



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0040195

(51)^{2020.01} C22C 28/00; C21C 7/06; C22C 35/00; (13) B
C22C 33/00; C21C 1/10

(21) 1-2020-07216

(22) 07/06/2019

(86) PCT/NO2019/050116 07/06/2019

(87) WO2019/240589 19/12/2019

(30) 20180804 11/06/2018 NO

(45) 25/06/2024 435

(43) 25/06/2021 399

(73) ELKEM ASA (NO)

Drammensveien 169, 0277 OSLO, Norway

(72) DIEUDONNE, Amélie (FR); KLEVAN, Ole Svein (NO).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) HỢP KIM GỐC SILIC VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT HỢP KIM GỐC SILIC

(57) Sáng chế đề cập đến hợp kim gốc silic chứa từ 45% đến 95% khối lượng Si; tối đa 0,05% khối lượng C; 0,4-30% khối lượng Cr; 0,01-10% khối lượng Al; 0,01-0,3% khối lượng Ca; tối đa 0,10% khối lượng Ti; tối đa 25% khối lượng Mn; 0,005-0,07% khối lượng P; 0,001-0,02% khối lượng S; phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên ở lượng thông thường và phương pháp sản xuất hợp kim nói trên.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hợp kim gốc silic có chứa crom, phương pháp để sản xuất và sử dụng hợp kim này. Sáng chế cũng đề cập đến hợp kim gốc silic có chứa crom và mangan, phương pháp để sản xuất và sử dụng hợp kim này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Ferosilic (FeSi) là hợp kim của silic và sắt, là chất phụ gia quan trọng để sản xuất các sản phẩm thép. Các hợp kim này thường được gọi là hợp kim ferosilic, nhưng khi hàm lượng silic cao và/hoặc khi hàm lượng nguyên tố hợp kim cao, sẽ có lượng sắt rất nhỏ trong hợp kim đó. Vì vậy, thuật ngữ hợp kim silic (Si) cũng được sử dụng để biểu thị các hợp kim này. Silic ở dạng ferosilic được sử dụng để loại bỏ oxy ra khỏi thép, và sử dụng dưới dạng nguyên tố hợp kim giúp cải thiện chất lượng cuối cùng của thép. Silic làm tăng độ bền và khả năng chống mài mòn, độ đàn hồi (thép lò xo), khả năng chống đóng cặn (thép chịu nhiệt), giảm độ dẫn điện và sự từ giảo (thép kỹ thuật điện). Xem ví dụ về đặc tính của ferosilic trong lĩnh vực kỹ thuật trước đây do Elkem sản xuất trong bảng 1. Ferosilic đặc biệt như LA1 (ít nhôm), HP/SHP (Độ tinh khiết cao/Độ bán tinh khiết cao) và ferosilic LC (cacbon thấp) được sử dụng để sản xuất thép có đặc tính đặc biệt, như thép kỹ thuật điện, thép không gỉ, thép chịu lực, thép lò xo và thép dây lốp.

Bảng 1: Ví dụ về đặc tính trong hợp kim ferosilic (tất cả tính theo% khối lượng)

Đặc tính	Si	Al tối đa	Ti tối đa	C tối đa
FeSi chuẩn	74-78	1,5	0,1	0,1
LC FeSi	74-78	1,0	0,1	0,02
LAI FeSi	74-78	0,1	0,1	0,04
SHP FeSi	74-78	0,1	0,05	0,02
HP FeSi	74-78	0,05	0,02	0,02

Ferocrom là hợp kim của crom và sắt, có mức Cr thường từ 50% đến 70% khối lượng tùy loại.

Nguyên tố tạp chất chính trong hợp kim ferocrom là cacbon có thể từ 0,03 đến tối đa 9,5% khối lượng. Ví dụ về hợp kim Cr thương mại là ferocrom cacbon cao (HC FeCr) có hàm lượng cacbon thường lên đến 8% khối lượng, crom tích điện (chCr) thường lên đến 9,5% khối lượng C, ferocrom cacbon trung bình (MC FeCr) thường là 1-2% khối lượng C và có 5 loại ferocrom cacbon thấp khác nhau (LC FeCr) từ tối đa 0,1% khối lượng C đến tối đa 0,03% khối lượng C. Có thể có các hợp kim khác có hàm lượng cacbon khác nhau lên đến 9,5% khối lượng. FeSiCr chủ yếu được sử dụng làm nguyên liệu thô trong sản xuất LC FeCr, nhưng cũng có thể được sử dụng trực tiếp bởi các nhà sản xuất thép làm nguồn cung cấp đơn vị Si và Cr. Nguyên liệu này thường có hàm lượng Cr trên 30% khối lượng và hàm lượng Si từ 30% đến 50%, còn hàm lượng o cacbon có thể đảm bảo ở mức tối đa 0,05%. Bảng 2 bên dưới minh họa ví dụ về hợp kim ferocrom và FeSiCr thương mại được sử dụng trong ngành sản xuất thép.

