



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I713966 B

(45) 公告日：中華民國 109 (2020) 年 12 月 21 日

(21) 申請案號：107147348 (22) 申請日：中華民國 107 (2018) 年 12 月 27 日

(51) Int. Cl. : C22C35/00 (2006.01) C22C37/10 (2006.01)
C21C1/10 (2006.01) C22C33/08 (2006.01)

(30) 優先權：2017/12/29 挪威 20172065

(71) 申請人：挪威商艾爾坎股份有限公司 (挪威) ELKEM ASA (NO)
挪威

(72) 發明人：克努斯達 歐德瓦 KNUSTAD, ODDVAR (NO)

(74) 代理人：王彥評；賴碧宏

(56) 參考文獻：
CN 107354370A CN 107400750A

審查人員：葉獻全

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：2 共 25 頁

(54) 名稱

鑄鐵接種劑、其用途及鑄鐵接種劑之製造方法

(57) 摘要

本發明關於一種用於以球墨製造鑄鐵之接種劑，該接種劑包含由以下組成的粒狀矽鐵合金：在約 40 至 80 重量百分比之間的 Si；0.02-10 重量百分比之 Ca；0-15% 重量百分比之稀土金屬；0-5 重量百分比之 Al；0-5 重量百分比之 Sr；0-5 重量百分比之 Mg；0-12 重量百分比之 Ba；0-10 重量百分比之 Zr；0-10 重量百分比之 Ti；0-10 重量百分比之 Mn；其中元素 Ba、Sr、Zr、Mn、或 Ti 至少之一或其和係以至少 0.05 重量百分比之量存在，其餘為平常量的 Fe 及附帶雜質，其中該接種劑另外含有按接種劑總重量計的重量比為 0.1 至 15 重量百分比之粒狀 Sb_2O_3 ；本發明亦關於一種製造此接種劑之方法及此接種劑之用途。

The present invention relates to an inoculant for the manufacture of cast iron with spheroidal graphite, said inoculant comprises a particulate ferrosilicon alloy consisting of between about 40 to 80 % by weight Si; 0.02-10% by weight Ca; 0-15 % by weight rare earth metal; 0-5% by weight Al; 0-5% by weight Sr; 0-5% by weight Mg; 0-12 % by weight Ba; 0-10 % by weight Zr; 0-10 % by weight Ti; 0-10 % by weight Mn; wherein at least one, or the sum, of elements Ba, Sr, Zr, Mn, or Ti is (are) present in an amount of at least 0.05 % by weight, the balance being Fe and incidental impurities in the ordinary amount, wherein said inoculant additionally contains, by weight, based on the total weight of inoculant: 0.1 to 15 % by weight of particulate Sb_2O_3 , a method for producing such inoculant and use of such inoculant.

發明摘要

【發明名稱】(中文/英文)

鑄鐵接種劑、其用途及鑄鐵接種劑之製造方法

CAST IRON INOCULANT, USE THEREOF AND METHOD FOR
PRODUCTION OF CAST IRON INOCULANT

【中文】

本發明關於一種用於以球墨製造鑄鐵之接種劑，該
接種劑包含由以下組成的粒狀矽鐵合金：

在約 40 至 80 重量百分比之間的 Si；

0.02-10 重量百分比之 Ca；

0-15%重量百分比之稀土金屬；

0-5 重量百分比之 Al；

0-5 重量百分比之 Sr；

0-5 重量百分比之 Mg；

0-12 重量百分比之 Ba；

0-10 重量百分比之 Zr；

0-10 重量百分比之 Ti；

0-10 重量百分比之 Mn；

其中元素 Ba、Sr、Zr、Mn、或 Ti 至少之一或其和
係以至少 0.05 重量百分比之量存在，其餘為平常量的 Fe
及附帶雜質，其中該接種劑另外含有按接種劑總重量計
的重量比為 0.1 至 15 重量百分比之粒狀 Sb_2O_3 ；本發明
亦關於一種製造此接種劑之方法及此接種劑之用途。

【英文】

The present invention relates to an inoculant for the manufacture of cast iron with spheroidal graphite, said inoculant comprises a particulate ferrosilicon alloy consisting of

between about 40 to 80 % by weight Si;

0.02-10% by weight Ca;

0-15 % by weight rare earth metal;

0-5% by weight Al;

0-5% by weight Sr;

0-5% by weight Mg;

0-12 % by weight Ba;

0-10 % by weight Zr;

0-10 % by weight Ti;

0-10 % by weight Mn;

wherein at least one, or the sum, of elements Ba, Sr, Zr, Mn, or Ti is (are) present in an amount of at least 0.05 % by weight, the balance being Fe and incidental impurities in the ordinary amount, wherein said inoculant additionally contains, by weight, based on the total weight of inoculant: 0.1 to 15 % by weight of particulate Sb_2O_3 , a method for producing such inoculant and use of such inoculant.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：無。

【本代表圖之符號簡單說明】：

無。

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無。

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

鑄鐵接種劑、其用途及鑄鐵接種劑之製造方法

CAST IRON INOCULANT, USE THEREOF AND METHOD FOR
PRODUCTION OF CAST IRON INOCULANT

【技術領域】

【0001】本發明關於一種用於以球墨製造鑄鐵的基於矽鐵之接種劑，及一種製造該接種劑之方法。

【先前技術】

【0002】鑄鐵一般在熔鐵爐或感應爐中製造，且通常含有在 2 至 4% 之間的碳。該碳被緊密混合鐵，且碳在固化鑄鐵中的形式對鑄鐵的特徵及性質非常重要。如果碳為碳化鐵之形式，則鑄鐵被稱為白口鐵且具有硬而脆的物理特徵，其為大部分的應用所不欲。如果碳為石墨之形式，則鑄鐵軟而可切削。

