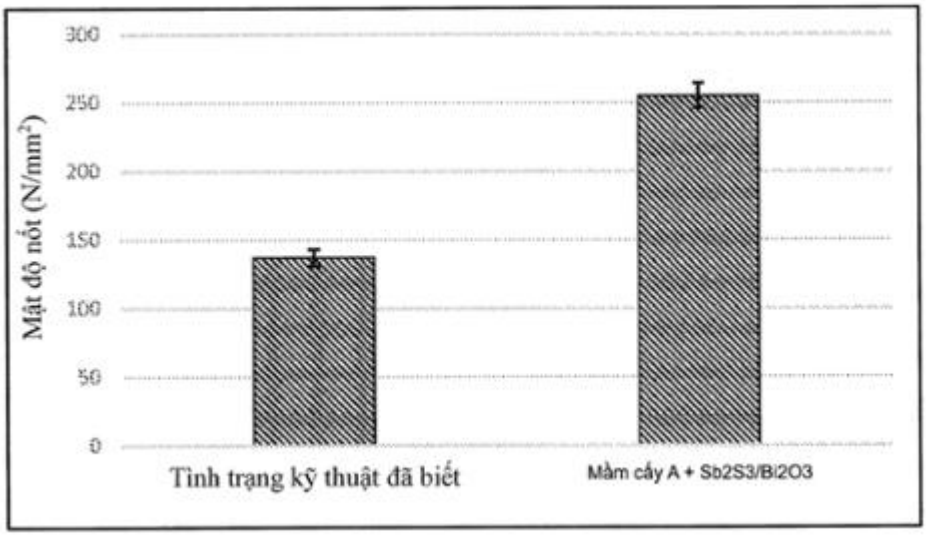
(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
(11) **1-0037161**
(51)[2020.01] **C21C 1/10**; C22C 33/08
(13) **B**

(21) 1-2020-04307
(22) 21/12/2018
(86) PCT/NO2018/050325 21/12/2018
(87) WO2019/132669 04/07/2019
(30) 20172062 29/12/2017 NO
(45) 25/10/2023 427
(43) 25/02/2021 395
(73) ELKEM ASA (NO)
Drammensveien 169, 0277 OSLO, Norway
(72) OTT, Emmanuelle (FR); KNUSTAD, Oddvar (NO).
(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) MẦM CẤY GANG ĐÚC VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT MẦM CẤY GANG ĐÚC

(57) Sáng chế đề cập đến mầm cấy dùng để sản xuất gang đúc bằng graphit dạng cầu, mầm cấy này bao gồm hợp kim sắt silic 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; 0-15% 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 bởi Fe và tạp chất phụ với lượng thông thường, trong đó mầm cấy đã nêu còn chứa, theo khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cấy: 0,1 đến 15% Sb_2S_3 dạng hạt và tùy ý trong khoảng từ 0,1 đến 15% Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15% Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15% Bi_2S_3 dạng hạt và/hoặc từ 0,1 đến 5% một hoặc nhiều Fe_3O_4, Fe_2O_3, FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc từ 0,1 đến 5% một hoặc nhiều FeS, FeS_2, Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng và phương pháp sản xuất mầm cấy.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến mầm cấy gốc sắt silic để sản xuất gang đúc bằng grafit dạng cầu và đề cập đến phương pháp sản xuất mầm cấy.

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 kỹ 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 sắt cacbua, thì gang đúc được gọi là gang đúc trắng và có đặc tính vật lý là cứng và giòn, mà 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 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 sắt cacbua có thể được kiểm soát bằng một số chất phụ gia nhất định mà thúc đẩy sự hình thành graphit trong quá trình hóa rắn gang đúc. Các chất phụ gia này được gọi là chất tạo nốt và mầm cấy, và việc bổ sung chúng vào gang đúc được gọi là quá trình hạt hóa và tạo mầm cấy tương ứng. Trong quá trình sản xuất gang đúc, sự tạo thành sắt cacbua, đặc biệt là trong các phần mỏng thường là một thử thách. Sự hình thành sắt cacbua được tạo ra bằng cách làm mát nhanh các phần mỏng khi so sánh với việc làm nguội chậm hơn các phần dày hơn của sản phẩm đúc. Sự hình thành sắt cacbua 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 cấy để ngăn sự tôi luyện và giảm độ sâu tôi luyện là cách thuận tiện để đo lường và so sánh khả năng của mầm cấy, đặc biệt là trong các loại gang xám. Trong nốtnốt gang, khả năng của mầm cấy thường được đo và so sánh bằng cách sử dụng mật độ số nốt graphit.

Khi ngành công nghiệp phát triển thì cần có vật liệu bền 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 cầu graphit trong các loại gang đúc dẻo.
Hóa học và cơ chế chính xác của việc tạo mầm và tại sao các mầm cấy hoạt động như vậy trong các mẻ gang đúc nóng chảy khác nhau không được hiểu đầy đủ, do đó, rất nhiều nghiên cứu bắt đầu cung cấp cho ngành công nghiệp các mầm cấy cải tiến mới.

Nhận thấy rằng canxi và một số nguyên tố khác ức chế sự hình thành sắt cacbua và thúc đẩy sự hình thành graphit. Phần lớn các mầm cấy đều có chứa canxi. Việc bổ sung các chất ức chế sắt cacbua này thường được tạo điều kiện bằng cách bổ sung hợp kim sắt silic và có lẽ hợp kim sắt silic được sử dụng rộng rãi nhất là silic mức caohợp kim silic mức cao chứa 70% đến 80% silic và hợp kim silic mức thấp chứa 45% đến 55% silic. Các nguyên tố thường có thể có trong mầm cấy, và được bổ sung vào gang đúc dưới dạng hợp kim sắt silic 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, hiểu được rằng số lượng nhân được hình thành bởi mầm cấy. Số lượng lớn các nhân được hình thành dẫn đến mật độ số lượng nốt graphit tăng lên, do đó giúp cải thiện hiệu quả tạo mầm và cải thiện sự ức chế cacbua. Hơn nữa, tốc độ tạo mầm cao cũng có thể giúp chống lại sự giảm hiệu quả tạo mầm trong thời gian giữ sắt nóng chảy kéo dài sau khi tạo mầm. Sự giảm khả năng tạo mầm có thể được giải thích bằng cách kết tụ và hòa tan lại tập hợp 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 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 nguyên tố này trong gang đúc được cho là sẽ gây ra sự thoái hóa cấu trúc graphit dạng cầu. Mầm cấy theo bằng sáng chế Hoa Kỳ số 4,432,793 là

hợp kim sắt silic 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 sắt silic.

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 phép đo độ 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. Trong bằng sáng chế Hoa Kỳ số 5,733,502, đã phát hiện rằng các pha hai thành phần bismut-magie cũng như các pha ba thành phần bismut-magie-canxikhông bị nước ăn mòn. Kết quả này chỉ đạt được đối với các mầm cấy hợp kim sắt silic silic mức cao, đối với các mầm cấy FeSi silic mức thấp, sản phẩm bị phân hủy trong quá trình bảo quản. Hợp kim gốc sắt silic để tạo 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% magie, 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 này đã phát hiện ra rằng antimon, khi được liên kết với đất hiếm trong hợp kim gốc sắt silic sẽ giúp tạo 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 tạo mầm tắm bằng gang đúc, để điều hòa trước gang đúc đã nêu cũng như xử lý chất tạo nốt. Mầm cấy theo US2015/0284830 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, đã biết rằng mầm cấy gang đúc cho thấy tốc độ tạo mầm tăng lên. Mầm cấy này là mầm cấy gốc sắt silic 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, nhận thấy rằng

khả năng tái sinh của số nhân được hình thành bằng cách sử dụng mầm cấy theo WO 95/24508 là khá thấp. Trong một số trường hợp, một số lượng lớn các nhân được hình thành trong gang đúc, nhưng trong các trường hợp khác, số lượng nhân được hình thành là khá thấp. Vì lý do trên nên mầm cấy 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 cấy của WO 95/24508 có hiệu quả tích cực trong tạo mầm gang đúc và làm tăng khả năng tái sinh của nhân.

Trong các oxit sắt trong WO 95/24508 và WO 99/29911, FeO, Fe_2O_3 và Fe_3O_4 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 SiO_2, MnO, MgO, CaO, Al_2O_3, TiO_2 và $CaSiO_3$, CeO_2, ZrO_2. Các sulfua kim loại ưu tiên được chọn từ nhóm bao gồm FeS, FeS_2, MnS, MgS, CaS và CuS.

Từ bằng sáng chế Hoa Kỳ số 2016/0047008, đã biết rằng đến mầm cấy 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 phát triển 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 cấy trong US 2016' này là, *bên cạnh những thứ* khác, được chỉ định cho việc tạo 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 tạo ra mầm cấy có đặc tính tạo mầm được cải tiến và hình thành số lượng nhân lớn, dẫn đến mật độ số lượng nốt graphit tăng lên và do đó giúp cải thiện hiệu quả tạo mầm. Một mong muốn khác là tạo ra mầm cấy hiệu suất cao. Mong muốn khác nữa là tạo ra mầm cấy có thể giúp chống lại sự giảm hiệu quả tạo mầm trong thời gian giữ sắt nóng chảy kéo dài sau khi tạo mầm. Ít nhất một số mong muốn nêu trên được đáp ứng theo 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 cấy của tình trạng kỹ thuật đã biết theo WO 99/29911 được xem là mầm cấy có hiệu suất cao, mang lại số lượng nốt cao trong gang đúc dẻo. Hiện tại, người ta phát hiện rằng việc bổ sung antimon sulfua vào mầm cấy của WO 99/29911 bất ngờ dẫn đến số lượng nhân cao hơn đáng kể, hoặc mật độ số nốt trong gang đúc khi bổ sung mầm cấy chứa antimon sulfua vào gang đúc.

