



(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)



1-0037188

(51)^{2020.01} C21C 1/10; C22C 33/08; C22C 37/04; (13) B
C22C 38/60; C22C 38/02; C22C 38/04;
C22C 38/06; C22C 38/14; B22D 1/00;
C22C 38/00

(21) 1-2020-04306

(22) 21/12/2018

(86) PCT/NO2018/050327 21/12/2018

(87) WO2019/132671 04/07/2019

(30) 20172064 29/12/2017 NO

(45) 25/10/2023 427

(43) 25/12/2020 393

(73) ELKEM ASA (NO)

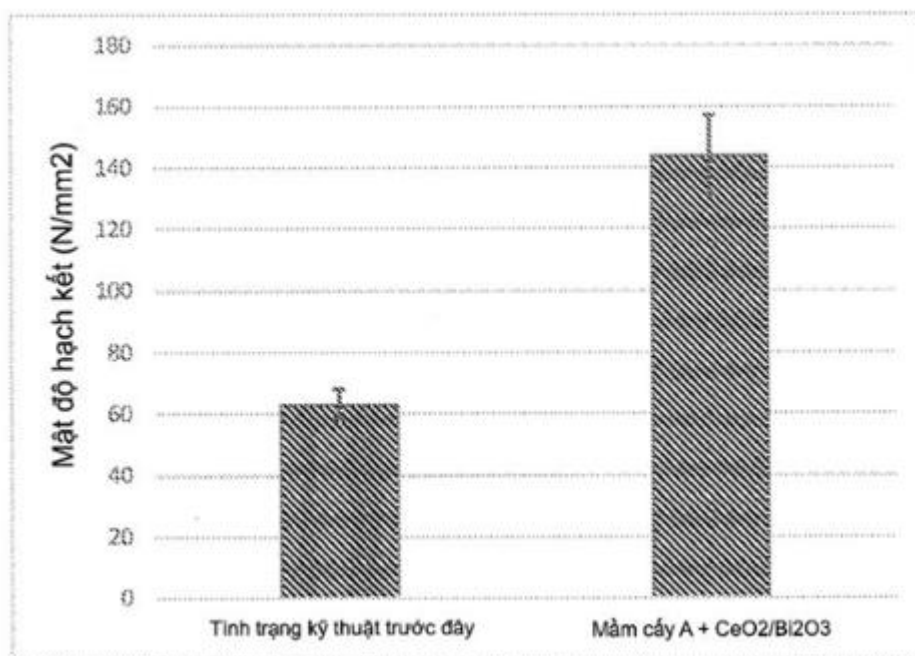
Drammensveien 169, 0277 OSLO, Norway

(72) OTT, Emmanuelle (FR).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) MÀM CÂY ĐỂ SẢN XUẤT GANG ĐÚC VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT MÀM CÂY

(57) Sáng chế đề cập đến mầm cây để sản xuất gang đúc bằng graphit dạng cầu, mầm cây này bao gồm hợp kim ferosilic dạng hạt chứa 40-80 % khối lượng Si; 0,02-8 % khối lượng Ca; 0-5 % khối lượng Sr; 0-12 % khối lượng Ba; 0-10 % khối lượng kim loại đất hiếm; 0-5 % khối lượng Mg; 0,05-5 % khối lượng Al; 0-10 % khối lượng Mn; 0-10 % khối lượng Ti; 0-10 % khối lượng Zr; cân bằng là Fe và tạp chất ngẫu nhiên với lượng thông thường, trong đó mầm cây đã nêu có chứa thêm, theo khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cây: 0,1 % đến 15 % khối lượng oxit kim loại đất hiếm dạng hạt và ít nhất một trong khoảng từ 0,1 đến 15 % Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15 % Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15 % Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15 % Sb_2S_3 dạng hạt và/hoặc từ 0,1 đến 5 % của một hoặc nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc từ 0,1 đến 5 % của một hoặc nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 hoặc hỗn hợp của chúng, và phương pháp để tạo ra mầm cây.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến mầm cây gốc ferosilic cho sản xuất gang đúc bằng grafit dạng cầu và liên quan đến phương pháp sản xuất mầm cây.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Gang đúc thường được sản xuất trong lò đứng hoặc lò cảm ứng, và thường chứa từ 2 % đến 4 % cacbon. Cacbon được trộn lẫn với sắt và dạng chất mà cacbon có trong gang đúc được hóa cứng rất quan trọng đối với các đặc tính và thuộc tính của sản phẩm gang đúc. Nếu cacbon có dạng cacbua sắt, thì gang đúc được gọi là sắt gang trắng và có đặc tính vật lý là cứng và giòn, chúng hầu hết trong các ứng dụng là không mong muốn. Nếu cacbon có dạng graphit, gang đúc sẽ mềm và có thể gia công trên máy.

Graphit có thể tìm thấy trong gang đúc ở dạng tấm, được nén hoặc có dạng cầu. Hình dạng cầu tạo ra loại gang đúc dẻo nhất và có độ bền cao nhất.

Dạng mà graphit tạo thành cũng như lượng graphit so với cacbua sắt có thể được kiểm soát bằng một số chất phụ gia nhất định, thúc đẩy sự hình thành graphit trong quá trình hóa rắn của gang đúc. Các chất phụ gia này được gọi là chất tạo hạt và mầm cây, và việc thêm chúng vào gang đúc được gọi là quá trình hạt hóa và tạo mầm cây tương ứng. Trong sản xuất gang đúc, sự tạo thành sắt cacbua, đặc biệt là trong các lát mỏng, thường là một thử thách. Sự hình thành cacbua sắt được tạo ra bằng cách làm mát nhanh các phần mỏng so với làm nguội chậm hơn các phần dày hơn của sản phẩm đúc. Sự hình thành cacbua sắt trong sản xuất gang đúc được gọi là “tôi luyện” trong thương mại. Sự hình thành tôi luyện được định lượng bằng cách đo “độ sâu tôi luyện” và khả năng của mầm cây để ngăn sự tôi luyện và giảm độ sâu tôi luyện là cách thuận tiện để đo và so sánh khả năng của mầm cây, đặc biệt là trong các loại gang xám. Trong sắt dạng hạch kết, khả năng của mầm cây thường được đo lường và so sánh bằng cách sử dụng mật độ số hạch kết graphit.

Khi ngành công nghiệp phát triển thì cần có vật liệu mạnh hơn. Điều này nghĩa là có nhiều hợp kim hóa hơn với các nguyên tố hoạt hóa cacbua như Cr, Mn, V, Mo.... và phần đúc mỏng hơn cũng như thiết kế của sản phẩm đúc nhẹ hơn. Do đó, cần phải liên tục phát triển các mầm cấy làm giảm độ sâu tôi luyện và cải thiện khả năng gia công trên máy của các loại gang xám cũng như gia tăng mật độ số lượng hình dạng cầu graphit trong các loại gang đúc dẻo. Hóa học và cơ chế chính xác của việc ghép mầm và lý do các mầm cấy hoạt động như chúng thực hiện trong các mẻ gang đúc nóng chảy khác nhau không được hiểu hoàn toàn, do đó, rất nhiều nghiên cứu bắt đầu cung cấp cho ngành công nghiệp các mầm cấy cải tiến mới.

Người ta cho rằng canxi và một số nguyên tố khác ức chế sự hình thành cacbua sắt và thúc đẩy sự hình thành graphit. Phần lớn các mầm cấy đều có chứa canxi. Việc bổ sung các chất ức chế cacbua sắt này thường được tạo điều kiện bằng cách bổ sung hợp kim ferosilic và có lẽ hợp kim ferosilic được sử dụng rộng rãi nhất là hợp kim silic cao chứa 70 % đến 80 % silic và hợp kim silic thấp chứa 45 % đến 55 % silic. Các nguyên tố thường có thể có trong mầm cấy, và được thêm vào gang đúc dưới dạng hợp kim ferosilic để kích thích sự tạo mầm của graphit trong gang đúc, ví dụ như Ca, Ba, Sr, Al, kim loại kiềm thổ hiếm (RE), Mg, Mn, Bi, Sb, Zr và Ti.

Việc ngăn chặn sự hình thành cacbua được liên kết bởi các đặc tính tạo mầm của mầm cấy. Bằng các đặc tính tạo mầm, người ta hiểu số lượng nhân được hình thành bởi mầm cấy. Số lượng lớn các hạt nhân được hình thành dẫn đến mật độ số lượng hạch kết graphit tăng lên, do đó giúp cải thiện hiệu quả ghép mầm và cải thiện sự ức chế cacbua. Hơn nữa, tốc độ tạo mầm cao cũng có thể giúp có độ bền màu tốt hơn của hiệu ứng gây mầm trong thời gian lưu áp suất nóng chảy kéo dài sau khi ghép mầm. Sự phai màu ghép mầm có thể được giải thích bằng cách kết tụ và hòa tan lại tập hợp hạt nhân, khiến tổng số vị trí tạo mầm tiềm năng bị giảm.

Bằng sáng chế Hoa Kỳ số 4,432,793 đề xuất mầm cấy chứa bismut, chì và/hoặc antimon. Bismut, chì và/hoặc antimon được biết là có khả năng gây mầm cao và làm gia tăng số lượng hạt nhân. Các nguyên tố này cũng được biết đến là các phần tử chống cầu hóa, và sự hiện diện ngày càng tăng của các phần tử này trong gang đúc được cho là sẽ gây ra sự

thoái hóa cấu trúc graphit của graphit dạng cầu. Mầm cấy theo bằng sáng chế Hoa Kỳ số 4,432,793 là hợp kim ferosilic chứa từ 0,005 % đến 3 % đất hiếm và từ 0,005 % đến 3 % một trong các bismut nguyên tố kim loại, chì và/hoặc antimon được hợp kim hóa trong ferosilic.

Theo bằng sáng chế Hoa Kỳ số 5,733,502, các mầm cấy theo bằng sáng chế Hoa Kỳ số 4,432,793 đã nêu luôn chứa một số canxi giúp cải thiện sản lượng bismut, chì và/hoặc antimon tại thời điểm hợp kim được sản xuất và giúp phân phối các nguyên tố này trong hợp kim một cách đồng nhất, vì các nguyên tố này thể hiện khả năng hòa tan kém trong các pha sắt-silic. Tuy nhiên, trong quá trình bảo quản, sản phẩm có xu hướng phân hủy và cấp phối hạt có xu hướng gia tăng số lượng hạt mịn. Việc giảm phép đo độ hạt được liên kết với sự phân hủy, gây ra bởi độ ẩm của khí quyển, của pha canxi-bismut được thu thập tại biên hạt của mầm cấy. Theo bằng sáng chế Hoa Kỳ số 5,733,502, người ta đã phát hiện rằng các pha bitmut-magiê hai cấu tử cũng như các pha bismut-magiê-canxi ba cấu tử thì không bị nước ăn mòn. Kết quả này chỉ đạt được đối với các mầm cấy hợp kim ferosilic silic cao, đối với các mầm cấy FeSi silic thấp, sản phẩm bị phân hủy trong quá trình bảo quản. Hợp kim gốc ferosilic để ghép mầm theo bằng sáng chế Hoa Kỳ số 5,733,502 do đó chứa (theo % khối lượng) từ 0,005-3 % đất hiếm, 0,005-3 % bismut, chì và/hoặc antimon, 0,3-3 % canxi và 0,3-3 % magiê, trong đó tỷ lệ Si/Fe lớn hơn 2.

Đơn xin cấp bằng sáng chế Hoa Kỳ số 2015/0284830 đề cập đến hợp kim mầm cấy để xử lý các phần gang đúc dày, chứa từ 0,005 % đến 3 % khối lượng đất hiếm và từ 0,2 % đến 2 % khối lượng Sb. Đơn xin cấp bằng sáng chế Hoa Kỳ số 2015/0284830 đề cập ở trên cho thấy rằng antimon, khi được liên kết với đất hiếm trong hợp kim gốc ferosilic sẽ giúp ghép mầm hiệu quả, và với các khối dạng cầu được ổn định, các phần đặc không mang nhược điểm của antimon tinh khiết khi thêm vào gang đúc dạng lỏng. Mầm cấy theo đơn xin cấp bằng sáng chế Hoa Kỳ 2015/0284830 được mô tả là thường được dùng trong bối cảnh ghép mầm tấm bằng gang đúc, để điều hòa trước gang đúc đã nêu cũng như xử lý chất tạo hạt. Mầm cấy theo đơn xin cấp bằng sáng chế Hoa Kỳ 2015/0284830 chứa (theo % khối lượng) 65 % Si; 1,76 % Ca; 1,23 % Al; 0,15 % Sb; 0,16 % RE; 7,9 % Ba và sắt cân bằng.

