

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：95118895

※申請日期：95 年 05 月 26 日

※IPC 分類：B23K 35/30

一、發明名稱：

(中) 供氣體保護式弧焊所用之實芯焊絲

(英) Solid wires for gas-shielded arc welding

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 神戶製鋼所股份有限公司

(英) KOBE STEEL, LTD.

代表人：(中) 1. 犬伏泰夫

(英) 1. INUBUSHI, YASUO

地 址：(中) 日本國兵庫縣神戶市中央區脇濱町二丁目一〇番二六號

(英) 10-26, Wakinocho 2-chome, Chuo-ku, Kobe-shi, Hyogo
651-8585 Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 4 人)

1. 姓 名：(中) 中野利彦

(英) NAKANO, TOSHIHIKO

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

2. 姓 名：(中) 鈴木勵一

(英) SUZUKI, REIICHI

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

3. 姓 名：(中) 山崎圭

(英) YAMAZAKI, KEI

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

4. 姓 名：(中) 梅原悠

(英) UMEHARA, YU

國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本 ; 2005/06/15 ; 2005-174720 ☒ 有主張優先權

國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本 ; 2005/06/15 ; 2005-174720 ☒ 有主張優先權

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於供例如厚度 0.6 ~ 10 mm 之低碳薄鋼板和高強度薄鋼板等，例如汽車薄鋼板，的氣體保護式弧焊所用的實芯焊絲。

【先前技術】

氣體保護式弧焊焊接的結構必須具有較高的品質，其生產必須提供更完全的節省勞力和更高的效率。在汽車工業中，例如使用焊接機器人的完全自動化焊接業經推出，其在目前的商業生產線中以約 1.0 m/分鐘的速度進行焊接；頃需要在更高的速度下以更高的效率焊接。

薄鋼板結構乃具有符合全球環境議題的重要技術時機。其中，汽車工業爲了降低重量，從而改進燃料效率，乃迫切需要使用高強度薄鋼板的規格（降低尺寸）。但是，所得到的焊接製品並未顯現出高強度薄鋼板材料的原有之疲勞強度，其係因爲當焊接接頭上的荷載應力增加時，焊接接頭的疲勞強度並沒有如同基底金屬素材一般的增加，而係與習知低碳鋼者相等。

當爲了進一步改進焊接效率而使用習知填充金屬材料以超過 1.3 m/分鐘的高速度進行焊接時，將形成例如底切焊珠和鼓包焊珠等不規則焊珠。另外，由於工件的擠壓精確度變化，所以搭接填角焊點的焊縫根部間隙（root opening）經常變化，如果在大於 1.9 mm 的根部間隙上進

行高速的焊接，將發生例如燒透和穿孔等焊接缺陷。因此，極度要求於焊接材料即使在高速焊接時也能穩定地產生焊珠和產生能跨越根部間隙的寬焊珠。

日本未審查專利申請公開（JP-A）第 05-305476 號案中教示一種供具有 6 mm 或更小厚度薄鋼板的氣體保護式弧焊所用的習知實芯焊絲，該實芯焊絲旨在改進以 1.0 m/分鐘或更高的高速度焊接 6 mm 厚的薄片的焊接加工性和焊接品質，且係含有 0.02~0.10 質量%的碳（C）、0.8~1.2 質量%的矽（Si）、1.0~1.8 質量%的錳（Mn）、0.020 質量%或更低的磷（P）、0.020~0.100 質量%的硫（S）、0.005 質量%或更低的鋁（Al）、0.0070 質量%或更低的氧（O）和 0.00790 質量%或更低的氮（N），餘量為鐵（Fe）和不可避免的雜質，其中 Mn 與 Si 的比（Mn/Si）為 1.2~1.8。該技術旨在藉由加入大量的硫以調節熔融金屬的表面張力來改進高速焊接中的焊珠形成性。

薄鋼板作為基底金屬之使用習知的焊接材料的高速焊接經常產生凸形焊珠，甚至不引發不規則焊珠。由於焊接的焊邊處的應力集中，這樣的凸形焊珠常常導致疲勞強度降低。因此，必須以比習知技術低的速度進行焊接。因此，為了使高强度薄鋼板更廣泛地應用在這些結構中，需要提供可以提供高疲勞強度的焊接結構和維持良好焊接效率的焊接材料。

習知利用能夠使焊接接頭具有壓縮應力的焊接材料，來改進接點的疲勞強度。具體地，可以藉由降低馬氏體轉

變開始溫度（下文中稱之為"馬氏點（Ms 點）"）而降低殘餘應力，以便在低溫就可以利用轉變膨脹。例如 JP-A 第 11-138290 號案提出一種利用具有典型地 C、Cr、Ni、Si、Mn、Mo 和 Nb 含量的預定組成而將馬氏點控制在 250℃ ~ 170℃ 的焊接材料。