Theo một phương án, sáng chế đề cập đến mầm cấy dùng để sản xuất gang đúc bằng graphit dạng cầu, mầm cấy này bao gồm hợp kim sắt silic 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; 0-15% 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 bởi Fe và các tạp chất phụ với lượng thông thường, trong đó mầm cấy đã nêu còn chứa, theo khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cấy: 0,1 đến 15% Sb_2S_3 dạng hạt, và tùy ý từ 0,1 đến 15% Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15% Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15% Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 5% một hoặc nhiều Fe_3O_4, Fe_2O_3, FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc từ 0,1 đến 5% một hoặc nhiều FeS, FeS_2, Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng.

Theo một phương án, hợp kim sắt silic bao gồm từ 45 đến 60% khối lượng Si. Theo phương án khác, hợp kim sắt silic bao gồm từ 60 đến 80% khối lượng Si.

Theo một phương án, các kim loại đất hiếm bao gồm Ce, La, Y và/hoặc mischmetal (hợp kim của các nguyên tố đất hiếm). Theo một phương án, hợp kim sắt silic bao gồm tới 10% khối lượng kim loại đất hiếm. Theo một phương án, hợp kim sắt silic bao gồm từ 0,5 đến 3% khối lượng Ca. Theo một phương án, hợp kim sắt silic bao gồm từ 0 đến 3% khối lượng Sr. Theo phương án khác, hợp kim sắt silic bao gồm từ 0,2 đến 3% khối lượng Sr. Theo một phương án, hợp kim sắt silic bao gồm từ 0 đến 5% khối lượng Ba. Theo phương án khác, hợp kim sắt silic bao gồm từ 0,1 đến 5% khối lượng Ba. Theo một phương án, hợp kim sắt silic bao gồm từ 0,5 đến 5% khối lượng Al. Theo một phương án, hợp kim sắt silic bao gồm tới 6% khối lượng Mn và/hoặc Ti và/hoặc Zr. Theo một phương án, hợp kim sắt silic bao gồm ít hơn 1% khối lượng Mg.

Theo một phương án, mầm cấy bao gồm từ 0,5 đến 8% khối lượng Sb_2S_3 dạng hạt.

Theo một phương án, mầm cấy bao gồm từ 0,1 đến 10% khối lượng Bi_2O_3 dạng hạt.

Theo một phương án, mầm cấy bao gồm từ 0,1 đến 8% khối lượng Sb_2O_3 dạng hạt.

Theo một phương án, mầm cấy bao gồm từ 0,1 đến 10% khối lượng Bi_2S_3 dạng hạt.

Theo một phương án, mầm cấy bao gồm từ 0,5 đến 3% khối lượng của một hoặc nhiều Fe_3O_4, Fe_2O_3, FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc từ 0,5 đến 3% khối lượng 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) Sb_2S_3 dạng hạt và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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 cấy. Theo phương án khác, tổng lượng Sb_2S_3 dạng hạt và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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 cấy.

Theo một phương án, mầm cấy ở dạng phối trộn hoặc hỗn hợp cơ học/vật lý của hợp kim sắt silic dạng hạt và Sb_2S_3 dạng hạt, và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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, Sb_2S_3 dạng hạt và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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 sắt silic dạng hạt.

Theo một phương án, Sb_2S_3 dạng hạt và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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 phối trộn hoặc trộn cơ học với hợp kim gốc sắt silic dạng hạt, với sự có mặt của chất liên kết.

Theo một phương án, mầm cấy ở dạng khối kết tụ được tạo ra từ hỗn hợp của hợp kim sắt silic dạng hạt và Sb_2S_3 dạng hạt, và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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 cấy ở dạng than bánh được tạo ra từ hỗn hợp của hợp kim sắt silic dạng hạt và Sb_2S_3 dạng hạt, và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_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 sắt silic dạng hạt và Sb_2S_3 dạng hạt, và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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 bổ sung vàođược bổ sung riêng rẽ nhưng cùng lúc vào gang đúc dạng lỏng.

Theo phương án khác, sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất mầm cấy như được xác định nêu trên, phương pháp này bao gồm bước: tạo ra 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; 0-15% 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 bởi Fe và tạp chất phụ với lượng thông thường, và trộn vào hợp kim gốc dạng hạt đã nêu, theo khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cấy; 0,1 đến 15% Sb_2S_3 dạng hạt và tùy ý từ 0,1 đến 15% Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15% Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15% Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 5% một hoặc nhiều Fe_3O_4, Fe_2O_3, FeO dạng hạt

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 nêu trên.

Theo một phương án của phương pháp, Sb_2S_3 dạng hạt và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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, nếu có, được phối trộn hoặc trộn cơ học với hợp kim gốc dạng hạt.
Theo một phương án của phương pháp, Sb_2S_3 dạng hạt và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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, nếu có, được trộn hoặc phối 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 phối trộn cơ học, Sb_2S_3 dạng hạt và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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, nếu có, với sự có mặt của chất liên kết, sẽ tiếp tục được tạo thành các khối kết tụ hoặc than bánh.

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

Theo một phương án của việc sử dụng mầm cấy, hợp kim gốc sắt silic dạng hạt và Sb_2S_3 dạng hạt, và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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 bổ sung vào dưới dạng phối trộn hoặc hỗn hợp cơ học/vật lý vào gang đúc nóng chảy.

Theo một phương án về việc sử dụng mầm cấy, hợp kim gốc sắt silic dạng hạt và Sb_2S_3 dạng hạt, và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1: sơ đồ thể hiện mật độ số nốt (số nốt trên từng mm^2, viết tắt là N/mm^2) trong các mẫu gang đúc của mẻ nóng chảy I trong ví dụ 1.

Hình 2: sơ đồ thể hiện mật độ số nốt (số nốt trên từng mm^2, viết tắt là N/mm^2) trong các mẫu gang đúc của mẻ nóng chảy J trong ví dụ 1.

Hình 3: sơ đồ thể hiện mật độ số nốt (số nốt trên từng mm^2, viết tắt là N/mm^2) trong các mẫu gang đúc của mẻ nóng chảy X trong ví dụ 2.

Hình 4: sơ đồ thể hiện mật độ số nốt (số nốt trên từng mm^2, viết tắt là N/mm^2) trong các mẫu gang đúc của mẻ nóng chảy V trong ví dụ 3.

Hình 5: sơ đồ thể hiện mật độ số nốt (số nốt trên từng mm^2, viết tắt là N/mm^2) trong các mẫu gang đúc của mẻ nóng chảy X trong ví dụ 3.

Hình 6: sơ đồ thể hiện mật độ số nốt (số nốt trên từng mm^2, viết tắt là N/mm^2) trong các mẫu gang đúc của mẻ nóng chảy Y trong ví dụ 3.

Hình 7: sơ đồ thể hiện mật độ số nốt (số nốt trên từng mm^2, viết tắt là N/mm^2) trong các mẫu gang đúc trong ví dụ 4.

Hình 8: sơ đồ thể hiện mật độ số nốt (số nốt trên từng mm^2, viết tắt là N/mm^2) trong các mẫu gang đúc trong ví dụ 5.

Mô tả chi tiết sáng chế

Theo sáng chế, mầm cấy có độ mạnh cao được cung cấp để sản xuất gang đúc bằng graphit dạng cầu. Mầm cấy bao gồm hợp kim gốc FeSi kết hợp với antimon sulfua dạng hạt (Sb_2S_3), và kết hợp tùy ý cũng bao gồm các oxit kim loại dạng hạt và/hoặc các sulfua kim loại dạng hạt khác được chọn từ: bismut oxit (Bi_2Os), antimon oxit (Sb_2O_3), bismut sulfua (Bi_2S_3), oxit sắt (một hoặc nhiều Fe_3O_4, Fe_2O_3, FeO hoặc hỗn hợp của chúng) và sắt sulfua (một hoặc nhiều FeS, FeS_2, Fe_3S_4 hoặc hỗn hợp của chúng). Mầm cấy theo sáng chế dễ sản xuất và dễ kiểm soát cũng như thay đổi lượng bismut và antimon trong mầm cấy. Vì tránh được các bước hợp kim hóa phức tạp và tốn kém, nên mầm cấy có thể được sản xuất với chi phí thấp hơn so với các mầm cấy trong tình trạng kỹ thuật đã biết có chứa Sb và/hoặc Bi.

Trong quy trình sản xuất để tạo ra gang đúc dẻo bằng graphit dạng cầu, gang đúc nóng chảy thường được xử lý bằng chất tạo nốt, ví dụ như sử dụng hợp kim MgFeSi, trước khi xử lý tạo mầm. Việc xử lý sự tạo nốt có mục đích nhằm thay đổi dạng graphit từ dạng vây sang nốt 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. Đã biết rằng Mg và Ce là các nguyên tố thay đổi năng lượng mặt phân cách, Mg hiệu quả hơn so với Ce. Khi Mg được bổ sung vào mẻ sắt nóng chảy gốc, đầu tiên nó sẽ phản ứng với oxy và lưu huỳnh, và chỉ có "magie tự do" là có tác dụng tạo nốt. Phản ứng tạo nốt là mãnh liệt và làm khuấy trộn mẻ nóng chảy, đồng thời nó sẽ tạo ra xỉ 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 ở trên và bị loại bỏ. Tuy nhiên, một số tạp chất MgO và MgS được tạo ra trong quá trình xử lý sự tạo nốt 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 tạo 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 tạo 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 bổ sung 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 cấy 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 cấy. Các nguyên tố hợp kim thông thường trong mầm cấy 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 cấy được thiết kế để phục vụ các yêu cầu khác nhau trong sản xuất sắt xám, dạng nén và dẻo. Mầm cấy 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 0-15% 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 bởi Fe và các tạp chất phụ với lượng thông thường.

