



(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)



1-0030947

(51)⁷ C21C 5/52; C22C 38/02; C22C 38/06; (13) B
C21C 7/00

(21) 1-2017-04243

(22) 23/03/2016

(86) PCT/EP2016/000506 23/03/2016

(87) WO/2016/155873 06/10/2016

(30) 15000931.4 30/03/2015 EP

(45) 25/02/2022 407

(43) 25/01/2018 358A

(73) Megalloy AG (CH)

Teufener Strasse 12, 9000 St. Gallen, Switzerland

(72) SHKOLNIK, Vladimir Sergeyevich (KZ); ZHARMENOV, Abdurassul Aldashevich (KZ); TOLYMBEKOV, Manat Zhaksybergenovich (KZ); BAYSANOV, Saylaubay Omarovich (KZ); NAZARBAYEV, Nursultan Abishevich (KZ).

(74) Công ty TNHH T&T INVENMARK Sở hữu trí tuệ Quốc tế (T&T INVENMARK CO., LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT HỢP KIM SẮT-SILIC-NHÔM

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất hợp kim FeSiAl, trong đó đá chứa cacbon có hàm lượng tro > 50% đến < 65% được trộn với đá thạch anh, nguyên liệu chứa sắt, và dăm gỗ, nếu cần, than đá có hàm lượng chất dễ bay hơi cao, với tỷ lệ định trước của các nguyên liệu này và nguyên liệu đã được làm đồng nhất được nạp vào lò nấu chảy để nấu chảy hợp kim FeSiAl, đá chứa cacbon có thể chứa phần vô cơ (tro) có thành phần hóa học sau đây:

Fe₂O₃ 1,5 - 4,5%

SiO₂ 55 - 65%

Al₂O₃ 25 - 35%, đặc biệt là 32 - 34%

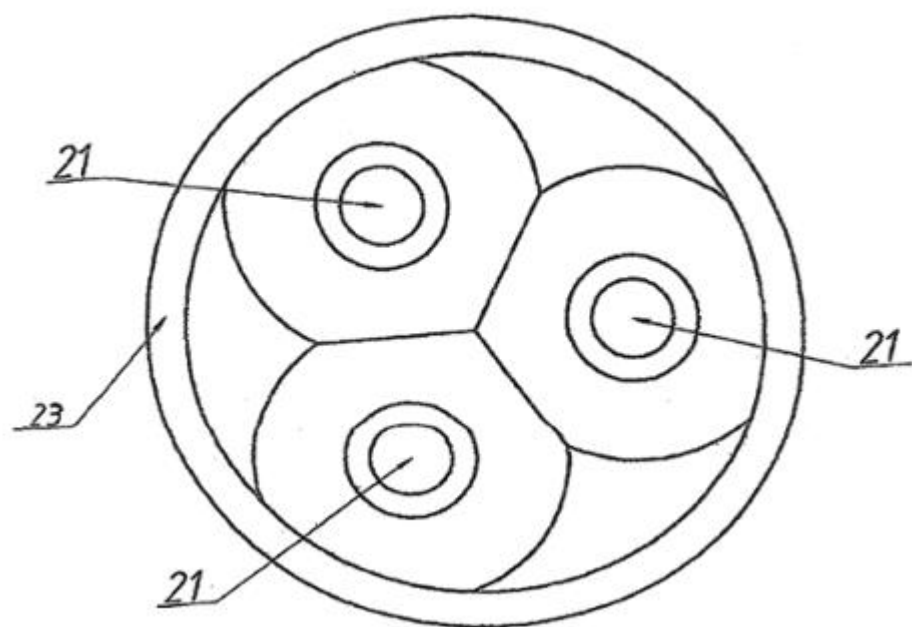
CaO 0,3 - 3%

MgO 0,3-2%

TiO₂ tối đa 1,5%

S > 0 - 0,4%, đặc biệt là 0,01 - 0,06%

P 0,01-0,05%.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất hợp kim gốc sắt-silic-nhôm.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hợp kim sắt silic là hợp kim gốc, cụ thể, hợp kim này được sử dụng để sản xuất gang và thép, nếu thích hợp, cùng với các nguyên liệu khác như nhôm. Tỷ trọng và điểm nóng chảy của hợp kim sắt silic phụ thuộc đáng kể vào hàm lượng silic. Hàm lượng silic (% khối lượng) càng cao thì tỷ trọng của nó càng thấp. Nói chung, hợp kim sắt silic tiêu chuẩn như FeSi 45, FeSi 65 và FeSi 75 được sử dụng để pha tạp hợp kim thép. Hợp kim gốc này là các nguyên liệu ban đầu được sử dụng để khử và pha tạp hợp kim thép. Tùy thuộc vào chất lượng yêu cầu của thép hợp kim hoặc thép khử, một nguyên tố pha tạp nữa là - nhôm - được bổ sung vào hỗn hợp nóng chảy.

DE 22 23 974 B2 mô tả phương pháp sản xuất hợp kim pha tạp để khử và pha tạp thép sử dụng đá chứa cacbon có hàm lượng tro 40 đến 50% khối lượng, 15 đến 25% khối lượng chất dễ bay hơi, 15 đến 25% khối lượng cacbon hỗn hợp và 2 đến 6% khối lượng lưu huỳnh, có năng suất tỏa nhiệt nằm trong khoảng từ 1500 đến 2000 kcal/kg làm nguyên liệu ban đầu để nấu chảy nó thành hợp kim cacbon chứa 25 - 50% khối lượng Si, 10 - 40% khối lượng nhôm, 2 - 10% khối lượng canxi, 0,5 - 2,5% khối lượng titan, lượng còn lại là sắt và các hỗn hợp khác nhau, cũng như hỗn hợp vi lượng của vanadi và bo, nếu cần tùy thuộc vào đặc điểm kỹ thuật.

DE 28 53 007 A1 bộc lộ phương pháp sản xuất hợp kim sắt chứa silic bao gồm tạo hạt hỗn hợp của chất khử chứa cacbon và quặng chứa nguyên tố chì của hợp kim thu được khi bổ sung đá thạch anh, cho nguyên liệu thu được vào lò nấu chảy và sau đó thu hồi liên tục theo một giai đoạn các nguyên tố của hợp kim tạo ra.

RU 2251586 C2 bộc lộ phương pháp sản xuất hợp kim sắt-silic-nhôm bằng cách sử dụng đá chứa cacbon có hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 15 đến

35% cacbon, để làm nguyên liệu chứa silic-nhôm, nạp thêm than cốc và/hoặc đá thạch anh. Bằng cách này, làm nóng chảy hợp kim nhôm-silic có hàm lượng nhôm nằm trong khoảng từ 5 đến 35%.

EP 2 295 614 B1 mô tả hợp kim để khử và pha tạp thép có thành phần (% khối lượng) sau đây:

silic	45 – 63
nhôm	10 – 25
canxi	1 – 10
bari	1 – 10
vanadi	0,3 – 5
titan	1 – 10
cacbon	0,1 - 1

lượng còn lại là sắt và hỗn hợp các chất khác.

EA 201100824 A1 mô tả phương pháp nấu chảy hợp kim sắt-silic-nhôm. Đá chứa cacbon, đá thạch anh, vụn kim loại và dăm gỗ được sử dụng làm nguyên liệu. Nguyên liệu này được rây tới kích thước < 20mm, nhờ đó 75% lượng nguyên liệu này được nạp vào phần bao quanh lò.

UA 6198 U mô tả phương pháp sản xuất chất khử oxy dạng phức (chất khử), cụ thể là hợp kim sắt-silic-nhôm. Tốt hơn nếu các chất khử này được sử dụng cho thép lặng và thép sôi (để nấu chảy thép). Nguyên liệu dùng cho phương pháp này là vụn kim loại.

CN 102839257 A bộc lộ chất khử trên cơ sở FeSiAl dùng để sản xuất thép và có thành phần (% khối lượng) như sau: 48 – 54% Al, 18 – 22% Si, 0,06 – 0,6% C, 0,006 – 0,05% S, 0,01 – 0,05% P, 0,17 – 0,6% Cu, lượng còn lại là Fe.

Hợp kim tương tự được mô tả trong CN 102839292 A có thành phần (% khối lượng) sau đây: 20 – 30% Al, 45 – 55% Si, 22 – 28% Fe. Các nguyên tố sau có thể có mặt ở dạng hỗn hợp: < 0,008% C, < 0,02% P, < 0,02% S, < 0,05% Cu, < 0,005% Ti, < 1,0% Mn, < 0,05% N.

Phương pháp sản xuất FeSiAl theo giải pháp đã biết có mức độ tạo hợp chất carbua trong xỉ cao, điều này có ảnh hưởng bất lợi đến quá trình sản xuất FeSiAl.

Trong trường hợp này, lò nấu chảy sẽ không hoạt động được hoặc phải được tháo ra để thực hiện bước tiếp theo, điều này là rất tốn kém.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp sản xuất hợp kim gốc FeSiAl hiệu quả và có chi phí thấp từ nguyên liệu đơn giản và rẻ tiền mà không tạo ra hợp chất carbua trong hỗn hợp nóng chảy trong quá trình nấu chảy.