Từ WO 95/24508, người ta đã biết mầm cây gang đúc cho thấy tốc độ tạo mầm tăng lên. Mầm cây này là mầm cây gốc ferosilic có chứa canxi và/hoặc stronti và/hoặc bari, ít hơn 4 % nhôm và từ 0,5 % đến 10 % oxy dưới dạng một hoặc nhiều oxit kim loại. Tuy nhiên, người ta thấy rằng khả năng tái sinh của số hạt nhân được hình thành bằng cách sử dụng mầm cây theo WO 95/24508 là khá thấp. Trong một số trường hợp, một số lượng lớn các hạt nhân được hình thành trong gang đúc, nhưng trong các trường hợp khác, số lượng hạt nhân được hình thành là khá thấp. Vì lý do trên nên mầm cây theo WO 95/24508 ít được sử dụng trong thực tế.

Từ WO 99/29911, người ta biết rằng việc bổ sung lưu huỳnh vào mầm cây của WO 95/24508 có hiệu ứng dương trong ghép mầm gang đúc và làm tăng khả năng tái sinh của hạt nhân.

Trong các oxit sắt WO 95/24508 và WO 99/29911, FeO, Fe₂O₃ và Fe₂O₄ là các oxit kim loại được ưu tiên. Các oxit kim loại khác được đề cập trong các đơn xin cấp bằng sáng chế này là SiO₂, MnO, MgO, CaO, Al₂O₃, TiO₂ và CaSiO₂, CeO₂, ZrO₂. Các sunfua kim loại ưu tiên được chọn từ nhóm bao gồm FeS, FeS₂, MnS, MgS, CaS và CuS.

Từ bằng sáng chế Hoa Kỳ số 2016/0047008, người ta đã biết đến mầm cây hạt để xử lý gang đúc dạng lỏng, một mặt, bao gồm các hạt hỗ trợ làm từ vật liệu dễ nóng chảy trong gang đúc dạng lỏng, mặt khác, các hạt bề mặt được làm bằng vật liệu thúc đẩy sự nảy mầm và sự sinh trưởng của graphit, được sắp xếp và phân bố không liên tục ở bề mặt của các hạt hỗ trợ, các hạt bề mặt có sự phân bố kích thước hạt sao cho đường kính d₅₀ của chúng nhỏ hơn hoặc bằng một phần mười đường kính d₅₀ của các hạt hỗ trợ. Mục đích của mầm cây trong US 2016 đã nêu là, *bên cạnh những thứ khác*, được chỉ định cho việc ghép mầm các phần gang đúc với độ dày khác nhau và độ nhạy thấp đối với thành phần cơ bản của gang đúc.

Do đó, mong muốn có thể cung cấp mầm cây có đặc tính tạo mầm được cải tiến và hình thành số lượng hạt nhân cao, dẫn đến mật độ số lượng hạch kết graphit tăng lên và do đó giúp cải thiện hiệu quả ghép mầm. Một mong muốn khác là cung cấp mầm

cấy hiệu suất cao. Mong muốn khác nữa là cung cấp mầm cây có thể giúp có độ bền màu tốt hơn của hiệu ứng gây mầm trong thời gian lưu áp suất nóng chảy kéo dài sau khi ghép mầm. Ít nhất một số mong muốn ở trên được đáp ứng với sáng chế, cũng như các ưu điểm khác, sẽ trở nên rõ ràng trong mô tả sau đây.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mầm cây của tình trạng kỹ thuật trước đây theo WO 99/29911 được xem là mầm cây có hiệu suất cao, mang lại số lượng hạch kết cao trong gang đúc dẻo. Hiện nay người ta đã phát hiện ra rằng việc bổ sung (các) oxit kim loại đất hiếm kết hợp với ít nhất một bismut oxit, bismut sulfua, antimon oxit, antimon sulfua, oxit sắt và/hoặc sắt sunfua vào mầm cây của WO 99/29911 bất ngờ dẫn đến số lượng hạt nhân hoặc mật độ số hạch kết cao hơn đáng kể trong gang đúc khi thêm mầm cây theo sáng chế vào gang đúc.

Theo phương án thứ nhất, sáng chế đề cập đến mầm cây dùng để sản xuất gang đúc bằng graphit dạng cầu, trong đó mầm cây đã nêu bao gồm hợp kim ferosilic dạng hạt chứa từ 40 đến 80 % khối lượng Si; 0,02-8 % khối lượng Ca; 0-5 % khối lượng Sr; 0-12 % khối lượng Ba; 0-10 % khối lượng kim loại đất hiếm; 0-5 % khối lượng Mg; 0,05-5 % khối lượng Al; 0-10 % khối lượng Mn; 0-10 % khối lượng Ti; 0-10 % khối lượng Zr; cân bằng là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên với lượng thông thường, trong đó mầm cây đã nêu có chứa thêm, theo khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cây: 0,1 % đến 15 % khối lượng oxit kim loại đất hiếm dạng hạt và ít nhất một trong khoảng từ 0,1 đến 15 % Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15 % Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15 % Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15 % Sb_2S_3 dạng hạt và/hoặc từ 0,1 đến 5 % của một hoặc nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc từ 0,1 đến 5 % của một hoặc nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng.

Theo một phương án, hợp kim ferosilic bao gồm từ 45 % đến 60 % khối lượng Si. Theo phương án khác của mầm cây, hợp kim ferosilic bao gồm từ 60 % đến 80 % khối lượng Si.

Theo một phương án, các kim loại đất hiếm trong hợp kim ferosilic bao gồm Ce, La, Y và/hoặc mischmetal (hợp kim của các nguyên tố đất hiếm). Theo một phương án, hợp kim ferosilic bao gồm tới 6 % khối lượng kim loại đất hiếm.

Theo một phương án, hợp kim ferosilic bao gồm từ 0,5 đến 3 % khối lượng Ca. Theo một phương án, hợp kim ferosilic bao gồm từ 0 đến 3 % khối lượng Sr. Theo phương án khác, hợp kim ferosilic bao gồm từ 0,2 đến 3 % khối lượng Sr. Theo một phương án, hợp kim ferosilic bao gồm từ 0 đến 5 % khối lượng Ba. Theo phương án khác, hợp kim ferosilic bao gồm từ 0,1 đến 5 % khối lượng Ba. Theo một phương án, hợp kim ferosilic bao gồm từ 0,5 đến 5 % khối lượng Al. Theo một phương án, hợp kim ferosilic bao gồm tới 6 % khối lượng Mn và/hoặc Ti và/hoặc Zr. Theo một phương án, hợp kim ferosilic bao gồm ít hơn 1 % khối lượng Mg.

Theo một phương án, mầm cấy bao gồm từ 0,2 đến 12 % khối lượng oxit kim loại đất hiếm dạng hạt. Theo một phương án, oxit kim loại đất hiếm là một hoặc nhiều CeO_2 và/hoặc La_2O_3 và/hoặc Y_2O_3 .

Theo một phương án, mầm cấy bao gồm, ngoài (các) oxit kim loại đất hiếm dạng hạt đã nêu; ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và tùy chọn một hoặc nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng.

Theo một phương án, mầm cấy bao gồm từ 0,3 đến 10 % khối lượng Bi_2S_3 dạng hạt.

Theo một phương án, mầm cấy bao gồm từ 0,3 đến 10 % Bi_2O_3 dạng hạt.

Theo một phương án, mầm cấy bao gồm từ 0,3 đến 10 % Sb_2O_3 dạng hạt.

Theo một phương án, mầm cấy bao gồm từ 0,3 đến 10 % Sb_2S_3 dạng hạt.

Theo một phương án, mầm cây bao gồm từ 0,5 đến 3 % một hoặc nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc từ 0,5 đến 3 % của một hoặc nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng.

Theo một phương án, tổng lượng (tổng các hợp chất sulfua/oxit) oxit kim loại đất hiếm dạng hạt và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, lên đến 20 % khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cây. Theo một phương án khác, tổng lượng oxit kim loại đất hiếm dạng hạt và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, lên đến 15 % khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cây.

Theo một phương án, mầm cây ở dạng pha trộn hoặc hỗn hợp cơ học/vật lý của hợp kim ferosilic dạng hạt và oxit kim loại đất hiếm dạng hạt, và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng.

Theo một phương án, oxit kim loại đất hiếm dạng hạt và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, có mặt dưới dạng các hợp chất phủ trên hợp kim gốc ferosilic dạng hạt.

Theo một phương án, oxit kim loại đất hiếm dạng hạt và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, được trộn hoặc pha trộn cơ học với hợp kim gốc ferosilic dạng hạt, với sự có mặt của chất liên kết.

Theo một phương án, mầm cây ở dạng khối kết tụ được tạo ra từ hỗn hợp của hợp kim ferosilic dạng hạt và oxit kim loại đất hiếm dạng hạt, và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, với sự có mặt của chất liên kết.

Theo một phương án, mầm cây ở dạng than bánh được tạo ra từ hỗn hợp của hợp kim ferosilic dạng hạt và oxit kim loại đất hiếm dạng hạt, và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, với sự có mặt của chất liên kết.

Theo một phương án, hợp kim gốc ferosilic dạng hạt và oxit kim loại đất hiếm dạng hạt, và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, được thêm riêng nhưng cùng lúc vào gang đúc dạng lỏng.

Theo phương án thứ hai, sáng chế đề cập đến phương pháp dùng để sản xuất mầm cây theo sáng chế, phương pháp này bao gồm bước: đề xuất hợp kim gốc dạng hạt chứa từ 40 đến 80 % khối lượng Si, 0,02-8 % khối lượng Ca; 0-5 % khối lượng Sr; 0-12 % khối lượng Ba; 0-10 % khối lượng kim loại đất hiếm; 0-5 % khối lượng Mg; 0,05-5 % khối lượng Al; 0-10 % khối lượng Mn; 0-10 % khối lượng Ti; 0-10 % khối lượng Zr; cân bằng là Fe và tạp chất ngẫu nhiên với lượng thông thường, và thêm vào hợp kim gốc dạng hạt đã nêu, theo khối lượng, dựa trên tổng khối lượng mầm cây: 0,1 đến 15 % khối lượng oxit kim loại đất hiếm dạng hạt và ít nhất một trong khoảng từ 0,1 đến 15 % Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15 % Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15 % Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15 % Sb_2S_3 dạng hạt và/hoặc từ 0,1 đến 5 % của một hoặc nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc từ 0,1 đến 5 % của một hoặc nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng để tạo ra mầm cây đã nêu.

Theo phương án của phương pháp, oxit kim loại đất hiếm dạng hạt, và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_3O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, được trộn hoặc pha trộn cơ học với hợp kim gốc dạng hạt.

Theo phương án của phương pháp, oxit kim loại đất hiếm dạng hạt, và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_3O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, được trộn cơ học trước khi trộn với hợp kim gốc dạng hạt.

Theo phương án của phương pháp, oxit kim loại đất hiếm dạng hạt, và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_3O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, được trộn hoặc pha trộn cơ học với hợp kim gốc dạng hạt với sự có mặt của chất liên kết. Theo phương án khác của phương pháp, hợp kim gốc dạng hạt được trộn hoặc pha trộn cơ học, oxit kim loại đất hiếm dạng hạt, và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, với sự có mặt của chất liên kết, sẽ tiếp tục được tạo thành các chất kết tụ hoặc than bánh.

Theo phương án khác, sáng chế đề cập đến việc sử dụng mầm cây như được xác định ở trên trong sản xuất gang đúc bằng graphit dạng cầu, bằng cách thêm mầm cây vào gang đúc nóng chảy trước khi đúc, cùng lúc vào sản phẩm đúc hoặc dưới dạng mầm cây trong khuôn.

Theo phương án của việc sử dụng mầm cây, hợp kim gốc ferosilic dạng hạt và oxit kim loại đất hiếm dạng hạt, và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc

Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, được thêm dưới dạng pha trộn hoặc hỗn hợp cơ học/vật lý vào gang đúc nóng chảy.