Bảng 2: Ví dụ về hợp kim ferocrom và FeSiCr thương mại (tất cả tính bằng% khối lượng)

Hợp kim	Cr	C tối đa	P tối đa	Si tối đa	S tối đa	Nguồn
Cr điện tích	Tối thiểu 53	9,5	0,020	1,00	0,015	metcoindia
HC FeCr	50-55	8,0	0,03	4,00	0,04	metcoindia
MC FeCr	Tối thiểu 53	2,0	0,028	0,5	0,03	metcoindia
LC FeCr 0,10%C	Tối thiểu 60	0,10	0,03	1,0	0,03	metcoindia
LC FeCr 0,03%C	Tối thiểu 60	0,03	0,03	1,0	0,03	metcoindia
FeSiCr	31	0,10	0,03	47	0,02	Jayesh
FeSiCr33	Tối thiểu 40	0,9	0,03	30,0-37,0	0,02	ProEnergTrading
FeSiCr40	Tối thiểu 35	0,2	0,03	37,0-45,0	0,02	ProEnergTrading

Ferocrom chủ yếu được sử dụng trong sản xuất thép không gỉ ở dạng HC FeCr hoặc chCr, vì các loại thép không gỉ chứa tối thiểu 10,5% khối lượng Cr. Đây là mức tối thiểu cần thiết để tạo ra đặc tính không gỉ cho thép. Nhiều loại thép khác có chứa thêm Cr, chủ yếu trong khoảng từ 0,5% đến 2% khối lượng, vì việc thêm Cr giúp tăng độ cứng và khả năng chống đóng cặn. Ví dụ về các loại thép này là thép công cụ, thép chịu nhiệt, thép có độ bền cao. Các nhà sản xuất thép có xu hướng sử dụng càng nhiều loại thép ferocrom cacbon cao càng tốt, vì chúng có giá trên mỗi đơn vị Cr thấp nhất. Tuy nhiên, đối với một số trường hợp áp dụng, phải sử dụng loại ferocrom cacbon trung bình và cacbon thấp, đặc biệt khi được thêm vào các bước cuối cùng của quy trình sản xuất thép, khi hàm lượng cacbon cần được kiểm soát chính xác.

Ngoài ra, các loại thép thường chứa Mn, trong khoảng từ 0,2% đến 2% khối lượng, vì mangan là nguyên tố hợp kim giúp cải thiện đặc tính cuối cùng của thép, như độ dẻo và độ bền. Do đó, nhiều loại thép chứa đồng thời cả Cr và Mn dưới dạng nguyên tố hợp kim, như thép lò xo và thép công cụ. Một ví dụ khác là các loại thép không gỉ dòng 200, trong đó hàm lượng Mn có thể cao bằng 10 hoặc thậm chí bằng 15% khối lượng với mức Cr lên đến 20% khối lượng.

Ví dụ về hợp kim Mn thương mại sử dụng trong sản xuất thép là feromangan cacbon cao (HC FeMn), thường có hàm lượng cacbon từ 6% đến 8% khối lượng, feromangan cacbon trung bình (MC FeMn) thường có 1-2% khối lượng C và feromangan cacbon thấp (LCFeMn) có khoảng 0,5% khối lượng C. Ngoài ra còn có mangan điện phân có tối đa 0,04% khối lượng C. Có thể có các hợp kim khác với hàm lượng cacbon khác nhau lên đến 8%. Cũng cần lưu ý rằng hàm lượng cacbon thấp nhất trong hợp kim Mn được tìm thấy trong mangan điện phân - quá trình sản xuất được cho là gây ra các vấn đề về môi trường và sản xuất rất tốn kém. Bảng 3 bên dưới minh họa ví dụ về các hợp kim mangan thương mại sử dụng trong ngành công nghiệp sản xuất thép.

Bảng 3: Ví dụ về hợp kim mangan thương mại (tất cả tính bằng% khối lượng)

Hợp kim	Mn	C tối đa	P tối đa	Si tối đa	S tối đa	Nguồn
HC FeMn	Tối thiểu 78	6,5-7,5	0,20	0,3	0,01	Eramet
MC FeMn	80-83	1,5	0,20	0,6	0,01	Eramet
LC FeMn	80-83	0,5	0,20	0,6	0,01	Eramet
Điện phân kim loại Mn	Tối thiểu 99,7	0,04	0,005	NA	0,05	Changsha Xinye Ind. Co. Ltd (Công ty TNHH Changsha Xinye Ind.)
Silicothermic kim loại Mn	Tối thiểu 95	0,2	0,07	1,8	0,05	Doanh nghiệp Felman

Do đó, mục tiêu của sáng chế là đề xuất hợp kim gốc silic mới có hàm lượng cacbon thấp dành cho ngành công nghiệp sản xuất thép.

Một mục tiêu khác là đề xuất phương pháp sản xuất hợp kim gốc Si đã nêu.

Một mục tiêu khác nữa là đề xuất cách sử dụng hợp kim gốc Si đã nêu.