Ngoài ra, cần có thể thay thế hợp kim để khử và pha tạp thép, như hợp kim sắt silic và nhôm là các nguyên liệu mà trước đây được sử dụng riêng rẽ.

Mục đích này đã đạt được bằng phương pháp sản xuất hợp kim FeSiAl trong đó đá chứa cacbon có hàm lượng tro > 50% đến < 65% được trộn với đá thạch anh, nguyên liệu chứa sắt, và dăm gỗ, nếu cần, than đá có hàm lượng chất dễ bay hơi cao, với tỷ lệ định trước của các nguyên liệu này và nguyên liệu đã được làm đồng nhất được nạp vào lò nấu chảy để nấu chảy hợp kim FeSiAl, đá chứa cacbon này có thể chứa phần vô cơ (tro) có thành phần hóa học sau đây:

Fe ₂ O ₃	1,5 - 4,5%
SiO ₂	55 – 65%
Al ₂ O ₃	25 – 35%, đặc biệt là 32 – 34%
CaO	0,3 – 3%
MgO	0,3 – 2%
TiO ₂	tối đa 1,5%
S	> 0 – 0,4%, đặc biệt là 0,01 – 0,06%
P	0,01 – 0,05%.

Các cải tiến có lợi của phương pháp theo sáng chế có thể được nghiên cứu trong các điểm yêu cầu bảo hộ phụ thuộc tương ứng về phương pháp.

Tốt hơn nếu nguyên liệu được trộn và làm đồng nhất bên ngoài lò nấu chảy, nhờ đó được nạp theo kiểu hình nón ngược vào lò nấu chảy có các điện cực Søderberg và sau đó hợp kim FeSiAl được nấu chảy.

Khác với giải pháp đã biết, phương pháp này cho phép tạo ra hợp kim gốc FeSiAl bằng cách sử dụng nguyên liệu rẻ tiền (đá chứa cacbon, đá thạch anh,

nguyên liệu chứa sắt), đồng thời thay thế hợp kim sắt-silic thông thường và bổ sung nhôm nếu cần.

Khác với giải pháp đã biết, phương pháp theo sáng chế cho phép không cần sử dụng than cốc. Bằng cách bổ sung nguyên liệu chứa sắt với lượng tính toán, có thể ngăn ngừa một cách hiệu quả sự tạo ra silic carbua không mong muốn trong hỗn hợp nóng chảy hoặc làm giảm đáng kể nó tới lượng tối thiểu. Nhờ làm giảm tối đa mức độ tạo hợp chất carbua, hợp kim gốc đặc nguyên khối thu được có thể được sử dụng để khử oxy và pha tạp thép cũng như để khử magie.

Bước chuẩn bị đá chứa cacbon được thực hiện, ví dụ trong máy nghiền kiểu kẹp hàm hoặc kiểu trục lăn, cũng như các máy nghiền tương tự. Cụ thể, tốt hơn nếu sử dụng cỡ hạt nằm trong khoảng từ 20mm đến 80mm để nạp vào lò nấu chảy.

Đá chứa cacbon để chỉ đá chứa than đá có hàm lượng tro nằm trong khoảng từ 50% đến 65%. Đá chứa cacbon là lớp có hàm lượng tro cao và năng suất tỏa nhiệt thấp nằm giữa các lớp than đá.

Đá chứa cacbon trong các vỉa khác nhau có chất lượng và hàm lượng khác nhau. Đối với phương pháp theo sáng chế, tốt hơn nếu sử dụng đá chứa cacbon có điện trở cao hơn của đá. Tốt hơn nếu điện trở này nằm trong khoảng từ $10^{-6} \Omega$ đến $10^{-1} \Omega$. Điện trở của đá càng cao thì khả năng kiểm soát nhiệt độ của lò càng tốt.

Đá chứa cacbon được sử dụng theo sáng chế có hàm lượng tro $> 50\%$ đến $< 65\%$ có thể chứa phần vô cơ (tro) có thành phần hóa học sau đây:

Fe_2O_3	1,5 – 4,5%
SiO_2	55 – 65%
Al_2O_3	25 – 35%
CaO	0,3 – 3%
MgO	0,3 – 2%
TiO_2	tối đa 1,5%
S	0,01 – 0,06%
P	0,01 – 0,05%.

Nếu thích hợp, đá thạch anh có thể được bổ sung hoặc đá chứa cacbon tương tự được nghiền trong máy nghiền thích hợp trong khi cỡ hạt được ưu tiên nằm

trong khoảng từ 25mm đến 60mm. Thông thường, đá thạch anh bao gồm 97- 98% SiO_2 và 1-2% Al_2O_3 .

Phoi sắt, xỉ lò nung và các oxit chứa sắt ở dạng hematit và các quặng sắt và dịch cô chứa sắt khác nhau có thể dùng làm nguyên liệu chứa sắt. Tốt hơn nếu phoi sắt được sử dụng.

Phoi sắt được bổ sung có kích thước nằm trong khoảng từ 5 đến 50mm. Phoi sắt có thể được oxy hóa ít nhất một phần trong khi độ dày màng oxit không được vượt quá 0,7mm. Phoi sắt có thể có nguồn gốc từ chất thải thông thường của quá trình sản xuất gia công kim loại, ví dụ máy phay, máy cắt gọt, v.v.. Do đó, phoi sắt có thể được xem là các mảnh sắt nhỏ, tốt hơn là có bề mặt có thể oxy hóa lớn.

Nếu thích hợp, một phần nhất định của dăm gỗ hoặc than đá có hàm lượng chất dễ bay hơi cao có thể được bổ sung vào hỗn hợp nguyên liệu. Cỡ hạt được ưu tiên nằm trong khoảng từ 50mm đến 100mm.

Tương tự, dăm gỗ có hàm lượng chất bay hơi > 50% được bổ sung vào nguyên liệu chính, nếu cần.

Nếu than đá có hàm lượng chất dễ bay hơi cao được sử dụng thay cho dăm gỗ, than này cần có lượng chất dễ bay hơi lớn hơn 40%.

Như đã nêu, than cốc không được sử dụng làm nguyên liệu chính. Than cốc có lượng chất dễ bay hơi không đủ hoặc không chứa chất dễ bay hơi và nó không tạo ra độ xốp đủ cho nguyên liệu nạp vào lò. Trong trường hợp dăm gỗ hoặc than đá có hàm lượng chất dễ bay hơi cao, điều này là khác do chúng có tỷ lệ phần trăm cao của chất dễ bay hơi.

Các nguyên liệu chính (đá chứa cacbon, đá thạch anh và nguyên liệu chứa sắt) có cỡ hạt cần thiết được chứa riêng rẽ trong các phễu nạp liệu. Nếu cần bổ sung dăm gỗ hoặc than đá có hàm lượng chất dễ bay hơi cao, chúng cũng được chứa trong các phễu nạp liệu riêng.

Dựa vào dung lượng của lò nấu chảy, nguyên liệu - đá chứa cacbon, đá thạch anh và phoi sắt, và nếu cần, dăm gỗ hoặc than đá có hàm lượng chất dễ bay hơi cao, được trộn với tỷ lệ xác định, tốt hơn là trộn bên ngoài lò nấu chảy và được nạp vào lò nấu chảy có điện cực Söderberg.

Sản phẩm được ưu tiên là hợp kim gốc FeSiAl có thành phần sau đây (% khối lượng):

Si 40 – 85%

Al > 1 - < 40%

C > 0,001 - < 1,0%

Ti tối đa 2%

Ca < 1,0%

P < 0,05%

S < 0,1%

Mn tối đa 0,7%

Fe lượng còn lại.

Thiết bị hoạt động theo phương pháp của sáng chế bao gồm lò nấu chảy có ít nhất một điện cực Söderberg, các phễu nạp liệu khác nhau để chứa ít nhất là đá chứa cacbon chứa oxit Si và Al, đá thạch anh, và cả nguyên liệu chứa sắt, nếu cần, phễu để nạp dăm gỗ hoặc than đá có hàm lượng chất dễ bay hơi cao, nếu cần, bộ phận chuẩn bị và nghiền ít nhất là đá chứa cacbon và đá thạch anh nếu cần, bộ phận trộn và định lượng hỗn hợp nguyên liệu, và bộ phận nạp để nạp nguyên liệu đã trộn đồng nhất quanh các điện cực của lò.

Các cải tiến có lợi của các thiết bị theo sáng chế có thể được nghiên cứu trong các điểm yêu cầu bảo hộ phụ thuộc tương ứng.

Như đã nêu, lò nấu chảy có lắp một số điện cực Söderberg, cụ thể, nguyên liệu đã trộn đồng nhất được nạp theo hình nón ngược quanh (các) điện cực. Ở đây sử dụng các ống nạp đặc biệt được bố trí quanh các điện cực này. Nếu dạng hình nón mong muốn không đạt được bằng cách nạp liệu thông thường vào lò thì bộ phận cào cơ học đặc biệt được sử dụng.