Theo phương án về việc sử dụng mầm cây, hợp kim gốc ferosilic dạng hạt và oxit kim loại đất hiếm dạng hạt, và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, được thêm riêng nhưng cùng lúc vào gang đúc nóng chảy.

Theo bất kỳ các phương án trên, mầm cây có thể bao gồm, ngoài (các) oxit kim loại đất hiếm dạng hạt đã nêu; ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và tùy chọn một hoặc nhiều Fe_3O_4 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1: sơ đồ hiển thị mật độ số hạch kết (số hạch kết trên từng mm^2 , viết tắt là N/mm^2) trong các mẫu gang đúc của mẻ nóng chảy P trong ví dụ 1.

Hình 2: sơ đồ hiển thị mật độ số hạch kết (số hạch kết trên từng mm^2 , viết tắt là N/mm^2) trong các mẫu gang đúc của mẻ nóng chảy Q trong ví dụ 1.

Hình 3: sơ đồ hiển thị mật độ số hạch kết (số hạch kết trên từng mm^2 , viết tắt là N/mm^2) trong các mẫu gang đúc của mẻ nóng chảy W trong ví dụ 2.

Hình 4: sơ đồ hiển thị mật độ số hạch kết (số hạch kết trên từng mm^2 , viết tắt là N/mm^2) trong các mẫu gang đúc của mẻ nóng chảy Y trong ví dụ 2.

Hình 5: sơ đồ hiển thị mật độ số hạch kết (số hạch kết trên từng mm^2 , viết tắt là N/mm^2) trong các mẫu gang đúc của mẻ nóng chảy Z trong ví dụ 2.

Hình 6: sơ đồ cho thấy mật độ số hạch kết (số hạch kết trên từng mm^2 , viết tắt là N/mm^2) trong các mẫu gang đúc của mẻ nóng chảy AG trong ví dụ 3.

Hình 7: sơ đồ hiển thị mật độ số hạch kết (số hạch kết trên từng mm^2 , viết tắt là N/mm^2) trong các mẫu gang đúc của mẻ nóng chảy AH trong ví dụ 3.

Hình 8: sơ đồ cho thấy mật độ số hạch kết (số hạch kết trên từng mm^2 , viết tắt là N/mm^2) trong các mẫu gang đúc của mẻ nóng chảy AK trong ví dụ 4.

Mô tả chi tiết sáng chế

Theo sáng chế, mầm cây có độ mạnh cao được cung cấp để sản xuất gang đúc bằng graphit dạng cầu. Mầm cây bao gồm các hạt hợp kim gốc FeSi kết hợp với các oxit kim loại đất hiếm dạng hạt và cũng bao gồm ít nhất một oxit bismut dạng hạt (Bi_2O_3) và/hoặc bismut sulfua (Bi_2S_3) và/hoặc antimon oxit (Sb_2O_3), và/hoặc antimon sulfua (Sb_2S_3) và/hoặc oxit sắt (một hoặc nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO hoặc hỗn hợp của chúng) và/hoặc sắt sulfua (một hoặc nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 hoặc hỗn hợp của chúng). Mầm cây theo sáng chế thì dễ sản xuất và dễ kiểm soát cũng như thay đổi lượng RE, Bi và/hoặc Sb trong mầm cây. Vì tránh các bước hợp kim hóa phức tạp và tốn kém, do đó mầm cây có thể được sản xuất với chi phí thấp hơn so với các mầm cây của tình trạng kỹ thuật trước đây có chứa kim loại đất hiếm, Bi và/hoặc Sb.

Trong quy trình sản xuất tạo ra gang đúc dẻo bằng graphit dạng cầu hoặc dạng nén, gang đúc nóng chảy thường được xử lý bằng chất tạo hạt, ví dụ như sử dụng hợp kim MgFeSi trước khi xử lý ghép mầm. Việc xử lý sự tạo hạt có mục đích nhằm thay đổi dạng graphit từ dạng vẩy sang hạch kết khi nó đang kết tủa và phát triển sau đó. Cách thức này được thực hiện bằng cách thay đổi năng lượng mặt phân cách của graphit/mẻ nóng chảy mặt phân cách. Được biết, Mg và Ce là các nguyên tố thay đổi năng lượng mặt phân cách, Mg hiệu quả hơn so với Ce. Khi Mg được thêm vào phần sắt gốc nóng chảy, đầu tiên nó sẽ phản ứng với oxy và lưu huỳnh, và chỉ có “magiê tự do” là sẽ có hiệu ứng tạo hạt. Phản ứng tạo hạt là mãnh liệt và sẽ khuấy trộn mẻ nóng chảy, đồng thời nó sẽ tạo ra xỉ trôi nổi trên bề mặt. Sự mãnh liệt của phản ứng sẽ dẫn đến việc hầu hết các vị trí tạo mầm cho graphit đã có ở mẻ nóng chảy (được đưa vào bằng các nguyên liệu thô) và các tạp chất khác là một phần của xỉ trên phần đỉnh và bị loại bỏ. Tuy nhiên, một số tạp chất MgO và MgS được tạo ra trong quá trình xử lý sự tạo hạt vẫn sẽ ở trong mẻ nóng chảy. Những tạp chất này không phải là các vị trí tạo mầm tốt như vậy.

Chức năng chính của việc ghép mầm là ngăn chặn sự hình thành cacbua bằng cách đưa vào các vị trí tạo mầm cho graphit. Ngoài đưa vào các vị trí tạo mầm, việc ghép mầm cũng biến đổi các tạp chất MgO và MgS được hình thành trong quá trình xử

lý sự tạo hạt thành các vị trí tạo mầm bằng cách thêm một lớp (với Ca, Ba hoặc Sr) trên các tạp chất.

Theo sáng chế, các hợp kim gốc FeSi dạng hạt phải bao gồm từ 40 đến 80 % khối lượng Si. Hợp kim FeSi tinh khiết là mầm cây yếu, nhưng là chất mang hợp kim phổ biến cho các nguyên tố hoạt động, cho phép phân tán tốt trong mẻ nóng chảy. Do đó, có tồn tại nhiều thành phần hợp kim FeSi đã biết dành cho mầm cây. Các nguyên tố hợp kim thông thường trong mầm cây hợp kim FeSi bao gồm Ca, Ba, Sr, Al, Mg, Zr, Mn, Ti và RE (đặc biệt là Ce và La). Lượng nguyên tố hợp kim có thể thay đổi. Thông thường, các mầm cây được thiết kế để phục vụ các yêu cầu khác nhau trong sản xuất sắt xám, dạng nén và dẻo. Mầm cây theo sáng chế có thể chứa hợp kim gốc FeSi với hàm lượng silic khoảng 40-80 % khối lượng. Các nguyên tố hợp kim hóa có thể bao gồm khoảng 0,02-8 % khối lượng Ca; khoảng 0-5 % khối lượng Sr; khoảng 0-12 % khối lượng Ba; khoảng 0-10 % khối lượng kim loại đất hiếm; khoảng 0-5 % khối lượng Mg; khoảng 0,05-5 % khối lượng Al; khoảng 0-10 % khối lượng Mn; khoảng 0-10 % khối lượng Ti; khoảng 0-10 % khối lượng Zr; và cân bằng là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên với lượng thông thường.

Hợp kim gốc FeSi có thể là hợp kim có silic cao chứa 60 đến 80 % silic hoặc hợp kim có silic thấp chứa 45 đến 60 % silic. Silic thường có mặt trong các hợp kim gang đúc, và là nguyên tố làm ổn định graphit trong gang đúc, giúp đẩy cacbon ra khỏi dung dịch và thúc đẩy sự hình thành graphit. Hợp kim gốc FeSi phải có kích thước hạt nằm trong phạm vi thông thường đối với mầm cây, ví dụ như trong khoảng 0,2 đến 6 mm. Cần lưu ý rằng, kích thước hạt nhỏ hơn, chẳng hạn như hạt mịn, của hợp kim FeSi cũng có thể được áp dụng theo sáng chế, để sản xuất mầm cây. Khi sử dụng các hạt rất nhỏ của hợp kim gốc FeSi, mầm cây có thể ở dạng khối kết tụ (ví dụ như hạt nhỏ) hoặc than bánh. Để điều chế các khối kết tụ và/hoặc than bánh của mầm cây, (các) oxit kim loại đất hiếm dạng hạt và ít nhất một Bi_2O_3 , và/hoặc Bi_2S_3 , và/hoặc Sb_2O_3 , và/hoặc Sb_2S_3 , và/hoặc oxit sắt (một hoặc nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO hoặc hỗn hợp của chúng) và/hoặc sắt sunfua (một hoặc nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 hoặc hỗn hợp của chúng), được trộn với hợp kim ferosilic dạng hạt bằng cách trộn hoặc pha trộn cơ học, với sự có mặt của chất liên kết, sau đó là sự kết tụ của hỗn hợp bột theo các phương pháp đã biết. Chất liên kết có thể, ví dụ là dung dịch natri silicat. Các khối kết tụ có thể là

các hạt nhỏ có kích thước sản phẩm phù hợp, hoặc có thể được nghiền nát và sàng lọc theo kích cỡ sản phẩm cuối cùng được yêu cầu.

Một loại tạp chất khác nhau (sulfua, oxit, nitrat và silicat) có thể hình thành ở trạng thái lỏng. Sulfua và oxit của các nguyên tố nhóm IIA (Mg, Ca, Sr và Ba) có các pha tinh thể rất giống nhau và các điểm nóng chảy cao. Các nguyên tố nhóm IIA được biết đến là tạo thành các oxit bền ở dạng sắt lỏng; do đó, các mầm cây và chất tạo hạt, dựa trên các nguyên tố này, được biết đến là chất khử oxy hiệu quả. Canxi là nguyên tố vi lượng phổ biến nhất trong các mầm cây ferosilic. Theo sáng chế, hợp kim gốc FeSi dạng hạt bao gồm khoảng 0,02 đến khoảng 8 % khối lượng canxi. Trong một số ứng dụng, sẽ lý tưởng nếu hàm lượng Ca thấp trong hợp kim gốc FeSi, ví dụ như từ 0,02 đến 0,5 % khối lượng. So với các hợp kim ferosilic mầm cây thông thường có chứa bismut được hợp kim hóa, trong đó canxi được xem là nguyên tố cần thiết để cải thiện sản lượng bismut (và antimon), không cần canxi cho mục đích hòa tan trong các mầm cây theo sáng chế. Trong các ứng dụng khác, hàm lượng Ca có thể cao hơn, ví dụ như từ 0,5 đến 8 % khối lượng. Mức độ Ca cao có thể làm tăng sự hình thành xỉ, thường là không mong muốn. Nhiều mầm cây bao gồm khoảng 0,5 đến 3 % khối lượng Ca trong hợp kim FeSi. Hợp kim gốc FeSi sẽ bao gồm tới 5 % khối lượng của stronti. Lượng Sr từ 0,2 đến 3 % khối lượng thì thường là phù hợp. Bari có thể có mặt với lượng lên tới khoảng 12 % khối lượng trong hợp kim mầm cây FeSi. Ba được biết đến là có khả năng có độ bền màu tốt hơn của hiệu ứng gây mầm trong thời gian lưu áp suất nóng chảy kéo dài sau khi ghép mầm, và cho hiệu quả tốt hơn trong phạm vi nhiệt độ rộng hơn. Nhiều mầm cây hợp kim FeSi bao gồm khoảng 0,1-5 % khối lượng Ba. Nếu bari được sử dụng cùng với canxi, cả hai có thể phối hợp với nhau để làm giảm sự tôi luyện nhiều hơn so với lượng canxi tương đương.

Magiê có thể có mặt với lượng lên tới khoảng 5 % khối lượng trong hợp kim mầm cây FeSi. Tuy nhiên, vì Mg thường được thêm vào quá trình xử lý sự tạo hạt để sản xuất sắt dẻo, lượng Mg trong mầm cây có thể thấp, ví dụ như lên đến khoảng 0,1 % khối lượng. So với các hợp kim ferosilic mầm cây thông thường có chứa bismut được hợp kim hóa, trong đó magiê được coi là nguyên tố cần thiết để ổn định các pha chứa bismut, không cần magiê cho mục đích làm ổn định trong các mầm cây theo sáng chế.