但是，上述習知技術具有下列缺點：JP-A 第 05-305476 號案中所述的加到實芯焊絲中的硫（S）是一種採取一定的量就顯著地改變介面張力和熔融金屬的流動性以及可以實現高速焊接的元素。但是，硫促使熱裂紋。在使用化合 0.02% 或更多的硫的填充金屬材料的焊接金屬中，該趨勢（促使熱裂紋）是明顯的。尤其是，當在大於 1.0 mm 的變化的根部間隙上以 1.0 m/分鐘或更高的高速度進行焊接時，更經常地發生熱裂紋。

由於隨著硫量的增加，硫化物變粗，所以硫不僅引起熱裂紋，而且減低材料的強度和韌性。根據日本工業標準（JIS）G 4804 含硫高速切削鋼材料，一種切削鋼，藉由含有大量的硫（SUM 24L，含有 0.26 ~ 0.35 質量%的硫），乃具有改進的切削性。但是，在需要一定程度的強度、韌性和其他機械性的焊接金屬中，硫含量一般最小化到 0.03% 或更低，這是因為硫的存在對彼等十分有害。因此，JP-A 第 05-305476 號案中所述的實芯焊絲比通常的焊絲表現出稍微更高的熱裂紋敏感性和更低的強度和韌性。

JP-A 第 11-138290 號案中所述的焊接材料含有大量昂貴的合金金屬，例如 Cr 和 Ni，當用作實芯焊絲時表現出

差的壓延性，且為十分昂貴（高成本）的焊接材料。因為該焊接材料具有高的黏度，所以該焊接材料不能應用於薄鋼板焊接所需要的高速焊接上。其亦不易熔滴轉移，此則增加飛濺（焊渣）產生。如此，該材料在實際焊絲上的應用性並不佳。

【發明內容】

在上述情況下，本發明的一個目的是提供一種用於氣體保護式弧焊的實芯焊絲，其即使在 1.0 m/分鐘或更高的高速焊接中也能穩定地形成焊珠，並且在具有 0.6 ~ 10 mm 厚度的鋼板的焊接中，能產生具有低的熱裂紋敏感性和優異的疲勞強度、抗張強度和韌性的焊接接頭。

具體地，本發明的第一方面提供一種用於氣體保護式弧焊的實芯焊絲，以該實芯焊絲的總質量為基礎，其含有 0.03 ~ 0.15 質量 % 的碳（C）、0.50 ~ 1.50 質量 % 的矽（Si）、1.00 ~ 3.00 質量 % 的錳（Mn）、0.020 ~ 0.150 質量 % 的硫（S）、和選自：0.01 ~ 0.20 質量 % 的鈦（Ti）、0.01 ~ 0.20 質量 % 的鋇（Zr）、0.01 ~ 0.05 質量 % 的鐳（La）和 0.01 ~ 0.05 質量 % 的銻（Ce）所組成的族群中之至少一者；餘量為鐵和不可避免的雜質，其中磷（P）作為不可避免的雜質的含量為 0.025 質量 % 或更低，並且根據下列方程式 1 確定的 "A" 值為 100 或更大；

(5)

(方程式 1)

$$A = \frac{[Mn] + 20 \times [Ti] + 25 \times [Zr] + 50 \times [La] + 50 \times [Ce]}{[S]}$$

其中 [Mn]、[Ti]、[Zr]、[La]、[Ce] 和 [S] 分別表示焊絲的 Mn、Ti、Zr、La、Ce 和 S 含量 (質量%)。

本發明的實芯焊絲具有以該實芯焊絲的總質量為基礎在 0.020 ~ 0.150 質量% 的特定硫 (S) 含量，這使得熔融金屬很少流向後端，更多地流向寬度方向。該實芯焊絲也具有 1.00 ~ 3.00 質量% 的錳 (Mn) 含量，其使得 MnS 結晶化，從而該實芯焊絲具有升高的共晶溫度和降低的熱裂紋敏感性。另外，實芯焊絲含有合適量的選自傾向於形成硫化物的 Ti、Zr、La 和 Ce 所組成族群中的至少一者。此導致含有這些元素的硫化物形成，且具有高的熔點，並使得硫分散在基質相中，從而防止在晶界形成硫化物。另外，在實芯焊絲中，根據方程式 1 所決定的 "A" 值設定為 100 或更大，從而可以在高速焊接中穩定地形成焊珠，甚至在高强度薄鋼板的焊接中，也能得到具有降低的熱裂紋敏感性和優異的疲勞強度的焊接接頭。