Vật liệu FeSiAl đã nấu chảy có thể được sử dụng có lợi để khử oxy và pha tạp thép.

Theo cách khác, cũng có thể sử dụng FeSiAl loại có chất lượng khác trong quá trình sản xuất hợp kim magie, ví dụ để làm chất khử.

Ngoài ra, trong thực tế có thể sử dụng hợp kim FeSiAl để sản xuất các loại hợp kim sắt tinh luyện khác nhau.

Bảng 1a thể hiện ví dụ về các hợp kim gốc FeSiAl nấu chảy có thể dùng để sản xuất thép.

Bảng 1a

Loại hợp kim	FeSiAl 45/15	FeSiAl 55/20	FeSiAl 65/15
Silic Si	45%	55%	65%
Nhôm Al	15%	20%	15%
Sắt Fe	38%	23%	18%
Titan Ti	1%	1%	1%
Tỷ trọng	4,5 g/cm ³	4,0 g/cm ³	3,8 g/cm ³

*) khoảng 1% khối lượng tổng lượng tạp chất Ca, P, S, Mn, Cr có thể bỏ qua

Bảng 1b thể hiện ví dụ về mức tiêu thụ đá thạch anh và sắt cho một tấn hợp kim FeSiAl.

Bảng 1b

Lượng đá chứa cacbon (tấn)	2,5 t	3,15 t	2,8 t
Hàm lượng tro của đá chứa cacbon	55%	58%	56%
	V =20 W=4	V =18 W=4	V =22 W=4
Lượng đá thạch anh (tấn)	0,5	0,42	0,9
Tổng lượng Fe (tấn)	0,315	0,158	0,14
bao gồm lượng Fe của các điện cực (tấn)	0,015	0,018	0,02
bao gồm lượng Fe của phôi sắt (tấn)	0,30	0,14	0,12

Tổng tỷ lệ phần trăm sắt bao gồm:

- tỷ lệ sắt của đá chứa cacbon
- tỷ lệ sắt của phoi sắt (phoi sắt cũng được coi là nguyên liệu chứa sắt)
- tỷ lệ sắt của điện cực nóng chảy.

Một lớp xỉ mỏng thường là $< 3,5 \text{ g/cm}^3$ tạo ra trên hỗn hợp nóng chảy trong quá trình sản xuất thép.

Việc bổ sung phoi sắt có tầm quan trọng kỹ thuật đáng kể để đạt được tỷ trọng đã định của mỗi hợp kim FeSiAl nêu trong Bảng 1a. Tỷ lệ của tổng lượng Fe /lượng Fe trong phoi sắt cần nằm trong khoảng từ 1,1 đến 1,35, cụ thể hơn là nằm trong khoảng từ 1,2 đến 1,3.

Do tỷ trọng nêu trên, các hợp kim FeSiAl (bảng 1a) không nổi trên bề mặt của lớp xỉ tạo ra thép mà thậm chí qua nó nên đã đạt được nhiệm vụ của chúng là khử oxy hoặc pha tạp thép.

Nhôm có tỷ trọng $2,2 \text{ g/cm}^3$. Trong các hỗn hợp truyền thống của FeSi + Al, nhôm không thấm vào thể tích thép và nổi trên bề mặt của lớp xỉ tạo ra thép. Điều này không thể xảy ra đối với hợp kim FeSiAl vì tỷ trọng của nó tăng lên do bổ sung phoi sắt.

Bảng 2a thể hiện ví dụ về hợp kim FeSiAl có thể được sử dụng để sản xuất magie.

Bảng 2a

Loại	FeSiAl 75/10	FeSiAl 80/7
Silic Si	75%	80%
Nhôm Al	$< 10\%$	$< 10\%$
Sắt Fe	13%	$< 10\%$
Titan Ti	$< 1\%$	$< 1\%$
Tỷ trọng	$3,5 \text{ g/cm}^3$	$3,3 \text{ g/cm}^3$

*) khoảng 1% khối lượng tổng lượng tạp chất Ca, P, S, Mn, Cr có thể bỏ qua

Bảng 2b thể hiện ví dụ về mức tiêu thụ đá thạch anh và sắt cho 3 tấn đá chứa cacbon.

Bảng 2b

Loại hợp kim	FeSi45Al15	FeSi55Al20
Lượng đá chứa cacbon (tấn)	3,0 t	3,0 t
Hàm lượng tro của đá chứa cacbon V =20 W=4	55%	55%
Lượng quartzit (tấn)	0,58	0,57
tổng lượng Fe, bao gồm	0,375	0,18
Fe của điện cực (tấn)	0,015	0,012
Fe của phôi sắt (tấn)	0,36	0,16

Lần đầu tiên, việc sử dụng nguyên liệu chứa sắt, cụ thể hơn là phôi sắt kết hợp với đá chứa cacbon có điện trở cao, cụ thể là có điện trở nằm trong khoảng từ $10^{-6}\Omega$ đến $10^{-1}\Omega$, và cả đá thạch anh, nếu cần có bổ sung dăm gỗ hoặc than đá có hàm lượng chất dễ bay hơi cao để tạo cơ hội làm giảm đáng kể sự tạo ra silic carbua trong quá trình nấu chảy hợp kim FeSiAl. Trong trường hợp này, có thể sử dụng nguyên liệu rẻ tiền: đá chứa cacbon, đá thạch anh và phôi sắt, các nguyên liệu này là nguyên liệu thay thế kinh tế hơn so với các nguyên liệu truyền thống FeSi + Al. Cụ thể, việc bổ sung có chủ định phôi sắt làm tăng tỷ trọng của hợp kim gốc FeSiAl nóng chảy nên có thể các ưu điểm đã nêu của việc sử dụng hợp kim gốc này để sản xuất thép và magie.

Phụ thuộc vào đá chứa cacbon được sử dụng, đá này có thể chứa tới 1,5% titan mà không ảnh hưởng đến phương pháp khử oxy và pha tạp thép hoặc khử magie.

Sắt oxit (FeO) trên bề mặt của phôi sắt sẽ phá hủy silic carbua (SiC) và ngăn ngừa sự tạo hợp chất carbua trong quá trình sản xuất FeSiAl.

Như đã nêu, đôi khi có thể bổ sung lượng định trước của dăm gỗ và theo cách khác than đá có hàm lượng chất dễ bay hơi cao, theo đó các chất này chỉ được sử dụng làm chất tạo sự thông khí cho nguyên liệu nạp vào lò để tránh hiện tượng thiêu kết trên miệng lò và để đạt được sự thoát khí đều các khí phản ứng.

Ngày nay, trên thị trường thế giới có các hợp kim tiêu chuẩn FeSi65 và FeSi75 thường được sử dụng kết hợp với bổ sung nhôm để sản xuất thép hoặc magie.

Hợp kim FeSiAl được sản xuất theo phương pháp theo sáng chế sẽ thay thế cho các hợp kim FeSi75 (+Al) và FeSi65 (+Al) nêu trên.

Do ngăn ngừa sự tạo thành carbua trong quá trình nấu chảy FeSiAl, hợp kim đặc dưới dạng hợp kim gốc được tạo ra, điều này làm cho chất lượng của loại thép và magie tương ứng tốt hơn.

Tùy thuộc vào thành phần của thép và magie, lượng phoi sắt lên tới 5 đến 20% tổng khối lượng của nguyên liệu chính. Cách tốt nhất là bổ sung phoi sắt có bề mặt lớn, theo đó, độ dài của phoi này có thể lên tới 50-60mm.

Lượng dư của nguyên liệu chứa sắt làm giảm nồng độ của các nguyên tố cơ bản – nhôm và silic, và nồng độ thấp này dẫn tới sự tạo ra carbua không mong muốn trong hỗn hợp nóng chảy và quá trình nấu chảy hợp kim gốc bị ảnh hưởng.

Cỡ hạt của nguyên liệu nạp vào lò như đá chứa cacbon và đá thạch anh cần > 20 - 80mm.

Phương pháp đã biết sử dụng lò nấu chảy có điện cực Söderberg (làm bằng cacbon và vỏ thép). Cacbon phản ứng chậm với các nguyên liệu nạp vào lò và tác dụng một phần như chất khử oxy. Sắt với lượng rất nhỏ được chuyển từ điện cực vào hợp kim gốc nóng chảy.

Nếu cần, có thể sử dụng xỉ dạng oxit, hematit, quặng sắt và dung dịch đặc chứa sắt thay cho phoi sắt nhưng các nguyên liệu này không ngăn ngừa hiệu quả hiện tượng tạo carbua như phoi sắt. Một ưu điểm khác là việc sử dụng phương pháp theo sáng chế cho phép đáp ứng các yêu cầu khác nhau của khách hàng. Ví dụ, nếu cần, có thể bổ sung các nguyên tố tạo oxit chính khác một mình hoặc kết hợp như bari, vanadi, canxi, v.v.. ở dạng quặng hoặc dạng tương tự vào nguyên liệu nạp vào lò và vào hỗn hợp nóng chảy.