Hợp kim gốc FeSi có thể là hợp kim có silic mức cao chứa 60 đến 80% silic hoặc hợp kim có silic mức 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 cấy, 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 trong sáng chế, để sản xuất mầm cấy. Khi sử dụng các hạt rất nhỏ của hợp kim gốc FeSi, mầm cấy 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 cấy, các hạt Sb_2S_3 và bất kỳ Bi_2O_3 và/hoặc Bi_2S_3 và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt bổ sung bất kỳ, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4, Fe_2O_3, FeO hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS, FeS_2, Fe_3S_4 hoặc hỗn hợp của chúng, được trộn với hợp kim sắt silic dạng hạt bằng cách trộn hoặc phối 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 và sàng lọc theo kích cỡ sản phẩm cuối cùng được yêu cầu.

Nhiều 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 là tạo thành các oxit ổn định ở dạng sắt lỏng; do đó, các mầm cấy và chất tạo nốt, 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 cấy sắt silic. 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 có 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 sắt silic mầm cấy thông thường chứa bismut và/hoặc antimon 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 cấy 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. Hàm lượng Ca cao có thể làm tăng sự hình thành xỉ, thường là không mong muốn. Nhiều mầm cấy bao gồm khoảng 0,5 đến 3% khối lượng Ca trong hợp kim FeSi. Hợp kim gốc FeSi bao gồm tới 5% khối lượng của stronti. Lượng Sr từ 0,2 đến 3% khối

lượng thường là phù hợp. Bari có thể có mặt với lượng lên tới khoảng 12% khối lượng trong hợp kim mầm cấy FeSi. Ba được biết đến là có khả năng chống lại sự giảm hiệu quả tạo mầm trong thời gian giữ sắt nóng chảy kéo dài sau khi tạo mầm, và cho hiệu quả tốt hơn trong phạm vi nhiệt độ rộng hơn. Nhiều mầm cấy 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.

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

Hợp kim gốc FeSi có thể bao gồm tới 15% 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. Việc bổ sung RE thường được sử dụng để khôi phục số lượng nốt graphit 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 graphit phân đoạn. Do đó, trong một số ứng dụng, lượng RE phải thấp hơn, ví dụ như từ 0,1 đến 3% khối lượng. 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 tới khoảng 5% khối lượng, ví dụ như từ 0,1-5%.

Ziriconi, mangan và/hoặc titan cũng thường có trong mầm cấy. Tương tự như các nguyên tố đã đề cập nêu trên, Zr, Mn và Ti đóng vai trò quan trọng trong quá trình tạo mầm của graphit, 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.

Antimon và bismut được biết đến là có khả năng gây mầm cao và làm gia tăng số lượng nhân. Tuy nhiên, sự có mặt 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. Tác dụng tiêu cực này có thể được trung hòa bằng cách sử dụng Ce hoặc kim loại RE khác. Theo sáng chế, lượng Sb_2S_3 dạng hạt nên từ 0,1 đến 15% khối lượng dựa trên tổng lượng mầm cấy. Trong một số phương án, lượng Sb_2S_3 là 0,2-8% khối lượng. Số lượng nốt cao cũng được phát hiện khi mầm cấy chứa từ 0,5 đến 7% khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cấy, của Sb_2S_3 dạng hạt.

Việc đưa vào Sb_2S_3 cùng với mầm cấy hợp kim gốc FeSi là bổ sung 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 hiệu suất Sb (Sb/ Sb_2S_3 còn lại trong mẻ nóng chảy) được dự kiến là sẽ cao. Các hạt Sb_2S_3 phải có kích thước hạt nhỏ, tức là kích thước micron (ví dụ, 10-150 μm), dẫn đến sự nóng chảy hoặc hòa tan rất nhanh các hạt Sb_2S_3 khi được đưa vào gang đúc nóng chảy. Điều thuận lợi là các hạt Sb_2S_3 được trộn với hợp kim gốc FeSi dạng hạt, và nếu có, Bi_2O_3, Sb_2O_3, Bi_2S_3 dạng hạt, một hay nhiều Fe_3O_4, Fe_2O_3, FeO hoặc hỗn hợp của chúng và/hoặc một hay nhiều FeS, FeS_2, Fe_3S_4 hoặc hỗn hợp của chúng, trước khi bổ sung mầm cấy vào gang đúc nóng chảy.

Lượng Sb_2O_3 dạng hạt, nếu có, nên từ 0,1 đến 15% khối lượng dựa trên tổng lượng mầm cấy. Trong 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 cấy. Các hạt Sb_2O_3 phải có kích thước hạt nhỏ, nghĩa là kích thước micron, (ví dụ, 10-150 μm), dẫn đến sự nóng chảy hoặc hòa tan rất nhanh các hạt Sb_2O_3 khi được đưa vào gang đúc nóng chảy.

Việc bổ sung Sb dưới dạng các hạt Sb_2S_3 và các hạt Sb_2O_3 tùy ý thay vì hợp kim hóa Sb với hợp kim FeSi, đem lại một số lợi thế. Mặc dù Sb là mầm cấy mạnh, nhưng oxy và lưu huỳnh cũng có tầm quan trọng đối với hiệu suất tạo mầm cấy. Một lợi thế khác là khả

năng tái sản xuất tốt và tính linh hoạt của thành phần mầm cấy do lượng và độ đồng nhất của Sb_2S_3 dạng hạt và Sb_2O_3 tùy ý dạng hạt trong mầm cấy được dễ dàng kiểm soát. Tầm quan trọng của việc kiểm soát lượng mầm cấy và có thành phần mầm cấy đồng nhất rõ ràng, do thực tế là antimon thường được bổ sung vào ở mức ppm. Việc bổ sung vào mầm cấy không đồng nhất có thể dẫn đến các lượng không chính xác của nguyên tố gây mầm trong gang đúc. Một lợi thế khác nữa là việc sản xuất mầm cấy có hiệu quả về chi phí hơn so với các phương pháp liên quan đến việc hợp kim hóa antimon trong hợp kim gốc FeSi.

Lượng Bi_2O_3 dạng hạt, nếu có, nên từ 0,1 đến 15% khối lượng dựa trên tổng lượng mầm cấy. 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 cấy. Kích thước hạt của Bi_2O_3 phải là kích thước micron, ví dụ như 1-10 µm.

Lượng Bi_2S_3 dạng hạt, nếu có, nên từ 0,1 đến 15% khối lượng dựa trên tổng lượng mầm cấy. Trong 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 cấy. Kích thước hạt của Bi_2S_3 phải là kích thước micron, ví dụ như 1-10 µm.

Việc bổ sung Bi dưới dạng các hạt Bi_2O_3 hoặc các hạt Bi_2S_3, nếu có, thay vì hợp kim hóa Bi với hợp kim FeSi đem lại một số lợi thế. Bi có độ hòa tan kém trong các hợp kim sắt silic, do đó, sản lượng của kim loại Bi được bổ sung vào sắt silic nóng chảy là thấp, và do đó chi phí của mầm cấy 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 cấy gốc FeSi. Việc bổ sung Bi dưới dạng oxit và/hoặc sulfua, nếu có, cùng với hợp kim gốc FeSi cung cấp mầm cấy dễ sản xuất, trong đó lượng Bi được dễ dàng kiểm soát và có thể tái sản xuất. Hơn nữa, vì Bi được bổ sung vào dưới dạng oxit và/hoặc sulfua, nếu có, thay vì hợp kim hóa trong hợp kim FeSi, rất dễ thay đổi thành phần của mầm cấy, ví dụ, đối với 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 cấy, do đó, tạo ra một lợi thế khác của việc bổ sung Bi vào dưới dạng oxit và/hoặc sulfua.

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 cấy. Trong 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 cấy. 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 cấy 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 cấy. 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 sulfua sắt chính là FeS, FeS_2 và/hoặc Fe_3S_4 (sulfua sắt (II, III); FeS Fe_2S_3), bao gồm các pha không theo tỷ lượng 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 bổ sung một hoặc nhiều Fe_3O_4, Fe_2O_3, FeO hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS, FeS_2, Fe_3S_4 hoặc hỗn hợp của chúng vào gang đúc

nóng chảy là cố ý bổ sung oxy và lưu huỳnh vào mẻ nóng chảy để góp phần làm tăng số lượng nốt.

Cần hiểu rằng tổng lượng hạt Sb_2S_3 và bất kỳ Bi oxit, Sb oxit, Bi sulfua và/hoặc Fe oxit/sulfua dạng hạt đã nêu nào, nếu có, phải 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 người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực 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 Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực 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. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực sẽ điều chỉnh tỷ lệ bổ sung này tùy vào nồng độ độ của các nguyên tố, ví dụ như mầm cấy có Sb và/hoặc Bi cao thường sẽ cần tỷ lệ bổ sung thấp hơn.