【0003】石墨可在鑄鐵中以層狀、壓縮、或球狀形式產生。球狀產生最高強度及最具延展型式的鑄鐵。

【0004】石墨之形式及石墨相對碳化鐵之量可藉在鑄鐵固化期間促進石墨形成之特定添加劑控制。這些添加劑被稱為結球劑(nodulariser)及接種劑，且加入鑄鐵分別進行結球及接種。在鑄鐵製造中，形成碳化鐵(尤其是成為薄片)經常為一大挑戰。相較於鑄件較厚段之緩慢冷卻，碳化鐵形成係將薄片快速冷卻而發生。在鑄鐵產物中形成碳化鐵在業界被稱為「冷硬」。冷硬形成係藉由測

量「冷硬深度」而定量，且接種劑防止冷硬及降低冷硬深度的能力為測量及比較接種劑能力的方便方式，尤其是在灰口鐵中。球狀石墨鑄鐵通常使用石墨結球數密度測量及比較接種劑能力。

【0005】隨著產業發展，現在需要更堅固的材料。其表示將碳化物促進元素(如 Cr、Mn、V、Mo 等)合金更多，及鑄鐵片更薄且鑄件設計更輕巧。因此現在持續需要發展降低冷硬深度及改良灰口鐵的切削力，且增加延性鑄鐵中的石墨球數密度之接種劑。

【0006】現在尚未完全了解接種之精準化學及機構，以及接種劑為何在不同的鑄鐵熔化物中能夠作用，因此投入大量研究以對產業提供新穎及改良的接種劑。

【0007】據信鈣及特定的其他元素抑制碳化鐵形成且促進石墨形成。大部分接種劑含有鈣。添加這些碳化鐵抑制劑通常因增加矽鐵合金而有利，且很可能最廣為使用的矽鐵合金為含有 70 至 80%之矽的高矽合金、及含有 45 至 55%之矽的低矽合金。通常可存在於接種劑中，並以矽鐵合金加入鑄鐵以在鑄鐵中刺激石墨晶核形成的元素為例如 Ca、Ba、Sr、Al、稀土金屬(RE)、Mg、Mn、Bi、Sb、Zr、與 Ti。

【0008】抑制碳化物形成與接種劑的晶核形成性質有關。應了解，晶核形成性質為接種劑形成的晶核數。形成的晶核數大造成石墨結球數密度增加，如此改良接種效果且改良碳化物抑制。此外，晶核形成速率高亦可在接種後的熔鐵長時間滯留期間對接種效果衰退產生較佳

抗性。接種衰退可由造成可能晶核位置總數減少之晶核族群合併及重新溶解解釋。

【0009】美國專利第 4,432,793 號揭示一種含有鉍、鉛及/或銻之接種劑。已知鉍、鉛及/或銻具有高接種能力及造成晶核數增加。亦已知這些元素為抗球化元素，且已知在鑄鐵中這些元素增加則造成石墨的球狀石墨結構退化。美國專利第 4,432,793 號之接種劑為在矽鐵中含有經合金化的 0.005%至 3%之稀土，及 0.005%至 3%之金屬元素鉍、鉛及/或銻之一的矽鐵合金。

【0010】美國專利申請案第 2015/0284830 號有關一種用於處理厚鑄鐵部分之接種劑合金，其含有在 0.005 至 3 重量百分比之間的稀土、及在 0.2 至 2 重量百分比之間的 Sb。該 US 2015/0284830 號專利發現銻結合基於矽鐵之合金中的稀土時可有效將厚部分接種且球體安定，而無純銻加入液態鑄鐵的缺點。US 2015/0284830 號專利之接種劑被揭述為一般用於鑄鐵浴接種方面，以預先調節該鑄鐵及結球劑處理。US 2015/0284830 號專利之接種劑含有(重量百分比)65%之 Si、1.76%之 Ca、1.23%之 Al、0.15%之 Sb、0.16%之 RE、7.9%之 Ba，其餘為鐵。

【0011】由 WO 95/24508 號專利得知一種晶核形成速率增加之鑄鐵接種劑。此接種劑為基於矽鐵之接種劑，其含有鈣及/或鋇及/或鋇、小於 4%之鋁、及在 0.5 至 10% 之間的一種以上金屬氧化物形式的氧。然而已發現，使用 WO 95/24508 號專利之接種劑形成的晶核數再現性相當低。在一些情況在鑄鐵中形成大量晶核，但是在其他

情況，形成的晶核數相當小。WO 95/24508 號專利之接種劑因以上原因而幾無實際用處。

【0012】由 WO 99/29911 號專利得知，將硫加入 WO 95/24508 號專利之接種劑對鑄鐵接種有正面影響，且提高晶核再現性。

【0013】在 WO 95/24508 及 WO 99/29911 號專利中，氧化鐵 FeO 、 Fe_2O_3 、與 Fe_3O_4 為較佳的金屬氧化物。這些專利申請案提及的其他金屬氧化物為 SiO_2 、 MnO 、 MgO 、 CaO 、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 CaSiO_3 、 CeO_2 、 ZrO_2 。較佳的金屬硫化物選自由 FeS 、 FeS_2 、 MnS 、 MgS 、 CaS 、與 CuS 組成的群組。

【0014】由美國專利申請案第 2016/0047008 號得知一種用於處理液態鑄鐵之粒狀接種劑，其一方面包含由液態鑄鐵中可熔融材料製成的撐體粒子，另一方面包含由促進石墨發芽及生長之材料製成，以不連續方式配置及分布在撐體粒子表面處的表面粒子，該表面粒子呈現的粒度分布為其直徑 d_{50} 小於或等於該撐體粒子的直徑 d_{50} 之十分之一。該 US 2016' 號專利接種劑之目的特別指示用於接種厚度不同且對鑄鐵基本組成物的感受性低的鑄鐵部分。

【0015】因此，現在希望提供一種形成大量晶核之高性能接種劑，其造成石墨結球數密度高。進一步希望提供一種在接種後的熔鐵長時間滯留期間對接種效果衰退可產生較佳抗性之接種劑。另外希望提供一種基於 FeSi 之含錫接種劑，其無先行技藝的缺點。本發明符合至少一些以上的需求及其他優點，其在以下說明中證明。