Bảng dưới đây thể hiện các thành phần oxit cần bổ sung, nếu cần:

Ca	0,05 – 7,0%
Ba	1,5 – 15%

V	0,5 – 10%
Ti	0,05 – 10%
Cr	5 – 20%
Mn	5 – 20%.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Ví dụ về các phương án của sáng chế được trình bày và mô tả như sau:

Fig.1 đến Fig.3 thể hiện sơ đồ xử lý các nguyên liệu đá chứa cacbon, đá thạch anh và phoi sắt;

Fig.4 và Fig.5 thể hiện sơ đồ lò nấu chảy có một số điện cực theo các hình chiếu khác nhau.

Mô tả chi tiết sáng chế

Fig.1 đến Fig.3 thể hiện sơ đồ xử lý các nguyên liệu đá chứa cacbon, đá thạch anh và phoi sắt.

Fig.1 và Fig.2 có cấu trúc giống nhau, theo đó Fig.1 thể hiện quá trình nghiền và rây đá chứa cacbon và Fig. 2 thể hiện quá trình nghiền và rây đá thạch anh.

Đá chứa cacbon 1 được nạp vào phễu nạp liệu 2 nối với bộ phận cấp liệu kiểu rung 3 hoặc bộ phận tương tự. Nhờ băng tải duy nhất 4, đá chứa cacbon 1 đi vào bộ phận nghiền 5, ví dụ máy nghiền kiểu kẹp hàm. Theo cách này, đá chứa cacbon 1 đã nghiền được rây bằng rây số 6 tới cỡ hạt nằm trong khoảng từ 0 đến 20mm và > 20 đến 80mm. Cỡ hạt > 20 đến 80mm được sử dụng tiếp trong nguyên liệu nạp vào lò.

Fig.2 thể hiện quá trình xử lý đá thạch anh 7, đá này cũng được nạp vào phễu nạp liệu 8. Từ bộ phận nạp kiểu rung 9 và băng tải 10, đá thạch anh được chuyển tới bộ phận nghiền 11 là một máy nghiền kiểu kẹp hàm khác, nếu cần, và sau đó được rây qua rây số 12 tới cỡ hạt nằm trong khoảng từ 0 đến 25mm, cũng như > 25 đến 60mm. Cỡ hạt > 25 đến 60mm được sử dụng tiếp trong quá trình sản

xuất. Nếu đá thạch anh 7 không được nghiền/rây tại chỗ, nó có thể được cung cấp ở dạng đã nghiền.

Trong các giai đoạn khác của quá trình, hỗn hợp tương ứng (đá chứa cacbon có kích thước > 20 đến 80mm, đá thạch anh có kích thước > 25 đến 60mm) được nạp bằng băng tải tới phễu nạp 13, 14 (Fig.3).

Phễu nạp 15 cũng chứa nguyên liệu chính cần thiết là phoi 15a có kích thước nằm trong khoảng từ 5 đến 100mm, tốt hơn là 5 đến 50mm. Thông qua các bộ phận cân định lượng 16, 17, 18, tỷ lệ định trước của đá chứa cacbon 1 (phễu nạp 13), đá thạch anh 7 (phễu nạp 14), cũng như phoi sắt 15a (phễu nạp 15) được chuyển tới băng tải 19, nhờ đó các nguyên liệu chính 1, 7, 15a được làm đồng nhất.

Nếu cần, phễu nạp B khác có thể được nạp dăm gỗ H có kích thước 50 – 100mm, dăm gỗ này được trộn với nguyên liệu bao gồm đá chứa cacbon 1, đá thạch anh 7 và phoi sắt 15a. Như đã mô tả ở trên, có thể sử dụng than đá có hàm lượng chất dễ bay hơi cao thay cho dăm gỗ H.

Nhờ thiết bị vận chuyển tiếp theo 20 được thể hiện ở đây dưới dạng băng tải, nguyên liệu nạp vào lò bao gồm đá chứa cacbon 1, đá thạch anh 7 và phoi sắt 15a (nếu cần, dăm gỗ H) đã được làm đồng nhất được tháo vào lò (không được thể hiện trên hình vẽ). Nếu cần, các bước làm đồng nhất thêm như trộn bằng trục vít hoặc bước tương tự có thể được thực hiện trong quá trình đưa tới lò (không được thể hiện trên hình vẽ).

Fig.4 và Fig.5 thể hiện quá trình hoạt động đơn giản hóa của lò nấu chảy 23 chứa một số điện cực Søderberg 21. Các mũi tên thể hiện hướng tháo nguyên liệu nạp vào lò đã làm đồng nhất bao gồm đá chứa cacbon 1, đá thạch anh 7 và phoi sắt 15a và nếu cần, dăm gỗ H chỉ được nạp trong phần có dạng hình nón đã định 22 quanh các điện cực 21. Nếu không thể đạt được dạng hình nón này thì bộ phận cơ học đặc biệt như bộ phận cào v.v..được sử dụng để đạt được dạng hình nón này.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Đối tượng của sáng chế được mô tả chi tiết hơn trong các ví dụ sau đây.

Ví dụ: các nguyên liệu đã làm đồng nhất sau đây được sử dụng để tạo ra hợp kim FeSiAl 65/15:

A. Đá chứa cacbon (3 tấn) có hàm lượng tro 50-55%, cỡ hạt > 20 - 80mm

Kết quả phân tích hóa học của tro

SiO ₂	55 – 60%
Fe ₂ O ₃	1,5 – 4,5%
Al ₂ O ₃	32 – 34%
CaO	0,3 – 3,0%
TiO ₂	0,8 – 1,2%
S	0,02 – 0,04%
P	0,01 – 0,05%

B. Đá thạch anh (0,4-1,3 tấn), cỡ hạt 25-60mm

SiO ₂	> 97%
Al ₂ O ₃	1,0%
Fe ₂ O ₃ + CaO + MgO + P ₂ O ₃ ≈ 2%	

C. Phoi sắt >0 - 0,5%

1. Nguyên liệu

Nguyên liệu chứa cacbon (than đá có hàm lượng tro cao với hàm lượng tro 45-50%, đá chứa cacbon có hàm lượng tro 55-65%) đặc trưng bởi hàm lượng tro, hàm lượng chất dễ bay hơi và độ ẩm khác nhau. Ví dụ, một mẻ nguyên liệu chứa cacbon có thể chứa các cục nguyên liệu có hàm lượng tro khác nhau. Do đó, điều rất quan trọng là trộn các thành phần của mẻ nguyên liệu chứa cacbon. Điều này có thể đạt được bằng cách trộn kỹ chúng trong quá trình nghiền và rây và cả trong quá trình bảo quản.

Đá thạch anh được cung cấp ở dạng đã được rây. Kích thước rây hiệu quả là 25 - 60mm.

Phoi sắt được cung cấp ở dạng đã nghiền với kích thước lỗ rây 5 - 50mm. Lượng phoi sắt có kích thước vượt quá 50 - 100mm cần không vượt quá 10%. Phoi sắt này có thể được oxy hóa. Độ dày màng oxit cần không vượt quá 0,7mm.

1.1. Nghiền và rây nguyên liệu

Bộ phận xử lý nguyên liệu nạp vào lò bao gồm bộ thiết bị nghiền kiểu kẹp hàm và rây tiêu chuẩn – thiết bị nghiền và rây (CSU). Thiết bị này có phễu nạp liệu với bộ phận cấp liệu kiểu rung trong đó bộ phận nạp kiểu gàu xúc sẽ nạp nguyên liệu chứa cacbon. Và nguyên liệu được chuyển tới phễu nạp liệu từ các phần khác nhau của đồng nguyên liệu. Từ phễu nạp liệu, nguyên liệu được chuyển theo tỷ lệ và đồng đều tới bộ phận nghiền có khoảng cách giữa các hàm kẹp là 100mm. Sau khi nghiền, nguyên liệu chứa cacbon được chuyển tới rây có lỗ lưới 20mm, ở đó nguyên liệu được rây thành hai cỡ hạt 0 đến 20mm và > 20 đến 80mm. Cỡ hạt > 20 đến 80mm là cỡ hạt hiệu quả cần thiết cho quá trình sản xuất và được bảo quản.

1.2. Bảo quản nguyên liệu chứa cacbon

Sau khi nghiền, kích thước hiệu quả của nguyên liệu chứa cacbon được bảo quản theo các lớp phẳng trên toàn bộ bề mặt đã định. Điều này đạt được bằng cách sử dụng băng tải ngang bằng bộ tách lớp hoặc thu được trực tiếp bằng bộ phận nạp kiểu gàu xúc. Bằng cách đó thu được chồng nguyên liệu có 3 – 4 lớp nguyên liệu chứa cacbon. Việc nạp nguyên liệu chứa cacbon vào phễu nạp liệu định lượng được thực hiện từ đầu đồng trong khi các lớp này được trộn.

Theo cách này, quá trình trộn và ngào trộn mẻ nguyên liệu được thực hiện trong quá trình nghiền, chất đồng và nạp nguyên liệu chứa cacbon vào phễu nạp liệu định lượng.

