



(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 I706825 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 10 月 11 日

(21)申請案號：108109065

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 11 月 21 日

(51)Int. Cl. : **B23K35/24 (2006.01)****B23K35/40 (2006.01)****B23K9/24 (2006.01)**

(30)優先權：2013/11/21 美國

14/086,758

(71)申請人：美商荷巴特兄弟有限責任公司 (美國) HOBART BROTHERS LLC (US)
美國(72)發明人：艾馬塔 馬力歐安東尼 AMATA, MARIO ANTHONY (US)；邦迪 喬瑟夫 C
BUNDY, JOSEPH C. (US)；巴霍爾斯特 史帝芬愛德華 BARHORST, STEVEN
EDWARD (US)；菲歐瑞 蘇珊雷納塔 FIORE, SUSAN RENATA (US)；鄧肯 戴
瑞 L DUNCAN, DARYL L. (US)

(74)代理人：李世章

(56)參考文獻：

GB 739375A

US 3513289

審查人員：陳榮輝

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：4 共 45 頁

(54)名稱

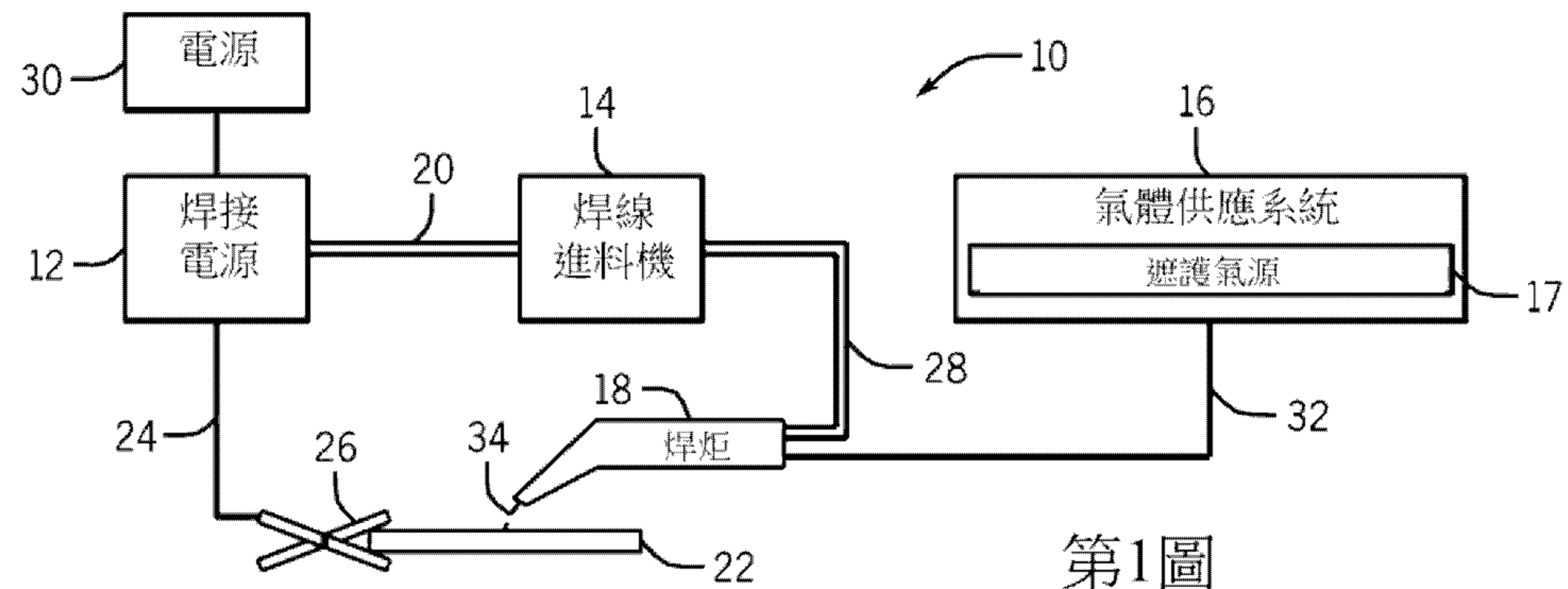
製造焊接電極的方法

(57)摘要

本發明大體而言係關於焊接，而且更具體言之，係關於用於電弧焊接的焊線，該電弧焊接例如氣體金屬電弧焊接(Gas Metal Arc Welding,GMAW)或焊劑芯材電弧焊接(Flux Core Arc Welding,FCAW)。在一個實施例中，一種管狀焊線包括護套及芯材。該管狀焊線設以在結構鋼工件上形成焊接沉積物，其中該焊接沉積物包括少於約 2.5 重量%的錳。

The invention relates generally to welding and, more specifically, to welding wires for arc welding, such as Gas Metal Arc Welding (GMAW) or Flux Core Arc Welding (FCAW). In one embodiment, a tubular welding wire includes a sheath and a core. The tubular welding wire is configured to form a weld deposit on a structural steel workpiece, wherein the weld deposit includes less than approximately 2.5% manganese by weight.

指定代表圖：



符號簡單說明：

10:焊接系統

12 . . . 焊接電源

14 . . . 焊線進料機

16 . . . 氣體供應系統

17 . . . 遮護氣源

18 . . . 焊炬

20 . . . 電纜束

22 . . . 工件

24 . . . 引線電纜

26 . . . 夾鉗

28 . . . 電纜束

30 . . . 交流電源

32 . . . 氣體管道

34 . . . 電弧



I706825

【發明摘要】

【中文發明名稱】 製造焊接電極的方法

【英文發明名稱】 METHOD OF MANUFACTURING WELDING ELECTRODE

【中文】

本發明大體而言係關於焊接，而且更具體言之，係關於用於電弧焊接的焊線，該電弧焊接例如氣體金屬電弧焊接（Gas Metal Arc Welding, GMAW）或焊劑芯材電弧焊接（Flux Core Arc Welding, FCAW）。在一個實施例中，一種管狀焊線包括護套及芯材。該管狀焊線設以在結構鋼工件上形成焊接沉積物，其中該焊接沉積物包括少於約2.5重量%的錳。

【英文】

The invention relates generally to welding and, more specifically, to welding wires for arc welding, such as Gas Metal Arc Welding (GMAW) or Flux Core Arc Welding (FCAW). In one embodiment, a tubular welding wire includes a sheath and a core. The tubular welding wire is configured to form a weld deposit on a structural steel workpiece, wherein the weld deposit includes less than approximately 2.5% manganese by weight.

【指定代表圖】 第（ 1 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

1 0 焊 接 系 統

- 1 2 焊 接 電 源
- 1 4 焊 線 進 料 機
- 1 6 氣 體 供 應 系 統
- 1 7 遮 護 氣 源
- 1 8 焊 炬
- 2 0 電 纜 束
- 2 2 工 件
- 2 4 引 線 電 纜
- 2 6 夾 鉗
- 2 8 電 纜 束
- 3 0 交 流 電 源
- 3 2 氣 體 管 道
- 3 4 電 弧

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】製造焊接電極的方法

【英文發明名稱】METHOD OF MANUFACTURING WELDING ELECTRODE

【技術領域】

【0001】 本申請案為2013年3月15日提出申請、標題為「用於低錳焊線之系統及方法（SYSTEMS AND METHODS FOR LOW-MANGANESE WELDING WIRE）」的美國專利申請案第13/840,614號之部分連續申請案，第13/840,614號申請案為2012年3月24日提出申請、標題為「用於低錳焊線之系統及方法（SYSTEMS AND METHODS FOR LOW-MANGANESE WELDING WIRE）」的美國臨時專利申請案第61/651,279號之非臨時專利申請案，為了所有的目的將該二申請案以引用方式全部併入本文中。

【0002】 本發明大體而言係關於焊接，而且更具體言之，係關於用於電弧焊接的電極，該電弧焊接例如氣體金屬電弧焊接（Gas Metal Arc Welding, GMAW）或焊劑芯材電弧焊接（Flux Core Arc Welding, FCAW）。

【先前技術】

【0003】 焊接是一種已經在各行業的各種應用中普遍存在的製程。例如，焊接時常被用於諸如船舶製造、海上

平台、建築、管銑床、等等的應用。某些焊接技術（例如氣體金屬電弧焊接（GMAW）、氣體遮護焊劑芯材電弧焊接（FCAW-G）、自遮護焊劑芯材電弧焊接（FCAW-S）、及潛弧焊接（SAW））通常採用形式為焊線的焊接電極。焊線通常可以提供用於焊接的填料金屬供應以及在焊接製程的過程中提供電流的通路。

【發明內容】

【0004】 在一個實施例中，一種管狀焊線包括護套及芯材。該管狀焊線設以在結構鋼工件上形成焊接沉積物，其中該焊接沉積物包括少於約2.5重量%的錳。

【0005】 在另一個實施例中，一種方法包括以下步驟：使用焊接電極在結構鋼工件上形成焊接沉積物。另外，該焊接沉積物包括少於約2.5重量%的錳含量並包括少於約5重量%的鎳含量。

【0006】 在另一個實施例中，一種製造焊接電極的方法包括以下步驟：在金屬護套內配置粒狀芯材以形成該焊接電極。此外，該焊接電極包括少於約3.5重量%的錳並包括介於約0.08和0.3之間的碳當量（CE）。

【圖式簡單說明】

【0007】 當參照附圖閱讀以下的實施方式時，本發明的這些和其它特徵、態樣、及優點將變得更好理解，其中在所有圖式中類似的字符表示類似的部件，其中：

【0008】 第1圖為依據本揭示之實施例的氣體金屬電弧焊接（GMAW）系統之方塊圖；

【0009】 第2圖為依據本揭示之實施例的管狀焊線之剖面圖；

【0010】 第3圖為依據本揭示之實施例可以使用管狀焊線來焊接工件的流程圖；以及

【0011】 第4圖為依據本揭示之實施例用於製造管狀焊線的流程圖。

【實施方式】

【0012】 將在下面描述本揭示的一個或更多個具體實施例。在提供這些實施例之簡明敘述的努力中，可以不在說明書中描述實際實施方案的所有特徵。應當理解的是，在任何這種實際實施方案的開發中，如在任何的工程或設計專案中，必須做出許多實施方案特定的決定，以實現開發者的特定目標，例如符合可能因實施方案而異的系統相關和商業相關約束。此外，應當理解的是，這種開發的努力可能是複雜且耗時的，但對於所屬技術領域中具有通常知識者在得到本揭示之益處後而言，仍會是例行的設計、製造、及生產任務。

【0013】 當介紹本揭示的各種實施例之元件時，冠詞「一」及「該」意圖表示存在一個或更多個元件。術語「包含」、「包括」、及「具有」意圖為包括性的並且表示除了列出的元件之外可以存在其它的元件。應當理解的是，本文所使用的術語「管狀焊接電極」或「管狀焊線」可以指任何具有金屬護套和粒狀或粉狀芯材的焊線或電極，例如以金屬為芯或以焊劑為芯的焊接電極。應當理解的是，

