Mo	1	25
Al	1,4	2,0
N	0,01	0,75
tùy ý		
Cu	0,05	2,5
B	0,002	2,0
S	0,01	0,25
Nb		0,01
Ti		2
Zr		2
Ta		2
Hf		2
Y		2
Ca	0,0003	0,009
Mg		0,01
O	0,003	0,80
REM		0,2
lượng còn lại là Fe và các tạp chất		

Sáng chế cũng đề cập đến bột hợp kim sơ bộ được tạo ra từ thép này và vật phẩm được sản xuất từ bột hợp kim sơ bộ này.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép. Cụ thể là, sáng chế đề cập đến thép tôi cứng kết tủa thích hợp để sản xuất khuôn chế tạo vật liệu dẻo.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Thép không gỉ tôi cứng kết tủa bao gồm 17-7PH, 17-4 PH, 15-5 PH, PH 15-7Mo, PH 14-8Mo và PH 13-8Mo. Thép PH 13-8Mo cũng được gọi là 1.4534, X3CrNiMoAl13-8-2 và S13800. Thành phần hóa học của PH 13-8 Mo chứa các nguyên tố sau tính theo% khối lượng: C: $\leq 0,05$, Si: $\leq 0,1$, Mn: $\leq 0,1$, P: $\leq 0,01$, S: $\leq 0,008$, Cr: 12,25 đến 13,25, Ni: 7,5 – 8,5, Mo: 2,0 đến 2,5, N: $\leq 0,01$, Ti: $\leq 0,1$, Al: 0,8 đến 1,35, lượng còn lại là Fe. Thép thuộc loại này được biết dưới tên là Böhler N709.

EP 459 547 đề cập đến thép không gỉ tôi cứng kết tủa được sử dụng để sản xuất khuôn chế tạo vật liệu dẻo, trong đó hàm lượng nitơ được giới hạn càng nhiều càng tốt để ngăn ngừa hình thành các nitrua rắn, ảnh hưởng đến khả năng đánh bóng.

Các thép thuộc loại này thường được sử dụng cho các bộ phận yêu cầu độ bền cao và độ dai thích hợp. Các ứng dụng điển hình của các thép này là chi tiết máy bay, lò xo và khuôn chế tạo vật liệu dẻo.

Các thép này thường được phân phối trong điều kiện đã được xử lý dung dịch và có thể tôi cứng bằng cách hóa già đến độ cứng nằm trong khoảng từ 34 đến 52 HRC. Các đặc tính quan trọng là độ bền cao và độ bền chịu ăn mòn cũng như khả năng đánh bóng thích hợp. Ngoài ra, các thép để sản xuất khuôn chế tạo vật liệu dẻo cũng cần có khả năng gia công thích hợp và các đặc tính hàn thích hợp sao cho các thép có thể được hàn mà không cần được gia nhiệt sơ bộ và gia nhiệt nhanh.

WO2015/137507 A1 đề cập đến bột thép không gỉ tôi cứng kết tủa.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề cập đến thép có thành phần thay thế cho hợp kim thuộc loại PH 13-8Mo.

Mục đích của sáng chế là đề cập đến thép có đặc tính biên dạng/biên độ được cải thiện và thích hợp để sản xuất khuôn chế tạo vật liệu dẻo. Cụ thể, mục đích của sáng chế là đề cập đến thép đúc tôi cứng kết tủa có độ bền và độ dai cao cũng như độ sạch cao, khả năng đánh bóng thích hợp và cả các đặc tính đồng đều theo các kích cỡ lớn. Ngoài ra, mục đích của sáng chế là đề cập đến thép ở dạng bột, nhưng không giới hạn cụ thể ở bột thép thích hợp để sản xuất phụ trợ.

Mục đích khác của sáng chế là đề cập đến thép, có thể được sử dụng để thu được các vật phẩm có thời hạn sử dụng kéo dài.

Các mục đích nêu trên, cũng như các ưu điểm khác đạt được bằng cách tạo ra thép như được mô tả trong phần mô tả dưới đây. Độ cứng đồng đều và cao kết hợp với độ dai cao dẫn đến thép có độ bền thích hợp đối với các vết lõm và giảm thiểu nguy cơ xảy ra lỗi không mong muốn, dẫn đến khuôn an toàn hơn và thời hạn sử dụng của dụng cụ được kéo dài. Các tác giả sáng chế đã phát hiện thấy rằng có thể thu được khả năng đánh bóng thích hợp của thép với điều kiện kích cỡ tối đa của các nhóm nitrua cứng được kiểm soát để không lớn hơn 4 μ m.

Cụ thể, sáng chế đề cập đến thép để sản xuất khuôn chế tạo vật liệu dẻo, trong đó thép này cấu thành từ các nguyên tố sau tính theo% khối lượng:

	Tối thiểu	Tối đa
C	0,02	0,04
Si	0,1	0,4
Mn	0,1	0,5
Cr	11	13
Ni	7,8	10
Cr+Ni	19,5	23
Mo	1	25
Al	1,4	2,0
N	0,01	0,75
tùy ý		
Cu	0,05	2,5
B	0,002	2,0
S	0,01	0,25
Nb		0,01
Ti		2
Zr		2
Ta		2
Hf		2
Y		2
Ca	0,0003	0,009
Mg		0,01
O	0,003	0,80

REM		0,2
lượng còn lại là Fe và các tạp chất		

Tốt hơn nếu thép này đáp ứng ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

	Tối thiểu	Tối đa
C	0,025	0,035
Si	0,15	0,40
Mn	0,15	0,50
Cr	11,5	12,5
Ni	8,5	10,0
Cr+Ni	20	23
Mo	1,0	2,0
Al	1,5	1,9
N	0,01	0,15
S	0,01	0,03

và/hoặc thép có độ cứng trung bình nằm trong khoảng từ 320 đến 510 HBW_{10/3000}, trong đó thép này có chiều dày ít nhất bằng 100mm và độ lệch tối đa so với trị số độ cứng Brinell trung bình theo hướng chiều dày được đo theo tiêu chuẩn ASTM E10-01 nhỏ hơn 10%, tốt hơn nếu nhỏ hơn 7%, nhỏ hơn 5%, nhỏ hơn 3% hoặc thậm chí nhỏ hơn 1%, và trong đó khoảng cách tối thiểu của tâm của vết lõm từ mép của mẫu hoặc mép của vết lõm khác sẽ ít nhất bằng 2,5 lần đường kính của vết lõm và khoảng cách tối đa sẽ không cao hơn 4 lần đường kính của vết lõm, và/hoặc có độ sạch đáp ứng các yêu cầu tối đa sau đối với xỉ siêu nhỏ theo tiêu chuẩn ASTM E45-97, phương pháp A:

A	A	B	B	C	C	D	D
T	H	T	H	T	H	T	H
1,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0

Tốt hơn nếu thép này có độ sạch đáp ứng các yêu cầu tối đa sau:

A	A	B	B	C	C	D	D
T	H	T	H	T	H	T	H
1,0	0	1,5	1,0	0	0	1,5	1,0

Thép này có thể được tạo hợp kim với S để cải thiện khả năng gia công. Tuy nhiên, không cần tạo hợp kim với S, cụ thể là khi được sản xuất bằng phương pháp luyện kim bột. Sau đó, thành phần thép có thể đáp ứng ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

	Tối thiểu	Tối đa
N	0,01	0,04
Cu	0,5	2,1
Cr+Ni	20,5	22,0
Mo	1,2	1,6
S		0,01
Ti		0,01
Zr		0,01

Ta		0,01
Hf		0,01
Y		0,01

trong đó vi cấu trúc có thể đáp ứng ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

mạng chứa $\geq 75\%$ thể tích mactensit,

mạng chứa $\leq 7\%$ thể tích ferit delta,

mạng chứa 2 đến 20% thể tích austenit,

độ cứng của mạng nằm trong khoảng từ 40 đến 56 HRC,

kích cỡ của toàn bộ các hạt AlN $\leq 4\mu\text{m}$,

độ dai va đập không tạo rãnh $\geq 200 \text{ J}$,

độ bền giới hạn nén $R_{c0,2}$ cao hơn từ 10% đến 30% so với độ bền giới hạn kéo $R_{p0,2}$.

Theo phương án cụ thể, thép này đáp ứng các yêu cầu sau:

	Tối thiểu	Tối đa
C	0,025	0,035
Si	0,15	0,40
Mn	0,15	0,50
Cr	11,5	12,5
Ni	8,5	10,0
Cr+Ni	20	23
Mo	1,0	2,0
Al	1,5	1,9
N	0,01	0,15

trong đó vi cấu trúc đáp ứng ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

mạng chứa $\geq 80\%$ thể tích mactensit,

mạng chứa 4 đến 20% thể tích austenit.

Thép hợp kim có thể được tạo ra ở dạng bột hợp kim sơ bộ có thành phần như nêu trên.

Bột hợp kim sơ bộ này có thể được sản xuất bằng phương pháp phun sương khí. Tốt hơn nếu ít nhất 80% hạt bột này có kích cỡ nằm trong khoảng từ 5 đến $150\mu\text{m}$ sao cho bột đáp ứng ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

Phân bố kích cỡ bột (tính theo μm): $5 \leq D_{10} \leq 35$

$$20 \leq D_{50} \leq 55$$

$$D_{90} \leq 80$$

Độ cầu trung bình, $SPHT \geq 0,85$

Tỷ lệ co trung bình, $b/l \geq 0,85$

trong đó $SPHT = 4\pi A/P^2$, trong đó A là vùng được đo được bao phủ bằng phép chiếu hạt và P là chu vi/đường tròn được đo của phép chiếu hạt và độ cầu (SPHT) được đo bằng Camsizer theo tiêu chuẩn ISO 9276-6, và trong đó b là chiều rộng ngắn nhất của phép chiếu hạt và l là đường kính dài nhất.

Thậm chí có thể ít nhất 90% hạt bột này có kích cỡ nằm trong khoảng từ 10 đến 100 μ m và bột này đáp ứng ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

Phân bố kích cỡ bột (tính theo μ m): $10 \leq D_{10} \leq 30$

$$25 \leq D_{50} \leq 45$$

$$D_{90} \leq 70$$

Độ cầu trung bình, $SPHT \geq 0,90$

Tỷ lệ co trung bình, $b/l \geq 0,88$

Bột hợp kim sơ bộ nêu trên có thể được sử dụng để sản xuất vật phẩm bằng cách sử dụng phương pháp sản xuất phụ trợ. Vật phẩm này có thể đáp ứng ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

mạng chứa $\geq 80\%$ thể tích mactensit,

mạng chứa $\leq 5\%$ thể tích ferit delta,

mạng chứa 2 đến 20% thể tích austenit,

độ cứng của mạng nằm trong khoảng từ 34 đến 56 HRC,

kích cỡ của toàn bộ các hạt AlN $\leq 4\mu$ m,

trị số rãnh Charpy V vuông góc với hướng chế tạo ≥ 5 J,

độ bền kéo R_m vuông góc với hướng chế tạo ≥ 1600 MPa,

độ bền giới hạn nén $R_{c0,2}$ vuông góc với hướng chế tạo ≥ 1500 MPa,

độ bền giới hạn nén $R_{c0,2}$ vuông góc với hướng chế tạo cao hơn ít nhất 10% so với độ bền giới hạn kéo $R_{p0,2}$.

Tốt hơn nếu vật phẩm này ít nhất là một phần của khuôn chế tạo vật liệu dẻo và vật phẩm này có thể tùy ý đáp ứng ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

mạng chứa $\geq 85\%$ thể tích mactensit,

mạng chứa $\leq 2\%$ thể tích ferit delta,

mạng chứa 4 đến 15% thể tích austenit,

độ cứng của mạng nằm trong khoảng từ 40 đến 50 HRC,

trị số rãnh Charpy V vuông góc với hướng chế tạo ≥ 10 J.

Mô tả chi tiết sáng chế

Tầm quan trọng của các nguyên tố riêng biệt và tương tác của chúng với nhau cũng như các giới hạn của các thành phần hóa học của hợp kim được yêu cầu bảo hộ được mô tả vắn tắt dưới đây. Toàn bộ các tỷ lệ phần trăm cho thành phần hóa học của thép được tính theo% khối lượng trong toàn bộ bản mô tả. Lượng pha rắn được tính theo% thể tích. Các giới hạn trên và giới hạn dưới của các nguyên tố riêng biệt có thể được kết hợp một cách tùy ý trong phạm vi được thể hiện trong các điểm yêu cầu bảo hộ.