Những ưu điểm của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng trong phần mô tả sau đây.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo phương án thứ nhất, sáng chế đề cập đến hợp kim gốc silic chứa từ 45% đến 95% khối lượng Si;

tối đa 0,05% khối lượng C;

0,4-30% khối lượng Cr;

0,01-10% khối lượng Al;

0,01-0,3% khối lượng Ca;

tối đa 0,10% khối lượng Ti;

tối đa 25% khối lượng Mn;

0,005-0,07% khối lượng P;

0,001-0,02% khối lượng S;

phần còn lại là Fe và tạp chất ngẫu nhiên ở lượng thông thường.

Theo phương án, hợp kim gốc silic bao gồm từ 50% đến 80% khối lượng Si.

Theo một phương án khác, hợp kim gốc silic bao gồm từ 64% đến 78% khối lượng Si.

Theo phương án, hợp kim gốc silic bao gồm tối đa 0,03% khối lượng C.

Theo phương án, hợp kim gốc silic bao gồm 0,01-0,1% khối lượng Ca.

Theo phương án, hợp kim gốc silic bao gồm tối đa 0,06% khối lượng Ti.

Theo phương án, hợp kim gốc silic bao gồm từ 0,04% đến 0,3% khối lượng Mn.

Theo phương án, hợp kim gốc silic bao gồm từ 0,3% đến 25% khối lượng Mn.

Theo phương án, hợp kim gốc silic bao gồm từ 1% đến 20% khối lượng Cr.

Theo phương án thứ hai, sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất hợp kim gốc silic như đã xác định ở trên, trong đó phương pháp này bao gồm bước cung cấp hợp kim ferosilic gốc lỏng, bước thêm nguồn Cr và nguồn Mn tùy chọn vào ferosilic lỏng nói trên, qua đó thu được mẻ nấu chảy, và bước tinh chế mẻ nấu chảy đã thu được. Bước tinh chế này bao gồm bước loại bỏ hạt cacbua silic đã tạo thành trước và/hoặc trong quá trình đúc mẻ nấu chảy nói trên.

Theo phương án, nguồn Cr đã thêm vào ở dạng hợp kim ferocrom cacbon cao, hợp kim ferocrom cacbon trung bình, hợp kim ferocrom cacbon thấp, kim loại Cr hoặc hỗn hợp của chúng.

Theo phương án, nguồn Mn đã thêm vào ở dạng hợp kim feromangan cacbon cao, hợp kim feromangan cacbon trung bình, hợp kim feromangan cacbon thấp, kim loại Mn hoặc hỗn hợp của chúng.

Theo phương án, hợp kim ferocilic gốc lỏng bao gồm:

Si: 45-95% khối lượng;

C: lên đến 0,5% khối lượng;

Al: lên đến 2% khối lượng;

C: lên đến 1,5% khối lượng;

Ti: lên đến 0,1% khối lượng;

Cr: lên đến 0,4% khối lượng

Mn: lên đến 0,3% khối lượng;

P: lên đến 0,02% khối lượng;

S: lên đến 0,005% khối lượng;

phần còn lại là Fe và tạp chất ngẫu nhiên ở lượng thông thường.

Theo phương án, Al được thêm vào để điều chỉnh hàm lượng Al trong khoảng 0,1 - 10% khối lượng.

Theo một phương án khác, sáng chế đề cập đến việc sử dụng hợp kim gốc silic, như được xác định ở trên, làm chất phụ gia trong sản xuất thép.

Theo phương án, sáng chế đề cập đến việc sử dụng hợp kim gốc silic, như được xác định ở trên, làm chất phụ gia trong sản xuất thép kỹ thuật điện.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Sáng chế đề xuất hợp kim gốc silic mới có hàm lượng cacbon thấp, và có hàm lượng crom lên đến 30% khối lượng. Sáng chế cũng đề xuất hợp kim gốc silic mới có hàm lượng cacbon thấp, có hàm lượng crom lên đến 30% khối lượng và hàm lượng mangan lên đến 25% khối lượng.

Hợp kim theo sáng chế có thành phần như sau:

Si: 45-95% khối lượng;

C: tối đa 0,05% khối lượng;

Cr: 0,4 - 30% khối lượng;

Ca: 0,01 - 0,3% khối lượng;

Ti: tối đa 0,10% khối lượng;

P: 0,005 - 0,07% khối lượng;

S: 0,001 - 0,02% khối lượng;

Mn: lên đến 25% khối lượng;

Al: 0,01 - 10% khối lượng;

phần còn lại là Fe và tạp chất ngẫu nhiên ở lượng thông thường.