本文使用的術語「管狀」可以包括各種形狀的焊線，包括圓形、橢圓形、方形、多邊形、或任何其它適當的形狀。

【0014】 某些類型的焊線（例如管狀焊線）可以包括一個或更多個通常可能改變焊接製程及/或所得焊接點性質的元件（例如焊劑、電弧穩定劑、或其它的添加劑）。例如，金紅石是一種主要由二氧化鈦（ TiO_2 ）組成的礦物，金紅石可能還包括鐵（ Fe ）、鈮（ Nb ）、鉭（ Ta ）、釩（ V ）的化合物及/或其它雜質。此外，金紅石可以被包括在某些類型的焊線中，例如 T-1 焊線（例如，AWS A5.20 EXXT-1、A5.29 EXXT1-YY、A5.36 EXXT-1、及 EXXT1-YY）。舉進一步的實例來說，某些類型的焊線可以包括大量的錳（ Mn ）（例如大於 3.5 重量%），以用作脫氧劑及/或用於生成焊接點的合金化金屬。亦即，此錳含量可與焊接環境附近的氧反應，以形成錳的氧化物（例如氧化錳（ MnO ）及/或二氧化錳（ MnO_2 ）），該等錳的氧化物流入熔渣及/或轉移到焊接池而被摻入焊接金屬中成為所得焊接點內的夾雜物。一般來說，錳可以與某些金屬（例如鋼）形成合金，以提供改良的強度、延展性、及韌性。在某些環境中，錳可以作為脫氧劑與氧（例如來自大氣）反應，以阻止（例如限制或防止）該氧殘留在焊接沉積物中。同樣地，錳可以與焊接環境中的硫反應並將該硫去除。此外，焊線中的錳可以有助於控制焊接熔池（例如藉由改良工件的潤濕）。

【0015】 儘管有這些影響，然而在某些情況下這對於利用低錳焊線可能是理想的。例如，具有低錳含量（例如少於3.5重量%、少於3重量%、少於2.5重量%、少於2重量%、少於1.5重量%、少於1重量%、少於0.5重量%、少於0.35重量%、或少於0.25重量%的錳）的焊線在焊接操作期間可能只揮發少量的錳。因此，本揭示係針對用於具有低錳含量的焊線的系統和方法，該具有低錳含量的焊線可被用於生產具有低錳含量（例如少於約2.5重量%、少於約2重量%、少於約1.5重量%、少於約1重量%、少於約0.5重量%、少於約0.4重量%、或少於0.3重量%的錳）的焊接點，同時在焊接結構鋼（例如軟鋼、低合金鋼、碳鋼、或其它適當的結構鋼）工件時仍提供適當的焊接性質（例如拉伸強度、延展性、韌性等等）。換句話說，目前揭示的焊線在焊接結構鋼時通常可保持焊接品質（例如焊接點具有合理水平的夾雜物、良好的強度、及/或良好的韌性），儘管產生的焊接沉積物中的錳含量是減少的。

【0016】 在某些實施例中，所揭示的焊線至少部分地通過純化的、凝聚的二氧化鈦成分的使用來實現上述的焊接性質和焊接品質，儘管錳含量是低的。例如，某些目前揭示的管狀焊線實施例之粒狀芯材可以包括已與黏結劑及/或乾燥劑（例如矽酸鈉、矽酸鉀、氟化鋰、及/或其它的黏結劑或乾燥劑）凝聚的顏料級 TiO_2 。此外，目前揭示的焊線之某些實施例可以包括高水平的脫氧劑（例如銨、鋁、鎂、矽、及/或其它適當的脫氧劑），以廣泛地遏止

(例如阻止)氧摻入焊接金屬中。因此，如以下所闡述的，目前揭示的管狀焊線使具有相對低錳含量(例如通常少於約2.5重量%)的焊接沉積物形成在結構鋼工件上，同時仍然得到良好的焊接性質(例如拉伸強度、延展性、韌性等等)。

【0017】 此外，在焊接操作的過程中，所揭示的管狀焊線使焊珠平滑地潤濕進入側壁，從而形成具有優異韌性且對基材有優異匹配強度的焊接沉積物。也就是說，所揭示的管狀焊線使焊接機能夠複製在結構鋼工件上的合格接合程序之強度、延展性、韌性及硬度規格，從而使焊接機獲得X射線品質的焊接點。所揭示的管狀焊線之某些實施例還能夠產生易於去除的熔渣(例如接近自去除的熔渣)，以便於工件的清洗和預繪圖準備。當使用高氬氣/二氧化碳遮護氣體混合物時，所揭示的管狀焊線能夠進行幾乎無飛濺的焊接操作。遮護氣體混合物的相對低氧化可能性及所揭示的焊接系統之蒸汽壓控制使得開弧半自動焊接製程的煙塵產生率非常低。此降低的煙塵率增強了電弧的清晰度，使焊接者可發揮自己的最高技術水平。此外，對某些實施例來說，粒狀芯材配方中不存在錳金屬粉末可以明顯減少這些焊接煙塵中的錳濃度。也就是說，在某些實施例中，與其它的焊接電極相比，所揭示的管狀焊線中消耗的每磅焊接電極能夠有明顯較低的錳煙塵排放率。

【0018】 來到圖式，第1圖圖示依據本揭示利用管狀焊線的氣體金屬電弧焊接（GMAW）系統10之實施例。應當理解的是，雖然本討論可以特別聚焦於第1圖圖示的GMAW系統10上，但目前揭示的焊線仍可有益於使用焊線的一些不同焊接製程（例如FCAW-S、FCAW-G、GTAW、SAW、或類似的焊接製程）。焊接系統10包括焊接電源12、焊線進料機14、氣體供應系統16、及焊炬18。焊接電源12通常供電到焊接系統10，而且可以經由電纜束20被耦接到焊線進料機14。也可以使用具有夾鉗26的引線電纜24來將焊接電源12耦接到工件22。在圖示的實施例中，焊線進料機14經由電纜束28被耦接到焊炬18，以在焊接系統10的操作期間供應可消耗的管狀焊線（例如焊接電極）和電力到焊炬18。在另一個實施例中，焊接電源12可以耦接並直接供電到焊炬18。

【0019】 焊接電源12通常可以包括從交流電源30（例如AC功率網、引擎/發電機組、或上述之組合）接收輸入功率、調整輸入功率、及經由電纜20提供DC或AC輸出功率的功率轉換電路。例如，在某些實施例中，電源30可以是恆定電壓（CV）電源30。依據焊接系統10的需求，焊接電源12可以供電給焊線進料機14，焊線進料機14接著供電給焊炬18。終止於夾鉗26的引線電纜24將焊接電源12耦接到工件22，以封閉焊接電源12、工件22及焊炬18之間的電路。焊接電源12可以包括能夠將AC輸入功率轉換為直流電極正（DCEP）輸出、直流電極負（DCEN）

輸出、DC可變極性、脈衝DC、或可變平衡（例如平衡或不平衡的）AC輸出的電路元件（例如變壓器、整流器、開關等等），如由焊接系統10的需求所指定的。應當理解的是，目前揭示的管狀焊線可以使用於多種不同電力配置的焊接製程進行改良（例如改良的電弧穩定性及/或改良的焊接品質）。

【0020】圖示的焊接系統10包括氣體供應系統16，氣體供應系統16供應來自一個或更多個遮護氣源17的遮護氣體或遮護氣體混合物到焊炬18。在繪示的實施例中，氣體供應系統16經由氣體管道32被直接耦接到焊炬18。在另一個實施例中，氣體供應系統16可改為被耦接到線進料機14，而且線進料機14可以調節來自氣體供應系統16到焊炬18的氣體流動。在其它的實施例中，例如某些不依賴外部供應的遮護氣體的FCAW-S和SAW系統，焊接系統10可以不包括氣體供應系統16。本文所使用的遮護氣體可以指可被提供到電弧及/或焊接池以提供特定的局部氛圍（例如用以遮護電弧、改良電弧穩定性、限制金屬氧化物形成、改良金屬表面的潤濕、改變焊接沉積物的化學性質等等）的任何氣體或氣體（例如惰性或活性氣體）混合物。

【0021】在某些實施例中，遮護氣流可以是遮護氣體或遮護氣體混合物（例如氬氣（Ar）、氦氣（He）、二氧化碳（CO₂）、氧氣（O₂）、氮氣（N₂）、氫氣（H₂）、類似的適當遮護氣體、或上述氣體之任意混合物）。例如，

遮護氣流（例如經由氣體管道32遞送）可以包括Ar、CO₂、Ar/CO₂混合物（例如75%的Ar和25%的CO₂、90%的Ar和10%的CO₂、95%的Ar和5%的CO₂等等）、Ar/CO₂/O₂混合物、Ar/He混合物等等。另外，可以理解的是，如下面詳細闡述的，某些遮護氣體（例如某些Ar/CO₂混合物，諸如90% Ar/10% CO₂）可以減少焊接操作期間可能產生的全體焊接煙塵量。例如，在某些實施例中，遮護氣流可以包括在約0%和100%之間的CO₂，並且遮護氣流的其餘部分為氬氣、氮氣、或另一種適當的氣體。在某些實施例中，包括三種或更多種氣體（例如三混合）的遮護氣流也被構思中。另外，在某些實施例中，遮護氣體混合物可以被以約35立方英尺每小時（cfh）至約55 cfh（例如約40 cfh）的速率提供到電弧。

【0022】 因此，圖示的焊炬18通常接收來自焊線進料機14的管狀焊線、來自焊接電源12的電力、以及來自氣體供應系統16的遮護氣流，以執行工件22的GMAW。在某些實施例中，焊線進料機14可以是恆定速度的焊線進料機14。在操作過程中，焊炬18可以被帶到工件22附近，使得電弧34可以被形成在消耗式焊接電極（即離開焊炬18之接觸尖端的焊線）和工件22之間。在某些實施例中，焊炬18和焊線進料機14可以被設置成提供約0.75英吋和約1英吋之間的近乎恆定接觸尖端到工件距離。另外，如下面所討論的，藉由控制管狀焊線的組成，所得焊接點的化學和機械性質可以被改變。例如，管狀焊線可以

包括脫氧成分，以與來自焊接環境的不良物種反應並去除該不良物種（例如氧、金屬氧化物、或其它不良的氧物種）。在某些實施例中，管狀焊線可以進一步包括合金化成分，以貢獻物種（例如銅、鉬、矽、碳、或其它適當的合金化成分）到焊接池，從而影響焊接點的機械性質（例如強度和韌性）。此外，管狀焊線的某些成分也可以在電弧 34 附近提供附加的遮護氛圍、影響電弧 34 的轉移性質、以及清潔工件 22 的表面等等。