Cacbon (0,02 đến 0,04%)

Cacbon có tác dụng cải thiện độ bền và độ cứng thép. Tuy nhiên, khi hàm lượng cacbon quá cao, thép có thể khó gia công sau khi làm nguội từ gia công nóng. C cần được có mặt ở hàm lượng tối thiểu bằng 0,02%, tốt hơn nếu ít nhất bằng 0,025%. Giới hạn trên cho cacbon bằng 0,04%, tốt hơn nếu 0,035%. Hàm lượng chuẩn của nguyên tố này bằng 0,030%.

Silic (0,1 đến 0,4%)

Silic được sử dụng để khử oxy hóa. Si cũng là chất tạo ferit mạnh. Do đó, hàm lượng Si được giới hạn ở 0,45%. Giới hạn trên có thể bằng 0,40, 0,35, 0,34, 0,33, 0,32, 0,31, 0,30, 0,29 hoặc 0,28%. Giới hạn dưới có thể bằng 0,12, 0,14, 0,16, 0,18 hoặc 0,20%. Các khoảng ưu tiên nằm trong khoảng từ 0,15 đến 0,40% và nằm trong khoảng từ 0,20 đến 0,35%.

Mangan (0,1 đến 0,5%)

Mangan góp phần cải thiện khả năng tôi cứng của thép. Khi hàm lượng mangan quá thấp, thì khả năng tôi cứng có thể quá thấp. Với hàm lượng lưu huỳnh cao hơn, mangan ngăn ngừa độ giòn nóng trong thép. Do đó, mangan sẽ có mặt ở hàm lượng tối thiểu bằng 0,10%, tốt hơn nếu ít nhất bằng 0,15, 0,20, 0,25 hoặc 0,30%. Thép sẽ chứa tối đa 0,5% Mn, tốt hơn nếu tối đa 0,45, 0,40 hoặc 0,35%. Khoảng ưu tiên nằm trong khoảng từ 0,20 đến 0,40%.

Crom (11 đến 13%)

Crom sẽ có mặt ở hàm lượng ít nhất bằng 11% để tạo ra thép không gỉ và tạo ra khả năng tôi cứng thích hợp trên các mặt cắt lớn hơn trong quá trình xử lý nhiệt. Tuy nhiên, hàm lượng Cr cao có thể dẫn đến hình thành ferit ở nhiệt độ cao, sẽ làm giảm khả năng gia công nóng. Giới hạn dưới có thể bằng 11,2, 11,4, 11,6 hoặc 11,8%. Giới hạn trên Cr bằng 13% và hàm lượng Cr có thể được giới hạn ở hoặc bằng 12,8, 12,6, 12,4 hoặc 12,2%. Khoảng ưu tiên nằm trong khoảng từ 11,5 đến 12,5%.

Niken (7 đến 10%)

Niken là chất ổn định austenit, và ngăn ngừa hình thành ferit delta. Niken tạo ra khả năng tôi cứng và độ dai thích hợp cho thép. Niken cũng có lợi đối với khả năng gia công và khả năng đánh bóng của thép. Niken là thành phần cơ bản để tôi cứng kết tủa khi nguyên tố này cùng với Al tạo ra các hạt NiAl liên kim loại kích cỡ nhỏ trong quá trình già hóa. Tuy nhiên, hàm lượng bổ sung Ni quá lớn có thể dẫn đến lượng quá cao của austenit còn lại. Do đó, giới hạn dưới có thể bằng 7,2, 7,4, 7,6, 7,8, 8,0, 8,2, 8,4, 8,6, 8,8, 9,0 hoặc 9,1%. Giới hạn trên có thể bằng 10,0, 9,8, 9,6 hoặc 9,4%. Khoảng ưu tiên nằm trong khoảng từ 8,5 đến 10 hoặc 9,0 đến 9,5%.

Crom + Niken (19 đến 23%)

Để thu được độ bền và độ dai tối ưu, có mong muốn là tổng hàm lượng Cr và Ni nằm trong khoảng từ 19 đến 23%. Lượng thấp hơn có thể bằng 19,5, 20,0, 20,5, 20,6, 20,7, 20,8 hoặc 20,9% . Giới hạn trên có thể bằng 22,8, 22,7, 22,6, 22,5, 22,4, 22,3, 22,2, 22,1, 22,0, 21,9, 21,8, 21,7, 21,6, 21,5, 21,4 hoặc 21,3%. Khoảng ưu tiên nằm trong khoảng từ 20,5 đến 22,0%, tốt hơn nếu nằm trong khoảng từ 20,5 đến 22,0, tốt nhất nếu nằm trong khoảng từ 20,8 đến 21,7%.

Molypden (1 đến 25%)

Mo trong dung dịch rắn được biết là có tác dụng rất thích hợp đối với khả năng tôi cứng. Molypden là nguyên tố tạo cacbua mạnh và cũng là chất tạo ferit mạnh. Lượng Mo được kiểm soát trong mạng ngăn ngừa hình thành austenit nghịch đảo trong quá trình già hóa. Vì lý do này, lượng Mo cần nằm trong khoảng từ 1 đến 2%. Giới hạn dưới có thể bằng 1,1, 1,2, 1,3 hoặc 1,4%. Giới hạn trên có thể bằng 1,9, 1,8, 1,7, 1,6, hoặc 1,5%. Molypden cũng có thể được sử dụng ở các lượng cao hơn kết hợp với Bo để thu được lượng mong muốn của các borua cứng thuộc loại $M_2M'B_2$, trong đó M và M' là các kim loại. Trong trường hợp này, M là Mo và M' là Fe. Tuy nhiên, borua có thể chứa các lượng nhỏ của các nguyên tố khác như Cr và Ni. Tuy nhiên, borua sẽ được gọi đơn giản là Mo_2FeB_2 trong phần mô tả dưới đây. Do đó, hàm lượng molypden tối đa bằng 25%. Tuy nhiên, khi sử dụng các lượng Mo cao để tạo ra các borua, thì các lượng của Mo và B cần được cân bằng sao cho hàm lượng Mo trong dung dịch rắn trong mạng vẫn nằm trong khoảng từ 1 đến 2%.