Mầm cấy được sản xuất bằng cách tạo ra hợp kim gốc FeSi dạng hạt có thành phần như được xác định trong tài liệu này, và bổ sung Sb_2S_3 dạng hạt vào hợp kim gốc dạng hạt đã nêu, và Bi_2O_3 dạng hạt bất kỳ, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt và/hoặc Bi_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, nếu có, để tạo ra mầm cấy. Các hạt Sb_2S_3 và bất kỳ Bi oxit, Sb oxit, Bi sulfua và/hoặc Fe oxit/sulfua dạng hạt đã nêu nào, nếu có, có thể được trộn cơ học/vật lý với các hạt hợp kim gốc FeSi. Có thể sử dụng máy trộn thích hợp bất kỳ để trộn/phối 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 hạt Sb_2S_3 và bất kỳ Bi oxit, Sb oxit, Bi sulfua và/hoặc Fe oxit/sulfua dạng hạt đã nêu nào, nếu có, có thể được phối trộn với các hạt hợp kim gốc FeSi, cung cấp mầm cấy được trộnbản đồng nhất. Việc phối trộn các hạt Sb_2S_3 và bột sulfua/oxit bổ sung đã nêu với các hạt hợp kim gốc FeSi có thể tạo thành lớp phủ bền trên các hạt hợp kim gốc FeSi. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng việc trộn và/hoặc phối trộn các hạt Sb_2S_3 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 và các

hạt Sb_2S_3, và bất kỳ oxit/sulfua dạng hạt đã nêu nào có thể được bổ sung riêng rẽ nhưng cùng lúc vào gang đúc dạng lỏng. Mầm cấy cũng có thể được bổ sung vào dưới dạng mầm cấy trong khuôn hoặc cùng lúc vào sản phẩm đúc. Các hạt mầm cấy của hợp kim FeSi, các hạt Sb_2S_3 và bất kỳ Bi oxit, Sb oxit, Bi sulfua, và/hoặc Fe oxit/sulfua dạng hạt đã nêu nào, 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 các hạt Sb_2S_3 và các hạt tùy ý cùng với các hạt hợp kim gốc FeSi dẫn đến mật độ số nốt tăng lên khi mầm cấy được bổ sung vào gang đúc, so với mầm cấy theo tình trạng kỹ thuật đã biết trong WO 99/29911. Số lượng nốt 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 vi cấu trúc để xác định mật độ nốt. Vi cấu trúc đã được kiểm tra trong một thanh kéo từ mỗi thí nghiệm theo ASTM E2567-2016. Giới hạn hạt được đặt là >10 µm. Các mẫu kéo được đúc Ø28 mm trong các khuôn tiêu chuẩn theo tiêu chuẩn ISO 1083-2004, được cắt và điều chế theo thông lệ tiêu chuẩn để phân tích cấu trúc vi mô trước khi đánh giá bằng phần mềm phân tích hình ảnh tự động. Mật độ nốt (cũng được biểu thị là mật độ số nốt) là số nốt (cũng được biểu thị là số lượng nốt) trên một mm^2, viết tắt là N/mm^2.

Oxit sắt được sử dụng trong các ví dụ sau, là oxit sắt từ thương mại (Fe_3O_4) có đặc điểm kỹ thuật (được cung cấp bởi nhà sản xuất); Fe_3O_4> 97,0%; SiO_2 <1,0%. Sản phẩm oxit 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 oxit sắt từ thương mại là SiO_2, như đã chỉ ra nêu 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 gang đúc nóng chảy, I và J, mỗi mẻ nặng 275 kg được nấu chảy và xử lý bằng hợp kim chất tạo nốt MgFeSi 1,05% khối lượng được phân chia trên 50% hợp kim MgFeSi có thành phần 46,6% Si; 5,82% Mg; 1,09% Ca; 0,53% RE; 0,6% Al, cân bằng bởi Fe và tạp chất phụ với lượng thông thường và 50% hợp kim MgFeSi có thành phần 46,3% Si,. 6,03% Mg; 0,45% Ca; 0,0% RE; 0,59% Al, cân bằng bởi Fe và tạp chất phụ với lượng thông thường, trong gàu phủ thùng trung gian. 0,7% khối lượng phoi thép được sử dụng làm vỏ. Tỷ lệ bổ sung cho tất cả các mầm cấy là 0,2% khối lượng được bổ sung vào mỗi gàu rót. Nhiệt độ xử lý MgFeSi là 1500°C và nhiệt độ rót là 1366 - 1323°C dành cho gàu I và 1368 - 1342°C dành cho gàu J. Thời gian giữ từ khi đổ đầy gàu rót đến lúc rót là 1 phút trong tất cả các thí nghiệm.

Trong cả hai thí nghiệm của mẻ nóng chảy I và J, mầm cấy có thành phần hợp kim FeSi gốc là 74,2% khối lượng Si; 0,97% khối lượng Al; 0,78% khối lượng Ca; 1,55% khối lượng Ce, còn lại là sắt và tạp chất phụ với lượng thông thường, được biểu thị trong tài liệu này là mầm cấy A. Các hạt hợp kim FeSi gốc (mầm cấy A) được phủ bằng Sb_2S_3 và Bi_2O_3 dạng hạt (mẻ nóng chảy I) và bằng Sb_2S_3 dạng hạt (mẻ nóng chảy J) bằng cách trộn cơ học để thu được hỗn hợp đồng nhất.

Thành phần hóa học của gang đúc cuối cùng cho tất cả các phương pháp xử lý nằm trong khoảng 3,5-3,7% C; 2,3-2,5% Si; 0,29-0,31% Mn; 0,009-0,011% S; 0,04-0,05% Mg.

Đối với mục đích so sánh, các mẻ gang đúc nóng chảy giống nhau, I và J, được gây mầm bằng mầm cấy A chỉ được bổ sung vào oxit sắt và sắt sulfua theo tình trạng kỹ thuật đã biết trong WO 99/29911.

Lượng Sb_2S_3 và Bi_2O_3 dạng hạt được bổ sung vào hợp kim gốc FeSi (mầm cấy A) thể hiện ở Bảng 1, cùng với mầm cấy theo tình trạng kỹ thuật đã biết. Lượng Sb_2S_3, Bi_2O_3, FeS và Fe_3O_4 là tỷ lệ phần trăm của các hợp chất, dựa trên tổng khối lượng của mầm cấy trong tất cả các thí nghiệm.

Bảng 1. Thành phần mầm cấy

	Mầm cấy gốc	Chất phụ gia,% khối lượng	Tham chiếu

		FeS	Fe_3O_4	Bi_2O_3	Sb_2S_3	
Mẻ nóng chảy I	Mầm cấy A	1,00	2,00	-	-	Tình trạng kỹ thuật đã biết
	Mầm cấy A	-	-	0,56	0,70	Mầm cấy A + Sb_2S_3/Bi_2O_3
Mẻ nóng chảy J	Mầm cấy A	1,00	1,00	-	-	Tình trạng kỹ thuật đã biết
	Mầm cấy A	-	-	-	1,39	Mầm cấy A + Sb_2S_3

Hình 1 cho thấy mật độ nốt (N/mm^2) trong gang đúc từ các thí nghiệm tạo mầm trong mẻ nóng chảy I. Kết quả cho thấy xu hướng đáng kể là Sb_2S_3+ Bi_2O_3 chứa mầm cấy có mật độ nốt cao hơn nhiều so với mầm cấy của tình trạng kỹ thuật đã biết.

Hình 2 cho thấy mật độ nốt (N/mm^2) trong gang đúc từ các thí nghiệm tạo mầm trong mẻ nóng chảy J. Kết quả cho thấy xu hướng đáng kể là Sb_2S_3 chứa mầm cấy có mật độ nốt cao hơn nhiều so với mầm cấy của tình trạng kỹ thuật đã biết.

Ví dụ 2

Mẻ gang đúc nóng chảy X, nặng 275 kg, được nấu chảy và xử lý bằng hợp kim tạo hạt MgFeSi 1,05% khối lượng dựa trên khối lượng của gang đúc trong gàu xử lý có nắp đậy thùng trung gian. Thành phần của hợp kim tạo hạt MgFeSi là 46,2% khối lượng Si; 5,85% khối lượng Mg; 1,02% khối lượng Ca; 0,92% khối lượng RE; 0,74% khối lượng Al; Fe cân bằng và tạp chất phụ với lượng thông thường, trong đó RE (kim loại đất hiếm) chứa khoảng 65% Ce và 35% La). 0,9% phoi thép được sử dụng làm vỏ. Tỷ lệ bổ sung cho tất cả mầm cấy là 0,2% được bổ sung vào mỗi gàu rót. Nhiệt độ xử lý MgFeSi là 1550°C và nhiệt độ rót là 1386 - 1356°C cho mẻ nóng chảy X. Thời gian giữ từ khi đổ đầy gàu rót đến lúc rót là 1 phút trong tất cả các thử nghiệm.

Các mầm cấy được sử dụng trong các thí nghiệm có thành phần hợp kim FeSi gốc giống như mầm cấy A, như được mô tả trong ví dụ 1. Các hạt hợp kim FeSi gốc (mầm cấy A) được phủ bằng Sb_2S_3 và Fe_3O_4 dạng hạt trong một mẫu, Sb_2S_3, FeS và Fe_3O_4 dạng hạt trong mẫu thứ hai, Sb_2O_3 và Sb_2S_3 dạng hạt trong mẫu thứ ba bằng cách trộn cơ học để thu được hỗn hợp đồng nhất.