【0023】 本揭示焊線的實施例之剖面被圖示於第 2 圖。第 2 圖圖示具有金屬護套 52 的管狀焊線 50（例如焊接電極 50），金屬護套 52 封裝粒狀或粉末狀芯材 54，芯材 54 也可被稱為填充物。金屬護套 52 可以由任何適當的金屬或合金（例如低碳鋼、低合金鋼、或其它適當的金屬或合金）製造。在某些實施例中，金屬護套 52 可以提供約 70% 至約 90% 的管狀焊線 50 總重量。金屬護套 52 可以包括添加劑或雜質（例如鐵氧化物、碳、錳、矽、鎳或類似的化合物或元素），可以選擇該添加劑或雜質以提供管狀焊線 50 以及焊珠所需的性質。例如，管狀焊線 50 的某些實施例可以包括具有少於約 0.02 重量% 碳的金屬護套 52。在其它的實施例中，金屬護套 52 可以包括約 0.02 重量% 和約 0.16 重量% 之間的碳。

【0024】 此外，在某些實施例中，管狀焊線 50 的金屬護套 52 可以包括相對低的錳含量。在某些實施例中，金屬護套 52 中可以存在的錳量可以介於約 0.01 重量% 和約

0.5 重量 % 之間（例如約 0.35 重量 % 或約 0.26 重量 %），而粒狀芯材 54 可以完全不含或實質上不含錳（例如包括很少或沒有金屬錳及 / 或包括很少或沒有錳化合物）。例如，在某些實施例中，粒狀芯材 54 可以包括少於 0.1 重量 %、少於 0.05 重量 %、少於 0.04 重量 %、少於 0.03 重量 %、少於 0.02 重量 %、少於 0.01 重量 %、或約 0 重量 %（例如沒有或只有微量雜質的量）的錳。如此一來，數種目前揭示的管狀焊線實施例具有少於約 3.5 重量 %、少於約 3 重量 %、少於約 2.5 重量 %、少於約 2 重量 %、少於約 1.5 重量 %、少於約 1 重量 %、少於約 0.5 重量 %、少於約 0.4 重量 %、少於約 0.35 重量 %、少於約 0.2 重量 %、少於約 0.1 重量 %、少於約 0.05 重量 %、少於約 0.04 %、或少於約 0.03 重量 % 的錳含量（例如錳金屬或合金、或錳化合物、或上述兩者）。另外，在某些實施例中，金屬護套 52 可以完全不含或實質上不含（例如沒有或只有微量雜質的量）錳合金，金屬護套 52 可以提供完全不含或實質上不含錳金屬及 / 或錳化合物（例如氧化錳）的管狀焊線 50。

【0025】 圖示的管狀焊線 50 之粒狀芯材 54 通常可以是壓實的粉末，如以下所討論的，該粉末之組成包括各種的成分，其中每一種成分都可以在焊接製程的過程中充當作為合金成分、電弧穩定劑、熔渣形成成分、脫氧劑、及 / 或填充物中之至少一個角色。粒狀芯材 54 的這些成分可以均勻或不均勻地（例如處於團塊或團簇 56）位在粒狀

芯材 54 內。在某些實施例中，粒狀芯材 54 可以提供介於約 10 % 和約 30 % 之間的管狀焊線 50 總重量。此外，如以下詳細討論的，在某些實施例中，一種或更多種成分（例如某些電弧穩定劑及 / 或熔渣形成成分）可被製備並包括在粒狀芯材 54 中作為凝聚物（例如被燒結及 / 或形成熔塊）。應當注意的是，本文所使用的術語「凝聚物」或「熔塊」是指已在煅燒爐或烘箱中被燒製或加熱使得混合物的成分處於彼此緊密接觸的化合物混合物。應當理解的是，凝聚物或熔塊可以具有微妙的或與用以形成凝聚物的混合物之個別成分實質上不同的化學及 / 或物理性質。例如，凝聚物通常可以比相同成分的非凝聚形式更適用於焊接環境（例如乾燥機及 / 或更好的粉末流量）。

【0026】 以下將管狀焊線 50 的各種實施例列於表 1、表 2 及表 3。更具體言之，表 1 包括用於目前揭示的管狀焊線 50 的粒狀芯材 54 之 12 個示例性配方（例如 E1 - E14）的非限制性列表。表 2 包括基於表 1 所列成分的粒狀芯材 54 的每個示例性配方（E1 - E14）之計算的化學組成。此外，表 3 包括使用表 1 所列的某些焊線實施例形成的焊接沉積物之化學和機械分析結果。可以理解的是，焊線實施例 E1 - E14 可以依據（例如可以至少部分符合）一種或更多種 AWS 標準（例如 AWS A5.20、A5.29、或 A5.36）來分類。可以進一步理解的是，這些 AWS 標準允許組成有某些變化，其中與標準有差異的焊線（例如擁有較低的錳含量，如目前揭示的）可以接受 G 型分類。例如，在某

些實施例中，E 1 可以被分類於 AWS A 5.20 E 7 1 T - 1 C ； E 2 可以被分類於 AWS A 5.20 E 7 1 T - 1 M ； E 3 和 E 9 可以被分類於 AWS A 5.29 E 7 1 T 1 - N i 1 C (G) ； E 4 和 E 1 0 可以被分類於 AWS A 5.29 E 7 1 T 1 - N i 1 M (G) ； E 5 可以被分類於 AWS A 5.29 E 8 1 T 1 - N I C ； E 6 可以被分類於 AWS A 5.29 E 8 1 T 1 - N i 1 M ； E 7 可以被分類於 AWS A 5.29 E 8 1 T 1 - K 2 C (G) ； E 8 可以被分類於 AWS A 5.29 E 8 1 T 1 - K 2 M (G) ； E 1 1 和 E 1 2 可以被分類於 AWS A 5.20 E 7 1 T - G H 8 ；以及 E 1 3 和 E 1 4 可以被分類於 AWS A 5.29 E 7 0 T 1 - G M 、 AWS A 5.36 E 7 0 T - M 2 0 A 4 - G - H 8 、 AWS A 5.36 E 7 0 T - M 2 1 A 4 - G - H 8 、 AWS A 5.29 E 7 1 T 1 - G M 、 AWS A 5.36 E 7 1 T - M 2 0 A 6 - G - H 8 或 AWS A 5.36 E 7 1 T - M 2 1 A 6 - G - H 8 。可以理解的是，這些分類只是被提供作為實例，並且無限制之意圖。

【 0 0 2 7 】 至於表 1 的實施例 E 1 - E 8 ，金屬護套 5 2 可以佔管狀焊線 5 0 重量的約 8 4 % ，而其餘約 1 6 % 的管狀焊線重量可以由粒狀芯材 5 4 所貢獻。至於表 1 的實施例 E 9 - E 1 2 和 E 1 4 ，金屬護套 5 2 可以佔管狀焊線 5 0 重量的約 8 5 % ，而其餘的約 1 5 % 可以由粒狀芯材 5 4 所貢獻。至於表 1 的實施例 E 1 3 ，金屬護套 5 2 可以佔管狀焊線 5 0 重量的約 7 5 % ，而其餘的約 2 5 % 可以由粒狀芯材 5 4 所貢獻。可以理解的是，與具有較少芯材裝載（例如粒狀芯材 5 4 的貢獻少於 1 6 % ）的焊線相比，具有較高填充率的管

狀焊線 50 實施例（例如粒狀芯材 54 貢獻大於 16 % 或介於約 16 % 和約 35 % 之間的管狀焊線 50 重量）在給定的線進料速度 50 下可以得到較少的電流及 / 或在給定的電流下能夠得到較高的熔化率。如此一來，在某些實施例中，由於焊接煙塵可以以正比於施加電功率的速率產生，故當與具有較低芯材裝載量的管狀焊線 50 相比時，具有較高芯材裝載量的管狀焊線 50 可以同時得到較低的功率消耗和較少的焊接煙塵（例如在相等的熔化速率下）。

【0028】 另外，對於實施例 E1 - E14，金屬護套 52 可以包括介於約 0.3 重量 % 和約 0.4 重量 % 之間（例如約 0.35 重量 %）的錳。應當理解的是，雖然表 1 的每個成分可以被列出作為提供特定的目的（例如作為合金劑、電弧穩定劑、熔渣形成劑、脫氧劑、或填充劑），但實際上每個成分可以在焊接製程中扮演超過一種角色。亦即，舉例來說，由凝聚的二氧化鈦及 / 或金紅石粉末提供到焊接環境的 TiO_2 除了有助於熔渣形成之外，實際上還可以提供電弧 34 穩定性。舉進一步的實例來說，某些脫氧成分（例如鋁、鎂及 / 或銦）可以與來自焊接氛圍的氧強烈鍵結，有時則與氮強烈鍵結，並在焊珠周圍形成至少一部分熔渣。同樣地，某些脫氧成分也可以與硫強烈鍵結，硫可能來自於工件或來自於焊接耗材（例如作為金屬護套 52 中的雜質或粒狀芯材 54 的成分）。因此，應當理解的是，這些成分可以在不改變本發明之下以其它方式分類（例如作為電弧穩定劑、熔渣形成成分、及 / 或脫氧劑）。

作用	成分	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
合金化	鐵-鋁金屬粉末	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	鎳粉末	2.5	2.5	5.2	6.2	5.5	5.5	11.5	10.5	6.8	6.3	9.0	9.0	6.4	9.3
	銅粉末	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	高碳鐵粉末	10.0	2.0	0.0	2.0	9.0	9.0	10.0	7.5	2.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0
電弧穩定	氧化鐵	0.0	3.5	0.0	7.0	0.0	3.5	0.0	3.5	0.0	7.5	7.5	4.1	3.1	2.5
	氟矽酸鉀	1.1	0.0	1.1	0.0	1.1	0.0	1.1	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	鈦酸鈉熔塊	9.0	11.0	9.0	11.0	9.0	11.0	9.0	11.0	9.6	11.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	鈦酸鈉熔塊（顏料級 TiO ₂ ）	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.7	0.0	0.0	11.7
熔渣形成	氧化鋰凝聚物	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0
	金紅石粉末	5.0	0.0	5.0	0.0	5.0	0.0	5.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	氧化錳粉末	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	凝聚的二氧化鈦	42.3	43.0	42.3	43.0	42.3	43.0	42.3	43.0	45.1	45.8	45.7	55.3	27.7	45.7
脫氧	氧化錳熔塊	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	2.5
	錳粉末	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	鋁-鋇金屬粉末	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.1	1.1	0.0	0.0
	鐵-鋇-矽粉末	8.7	4.5	8.7	4.5	9.3	4.5	9.3	4.5	8.3	5.3	3.1	3.1	4.7	5.9
	鋁-錳金屬粉末	3.8	4.3	3.8	4.3	3.7	4.3	3.7	4.3	3.3	4.3	3.7	3.7	0.0	0.0
	鋁粉末	0.0	0.6	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.1
	鐵-矽金屬粉末	0.0	4.7	0.0	4.7	0.0	6.0	0.0	4.7	0.0	4.1	0.0	0.0	1.4	3.3
	鈣矽粉末	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	3.5	0.0	1.0

表 1. 實施例 E1-E14 的管狀焊線 50 之粒狀芯材 54 的示例性配方。值為相對於粒狀芯材 54 之總重量的重量百分比。另外，此表並非詳盡的，因此，每種成分的量加總可能不是一。