Hợp kim gốc FeSi có thể bao gồm tới 10 % khối lượng kim loại đất hiếm (RE). RE bao gồm ít nhất Ce, La, Y và/hoặc mischmetal (hợp kim của các nguyên tố đất hiếm). Mischmetal là hợp kim của các nguyên tố đất hiếm, thường bao gồm khoảng 50 % Ce và 25 % La, với lượng nhỏ Nd và Pr. Gần đây, kim loại đất hiếm nặng hơn thường được loại bỏ khỏi mischmetal (hợp kim của các nguyên tố đất hiếm), và thành phần hợp kim của mischmetal (hợp kim của các nguyên tố đất hiếm) có thể là khoảng 65 % Ce và khoảng 35 % La, và vết của kim loại RE nặng hơn, chẳng hạn như Nd và Pr. Phụ gia RE thường được sử dụng để khôi phục số lượng hạch kết graphite và sự tạo hạt trong sắt dẻo chứa các nguyên tố có tính phá vỡ như Sb, Pb, Bi, Ti.... Trong một số mầm cấy, lượng RE lên tới 10 % khối lượng. RE dư trong một số trường hợp sẽ dẫn đến sự hình thành graphite phân đoạn. Do đó, trong một số ứng dụng, lượng RE phải thấp hơn, ví dụ như từ 0,1 đến 3 % khối lượng. Mầm cấy theo sáng chế có chứa oxit RE dưới dạng chất phụ gia cho hợp kim ferosilic gốc dạng hạt, do đó, hợp kim ferosilic không cần bất kỳ RE được hợp kim hóa nào. Tốt nhất RE là Ce và/hoặc La.

Nhôm được báo cáo là có tác dụng mạnh như là chất khử tôi luyện. Al thường được kết hợp với Ca trong các mầm cấy hợp kim FeSi để sản xuất sắt dẻo. Theo sáng chế, hàm lượng Al phải lên đến khoảng 5 % khối lượng, ví dụ như khoảng 0,1-5.

Ziriconi, mangan và/hoặc titan cũng thường có trong mầm cấy. Tương tự như các nguyên tố đã đề cập ở trên, Zr, Mn và Ti đóng vai trò quan trọng trong quá trình tạo mầm của graphite, được cho là được hình thành do kết quả của các trường hợp tạo mầm không đồng nhất trong quá trình hóa rắn. Lượng Zr trong hợp kim gốc FeSi có thể lên tới khoảng 10 % khối lượng, ví dụ như lên đến 6 % khối lượng. Lượng Mn trong hợp kim gốc FeSi có thể lên tới khoảng 10 % khối lượng, ví dụ như lên đến 6 % khối lượng. Lượng Ti trong hợp kim gốc FeSi cũng có thể lên tới khoảng 10 % khối lượng, ví dụ như lên đến 6 % khối lượng.

Bismut và antimon được biết đến là có khả năng gây mầm cao và làm gia tăng số lượng hạt nhân. Tuy nhiên, sự hiện diện của lượng nhỏ các nguyên tố như Sb và/hoặc Bi trong mẻ nóng chảy (còn được gọi là các nguyên tố có tính phá vỡ) có thể làm giảm

sự tạo hạt. Hiệu ứng âm này có thể được trung hòa bằng cách sử dụng Ce hoặc kim loại RE khác.

Việc đưa RE-oxit/ Sb_2O_3 / Sb_2S_3 / Bi_2O_3 / Bi_2S_3 vào cùng với mầm cấy hợp kim gốc FeSi là thêm chất phản ứng vào hệ thống sẵn có với các tạp chất Mg nổi xung quanh trong mẻ nóng chảy và Mg “tự do”. Việc bổ sung mầm cấy không phải là phản ứng mạnh và sản lượng RE và Sb, nếu Sb oxit và/hoặc sulfua được thêm vào ($\text{Sb}/\text{Sb}_2\text{O}_3/\text{Sb}_2\text{S}_3$ còn lại trong mẻ nóng chảy) và sản lượng Bi, nếu Bi oxit và/hoặc sulfua được thêm vào ($\text{Bi}/\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Bi}_2\text{S}_3$) còn lại trong mẻ nóng chảy dự kiến sẽ cao.

Lượng oxit kim loại đất hiếm nên từ 0,1 đến 15 % khối lượng dựa trên tổng lượng mầm cấy. Theo một số phương án, lượng oxit kim loại đất hiếm nên từ 0,2 đến 12 % khối lượng. Theo một số phương án, lượng oxit kim loại đất hiếm nên từ 0,5 đến 10 % khối lượng. Các hạt RE-oxit phải có kích thước hạt nhỏ, tức là kích thước micron (ví dụ như 1-50 μm hoặc 1-10 μm). (Các) oxit kim loại đất hiếm là một hoặc nhiều CeO_2 và/hoặc La_2O_3 và/hoặc Y_2O_3 . Oxit kim loại đất hiếm cũng có thể bao gồm oxit Nd và/hoặc Pr và các kim loại đất hiếm khác. Mầm cấy có thể chứa hỗn hợp các oxit kim loại đất hiếm nói trên. Việc bổ sung RE dưới dạng một hoặc nhiều oxit RE kết hợp với hợp kim gốc FeSi đem lại lợi thế theo nhiều cách; ngoài việc tạo ra số lượng hạch kết cao trong các mẫu đúc, mầm cấy còn có ưu điểm là hợp kim gốc ferosilic có thể được điều chỉnh phù hợp với các mục đích sử dụng khác nhau bằng cách thay đổi lượng oxit RE và các nguyên tố mầm cấy hoạt động khác (Bi, Sb oxit/sulfua) theo cách đơn giản, do đó tránh được các bước hợp kim hóa tốn kém; và có thể sản xuất các thành phần mầm cấy cụ thể với khối lượng nhỏ. Người ta cũng cho rằng oxit RE sẽ tan chảy và/hoặc hòa tan nhanh hơn các pha liên kim loại, thường thô hơn trong hợp kim ferosilic.

Các hạt Sb_2S_3 , Sb_2O_3 , Bi_2S_3 và Bi_2O_3 nên có kích thước hạt nhỏ, tức là kích thước micron, làm tan chảy hoặc hòa tan rất nhanh các hạt nói trên khi được đưa vào gang đúc nóng chảy. Các hạt RE-oxit đã nêu và ít nhất một trong các hạt Bi và/hoặc Sb và/hoặc Fe oxit/sulfua được thuận lợi trộn với hợp kim gốc FeSi dạng hạt trước khi thêm mầm cấy vào gang đúc nóng chảy.

Lượng Bi_2O_3 dạng hạt, nếu có, nên từ 0,1 đến 15 % khối lượng dựa trên tổng lượng mầm cây. Theo một số phương án, lượng Bi_2O_3 có thể là 0,1-10 % khối lượng. Lượng Bi_2O_3 cũng có thể từ khoảng 0,5 đến khoảng 3,5 % khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cây.

Lượng Bi_2S_3 dạng hạt, nếu có, nên từ 0,1 đến 15 % khối lượng dựa trên tổng lượng mầm cây. Theo một số phương án, lượng Bi_2S_3 có thể là 0,1-10 % khối lượng. Lượng Bi_2S_3 cũng có thể từ khoảng 0,5 đến khoảng 3,5 % khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cây. Kích thước hạt của Bi_2O_3 và Bi_2S_3 thường là 1-10 μm .

Việc thêm Bi dưới dạng các hạt Bi_2S_3 và Bi_2O_3 , nếu có, thay vì hợp kim hóa Bi với hợp kim FeSi có một số ưu điểm. Bi có độ hòa tan kém trong các hợp kim ferosilic, do đó, sản lượng của kim loại Bi được thêm vào ferosilic nóng chảy là thấp, và do đó chi phí của mầm cây hợp kim FeSi chứa Bi tăng lên. Hơn nữa, mật độ của nguyên tố Bi cao có thể khó thu được hợp kim đồng nhất trong quá trình đúc và hóa rắn. Một khó khăn khác là bản chất dễ bay hơi của kim loại Bi do nhiệt độ nóng chảy thấp so với các nguyên tố khác trong mầm cây gốc FeSi. Việc bổ sung Bi dưới dạng oxit, nếu có, cùng với hợp kim gốc FeSi cung cấp mầm cây dễ sản xuất với chi phí sản xuất có thể thấp hơn so với quy trình hợp kim hóa truyền thống, trong đó lượng Bi được dễ dàng kiểm soát và có thể tái sản xuất. Hơn nữa, vì Bi được thêm vào dưới dạng oxit, nếu có, thay vì hợp kim hóa trong hợp kim FeSi, rất dễ làm thay đổi lượng bismut trong mầm cây, ví dụ như dành cho chuỗi sản xuất nhỏ hơn. Hơn nữa, mặc dù Bi được biết đến là có khả năng gây mầm cao, nhưng oxy cũng có tầm quan trọng đối với hiệu suất của mầm cây, do đó giúp mang lại một lợi thế khác của việc thêm Bi vào dưới dạng oxit.

Lượng Sb_2O_3 dạng hạt, nếu có, nên từ 0,1 đến 15 % khối lượng dựa trên tổng lượng mầm cây. Theo một số phương án, lượng Sb_2O_3 có thể là 0,1-8 % khối lượng. Lượng Sb_2O_3 cũng có thể từ khoảng 0,5 đến khoảng 3,5 % khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cây.

Lượng Sb_2S_3 dạng hạt, nếu có, nên từ 0,1 đến 15 % khối lượng dựa trên tổng lượng mầm cây. Theo một số phương án, lượng Sb_2S_3 có thể là 0,1-8 % khối lượng. Cũng có

thể nhìn thấy kết quả khả quan khi lượng Sb_2S_3 từ khoảng 0,5 đến khoảng 3,5 % khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cây. Kích thước hạt của Sb_2O_3 và Sb_2S_3 thường là 10-150 μm .

Việc bổ sung Sb dưới dạng các hạt Sb_2S_3 và/hoặc các hạt Sb_2O_3 thay vì hợp kim hóa Sb với hợp kim FeSi mang đến nhiều ưu điểm. Mặc dù Sb là mầm cây mạnh, nhưng oxy và lưu huỳnh cũng có tầm quan trọng đối với hiệu suất của mầm cây. Một ưu điểm khác là khả năng tái sản xuất tốt và tính linh hoạt của thành phần mầm cây do lượng và độ đồng nhất của Sb_2S_3 và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt trong mầm cây được dễ dàng kiểm soát. Tầm quan trọng của việc kiểm soát lượng mầm cây và có thành phần mầm cây đồng nhất rõ ràng, do thực tế là antimon thường được thêm vào ở mức ppm. Việc thêm vào mầm cây không đồng nhất có thể dẫn đến các lượng nguyên tố gây mầm trong gang đúc. Một ưu điểm khác là việc sản xuất mầm cây có hiệu quả về chi phí hơn so với các phương pháp liên quan đến antimon hợp kim hóa trong hợp kim gốc FeSi.

Tổng lượng của một hoặc nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, nếu có, nên từ 0,1 đến 5 % khối lượng dựa trên tổng lượng mầm cây. Theo một số phương án, lượng của một hoặc nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO hoặc hỗn hợp của chúng có thể là 0,5-3 % khối lượng. Lượng của một hoặc nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO hoặc hỗn hợp của chúng cũng có thể từ khoảng 0,8 đến khoảng 2,5 % khối lượng, dựa trên tổng khối lượng mầm cây. Các sản phẩm oxit sắt thương mại dành cho các ứng dụng công nghiệp, như trong lĩnh vực luyện kim, có thể có thành phần bao gồm các loại hợp chất và các loại pha oxit sắt khác nhau. Các loại oxit sắt chính là Fe_3O_4 , Fe_2O_3 và/hoặc FeO (bao gồm các pha oxit hỗn hợp khác của Fe^{II} và Fe^{III} ; các oxit sắt (II, III)), tất cả đều có thể được sử dụng trong mầm cây theo sáng chế. Các sản phẩm oxit sắt thương mại dành cho các ứng dụng công nghiệp có thể chứa các lượng nhỏ (không đáng kể) các oxit kim loại khác dưới dạng tạp chất.