實芯焊絲可具有 1.50 質量% 或更高的錳 (Mn) 含量。這可以顯著地降低熱裂紋敏感性。

實芯焊絲還具有 0.040 質量% 或更高的硫 (S) 含量。這能夠在高速焊接中更穩定地形成焊珠，改進疲勞強度。

本發明在第二方面進一步提供一種用於氣體保護式弧焊的實芯焊絲，其含有以該實芯焊絲的總質量為基礎：

0.02~0.15 質量%的碳 (C)、0.50~1.50 質量%的矽 (Si)、1.00~3.00 質量%的錳 (Mn)、0.020~0.150 質量%的硫 (S)、0.005~0.5 質量%的鈮 (Nb)、和選自：0.005~0.5 質量%的釩 (V)、0.010~0.5 質量%的鋁 (Al)、0.005~0.5 質量%的鉻 (Cr)、0.005~0.5 質量%的鎳 (Ni)、和 0.0010~0.0100 質量%的硼 (B) 所組成的族群中之至少一者；餘量為鐵和不可避免的雜質，其中磷 (P) 作為不可避免的雜質的含量為 0.025 質量%或更低。

因為硫和其他合金元素的含量經調節為適當者，所以本發明的實芯焊絲甚至在高速焊接中也能穩定地形成焊珠，在高強度薄鋼板的焊接中能產生具有降低的熱裂紋敏感性和優異的疲勞強度、抗張強度和韌性的焊接接頭。

另外，本發明在第三方面提供一種進行氣體保護式弧焊的方法，包括使用上述用於氣體保護式弧焊的實芯焊絲來焊接具有 0.6~10 mm 厚度的高強度薄鋼板的步驟。

根據本發明，甚至在高速焊接中也能穩定地形成焊珠，甚至在具有 0.6~10 mm 厚度的高強度薄鋼板的焊接中也能得到具有降低的熱裂紋敏感性和優異的疲勞強度、抗張強度和韌性的焊接接點。

本發明能形成焊渣少、具有優異的電沈積塗佈性之寬而合適的焊珠。該優點在具有 0.6~10 mm 厚度的薄鋼板以 1.0 m/分鐘或更高的高速進行焊接中特別顯著。因此，在薄鋼板的高速焊接中可以形成具有穩定形狀的焊珠，且

可獲致具有優異的疲勞強度的焊接接頭。另外，可以降低熱裂紋敏感性，且可確保合適的強度和韌性。

參照所附圖式，由下列所述的較佳具體例中將明白顯示本發明的其他目的、特點和優點。

【實施方式】

為達上述目的，本發明人經過詳細研究之後，乃發現在具有 0.6 ~ 10 mm 厚度的薄鋼板的焊接中發生下列現象：不規則焊珠的形成，硫誘導的熱裂紋和焊接金屬的疲勞強度、強度和韌性的降低。

規則焊珠的熔融焊池表面上的熔融金屬從高溫部分朝向遠端被抽吸到低溫部分，抽吸強度與溫度差產生的表面張力梯度和熔融焊池的長度成比例。在 1.0 m/分鐘或更高的高速焊接中，熔融焊池在焊接線方向上延長，且熔融金屬的流動速率顯著地變高。這是產生例如底切焊珠和鼓包焊珠等不規則焊珠的因素之一。

焊接金屬的固化溫度的原始範圍相當地窄，但是甚至微量的硫也會起加寬固化溫度範圍的作用。在此階段，隨著基質相的固化，硫富集在枝晶陣列（dendritic array）中的殘餘熔體中，由於殘餘熔體的共晶固化，在基質相固化的最後階段乃結晶出硫化物。Fe-FeS 的共晶溫度比鐵的熔點低許多。在固化的最後階段中，於晶界處此種低熔點液相和化合物的離析，則導致熱裂紋。

隨著硫含量的增加，硫不僅產生熱裂紋，而且使硫化

物變粗，從而降低材料的延伸率和韌性。例如根據日本工業標準（JIS）G 4804 的含硫高速切削鋼（一種切削鋼）等鋼，藉由含有大量的硫而具有改進的切削性（SUM 24L，含有 0.26～0.35 質量 % 的硫）。但是，在需要一定程度的延伸率、韌性和其他機械性能的焊接金屬中，硫含量一般最小化到 0.03 % 或更低，因為硫的存在對彼等有很大傷害。