化學名稱	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
鋁 (Al)	2.13	2.77	2.13	2.76	1.85	2.18	1.85	2.17	2.11	2.16	2.42	2.42	0.70	1.62
碳 (C)	0.43	0.11	0.06	0.11	0.39	0.36	0.43	0.31	0.13	0.17	0.06	0.06	0.07	0.05
銅 (Cu)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
鐵 (Fe)	27.04	24.91	24.76	21.46	23.22	19.14	18.14	17.29	19.63	17.46	15.20	15.20	53.55	18.03
鎂 (Mg)	2.40	2.15	2.40	2.15	2.35	2.16	2.35	2.16	2.54	2.14	1.84	1.84	0.00	0.50
錳 (Mn)	0.03	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.04	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
鉬 (Mo)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
鎳 (Ni)	2.49	2.50	5.18	6.17	5.48	5.51	11.46	10.51	6.77	6.27	8.96	8.96	6.37	9.25
矽 (Si)	4.46	4.60	4.44	4.58	4.76	5.26	4.76	4.61	4.23	4.70	3.65	3.65	3.07	5.19
鋯 (Zr)	3.62	1.73	3.62	1.73	3.57	1.74	3.57	1.73	3.73	2.04	1.78	1.78	1.80	2.27
含鐵氧化物 (Fe _x O _y)	0.00	3.52	0.00	7.00	0.00	3.52	0.00	3.52	0.00	7.50	7.50	7.49	3.15	2.54
氧化錳 (MnO)	0.00	3.30	0.00	0.00	0.00	4.13	0.00	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38	1.28
氧化鉀 (K ₂ O)	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.38	0.38	0.38	0.46	0.23	0.38
氧化鈉 (Na ₂ O)	1.55	1.81	1.55	1.79	1.55	1.81	1.55	1.80	1.65	1.91	1.91	0.65	0.32	1.91
二氧化矽 (SiO ₂)	2.80	3.07	2.80	2.95	2.80	3.11	2.80	3.07	2.98	3.14	3.13	4.06	2.72	4.26
二氧化鈦 (TiO ₂)	50.81	48.32	50.81	48.11	50.81	48.38	50.81	48.35	53.78	51.20	51.11	50.16	25.13	51.11
氟化鋰 (LiF)	0.81	0.82	0.81	0.82	0.81	0.82	0.81	0.82	0.86	0.87	0.87	1.05	0.53	0.87
氟矽酸鉀 (K ₂ SiF ₆)	1.10	0.00	1.10	0.00	1.10	0.00	1.10	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
鈣	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.00	0.29
氧化鋰	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03	0.00	0.00

表 2. 基於表 1 所列成分的粒狀芯材 54 的每個示例性配方 (E1-E14) 之計算的化學組成。值為相對於粒狀芯材 54 之總重量的重量百分比。另外，此表並非詳盡的，因此，每種組分的量加總可能不是一。

【0029】如表1所列，在某些實施例中，管狀焊線50的粒狀芯材54可以包括介於約4重量%和約18重量%之間的合金化成分。例如，管狀焊線50的某些實施例可以包括具有鐵鉬金屬粉末、鎳粉末、銅粉末、及/或高碳（例如介於約3.2重量%和3.9重量%之間的碳）鐵粉末的粒狀芯材54。如表2所列，管狀焊線50的某些實施例可以包括具有介於約0重量%和約1.5重量%之間的銅、介於約2重量%和約12重量%之間的鎳、介於約0重量%和約1重量%之間的鉬、及/或介於約0重量%和約1重量%之間的碳之粒狀芯材54。雖然這些合金化成分可以以其它方式貢獻於焊接製程（例如作為電弧穩定劑、熔渣形成劑、及/或脫氧劑），但一般來說，這些合金化成分被實質併入（例如大於90%的併入）焊接金屬中，以影響焊珠和周圍工件22的性質（例如強度、延展性、耐腐蝕性等等）。

【0030】此外，如表1所列，在某些實施例中，管狀焊線50的粒狀芯材54可以包括介於約10重量%和約15重量%之間的電弧穩定成分。例如，管狀焊線50的某些實施例可以包括具有氧化鐵、氟矽酸鉀、鈦酸鈉熔塊（例如使用金紅石或顏料級 TiO_2 製成）、及/或氧化鋰凝聚物的粒狀芯材54。如表2所列，管狀焊線50的某些實施例可以包括具有介於約0重量%和約7.5重量%之間的氧化鐵、介於約0重量%和2重量%之間的氟矽酸鉀、介於約0重量%和約12重量%之間的鈦酸鈉熔塊、以及介於約0重量%和約6重量%之間的氧化鋰凝聚物之粒狀芯材54。再

次地，雖然這些成分可以以其它方式貢獻於焊接製程（例如作為熔渣形成劑及/或脫氧劑），但這些電弧穩定劑通常可以提供容易離子化的物種到電弧，從而產生更一致的及/或可控制的電弧34到工件22的表面。目前揭示的鈦酸鈉熔塊可以是可能比非凝聚的鈦酸鈉更適用於焊接環境（例如乾燥機及/或更好的粉末流量）的鈦酸鈉和氟化鋰及/或矽酸鈉之燒結混合物。如表1所示，在某些實施例中，鈦酸鈉可能由金紅石製成，因此可能具有一種或更多種金紅石通常可能包括的前述雜質。在表1所示的其它實施例中，鈦酸鈉可改為由顏料級 TiO_2 製成，顏料級 TiO_2 可能沒有一種或更多種這些雜質。舉具體實例來說，顏料級鈦酸鈉熔塊的實施例可以包括約11.8%的氧化鈉、約5.7%的矽石、及約82.5%的顏料級 TiO_2 。類似地，如表1所示，某些實施例可以包括鋰凝聚物，該鋰凝聚物可以是氧化鋰、氧化鐵、氧化鈉、及矽石的燒結混合物，該燒結混合物可能比這些成分的非凝聚混合物更適用於焊接環境（例如乾燥機及/或較好的粉末流量）。舉具體實例來說，在某些實施例中，鋰凝聚物可以包括約18.7%的氧化鋰、約61.6%的氧化鐵、約0.2%的氧化鈉、及約19.5%的矽石。

【0031】此外，如表1所列，在某些實施例中，管狀焊線50的粒狀芯材54可以包括介於約25重量%和約50重量%之間的熔渣形成成分。管狀焊線50的某些實施例可以包括具有金紅石粉末、氧化錳粉末、氧化錳熔塊、及/

或凝聚的二氧化鈦之粒狀芯材 54。例如，目前揭示的焊線 50 之某些實施例可以具有包括介於約 1 重量 % 和約 10 重量 % 之間或介於約 3 重量 % 和約 5 重量 % 之間的氧化錳粉末之粒狀芯材 54。目前揭示的焊線 50 之其它實施例可以具有實質上沒有（例如約 0 重量 %）氧化錳粉末的粒狀芯材 54。因此，如表 2 所示，在某些實施例中，這可以產生錳含量（例如作為金屬及 / 或作為化合物的成分）少於約 3.5 重量 %、3 重量 %、2.5 重量 %、2 重量 %、1 重量 %、0.5 重量 %、0.35 重量 %、0.05 重量 %、0.03 重量 %、0.01 重量 %、或甚至 0.001 重量 % 的粒狀芯材 54 及 / 或管狀焊線 50。

【0032】 另外，在某些實施例中，管狀焊線 50 的熔渣形成成分可以包括熔塊或凝聚物，該熔塊或凝聚物包括氧化錳（例如 Mn_xO_y ）。例如，在某些實施例中，粒狀芯材 54 可以包括藉由燒結包括水（例如介於約 15 重量 % 和約 17 重量 % 之間、或約 16 重量 %）、液體矽酸鈉（例如介於約 1 重量 % 和約 5 重量 % 之間、或約 2 重量 %）、矽石（例如麵粉狀稠度，介於約 33 重量 % 和約 37 重量 % 之間、或約 35 重量 %）、及氧化錳（例如介於約 44 重量 % 和約 50 重量 % 之間、或約 47 重量 %）的混合物所形成的熔塊。在某些實施例中，這些成分可以先被混合在一起，之後才在爐或窯中被加熱以形成氧化錳熔塊。例如，在形成之後，氧化錳熔塊可以包括二氧化矽（例如介於約 42 重量 % 和約 48 重量 % 之間、或約 45 重量 %）和氧化錳（例

如介於約 48 重量 % 和約 54 重量 % 之間、或約 51 重量 % 的二氧化錳)。另外，在某些實施例中，氧化錳熔塊可以包括氧化鈉(例如約少於 1 重量 % 或約 0.2 重量 %)、氧化鋁(例如約少於 2 重量 % 或約 1.7 重量 %)、及氧化鐵(例如約少於 2 重量 % 或約 1.7 重量 %)。在某些實施例中，氧化錳熔塊可以佔介於約 0 重量 % 和約 5 重量 % 之間或介於約 2 重量 % 和約 3 重量 % 之間的粒狀芯材 54 重量。

【0033】 在某些實施例中，在其它熔渣形成成分的方面，管狀焊線 50 的粒狀芯材 54 可以包括介於約 45 重量 % 和約 55 重量 % 之間的二氧化鈦(例如來自金紅石及/或凝聚的二氧化鈦來源)。因此，在某些實施例中，管狀焊線 50 可以包括介於約 6 重量 % 和約 8 重量 % 之間的顏料級 TiO_2 。應當理解的是，用於形成目前揭示的凝聚二氧化鈦的 TiO_2 為顏料級 TiO_2 (例如高於 95 %、99 %、99.9 %、或 99.99 % 的 TiO_2)，該顏料級 TiO_2 可以沒有或具有較低水平的一種或更多種通常存在於金紅石中的雜質(例如鐵、鋯、鉭、釩、及/或其它雜質)。也就是說，顏料級 TiO_2 通常是既經過純化又經過研磨的，與較低純度的 TiO_2 例如經碾磨的金紅石相反。

【0034】 此外，在某些實施例中，該顏料級 TiO_2 可以與一種或更多種乾燥及/或黏結劑(例如氟化鋰、及/或矽酸鈉)一起燒結，以形成粒狀芯材 54 的凝聚二氧化鈦成分。例如，在目前揭示的焊線 50 之某些實施例中，凝聚的二氧化鈦成分可以藉由乾燥混合純化的 TiO_2 粉末和純

化的（例如析出等級的）氟化鋰一段時間（例如10分鐘）來形成。然後，隨著混合繼續進行，濃縮的矽酸鈉水溶液和濃縮的矽酸鉀水溶液可以被緩慢加到乾燥混合物中，而且在某些情況下伴隨少量的水，直到實現所需的稠度（例如混合物開始「呈球狀」）。在某些實施例中，在混合另外一段時間（例如3至5分鐘）之後，濕的混合物可以被放在爐（例如直燃窯）中並被加熱到約1200°F至約1600°F的範圍持續約15至25分鐘（或在平底鍋中被加熱到類似的溫度持續約2小時）。在某些實施例中， TiO_2 凝聚物可以由約81.3%的純化 TiO_2 、約11%的矽酸鈉、約6%的矽酸鉀、及約1.7%的氟化鋰製成。在某些實施例中，一旦形成了凝聚物（例如燃燒之後），該凝聚物可以由顏料級 TiO_2 、矽石、氧化鉀、氧化鈉及氟化鋰（例如約90.7%的 TiO_2 、約5.4%的矽石、約1.2%的氧化鈉、約0.8%的氧化鉀、及約1.9%的氟化鋰）所組成。雖然不希望受到理論的束縛，據信如目前揭示的使用矽酸鈉和矽酸鉀的組合提供了可能尤其耐來自周圍環境的累積濕氣的 TiO_2 凝聚物。此外，在某些實施例中，使用氟化鋰與這兩種矽酸鹽的組合提高了 TiO_2 凝聚物的耐濕性，並能夠形成更硬及/或更緻密的 TiO_2 凝聚物。