1.3. Cân nguyên liệu

Việc cân nguyên liệu được thực hiện bằng cách sử dụng bộ phận định lượng thông thường bao gồm phễu nạp liệu 20 – 60m³, bộ phận cấp liệu kiểu rung, bộ phận đo lực căng kiểu thanh hoặc phễu nạp, băng tải đảo chiều. Cần có ít nhất ba bộ phận định lượng nguyên liệu chứa cacbon, một đến hai bộ phận định lượng đá thạch anh và một bộ phận định lượng phoi sắt. Ba bộ phận định lượng nguyên liệu

chứa cacbon này được thiết kế để định lượng các mẻ khác nhau có hàm lượng tro khác nhau. Do đó, có thể trộn theo tỷ lệ khác nhau của nguyên liệu chứa cacbon có hàm lượng tro 45% và 65% hoặc than đá có hàm lượng tro 30% và đá chứa cacbon có hàm lượng tro 65%, bằng cách này thu được hàm lượng tro cần thiết để nấu chảy một loại hợp kim hoặc loại hợp kim khác.

Bộ phận định lượng cơ bản là một trong số các phễu nạp liệu để định lượng nguyên liệu chứa cacbon phụ thuộc vào tốc độ vận chuyển các nguyên liệu khác để cân. Sau khi cân, tất cả các nguyên liệu được cấp cho một băng tải đảo chiều. Nguyên liệu này được bố trí theo lớp trên băng tải. Nhờ đó đạt được sự phân bố đều nguyên liệu chứa cacbon, đá thạch anh và phôi sắt. Sau đó, hỗn hợp nguyên liệu được tháo từ băng tải đảo chiều sang băng tải nghiêng để nạp hỗn hợp nguyên liệu vào khoang nấu chảy đến vạch dấu bằng phễu nạp liệu vào lò nấu.

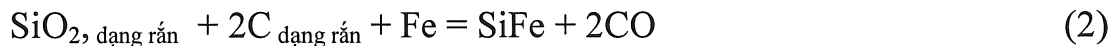
1.4. Phễu nạp liệu cho lò và nạp liệu vào khoang lò

Nguyên liệu được cấp từ băng tải nghiêng qua bộ phận phễu nạp tới băng tải nghiêng đang hoạt động đến vạch dấu của phễu nạp liệu trên khoang lò. Các phễu nạp liệu lần lượt được nạp nguyên liệu. Nguyên liệu từ các phễu nạp liệu này được tháo vào khoang lò thông qua các ống nạp liệu, nếu cần, và phụ thuộc vào tốc độ nóng chảy của nó trong khoang lò. Có 10 ống nạp liệu, tức là ba ống nạp liệu ở gần mỗi điện cực và một ống nạp liệu nằm ở trung tâm giữa các điện cực này. Nguyên liệu được cấp đều cho các điện cực. Nếu cần, nguyên liệu được vun vào các điện cực này bằng bộ phận cào bằng thép đặc biệt (đối với các lò nấu bằng điện nhỏ có công suất tối đa 5 MVA) hoặc bằng cách sử dụng dụng cụ đặc biệt để phân bố nguyên liệu (đối với các lò nấu bằng điện có công suất 10-33 MVA) cho các điện cực để tạo ra các vùng nguyên liệu dạng hình nón cao 300-600mm quanh các điện cực này. Điều này giúp giải quyết vấn đề tạo khói silic (SiO) và nhôm (Al_2O) suboxit dạng khí.

Quá trình nấu chảy hợp kim nhôm sắt silic có thể được chia thành ba khoảng nhiệt độ phụ thuộc vào nhiệt độ và tính ưu tiên của các phản ứng khác nhau.

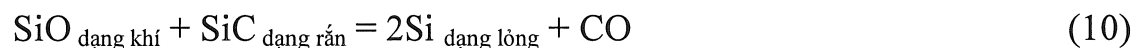
Khoảng nhiệt độ $T = 1400 - 1500^\circ\text{C}$ được đặc trưng bởi sự giảm chủ động nồng độ mulit trong hỗn hợp phản ứng. Các phản ứng sau đây xảy ra trong khoảng

hiệt độ này phụ thuộc vào cách gia nhiệt nguyên liệu trong khoảng nhiệt độ này:

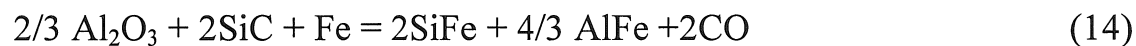
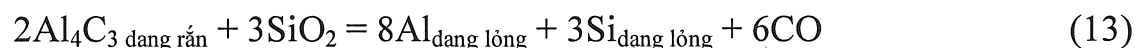
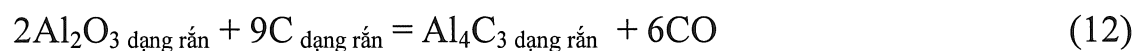


Trong số chúng, hiệu suất sản phẩm cao nhất chỉ đạt được bằng phản ứng dẫn tới sự tạo ra silic carbua. Sự thay đổi lượng của nó trong hỗn hợp phản ứng được đặc trưng bởi hiện tượng nổ ngay bắt đầu từ nhiệt độ $>1550^\circ\text{C}$.

Trong khoảng nhiệt độ $1650\text{-}2050^\circ\text{C}$ sau khi tăng nhiệt độ, các phản ứng sau bắt đầu xảy ra:



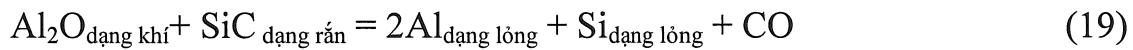
Khi tăng tiếp nhiệt độ (cao hơn 1800°C), các phản ứng sau xảy ra:



Đặc điểm cụ thể của khoảng nhiệt độ này là sự tạo thành nhôm carbua, hợp chất này được trung hòa dễ dàng khi có dư silic oxit với sự tạo thành hợp kim sắt silic nhôm.

Ở nhiệt độ cao hơn 2050°C , hàm lượng silic carbua trong nguyên liệu giảm đáng kể và nồng độ silic và nhôm trong nguyên liệu tăng lên. Nhờ đó silic carbua

chủ yếu tương tác với nhôm oxit, Si- và Al- suboxit với sự tạo thành hợp kim silic-nhôm:



Nhưng đồng thời ở nhiệt độ $>2100^\circ\text{C}$, mức độ bay hơi nhôm tăng lên.

Ví dụ 1

Ví dụ này thể hiện quá trình tạo hợp kim sắt silic nhôm trong nguyên liệu có bổ sung mangan dưới dạng oxit ngoài đá chứa cacbon, đá thạch anh và phoi sắt (dăm gỗ nếu cần).

Hợp kim FeSiAl chứa mangan

A. Đá chứa cacbon 2,99 tấn, kích thước $> 20 - 80\text{mm}$

Hàm lượng tro (tính theo khối lượng khô)	53,4%;
Chất dễ bay hơi (tính theo khối lượng khô)	18,3%
Độ ẩm	4,0%

Thành phần của tro:

SiO_2	63,2%
Fe_2O_3	2,5%
Al_2O_3	31,7%
CaO	1,1%
TiO_2	0,9%
MgO	0,3%
S	0,018%
P	0,012%

B. Đá thạch anh – 0,126 tấn, kích thước $25 - 60\text{mm}$

SiO_2	97,5%
Al_2O_3	1,0%
Fe_2O_3	0,6%

CaO 0,5%

MgO 0,2%

Σ (các oxit của P, S, Na, K, Ti) < 0,2% (lượng còn lại)

C. Phoi sắt – 0,09 tấn, kích thước 5 - 30mm

Fe_{tổng cộng} 98,6%

Si, Al, C lượng còn lại

D. Quặng mangan 0,457 tấn, kích thước 10 - 60mm

Mn₂O₃ 53,9%

Fe₂O₃ 7,9%

SiO₂ 26,2%

Al₂O₃ 1,7%

CaO 5,2%

TiO₂ 0,1%

MgO 1,0%

S 0,02%

P 0,02%

Lượng hao hụt khi nung 3,96%

Vào cuối quá trình nấu chảy này đã thu được hợp kim FeSiAl chứa mangan có thành phần trung bình sau đây (% khối lượng):

Si 45,2

Al 18,8

Mn 14,6

C 0,25

Ti 0,6

Ca 1,2

P 0,01

S 0,001

Fe lượng còn lại.

Ví dụ 2

Ví dụ này thể hiện quá trình tạo ra hợp kim sắt silic nhôm trong nguyên liệu được bổ sung bari dưới dạng oxit ngoài ra đá chứa cacbon, đá thạch anh và phoi sắt (dầm gỗ nếu cần).