另外，高强度鋼的焊接接頭的疲勞極限可能會比普通鋼作為基底金屬的疲勞極限低。這主要是由於焊接焊邊發生的局部應力集中所導致。圖 1 是搭腳焊接接頭的焊接焊邊的圖。在圖 1 所示的接頭中，基底金屬（下面的片）1a 與另一種基底金屬（上面的片）1b 在斜向下方向上焊接。本發明人發現應力集中隨著基底金屬 1a 的表面與焊珠 2 的表面相交的部分的形狀，即焊接焊邊的形狀，而明顯地變化，藉由使焊邊直徑 ρ 大於 0.3 mm 可以增加焊接接頭的疲勞強度。但是，在高强度薄鋼板的高速焊接中，因為焊珠容易變凸，所以焊邊直徑 ρ 變小，可能無法充分地表現出高强度薄鋼板的原始疲勞強度。

硫（S）是降低熔融金屬的表面張力和改變由於溫度差產生的表面張力梯度的元素。因此，本發明人藉由調節和界定硫和其他元素的含量，已經成功地使熔融金屬較少流向遠端方向而較多地流向寬度方向。這樣，他們找到了甚至在高速焊接中也能產生對底切和鼓包有防止作用的焊珠的組合物。具體地，以焊絲的總質量為基礎，藉由將硫

含量設定在 0.020 ~ 0.150 質量 %，能夠使熔融金屬較少流向遠端方向而較多地流向寬度方向。如此使得圖 1 所示的焊邊直徑 ρ 為 0.3 mm 或更大，並改善在高強度薄鋼板的高速焊接中焊接接頭的疲勞強度。

如上述，硫的加入增加熱裂紋敏感性。藉由提高共晶溫度可以降低硫誘導的熱裂紋敏感性。此可藉由加入合適量的對硫具有高親和力的元素以形成具有高熔點的化合物，從而將硫分散在基質相中而達成。具體地，藉由將錳 (Mn) 含量設定在以焊絲的總質量為基礎之 1.00 ~ 3.00 質量 %，結晶出 MnS，從而提高共晶溫度。藉由加入合適量的 Ti、Zr、La 和 Ce 中的至少一者可以將硫進一步分散在基質相中，這是因為這些元素作用而形成硫化物，從而形成含硫的高熔點化合物的。此可實質地防止在晶界處形成硫化物。

另外，藉由調節合金組分的含量使得根據如下方程式 2 所決定的 "A" 值為 100 或更大，即使在高強度薄鋼板的焊接中也可以獲致焊珠的穩定形狀，熱裂紋敏感性降低，以及可獲致疲勞強度優異的焊接接頭：

方程式 2

$$A = \frac{[Mn] + 20 \times [Ti] + 25 \times [Zr] + 50 \times [La] + 50 \times [Ce]}{[S]}$$

其中，[Mn]、[Ti]、[Zr]、[La]、[Ce] 和 [S] 分別表示焊絲的 Mn、Ti、Zr、La、Ce 和 S 含量（質量 %）。

觀諸這些發現，本發明人乃獲致作為本發明第一具體例的供氣體保護式弧焊所用的實芯焊絲。這種實芯焊絲即

使在具有 0.6~10 mm 厚度的高强度薄鋼板的氣體保護式弧焊的高速焊接中，也能產生具有穩定形狀的焊珠和形成具有低的熱裂紋敏感性以及優異的疲勞強度的焊接接頭。

如上所述，隨著硫含量的增加，熱裂紋敏感性增加。首先藉由防止形成主要產生熱裂紋的低熔點化合物 FeS ，而降低熱裂紋敏感性。根據該技術，藉由加入對硫具有親和力的元素以升高共晶溫度，從而使所形成的硫化物分散在基質相中，阻止形成低熔點化合物 FeS 。作為第二種解決方案，乃藉由加入具有高的淬硬性的元素以均勻地分散 FeS ，從而防止離析來降低熱裂紋敏感性，這是因為由於固化所形成的晶粒的尺寸被降低，從而晶界的表面積增加。基於這些，本發明人發現必須找出這些元素的有效含量來降低熱裂紋敏感性。

觀諸這些發現，本發明人乃獲致作為本發明第二具體例的供氣體保護式弧焊所用的實芯焊絲。這種實芯焊絲即使在高速焊接中也能產生形狀穩定的焊珠，以及在高强度薄鋼板的焊接中能產生具有低的熱裂紋敏感性和顯現優異的疲勞性、抗張強度和韌性的焊接接頭。