Theo sáng chế, thuật ngữ hợp kim gốc silic và hợp kim gốc ferosilic được sử dụng thay thế cho nhau. Si là nguyên tố chính trong hợp kim này, được thêm vào mẻ nấu chảy thép. Thường sẽ sử dụng 75% khối lượng Si hoặc 65% khối lượng Si. Ferosilic có hàm lượng Si 75% khối lượng làm nhiệt độ của mẻ nấu chảy thép tăng cao hơn khi thêm vào 65% khối lượng Si - gần như là nhiệt độ trung hòa. Ferosilic có hàm lượng Si thấp hơn 50% khối lượng hiếm khi được sử dụng trong ngành công nghiệp thép ngày nay, có nghĩa là sẽ phải thêm vào một lượng lớn hợp kim để đạt hàm lượng Si mục tiêu trong thép và tạo ra thách thức trong quá trình luyện thép. Ngày nay, ferosilic có hàm lượng Si cao hơn 80% hiếm khi được sử dụng, vì chi phí sản xuất trên mỗi đơn vị silic tăng khi hàm lượng silic trong hợp kim gốc Si tăng lên. Do đó, khoảng Si được ưu tiên sử dụng là 50% - 80% khối lượng. Khoảng Si khác được ưu tiên sử dụng là 64% - 78% khối lượng.

Crom thường là tạp chất trong quá trình sản xuất hợp kim gốc silic. Tuy nhiên, các nhà sáng chế bất ngờ phát hiện ra rằng, việc tạo hợp kim gốc silic có hàm lượng crom trong khoảng 0,4% đến 30% mà giữ hàm lượng cacbon thấp sẽ tạo ra hợp kim có các đặc tính vượt trội để đặc biệt sử dụng trong sản xuất thép chất lượng chứa Si và Cr và đòi hỏi hàm lượng cacbon thấp. Các khoảng Cr khác có thể có là 1-25%, 1-20%, 1-15% hoặc cũng có thể là 2-10%.

Đối với một số trường hợp áp dụng, việc hợp kim gốc Si chứa Cr có hàm lượng Mn cao hơn, còn hàm lượng cacbon ở mức thấp cũng được coi là một giải pháp tốt. Do đó, việc tăng hàm lượng Mn trên mức tạp chất có thể có lợi cho một số trường hợp áp dụng.

Mangan thường là tạp chất trong sản xuất hợp kim gốc silic, thường nằm trong khoảng lên đến 0,3% khối lượng, như 0,04 - 0,3% khối lượng. Hợp kim gốc silic hiện nay chứa crom có thể chứa mangan dưới dạng nguyên tố hợp kim trong khoảng 0,3-25% khối lượng, trong khi hàm lượng cacbon vẫn ở mức thấp. Điều này tạo ra hợp kim có các tính chất đặc biệt để dùng trong sản xuất thép chất lượng đòi hỏi hàm lượng cacbon thấp. Các khoảng Mn thích hợp khác là 1-20% khối lượng, 1-15% khối lượng hoặc cũng có thể là 2-10% khối lượng.

Cacbon là nguyên tố không mong muốn chính trong các loại thép được nhắm đến cho hợp kim mới này, và phải ở mức thấp nhất có thể trong hợp kim mới này theo sáng chế. Hàm lượng tối đa của cacbon trong hợp kim nói trên là 0,05% khối lượng. Có thể sử dụng hàm lượng C tối đa 0,03% khối lượng hoặc tối đa 0,02% khối lượng, như trong các loại ferocilic cacbon thấp hiện có sẵn, hoặc thậm chí tối đa 0,01% khối lượng. Có thể khó loại bỏ hoàn toàn cacbon, do đó thường có thể có 0,003% khối lượng C trong hợp kim theo sáng chế.

Khi crom gia tăng trong hợp kim, hàm lượng cacbon trong hợp kim gốc silic mới theo sáng chế có thể đạt tối đa 0,05% khối lượng.

Tương ứng, khi crom và mangan gia tăng trong hợp kim, hàm lượng cacbon trong hợp kim gốc silic mới theo sáng chế có thể đạt tối đa 0,05% khối lượng.

Nhôm thường là tạp chất dùng trong sản xuất hợp kim gốc silic, thường khoảng 1% khối lượng ra khỏi lò nung ở mức tiêu chuẩn. Đối với một số loại thép yêu cầu hàm lượng

nhôm rất thấp, thì có thể tinh chế xuống tối đa 0,01% khối lượng trong hợp kim silic hiện tại. Trong các loại thép khác, như thép kỹ thuật điện, nhôm cũng được thêm vào dưới dạng nguyên tố hợp kim. Do đó, có thể ưu tiên thêm nhôm vào hợp kim lên đến 5% khối lượng, hoặc thậm chí lên đến 10% khối lượng theo sáng chế trong một số trường hợp.

Canxi là tạp chất trong sản xuất hợp kim gốc silic và cần được giữ ở mức thấp để tránh xảy ra vấn đề trong quá trình luyện và đúc thép, như tắc vòi phun. Theo sáng chế, canxi trong hợp kim trong khoảng 0,01-0,3% khối lượng. Tiềm lợi là canxi trong khoảng 0,01 - 0,1% khối lượng, ví dụ: tối đa 0,05% khối lượng. Nếu hàm lượng canxi trong nguyên liệu ban đầu sản xuất hợp kim theo sáng chế cao hơn hàm lượng canxi mong muốn trong hợp kim nói trên, thì có thể loại bỏ canxi trong quá trình sản xuất bằng cách thổi/khuấy bằng ôxy (từ không khí và/hoặc ôxy tinh khiết), qua đó tạo thành oxit canxi - có thể bị loại bỏ dưới dạng xỉ.