Nhôm (1,4 đến 2,0%)

Nhôm được sử dụng để tôi cứng kết tủa kết hợp với Ni. Giới hạn trên được giới hạn ở 2,0% để ngăn ngừa hình thành quá nhiều ferit delta. Giới hạn trên có thể bằng 1,95, 1,90, 1,85, 1,80 hoặc 1,75%. Giới hạn dưới có thể bằng 1,45, 1,50, 1,55, 1,60 hoặc 1,65%.

Nitơ (0,01 đến 0,75%)

Nitơ là chất tạo austenit mạnh và cũng là chất tạo nitrua mạnh. Nitơ có thể được sử dụng ở hàm lượng lên đến 0,75% trong các hợp kim gia cường nhờ phân tán nitrua. Các hợp kim gia cường nhờ phân tán nitrua có thể được sản xuất bằng phương pháp tương tự như phương pháp sản xuất hợp kim gia cường nhờ phân tán oxit. Tuy nhiên, đối với các ứng dụng không có hợp kim gia cường nhờ phân tán nitrua, hàm lượng nitơ có thể được giới hạn ở 0,15%. Các tác giả sáng chế đã phát hiện thấy rằng nitơ có thể được bổ sung một cách có chủ ý vào thép mà không làm ảnh hưởng đến khả năng đánh bóng, với điều kiện kích cỡ của ít nhất 80% thể tích của các hạt AlN có mặt trong mạng được giới hạn ở không cao hơn $4\mu m$. Tốt hơn, nếu kích cỡ này có thể được giới hạn ở $3\mu m$, $2\mu m$ hoặc thậm chí $1\mu m$. Kích cỡ nhỏ của các nitrua cũng dẫn đến tác dụng làm sạch hạt. Do đó, giới hạn dưới cho Nitơ có thể bằng 0,011, 0,012, 0,013, 0,014, 0,015, 0,016, 0,017,

0,018, 0,019 hoặc 0,02%. Giới hạn trên có thể bằng 0,14, 0,12, 1,10, 0,08, 0,06, 0,05, 0,04 hoặc 0,03%. Tuy nhiên, khí vật liệu này ở dạng bột và được dự định để sản xuất khuôn bằng cách sử dụng phương pháp sản xuất phụ trợ, thì hàm lượng nitơ quá cao có thể dẫn đến lượng austenit còn lại quá cao. Do đó, đối với các ứng dụng mà ở đó lượng austenit trong cấu trúc được giới hạn, thì giới hạn trên của nitơ có thể được thiết lập đến 0,040, 0,035, 0,030, 0,025 hoặc 0,020%.

Đồng (0,05 đến 2,5%)

Cu là nguyên tố tùy ý, có thể góp phần làm tăng độ cứng và độ bền chịu ăn mòn của thép. Pha ϵ -Cu được tạo thành trong quá trình già hóa không những gia cường thép nhờ quá trình tôi cứng kết tủa, mà còn tác động đến động học kết tủa của các pha bên trong kim loại. Ngoài ra, có thể thấy rằng Cu được bổ sung dẫn đến sự phát triển chậm hơn của pha liên kim loại (NiAl) ở các nhiệt độ làm việc cao hơn. Giới hạn trên cho Cu có thể bằng 2,3, 2,1, 1,9, 1,7, 1,5, 1,3, 1,1, 0,9, 0,7, 0,5, 0,3 hoặc thậm chí 0,2%. Giới hạn dưới cho Cu có thể bằng 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8 hoặc 0,9%. Tuy nhiên, không thể phân tách đồng ra khỏi thép một khi nguyên tố này đã được bổ sung. Điều này khiến cho bước xử lý phế liệu trở nên khó khăn hơn. Vì lý do này, đồng là nguyên tố tùy ý và không cần được bổ sung. Hàm lượng tối đa cho phép của tạp chất này có thể bằng 0,2, 0,15 hoặc 0,10%.

Bo (0,002 đến 2,0%)

Bo là nguyên tố tùy ý có thể được sử dụng ở các lượng nhỏ để làm tăng khả năng tôi cứng và cải thiện khả năng chịu nóng của thép không gỉ. Do đó, giới hạn trên có thể được thiết lập đến 0,007, 0,006, 0,005 hoặc 0,004%. Bo cũng có thể được sử dụng ở các lượng lớn hơn làm nguyên tố tạo pha cứng. Do đó, hàm lượng B cần bằng ít nhất bằng 0,2% để tạo ra lượng tối thiểu bằng 3% pha cứng Mo_2FeB_2 . Lượng B được giới hạn ở 2,0% để không tạo ra hợp kim quá giòn. Giới hạn dưới có thể được thiết lập đến 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1,0, 1,1, 1,2, 1,3, 1,4 hoặc 1,5%. Giới hạn trên có thể được thiết lập đến 1,4, 1,5, 1,6, 1,7, 1,8 hoặc 1,9%.

Lưu huỳnh (0,01 đến 0,25%)

S có thể được bổ sung tùy ý để cải thiện khả năng gia công của thép. Khi S được sử dụng nhằm mục đích này, thì S được bổ sung một cách có chủ ý vào thép với lượng

nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,25%. Với lượng lưu huỳnh cao hơn thì có nguy cơ về độ giòn nóng. Ngoài ra, các lượng lưu huỳnh cao có thể có tác dụng bất lợi đến các đặc tính mỏi và khả năng đánh bóng của thép. Do đó, giới hạn trên của S sẽ bằng 0,25%, tốt hơn nếu 0,1%, tốt nhất nếu 0,03%. Khoảng ưu tiên nằm trong khoảng từ 0,015 đến 0,030%. Tuy nhiên, khi không được bổ sung một cách có chủ ý, thì lượng S được giới hạn ở hàm lượng tạp chất như được bộc lộ trong phần dưới đây.