Thành phần hóa học của gang đúc cuối cùng cho tất cả các phương pháp xử lý nằm trong khoảng 3,5-3,7% C; 2,3-2,5% Si; 0,29-0,33% Mn; 0,009-0,011% S; 0,04-0,05% Mg.

Đối với mục đích so sánh, mẻ gang đúc nóng chảy X được gây mầm bằng mầm cấy A chỉ được bổ sung vào oxit sắt và sắt sulfua theo tình trạng kỹ thuật đã biết (được thể hiện trong tài liệu này là tình trạng kỹ thuật đã biết).

Lượng Sb_2S_3, Sb_2O_3, FeS và Fe_3O_4 dạng hạt được bổ sung vào hợp kim gốc FeSi (Mầm cấy A) được thể hiện trong Bảng 2, cùng với mầm cấy theo tình trạng kỹ thuật đã biết. Lượng Sb_2S_3, Sb_2O_3, FeS và Fe_3O_4 là phần trăm các hợp chất, dựa trên tổng khối lượng của mầm cấy trong tất cả các thí nghiệm.

Bảng 2. Thành phần mầm cấy

		Chất phụ gia,% khối lượng				
	Mầm cấy gốc	FeS	Fe_3O_4	Bi_2O_3	Sb_2S_3	Tham chiếu
Mẻ nóng chảy X	Mầm cấy A	1,00	2,00	-	-	Tình trạng kỹ thuật đã biết
	Mầm cấy A	-	2,00	-	1,40	Mầm cấy A + Sb_2S_3/Fe_3O_4
	Mầm cấy A	1,00	2,00	-	1,40	Mầm cấy A + Sb_2S_3/FeS/Fe_3O_4
	Mầm cấy A	-	-	0,60	0,70	Mầm cấy A + Sb_2O_3/Sb_2S_3

Hình 3 cho thấy mật độ nốt (N/mm^2) trong gang đúc từ các thí nghiệm tạo mầm trong mẻ nóng chảy X, trong đó mầm cấy của tình trạng kỹ thuật đã biết được so sánh với Mầm cấy A + Sb_2S_3 + Fe_3O_4 chứa mầm cấy, Mầm cấy A + Sb_2S_3 + FeS + Fe_3O_4 chứa mầm cấy và Mầm cấy A + Sb_2O_3 + Sb_2S_3 chứa mầm cấy. Kết quả cho thấy rằng Mầm cấy A + Sb_2S_3 + Fe_3O_4 chứa mầm cấy, Mầm cấy A + Sb_2S_3 + FeS + Fe_3O_4 chứa mầm cấy và Mầm cấy A + Sb_2O_3 + Sb_2S_3 chứa mầm cấy theo sáng chế có mật độ nốt cao hơn nhiều so với mầm cấy của tình trạng kỹ thuật đã biết.

Ví dụ 3

Ba mẻ nóng chảy – mẻ V, X và Y, mỗi mẻ nặng 275 kg được sản xuất. Mỗi mẻ nóng chảy được xử lý bằng hợp kim chất tạo nốt MgFeSi 1,2-1,25% khối lượng của thành phần, theo % khối lượng; Si: 46, Mg: 4,33; Ca: 0,69; RE: 0,44; Al: 0,44, cân bằng bởi Fe

và tạp chất phụ với lượng thông thường. 0,7% khối lượng phoi thép được sử dụng làm vỏ. Mầm cấy của tình trạng kỹ thuật đã biết có thành phần gốc FeSi giống như Mầm cấy A, như được xác định trong ví dụ 1.

Trong mẻ nóng chảy X, hai mầm cấy gốc đã được thử nghiệm, được thể hiện trong tài liệu này là Mầm cấy B và Mầm cấy C có lớp phủ Sb_2S_3. Mầm cấy B có thành phần hợp kim gốc FeSi, không RE (theo % khối lượng) 68,2% Si; 0,93% Al; 0,94% Ba; 0,95% Ca; cân bằng bởi Fe và tạp chất phụ với lượng thông thường.

Mầm cấy C có thành phần hợp kim gốc FeSi, không có RE trong 75% Si; 1,57% Al; 1,19% Ca (theo % khối lượng); cân bằng bởi Fe và tạp chất phụ với lượng thông thường.

Tỷ lệ bổ sung cho mầm cấy là 0,2% được bổ sung vào mỗi gàu rót. Nhiệt độ xử lý chất tạo nốt là 1500°C và nhiệt độ rót là 1378 - 1366°C đối với mẻ nóng chảy V, trong khoảng 1398 - 1368°C đối với mẻ nóng chảy X và trong khoảng 1389 - 1386°C đối với mẻ nóng chảy Y. Thời gian giữ từ khi đổ đầy gàu rót đến lúc rót là 1 phút trong tất cả các thí nghiệm.

Thành phần hóa học của gang đúc cuối cùng cho tất cả các phương pháp xử lý nằm trong khoảng 3,5-3,7% C; 2,3-2,5% Si; 0,29-0,31% Mn; 0,007-0,011% S; 0,040-0,043% Mg.

Lượng Sb_2S_3, Bi_2S_3, FeS và Fe_3O_4 dạng hạt được bổ sung vào hợp kim gốc FeSi (Mầm cấy A, B và C) được thể hiện trong Bảng 3-5, cùng với mầm cấy theo tình trạng kỹ thuật đã biết. Lượng Sb_2S_3, Bi_2S_3, FeS và Fe_3O_4 là phần trăm của các hợp chất, dựa trên tổng khối lượng của mầm cấy trong tất cả các thí nghiệm.

Bảng 3. Thành phần mầm cấy

		Chất phụ gia,% khối lượng			
	Mầm cấy gốc	FeS	Fe_3O_4	Sb_2S_3	Tham chiếu
Mẻ nóng chảy X	Mầm cấy A	1,00	2,00	-	Tình trạng kỹ thuật đã biết
	Mầm cấy A	-	-	0,84	Mầm cấy A + 0,6Sb_2S_3

	Mầm cấy A	-	-	1,39	Mầm cấy A + 1Sb_2S_3
	Mầm cấy A	-	-	4,18	Mầm cấy A + 3Sb_2S_3
	Mầm cấy A	-	-	6,97	Mầm cấy A + 5Sb_2S_3
	Mầm cấy A	-	-	11,16	Mầm cấy A + 8Sb_2S_3

Mật độ nốt (N/mm^2) trong gang đúc từ các thí nghiệm tạo mầm trong mẻ nóng chảy V được thể hiện trong Hình 4. Phân tích cấu trúc vi mô cho thấy mầm cấy theo sáng chế có mật độ nốt cao hơn đáng kể so với mầm cấy của tình trạng kỹ thuật đã biết.

Bảng 4. Thành phần mầm cấy

		Chất phụ gia,% khối lượng			
	Mầm cấy gốc	FeS	Fe_3O_4	Sb_2S_3	Tham chiếu
Mẻ nóng chảy X	Mầm cấy A	1,00	2,00	-	Tình trạng kỹ thuật đã biết
	Mầm cấy B	-	-	2,79	Mầm cấy B + Sb_2S_3
	Mầm cấy C	-	-	2,79	Mầm cấy C + Sb_2S_3

Hình 5 cho thấy mật độ nốt (N/mm^2) trong gang đúc từ các thí nghiệm tạo mầm trong mẻ nóng chảy X. Kết quả cho thấy xu hướng rất đáng kể là Sb_2S_3 chứa mầm cấy có mật độ nốt cao hơn so với mầm cấy của tình trạng kỹ thuật đã biết.

Bảng 5. Thành phần mầm cấy

		Chất phụ gia,% khối lượng				
	Mầm cấy gốc	FeS	Fe_3O_4	Sb_2S_3	Bi_2S_3	Tham chiếu
Mẻ nóng chảy Y	Mầm cấy A	1,00	2,00	-	-	Tình trạng kỹ thuật đã biết
	Mầm cấy A	-	-	1,39	1,23	Mầm cấy A + Sb_2S_3/Bi_2S_3

Hình 6 cho thấy mật độ nốt trong gang đúc từ các thí nghiệm tạo mầm trong mẻ nóng chảy Y. Kết quả cho thấy xu hướng rất đáng kể là Sb_2S_3 + Bi_2S_3 chứa mầm cấy có mật độ nốt cao hơn so với mầm cấy của tình trạng kỹ thuật đã biết.

Ví dụ 4

Mẻ nóng chảy nặng 275 kg được sản xuất và xử lý bằng 1,20-1,25% khối lượng chất tạo nốt MgFeSi trong gàu phủ thùng trung gian. Hợp kim tạo hạt MgFeSi có thành phần theo khối lượng như sau: 4,33% khối lượng Mg; 0,69% khối lượng Ca; 0,44% khối lượng RE; 0,44% khối lượng Al; 46% khối lượng Si; cân bằng là sắt và tạp chất phụ với lượng thông thường. 0,7% khối lượng phoi thép được sử dụng làm vỏ. Tỷ lệ bổ sung cho tất cả các mầm cấy là 0,2% khối lượng được bổ sung vào mỗi gàu rót. Nhiệt độ xử lý chất tạo nốt là 1500°C và nhiệt độ rót là 1373 - 1368°C. Thời gian giữ từ khi đổ đầy gàu rót đến lúc rót là 1 phút trong tất cả các thí nghiệm. Các mẫu kéo được đúc Ø28 mm trong các khuôn chuẩn, được cắt và điều chế theo thông lệ tiêu chuẩn trước khi đánh giá bằng cách sử dụng phần mềm phân tích hình ảnh tự động.