(1) 使硫含量為 0.020~0.150 質量%，能使熔融金屬在遠端方向上流動較少，在寬度方向上流動較多。

(2) 將 Mn 含量設定為 1.00~3.00 質量%，使 MnS 結晶出，提高共晶溫度，從而降低裂紋敏感性。

(3) 藉由混入下列中的至少一者以增加淬硬性，並使晶粒更細：0.005~0.50 質量%的鈮 (Nb)、0.005~0.5

質量 % 的 釩 (V) 、 0.010 ~ 0.5 質量 % 的 鋁 (Al) 、 0.005 ~ 0.5 質量 % 的 鉻 (Cr) 、 0.005 ~ 0.5 質量 % 的 鎳 (Ni) 和 0.001 ~ 0.010 質量 % 的 硼 (B) 。混入合適量的這些元素，使由於固化所形成的結構更細，從而增加晶界的表面積。FeS 液相離析得以防止，而使其分散，如此降低了熱裂紋敏感性。在晶界上和在枝晶陣列中所形成 FeS 液相會導致產生裂紋。這些元素也供降低熱裂紋敏感性，因為這些元素使晶粒更細，從而改進韌性和減輕焊接時膨脹和收縮所產生的 FeS 液相固化時的應力集中。

(4) 在 (3) 中所列出的其他元素防止形成焊渣。亦即，它們促進形成焊渣較少的適當焊珠。因此，合適量的這些元素可以降低熱裂紋敏感性和確保合適的強度和韌性，而不致損害此等元素的優點。

之所以界規定本發明焊絲的組成的原因將於下述中說明。首先敘述作為本發明第一具體例之供氣體保護式弧焊所用的實芯焊絲的組成。

碳含量：0.03 ~ 0.15 質量 %

碳 (C) 是確保焊接金屬的強度所需要和有效地加速脫氧的元素。但是，如果碳含量以焊絲的總質量為基礎小於 0.03 質量 % ，焊接金屬具有不充分的強度。相反，如果碳含量超過 0.15 質量 % ，焊接金屬具有降低的韌性和增加的熱裂紋敏感性。因此，以焊絲的總質量為基礎，碳含量設定為 0.03 ~ 0.15 質量 % 。

矽含量：0.50 ~ 1.50 質量 %

矽 (Si) 是高度地促進脫氧、改進鋼強度所需要的和起改進焊珠的一致性的作用的元素。但是，以焊絲的總質量為基礎，如果矽含量小於 0.50 質量%，並不能得到這些優點。相反，如果矽含量超過 1.50 質量%，液滴的釋放性和焊接金屬的韌性則受到損害。因此，以焊絲的總質量為基礎，此處乃將矽含量設定在 0.50 ~ 1.50 質量%。

錳含量：1.00 ~ 3.00 質量%

錳 (Mn) 是如矽一樣有效地促進脫氧和起改進焊接金屬的機械性能作用的元素。其並作用使 MnS 結晶出和提高共晶溫度，從而降低熱裂紋敏感性。但是，以焊絲的總質量為基礎，如果錳含量小於 1.00 質量%，熱裂紋敏感性增加。相反地，如果焊接金屬的錳含量過分地高，超過 3.00 質量%，韌性則減低。因此，以焊絲的總質量為基礎，乃將錳含量設定在 1.00 ~ 3.00 質量%。較佳則設定在 1.50 質量% 或更高。

硫含量：0.020 ~ 0.150 質量%

硫 (S) 起降低熔融金屬的表面張力的作用，當加入合適的量時，其作用改進焊接焊邊處的焊珠與基底金屬間的一致性和改進焊接接頭的疲勞強度。但是，以焊絲的總質量為基礎，如果硫含量小於 0.020 質量%，並不能得到這些優點。相反地，如果硫含量超過 0.150 質量%時，即使調節其他元素的含量，也將發生熱裂紋。因此，以焊絲的總質量為基礎，硫含量設定為 0.020 ~ 0.150 質量%。較佳設定在 0.040 質量% 或更高，更佳設定在 0.060 質量%

% 或更高。

"選自：0.01~0.20 質量%的鈦 (Ti)、0.01~0.20 質量%的鋯 (Zr)、0.01~0.05 質量%的鐳 (La) 和 0.01~0.05 質量%的鈾 (Ce) 所組成族群中的至少一者"