【0035】此外，如表1所列，在某些實施例中，管狀焊線50的粒狀芯材54可以包括介於約5重量%和約15重量%之間的脫氧劑。例如，管狀焊線50的某些實施例可以包括具有鎂粉末、鋁-鎢金屬粉末、鐵-鎢-矽粉末、鋁-

鎂金屬粉末、鋁粉末、鐵-矽金屬粉末、及/或鈣矽粉末的粒狀芯材54。舉具體的實例來說，管狀焊線50的某些實施例可以具有包括鋁-鎂金屬粉末及/或鐵-鎂-矽粉末作為脫氧成分的粒狀芯材54。在某些實施例中，鈣矽粉末可以包括以粉末的重量計約30%的鈣、約60%的矽、約6%的鐵、以及約1%的碳。在某些實施例中，如表2所列，管狀焊線50的粒狀芯材54可以包括介於約0重量%和約3重量%之間的鋁、介於約0重量%和約3重量%之間的鎂、介於約0重量%和約4重量%之間的鎂、及/或介於約0重量%和約6重量%之間的矽。雖然這些成分可以以其它方式貢獻於焊接製程（例如作為電弧穩定劑或熔渣形成劑），但通常選擇這些脫氧成分來強鍵結氧，以阻止（例如限制或防止）該氧殘留在焊接池中及弱化焊接沉積物。

【0036】此外，如表1所列，在某些實施例中，管狀焊線50的粒狀芯材54可以包括介於約5重量%和約60重量%之間的填充金屬。例如，管狀焊線50的某些實施例可以包括具有鐵粉末作為填充金屬的粒狀芯材54。如表2所列，管狀焊線50的某些實施例可以具有包括介於約5重量%和約55重量%之間或介於約15重量%和約30重量%之間的鐵之粒狀芯材54。雖然鐵粉末可以以其它方式貢獻於焊接製程（例如作為電弧穩定劑、熔渣形成劑、及/或脫氧劑），但鐵粉末通常可以提供用以在工件22上形成焊接點的金屬之主要部分。因此，大部分被包括在粒狀芯材54中的鐵粉末可被摻入並形成焊接沉積物。

【0037】表3包括使用表1和2所列的某些焊線實施例（例如實施例E1-E12）形成的焊接沉積物之化學和機械分析結果。應當注意的是，表3中包括的元素包括用於非詳盡元素列表的、處於重量百分比形式的值；其它的元素（例如Fe）和其它的微量雜質（例如砷（As））也可以存在於焊接金屬中。一般來說，應當注意的是，所有的管狀焊線實施例皆提供具有相對低氧含量（例如介於約0重量%和約0.15重量%之間、介於約0.05重量%和約0.10重量%之間、或少於約0.09重量%）和相對低氮含量（例如介於約0重量%和約0.01重量%之間、介於約0.004重量%和約0.009重量%之間、或少於約0.01重量%）的焊接沉積物。此外，在管狀焊線50的某些實施例中，在凝聚的二氧化鈦中使用顏料級TiO₂通常能夠形成具有相對低鈳含量（例如介於約0.006重量%和約0.008重量%之間、或少於約0.009重量%）和相對低銻含量（例如介於約0.003重量%和約0.005重量%之間、或少於約0.006重量%）的焊接沉積物，該顏料級TiO₂可以提供焊接沉積物優勢。此外，管狀焊線50的某些實施例可以形成具有介於約0.01重量%和約5重量%之間、介於約0.1重量%和約3重量%之間、介於約1.75重量%和約2.75重量%之間、或介於約0.5重量%和約2重量%之間的鎳之焊接沉積物。此外，管狀焊線50的某些實施例可以形成具有介於約0.01重量%和約2.5重量%之間、介於約0.1重量%和約2重量%之間、介於約0.5重量%和約1重量%之間、

或少於約 0.4 重量 % 的錳含量之焊接沉積物。另外，目前揭示的管狀焊線 50 能夠形成的焊接沉積物具有比來自其它焊線的焊接沉積物大幅降低的錳含量（例如少於 2.5 重量 % 的錳），同時仍然保持良好的焊接性質。

【0038】表 3 還列出使用表 1 所列的某些焊線實施例（例如實施例 E1 - E12）形成的每個示例性焊接沉積物之機械性質。具體來說，表 3 包括基於 AWS A5.20（例如 E71T1 - GM）、A5.36、或另一種適當的標準測定的屈服強度、拉伸強度、伸長百分比、及在 -20 °F 和 -40 °F 下的查比 V 型缺口（Charpy - V - Notch, CVN）值之機械性質量測。一般來說，表 3 的示例性焊接沉積物表現出從約 60 ksi 至約 75 ksi 的屈服強度、從約 70 ksi 至約 85 ksi 的拉伸強度、從約 20 % 至約 35 % 的伸長百分比、在 -20 °F 下從約 20 ft-lbs 至約 105 ft-lbs 的 CVN、以及在 -40 °F 下從約 35 ft-lbs 至約 95 ft-lbs 的 CVN。例如，在某些實施例中，焊接沉積物在 -20 °F 下表現出大於 20 ft-lbs、大於 30 ft-lbs、大於 40 ft-lbs、大於 50 ft-lbs、大於 65 ft-lbs、大於 70 ft-lbs、大於 75 ft-lbs、大於 80 ft-lbs、大於 85 ft-lbs、大於 90 ft-lbs、或大於 100 ft-lbs 的 CVN。舉進一步的實例來說，在某些實施例中，焊接沉積物在 -40 °F 下表現出大於 40 ft-lbs、大於 45 ft-lbs、大於 50 ft-lbs、大於 70 ft-lbs、大於 75 ft-lbs、大於 80 ft-lbs、大於 85 ft-lbs、或大於 90 ft-lbs 的 CVN。

另外，對於實施例 E 1 1 和 E 1 2 來說，在 - 6 0 ° F 下 C V N 為約 1 0 0 f t - l b s ，如表 3 所列。應當注意的是，儘管焊接沉積物 E 1 - E 1 2 所測得的錳含量是相對低的（例如以焊接沉積物之重量計少於約 2 . 5 % 的錳），但對於分類的類型來說，與傳統的焊線相比，焊接沉積物仍具有相對高的韌性和適當的拉伸強度。

元素	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11/12
碳（C）	0.067	0.032	0.020	0.028	0.075	0.077	0.071	0.058	0.035	0.080	0.027
錳（Mn）	0.205	0.388	0.206	0.206	0.222	0.429	0.229	0.392	0.251	0.217	0.245
磷（P）	0.008	0.010	0.008	0.006	0.011	0.010	0.009	0.013	0.009	0.012	0.011
硫（S）	0.008	0.008	0.008	0.008	0.010	0.010	0.008	0.011	0.008	0.013	0.008
矽（Si）	0.366	0.496	0.427	0.486	0.524	0.607	0.451	0.485	0.488	0.478	0.385
銅（Cu）	0.045	0.047	0.047	0.045	0.050	0.282	0.042	0.048	0.018	0.014	0.016
鉻（Cr）	0.047	0.034	0.048	0.033	0.058	0.033	0.077	0.047	0.026	0.034	0.019
釩（V）	0.007	0.007	0.008	0.006	0.008	0.007	0.008	0.006	0.007	0.008	0.003
鎳（Ni）	0.448	0.467	0.927	1.096	1.057	0.978	2.084	2.044	1.070	1.028	1.410
鉬（Mo）	0.007	0.009	0.007	0.006	0.171	0.006	0.008	0.007	0.005	0.006	0.002
鋁（Al）	0.013	0.022	0.015	0.034	0.012	0.017	0.016	0.014	0.016	0.014	0.021
鈦（Ti）	0.061	0.053	0.062	0.059	0.061	0.064	0.069	0.054	0.085	0.050	0.060
鈮（Nb）	0.003	0.004	0.005	0.003	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.005	0.003
鈷（Co）	0.002	0.004	0.003	0.002	0.004	0.004	0.004	0.008	0.003	0.004	0.003
鎢（W）	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.012	0.005	0.008	0.005
錫（Sn）	0.005	0.004	0.004	0.002	0.003	0.001	0.005	0.003	0.002	0.001	0.005
鋯（Zr）	0.008	0.005	0.009	0.007	0.008	0.004	0.009	0.004	0.011	0.008	0.010
銻（Sb）	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.005	0.000	0.001	0.000
氧（O）	0.077	0.075	0.073	0.080	N/A	N/A	0.067	0.065	0.070	0.078	0.079
氮（N）	0.005	0.004	0.004	0.009	N/A	N/A	0.004	0.004	0.005	0.004	0.005
性質											
屈服強度（KSI）	64.2	61.2	62.9	65.1	70.8	71.5	71.6	70.1	66.9	63.2	63.8
拉伸強度（KSI）	74.1	71.4	70.9	72.8	83.4	82.2	83.6	81.9	74.8	72.8	72.1
伸長%	27.2	30.5	29.2	28	26.8	25.8	23.1	26.8	28.2	28.7	30.2
CVN（ft-lbs）@ -20 °F	85	87	101	70	41	66	77	76	96	85	101
CVN（ft-lbs）@ -40 °F	52	45	93	75	49	51	69	65	63	45	N/A
CVN	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100

(ft-lbs) @ -60 °F											
------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

表 3 . 使用表 1 的相應管狀焊線實施例 E 1 - E 1 2 形成的焊接沉積物 E 1 - E 1 2 之示例性完全焊接金屬分析和機械測試結果。元素值為相對於焊接沉積物之總重量的重量百分比。焊接沉積物係使用以下的參數所形成：安培：260；伏特：26-28；DCEP；線進料速度：每分鐘450英吋；電突出：0.75英吋；移動速度：每分鐘10英吋；角度：45°；位置：1g；遮護氣體：100%的CO₂、75%的氬氣和25%的CO₂、或90%的氬氣和10%的CO₂。N/A表示目前無法得到的量測。

【0039】可以理解的是，在某些實施例中，管狀焊線50的配方可被設計為提供在特定範圍內具有均等碳含量的管狀焊線50。例如，在某些實施例中，管狀焊線50可以具有依據基於下式的It和Bessyo法（也稱為臨界金屬參數，Pcm）所測定的特定碳當量（CE）：

式 1

$$CE = \%C + \%Si/30 + (\%Mn + \%Cu + \%Cr)/20 + \%Ni/60 + \%Mo/15 + \%V/10 + 5 * \%B$$