Tổng lượng của một hoặc nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, nếu có, phải từ 0,1 đến 5 % khối lượng dựa trên tổng lượng mầm cây. Theo một số phương án, lượng của một hoặc nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 hoặc hỗn hợp của chúng có thể là 0,5-3 % khối lượng. Lượng của một hoặc nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 hoặc hỗn hợp

của chúng cũng có thể là từ khoảng 0,8 đến khoảng 2,5 % khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cấy. Các sản phẩm sulfua sắt thương mại dành cho ứng dụng công nghiệp, như trong lĩnh vực luyện kim, có thể có thành phần bao gồm các loại hợp chất và các loại pha sulfua sắt khác nhau. Các loại sắt sulfua chính là FeS, FeS₂ và/hoặc Fe₃S₄ (sắt sulfua (II, III); FeS Fe₂S₃), bao gồm các pha không theo tỷ lệ của FeS; Fe_{1+x}S ($x > 0$ đến 0,1) và Fe_{1-y}S ($y > 0$ đến 0,2), tất cả những gì có thể được sử dụng trong mầm cấy theo sáng chế. Sản phẩm sulfua sắt thương mại dành cho các ứng dụng công nghiệp có thể chứa lượng nhỏ (không đáng kể) các sulfua kim loại khác dưới dạng tạp chất.

Một trong những mục đích của việc thêm một hoặc nhiều Fe₃O₄, Fe₂O₃, FeO hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS, FeS₂, Fe₃S₄ hoặc hỗn hợp của chúng vào gang đúc nóng chảy là cố ý thêm oxy và lưu huỳnh vào mẻ nóng chảy để góp phần làm tăng số lượng hạch kết.

Cần hiểu rằng tổng lượng hạt RE-oxit và ít nhất một trong số các hạt Sb oxit/sulfua, các hạt Bi oxit/sulfua và bất kỳ Fe oxit/sulfua nào, nếu có, nên lên đến khoảng 20 % khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cấy. Cũng nên hiểu rằng thành phần của hợp kim gốc FeSi có thể thay đổi trong phạm vi được xác định và chuyên gia trong ngành sẽ biết rằng, số lượng các nguyên tố hợp kim hóa bổ sung lên tới 100 %. Có tồn tại nhiều hợp kim mầm cấy gốc FeSi thông thường, và chuyên gia trong ngành sẽ biết cách thay đổi thành phần gốc FeSi dựa trên các hợp kim này.

Tỷ lệ bổ sung mầm cấy theo sáng chế vào gang đúc nóng chảy thường từ khoảng 0,1 đến 0,8 % khối lượng. Chuyên gia trong ngành sẽ điều chỉnh tỷ lệ bổ sung này tùy vào cấp độ của các nguyên tố, ví dụ như mầm cấy có Bi và/hoặc Sb cao thường sẽ cần tỷ lệ bổ sung thấp hơn.

Mầm cấy được tạo ra bằng cách cung cấp hợp kim gốc FeSi dạng hạt có thành phần như được xác định trong tài liệu này, và thêm vào oxit kim loại đất dạng gốc dạng hạt đã nêu, và ít nhất một Sb₂O₃/Sb₂S₃/Bi₂O₃/Bi₂S₃ dạng hạt và tùy chọn một hoặc nhiều Fe₃O₄, Fe₂O₃, FeO hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS, FeS₂, Fe₃S₄ hoặc hỗn

hợp của chúng để tạo ra mầm cấy. (Các) oxit kim loại đất hiếm và ít nhất một trong số các hạt Sb_2O_3 , Sb_2S_3 , Bi_2O_3 và/hoặc Bi_2S_3 cũng như các hạt Fe oxit/sulfua, nếu có, có thể được trộn cơ học/vật lý với các hạt hợp kim gốc FeSi. Có thể sử dụng bất kỳ máy trộn thích hợp nào để trộn/pha trộn vật liệu dạng bột và/hoặc dạng hạt. Việc trộn có thể được thực hiện với sự có mặt của chất liên kết phù hợp, tuy nhiên cần lưu ý rằng sự có mặt chất liên kết là không bắt buộc. (Các) oxit kim loại đất hiếm và ít nhất một trong số các hạt Sb_2O_3 , Sb_2S_3 , Bi_2O_3 và/hoặc Bi_2S_3 cũng như các hạt Fe oxit/sulfua, nếu có, cũng có thể được pha trộn với các hạt hợp kim gốc FeSi, cung cấp mầm cấy được trộn đồng nhất. Pha trộn oxit kim loại đất hiếm, và bột sulfua/oxit bổ sung đã nêu với các hạt hợp kim gốc FeSi, có thể tạo thành lớp phủ ổn định trên các hạt hợp kim gốc FeSi. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng việc trộn và/hoặc pha trộn oxit kim loại đất hiếm và bất kỳ oxit/sulfua dạng hạt đã nêu nào khác với hợp kim gốc FeSi dạng hạt thì không bắt buộc để đạt được hiệu ứng gây mầm. Hợp kim gốc FeSi dạng hạt, oxit kim loại đất hiếm và bất kỳ oxit/sulfua dạng hạt đã nêu nào có thể được thêm riêng nhưng cùng lúc vào gang đúc dạng lỏng. Mầm cấy cũng có thể được thêm vào dưới dạng mầm cấy trong khuôn. Các hạt mầm cấy của hợp kim FeSi, oxit kim loại đất hiếm và bất kỳ Bi oxit/sulfua, Sb oxit/sulfua và/hoặc Fe oxit/sulfua dạng hạt đã nêu nào khác, nếu có, cũng có thể được tạo thành các khối kết tụ hoặc than bánh theo các phương pháp thường được biết đến.

Các ví dụ sau đây cho thấy rằng việc bổ sung oxit kim loại đất hiếm và các hạt Sb_2O_3 / Sb_2S_3 / Bi_2O_3 / Bi_2S_3 cùng với các hạt hợp kim gốc FeSi dẫn đến mật độ số hạch kết tăng lên khi mầm cấy được thêm vào gang đúc, so với mầm cấy theo tình trạng kỹ thuật trước đây trong WO 99/29911, như được xác định bên dưới. Số lượng hạch kết cao hơn giúp giảm lượng mầm cấy cần thiết để đạt được hiệu ứng gây mầm mong muốn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tất cả các mẫu thí nghiệm được phân tích liên quan đến cấu trúc vi mô để xác định mật độ hạch kết. Cấu trúc vi mô đã được kiểm tra trong một thanh kéo từ mỗi thí nghiệm theo ASTM E2567-2016. Giới hạn hạt được đặt thành $>10\text{ }\mu\text{m}$. Các mẫu kéo được đúc $\text{Ø}28\text{ mm}$ trong các khuôn tiêu chuẩn theo ISO1083 - 2004, được cắt và điều chế theo thông lệ tiêu chuẩn để phân tích cấu trúc vi mô trước khi tiến hành đánh giá bằng phần mềm phân tích hình ảnh tự động. Mật độ hạch kết (cũng được biểu thị là mật

độ số hạch kết) là số hạch kết (cũng được biểu thị là số lượng hạch kết) trên từng mm^2 , viết tắt là N/mm^2 .

Ôxít sắt được sử dụng trong các ví dụ sau, là ôxít sắt từ thương mại (Fe_3O_4) có đặc điểm kỹ thuật (được cung cấp bởi nhà sản xuất); $\text{Fe}_3\text{O}_4 > 97,0 \%$; $\text{SiO}_2 < 1,0 \%$. Ôxít sắt từ thương mại có thể bao gồm các dạng oxit sắt khác, chẳng hạn như Fe_2O_3 và FeO . Tạp chất chính trong ôxít sắt từ thương mại là SiO_2 , như đã chỉ ra ở trên.

Sulfua sắt được sử dụng trong các ví dụ sau đây, là sản phẩm FeS thương mại. Phân tích về sản phẩm thương mại đã chỉ báo sự hiện diện của các hợp chất/pha sulfua sắt khác ngoài FeS và các tạp chất thông thường với lượng không đáng kể.

Ví dụ 1

Hai mẻ nóng chảy P và Q đã được điều chế và mỗi mẻ nóng chảy được xử lý trong gàu có nắp đậy thùng trung gian bằng 1,20-1,25 % khối lượng của hợp kim tạo hạt MgFeSi tiêu chuẩn có thành phần (% khối lượng) 46,0 % Si; 4,33 % Mg; 0,69 % Ca; 0,44 % RE; 0,44 % Al, cân bằng Fe và tạp chất ngẫu nhiên với lượng thông thường (RE là kim loại đất hiếm chứa khoảng 65 % Ce và 35 % La). 0,7 % khối lượng phoi thép được sử dụng làm vỏ. Việc xử lý MgFeSi được thực hiện ở 1500°C . Các thí nghiệm ghép mầm được thực hiện trong từng mẻ nóng chảy đã xử lý bằng magiê, như hiện thị trong bảng 1, với tỷ lệ bổ sung là 0,2 % khối lượng. Thời gian lưu áp từ khi đổ đầy các gàu rót đến lúc rót là 1 phút trong tất cả các thí nghiệm. Nhiệt độ rót là $1392\text{-}1365^\circ\text{C}$ đối với mẻ nóng chảy P và $1384\text{-}1370^\circ\text{C}$ đối với mẻ nóng chảy Q. Trong ví dụ này, các mẻ nóng chảy đã xử lý được đúc thành tấm đệm bậc. Phần được phân tích dành cho số lượng hạch kết có độ dày 20 mm. Thành phần hóa học của gang đúc cuối cùng đối với tất cả các phương pháp xử lý nằm trong khoảng 3,4-3,6 % khối lượng C; 2,3-2,5 % khối lượng Si; 0,29-0,31 % khối lượng Mn; 0,007-0,011 % khối lượng S; 0,040-0,043 % khối lượng Mg.

Hợp kim FeSi gốc, đối với mầm cây theo sáng chế, có thành phần (theo % khối lượng) 75 % Si; 1,57 % Al; 1,19 % Ca; cân bằng Fe và các tạp chất ngẫu nhiên với lượng thông thường, được biểu thị trong tài liệu này là Mầm cây A. Hợp kim gốc mầm cây A được phủ bằng CeO_2 và Bi_2S_3 với số lượng như được hiển thị trong bảng 1. Một

hợp kim FeSi gốc khác, đối với mầm cấy theo sáng chế, có thành phần (theo % khối lượng) 68,2 % Si; 0,93 % Al; 0,94 % Ba; 0,95 % Ca; cân bằng Fe và tạp chất ngẫu nhiên với lượng thông thường, được biểu thị trong tài liệu này là Mầm cấy B. Các hạt hợp kim gốc của Mầm cấy A và Mầm cấy B được phủ bằng CeO_2 và Bi_2S_3 với lượng như trong bảng 1.

Mầm cấy của tình trạng kỹ thuật trước đây là mầm cấy theo WO99/29911, có thành phần hợp kim gốc là (theo % khối lượng) 74,2 % Si; 0,97 % Al; 0,78 % Ca; 1,55 % Ce, cân bằng Fe và tạp chất ngẫu nhiên với lượng thông thường, được biểu thị trong tài liệu này là Mầm cấy X.

Lượng CeO_2 và Bi_2S_3 dạng hạt được thêm vào hợp kim gốc FeSi (Mầm cấy A và Mầm cấy B) được hiển thị trong Bảng 1 cùng với mầm cấy theo tình trạng kỹ thuật trước đây. Lượng CeO_2 , Bi_2S_3 , FeS và Fe_3O_4 dựa trên tổng khối lượng mầm cấy trong tất cả các thí nghiệm. Lượng CeO_2 , Bi_2S_3 , FeS và Fe_3O_4 là phần trăm của hợp chất.

Bảng 1. Thành phần mầm cấy

	Mầm cấy gốc	Chất phụ gia, % khối lượng					Tham chiếu
		FeS	Fe_3O_4	CeO_2	Bi_2O_3	Bi_2S_3	
Mẻ nóng chảy P	Mầm cấy X	1,00	2,00				Tình trạng kỹ thuật trước đây
Mẻ nóng chảy P	Mầm cấy A			0,37	0,67		Mầm cấy A+ CeO_2 / Bi_2O_3
Mẻ nóng chảy Q	Mầm cấy X	1,00	2,00				Tình trạng kỹ thuật trước đây
Mẻ nóng chảy Q	Mầm cấy B			1,47		0,74	Mầm cấy B+ CeO_2 / Bi_2S_3

Mật độ hạch kết trong gang đúc từ các thí nghiệm ghép mầm trong mẻ nóng chảy P được hiển thị trong Hình 1 và mật độ hạch kết trong gang đúc từ các thí nghiệm ghép mầm trong mẻ nóng chảy Q được hiển thị trong Hình 2.

Phân tích cấu trúc vi mô cho thấy rằng mầm cây theo sáng chế có mật độ hạch kết cao hơn đáng kể so với mầm cây của tình trạng kỹ thuật trước đây.