Titan là tạp chất trong quá trình sản xuất hợp kim gốc silic, thường khoảng 0,08% khối lượng ra khỏi lò nung trong sản xuất tiêu chuẩn FeSi 75% khối lượng, tùy vào hỗn hợp nguyên liệu thô. Tuy nhiên, trong một số loại thép, hàm lượng titan thấp thường giúp tránh sự hình thành tạp chất có hại. Do đó, mức Ti tối đa 0,06% khối lượng hoặc tối đa 0,03% khối lượng, hoặc thậm chí tối đa 0,01% khối lượng trong hợp kim mới theo sáng chế sẽ có lợi trong một số trường hợp áp dụng, ví dụ như khi sản xuất thép kỹ thuật điện. Có thể có một lượng rất nhỏ hàm lượng Ti trong hợp kim theo sáng chế, sao cho mức Ti tối thiểu có thể là 0,003% khối lượng. Việc tinh chế Ti trong gàu rót có thể là một thách thức, do đó, vận hành lò nung và lựa chọn nguyên liệu thô tốt sẽ góp phần thu được thành công hàm lượng titan thấp.

Photpho là tạp chất trong sản xuất hợp kim gốc silic, và thường dưới 0,03% khối lượng trong các loại hợp kim fero gốc Si thương mại. Hợp kim Cr thường chứa mức P trong khoảng tương tự như trong hợp kim Si. Tuy nhiên, hợp kim Mn thường có mức P cao hơn nhiều, do đó việc hợp kim hóa với Mn có thể làm cho hàm lượng P cao hơn trong hợp kim Si cuối cùng. Do đó, mức P trong sáng chế tối đa là 0,07% khối lượng, nhưng có thể giảm xuống tối đa 0,03% khối lượng, ví dụ như khi không thêm Mn vào hợp kim Si chứa crom. Cần lưu ý là, hàm lượng P trong thép hình thành từ việc thêm hợp kim silic theo sáng chế sẽ không đổi

hoặc thấp hơn một chút so với việc thêm riêng hợp kim silic, hợp kim crom và hợp kim mangan.

Hàm lượng lưu huỳnh thường thấp khi sản xuất hợp kim silic và thường dưới 0,003% khối lượng trong loại hợp kim silic thương mại. Tuy nhiên, mức S thường cao hơn trong hợp kim Cr và cao hơn một chút trong hợp kim Mn. Do đó, việc hợp kim hóa với Cr và/hoặc Mn có thể dẫn đến mức S cao hơn trong hợp kim silic cuối cùng, tùy vào hàm lượng Cr và Mn hướng đến. Do đó, mức S là tối đa 0,02% khối lượng theo sáng chế. Cần lưu ý là, hàm lượng S trong thép hình thành từ việc thêm hợp kim silic theo sáng chế sẽ không đổi hoặc thấp hơn một chút so với việc thêm riêng hợp kim silic, hợp kim crom và hợp kim Mn.

Theo phương án, thành phần của hợp kim theo sáng chế bao gồm:

Si: 64 - 78% khối lượng;

C: tối đa 0,03% khối lượng;

Cr: 1 - 25% khối lượng;

Ca: 0,01 - 0,05% khối lượng;

Ti: tối đa 0,06% khối lượng;

P: 0,005 - 0,07% khối lượng;

S: 0,001 - 0,02% khối lượng;

Mn: 0,04 - 20% khối lượng;

Al: 0,01 - 10% khối lượng;

phần còn lại là Fe và tạp chất ngẫu nhiên ở lượng thông thường.

Theo một phương án khác, thành phần của hợp kim Si theo sáng chế bao gồm ferrosilic được hợp kim hóa với Cr mà không cần thêm Mn. Do đó, Mn có mặt dưới dạng tạp chất:

Si: 45-95% khối lượng;

C: tối đa 0,05% khối lượng;

Cr: 0,4 - 30% khối lượng;

Ca: 0,01 - 0,3% khối lượng;

Ti: tối đa 0,10% khối lượng;

P: 0,005 - 0,03% khối lượng;

S: 0,001 - 0,02% khối lượng;

Mn: 0,04 - 0,3% khối lượng;

Al: 0,01 - 10% khối lượng;

phần còn lại là Fe và tạp chất ngẫu nhiên ở lượng thông thường.

Theo một phương án khác, thành phần của hợp kim Si theo sáng chế bao gồm ferrosilic được hợp kim hóa với Cr có thêm vào Mn. Do đó, Mn có mặt dưới dạng nguyên tố hợp kim:

Si: 45-95% khối lượng;

C: tối đa 0,05% khối lượng;

Cr: 0,4 - 30% khối lượng;

Ca: 0,01 - 0,3% khối lượng;

Ti: tối đa 0,10% khối lượng;

P: 0,005 - 0,07% khối lượng;

S: 0,001 - 0,02% khối lượng;

Mn: 0,3 - 25% khối lượng;

Al: 0,01 - 10% khối lượng;

phần còn lại là Fe và tạp chất ngẫu nhiên ở lượng thông thường.