鈦 (Ti)、鋯 (Zr)、鐳 (La) 和鈾 (Ce) 是容易結合硫並因而形成高熔融硫化物的元素。加入這些元素中的至少一者可以將硫分散在基質相中。但是，甚至當將這些元素中的兩者或更多者加到該實芯焊絲中時，以焊絲的總質量為基礎，如果每種元素的含量小於 0.01 質量%，並不能得到這些優點。相反地，如果鈦含量或鋯含量超過 0.20 質量%，液滴變粗，熔滴轉移受干擾，過分地形成焊渣，從而損害焊接加工性。因此，以焊絲的總質量為基礎，若添加的話，Ti 和/或 Zr 的含量設定在 0.01~0.20 質量%。如果鐳或鈾的含量超過 0.05 質量%，硫化物變粗，煉鋼產量降低，從而增加成本。因此，若添加的話，以焊絲的總質量為基礎，La 和/或 Ce 的含量係設定在 0.01~0.05 質量%。

磷含量：0.025 質量%或更低

磷 (P) 係為污染鋼料的不可避免雜質；其為增加熱裂紋敏感性的元素，且較佳係降低其含量。但是，以焊絲的總質量為基礎，磷含量在 0.025 質量%或更低是微不足道的。因此，以焊絲的總質量為基礎，係將 P 含量控制在 0.025 質量%或更低。

"A"：100 或更大

根據本發明，根據下列方程式 3 所決定的 "A" 值係界定為 100 或更大。在方程式 3 中，[Mn]、[Ti]、[Zr]、[La]、[Ce] 和 [S] 分別表示焊絲的 Mn、Ti、Zr、La、Ce 和 S 含量（質量 %）。如果 "A" 值小於 100，熱裂紋敏感性增加。相反地，以焊絲的總質量為基礎，藉由調節 Mn、Ti、Zr、La、Ce 和 S 含量使 "A" 值為 100 或更大，可以結晶出 MnS，從而提高共晶溫度，在固化的最後階段防止低熔融合液相和化合物在晶界處離析。另外，可以形成含有 Ti、Zr、La 和 Ce 中至少一者的高熔融硫化物。因此，可以顯著地降低熱裂紋敏感性。根據抗裂試驗的結果界定下列方程式 3 的係數，這些係數可能顯著地受到各個元素形成硫化物的傾向所影響。

方程式 3

$$A = \frac{[Mn] + 20 \times [Ti] + 25 \times [Zr] + 50 \times [La] + 50 \times [Ce]}{[S]}$$

除了磷（P），本發明的實芯焊絲含有的不可避免的雜質包括例如 Cu、Al、Ni、Cr、Mo 和 B。

下面將說明界定作為本發明第二具體例的供氣體保護式弧焊所用的焊絲之組成的原因。

碳含量：0.02 ~ 0.15 質量 %

碳（C）是確保焊接金屬的強度所需要的元素，並且有效於作為脫氧元素。如果碳含量小於 0.02 質量 %，焊接金屬的強度不充分。相反地，如果碳含量超過 0.15 質量 %，焊接金屬的韌性降低，熱裂紋敏感性增加。加入過量的碳會損害液滴可釋放性和產生大量的濺射，此導致受

損害的焊接加工性和大量的焊渣。因此，此處係將碳含量設定為 0.02 ~ 0.15 質量 %。

矽含量：0.50 ~ 1.50 質量 %

矽 (Si) 也是高度地促進脫氧、改進鋼強度和改進焊珠一致性的元素。如果矽含量小於 0.50 質量 %，這些優點無法充分，焊珠具有差的一致性，具有損壞的焊邊形狀，常常導致應力集中和疲勞強度降低。矽含量較佳為 0.60 % 或更大。相反地，如果矽含量超過 1.50 質量 %，熔融焊池具有過高的黏度（流阻），這在高速焊接中常常導致鼓包焊珠（ humping bead ）。過量的矽損壞液滴可釋放性並且產生大量的濺射。這導致差的焊接加工性和大量的焊渣。矽含量更佳為 1.20 質量 % 或更低。

錳含量：1.00 ~ 3.00 質量 %

錳 (Mn) 是如矽 (Si) 一樣用於作為脫氧元素和作用於改進焊接金屬的機械性能的元素。由於 MnS 結晶，其並作用於提高共晶溫度，從而降低熱裂紋敏感性。如果錳含量小於 1.00 質量 %，則熱裂紋敏感性增加，焊接金屬具有不充分的強度。相反地，如果錳含量超過 3.00 質量 %，則熔融焊池具有過高的黏度（流阻），在高速焊接中常常導致鼓包焊珠和大量的焊渣。因此，係將錳含量設定在 1.00 ~ 3.00 質量 %。更佳在 1.00 ~ 2.00 質量 % 的範圍。