【發明內容】

【0016】在第一態樣中，本發明關於一種用於以球墨製造鑄鐵之接種劑，其中該接種劑包含：

由以下組成的粒狀矽鐵合金：在約 40 至 80 重量百分比之間的 Si；0.02-10 重量百分比之 Ca；0-15%重量百分比之稀土金屬；0-5 重量百分比之 Al；0-5 重量百分比之 Sr；0-5 重量百分比之 Mg；0-12 重量百分比之 Ba；0-10 重量百分比之 Zr；0-10 重量百分比之 Ti；0-10 重量百分比之 Mn，其餘為平常量的 Fe 及附帶雜質，其中元素 Ba、Sr、Zr、Mn、或 Ti 至少之一或其和係以至少 0.05 重量百分比之量存在，及其中該接種劑另外含有按接種劑總重量計的重量比為 0.1 至 15 重量百分比之粒狀 Sb_2O_3 。

【0017】在一具體實施例中，該矽鐵合金包含在 45 至 60 重量百分比之間的 Si。在接種劑之另一具體實施例中，該矽鐵合金包含在 60 至 80 重量百分比之間的 Si。

【0018】在一具體實施例中，該稀土金屬包括 Ce、La、Y 及 / 或混合稀土金屬合金 (mischmetal)。在一具體實施例中，該矽鐵合金包含至多 10 重量百分比之稀土金屬。

【0019】在一具體實施例中，該矽鐵合金包含在 0.02 至 5 重量百分比之間的 Ca。在另一具體實施例中，該矽鐵合金包含在 0.5 至 3 重量百分比之間的 Ca。在一具體實施例中，該矽鐵合金包含在 0 至 3 重量百分比之間的 Sr。在一進一步具體實施例中，該矽鐵合金包含在 0.2

至 3 重量百分比之間的 Sr。在一具體實施例中，該矽鐵合金包含在 0 至 5 重量百分比之間的 Ba。在一進一步具體實施例中，該矽鐵合金包含在 0.1 至 5 重量百分比之間的 Ba。在一具體實施例中，該矽鐵合金包含在 0.5 至 5 重量百分比之間的 Al。在一具體實施例中，該矽鐵合金包含至多 6 重量百分比之 Mn 及 / 或 Ti 及 / 或 Zr。在一具體實施例中，該矽鐵合金包含小於 1 重量百分比之 Mg。

【0020】在一具體實施例中，元素 Ba、Sr、Zr、Mn、或 Ti 至少之一或其和係以至少 0.1 重量百分比之量存在。

【0021】在一具體實施例中，該接種劑包含在 0.5 至 10 重量百分比之間的粒狀 Sb_2O_3 。

【0022】在一具體實施例中，該接種劑為該粒狀矽鐵合金與粒狀 Sb_2O_3 的摻合物或機械 / 物理混合物之形式。

【0023】在一具體實施例中，該粒狀 Sb_2O_3 係如該粒狀基於矽鐵之合金上的塗層化合物而存在。

【0024】在一具體實施例中，將該粒狀 Sb_2O_3 在黏合劑存在下機械性混合或摻合該粒狀基於矽鐵之合金。

【0025】在一具體實施例中，該接種劑為由該粒狀矽鐵合金與粒狀 Sb_2O_3 的混合物在黏合劑存在下製成的黏聚物之形式。

【0026】在一具體實施例中，該接種劑為由該粒狀矽鐵合金與粒狀 Sb_2O_3 的混合物在黏合劑存在下製成的團塊之形式。

【0027】在一具體實施例中，將該粒狀基於矽鐵之合金與粒狀 Sb_2O_3 分別但同時加入液態鑄鐵中。

【0028】在第二態樣中，本發明關於一種製造本發明接種劑之方法，該方法包含：提供粒狀基本合金，其包含在 40 至 80 重量百分比之間的 Si；0.02-10 重量百分比之 Ca；0-5 重量百分比之 Sr；0-12 重量百分比之 Ba；0-15% 重量百分比之稀土金屬；0-5 重量百分比之 Mg；0-5 重量百分比之 Al；0-10 重量百分比之 Mn；0-10 重量百分比之 Ti；0-10 重量百分比之 Zr，其餘為平常量的 Fe 及附帶雜質，其中元素 Ba、Sr、Zr、Mn、或 Ti 至少之一或其和係以至少 0.05 重量百分比之量存在，及其中該接種劑另外含有按接種劑總重量計的重量比為 0.1 至 15 重量百分比之粒狀 Sb_2O_3 ，而製造該接種劑。

【0029】在該方法之一具體實施例中，將該粒狀 Sb_2O_3 機械性混合或摻合該粒狀基本合金。

【0030】在該方法之一具體實施例中，將該粒狀 Sb_2O_3 在黏合劑存在下機械性混合或摻合該粒狀基本合金。在該方法之一進一步具體實施例中，將該經機械性混合或摻合粒狀基本合金與粒狀 Sb_2O_3 在黏合劑存在下進一步形成黏聚物或團塊。

【0031】在另一態樣中，本發明關於如以上所定義的接種劑在以球墨製造鑄鐵之用途，其係將該接種劑在鑄製之前，在鑄製同時，或作為鑄具中接種劑而加入鑄鐵熔化物。

【0032】在該接種劑之用途之一具體實施例中，將該粒狀基於矽鐵之合金與粒狀 Sb_2O_3 以機械/物理混合物或摻合物加入鑄鐵熔化物中。

【0033】在該接種劑之用途之一具體實施例中，將該粒狀基於矽鐵之合金與粒狀 Sb_2O_3 分別但同時加入鑄鐵熔化物中。

【圖式簡單說明】

【0034】

第 1 圖：顯示實施例 1 中熔化物 AJ 之鑄鐵樣品中結球數密度(每平方毫米之結球數，簡寫為 N/mm^2)的圖表。

第 2 圖：顯示實施例 2 中熔化物 CH 之鑄鐵樣品中結球數密度(每平方毫米之結球數，簡寫為 N/mm^2)的圖表。

【實施方式】

【0035】本發明提供一種用於以球墨製造鑄鐵之高效能接種劑。該接種劑包含 FeSi 基本合金，其中元素 Ba、Sr、Zr、Mn、或 Ti 至少之一或其和係以至少 0.05 重量百分比之量存在，並與粒狀氧化銻(Sb_2O_3)組合。本發明之接種劑易於製造，且易於控制及改變接種劑中的 Sb 量。其避免複雜且昂貴的合金化步驟，且如此可進一步以比含有 Sb 之先行技藝接種劑低的成本製造接種劑。