，其中每個元素百分比被以相對於管狀焊接電極50之總重量的重量百分比提供。例如，在某些實施例中，管狀焊線50可以具有少於或等於3.5重量%的錳含量、少於或等於約0.18重量%的碳含量、及遠小於約1.8的CE（依據式1決定）。在某些實施例中，管狀焊線50可以具有介於約0.05和約0.5之間、介於約0.06和約0.4之間、介於約

0.08 和約 0.25 之間、或介於約 0.08 和約 0.3 之間的 CE（依據式 1 決定）。在某些實施例中，管狀焊線 50 可以具有基於所需的拉伸強度所選擇的 CE（依據式 1 決定）。例如，管狀焊線 50 可以具有約 0.08（例如介於 0.06 和 0.1 之間）的 CE 以提供約 70 ksi 的估計拉伸強度、管狀焊線 50 可以具有約 0.13（例如介於 0.11 和 0.15 之間）的 CE 以提供約 80 ksi 的估計拉伸強度、管狀焊線 50 可以具有約 0.2（例如介於 0.18 和 0.22 之間）的 CE 以提供約 100 ksi 的估計拉伸強度、管狀焊線 50 可以具有約 0.25（例如介於 0.23 和 0.27 之間）的 CE 以提供約 125 ksi 的估計拉伸強度、管狀焊線 50 可以具有約 0.3（例如介於 0.28 和 0.32 之間）的 CE 以提供約 140 ksi 的估計拉伸強度。

【0040】第 3 圖圖示可以使用揭示的焊接系統 10 和管狀焊線 50 藉以焊接工件 22 的流程 60。圖示的流程 60 開始於將管狀焊接電極 50（即管狀焊線 50）進料（方塊 62）到焊接設備（例如焊炬 18）。此外，流程 60 包括提供（方塊 64）遮護氣流（例如 100% 的氬氣、100% 的 CO_2 、75% 的氬氣 / 25% 的 CO_2 、90% 的氬氣 / 10% 的 CO_2 、或類似的遮護氣流）到焊接設備的接觸尖端附近（例如焊炬 18 的接觸尖端）。在其它的實施例中，可以使用不使用氣體供應系統（例如第 1 圖中圖示的氣體供應系統 16）的焊接系統，而且管狀焊接電極 50 的一個或更多個成分（例如碳酸鉀）可以分解，以提供遮護氣體成分（例如二氧化碳）。

【0041】繼續進行流程60，接著，管狀焊接電極50可以被帶到工件22附近（方塊66），以在管狀焊線50和工件22之間擊出並維持電弧34。應當理解的是，電弧34可以使用例如DCEP、DCEN、DC可變極性、脈衝DC、用於GMAW系統10的平衡或不平衡AC電力配置來產生。一旦已對工件22建立了電弧34，則一部分的管狀焊接電極50（例如填充金屬和合金化成分）可以被轉移（方塊68）進入工件22表面上的焊接池，以形成焊接沉積物的焊珠。此時，管狀焊接電極50的其餘成分可以被從管狀焊接電極50釋放（方塊70），以作為電弧穩定劑、熔渣形成劑、及/或脫氧劑，以控制電弧的電特性及產生的焊接沉積物之化學和機械性質。

【0042】舉具體的實例來說，在某些實施例中，可以依據焊接流程60和下面關於表4所述的焊接參數來使用管狀焊線50（例如實施例E13及/或E14），以形成焊接沉積物。在某些實施例中（例如實施例E13及/或E14），管狀焊線50可以提供具有少於或等於0.4重量%的錳及以焊接沉積物的重量計介於約1.4%和約1.8%的鎳之焊接沉積物。此外，在某些實施例中，焊接沉積物也可以包括介於約0.3重量%和約0.6重量%的矽、少於約0.5重量%的鉻、少於約0.5重量%的鉬、及少於約0.2重量%的鈮。在某些實施例中，焊接沉積物也可以包括少於或等於0.05重量%的碳、少於約0.02重量%的磷、及少於約0.02重量%的硫。

【0043】 管狀焊線50的某些實施例（例如E13和E14）能夠形成具有屈服強度、拉伸強度、韌性等等的焊接沉積物，如下表5所列。例如，在某些實施例中，管狀焊線50能夠在沉積之後形成具有介於約60 ksi和約70 ksi之間的屈服強度、介於約70 ksi和約80 ksi之間的拉伸強度、及介於約20%和約40%之間（例如大於22%或大於30%）的伸長之焊接沉積物。此外，在某些實施例中，管狀焊線50能夠在熱處理之後形成具有介於約50 ksi和約60 ksi之間的屈服強度、介於約60 ksi和約70 ksi之間的拉伸強度、及介於約25%和約35%之間的伸長之焊接沉積物。一般來說，管狀焊線50能夠在沉積之後形成在-20 °F和-60 °F下皆具有大於約20 ft-lbs的CVN值的焊接沉積物。例如，在某些實施例中，管狀焊線50能夠在沉積之後形成在-20 °F下具有介於約50 ft-lbs和約80 ft-lbs之間的CVN值及在-60 °F下具有介於約60 ft-lbs和約85 ft-lbs之間的CVN值之焊接沉積物。在某些實施例中，管狀焊線50能夠在熱處理之後形成在-20 °F下具有介於約90 ft-lbs和約100 ft-lbs之間的CVN值及在-60 °F下具有介於約80 ft-lbs和約90 ft-lbs之間的CVN值之焊接沉積物。

【0044】 管狀焊線50的某些實施例（例如E13和E14）可以提供類似於下表6所列的煙塵產生率。例如，在某些實施例中，管狀焊線50可以使少於約1%、少於約0.5%、少於約0.4%、少於約0.35%、或少於約0.32%的管狀焊

線 5 0 在 焊 接 操 作 過 程 中 被 轉 化 為 煙 塵 。 此 外 ， 如 表 6 所 列 ， 在 某 些 實 施 例 中 ， 管 狀 焊 線 5 0 可 使 煙 塵 產 生 率 低 於 約 0 . 4 g / m i n 、 介 於 約 0 . 2 5 g / m i n 和 0 . 4 g / m i n 之 間 、 且 熔 化 速 率 為 約 1 2 2 g / m i n 或 更 低 。 另 外 ， 如 表 6 所 示 ， 在 某 些 實 施 例 中 ， 管 狀 焊 線 5 0 可 以 使 焊 接 煙 塵 具 有 少 於 約 7 重 量 % 、 少 於 約 5 重 量 % 、 少 於 約 4 重 量 % 、 或 約 0 . 3 5 重 量 % 的 錳 ， 意 思 是 少 於 1 重 量 % 、 少 於 0 . 1 重 量 % 、 少 於 0 . 0 5 重 量 % 、 或 約 0 . 0 1 重 量 % 的 管 狀 焊 線 5 0 可 能 被 轉 化 為 錳 焊 接 煙 塵 。

直徑； 尖端到板距離； 位置	電弧電壓	電流	線進料速度	沉積速率	效率
.45” (1.2 mm)	26 V	210 A	300 in/min (760 cm/min)	6.51 lbs/hr (2.95 kg/hr)	90.6%
3/4” (19 mm)	28 V	250 A	450 in/min (1100 cm/min)	10.78 lbs/hr (4.44 kg/hr)	90.7%
平的、水平的、 垂直的及頂上的	30 V	325 A	600 in/min (1500 cm/min)	13.12 lbs/hr (5.95 kg/hr)	91.3%
0.093” (2.36 mm)	26 V	400 A	160 in/min (405 cm/min)	12.73 lbs/hr (5.77 kg/hr)	86.4%
1” (25 mm)	28 V	475 A	210 in/min (535 cm/min)	16.81 lbs/hr (7.62 kg/hr)	86.9%
平的和水平的	30 V	590 A	280 in/min (710 cm/min)	23.30 lbs/hr (10.57 kg/hr)	90.4%

表 4 . 所 揭 示 的 管 狀 焊 線 5 0 、 9 0 % A r / 1 0 % C O 2 遮 護 氣 體 混 合 物 、 及 D C E P 電 流 之 實 施 例 中 使 用 的 示 例 性 焊 接 程 序 。

AWS 測試	直徑	遮護氣體	屈服強度	拉伸強度	伸長	面積縮減	測試溫度	CVN
PB9804	0.093 in.	90% Ar/10% CO ₂	60.7 ksi	72.8 ksi	27.40%	65.7%	-20 °F	57 ft-lbs
PB9874	0.093 in.	75% Ar/25% CO ₂	62.0 ksi	73.6 ksi	28.00%	61.7%	-20 °F	70 ft-lbs
PB9945	0.093 in.	95% Ar/5% CO ₂	64.6 ksi	77.2 ksi	26.50%	63.0%	-20 °F	73 ft-lbs
PB9381	0.045 in.	90% Ar/10% CO ₂	63.5 ksi	73.5 ksi	28.80%	62.1%	-60 °F	61 ft-lbs
PB9911	0.045 in.	75% Ar/25% CO ₂	66.2 ksi	73.8 ksi	29.60%	64.9%	-60 °F	81 ft-lbs
PB9912	0.045 in.	95% Ar/5% CO ₂	62.3 ksi	71.1 ksi	28.70%	67.1%	-20 °F	77 ft-lbs
在 1150 °F 下使用 Ar-CO ₂ 氣體遮護釋放應力 2 小時 (40 cfh)								
PC0459	0.093 in.	90% Ar / 10% CO ₂	52.8 ksi	67.8 ksi	29.20%	71.5%	-20 °F	92 ft-lbs
PC0765	0.045 in.	90% Ar / 10% CO ₂	55.6 ksi	69.4 ksi	31.10%	74.3%	-60 °F	87 ft-lbs

表 5. 使用所揭示的管狀焊線 50 形成的焊接沉積物之示例性物理性質。電極直徑以英寸為單位提供，屈服強度（YS）和拉伸強度（TS）以單位 ksi 提供。伸長和面積縮減作為百分比提供，測試溫度以華氏度為單位提供，以及 CVN 韌性值以 ft-lbs 為單位提供。第 1-6 行是初焊接的沉積物，而最後兩行表示熱處理（例如在 1150 °F 下 2 小時）之後的焊接沉積物。

AWS 測試	直徑	遮護氣體	熔化率	煙塵率	被轉化為煙塵的電極	煙塵中約略的 Mn	約略的 Mn 煙塵率	被轉化為 Mn 煙塵的約略電極	消耗的每磅電極之約略 Mn 排放
FA1697	0.093 in.	90% Ar / 10% CO ₂	107.9 g/min (14.3 lbs/hr)	0.275 g/min (0.036 lbs/hr)	0.26 %	3.5 wt%	0.010 g/min (0.0013 lbs/hr)	0.01 %	0.0001 lbs
FA1700	0.093 in.	90% Ar / 10% CO ₂	121.8 g/min (16.1 lbs/hr)	0.395 g/min (0.052 lbs/hr)	0.32 %	3.5 wt%	0.014 g/min (0.0019 lbs/hr)	0.01 %	0.0001 lbs
FA1717	0.045 in.	90% Ar / 10% CO ₂	81.5 g/min (10.78 lbs/hr)	0.263 g/min (0.035 lbs/hr)	0.32 %	3.5 wt%	0.009 g/min (0.0012 lbs/hr)	0.01 %	0.0001 lbs