Niobi ($\leq 0,01\%$)

Nb là chất tạo cacbua và nitrua. Do đó, hàm lượng nguyên tố này cần được giới hạn để ngăn ngừa hình thành các cacbua và nitrua không mong muốn. Do đó, lượng tối đa của Nb bằng 0,01%. Tốt hơn nếu Nb được giới hạn ở 0,005%.

Ti, Zr, Ta, Hf và Y ($\leq 2\%$)

Các nguyên tố này có thể tạo ra các hợp chất với C, B, N và/hoặc O. Các nguyên tố này có thể được sử dụng để tạo ra hợp kim gia cường nhờ phân tán oxit hoặc hợp kim gia cường nhờ phân tán nitrua. Do đó, giới hạn trên bằng 2% đối với mỗi nguyên tố trong số các nguyên tố này. Giới hạn trên có thể bằng 1,5, 1,0, 0,5 hoặc 0,3%. Tuy nhiên, nếu các nguyên tố này không được bổ sung một cách có chủ ý để tạo ra hợp kim gia cường nhờ phân tán oxit, thì giới hạn trên có thể bằng 0,1, 0,05, 0,01 hoặc 0,005%.

Ca, Mg, O và REM (các kim loại đất hiếm)

Các nguyên tố này có thể được bổ sung tùy ý vào thép ở các lượng được yêu cầu bảo hộ vì các lý do khác nhau. Các nguyên tố này thường được sử dụng để thay đổi sự có mặt của thành phần phi kim và/hoặc tiếp tục cải thiện khả năng chế tạo, khả năng gia công nóng và/hoặc khả năng hàn của thép. Tốt hơn nếu hàm lượng oxy được giới hạn ở 0,03%. Tuy nhiên, khi oxy được sử dụng để tạo ra hợp kim gia cường nhờ phân tán oxit, thì giới hạn trên có thể bằng 0,80%. Oxit có thể được trộn lẫn với bột đã được tạo ra tại chỗ, ví dụ bằng phương pháp phun sương khí, cụ thể bằng cách sử dụng phản ứng tổng hợp phun sương khí hoặc trong phương pháp sản xuất phụ trợ, cụ thể thông qua phản ứng trong môi trường không khí trong phương pháp lắng phủ lim loại.

Các nguyên tố tạp chất

P, S và O là các tạp chất chính, có thể có tác dụng bất lợi đến đặc tính cơ học của thép. Do đó, P có thể được giới hạn ở 0,05, 0,04, 0,03 0,02 hoặc 0,01%. Khi lưu huỳnh

không được bổ sung một cách có chủ ý, thì hàm lượng tạp chất S có thể được giới hạn ở 0,05, 0,04, 0,003, 0,001, 0,0008, 0,0005 hoặc thậm chí 0,0001%.

Các hợp kim theo sáng chế có thể được sản xuất bằng phương pháp thích hợp bất kỳ. Ví dụ không giới hạn về các phương pháp thích hợp bao gồm:

A) Phương pháp luyện kim nóng chảy thông thường, sau đó thực hiện bước đúc và gia công nóng.

B) Phương pháp luyện kim bột.

Các bột được sản xuất bằng phương pháp luyện kim bột có thể được sản xuất bằng phương pháp phun sương khí hoặc nước thép hợp kim sơ bộ. Các bột này có thể được sử dụng để phun nhiệt, hàn phủ, sản xuất phụ trợ hoặc đúc áp lực kim loại.

Tuy nhiên, khi bột sẽ được sử dụng để sản xuất phụ trợ, thì phương pháp phun sương khí là phương pháp phun sương ưu tiên, do việc sử dụng kỹ thuật quan trọng, mà tạo ra các hạt bột có độ cầu cao và lượng tạp chất thấp. Cụ thể là, phương pháp phun sương khí ghép kín có thể được sử dụng cho mục đích này.

Các bột được sản xuất bằng phương pháp luyện kim bột có thể được hóa cứng bằng phương pháp ép nóng đẳng áp và/hoặc phương pháp ép đùn. Các vật liệu có thể được sử dụng dưới dạng thu gọn hoặc sau khi gia công nóng tiếp theo.

Kích cỡ tối đa của các hạt bột thường được giới hạn ở 500µm và, phụ thuộc vào mục đích sử dụng mong muốn, các phân đoạn bột cụ thể có thể được sử dụng. Đối với khoảng kích cỡ tối đa AM nằm trong khoảng từ 5 đến 150µm, và khoảng kích cỡ ưu tiên nằm trong khoảng từ 10 đến 100µm với kích cỡ trung bình nằm trong khoảng từ 25 đến 45µm. Đối với kích cỡ tối đa ưu tiên MIM bằng 50µm, để phun nhiệt, các khoảng ưu tiên nằm trong khoảng từ 32 đến 125µm và nằm trong khoảng từ 20 đến 90µm và để hàn phủ khoảng ưu tiên nằm trong khoảng từ 45 đến 250µm.

Các phương pháp sản xuất phụ trợ được quan tâm hàng đầu là phương pháp lắng phủ lim loại lỏng, phương pháp nóng chảy chọn lọc bằng laze và phương pháp nóng chảy bằng chùm điện tử. Các đặc tính bột cũng là quan trọng đối với phương pháp sản xuất phụ trợ. Phân bố kích cỡ bột được đo bằng Camsizer theo tiêu chuẩn ISO 4497 cần đáp ứng các yêu cầu sau (tính theo µm):

$$5 \leq D_{10} \leq 35$$

$$20 \leq D_{50} \leq 55$$

$$D_{90} \leq 80$$

Tốt hơn nếu bột cần đáp ứng các yêu cầu về kích cỡ sau (tính theo μm):

$$10 \leq D_{10} \leq 30$$

$$25 \leq D_{50} \leq 45$$

$$D_{90} \leq 70$$

Thậm chí được ưu tiên hơn nếu phân đoạn kích cỡ thô D_{90} được giới hạn ở $\leq 60\mu\text{m}$ hoặc thậm chí $\leq 55\mu\text{m}$.