【0036】在以球墨製造延性鑄鐵之製造過程中，通常在接種處理前將鑄鐵熔化物以結球劑處理，例如使用 MgFeSi 合金。結球處理之目的為當其沈澱及後續生長時，將石墨形式從薄片改變成爲結球。完成的方式爲改

變界面石墨/熔化物的界面能量。已知 Mg 及 Ce 為改變界面能量之元素，且 Mg 比 Ce 更有效。當將 Mg 加入基本鐵熔化物時，其首先與氧及硫反應，且僅「自由鎂」具有結球效果。結球反應劇烈及在熔化物攪動下造成，且其產生在表面上浮動的溶渣。反應的劇烈性生成已在熔化物中的石墨(由原料帶入)及其他夾雜物之大部分晶核形成位置成爲上方溶渣的一部分且被移除。然而，一些在結球處理期間製造的 MgO 與 MgS 夾雜物仍在熔化物中。這些夾雜物因此並非良好的晶核形成位置。

【0037】接種的主要功能爲防止因引入石墨之晶核形成位置而形成碳化物。除了引入晶核形成位置，接種亦藉由在夾雜物上增加一層(具有 Ca、Ba、或 Sr)，而將在結球處理期間形成的 MgO 與 MgS 夾雜物轉變成爲晶核形成位置。

【0038】依照本發明，該粒狀 FeSi 基本合金應包含 40 至 80 重量百分比之 Si。純 FeSi 合金爲弱接種劑，但是爲活性元素之常用合金載體，且在熔化物中分散良好。因此，現有許多種接種劑用之已知 FeSi 合金組成物。FeSi 合金接種劑中的習知合金元素包括 Ca、Ba、Sr、Al、Mg、Zr、Mn、Ti、與 RE(尤其是 Ce 與 La)。合金元素量可改變。通常接種劑被設計成滿足灰口鐵、壓縮及延性鐵製造上的許多不同需求。本發明之接種劑可包含矽含量爲約 40-80 重量百分比之 FeSi 基本合金。合金元素可包含約 0.02-10 重量百分比之 Ca；約 0-5 重量百分比之 Sr；約 0-12 重量百分比之 Ba；約 0-15 重量百分比之稀

土金屬；約 0-5 重量百分比之 Mg；約 0-5 重量百分比之 Al；約 0-10 重量百分比之 Mn；約 0-10 重量百分比之 Ti；約 0-10 重量百分比之 Zr；其餘為平常量的 Fe 及附帶雜質，其中元素 Ba、Sr、Zr、Mn、或 Ti 至少之一或其和係以至少約 0.05 重量百分比之量存在，例如約 0.1 重量百分比。

【0039】FeSi 基本合金可為含有 60 至 80%之矽之高矽合金、或含有 45 至 60%之矽之低矽合金。矽通常存在於鑄鐵合金中，且在鑄鐵中為石墨安定元素，其強迫碳離開溶液及促進石墨形成。FeSi 基本合金應具有在接種劑之習知範圍內的粒度，例如在 0.2 至 6 毫米之間。應注意，較小的 FeSi 合金粒度，如細粒，在本發明中亦適用於製造接種劑。當使用非常小的 FeSi 基本合金粒子時，接種劑可為黏聚物(例如顆粒)或團塊之形式。為了製備本發明接種劑之黏聚物及/或團塊，將 Sb_2O_3 粒子在黏合劑存在下藉機械性混合或摻合與粒狀矽鐵合金混合，繼而依照已知方法黏聚粉末混合物。該黏合劑可為例如矽酸鈉溶液。該黏聚物可為產物大小合適的顆粒，或者可被壓碎及篩濾成所需的最終產物尺寸。

【0040】許多種不同的夾雜物(硫化物、氧化物、氮化物、與矽酸鹽)可以液態形成。第 IIA 族元素(Mg、Ca、Sr、與 Ba)之硫化物及氧化物具有非常類似的晶相及高熔點。已知第 IIA 族元素在液態鐵中形成安定氧化物；因此，已知基於這些元素之接種劑及結球劑為有效的去氧化劑。鈣為最常用於矽鐵接種劑的微量元素。依照本發

明，該粒狀基於 FeSi 之合金包含在約 0.02 至約 10 重量百分比之間的鈣。一些應用希望 FeSi 基本合金中的 Ca 含量低，例如 0.02 至 0.5 重量百分比。在其他應用中，Ca 含量可更高，例如 0.5 至 5 重量百分比。高 Ca 含量可增加熔渣形成，其通常為不欲的。複數種接種劑在 FeSi 合金中包含約 0.5 至 3 重量百分比之 Ca。FeSi 基本合金應包含至多約 5 重量百分比之鋇。0.2-3 重量百分比之 Sr 量一般為合適的。鋇可以至多約 12 重量百分比之量存在於 FeSi 接種劑合金中。已知 Ba 在接種後的熔鐵長時間滯留期間對接種效果衰退產生較佳抗性，及在較大溫度範圍產生較佳效率。許多種 FeSi 合金接種劑包含約 0.1-5 重量百分比之 Ba。如果將鋇結合鈣使用，則兩者可一起作用而產生比等量鈣大的冷硬降低。