表 6. 所揭示管狀焊線 50 之實施例依據 AWS F1.2 的煙塵產生測試。

【0045】 如上所述，目前揭示的焊接系統10可以提供低的煙塵產生率（FGR）及/或低的錳煙塵產生率（MnFGR）。亦即，目前揭示的管狀焊線50（例如與特定的遮護氣體組合工作）可以提供低FGRs及/或低MnFGRs。表7包括一些標準焊接電極的FGR和MnFGR數據，並排的是某些揭示的焊接電極實施例之FGR和MnFGR數據。因此，如表7所示，某些揭示的焊線實施例可以得到少於0.8克每分鐘（g/min）、少於0.7 g/min、少於0.6 g/min、少於0.5 g/min、少於0.4 g/min、少於0.35 g/min、或少於0.34 g/min的FGR。此外，如表7所示，某些揭示的焊線實施例可以得到少於0.06 g/min、少於0.05 g/min、少於0.04 g/min、少於0.03 g/min、少於0.02 g/min、少於0.01 g/min、少於0.009 g/min、少於0.008 g/min、或少於0.007 g/min的MnFGR。

【0046】 為了進一步比較，AWS F3.2 Annex B指出，典型由E71T-1 FCAW電極產生的FGR為約0.7 g/min至0.8 g/min；而某些目前揭示的表7所列焊線實施例之FGR係介於約0.3 g/min和0.6 g/min之間，尤其是對於某些遮護氣體（例如氬氣/CO₂混合物）來說。此外，AWS F3.2 Annex C指出，錳對於由E70T-1 FCAW電極產生的總煙塵之典型貢獻係介於6.2%和13.5%之間，而且AWS F3.2 Annex D指出，E70T-1和E71T-1 FCAW電極通常產生具有8.1%或9.0%錳

的總煙塵。相反地，表 7 呈現的 M n F G R s 表示，錳對總煙塵的貢獻為約 1 . 1 % 至約 3 . 3 % ，這明顯低於其它的焊接電極。因此，目前揭示的焊線實施例 E 1 - E 1 4 提供低 F G R 以及低 M n F G R 。

焊線	200 A / 27.0 V		225 A / 27.5 V		250 A / 28.0 V		275 A / 28.5 V		300 A / 29.0 V	
	FGR	MnFGR	FGR	MnFGR	FGR	MnFGR	FGR	MnFGR	FGR	MnFGR
AWS A5.20: E71T-1C {100% CO ₂ }	0.4307	0.0383	0.4813	0.0361	0.5861	0.0416	0.6725	0.0437	0.6508	0.0397
E1 {100% CO ₂ }	0.5945	0.0083	0.7229	0.0101	0.7523	0.0120	0.8237	0.0132	0.8663	0.0182
E3; E9 {100% CO ₂ }	0.4742	0.0066	0.4648	0.0060	0.6368	0.0089	0.7615	0.0114	0.7111	0.0128
AWS A5.20: E71T-1M {75%Ar/25%CO ₂ }	0.3978	0.0302	0.4406	0.0286	0.6064	0.0388	0.6401	0.0512	0.4917	0.0339
E2 {75%Ar/25%CO ₂ }	0.4267	0.0154	0.4687	0.0150	0.5812	0.0174	0.6095	0.0171	0.4440	0.0147
E4; E10 {75%Ar/25%CO ₂ }	0.3337	0.0043	0.4092	0.0045	0.5710	0.0074	0.6125	0.0086	0.4565	0.0082
AWS A5.29: E81T1-K2CI H8 {100% CO ₂ }	0.4861	0.0262	0.5741	0.0350	0.7507	0.0435	0.8830	0.0512	0.8172	0.0482
AWS A5.29: E81T1-K2MI H8 {100% CO ₂ }	0.5482	0.0378	0.6300	0.0365	0.7995	0.0416	0.9925	0.0466	0.8541	0.0512
E7 {100% CO ₂ }	0.5639	0.0085	0.6070	0.0079	0.8214	0.0131	0.8653	0.0130	0.8080	0.0145
AWS A5.29: 81T1-K2MI H8 {75%Ar/25%CO ₂ }	0.4721	0.0321	0.5644	0.0316	0.7245	0.0464	0.8600	0.0447	0.7029	0.0422
E8 {75%Ar/25%CO ₂ }	0.4050	0.0122	0.4147	0.0116	0.5385	0.0172	0.6105	0.0165	0.5579	0.0162

表 7. 使用指定的遮護氣體、電流、及電壓（ D C E P ）的標準焊線和所揭示焊線實施例之煙塵產生率（ F G R ）和錳煙塵產生率（ M n F G R ），單位為每分鐘的克數（ g / m i n ）。測試係依據 A W S F 1 . 2 : 2 0 0 6 使用 0 . 0 4 5 ”直徑的焊線和約 7 磅 / 小時（約 5 3 - 5 4 g / m i n ）的熔化速率進行。

【 0 0 4 7 】 表 8 進一步說明遮護氣體對揭示的焊接電極之 F G R 的影響。特別的是，表 8 說明使用不同遮護氣體混合物的標準焊線與揭示的焊線實施例 E 1 0 、 E 1 1 、及 E 1 2 相比的 F G R 。如表 8 所示，標準焊接電極（例如標準 E 7 1 T - 1 M 電極）可具有約 0 . 6 1 g / m i n 的 F G R ，導致約 0 . 7 % 的電極被轉化為煙塵。在相同的遮護氣體條件下來到所揭示的焊接電極 E 1 0 ， F G R 可被減少到約 0 . 5 8 g / m i n 。此外，當使用所揭示的焊接電極 E 1 1 和 9 0 %

Ar / 10 % CO₂ 的遮護氣體時，FGR 可被減少到約 0.40 g / min（例如約 0.5 % 的電極被轉化為煙塵）；而且當使用所揭示的焊接電極 E12 和 90 % Ar / 10 % CO₂ 的遮護氣體時，FGR 可被減少到約 0.34 g / min（例如約 0.42 % 的電極被轉化為煙塵）。另外，目前揭示的管狀焊線 50 之某些實施例通常可以有高的熔化率（例如高於約 53 g / min、高於約 54 g / min 等等），同時仍保持上述的低 FGR。因此，雖然其它的焊線可以具有大於 0.5 g / min 或大於 0.6 g / min 的 FGR，該 FGR 可對應於約 0.7 % 或更多的焊線（以重量計）轉化為焊接煙塵，但目前揭示的焊接系統可以使 FGR 對應於少於約 0.6 %、少於 0.5 %、或少於 0.45 % 的焊線轉化為煙塵。因此，表 8 說明的是，目前揭示的焊接系統 10 之某些實施例可以提供比使用某些遮護氣體的標準（例如 AWS A5.20: E71T1-1C）焊接電極之 FGR 低約 30 % 和約 40 % 之間的 FGR。的確，在某些實施例中，所揭示的焊接電極 50 使用適當的遮護氣體（例如 90 % Ar / 10 % CO₂）時可以提供高達約 80 g / min 的熔化率，同時仍保持約 0.4 g / min 的煙塵產生率（例如有約 0.5 % 的電極被轉化為煙塵）或約 0.35 g / min 的煙塵產生率（例如有約 0.4 % 的電極被轉化為煙塵）。

	AWS A5.20: E71T-1M	E10	E11	E12
電流	250	250	250	250
電壓	27	27	26	26
遮護氣體	75% Ar / 25% CO ₂	75% Ar / 25% CO ₂	90% Ar / 10% CO ₂	90% Ar / 10% CO ₂

FGR (g/min)	0.6064	0.5812	0.4043	0.3387
電極轉化為煙塵%	0.7	0.74	0.5	0.42
熔化率 (g/min)	53-54	53-54	80	80
熔化率 (磅/小時)	7	7	10.6	10.6

表 8. 使用指定的遮護氣體、電流、及電壓（DCEP）的標準焊線和焊線實施例 E 1 0、E 1 1、及 E 1 2 之煙塵產生率（FGR）。測試係依據 AWS F 1. 2 : 2 0 0 6 使用 0 . 0 4 5 ”直徑的焊線進行。

【 0 0 4 8 】 第 4 圖圖示可藉以製造管狀焊線 5 0 的流程 8 0 之實施例。可以理解的是，流程 8 0 只是提供製造管狀焊線 5 0 的實例；然而，在其它的實施例中，可以使用其它的製造方法來生產管狀焊線 5 0 而不損害本方法的效果。亦即，例如在某些實施例中，管狀焊線 5 0 可以經由滾軋成形方法或經由將芯材組成物填充於中空金屬護套中來形成。圖示的流程 8 0 開始於平的金屬條被進料（方塊 8 2 ）通過數個將金屬條塑造成部分圓形的金屬護套 5 2 的模具（例如產生半圓或溝槽）。在金屬條被至少部分成形為金屬護套 5 2 之後，可將金屬護套 5 2 填充（方塊 8 4 ）填充物（即粒狀芯材 5 4 ），例如關於表 1 討論的粒狀芯材 5 4 填充物之配方 E 1 - E 1 4 。亦即，部分成形的金屬護套 5 2 可被填充各種粉末化的合金化、電弧穩定、熔渣形成、脫氧、及 / 或填充成分。在某些實施例中，所揭示的管狀焊線 5 0 可以完全不含或大體上不含錳或可以是低錳的（例如少於約 3 . 5 重量 % 的錳）焊線。在其它的實施例中，管狀焊線 5 0 的粒狀芯材 5 4 可以是完全不含或大體上不含錳的，而

且只有金屬護套 52 包括（例如約 0.35 %、約 0.26 %、或更少的）錳。

【0049】繼續進行流程 80，一旦粒狀芯材 54 的成分被添加到部分成形的金屬護套 52，則之後可以將部分成形的金屬護套 52 進料通過（方塊 86）一個或更多個裝置（例如拉線模或其它適當的封閉裝置），該裝置通常可以封閉金屬護套 52，使得金屬護套 52 大體上包圍粒狀芯材 54（例如形成接縫 58）。此外，封閉的金屬護套 52 可於隨後被進料通過（方塊 88）數個裝置（例如拉線模或其它適當的裝置），以藉由壓縮粒狀芯材 54 來縮小管狀焊線 50 的周長。

【0050】雖然本文中僅說明和描述本發明的某些特徵，但許多修改和變化將是本技術領域中具有通常知識者可輕易思及的。因此，可以理解的是，意圖使所附申請專利範圍涵蓋所有這些落入本發明之真正精神內的修改和變化。