磷含量：0.025 質量 % 或更低

磷 (P) 是增加熱裂紋敏感性的元素。因為即使加入

合金化元素也不能形成高熔融磷化合物，所以較佳將磷含量最小化。但是 0.025 質量 % 含量的磷是微不足道的。

硫含量：0.020 ~ 0.150 質量 %

硫 (S) 起降低熔融金屬的表面張力的作用，當加入合適的量時，其作用而改進焊接焊邊處的焊珠與基底金屬之間的一致性和改進焊接接頭的疲勞強度。但是，在不加入下列特定元素的情況下，大量的硫會使在晶粒中和在晶界處形成的硫化物變粗，從而降低焊接金屬的強度和韌性。加入 0.020 質量 % 或更高含量的硫可以得到上述優點。相反地，如果硫含量超過 0.150 質量 %，即使調節其他元素的含量，也將發生熱裂紋，強度和韌性明顯地降低。因此，硫含量係設定為 0.020 ~ 0.150 質量 %。更佳係設定在 0.040 ~ 0.150 質量 %，進一步更佳係設定在 0.050 ~ 0.150 質量 %。

鈮含量：0.005 ~ 0.50 質量 %

鈮 (Nb) 對硫具有親和力，容易形成硫化物。合適含量的鈮作用於防止產生熱裂紋的 FeS 形成。另外，因為鈮是改進淬硬性從而使晶粒更細的元素，所以它作用而降低熱裂紋敏感性和確保合適的強度和韌性。但是，如果鈮含量小於 0.005 質量 %，並不能得到這些優點，並且熱裂紋敏感性增加。鈮含量更較佳為 0.02 質量 % 或更多。相反地，如果鈮含量超過 0.50 質量 %，這些優點也不再增加，固化時在晶界處和在枝晶陣列中發生離析，反而使熱裂紋敏感性增加。過量的鈮增加實芯焊絲的生產成本，增加

熔融焊池的黏度（流阻），產生鼓包焊珠，且在高速焊接中增加濺射。

"選自：0.005~0.5 質量%的釩（V）、0.010~0.5 質量%的鋁（Al）、0.005~0.5 質量%的鉻（Cr）和 0.005~0.5 質量%的鎳（Ni）所組成族群中之至少一者"

釩（V）、鋁（Al）、鉻（Cr）和鎳（Ni）是增加淬硬性和作用使焊接形成的焊接金屬的晶粒更細，確保合適的強度和韌性以及降低熱裂紋敏感性的元素。為了顯現這些優點，V、Cr 和 Ni 每一者的含量必須為 0.005 質量%或更高，Al 含量必須為 0.010 質量%或更高。更佳地，V、Cr 和 Ni 每一者的含量必須為 0.02 質量%或更高，Al 含量必須為 0.030 質量%或更高。相反地，這些元素每一者超過 0.5 質量%的含量則增加實芯焊絲的生產成本，增加熔融焊池的黏度（流阻），其於高速焊接中產生鼓包焊珠和濺射量增加。

硼含量：0.001~0.010 質量%

硼（B）是增加淬硬性和作用使焊接形成的焊接金屬的晶粒更細、確保合適的強度和韌性以及降低熱裂紋敏感性的元素。為了顯現出這些優點，硼含量必須為 0.001 質量%。相反地，硼含量的上限則設定為 0.010 質量%或更低，因為如果硼含量超過 0.010 質量%，熱裂紋敏感性增加。因此，硼含量設定為 0.001~0.010 質量%。

本發明的焊接方法

根據本發明第一和第二具體例的實芯焊絲係用於具有 0.6 ~ 10 mm 厚度的薄鋼板的氣體保護式弧焊。較佳的焊接方法和焊接條件如下所述。此處的氣體保護式弧焊方法可以是任何一種焊接方法，例如 CO₂ 焊接、金屬活性氣體（MAG）焊接、金屬惰性氣體（MIG）焊接和鎢惰性氣體（TIG）焊接。可以典型地根據處理機類型、工件的厚度和形狀設定例如輸出功率或電流和焊接速度等焊接條件。MAG 脈衝焊接、MIG 脈衝焊接或 TIG 脈衝焊接更為有效。根據焊接的部分，目標焊接接頭可以是任何合適的接頭，例如對接接頭（butt joint）或搭接接頭（lap joint）。本發明可以適用於任何接頭。

脈衝焊接機

在薄鋼板的焊接中，此處較佳係使用脈衝焊接機以確保高速焊接性和電弧穩定性以及降低發烟。脈衝條件可以是但不侷限於 350 A ~ 600 A 的峰電流、30 A ~ 100 A 的基電流，一個峰（從脈衝上升的開始，經恒定的峰至脈衝下降的末端）為 0.8 ~ 5.0 毫秒。在本發明中可以在這些條件下進行焊接。