【0041】鎂可以至多約 5 重量百分比之量存在於 FeSi 接種劑合金中。然而，因為 Mg 通常為了製造延性鐵而在結球處理中被加入，故接種劑中的 Mg 量可低，例如至多約 0.1 重量百分比。

【0042】FeSi 基本合金可包含至多 15 重量百分比之稀土金屬 (RE)。RE 至少包括 Ce、La、Y 及 / 或混合稀土金屬合金。混合稀土金屬合金為一般包含大約 50% 之 Ce 與 25% 之 La，及少量 Nd 與 Pr 之稀土元素合金。近來經常從混合稀土金屬合金移除較重的稀土金屬，且混合稀土金屬合金的合金組成物可有約 65% 之 Ce 與 35% 之 La，及少量的較重 RE 金屬，如 Nd 與 Pr。添加 RE 經常用以在含有微量元素 (如 Sb、Pb、Bi、Ti 等) 之延性鐵中

回復石墨結球計數及結球力。在一些接種劑中，RE 量為至多 10 重量百分比。過量 RE 可在某些情況導致粗短石墨形成。因此在一些應用中，RE 量應低，例如在 0.1-3 重量百分比之間。該 RE 較佳為 Ce 及/或 La。

【0043】鋁據稱作為冷硬降低劑有強效。為了製造延性鐵，在 FeSi 合金接種劑中 Al 經常組合 Ca。在本發明中，Al 含量應為至多約 5 重量百分比，例如 0.1-5 重量百分比。

【0044】鋯、錳及/或鈦亦經常存在於接種劑中。類似上述元素，Zr、Mn、與 Ti 在石墨之晶核形成過程中扮演重要角色，其假設為在固化期間異質晶核形成的結果所形成。FeSi 基本合金中的 Zr 量可為至多約 10 重量百分比，例如至多 6 重量百分比。FeSi 基本合金中的 Mn 量可為至多約 10 重量百分比，例如至多 6 重量百分比。FeSi 基本合金中的 Ti 量亦可為至多約 10 重量百分比，例如至多 6 重量百分比。

【0045】已知銻具有高接種能力且造成晶核數增加。然而，少量 Sb 存在於熔化物中(亦稱為微量元素)可能降低結球力。此負面影響可使用 Ce 或其他 RE 金屬中和。依照本發明，按接種劑總量計，該粒狀 Sb_2O_3 之量應為 0.1 至 15 重量百分比。在一些具體實施例中， Sb_2O_3 量為 0.5-10 重量百分比。在按接種劑總重量計，當 Sb_2O_3 量為約 0.5 至約 3.5 重量百分比時，亦觀察到良好的結果。 Sb_2O_3 粒子應具有小粒度，即微米大小(例如 10-150 微米)，而造成 Sb_2O_3 粒子在被引入鑄鐵熔化物時非常快速熔化及/或溶解。

【0046】將 Sb 以 Sb_2O_3 粒子之形式加入，而非以 Sb 與 FeSi 合金產生合金，提供許多優點。雖然 Sb 為強力接種劑，但氧對於接種劑性能亦重要。另一優點為接種劑組成物的再現性及撈性良好，因為接種劑中的粒狀 Sb_2O_3 之量及均質性易受控制。以銻通常以 ppm 程度加入之事實，控制接種劑之量及獲得均質的接種劑組成物的重要性為明顯的。添加非均質接種劑會造成鑄鐵中有錯誤的接種元素量。又另一優點為相較於涉及將銻在基於 FeSi 之合金中合金化之方法，接種劑製造更節省成本。

【0047】應了解，FeSi 基本合金的組成物可在定義範圍內改變，且所屬技術領域者已知合金元素量加總為 100%。現有複數種習知基於 FeSi 之接種劑合金，且所屬技術領域者已知在界定限制內如何據此改變 FeSi 基本組成物。

【0048】本發明之接種劑對鑄鐵熔化物之添加率一般為約 0.1 至 0.8 重量百分比。所屬技術領域者可依元素含量調整添加率，例如具有高 Sb 之接種劑一般需要較低的添加率。

【0049】本發明之接種劑係藉由提供具有在此定義的組成物之粒狀 FeSi 基本合金，及將粒狀 Sb_2O_3 加入該粒狀基料，以製造本發明之接種劑而製造。其可將 Sb_2O_3 粒子機械性/物理性混合 FeSi 基本合金粒子。任何適合混合/摻合粒狀及/或粉狀材料之混合器均可使用。混合可在合適的黏合劑存在下實行，然而應注意，有黏合劑並非必要。亦可將 Sb_2O_3 粒子摻合 FeSi 基本合金粒子而

提供均質混合接種劑。將 Sb_2O_3 粒子摻合 FeSi 基本合金粒子可在 FeSi 基本合金粒子上形成安定塗層。然而應注意，將 Sb_2O_3 粒子混合及/或摻合粒狀 FeSi 基本合金，對於得到接種效果並非必備。粒狀 FeSi 基本合金與 Sb_2O_3 粒子可分別但同時加入液態鑄鐵中。該接種劑亦可作為鑄具中接種劑而加入。亦可依照眾所週知的方法，將 FeSi 合金之接種劑粒子與 Sb_2O_3 粒子形成黏聚物或團塊。

【0050】以下實施例顯示，當將該接種劑加入鑄鐵時，將 Sb_2O_3 連同 FeSi 基本合金粒子一起加入造成結球數密度高。高結球計數可降低得到所接種效果所需的接種劑量。

實施例

【0051】所有的測試樣品均針對微結構分析以測定結球密度。微結構係對各試驗依照 ASTM E2567-2016 以拉伸棒檢驗。將粒子限度設為 >10 微米。拉伸樣品為依照 ISO1083-2004 在標準鑄具中的 $\text{Ø}28$ 毫米鑄件，且在使用自動影像分析軟體評估之前依照微結構分析標準方法切割及製備。結球密度(亦示為結球數密度)為每平方毫米之結球數(亦示為結球計數)，簡寫為 N/mm^2 。