Ví dụ 2

Ba mẻ nóng chảy W, Y và Z đã được điều chế và mỗi mẻ nóng chảy được xử lý trong gàu có nắp đậy thùng trung gian bằng 1,20-1,25 % khối lượng của hợp kim tạo hạt MgFeSi tiêu chuẩn có thành phần (% khối lượng) 46,0 % Si; 4,33 % Mg; 0,69 % Ca; 0,44 % RE; 0,44 % Al, cân bằng Fe và tạp chất ngẫu nhiên với lượng thông thường (RE là kim loại đất hiếm chứa khoảng 65 % Ce và 35 % La). 0,7 % khối lượng phoi thép được sử dụng làm vỏ. Việc xử lý MgFeSi được thực hiện ở 1500 °C. Các thí nghiệm ghép mầm được thực hiện trong từng mẻ nóng chảy được xử lý bằng magiê, như hiển thị trong bảng 2, với tỷ lệ bổ sung là 0,2 % khối lượng. Thời gian lưu áp từ khi đổ đầy các gàu rót đến lúc rót là 1 phút trong tất cả các thí nghiệm. Nhiệt độ rót là 1370-1353 °C cho mẻ nóng chảy W, 1389-1361 °C cho mẻ nóng chảy Y và 1381-1363 °C cho mẻ nóng chảy Z. Thành phần hóa học của gang đúc cuối cùng dành đối với tất cả các phương pháp xử lý nằm trong khoảng 3,5-3,7 % khối lượng C; 2,3-2,5 % khối lượng Si; 0,29-0,31 % khối lượng Mn; 0,007-0,011 % khối lượng S; 0,040-0,043 % khối lượng Mg.

Các thành phần của hợp kim FeSi gốc dạng hạt giống như được xác định trong ví dụ 1. Các hạt hợp kim gốc của Mầm cây A được phủ bằng CeO₂ dạng hạt và Bi₂S₃, Bi₂O₃, Sb₂S₃ và/hoặc Sb₂O₃ dạng hạt với lượng như được hiển thị trong bảng 2. Mầm cây của tình trạng kỹ thuật trước đây là mầm cây theo WO99/29911, có thành phần hợp kim gốc, Mầm cây X, như được xác định trong Ví dụ 1.

Lượng CeCE và Bi₂S₃, Bi₂O₃, Sb₂S₃ và Sb₂O₃ dạng hạt được thêm vào hợp kim gốc FeSi (Mầm cây A) được hiển thị trong Bảng 2, cùng với mầm cây theo tình trạng kỹ thuật trước đây. Lượng CeO₂, Bi₂S₃, Bi₂O₃, Sb₂S₃, Sb₂O₃, FeS và Fe₃O₄ là phần trăm của hợp chất, dựa trên tổng khối lượng của mầm cây trong tất cả 10 thí nghiệm.

Bảng 2. Thành phần mầm cây

	Mầm cây gốc	Chất phụ gia, % khối lượng							Tham chiếu
		FeS	Fe ₃ O ₄	CeO ₂	Bi ₂ S ₃	Bi ₂ O ₃	Sb ₂ S ₃	Sb ₂ O ₃	
Mề nóng chảy W	Mầm cây X	1,00	2,00					-	Tình trạng kỹ thuật trước đây
Mề nóng chảy W	Mầm cây A			1,23	1,23	1,11			Mầm cây A +CeO ₂ /Bi ₂ S ₃ /Bi ₂ O ₃
Mề nóng chảy W	Mầm cây A			1,23			2,79		Mầm cây A +CeO ₂ /Sb ₂ S ₃
Mề nóng chảy Y	Mầm cây X	1,00	2,00						Tình trạng kỹ thuật trước đây
Mề nóng chảy Y	Mầm cây A			1,23		1,11	1,39		Mầm cây A +CeO ₂ /Bi ₂ O ₃ /Sb 2S ₃
Mề nóng chảy Y	Mầm cây A			1,23	1,23			1,20	Mầm cây A +CeO ₂ /Bi ₂ S ₃ /Sb ₂ O ₃
Mề nóng chảy Y	Mầm cây A			1,23		1,11		1,20	Mầm cây A +CeO ₂ /Bi ₂ O ₃ /Sb 2O ₃
Mề nóng chảy Y	Mầm cây A			1,23	1,23		1,39		Mầm cây A +CeO ₂ /Bi ₂ S ₃ /Sb ₂ S ₃
Mề nóng chảy Z	Mầm cây X	1,00	2,00						Tình trạng kỹ thuật trước đây
Mề nóng chảy Z	Mầm cây A			9,83		3,34			Mầm cây A +CeO ₂ /Bi ₂ O ₃

Mật độ hạch kết trong gang đúc từ các thí nghiệm ghép mầm trong mề nóng chảy W được hiển thị trong Hình 3. Phân tích cấu trúc vi mô cho thấy rằng mầm cây theo sáng chế, hợp kim gốc FeSi dạng hạt (Mầm cây A) được phủ bằng xeri oxit, bismut oxit và bismut sulfua có mật độ hạch kết cao hơn rất đáng kể so với mầm cây của tình trạng kỹ thuật trước đây.

Hình 4 cho thấy mật độ hạch kết trong gang đúc từ các thí nghiệm ghép mầm trong mề nóng chảy Y. Phân tích cấu trúc vi mô cho thấy tất cả các mầm cây theo sáng chế; hợp kim gốc FeSi dạng hạt (Mầm cây A) được phủ xeri oxit, cùng với sự kết hợp của bismut oxit, bismut sulfua, antimon oxit và/hoặc antimon sulfua có mật độ hạch kết cao hơn đáng kể so với mầm cây của tình trạng kỹ thuật trước đây.

Hình 5 cho thấy mật độ hạch kết trong gang đúc từ các thí nghiệm ghép mầm trong mẻ nóng chảy Z, có hàm lượng CeO_2 cao ngoài Bi_2O_3 . Phân tích cấu trúc vi mô của mầm cây theo sáng chế; hợp kim gốc FeSi dạng hạt (Mầm cây A) được phủ bằng xeri oxit, cùng với bismut oxit, có mật độ hạch kết cao hơn rất đáng kể so với mầm cây của tình trạng kỹ thuật trước đây.

Ví dụ 3

Hai mẻ gang đúc nóng chảy AG và AH, mỗi mẻ nặng 275 kg được điều chế và xử lý bằng chất tạo hạt MgFeSi 1,20-1,25 % khối lượng của thành phần, theo % khối lượng, 46,0 % Si; 4,33 % Mg; 0,69 % Ca; 0,44 % RE; 0,44 % Al, cân bằng Fe và tạp chất ngẫu nhiên trong gàu có nắp đậy thùng trung gian. 0,7 % khối lượng phoi thép được sử dụng làm vỏ. Tỷ lệ bổ sung cho tất cả các mầm cây là 0,2 % khối lượng được thêm vào mỗi gàu rót. Nhiệt độ xử lý MgFeSi là 1500 °C và nhiệt độ rót là 1390-1362 °C đối với mẻ nóng chảy AG và 1387-1361 °C đối với mẻ nóng chảy AH. Thời gian lưu áp từ khi đổ đầy các gàu rót đến lúc rót là 1 phút cho tất cả các thử nghiệm. Thành phần hóa học đối với tất cả các phương pháp xử lý nằm trong khoảng 3,5-3,7 % khối lượng C; 2,3-2,5 % khối lượng Si; 0,29-0,31 % khối lượng Mn; 0,009-0,011 % khối lượng S; 0,04-0,05 % khối lượng Mg.

Lượng La_2O_3 , Y_2O_3 , CeO_2 , Bi_2O_3 và Sb_2O_3 dạng hạt được thêm vào các hợp kim gốc FeSi (Mầm cây A, Mầm cây B và Mầm cây X, như được xác định trong ví dụ 1), được hiển thị trong Bảng 3 và 4 cùng với mầm cây theo tình trạng kỹ thuật trước đây. Lượng La_2O_3 , Y_2O_3 , CeO_2 và Bi_2O_3 Sb_2O_3 , FeS và Fe_3O_4 dạng hạt là phần trăm hợp chất, dựa trên tổng khối lượng của mầm cây trong tất cả các thí nghiệm.

Bảng 3. Thành phần mầm cây

	Mầm cây gốc	Chất phụ gia, % khối lượng					Tham chiếu
		FeS	Fe ₃ O ₄	La ₂ O ₃	Bi ₂ O ₃	Sb ₂ O ₃	
Mề nóng chảy AG	Mầm cây X	1,00	2,00				Tình trạng kỹ thuật trước đây
Mề nóng chảy AG	Mầm cây A			1,17		2,39	Mầm cây A + La ₂ O ₃ /Sb ₂ O ₃
Mề nóng chảy AG	Mầm cây A			1,17	1,11	1,20	Mầm cây A + La ₂ O ₃ /Sb ₂ O ₃ /Bi ₂ O ₃
Mề nóng chảy AG	Mầm cây B			1,17	2,23		Mầm cây B + La ₂ O ₃ /Bi ₂ O ₃

Mật độ hạch kết trong gang đúc từ các thí nghiệm ghép mầm trong mề nóng chảy AG được hiển thị trong Hình 6. Phân tích cấu trúc vi mô cho thấy rằng mầm cây theo sáng chế, hợp kim gốc FeSi dạng hạt (Mầm cây A hoặc Mầm cây B) được phủ bằng lantan oxit, bismut oxit và/hoặc antimon oxit có mật độ hạch kết cao hơn rất đáng kể so với mầm cây của tình trạng kỹ thuật trước đây.

Bảng 4. Thành phần mầm cây

	Mầm cây gốc	Chất phụ gia, % khối lượng						Tham chiếu
		FeS	Fe ₃ O ₄	Y ₂ O ₃	CeO ₂	Bi ₂ O ₃	Sb ₂ O ₃	
Mề nóng chảy AH	Mầm cây X	1,00	2,00					Tình trạng kỹ thuật trước đây
Mề nóng chảy AH	Mầm cây A			1,27		2,23		Mầm cây A + Y ₂ O ₃ /Bi ₂ O ₃
Mề nóng chảy AH	Mầm cây A			1,27			2,39	Mầm cây A + Y ₂ O ₃ /Sb ₂ O ₃
Mề nóng chảy AH	Mầm cây B				1,23	1,11	1,20	Mầm cây B + Ce ₂ O ₃ /Sb ₂ O ₃ /Bi ₂ O ₃

Mật độ hạch kết trong gang đúc từ các thí nghiệm ghép mầm trong mề nóng chảy AH được hiển thị trong Hình 7. Phân tích cấu trúc vi mô cho thấy rằng mầm cây theo sáng chế, hợp kim gốc FeSi dạng hạt (Mầm cây A hoặc Mầm cây B) được phủ bằng

ytri oxit hoặc xeri oxit, được kết hợp với bismut oxit và/hoặc antimon oxit có mật độ hạch kết cao hơn đáng kể so với mầm cây của tình trạng kỹ thuật trước đây.

Ví dụ 4

Một mẻ gang đúc nóng chảy AK nặng 275 kg đã được điều chế và xử lý bằng hợp kim chất tạo hạt MgFeSi 1,20-1,25 % khối lượng của mầm cây: 46,0 % khối lượng Si; 4,33 % khối lượng Mg; 0,69 % khối lượng Ca; 0,44 % RE, 0,44 % Al, cân bằng Fe và tạp chất ngẫu nhiên trong gàu có nắp đầy thùng trung gian. 0,7 % khối lượng phoi thép được sử dụng làm vỏ. Từ gàu xử lý, mẻ nóng chảy được đổ sang gàu rót. Tỷ lệ bổ sung cho tất cả các mầm cây là 0,2 % khối lượng được thêm vào mỗi gàu rót. Nhiệt độ xử lý MgFeSi là 1500 °C và nhiệt độ rót là 1378 - 1368 °C. Thời gian lưu áp từ khi đổ đầy gàu rót đến lúc rót là 1 phút trong tất cả các thí nghiệm.