Mầm cấy có thành phần hợp kim FeSi gốc 74,2% khối lượng Si; 0,97% khối lượng Al; 0,78% khối lượng Ca; 1,55% khối lượng Ce, phần còn lại là sắt và tạp chất phụ với lượng thông thường, được biểu thị trong tài liệu này là mầm cấy A. Hỗn hợp bismut oxit, sulfua và antimon oxit và sulfua dạng hạt của thành phần được chỉ ra trong Bảng 6 đã được bổ sung vào các hạt hợp kim FeSi gốc (Mầm cấy A) và trộn cơ học để thu được hỗn hợp đồng nhất.

Sắt cuối cùng có thành phần hóa học là 3,74% khối lượng C; 2,37% khối lượng Si; 0,20% khối lượng Mn; 0,011% khối lượng S; 0,037% khối lượng Mg. Tất cả các phân tích đều nằm trong giới hạn được đặt ra trước khi tiến hành thí nghiệm.

Lượng Sb_2S_3, Bi_2O_3, Sb_2O_3 và Bi_2S_3 dạng hạt được bổ sung vào mầm cấy hợp kim gốc FeSi A được thể hiện trong Bảng 6, cùng với mầm cấy theo tình trạng kỹ thuật đã biết. Lượng Sb_2S_3, Bi_2S_3, Bi_2O_3, Sb_2O_3, FeS và Fe_3O_4 dựa trên tổng khối lượng mầm cấy trong tất cả các thử nghiệm.

Bảng 6. Thành phần mầm cấy

Mầm cấy gốc	Chất phụ gia,% khối lượng						Tham chiếu
	FeS	Fe_3O_4	Bi_2S_3	Sb_2S_3	Bi_2O_3	Sb_2O_3	
Mầm cấy A	1	2	-	-	-	-	Tình trạng kỹ thuật đã biết
Mầm cấy A	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5	Mầm cấy A + tổ hợp 1

Mầm cấy A	-	-	4	4	4	4	Mầm cấy A + tổ hợp 2

Hình 7 cho thấy mật độ nốt trong gang đúc từ các thí nghiệm tạo mầm. Kết quả cho thấy xu hướng rất đáng kể là mầm cấy theo sáng chế; hợp kim gốc FeSi chứa Sb_2S_3, Bi_2S_3, Bi_2O_3, Sb_2O_3 dạng hạt có mật độ nốt cao hơn nhiều so với mầm cấy của tình trạng kỹ thuật đã biết. Sự phân tích nhiệt (không được trình bày trong tài liệu này) cho thấy xu hướng rõ ràng là TElow cao hơn đáng kể trong các mẫu được gây mầm bằng Sb_2S_3, Bi_2S_3, Bi_2O_3, Sb_2O_3 chứa mầm cấy hợp kim gốc FeSi so với mầm cấy của tình trạng kỹ thuật đã biết.

Ví dụ 5

Mẻ nóng chảy nặng 275 kg được sản xuất và xử lý bằng 1,20-1,25% khối lượng chất tạo nốt MgFeSi trong gàu phủ thùng trung gian. Hợp kim tạo hạt MgFeSi có thành phần theo khối lượng như sau: 4,33% khối lượng Mg; 0,69% khối lượng Ca; 0,44% khối lượng RE; 0,44% khối lượng Al; 46% khối lượng Si; cân bằng là sắt và tạp chất phụ với lượng thông thường. 0,7% khối lượng phoi thép được sử dụng làm vỏ. Tỷ lệ bổ sung cho tất cả các mầm cấy là 0,2% khối lượng được bổ sung vào mỗi gàu rót. Nhiệt độ xử lý chất tạo nốt là 1500°C và nhiệt độ rót là 1373 - 1356°C. Thời gian giữ từ khi đổ đầy gàu rót đến lúc rót là 1 phút trong tất cả các thí nghiệm. Các mẫu kéo được đúc Ø28 mm trong các khuôn chuẩn, được cắt và điều chế theo thông lệ tiêu chuẩn trước khi đánh giá bằng cách sử dụng phần mềm phân tích hình ảnh tự động.

Mầm cấy có thành phần hợp kim FeSi gốc 74,2% khối lượng Si; 0,97% khối lượng Al; 0,78% khối lượng Ca; 1,55% khối lượng Ce, phần còn lại là sắt và tạp chất phụ với lượng thông thường, được biểu thị trong tài liệu này là mầm cấy A. Hỗn hợp antimon sulfua và oxit và bismut oxit của thành phần được chỉ ra trong Bảng 7 đã được bổ sung vào các hạt hợp kim FeSi gốc (mầm cấy A) và trộn cơ học để thu được hỗn hợp đồng nhất.

Sắt cuối cùng có thành phần hóa học là 3,74% khối lượng C; 2,37% khối lượng Si; 0,20% khối lượng Mn; 0,011% khối lượng S; 0,037% khối lượng Mg. Tất cả các phân tích đều nằm trong giới hạn được đặt ra trước khi tiến hành thí nghiệm.

Lượng Sb_2S_3, Bi_2O_3, Sb_2O_3, FeS và Fe_3O_4 dạng hạt được bổ sung vào mầm cấy hợp kim gốc FeSi A được thể hiện trong Bảng 7, cùng với mầm cấy theo tình trạng kỹ thuật đã biết. Lượng Sb_2S_3, Bi_2O_3, Sb_2O_3, FeS và Fe_3O_4 dựa trên tổng khối lượng của mầm cấy trong tất cả các thí nghiệm.

Bảng 7. Thành phần mầm cấy

	Chất phụ gia,% khối lượng					Tham chiếu
Mầm cấy gốc	FeS	Fe_3O_4	Sb_2S_3	Sb_2O_3	Bi_2O_3	
Mầm cấy A	1	2	-	-	-	Tình trạng kỹ thuật đã biết
Mầm cấy A	1	1	4	4	4	Mầm cấy A + tổ hợp 3

Hình 8 cho thấy mật độ nốt trong gang đúc từ các thí nghiệm tạo mầm. Kết quả cho thấy xu hướng rất đáng kể là mầm cấy theo sáng chế; hợp kim gốc FeSi có chứa Sb_2S_3, Bi_2O_3, Sb_2O_3, FeS và Fe_3O_4 dạng hạt có mật độ nốt cao hơn nhiều so với mầm cấy của tình trạng kỹ thuật đã biết. Sự phân tích nhiệt (không được trình bày trong tài liệu này) cho thấy xu hướng rõ ràng là TElow cao hơn đáng kể trong các mẫu được gây mầm bằng Sb_2S_3, Bi_2O_3, Sb_2O_3, FeS và Fe_3O_4 chứa mầm cấy hợp kim gốc FeSi so với mầm cấy của tình trạng kỹ thuật đã biết.

Khi các phương án khác nhau của sáng chế được mô tả, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực sẽ biết rằng các phương án khác kết hợp các khái niệm có thể được sử dụng. Các ví dụ này và các ví dụ khác của sáng chế được minh họa nêu trên và trong các hình vẽ kèm theo chỉ nhằm mục đích ví dụ và phạm vi thực tế của sáng chế sẽ được xác định từ phần yêu cầu bảo hộ dưới đây.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Mầm cấy để sản xuất gang đúc với graphit dạng cầu, mầm cấy này bao gồm hợp kim sắt silic dạng hạt bao gồm
trong khoảng từ 40 đến 80% khối lượng Si;
0,02-8% khối lượng Ca;
0-5% khối lượng Sr;
0-12% khối lượng Ba;
0-15% 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 bởi Fe và tạp chất phụ với lượng thông thường, trong đó mầm cấy này còn chứa, theo khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cấy:
0,1 đến 15% Sb_2S_3 dạng hạt, và
tùy ý trong khoảng từ 0,1 đến 15% Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15% Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15% Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 5% một hoặc nhiều Fe_3O_4, Fe_2O_3, FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc từ 0,1 đến 5% một hoặc nhiều FeS, FeS_2, Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng.

2. Mầm cấy theo điểm 1, trong đó hợp kim sắt silic bao gồm từ 45 đến 60% khối lượng Si.

3. Mầm cấy theo điểm 1, trong đó hợp kim sắt silic 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 cấy theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cấy bao gồm từ 0,5 đến 8% khối lượng của Sb_2S_3 dạng hạt.

6. Mầm cấy theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cấy bao gồm từ 0,1 đến 10% Bi_2O_3 dạng hạt.

7. Mầm cấy theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cấy bao gồm từ 0,1 đến 8% Sb_2O_3 dạng hạt.

8. Mầm cấy theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cấy bao gồm từ 0,1 đến 10% Bi_2S_3 dạng hạt.

9. Mầm cấy theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cấy 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% một hoặc nhiều FeS, FeS_2, Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng.

10. Mầm cấy theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó tổng lượng Sb_2S_3 dạng hạt và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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 cấy.

11. Mầm cấy theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cấy ở dạng phối trộn hoặc hỗn hợp vật lý của hợp kim sắt silic dạng hạt và Sb_2S_3 dạng hạt, và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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.

12. Mầm cấy theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó Sb_2S_3 dạng hạt và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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 sắt silic dạng hạt.

13. Mầm cấy theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cấy ở dạng khối kết tụ được tạo ra từ hỗn hợp của hợp kim sắt silic dạng hạt và Sb_2S_3 dạng hạt, và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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.

14. Mầm cấy theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mầm cấy ở dạng than bánh được tạo ra từ hỗn hợp của hợp kim sắt silic dạng hạt và Sb_2S_3 dạng hạt và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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.