FeSiAl chứa bari

A. Đá chứa cacbon 3,03 tấn, kích thước > 20 - 80mm

Hàm lượng tro (tính theo khối lượng khô) 55,2%

Chất dễ bay hơi (tính theo khối lượng khô) 18,7%

Độ ẩm 5,1%

Thành phần của tro:

SiO₂ 60,9%

Fe₂O₃ 2,2%

Al₂O₃ 34,2%

CaO 1,5%

TiO₂ 1,0%

MgO 0,12%

S 0,014%

P 0,016%

B. Đá thạch anh – 0,397 tấn, kích thước 25 - 60mm

SiO₂ 97,3%

Al₂O₃ 1,2%

Fe₂O₃ 0,7%

CaO 0,4%

(MgO + TiO₂ + P₂O₅ + S + MnO + Cr₂O₃) <0,4% - lượng còn lại

C. Phoi sắt – 0,091 tấn, kích thước 5 - 30mm

Fe_{tổng cộng} 98,6%

Si, Al, C – lượng còn lại

D. Quặng bari– 0,306 tấn, kích thước 10 - 50mm

BaSO₄ 81,3%

SiO₂ 15,2%

Fe₂O₃ 1,4%

Al_2O_3	0,82%
CaO	1,2%
MgO	0,06%
P_2O_5	0,02%

Cuối quá trình nấu chảy này đã thu được hợp kim FeSiAl chứa bari có thành phần trung bình sau đây (% khối lượng):

Si	51,3
Al	20,7
Ba	10,7
C	0,15
Ti	0,6
Ca	0,8
P	0,011
S	0,002
Fe	lượng còn lại.

Ví dụ 3

Ví dụ này thể hiện quá trình điều chế hợp kim sắt silic nhôm trong nguyên liệu có bổ sung canxi dưới dạng oxit ngoài đá chứa cacbon, đá thạch anh và phoi sắt (dăm gỗ nếu cần).

Hợp kim FeSiAl chứa canxi

A. Đá chứa cacbon 3,17 tấn, kích thước > 20 - 80mm

Hàm lượng tro (tính theo khối lượng khô)	55,2%
Chất dễ bay hơi (tính theo khối lượng khô)	18,7%
Độ ẩm	4,5%

Thành phần của tro:

SiO_2	60,9%
Fe_2O_3	2,2%
Al_2O_3	34,2%
CaO	1,5%

TiO ₂	1,0%
MgO	0,17%
S	0,014%
P	0,016%

B. Đá thạch anh – 0,42 tấn, kích thước 25 - 60mm

SiO ₂	97,3%
Al ₂ O ₃	1,2%
Fe ₂ O ₃	0,7%
CaO	0,4%

(MgO + TiO₂ + P₂O₅ + S) < 0,4% - lượng còn lại

C. Phoi sắt – 0,11 tấn, kích thước 5 - 30mm

Fe_{tổng cộng} 98,6%

Si, Al, C – lượng còn lại.

D. Vôi – 0,143 tấn, kích thước 10 - 30mm

SiO ₂	4,6%
Fe ₂ O ₃	2,5%
Al ₂ O ₃	1,3%
CaO	86,4%
MgO	4,4%
P ₂ O ₅	0,12%

Lượng hao hụt khi nung 0,68%

Cuối quá trình nấu chảy này đã thu được hợp kim FeSiAl chứa canxi có thành phần trung bình sau đây (% khối lượng):

Si	53,2
Al	20,5
Ca	6,5
C	0,19
Ti	0,64
P	0,013
S	0,001

Fe lượng còn lại.

Ví dụ 4

Ví dụ này thể hiện quá trình điều chế hợp kim sắt silic nhôm trong nguyên liệu có bổ sung crom dưới dạng oxit ngoài đá chứa cacbon, đá thạch anh và phoi sắt (dăm gỗ nếu cần).

Hợp kim FeSiAl chứa crom

A. Đá chứa cacbon 3,0 tấn, kích thước > 20 - 80mm

Hàm lượng tro (tính theo khối lượng khô)	50,1%
Chất dễ bay hơi (tính theo khối lượng khô)	18,4%
Độ ẩm	4,1%

Thành phần của tro:

SiO ₂	64,8%
Fe ₂ O ₃	2,6%
Al ₂ O ₃	30,4%
CaO	0,96%
TiO ₂	1,12%
MgO	0,1%
S	0,012%
P	0,008%

B. Đá thạch anh – 0,455 tấn, kích thước 25 - 60mm

SiO ₂	97,2%
Al ₂ O ₃	1,0%
Fe ₂ O ₃	0,6%
CaO	0,2%

(MgO + TiO₂ + P₂O₅ + S) < 1,0% - lượng còn lại

C. Phoi sắt – 0,1 tấn, kích thước 5 - 30mm

Fe _{tổng cộng}	98,6%
Si, Al, C	lượng còn lại.

D. Quặng crom 0,325 tấn, kích thước 8 - 50mm

Cr ₂ O ₃	47,35%
--------------------------------	--------

FeO	13,57%
SiO ₂	9,5%
Al ₂ O ₃	7,5%
CaO	0,4%
MgO	18,0%
S	0,01%
P	0,008%

Lượng hao hụt khi nung 3,66%

Cuối quá trình nấu chảy này đã thu được hợp kim FeSiAl chứa crom có thành phần trung bình sau đây (% khối lượng):

Si	52,4
Al	18,1
Cr	16,0
C	0,24
Ti	0,50
Ca	0,63
P	0,011
S	0,001
Fe	lượng còn lại.

Ví dụ 5

Ví dụ sau thể hiện quá trình điều chế hợp kim sắt silic nhôm trong nguyên liệu có bổ sung vanadi dưới dạng oxit ngoài đá chứa cacbon, đá thạch anh và phoi sắt (dăm gỗ nếu cần).

Hợp kim FeSiAl chứa vanadi

A. Đá chứa cacbon 2,93 tấn, kích thước > 20 - 80mm

Hàm lượng tro (tính theo khối lượng khô)	53,4%
Chất dễ bay hơi (tính theo khối lượng khô)	18,1%
Độ ẩm	4,7%

Thành phần của tro:

SiO ₂	62,2
------------------	------

Fe ₂ O ₃	2,6%
Al ₂ O ₃	32,5%
CaO	1,4%
TiO ₂	1,14%
MgO	0,14
S	0,01%
P	0,011%

B. Đá thạch anh – 0,54 tấn, kích thước 25 - 60mm

SiO ₂	97,5%
Al ₂ O ₃	1,2%
Fe ₂ O ₃	0,7%
CaO	0,4%

(MgO + TiO₂ + P₂O₅ + S) < 0,2% - lượng còn lại

C. Phoi sắt – 0,118 tấn, kích thước 5 - 30mm

Fe_{tổng cộng} – 98,6%

Si, Al, C – lượng còn lại

D. Vanadipentoxit dạng viên (V₂O₅) 0,15 tấn, kích thước 10 – 30mm

V ₂ O ₅	95,0%
SiO ₂	0,3%
Fe ₂ O ₃	0,5%
Al ₂ O ₃	0,5%
CaO	0,2%
K ₂ O+Na ₂ O	0,4%
P ₂ O ₅	0,09%

Lượng hao hụt khi nung 3,01%.

Cuối quá trình nấu chảy này đã thu được hợp kim FeSiAl chứa vanadi có thành phần trung bình sau đây (% khối lượng):

Si	54,0
Al	18,5
V	7,4

Ca	1,0
C	0,21
Ti	0,60
P	0,007
S	0,001
Fe	lượng còn lại.

Ví dụ 6

Ví dụ này thể hiện quá trình điều chế hợp kim sắt silic nhôm trong nguyên liệu có bổ sung titan dưới dạng oxit ngoài đá chứa cacbon, đá thạch anh và phoi sắt (dầm gỗ nếu cần).

Hợp kim FeSiAl chứa titan

A. Đá chứa cacbon 2,88 tấn, kích thước > 20 - 80mm

Hàm lượng tro (tính theo khối lượng khô)	53,7%
Chất dễ bay hơi (tính theo khối lượng khô)	17,5%
Độ ẩm	4,2%

Thành phần của tro:

SiO ₂	63,5%
Fe ₂ O ₃	2,3%
Al ₂ O ₃	31,4%
CaO	1,7%
TiO ₂	0,95%
MgO	0,023%
S	0,011%
P	0,009%

(MgO + TiO₂ + P₂O₅ + S) < 0,2% - lượng còn lại

B. Đá thạch anh – 0,36 tấn, kích thước 25 - 60mm

SiO ₂	97,5%
Al ₂ O ₃	1,2%
Fe ₂ O ₃	0,7%
CaO	0,4%.

C. Phoi sắt – 0,129 tấn, kích thước 5 - 30mm

$\text{Fe}_{\text{tổng cộng}} - 98,6\%$

Si, Al, C – lượng còn lại

D. Xi giàu titan 0,26 tấn, kích thước 10 - 40mm

SiO_2 9,67%

Fe_2O_3 16,8%

Al_2O_3 3,60%

TiO_2 63,2%

CaO 3,4%

MgO 1,7%

P_2O_5 0,008%

V_2O_5 1,40%

Độ ẩm 1,0%.

Cuối quá trình nấu chảy này đã thu được hợp kim FeSiAl chứa titan có thành phần trung bình sau đây (% khối lượng):

Si 49,5

Al 18,7

Ti 7,7

Ca 1,4

V 0,2

C 0,22

P 0,007

S 0,001

Fe – lượng còn lại.