Độ cầu của bột cần là cao. Độ cầu có thể là đo được bằng Camsizer và xác định theo tiêu chuẩn ISO 9276-6. $SPHT = 4\pi A/P^2$, trong đó A là vùng được đo được bao phủ bằng phép chiếu hạt và P là chu vi/đường tròn được đo của phép chiếu hạt. SPHT trung bình cần ít nhất bằng 0,80 và tốt hơn nếu có thể ít nhất bằng 0,85, 0,90, 0,91, 0,92, 0,93, 0,94 hoặc thậm chí 0,95. Ngoài ra, không nhiều hơn 5% hạt cần có $SPHT \leq 0,70$. Tốt hơn nếu trị số này cần nhỏ hơn 0,70, 0,65, 0,55 hoặc thậm chí 0,50. Ngoài SPHT, tỷ lệ co có thể được sử dụng trong các hạt bột đang phân loại. Tỷ lệ co được xác định là b/l , trong đó b là chiều rộng ngắn nhất của phép chiếu hạt và l là đường kính dài nhất. Tốt hơn nếu tỷ lệ co trung bình cần ít nhất bằng 0,85 hoặc tốt hơn nữa nếu 0,86, 0,87, 0,88, 0,89, hoặc 0,90.

Hợp kim theo sáng chế là thép tôi cứng kết tủa có mạng mactensit, có thể chứa các thành phần vi cấu trúc khác như ferit và austenit delta. Austenit có thể chứa austenit còn lại và/hoặc austenit nghịch đảo.

Hợp kim theo sáng chế có thể được tôi cứng bằng cách hóa già ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 425°C đến 600°C đến độ cứng mong muốn nằm trong khoảng từ 34 đến 56 HRC.

Tốt hơn nếu lượng ferit delta cần được giới hạn ở $\leq 7\%$ thể tích, tốt hơn nếu $\leq 5\%$ thể tích, tốt hơn nữa nếu $\leq 3\%$ thể tích để không làm ảnh hưởng đến khả năng gia công nóng.

Austenit bao gồm austenit còn lại và/hoặc austenit nghịch đảo, được gọi chung là austenit trong phần mô tả dưới đây. Bột hợp kim sơ bộ được sản xuất bằng phương pháp

phun sương có thể chứa các lượng austenit đáng kể nhưng lượng austenit trong các chi tiết thành phẩm có thể được giảm đến mức thấp hơn nhờ xử lý nhiệt và/hoặc hóa già dung dịch, khi lo ngại rằng hàm lượng austenit quá cao đến mức có thể dẫn đến các vấn đề, ví dụ đối với độ ổn định kích cỡ. Do đó, lượng austenit trong vi cấu trúc có thể được giới hạn ở 22, 20, 18, 16, 14, 12, 10, 8, 6, 4 hoặc 2% thể tích. Tuy nhiên, austenit có tác dụng có lợi đối với đặc tính cơ học của vật liệu, cụ thể độ dai, và do đó, thành phần vi cấu trúc được mong muốn trong nhiều ứng dụng.

Hợp kim theo sáng chế có thể được tôi cứng bằng cách hóa già ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 425°C đến 600°C đến độ cứng mong muốn nằm trong khoảng từ 34 đến 56 HRC.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1

Quy trình xử lý thông thường.

Hợp kim được sản xuất bằng phương pháp nấu chảy cảm ứng, đúc và tạo thỏi thông thường. Hợp kim này có thành phần (% khối lượng): C: 0,03, Si: 0,3, Mn: 0,2, Cr: 12,0, Ni: 9,3, Mo: 1,4, Al: 1,7, N: 0,017, lượng còn lại là Fe và các tạp chất. Hợp kim theo sáng chế là tương đương với thép có bán trên thị trường thuộc loại thép PH 13-8Mo (Böhler N709). Hợp kim so sánh có thành phần chuẩn sau (% khối lượng): C: 0,03, Si: ≤ 0,08, Mn: ≤ 0,08, Cr: 12,7, Ni: 8,1, Mo: 2,2, Al: 1,1, lượng còn lại là Fe.

Hợp kim theo sáng chế khác với thép so sánh chủ yếu về các lượng lớn hơn của Mn, Si, Al và N và các lượng thấp hơn của Mo được hòa tan trong mạng.

Thép theo sáng chế và thép so sánh đều được tôi cứng đến độ cứng 50 HRC và đánh giá bằng thử nghiệm va đập không tạo rãnh sử dụng kích cỡ mẫu tiêu chuẩn bằng 10mm x 10mm x 55mm. Hợp kim theo sáng chế được xác định là có độ bền va đập không tạo rãnh bằng 255 J, trong khi đó độ bền va đập của thép đã biết chỉ bằng 120 J. Nguyên nhân cho sự khác biệt này hiện nay chưa được hiểu hoàn toàn. Tuy nhiên, có thể thấy rằng các chênh lệch nhỏ trong thành phần mạng dẫn đến các chênh lệch trong động học kết tủa sao cho kiểu và phân bố của các phần kết tủa là khác nhau. Hàm lượng Mo thấp cũng có thể dẫn đến làm giảm nguy cơ hình thành austenit nghịch đảo trong quá trình gia công nhiệt và nhờ đó cũng giảm nguy cơ kết tủa của các cacbua giàu Mo và Cr.

Al được bổ sung có thể dẫn đến tinh luyện hạt mà có lợi cho độ bền. Do đó, có thể thấy theo cách tin cậy rằng một hoặc nhiều yếu tố trong số các yếu tố này theo dạng kết hợp dẫn đến cải thiện độ bền của thép theo sáng chế.