實施例 1

【0052】熔化一鑄鐵熔化物-275 公斤之熔化物 AJ，且在有漏斗蓋板之澆桶中以 1.20-1.25 重量百分比之 MgFeSi 結球劑合金組成物處理：46 重量百分比之 Si，4.33 重量百分比之 Mg，0.69 重量百分比之 Ca，0.44 重量百分比之 RE，0.44 重量百分比之 Al，其餘為 Fe 及附

帶雜質。其使用 0.7 重量百分比之鋼片作為蓋板。將熔化物從該處理用澆桶澆注到澆桶。所有的接種劑對各澆桶之添加率均為 0.2 重量百分比。MgFeSi 處理溫度為 1500°C，及澆注溫度為 1380-1352°C。從填充澆桶到澆注的滯留時間對所有的試驗均為 1 分鐘。

【0053】測試接種劑具有 3 種組成物如下的不同矽鐵基本合金：

接種劑 A：74 重量百分比之 Si，2.42 重量百分比之 Ca，1.73 重量百分比之 Zr，1.23 重量百分比之 Al，其餘為平常量的 Fe 及附帶雜質。

接種劑 B：68.2 重量百分比之 Si，0.95 重量百分比之 Ca，0.94 重量百分比之 Ba，0.93 重量百分比之 Al，其餘為平常量的 Fe 及附帶雜質。

接種劑 C：64.4 重量百分比之 Si，1.51 重量百分比之 Ca，0.53 重量百分比之 Ba，4.17 重量百分比之 Zr，3.61 重量百分比之 Mn，1.29 重量百分比之 Al，其餘為平常量的 Fe 及附帶雜質。

【0054】將該基本矽鐵合金粒子(接種劑 A、B、及 C)藉機械性混合以粒狀 Sb_2O_3 塗覆，而到均質混合物。

【0055】用於全部處理之最終鑄鐵化學組成物均為 3.5-3.7 重量百分比之 C、2.3-2.5 重量百分比之 Si、0.29-0.31 重量百分比之 Mn、0.009-0.011 重量百分比之 S、0.04-0.05 重量百分比之 Mg。

【0056】加入 FeSi 基本合金(接種劑 A、B、及 C)之粒狀 Sb_2O_3 的添加量示於表 1。在全部測試中， Sb_2O_3 量為按接種劑總重量計之化合物量。

表 1. 接種劑組成物

	基本接種劑	添加，重量百分比	參照
		Sb ₂ O ₃	
熔化物 AJ	接種劑 A	1.20	接種劑 A+Sb ₂ O ₃
	接種劑 B	1.20	接種劑 B+Sb ₂ O ₃
	接種劑 C	1.20	接種劑 C+Sb ₂ O ₃

【0057】得自熔化物 AJ 接種試驗之鑄鐵的結球密度示於第 1 圖。微結構分析顯示本發明之接種劑(接種劑 A+Sb₂O₃)的結球密度非常高。微結構分析顯示兩種本發明之接種劑(接種劑 B+Sb₂O₃、及接種劑 C+Sb₂O₃)均極適合用於延性鐵接種，且產生高結球密度。

實施例 2

【0058】製造 275 公斤之熔化物，且在有漏斗蓋板之澆桶中以 1.20-1.25 重量百分比之 MgFeSi 結球劑處理。該 MgFeSi 結球合金具有以下組成物(重量比)：4.33 重量百分比之 Mg，0.69 重量百分比之 Ca，0.44 重量百分比之 RE，0.44 重量百分比之 Al，46 重量百分比之 Si，其餘為平常量的鐵及附帶雜質。其使用 0.7 重量百分比之鋼片作為蓋板。所有的接種劑對各澆桶之添加率均為 0.2 重量百分比。結球劑處理溫度為 1500°C，及澆注溫度為 1365-1359°C。從填充澆桶到澆注的滯留時間對所有的試驗均為 1 分鐘。拉伸樣品為在標準鑄具中的 Ø28 毫米鑄件，且在使用自動影像分析軟體評估之前依照標準方法切割及製備。

【0059】該接種劑之基本 FeSi 合金組成物為 74 重量百分比之 Si，1.23 重量百分比之 Al，2.42 重量百分比之

Ca, 1.73 重量百分比之 Zr, 其餘為平常量的鐵及附帶雜質, 在此示為接種劑 A。將表 2 所示量的粒狀氧化銻加入該基本 FeSi 合金粒子(接種劑 A), 及藉機械性混合得到均質混合物。

【0060】最終鐵的化學組成物為 3.84 重量百分比之 C, 2.32 重量百分比之 Si, 0.20 重量百分比之 Mn, 0.017 重量百分比之 S, 0.038 重量百分比之 Mg。

【0061】加入 FeSi 基本合金(接種劑 A)之粒狀 Sb_2O_3 的添加量示於表 2。在全部測試中, Sb_2O_3 量為按接種劑總重量計。

表 2. 接種劑組成物

	基本接種劑	添加, 重量百分比	參照
		Sb_2O_3	
熔化物 CH	接種劑 A	3	接種劑 A+3% Sb_2O_3
	接種劑 A	5	接種劑 A+5% Sb_2O_3
	接種劑 A	8	接種劑 A+8% Sb_2O_3
	接種劑 A	12	接種劑 A+12% Sb_2O_3

【0062】得自熔化物 CH 接種試驗之鑄鐵的結球密度示於第 2 圖。微結構分析顯示本發明之接種劑(接種劑 A+不同量的 Sb_2O_3)均極適合用於延性鐵接種, 且產生高結球密度。

【0063】現已揭述本發明之不同的具體實施例, 可使用帶有此概念之其他具體實施例對所屬技術領域者為明的。以上及在附圖中描述的本發明之這些及其他實施例意圖僅為舉例, 且本發明之實際範圍係由以下申請專利範圍決定。