Ví dụ 7

Ví dụ này thể hiện quá trình điều chế hợp kim sắt crom (FeCr) tinh luyện từ nguyên liệu có bổ sung hợp kim FeSiAl để làm chất khử ngoài quặng crom và vôi.

A. Quặng crom 2,29 tấn, kích thước 5 - 15mm

Cr_2O_3 49,5%

FeO – 11,2%

SiO ₂	8,6%
Al ₂ O ₃	7,5%
CaO	0,22%
MgO	18,5%
S –	0,023%
P	0,007%

Lượng hao hụt khi nung 4,45%

B. Vôi – 1,3 tấn, kích thước 10 - 25mm

SiO ₂	4,6%
Fe ₂ O ₃	0,3%
Al ₂ O ₃	0,5%
CaO	90,1%
MgO	2,4%;
P ₂ O ₅	0,1%

Lượng hao hụt khi nung 2,0%

C. FeSiAl – 0,5 tấn, kích thước 5 - 10mm

Si	58,6
Al	19,2
Fe	20,32
Ca	0,74
Ti	0,85
C	0,28
P	0,01
S	0,001

Cuối quá trình nấu chảy này đã thu được hợp kim FeCr có thành phần trung bình sau đây (% khối lượng):

Cr	71,3
Si	1,45
Al	0,20
C	0,08

P	0,01
S	002
Fe	lượng còn lại.

Ví dụ 8

Ví dụ sau đây thể hiện phương pháp sản xuất một tấn kim loại magie bằng cách sử dụng hợp kim FeSiAl để làm chất khử. Đầu tiên, tạo viên doloma đã nghiền (dolomit vôi nung) và FeSiAl có kích thước 0,1 - 5mm. Quá trình khử được thực hiện trong 8 giờ trong nồi chưng cất ở nhiệt độ 1200°C và chân không 10^{-2} atm.

A. Doloma – 1,7 tấn, kích thước 0,1 đến 2,0mm

CaO	50,3%
MgO	35,5%
SiO ₂	1,8%
FeO	1,0%
Al ₂ O ₃	0,8%
P ₂ O ₅	0,03%

Lượng hao hụt khi nung 10,57%.

B. FeSiAl – 0,25 tấn, kích thước 0,1 - 5mm

Si	77,8%
Al	7,2%
Ca	0,70%
Ti	0,50%
C	0,12%
P	0,009%
S	0,002%
Fe	lượng còn lại

Cuối quá trình nấu chảy này đã thu được kim loại magie tinh khiết (99,9%) và xỉ.

Danh mục các số chỉ dẫn

- 1 đá chứa cacbon
- 2 phễu nạp liệu
- 3 bộ phận nạp kiểu rung
- 4 conveyor
- 5 bộ phận nghiền
- 6 bộ phận rây
- 7 đá thạch anh
- 8 phễu nạp liệu
- 9 bộ phận nạp kiểu rung
- 10 băng tải
- 11 bộ phận nghiền
- 12 bộ phận rây
- 13 phễu nạp liệu
- 14 phễu nạp liệu
- 15 phễu nạp liệu
- 15a phoi sắt
- 16 bộ phận cân định lượng
- 17 bộ phận cân định lượng
- 18 bộ phận cân định lượng
- 19 băng tải
- 20 thiết bị vận chuyển
- 21 điện cực Söderberg
- 22 phần hình nón
- 23 lò nấu chảy

- B phễu nạp liệu
- H dầm gỗ

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất hợp kim FeSiAl, trong đó đá chứa cacbon có hàm lượng tro > 50% đến < 65% được trộn với đá thạch anh (7), nguyên liệu chứa sắt (15a), và nếu cần dăm gỗ (H) hoặc than đá có hàm lượng chất dễ bay hơi cao với tỷ lệ định trước của các nguyên liệu nạp này và nguyên liệu nạp đã được làm đồng nhất được nạp vào lò nấu chảy (23) để nấu chảy hợp kim FeSiAl, trong đó thành phần hóa học của hàm lượng tro của phần vô cơ của đá chứa cacbon đã nạp bao gồm:

Fe ₂ O ₃	1,5 - 4,5%
SiO ₂	55 – 65%
Al ₂ O ₃	32 – 34%
CaO	0,3 – 3%
MgO	0,3 – 2%
TiO ₂	lên tới 1,5%
S	0,2 – 0,4%
P	0,01 – 0,05%.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó các nguyên liệu nạp được trộn và làm đồng nhất bên ngoài lò nấu chảy, và sau đó nguyên liệu nạp đã làm đồng nhất này được nạp định lượng vào lò nấu chảy có các điện cực (22) theo kiểu hình nón ngược, và sau đó hợp kim FeSiAl được nấu chảy.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó đá chứa cacbon (1) có kích thước >20 đến 80mm, đá thạch anh (7) có kích thước nằm trong khoảng từ 25 đến 60mm và nguyên liệu chứa sắt (15a) có kích thước nằm trong khoảng từ 5 đến 100mm, cụ thể là 5 đến 50mm.

4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó dăm gỗ (H) hoặc than đá có hàm lượng chất dễ bay hơi cao có kích thước nằm trong khoảng từ 50 đến 100mm.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó khi sử dụng dăm gỗ (H), nguyên liệu thô có lượng chất dễ bay hơi $> 50\%$.
6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó khi sử dụng than đá có hàm lượng chất dễ bay hơi cao, nguyên liệu thô có lượng chất dễ bay hơi $> 40\%$.
7. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó các nguyên liệu bao gồm đá chứa cacbon (1), đá thạch anh (7) và nguyên liệu chứa sắt (15a), nếu cần dăm gỗ (H) hoặc than đá có hàm lượng chất dễ bay hơi cao được chứa trong các phễu nạp liệu riêng biệt (13,14,15, B) có kích thước cần thiết và tùy thuộc vào dung lượng của lò nấu chảy, được trộn theo tỷ lệ định trước và được định lượng vào lò nấu chảy có các điện cực Söderberg (21).
8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó đá chứa cacbon (1) có điện trở cao được sử dụng làm nguyên liệu, cụ thể là có điện trở nằm trong khoảng từ $10^{-6}\Omega$ đến $10^{-1}\Omega$.
9. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó, nếu cần, các nguyên liệu dạng oxit chứa Mn, Ca, Ba, Cr, V, Ti được bổ sung riêng rẽ vào nguyên liệu nạp.
10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó lượng nguyên liệu dạng oxit, nếu cần, được bổ sung vào nguyên liệu để đảm bảo thành phần sau đây của nguyên liệu:
- | | |
|----|-------------|
| Ca | 0,05 – 7,0% |
| Ba | 1,5 – 15% |
| V | 0,5 – 10% |
| Ti | 0,05 – 10% |
| Mn | 5 – 20% |

Cr 5 – 20%.

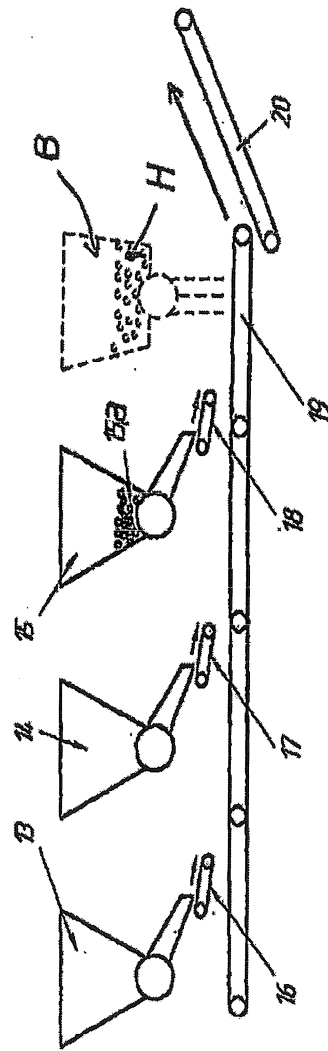
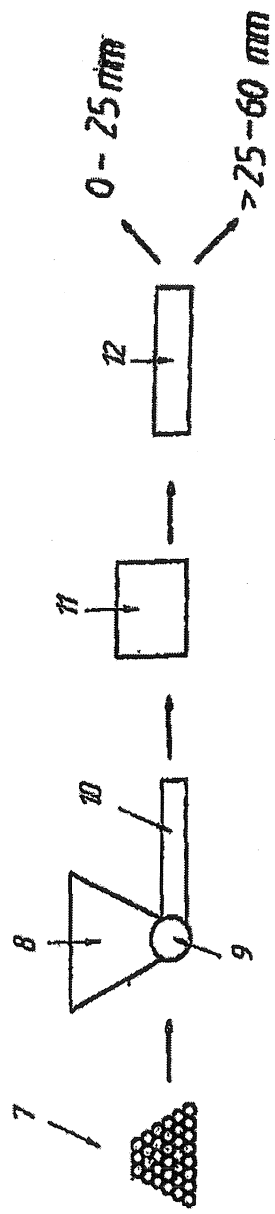
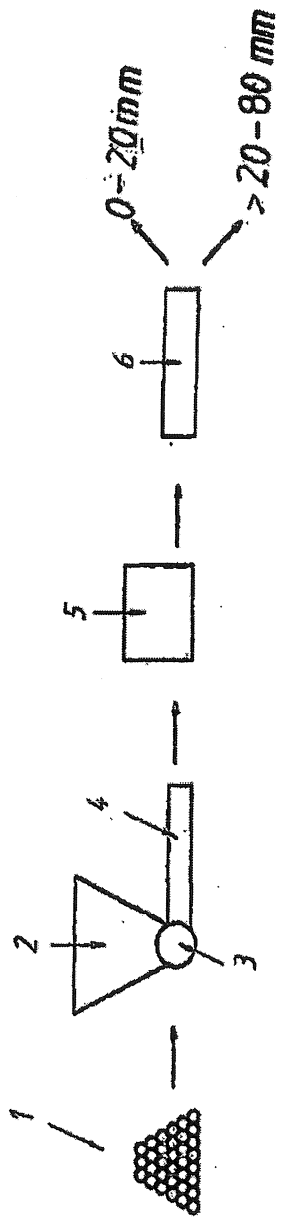
11. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10, trong đó hợp kim FeSiAl có thành phần hóa học sau đây được nấu chảy trong lò nấu chảy (23) (% khối lượng):