Ví dụ 2

Sản xuất bột

Hợp kim cơ bản có thành phần tương tự như hợp kim theo ví dụ 1 được sản xuất bằng phương pháp nấu chảy cảm ứng, đúc và tạo thỏi thông thường. Thanh hợp kim được nấu chảy lại bằng phương pháp nấu chảy lại bằng dòng điện được xử lý bằng bước nấu chảy cảm ứng chân không và xử lý phun sương khí ghép kín để thu được bột thích hợp để sản xuất phụ trợ. Tỷ số khối lượng của khí so với kim loại trong phương pháp phun sương bằng 3:1. Để tránh nhiễm tạp chất oxy, khí nitơ có độ tinh khiết cao (6N) được sử dụng để phun sương. Các hạt thu được được kiểm tra về kích cỡ và hình dạng bằng phương pháp xử lý hình ảnh động học theo tiêu chuẩn ISO 13322-2. Bột được sàng để loại bỏ các hạt lớn hơn 50 μ m và nhỏ hơn 20 μ m. Bột đã được sàng được xác định là có phân bố kích cỡ như sau: D10: 23 μ m, D50: 34 μ m và D90: 49 μ m. Độ cầu trung bình bằng 0,95 và tỷ lệ co trung bình bằng 0,93. Bột này có hàm lượng oxy bằng 0,021% và hàm lượng nitơ bằng 0,013%. Hình thái học của bột này được kiểm tra bằng kính hiển vi điện tử quét và bột này được quan sát là hầu như có dạng hình cầu hoàn toàn với lượng tạp chất rất nhỏ. Tỷ trọng biểu kiến (AD) bằng 4,3g/cm³ và tỷ trọng nén (TD) bằng 5,2g/cm³. Do đó, bột đã được sản xuất được kỳ vọng là sẽ thích hợp để sản xuất phụ trợ.

Ví dụ 3

Sản xuất phụ trợ

Độ thích hợp của bột này để sản xuất phụ trợ được thử nghiệm bằng cách tạo một phần bằng SLM trong hệ EOS M290 bằng cách sử dụng các thông số quy trình sau: Chiều dày lớp bằng 30 μ m, bột laze 170 W, tốc độ quét bằng 1250mm/giây, khoảng cách đường gạch bóng bằng 0,1mm. Chế độ đường gạch bóng là các vạch. Các mẫu đã được tạo thu được như vậy có tỷ trọng bằng 99,4% tỷ trọng lý thuyết (TD) và độ cứng bằng 35 HRC ở nhiệt độ phòng. Lượng austenit bằng khoảng 23% trong mẫu. Việc kiểm tra trong SEM bằng cách sử dụng EBSD cho thấy rằng pha austenit có kích cỡ rất mịn về và được phân tán ở các ranh giới của các khối mactensit. Độ ảnh hưởng của bước xử lý nhiệt mẫu

đã được tạo ra được kiểm tra. Sau khi hóa già ở 525°C trong 4 giờ, lượng austenit được giảm đến 16% thể tích. Tuy nhiên, bước xử lý dung dịch trung gian ở 850°C trong 30 phút lượng austenit được giảm đến 4% thể tích. Độ cứng của dung dịch đã ủ và mẫu đã được hóa già bằng 50 HRC. Do đó, mẫu được ủ dung dịch và hóa già có độ cứng bằng độ cứng của mẫu được sản xuất thông thường theo ví dụ 1. Nguyên nhân cho điều này có thể là mẫu được sản xuất thông thường cũng có hàm lượng austenit bằng khoảng 4% thể tích. Do đó, cần so sánh đặc tính cơ học của mẫu sản xuất phụ trợ được xử lý thông thường và hóa già với các đặc tính của thép được sản xuất thông thường theo ví dụ 1. Độ bền và độ giãn được đo bằng thử nghiệm ứng suất một trục và độ dai va đập được đo bằng thử nghiệm tạo rãnh V Charpy. Các kết quả được thể hiện trong bảng 1. Có thể thấy rằng vật liệu được sản xuất bằng phương pháp sản xuất phụ trợ có độ dai va đập cao hơn đáng kể so với vật liệu được sản xuất thông thường và các trị số cơ học khác có thể tương đương.

Bảng 1. Các kết quả của thử nghiệm cơ học.

Mẫu	R _m (MPa)	R _{p02} (MPa)	Độ giãn A5 (%)	Độ dai va đập (J)
Mẫu thông thường (ví dụ 1)	1700	1600	10	3 (S-T) 6 (L-T)
Mẫu sản xuất phụ trợ (ví dụ 3), vuông góc với tấm được chế tạo	1700	1640	9	19
Mẫu sản xuất phụ trợ (ví dụ 3), song song với tấm được chế tạo	1650	1560	10	22

Thử nghiệm ăn mòn và mòn cho thấy rằng hai vật liệu này đều có chất lượng tốt tương đương. Khả năng đánh bóng cũng được đánh giá và đã thấy rằng vật liệu theo phương pháp sản xuất phụ trợ có khả năng đánh bóng cao. Có thể đạt được chất lượng bề mặt đánh bóng cao thích hợp tương đương đối với cả hai vật liệu, mặc dù hàm lượng oxy cao hơn khoảng 10 lần đối với vật liệu theo phương pháp sản xuất phụ trợ. Tuy nhiên, đã phát hiện thấy rằng vật liệu theo phương pháp sản xuất phụ trợ dễ đánh bóng hơn nhiều ở chỗ vật liệu theo phương pháp sản xuất phụ trợ có thể được đánh bóng đến độ bóng giống nhau với số bước ít hơn trong thời gian ngắn hơn.

Khả năng ứng dụng công nghiệp

Thép theo sáng chế hữu ích để sản xuất khuôn kích cỡ lớn yêu cầu độ bền chịu ăn mòn thích hợp và độ cứng đồng đều. Cụ thể, thép theo sáng chế có thể được sử dụng để sản xuất vật phẩm bằng phương pháp sản xuất phụ trợ.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thép để sản xuất khuôn chế tạo vật liệu dẻo, trong đó thép này cấu thành từ các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

	Tối thiểu	Tối đa
C	0,02	0,04
Si	0,1	0,4
Mn	0,1	0,5
Cr	11	13
Ni	7,8	10
Cr+Ni	19,5	23
Mo	1	25
Al	1,4	2,0
N	0,01	0,75
tùy ý		
Cu	0,05	2,5
B	0,002	2,0
S	0,01	0,25
Nb		0,01
Ti		2
Zr		2
Ta		2
Hf		2
Y		2
Ca	0,0003	0,009
Mg		0,01
O	0,003	0,80
REM		0,2
lượng còn lại là Fe và các tạp chất.		