Hợp kim theo sáng chế được tạo ra bằng cách thêm nguồn Cr chứa cacbon dưới dạng nguyên tố hợp kim, hoặc dưới dạng nguyên tố tạp chất vào hợp kim gốc Si lỏng. Nguồn Cr có thể ở dạng đơn vị crom rắn hoặc lỏng, ở dạng hợp kim fero crom, kim loại crom hoặc hỗn hợp của chúng. Nguồn crom có thể bao gồm các tạp chất/chất gây ô nhiễm thông thường. Ví dụ, nguồn crom có thể là hợp kim ferocrom, như ferocrom cacbon cao, ferocrom cacbon trung bình, ferocrom cacbon thấp, kim loại crom hoặc hỗn hợp của chúng. Hợp kim fero crom thương mại, ví dụ như đã nêu trong bảng 2 ở trên, kim loại crom thương mại hoặc sự kết hợp của hai hoặc nhiều hợp kim này, thích hợp để sử dụng trong sáng chế. Tốt hơn là Cr được thêm vào dưới dạng ferocrom cacbon cao hoặc ferocrom cacbon trung bình.

Cacbon được thêm vào từ nguồn crom sẽ phản ứng với silic, qua đó tạo thành các hạt SiC rắn (cacbua silic) mà trong quá trình tinh chế, các hạt này được loại bỏ khỏi mẻ nấu chảy và cho vào vật liệu chịu lửa trong gàu rót hoặc xỉ bất kỳ, đã được hình thành trước

hoặc trong quá trình đúc, tốt nhất là khuấy trong gàu rót. Có thể thêm chất tạo xỉ nếu cần để có bộ nhận đủ lớn cho các hạt SiC đã hình thành. Điều này tạo ra hợp kim Si theo sáng chế có hàm lượng cacbon thấp và chứa crom, có khoảng nguyên tố như được biểu thị ở trên.

Nếu mangan có mặt trong sản phẩm cuối (lên đến 25%), có thể thêm các đơn vị mangan rắn hoặc lỏng cùng với Cr vào gàu rót. Có thể thêm Mn để điều chỉnh hàm lượng Mn trong khoảng 0,3 - 25% khối lượng. Nguồn Mn có thể ở dạng đơn vị mangan rắn hoặc lỏng, ở dạng hợp kim mangan, kim loại mangan hoặc hỗn hợp của chúng. Nguồn mangan có thể bao gồm các tạp chất/chất gây ô nhiễm thông thường. Ví dụ, hợp kim mangan có thể là hợp kim feromangan, như feromangan cacbon cao, feromangan cacbon trung bình, feromangan cacbon thấp hoặc hỗn hợp của chúng. Hợp kim mangan thương mại, ví dụ, như đã nêu trong bảng 3 ở trên, hoặc sự kết hợp của hai hoặc nhiều hợp kim này, phù hợp sử dụng trong sáng chế. Mn đã thêm nên ở dạng feromangan cacbon cao hoặc feromangan cacbon trung bình.

Cacbon đã thêm từ nguồn mangan sẽ phản ứng với silic, theo cách tương tự như mô tả ở trên đối với cacbon đã thêm bằng nguồn crom, qua đó tạo thành các hạt SiC rắn (cacbua silic) mà trong quá trình tinh chế, các hạt này được loại bỏ khỏi mẻ nấu chảy và cho vào vật liệu chịu lửa trong gàu rót hoặc xỉ bất kỳ, đã được hình thành trước hoặc trong quá trình đúc, tốt nhất là khuấy trong gàu rót. Có thể thêm chất tạo xỉ nếu cần để có bộ nhận đủ lớn cho các hạt SiC đã hình thành. Hợp kim Si được tạo ra theo sáng chế - có hàm lượng cacbon thấp, chứa crom và mangan, có khoảng nguyên tố như đã biểu thị ở trên - thông qua phương pháp này.

Ví dụ về thành phần cho nguyên liệu ban đầu có thể là FeSi lỏng từ lò nung, nhưng có thể có nhiều thành phần khác tùy thuộc vào quy cách kỹ thuật cuối cùng cần đạt được. Việc tái nấu chảy hợp kim gốc silic thương mại bất kỳ như ferosilic tiêu chuẩn hoặc ferosilic có độ tinh khiết cao cũng có thể là nguyên liệu ban đầu khả thi.

Do đó, nguyên liệu ban đầu có thể bao gồm:

Si: 45-95% khối lượng;

C: tối đa 0,5% khối lượng;

Al: tối đa 2% khối lượng;
 C: tối đa 1,5% khối lượng;
 Ti: tối đa 0,1% khối lượng;
 Cr: tối đa 0,4% khối lượng;
 Mn: tối đa 0,3% khối lượng;
 P: tối đa 0,02% khối lượng;
 S: tối đa 0,005% khối lượng;
 phần còn lại là Fe và tạp chất ngẫu nhiên ở lượng thông thường.