【符號說明】

無。

申請專利範圍

1. 一種用於以球墨(spheroidal graphite)製造鑄鐵之接種劑，其中該接種劑包含：
由以下組成的粒狀矽鐵合金：
在約 40 至 80 重量百分比之間的 Si；
0.02-10 重量百分比之 Ca；
0-15%重量百分比之稀土金屬；
0-5 重量百分比之 Al；
0-5 重量百分比之 Sr；
0-5 重量百分比之 Mg；
0-12 重量百分比之 Ba；
0-10 重量百分比之 Zr；
0-10 重量百分比之 Ti；
0-10 重量百分比之 Mn，

其中元素 Ba、Sr、Zr、Mn、或 Ti 至少之一或其和係以至少 0.05 重量百分比之量存在，其餘為平常量的 Fe 及附帶雜質，

其中該接種劑另外含有按接種劑總重量計的重量比為 0.1 至 15 重量百分比之粒狀 Sb_2O_3 ，且該接種劑係呈該粒狀矽鐵合金與該粒狀 Sb_2O_3 的摻合物或物理混合物之形式。

2. 一種用於以球墨製造鑄鐵之接種劑，其中該接種劑包含：
由以下組成的粒狀矽鐵合金：
在約 40 至 80 重量百分比之間的 Si；

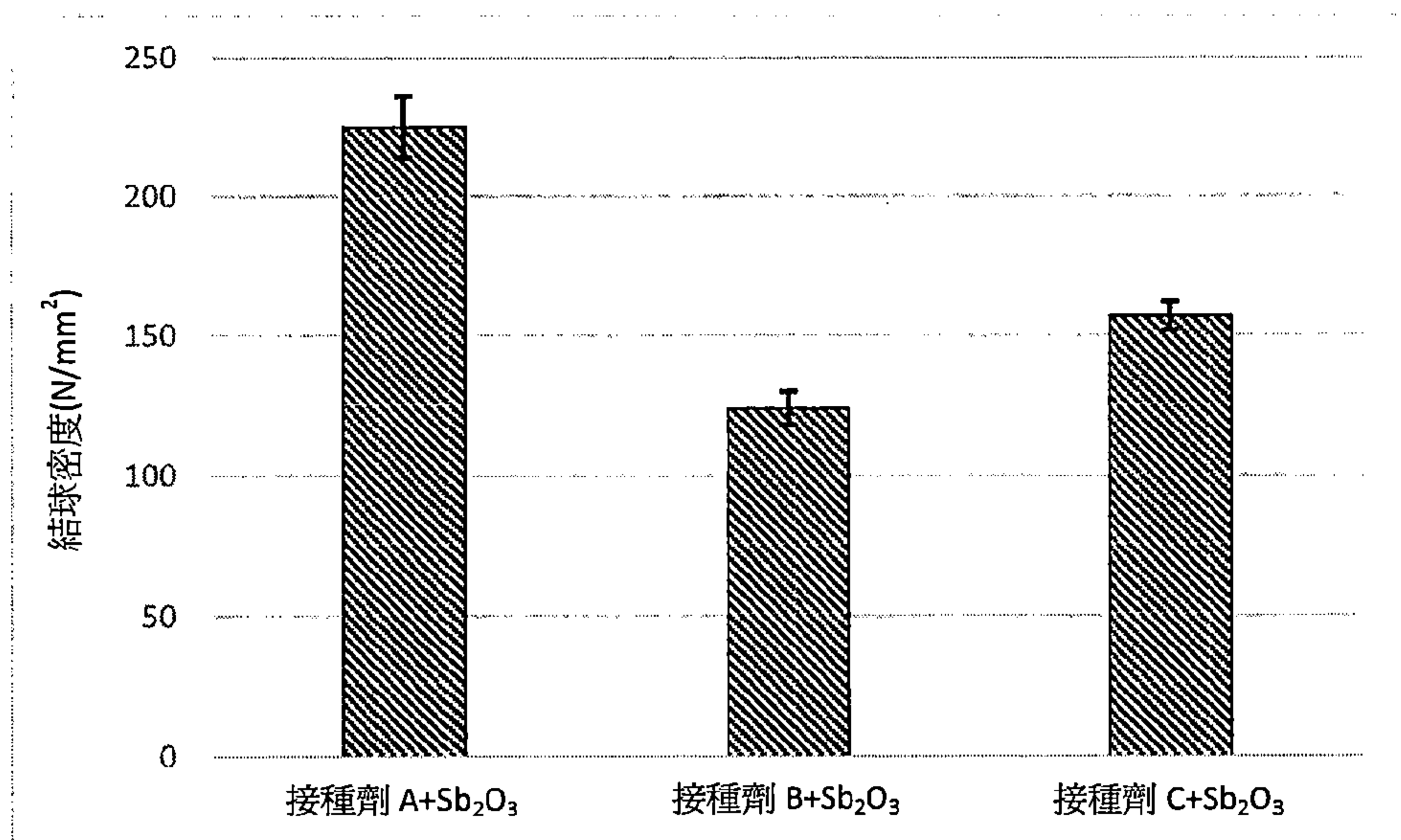
- 0.02-10 重量百分比之 Ca；
- 0-15%重量百分比之稀土金屬；
- 0-5 重量百分比之 Al；
- 0-5 重量百分比之 Sr；
- 0-5 重量百分比之 Mg；
- 0-12 重量百分比之 Ba；
- 0-10 重量百分比之 Zr；
- 0-10 重量百分比之 Ti；
- 0-10 重量百分比之 Mn，