Các mầm cây thí nghiệm có hợp kim gốc ferosilic có thành phần của tình trạng kỹ thuật trước đây như được mô tả trong ví dụ 1 (được biểu thị trong tài liệu này là Mầm cây X, với thành phần như được xác định trong ví dụ 1) và có thành phần: 74 % khối lượng Si; 2,42 % khối lượng Ca; 1,73 % khối lượng Zr; 1,23 % khối lượng Al được biểu thị trong tài liệu này là Mầm cây C. Các hạt hợp kim ferosilic gốc (Mầm cây C) được phủ bằng CeO_2 và Sb_2O_3 dạng hạt bằng cách trộn cơ học để thu được hỗn hợp đồng nhất.

Thành phần hóa học đối với tất cả các phương pháp xử lý nằm trong khoảng 3,5-3,7 % khối lượng C; 2,3-2,5 % khối lượng Si; 0,29-0,31 % khối lượng Mn; 0,009-0,011 % khối lượng S; 0,04-0,05 % khối lượng Mg.

Lượng CeO_2 và Sb_2O_3 dạng hạt được thêm vào hợp kim gốc FeSi (Mầm cây C) được hiển thị trong Bảng 5, cùng với mầm cây theo tình trạng kỹ thuật trước đây. Lượng CeO_2 , Sb_2O_3 , FeS và Fe_3O_4 là phần trăm các hợp chất, dựa trên tổng khối lượng của mầm cây trong tất cả các thí nghiệm.

Bảng 5. Thành phần mầm cây

	Mầm cây gốc	Chất phụ gia, % khối lượng				Tham chiếu
		FeS	Fe ₃ O ₄	CeO ₂	Sb ₂ O ₃	
Mẻ nóng chảy AK	Mầm cây X	1,00	2,00			Tình trạng kỹ thuật trước đây
Mẻ nóng chảy AK	Mầm cây C			0,61	1,20	Mầm cây C + CeO ₂ /Sb ₂ O ₃

Mật độ hạch kết trong gang đúc từ các thí nghiệm ghép mầm trong mẻ nóng chảy AK được biểu thị trong Hình 8. Phân tích cấu trúc vi mô cho thấy mầm cây theo sáng chế (Mầm cây C + CeO₂/Sb₂O₃) có mật độ hạch kết cao hơn đáng kể so với mầm cây của tình trạng kỹ thuật trước đây.

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 và trong các bản vẽ kèm theo chỉ nhằm mục đích 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. Mầm cấy để sản xuất gang đúc với graphit dạng cầu, mầm cấy này bao gồm hợp kim ferosilic dạng hạt bao gồm
 - từ 40 đến 80 % khối lượng Si,
 - 0,02-8 % khối lượng Ca;
 - 0-5 % khối lượng Sr;
 - 0-12 % khối lượng Ba;
 - 0-10 % khối lượng kim loại đất hiếm;
 - 0-5 % khối lượng Mg;
 - 0,05-5 % khối lượng Al;
 - 0-10 % khối lượng Mn;
 - 0-10 % khối lượng Ti;
 - 0-10 % khối lượng Zr;
 trong đó mầm cấy đã nêu chứa thêm, theo khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cấy:
 - 0,1 đến 15 % khối lượng của (các) hạt oxit kim loại đất hiếm, và
 - ít nhất một trong khoảng từ 0,1 đến 15 % Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 % đến 15 % Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15 % Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15 % Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 5 % của một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 và FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc từ 0,1 đến 5 % của một hoặc nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng,
 - phần còn lại là Fe và tạp chất ngẫu nhiên với lượng thông thường.
2. Mầm cấy theo điểm 1, trong đó hợp kim ferosilic bao gồm từ 45 đến 60 % khối lượng Si.
3. Mầm cấy theo điểm 1, trong đó hợp kim ferosilic bao gồm từ 60 đến 80 % khối lượng Si.
4. Mầm cấy theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó các kim loại đất hiếm bao gồm Ce, La, Y và/hoặc mischmetal (hợp kim của các nguyên tố đất hiếm).

5. Mầm cây theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cây bao gồm từ 0,2 đến 12 % khối lượng oxit kim loại đất hiếm dạng hạt.
6. Mầm cây theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó oxit kim loại đất hiếm là CeO_2 và/hoặc La_2O_3 và/hoặc Y_2O_3 .
7. Mầm cây theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cây bao gồm từ 0,3 đến 10 % Bi_2O_3 dạng hạt.
8. Mầm cây theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cây bao gồm từ 0,3 đến 10 % Bi_2S_3 dạng hạt.
9. Mầm cây theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cây bao gồm từ 0,3 đến 10 % Sb_2O_3 dạng hạt.
10. Mầm cây theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cây bao gồm từ 0,3 đến 10 % Sb_2S_3 dạng hạt.
11. Mầm cây theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cây bao gồm từ 0,5 đến 3 % của một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc từ 0,5 đến 3 % của một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng.
12. Mầm cây theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó tổng lượng oxit kim loại đất hiếm dạng hạt và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, Bi_2S_3 dạng hạt, Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, lên đến 20 % khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cây.
13. Mầm cây theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cây ở dạng pha trộn hoặc hỗn hợp vật lý của hợp kim ferosilic dạng hạt và oxit kim loại đất

hiếm dạng hạt, và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, Bi_2S_3 dạng hạt, Sb_2O_3 dạng hạt, Sb_2S_3 dạng hạt, một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng.

14. Mầm cây theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó oxit kim loại đất hiếm dạng hạt, và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, Bi_2S_3 dạng hạt, Sb_2O_3 dạng hạt, Sb_2S_3 dạng hạt, một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng có mặt dưới dạng các hợp chất phủ trên hợp kim gốc ferosilic dạng hạt.

15. Mầm cây theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cây ở dạng khối kết tụ được tạo ra từ hỗn hợp của hợp kim ferosilic dạng hạt và oxit kim loại đất hiếm dạng hạt, và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, Bi_2S_3 dạng hạt, Sb_2O_3 dạng hạt, Sb_2S_3 dạng hạt, một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng.

16. Mầm cây theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cây ở dạng than bánh được tạo ra từ hỗn hợp của hợp kim ferosilic dạng hạt và oxit kim loại đất hiếm dạng hạt, và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, Bi_2S_3 dạng hạt, Sb_2O_3 dạng hạt, Sb_2S_3 dạng hạt, một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng.

17. Mầm cây theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó hợp kim gốc ferosilic dạng hạt và oxit kim loại đất hiếm dạng hạt, và ít nhất một Bi_2O_3 dạng hạt, Bi_2S_3 dạng hạt, Sb_2O_3 dạng hạt, Sb_2S_3 dạng hạt, một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, được thêm riêng nhưng cùng lúc vào gang đúc dạng lỏng.

18. Phương pháp sản xuất mầm cây theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 17, bao gồm bước:

tạo ra hợp kim gốc dạng hạt bao gồm
từ 40 đến 80 % khối lượng Si,

0,02-8 % khối lượng Ca;

0-5 % khối lượng Sr;

0-12 % khối lượng Ba;

0-10 % khối lượng kim loại đất hiếm;

0-5 % khối lượng Mg;

0,05-5 % khối lượng Al;

0-10 % khối lượng Mn;

0-10 % khối lượng Ti;

0-10 % khối lượng Zr;

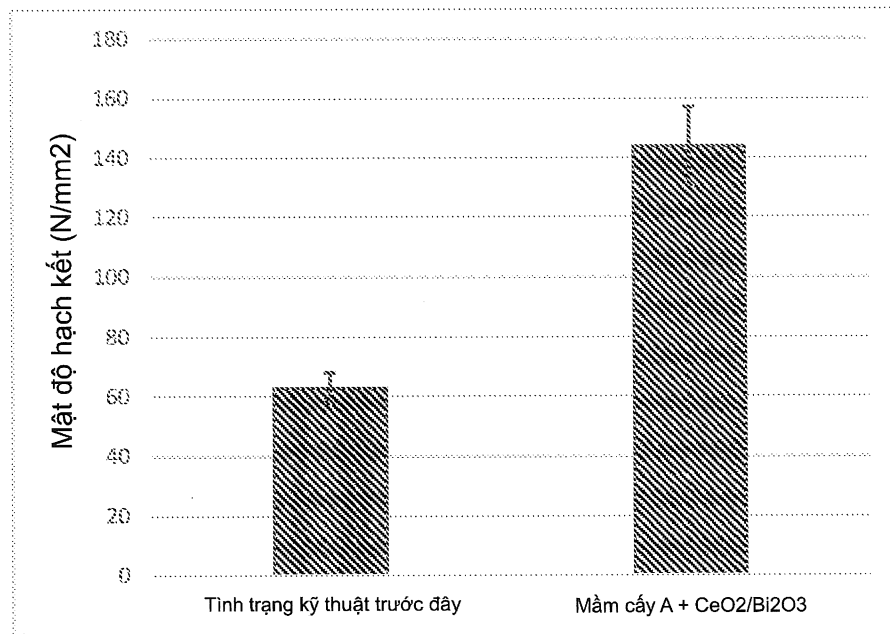
phần còn lại là Fe và tạp chất ngẫu nhiên với lượng thông thường, và thêm vào gốc dạng hạt đã nêu, theo khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cấy,

0,1 đến 15 % khối lượng oxit kim loại đất hiếm và

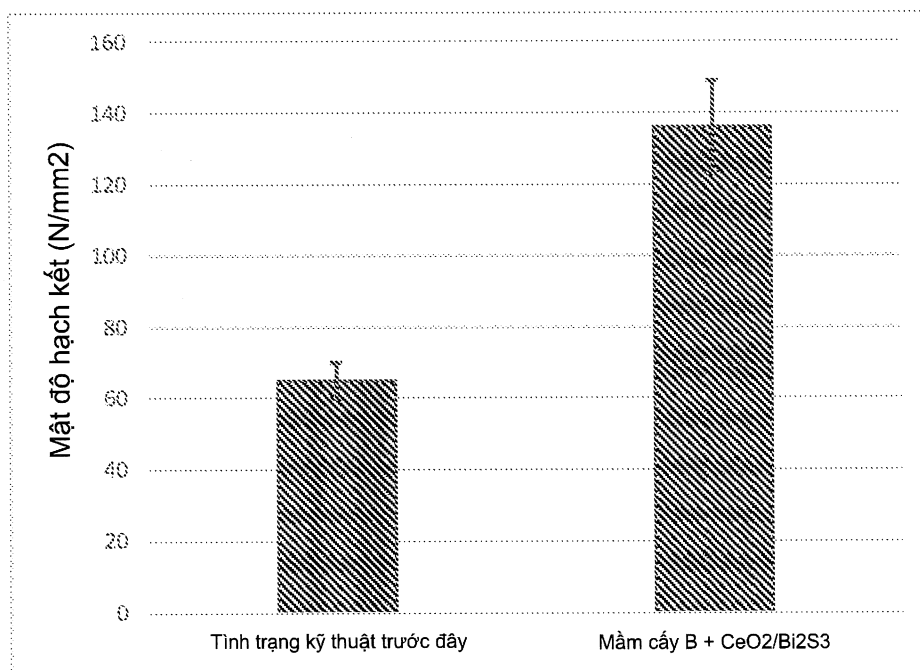
ít nhất một trong khoảng từ 0,1 đến 15 % Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15 % Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15 % Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15 % Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 5 % của một hoặc nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc từ 0,1 đến 5 % của một hoặc nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng để tạo ra mầm cấy đã nêu.

19. Phương pháp theo điểm 18, trong đó oxit kim loại đất hiếm dạng hạt, và Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, Sb_2S_3 dạng hạt, một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, được trộn hoặc pha trộn với hợp kim gốc dạng hạt.