【符號說明】

【0051】

10 焊接系統

12 焊接電源

14 焊線進料機

16 氣體供應系統

17 遮護氣源

18 焊炬

- 2 0 電 纜 束
- 2 2 工 件
- 2 4 引 線 電 纜
- 2 6 夾 鉗
- 2 8 電 纜 束
- 3 0 交 流 電 源
- 3 2 氣 體 管 道
- 3 4 電 弧
- 5 0 管 狀 焊 線
- 5 2 金 屬 護 套
- 5 4 粒 狀 芯 材
- 5 6 團 塊 或 團 簇
- 5 8 接 縫
- 6 0 流 程
- 6 2 ~ 7 0 方 塊
- 8 0 流 程
- 8 2 ~ 8 8 方 塊

【生物材料寄存】

【 0 0 5 2 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 0 5 3 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種製造一焊接電極的方法，包含以下步驟：

在一金屬護套內配置一粒狀芯材以形成該焊接電極，

其中該焊接電極包含少於 3.5 重量%的錳並包含一介於 0.08 和 0.3 之間的碳當量 (CE)，其中

$$CE = \%C + \%Si / 30 + (\%Mn + \%Cu + \%Cr) / 20 + \%Ni / 60 + \%Mo / 15 + \%V / 10 + 5 * \%B$$
，及其中 %C 代表該焊接電極中碳的重量百分比、%Si 代表該焊接電極中矽的重量百分比、%Mn 代表該焊接電極中錳的重量百分比、%Cu 代表該焊接電極中銅的重量百分比、%Cr 代表該焊接電極中鉻的重量百分比、%Ni 代表該焊接電極中鎳的重量百分比、%Mo 代表該焊接電極中鉬的重量百分比、%V 代表該焊接電極中釩的重量百分比、及 %B 代表該焊接電極中硼的重量百分比。

【第2項】 如請求項 1 所述之方法，包含以下步驟：藉由燒結一包含水、矽酸鈉、矽土、及氧化錳 (mangano^us oxide) 的混合物來形成一凝聚物，以及將該凝聚物與至少一其他成分混合以形成該粒狀芯材。

【第3項】 如請求項 2 所述之方法，其中該混合物包含介於 15 重量%和 17 重量%之間的水、介於 1 重量%

和 5 重量 % 之間的矽酸鈉、介於 33 重量 % 和 37 重量 % 之間的矽土、以及介於 44 重量 % 和 49 重量 % 之間的氧化錳。

【第 4 項】 如請求項 2 所述之方法，其中在燒結之後該凝聚物包含二氧化矽、氧化錳、氧化鈉、氧化鋁、及氧化鐵。

【第 5 項】 如請求項 2 所述之方法，其中該凝聚物包含 42 重量 % 和 48 重量 % 之間的二氧化矽、48 重量 % 和 54 重量 % 之間的氧化錳、少於 1 重量 % 的氧化鈉、少於 2 重量 % 的氧化鋁、及少於 2 重量 % 的氧化鐵。

【第 6 項】 如請求項 2 所述之方法，其中該凝聚物包含少於 5 重量 % 的該粒狀芯材。

【第 7 項】 如請求項 2 所述之方法，其中該凝聚物包含介於 2 重量 % 和 3 重量 % 之間的該粒狀芯材。

【第 8 項】 如請求項 1 所述之方法，其中該焊接電極包含少於 0.5 重量 % 的錳。

【第 9 項】 如請求項 1 所述之方法，其中該焊接電極包含少於 0.4 重量 % 的錳。

【第 10 項】 如請求項 1 所述之方法，其中該芯材包括：

介於該芯材的 4 重量 % 和 18 重量 % 之間的合金化成分，其中該合金化成分包含介於該芯材的 2 重量 %

和 12 重量 % 之間的鎳金屬粉末；

介於該芯材的 10 重量 % 和 15 重量 % 之間的電弧穩定成分；

介於該芯材的 25 重量 % 和 50 重量 % 之間的熔渣形成成分，其中該熔渣形成成分包含一二氧化鈦凝聚物；

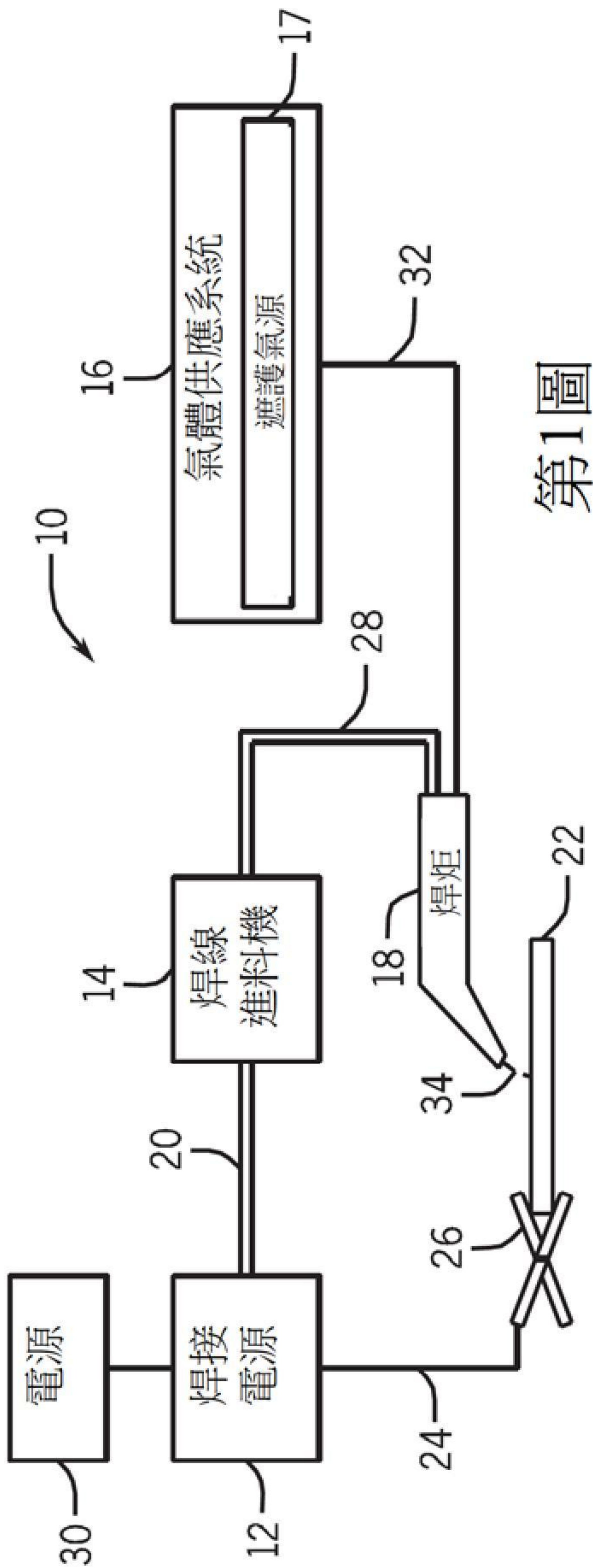
介於該芯材的 5 重量 % 和 15 重量 % 之間的脫氧成分；以及

介於該芯材的 5 重量 % 和 60 重量 % 之間的填料金屬。

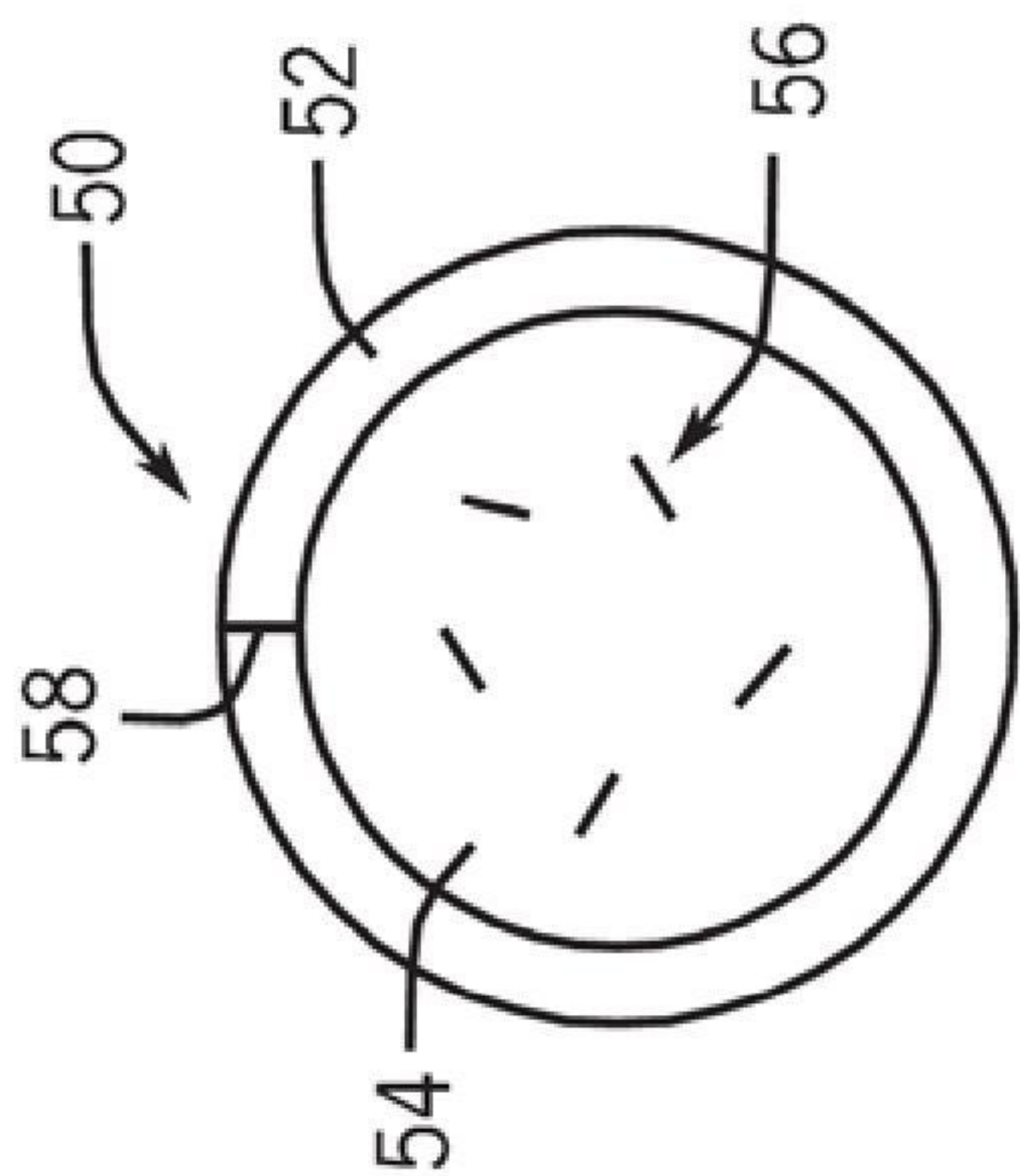
【第 11 項】 如請求項 1 所述之方法，其中該芯材包含少於或等於 35 重量 % 的管狀焊線。

【第 12 項】 如請求項 1 所述之方法，其中該芯材包含介於 16 重量 % 與 25 重量 % 之間的管狀焊線。

【發明圖式】



第1圖



第2圖