其中元素 Ba、Sr、Zr、Mn、或 Ti 至少之一或其和係以至少 0.05 重量百分比之量存在，其餘為平常量的 Fe 及附帶雜質，

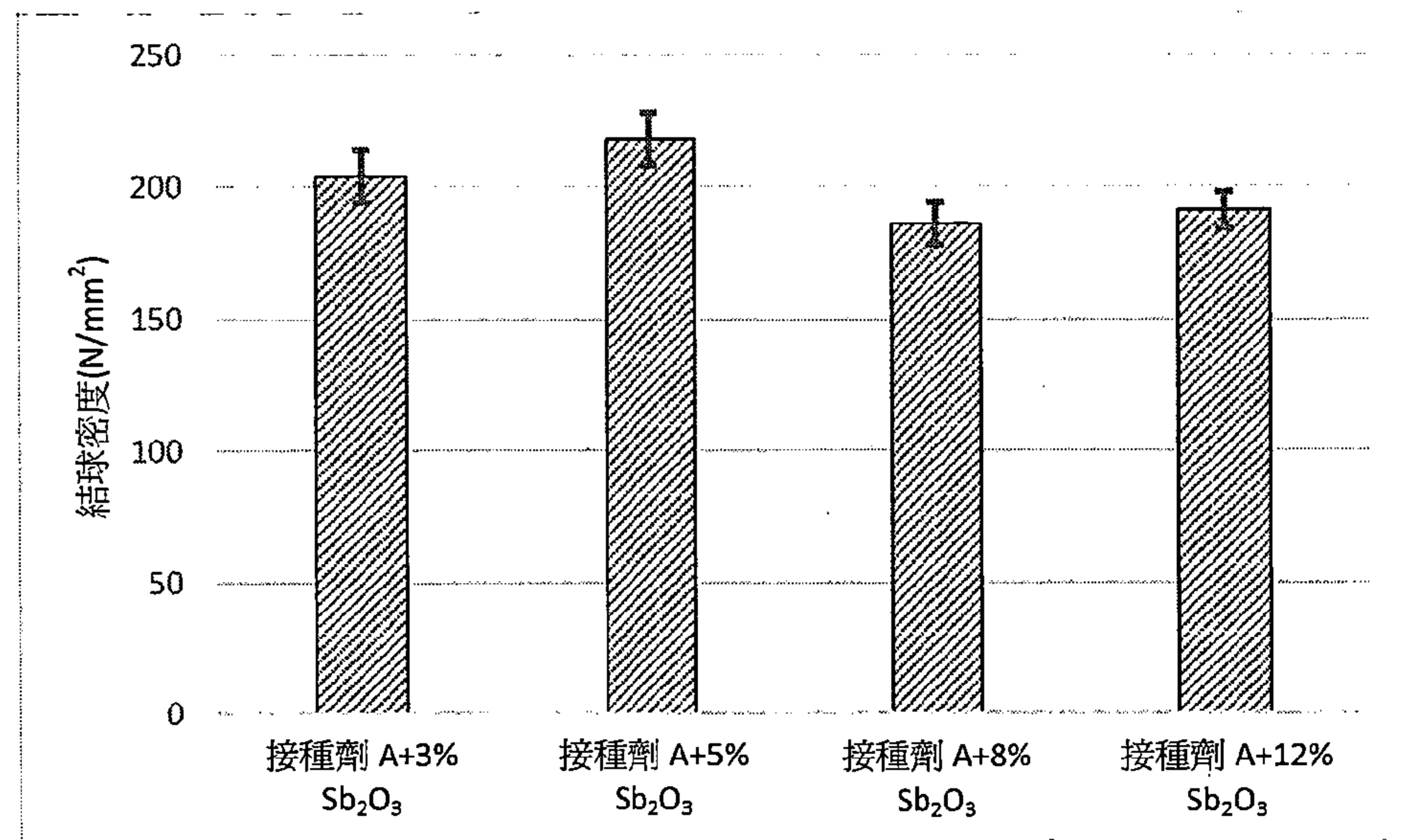
- 其中該接種劑另外含有按接種劑總重量計的重量比為 0.1 至 15 重量百分比之粒狀 Sb_2O_3 ，且將該粒狀矽鐵合金與該粒狀 Sb_2O_3 分別但同時加入液態鑄鐵中。
3. 如請求項 1 或 2 之接種劑，其中該矽鐵合金包含在 45 至 60 重量百分比之間的 Si。
 4. 如請求項 1 或 2 之接種劑，其中該矽鐵合金包含在 60 至 80 重量百分比之間的 Si。
 5. 如請求項 1 或 2 之接種劑，其中該稀土金屬包括 Ce、La、Y 及/或混合稀土金屬合金 (mischmetal)。
 6. 如請求項 1 或 2 之接種劑，其中該接種劑包含 0.5 至 10 重量百分比之粒狀 Sb_2O_3 。
 7. 如請求項 1 之接種劑，其中該粒狀 Sb_2O_3 係以該粒狀矽鐵合金上的塗層化合物而存在。

8. 如請求項 1 之接種劑，其中該接種劑係呈由該粒狀矽鐵合金與該粒狀 Sb_2O_3 的混合物所製成的黏聚物 (agglomerate) 或團塊 (briquette) 之形式。
9. 一種製造如請求項 1-8 中任一項之接種劑之方法，該方法包含：
- 提供由以下所組成的粒狀基本合金：
- 在 40 至 80 重量百分比之間的 Si；
- 0.02-10 重量百分比之 Ca；
- 0-15% 重量百分比之稀土金屬；
- 0-5 重量百分比之 Al；
- 0-5 重量百分比之 Sr；
- 0-5 重量百分比之 Mg；
- 0-12 重量百分比之 Ba；
- 0-10 重量百分比之 Zr；
- 0-10 重量百分比之 Ti；
- 0-10 重量百分比之 Mn；
- 其中元素 Ba、Sr、Zr、Mn、或 Ti 至少之一或其和係以至少 0.05 重量百分比之量存在，其餘為平常量的 Fe 及附帶雜質，及將 0.1 至 15 重量百分比之粒狀 Sb_2O_3 加入該粒狀基本合金，而製造該接種劑。
10. 一種如請求項 1-8 中任一項之接種劑之用途，其係用於以球墨製造鑄鐵，其係將該接種劑在鑄製之前，在鑄製同時，或作為鑄具中接種劑而加入鑄鐵熔化物。

圖式



第 1 圖



第 2 圖