Nếu nhôm có mặt trong sản phẩm cuối (tối đa 10%), thì có thể bổ sung các đơn vị nhôm rắn hoặc lỏng vào gàu rót. Ngoài ra, nhôm ở dạng ferrosilic lỏng từ lò nung có thể gia tăng bằng cách lựa chọn nguyên liệu thô cho lò nung. Al có thể được thêm vào để điều chỉnh hàm lượng Al lên đến 10%.

Để sản xuất hợp kim theo sáng chế, có thể thực hiện thêm các bước liên quan đến việc tinh chế xỉ, tách bọt và/hoặc khuấy theo các kỹ thuật phổ biến nói chung, đặc biệt để đạt được mức cacbon thấp được yêu cầu bảo hộ theo sáng chế. Các bước này có thể được thực hiện trước hoặc trong quá trình đúc hoặc được thực hiện kết hợp.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ sau minh họa sáng chế mà không giới hạn phạm vi của nó.

Ví dụ 1

Ferrosilic được đổ bình thường vào gàu rót có vòi bằng cách khuấy đều ở đáy và đưa không khí vào. Khối lượng ferrosilic lỏng khoảng 7800 kg. Bảng 4 minh họa thành phần hóa học của nguyên liệu ban đầu trước khi thêm ferrocrom.

Bảng 4: Thành phần hóa học của nguyên liệu ban đầu (% khối lượng).

	Al	Si	P	Ca	Ti	Mn	C	Cr
Nguyên liệu ban đầu	0,42	67,57	0,008	0,075	0,057	0,11	0,015	0,17

Sau khi đổ, gàu rót được đưa đến khu vực hợp kim hóa và đúc. Sau đó, 401 kg HCFeCr dạng viên có 67,61% khối lượng Cr; 7,23% khối lượng C; 0,92 khối lượng% Si; phần còn lại là Fe và tạp chất ngẫu nhiên ở lượng thông thường, được thêm vào ferrosilic lỏng nhằm mục đích đạt 3% khối lượng Cr trong sản phẩm cuối. Vì chưa biết sản lượng Cr nên HCFeCr đã được thêm dần vào 4 mẻ, mỗi mẻ 100 kg trong khoảng thời gian 8-10 phút, cho đến khi đạt mục tiêu Cr bằng 3% khối lượng. (Khoảng thời gian thêm HCFeCr có thể ngắn hơn hoặc lâu hơn). Duy trì khuấy trộn dưới đáy trong quá trình thêm. Sau khi hợp kim HCFeCr được thêm vào, các hạt SiC đã tạo thành được loại bỏ trong quá trình tinh chế và gàu rót được đưa đến khu vực đúc, nơi nguyên liệu lỏng được đúc vào khuôn gang.

Mẫu hợp kim mới theo sáng chế đã sản xuất được lấy sau khi đúc, ở giai đoạn nghiền trước. Kết quả được minh họa trong bảng 5.

Tất cả các mẫu được phân tích bằng XRF (Zetium[®] từ Malvern Panalytical) đối với Al, Cr, Si, P, Ca, Ti, Mn; và sử dụng phép phân tích LECO[®] CS-220 (phân tích đốt cháy) đối với C.

Bảng 5: Phân tích (% khối lượng) trên nguyên liệu đã được nghiền trước.

	Al	Si	P	Ca	Ti	Mn	C	Cr
Phân tích cuối cùng	0,27	65,49	0,007	0,035	0,056	0,13	0,007	2,94

Bằng cách áp dụng phương pháp này, các nhà sáng chế đã đạt được mức cacbon thấp - có thể giải thích là do độ hòa tan của cacbon thấp trong hợp kim silic cao. Tuy nhiên, điều bất

ngờ là có thể đạt được mức cacbon thấp ngang các loại ferosilic cacbon thấp hiện nay (xem bảng 1).

Hợp kim theo sáng chế là giải pháp thay thế hiệu quả về chi phí so với các phương pháp hiện tại, bằng cách thêm riêng nguyên tố hợp kim cần thiết là Si và Cr dưới dạng ferosilic cacbon thấp hơn, kết hợp với hợp kim ferocrom bằng cách cải thiện thời gian và chất lượng quy trình. Hợp kim nói trên cũng có thể giúp các nhà sản xuất thép giảm hàm lượng cacbon tổng thể trong thép và đạt mức hàm lượng thấp hơn bằng cách thêm hợp kim gốc ferosilic/Si và crom ở dạng hợp kim ferocrom cacbon thấp riêng biệt. Hơn nữa, hợp kim nói trên có thể giúp nhà sản xuất thép tạo ra các loại thép mới có mức Cr cao hơn, đồng thời duy trì hàm lượng cacbon thấp trong thép bằng cách chỉ sử dụng một chất phụ gia hợp kim.