15. Mầm cấy theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó hợp kim gốc sắt silic dạng hạt và Sb_2S_3 dạng hạt, và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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 bổ sung riêng rẽ nhưng cùng lúc vào gang đúc dạng lỏng.

16. Phương pháp sản xuất mầm cấy theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 15, bao gồm bước:
tạo ra hợp kim gốc dạng hạt bao gồm
trong khoảng từ 40 đến 80% khối lượng Si,
0,02-8% khối lượng Ca;
0-5% khối lượng Sr;
0-12% khối lượng Ba;
0-15% 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;

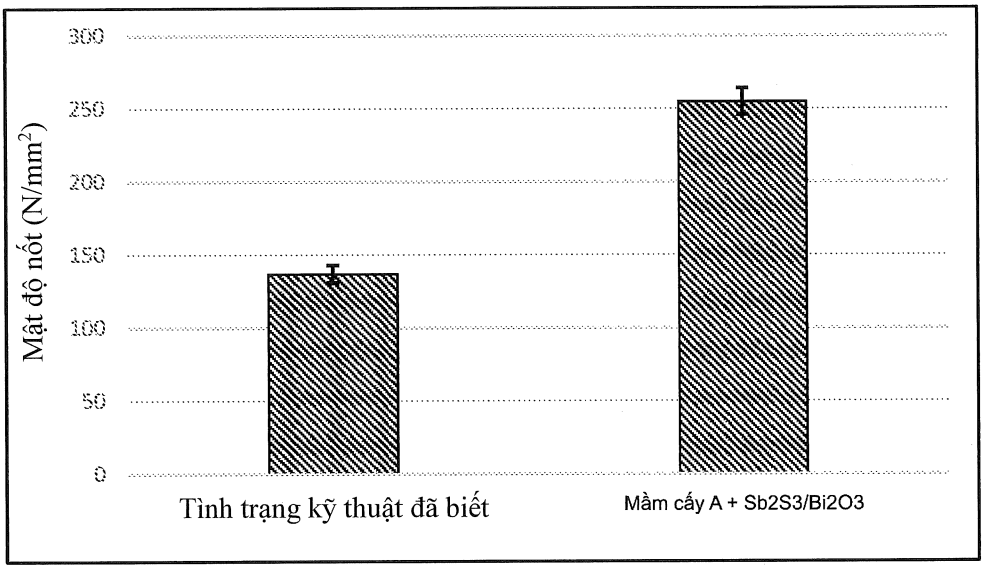
0-10% khối lượng Zr;

cân bằng bởi Fe và tạp chất phụ với lượng thông thường, và bổ sung vào gốc dạng hạt đã nêu, theo khối lượng, dựa trên tổng khối lượng của mầm cấy,

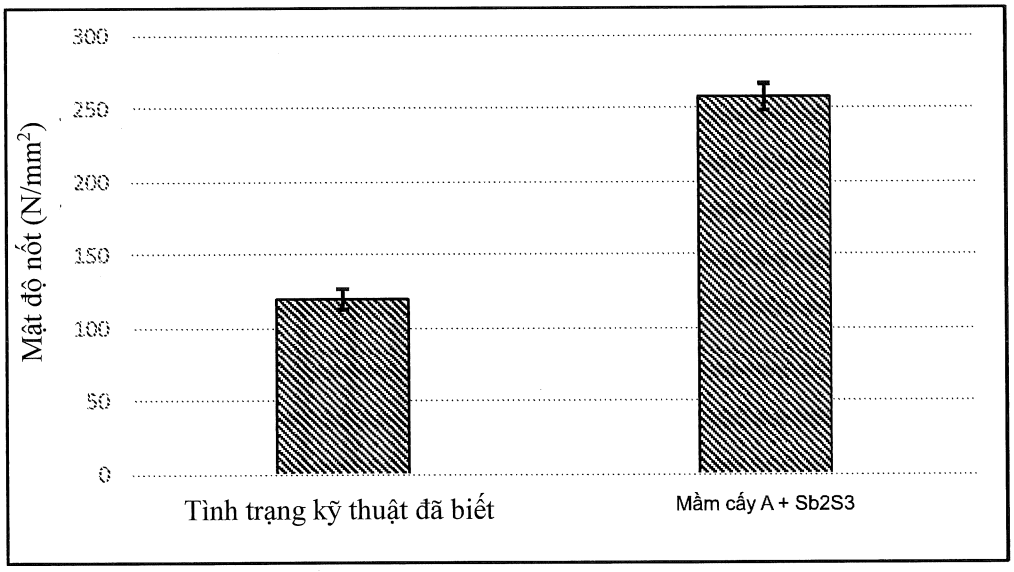
0,1 đến 15% Sb_2S_3 dạng hạt, và tùy ý giữa 0,1 và 15% Bi_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15% Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 đến 15% Sb_2S_3 dạng hạt, và/hoặc từ 0,1 và 5% một hay nhiều Fe_3O_4, Fe_2O_3, FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc từ 0,1 đến 5% một hay nhiều FeS, FeS_2, Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng để tạo ra mầm cấy này.

17. Phương pháp theo điểm 16, trong đó Sb_2S_3 dạng hạt và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_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, nếu có, được trộn hoặc phối trộn với hợp kim gốc dạng hạt.

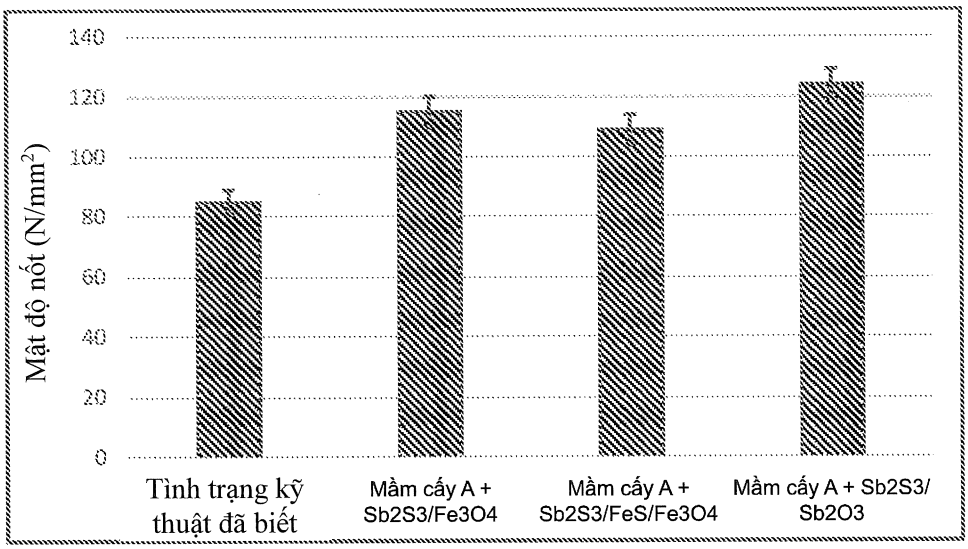
18. Phương pháp theo điểm 16, trong đó Sb_2S_3 dạng hạt và Bi_2O_3 dạng hạt tùy ý, và/hoặc Sb_2O_3 dạng hạt, và/hoặc Bi_2S_3 dạng hạt, và/hoặc một hay nhiều Fe_3O_4, Fe_2O_3, FeO dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, và/hoặc một hay nhiều FeS, FeS_2, Fe_3S_4 dạng hạt hoặc hỗn hợp của chúng, nếu có, được trộn trước khi trộn với hợp kim gốc dạng hạt.


300
250
200
150
100
50
0
Mật độ nốt (N/mm2)
Tình trạng kỹ thuật đã biết
Mầm cấy A + Sb2S3/Bi2O3

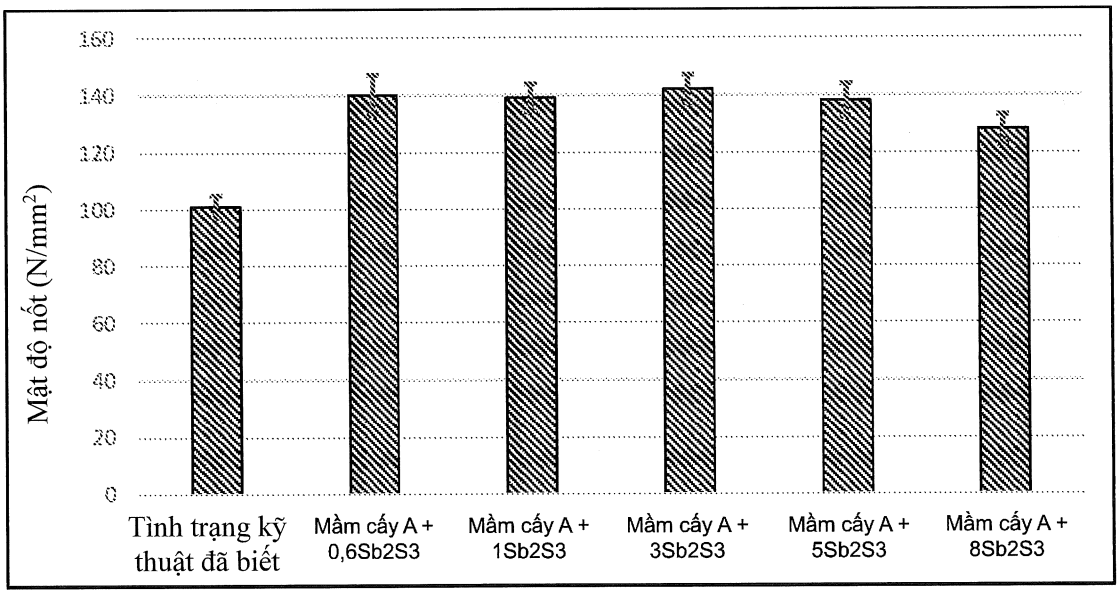
HÌNH 1


300
250
200
150
100
50
0
Mật độ nốt (N/mm2)
Tình trạng kỹ thuật đã biết
Mầm cấy A + Sb2S3