Si 40 – 85%
 Al > 1 - < 40%
 C > 0,001 - < 1,0%
 Ti tối đa 2%
 Ca < 1,0%
 P < 0,05%
 S < 0,1%
 Mn tối đa 0,7%
 Fe lượng còn lại.

12. Phương pháp theo điểm 9 hoặc 10, trong đó mangan ở dạng oxit được bổ sung vào nguyên liệu, nếu cần, nhờ đó hợp kim FeSiAl có thành phần hóa học sau đây được nấu chảy trong lò nấu chảy:

Si 40 – 65%
 Al > 1 – < 40%
 C > 0,001 – < 0,40%
 Ti tối đa 1,5%
 Ca < 4,0%
 P < 0,05%
 S < 0,05%
 Mn 5 – 20%
 Fe lượng còn lại,

và theo cách giống hệt, nếu cần, Ca, Ba, V, Ti và Cr được bổ sung ở dạng oxit để đảm bảo lượng của mỗi nguyên tố trong số các nguyên tố này là như nêu trong điểm 10.



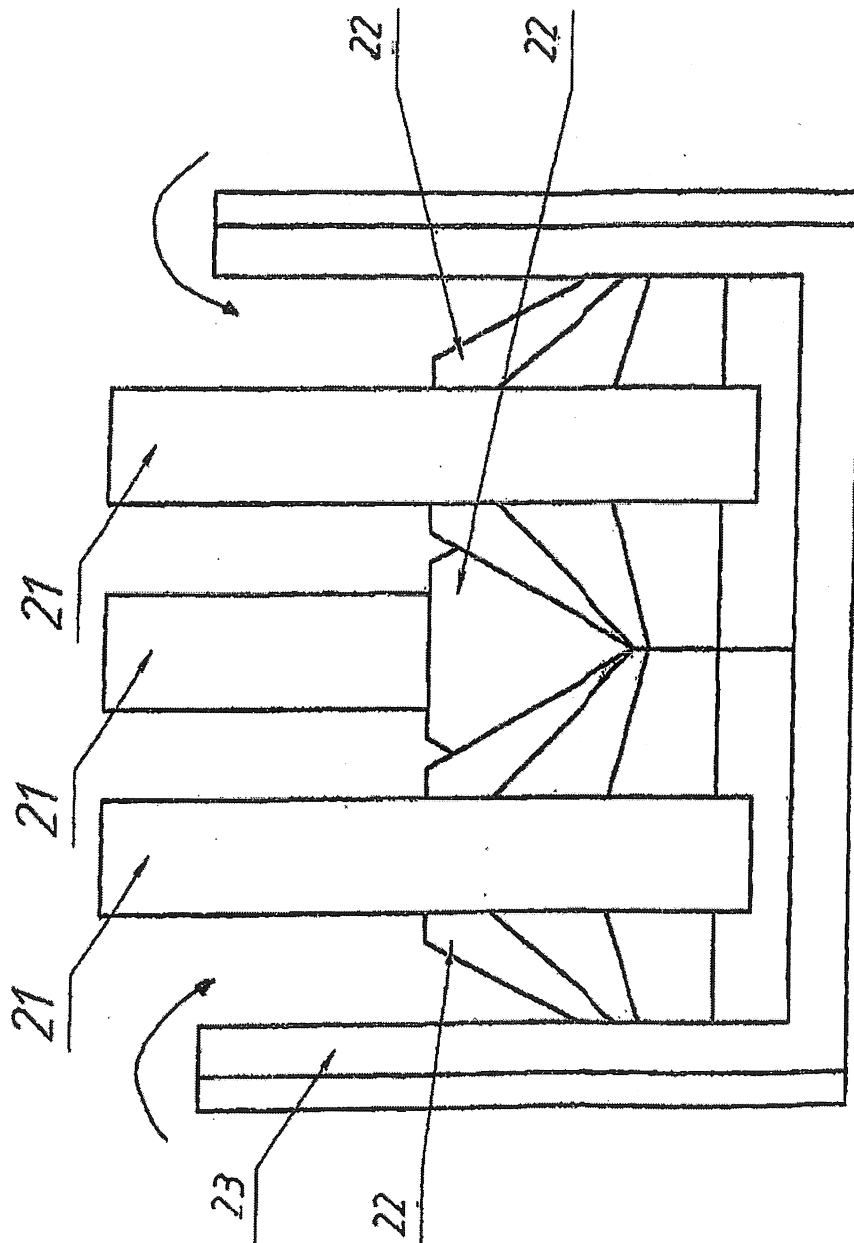


Fig. 4

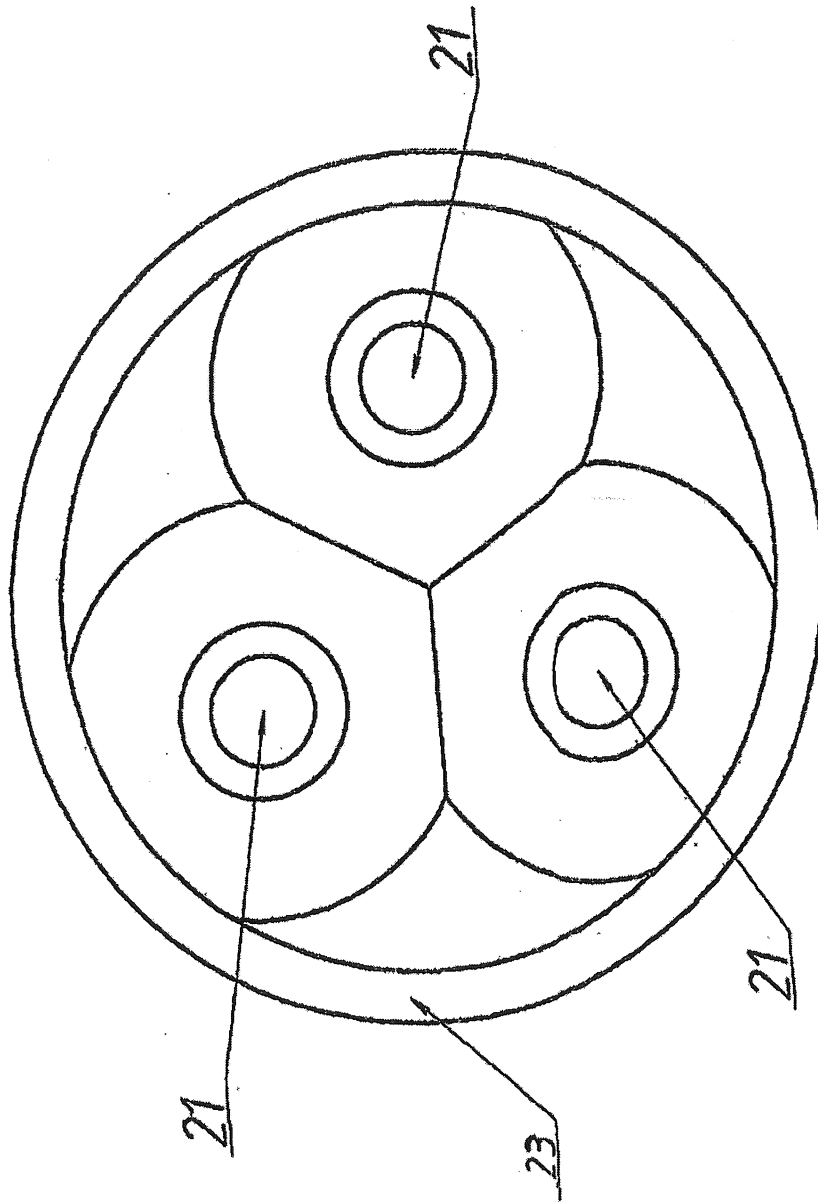


Fig. 5