Hợp kim theo sáng chế cũng là giải pháp thay thế hiệu quả về chi phí so với các phương pháp hiện tại, bằng cách thêm riêng các nguyên tố hợp kim cần thiết là Si, Cr và Mn dưới dạng loại cacbon thấp hơn của ferosilic kết hợp với hợp kim ferocrom và feromangan hoặc kim loại mangan, qua đó giúp cải thiện thời gian xử lý và chất lượng. Hợp kim nói trên cũng có thể giúp các nhà sản xuất thép giảm hàm lượng cacbon tổng thể trong thép và đạt mức thấp hơn bằng cách thêm hợp kim gốc ferosilic/Si crom ở dạng hợp kim ferocrom cacbon thấp và mangan ở dạng feromangan cacbon thấp hoặc kim loại mangan riêng biệt. Hơn nữa, hợp kim nói trên có thể giúp các nhà sản xuất thép tạo ra các loại thép mới có mức Cr và mức Mn cao hơn, đồng thời duy trì hàm lượng cacbon thấp trong thép bằng cách chỉ sử dụng một chất phụ gia hợp kim.

Khi các phương án khác nhau của sáng chế được mô tả, những người có kỹ năng trong nghề sẽ biết rằng các phương án khác kết hợp các khái niệm có thể được sử dụng. Những ví dụ này và các ví dụ khác của sáng chế được minh họa ở trên chỉ nhằm mục đích làm ví dụ, và phạm vi thực tế của sáng chế sẽ được xác định từ các yêu cầu bảo hộ sau.

Yêu cầu bảo hộ

1.

Hợp kim gốc silic bao gồm
từ 45% đến 95% khối lượng Si;
tối đa 0,05% khối lượng C;
1-20% khối lượng Cr;
0,01-10% khối lượng Al;
0,01-0,3% khối lượng Ca;
tối đa 0,10% khối lượng Ti;
lên đến 25% khối lượng Mn;
0,005-0,07% khối lượng P;
0,001-0,02% khối lượng S;
cân bằng là Fe và tạp chất ngẫu nhiên ở lượng thông thường.

2.

Hợp kim gốc silic theo điểm 1, trong đó hợp kim gốc silic chứa từ 50% đến 80% khối lượng Si.

3.

Hợp kim gốc silic theo điểm 2, trong đó hợp kim gốc silic chứa từ 64% đến 78% khối lượng Si.

4.

Hợp kim gốc silic theo điểm bất kỳ trong số các điểm trước đó, trong đó hợp kim gốc silic chứa tối đa 0,03% khối lượng C.

5.

Hợp kim gốc silic theo một điểm bất kỳ trong số các điểm trước đó, trong đó hợp kim gốc silic chứa 0,01-0,1% khối lượng Ca.

6.

Hợp kim gốc silic theo một điểm bất kỳ trong số các điểm trước đó, trong đó hợp kim gốc silic chứa tối đa 0,06% khối lượng Ti.

7.

Hợp kim gốc silic theo một điểm bất kỳ trong số các điểm trước đó, trong đó hợp kim gốc silic chứa 0,04-0,3% khối lượng Mn.

8.

Hợp kim gốc silic theo một điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó hợp kim gốc silic chứa 0,3-25% khối lượng Mn.

9.

Phương pháp sản xuất hợp kim gốc silic theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1-8, trong đó phương pháp này bao gồm bước cung cấp hợp kim ferosilic gốc lỏng bao gồm

Si: 45-95% khối lượng;

C: lên đến 0,5% khối lượng;

Al: lên đến 2% khối lượng;

Ca: lên đến 1,5% khối lượng;

Ti: lên đến 0,1% khối lượng;

Cr: lên đến 0,4% khối lượng

Mn: lên đến 0,3% khối lượng;

P: lên đến 0,02% khối lượng;

S: lên đến 0,005% khối lượng;

phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên ở lượng thông thường, bước thêm nguồn

Cr bao gồm cacbon và nguồn Mn tùy ý vào ferosilic lỏng nói trên, qua đó thu được

mẻ nấu chảy và tinh chế mẻ nấu chảy đã thu được, bước tinh chế này bao gồm bước

loại bỏ hạt cacbua silic đã tạo thành trước và/hoặc trong quá trình đúc mẻ nấu chảy

nói trên.

10.

Phương pháp theo điểm 9, trong đó nguồn Cr đã thêm ở dạng hợp kim ferocrom cacbon cao, hợp kim ferocrom cacbon trung bình, hợp kim ferocrom cacbon thấp, kim loại Cr hoặc hỗn hợp của chúng.

11.

Phương pháp theo điểm 9, trong đó nguồn Mn đã thêm ở dạng hợp kim feromangan cacbon cao, hợp kim feromangan cacbon trung bình, hợp kim feromangan cacbon thấp, kim loại Mn hoặc hỗn hợp của chúng.

12.

Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm 9-11, trong đó Al được thêm vào để điều chỉnh hàm lượng Al lên đến 10% khối lượng.