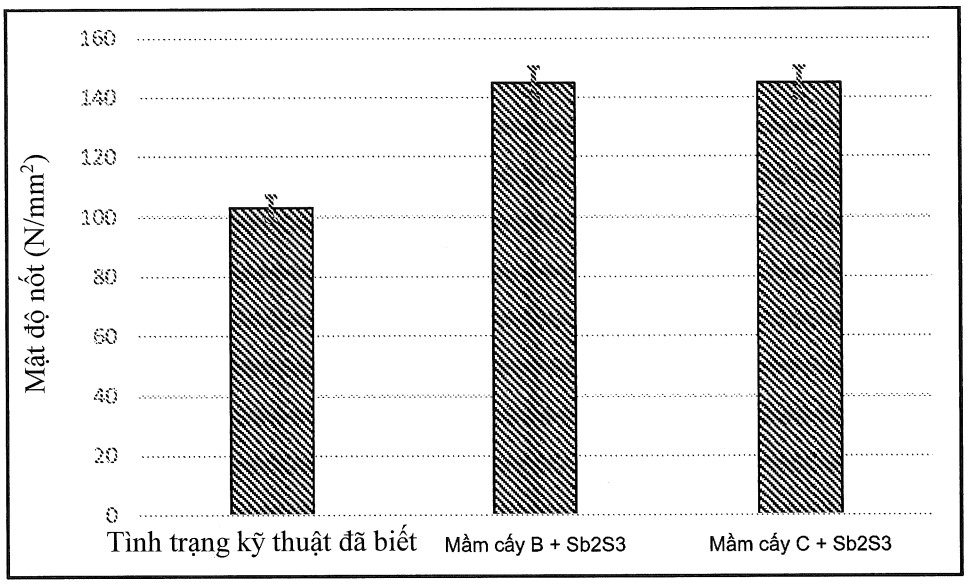
HÌNH 2


Mật độ nốt (N/mm2)
140
120
100
80
60
40
20
0
Tình trạng kỹ thuật đã biết
Mầm cấy A + Sb2S3/Fe3O4
Mầm cấy A + Sb2S3/FeS/Fe3O4
Mầm cấy A + Sb2S3/ Sb2O3

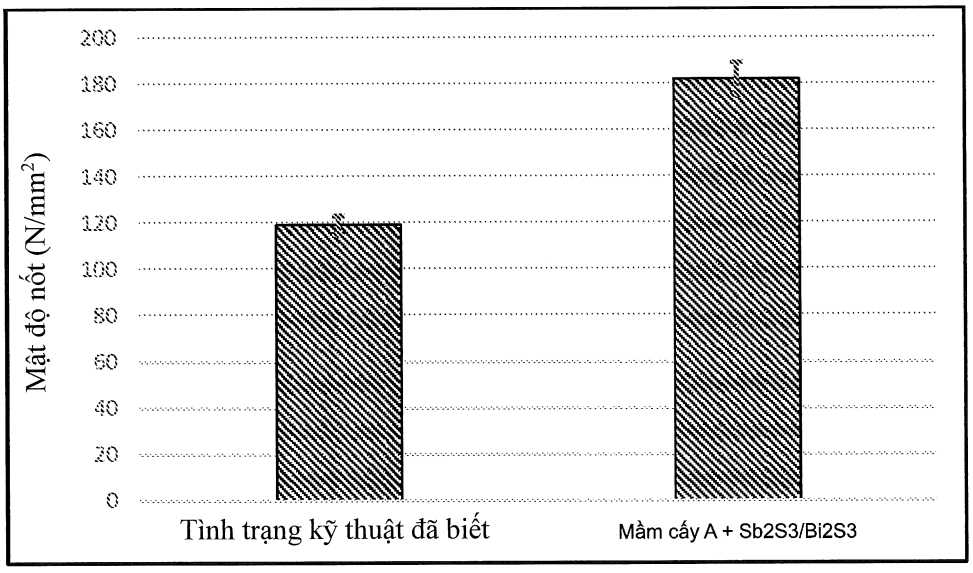
HÌNH 3


Mật độ nốt (N/mm2)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
Tình trạng kỹ thuật đã biết
Mầm cấy A + 0,6Sb2S3
Mầm cấy A + 1Sb2S3
Mầm cấy A + 3Sb2S3
Mầm cấy A + 5Sb2S3
Mầm cấy A + 8Sb2S3

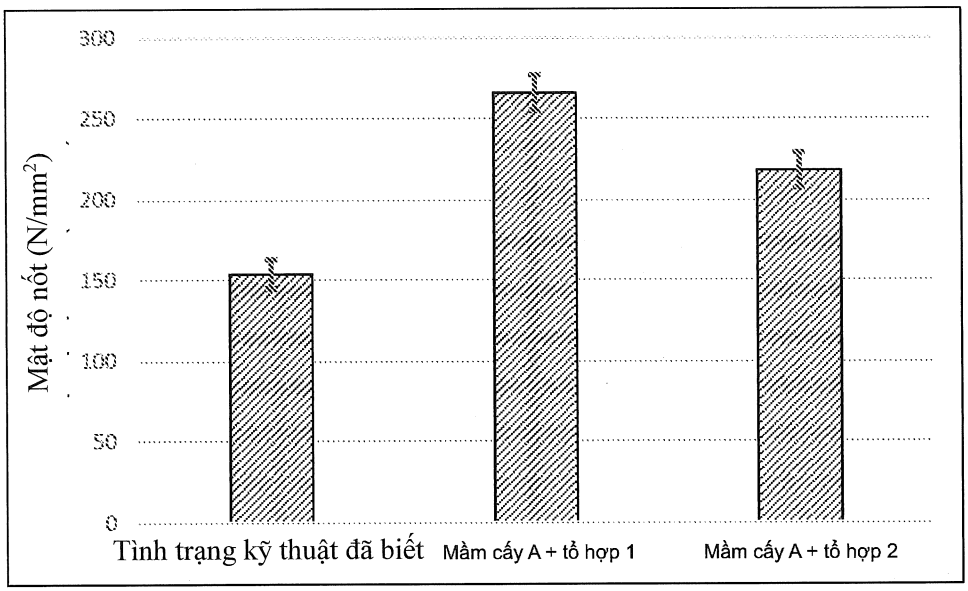
HÌNH 4


160
140
120
100
80
60
40
20
0
Mật độ nốt (N/mm2)
Tình trạng kỹ thuật đã biết
Mầm cấy B + Sb2S3
Mầm cấy C + Sb2S3

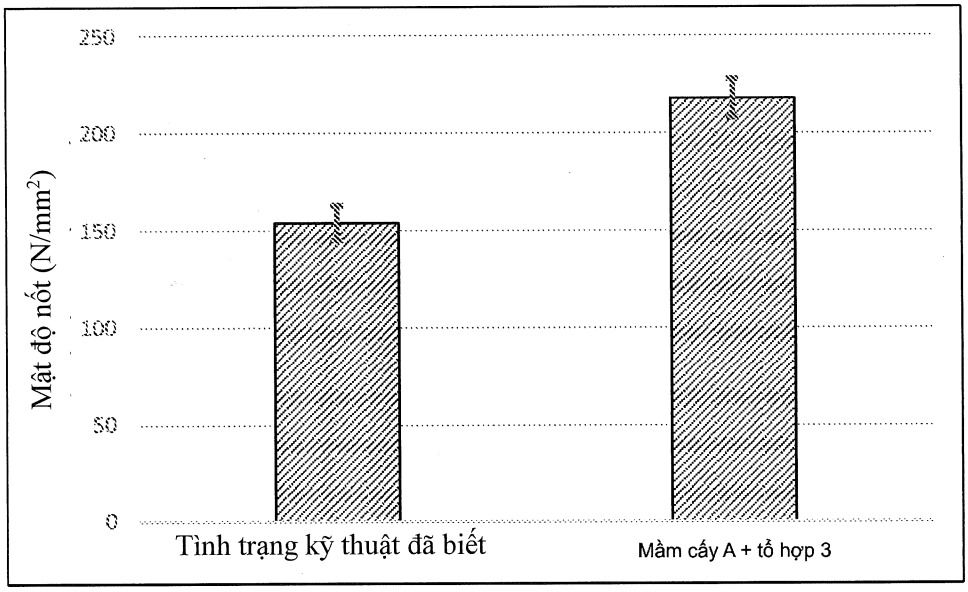
HÌNH 5


200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
Mật độ nốt (N/mm2)
Tình trạng kỹ thuật đã biết
Mầm cấy A + Sb2S3/Bi2S3

HÌNH 6


300
250
200
150
100
50
0
Mật độ nốt (N/mm²)
Tình trạng kỹ thuật đã biết
Mầm cấy A + tổ hợp 1
Mầm cấy A + tổ hợp 2

HÌNH 7


250
200
150
100
50
0
Mật độ nốt (N/mm²)
Tình trạng kỹ thuật đã biết
Mầm cấy A + tổ hợp 3

HÌNH 8