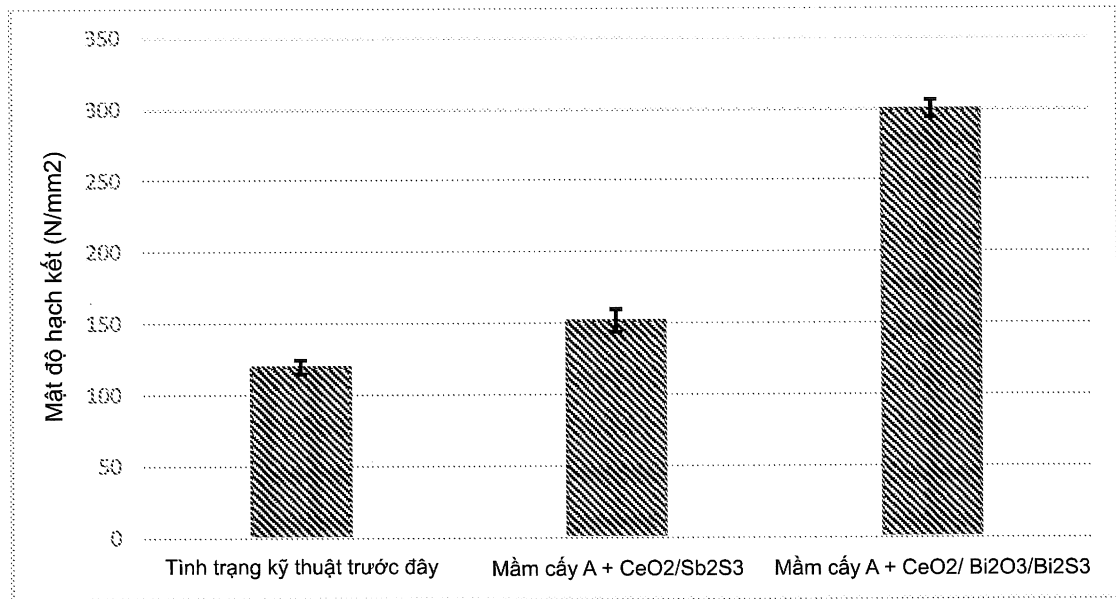
20. Phương pháp theo điểm 18, trong đó oxit kim loại đất hiếm dạng hạt và Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, Sb_2S_3 dạng hạt, một hay nhiều Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS , FeS_2 , Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, được trộn trước khi trộn với hợp kim gốc dạng hạt.



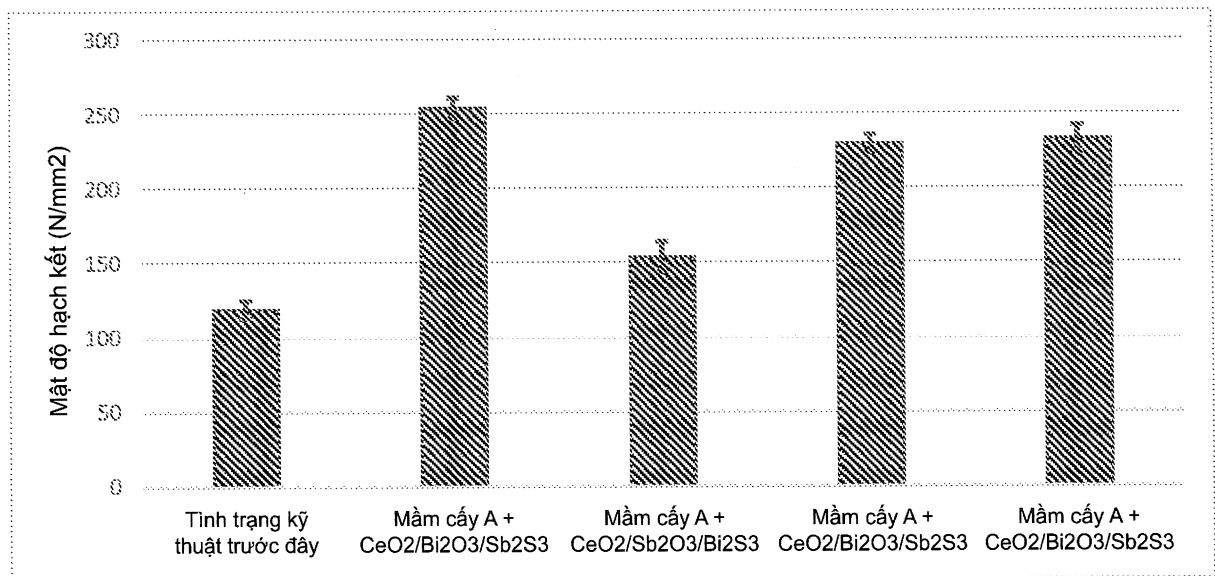
HÌNH 1



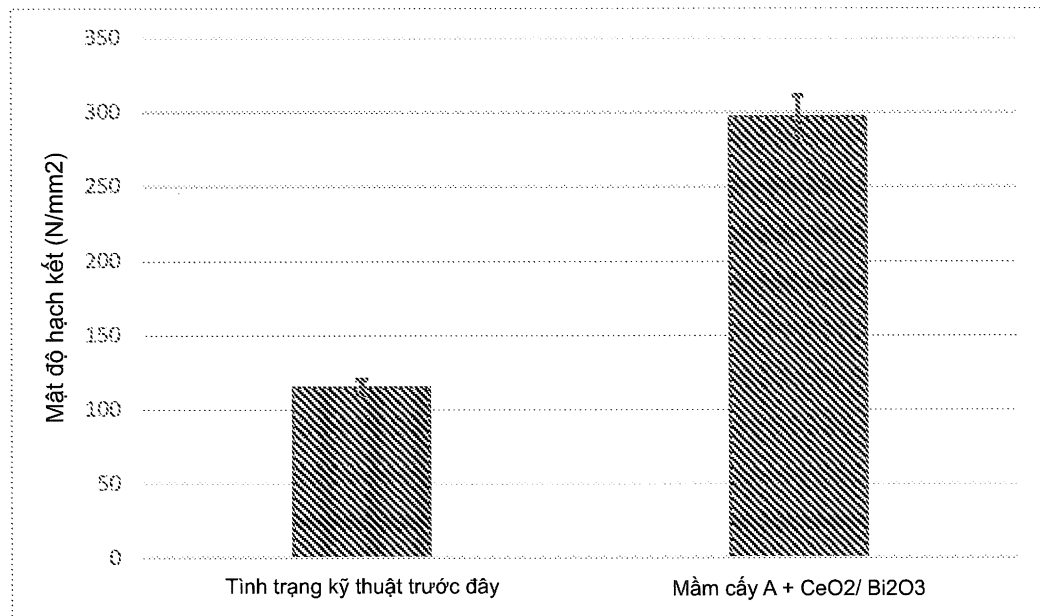
HÌNH 2



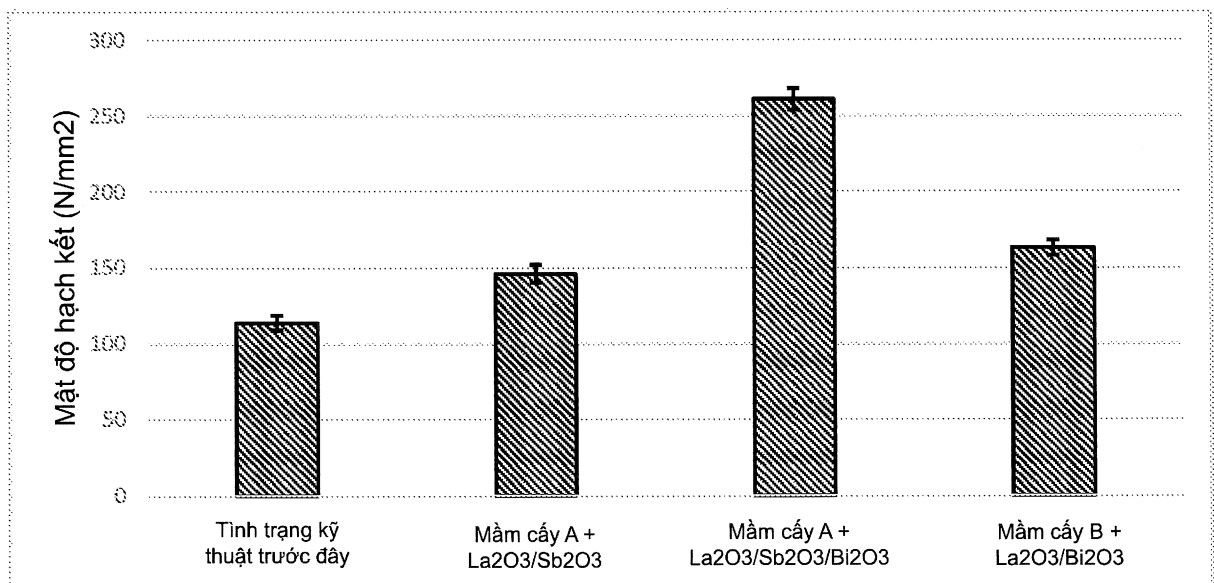
HÌNH 3



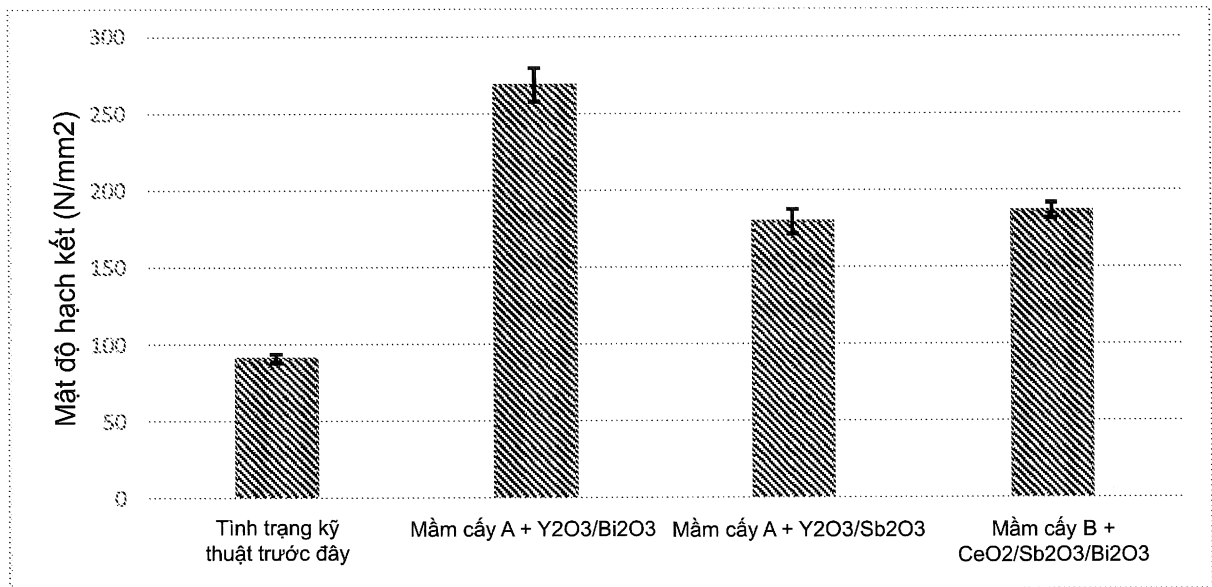
HÌNH 4



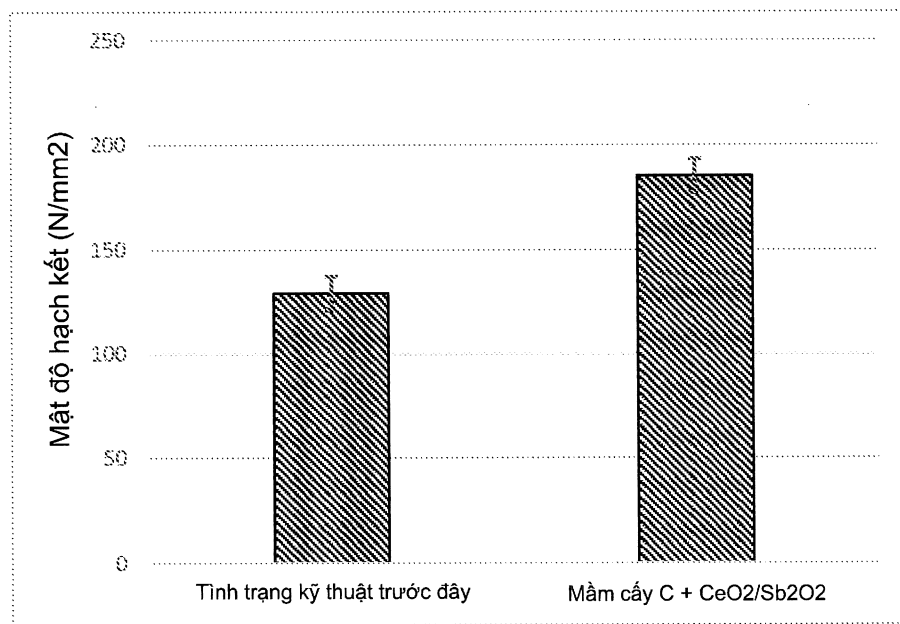
HÌNH 5



HÌNH 6



HÌNH 7



HÌNH 8