2. Thép theo điểm 1, trong đó thép này đáp ứng ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

	Tối thiểu	Tối đa
C	0,025	0,035
Si	0,15	0,40
Mn	0,15	0,50
Cr	11,5	12,5
Ni	8,5	10,0
Cr+Ni	20	23
Mo	1,0	2,0
Al	1,5	1,9
N	0,01	0,15
S	0,01	0,03

và/hoặc thép có độ cứng trung bình nằm trong khoảng từ 320 đến 510 HBW_{10/3000}, trong đó thép này có chiều dày ít nhất bằng 100mm và độ lệch tối đa so với trị số độ cứng Brinell trung bình theo hướng chiều dày được đo theo tiêu chuẩn ASTM E10-01 nhỏ hơn 10%, tốt hơn nếu nhỏ hơn 5%, và trong đó khoảng cách tối thiểu của tâm của vết lõm từ

mép của mẫu hoặc mép của vết lõm khác sẽ ít nhất bằng 2,5 lần đường kính của vết lõm và khoảng cách tối đa sẽ không cao hơn 4 lần đường kính của vết lõm, và/hoặc có độ sạch đáp ứng các yêu cầu tối đa sau đối với xỉ siêu nhỏ theo tiêu chuẩn ASTM E45-97, phương pháp A:

A	A	B	B	C	C	D	D
T	H	T	H	T	H	T	H
1,0	0	1,5	1,0	0	0	1,5	1,0.

3. Thép theo điểm 1 hoặc 2, trong đó thép này không được tạo hợp kim với S và đáp ứng ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

	Tối thiểu	Tối đa
N	0,01	0,04
Cu	0,5	2,1
Cr+Ni	20,5	22,0
Mo	1,2	1,6
S		0,01
Ti		0,01
Zr		0,01
Ta		0,01
Hf		0,01
Y		0,01

trong đó vi cấu trúc đáp ứng ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

mạng chứa $\geq 75\%$ thể tích mactensit,

mạng chứa $\leq 7\%$ thể tích ferit delta,

mạng chứa 2 - 22% thể tích austenit,

độ cứng của mạng nằm trong khoảng từ 40 đến 56 HRC,

kích cỡ của toàn bộ các hạt AlN $\leq 4\mu\text{m}$,

độ dai va đập không tạo rãnh $\geq 200 \text{ J}$,

độ bền giới hạn nén $R_{c0,2}$ cao hơn từ 10% đến 30% so với độ bền giới hạn kéo $R_{p0,2}$.

4. Thép theo điểm 1, trong đó thép này đáp ứng các yêu cầu sau:

	Tối thiểu	Tối đa
C	0,025	0,035
Si	0,15	0,40
Mn	0,15	0,50
Cr	11,5	12,5

Ni	8,5	10,0
Cr+Ni	20	23
Mo	1,0	2,0
Al	1,5	1,9
N	0,01	0,15

trong đó vi cấu trúc đáp ứng ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

mạng chứa $\geq 80\%$ thể tích mactensit,

mạng chứa 4 - 20% thể tích austenit.

5. Bột hợp kim sơ bộ được tạo ra từ thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4.

6. Bột hợp kim sơ bộ theo điểm 5, trong đó bột này được sản xuất bằng phương pháp phun sương khí, ít nhất 80% hạt bột này có kích cỡ nằm trong khoảng từ 5 đến 150 μm và trong đó bột này đáp ứng ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

Phân bố kích cỡ bột (tính theo μm): $5 \leq D_{10} \leq 35$

$20 \leq D_{50} \leq 55$

$D_{90} \leq 80$

Độ cầu trung bình, SPHT $\geq 0,85$

Tỷ lệ co trung bình, $b/l \geq 0,85$

trong đó $SPHT = 4\pi A/P^2$, trong đó A là vùng được đo được bao phủ bằng phép chiếu hạt và P là chu vi/đường tròn được đo của phép chiếu hạt và độ cầu (SPHT) được đo bằng Camsizer theo tiêu chuẩn ISO 9276-6, và trong đó b là chiều rộng ngắn nhất của phép chiếu hạt và l là đường kính dài nhất.

7. Bột hợp kim sơ bộ theo điểm 6, trong đó ít nhất 90% hạt bột này có kích cỡ nằm trong khoảng từ 10 đến 100 μm và trong đó bột này đáp ứng ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

Phân bố kích cỡ bột (tính theo μm): $10 \leq D_{10} \leq 30$

$25 \leq D_{50} \leq 45$

$D_{90} \leq 70$

Độ cầu trung bình, SPHT $\geq 0,90$

Tỷ lệ co trung bình, $b/l \geq 0,88$.

8. Vật phẩm được sản xuất bằng phương pháp sản xuất phụ trợ sử dụng bột hợp kim sơ bộ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 5 đến 7, trong đó vật phẩm này đáp ứng ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

mạng chứa $\geq 80\%$ thể tích mactensit,

mạng chứa $\leq 5\%$ thể tích ferit delta,

mạng chứa 2 - 22% thể tích austenit,

độ cứng của mạng nằm trong khoảng từ 34 đến 56 HRC,

kích cỡ của toàn bộ các hạt $AlN \leq 4\mu m$,

trị số rãnh Charpy V vuông góc với hướng chế tạo $\geq 5 J$,

độ bền kéo R_m vuông góc với hướng chế tạo $\geq 1600 MPa$,

độ bền giới hạn nén $R_{c0,2}$ vuông góc với hướng chế tạo $\geq 1500 MPa$,

độ bền giới hạn nén $R_{c0,2}$ vuông góc với hướng chế tạo cao hơn ít nhất 10% so với độ bền giới hạn kéo $R_{p0,2}$.

9. Vật phẩm theo điểm 8, trong đó vật phẩm này ít nhất là một phần của khuôn chế tạo vật liệu dẻo và trong đó vật phẩm này tùy ý đáp ứng ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

mạng chứa $\geq 85\%$ thể tích mactensit,

mạng chứa $\leq 2\%$ thể tích ferit delta,

mạng chứa 4 - 15% thể tích austenit,

độ cứng của mạng nằm trong khoảng từ 40 đến 50 HRC,

trị số rãnh Charpy V vuông góc với hướng chế tạo $\geq 10 J$,

và/hoặc vật phẩm này có độ sạch đáp ứng các yêu cầu tối đa sau đối với xỉ siêu nhỏ theo tiêu chuẩn ASTM E45-97, phương pháp A:

A	A	B	B	C	C	D	D
T	H	T	H	T	H	T	H
1,0	0	1,5	1,0	0	0	1,5	1,0.