0.6 ~ 10 mm 厚的薄鋼板

如果薄鋼板的厚度小於 0.6 mm，因為電弧力使薄鋼板發生穿透和燒熔，所以難以進行規則的反極性電弧焊接。相反地，如果厚度超過 10 mm，因為由於熱膨脹和熱收

縮而約束力增加，從而過分大的應力施加在焊接金屬上以及熔融焊池更迅速地冷卻，所以熱裂紋的危險增加。另外，在使用本發明的焊絲的焊接中所形成的熔融焊池具有低的黏度（流阻），當在大焊角長度單道中進行 T 形水平角焊時，上焊角下垂。因此，焊接的薄鋼板厚度較佳為 0.6 ~ 10 mm。以焊接的薄鋼板的強度而言，本發明可以應用於廣泛範圍的薄鋼板，從規則的低碳薄鋼板至高强度薄鋼板；薄鋼板的強度上限並未有特別的限制。

測試例 1

將參照下列幾個實施例，對照本發明範圍以外的比較例，更詳細地例示本發明的優點。首先描述與本發明第一具體例的實芯焊絲相關的測試例 1。

在測試例 1 中，使用具有下表 1 的組成的實芯焊絲進行氣體保護式弧焊。評量高速焊接的焊珠形成性、焊接金屬的機械性能、焊邊直徑 ρ 、熱裂紋敏感性和焊接加工性。表 1 中實芯焊絲的組成之餘量是鐵和不可避免的雜質。

表 1

	No.	組成(質量%)									A
		C	Si	Mn	S	Ti	Zr	La	Ce	P	
實施例	1	0.035	0.72	2.12	0.065	0.07	0.03	0.03	0.03	0.010	111.8
	2	0.138	0.84	2.32	0.052	0.06	0.12	-	-	0.015	125.4
	3	0.061	0.53	1.72	0.082	0.10	0.15	-	0.03	0.014	109.4
	4	0.085	1.44	2.08	0.071	0.07	0.18	-	-	0.005	112.4
	5	0.088	1.05	1.09	0.048	-	0.16	-	-	0.009	106.0
	6	0.075	0.88	1.55	0.062	0.07	0.14	-	-	0.003	104.0
	7	0.045	1.21	2.88	0.117	0.11	0.17	0.01	0.05	0.006	105.4
	8	0.067	0.89	1.66	0.022	-	0.05	-	-	0.021	132.3
	9	0.051	0.78	2.51	0.139	0.15	0.19	0.04	0.04	0.018	102.6
	10	0.071	0.95	1.92	0.064	0.01	0.16	0.01	-	0.005	103.4
	11	0.094	1.14	2.24	0.094	0.17	0.18	-	-	0.007	107.9
	12	0.081	1.08	2.42	0.042	0.09	-	-	-	0.012	100.5
	13	0.112	1.31	1.91	0.036	0.08	0.01	-	-	0.019	104.4
	14	0.050	0.69	2.65	0.102	0.05	0.18	0.03	0.03	0.12	109.3
	15	0.126	1.08	1.95	0.055	0.10	0.05	0.01	-	0.013	103.6
	16	0.086	0.81	2.75	0.121	0.16	0.19	0.04	-	0.008	105.0
	17	0.072	0.81	2.13	0.037	-	-	0.04	-	0.005	111.6
	18	0.048	0.94	1.77	0.062	0.09	0.16	-	0.01	0.022	130.2
	19	0.077	1.25	2.58	0.084	0.13	0.06	-	0.05	0.016	109.3
	20	0.086	0.69	1.85	0.035	-	-	-	0.04	0.007	110.0
比較例	21	0.024	0.78	1.88	0.039	0.05	0.05	0.01	0.01	0.014	131.5
	22	0.155	0.91	1.94	0.054	0.02	0.05	0.01	0.01	0.012	85.0
	23	0.054	0.45	1.77	0.042	-	0.12	-	0.01	0.007	125.5
	24	0.084	1.54	2.24	0.061	0.03	0.07	0.01	0.03	0.014	108.0
	25	0.069	1.04	0.96	0.026	0.07	-	-	-	0.006	90.8
	26	0.078	1.23	3.03	0.119	0.17	0.18	0.01	0.02	0.009	104.5
	27	0.121	1.11	2.56	0.054	0.05	0.12	0.01	-	0.027	130.7
	28	0.080	1.05	1.32	0.017	0.02	0.02	-	-	0.019	130.6
	29	0.075	0.67	2.79	0.153	0.17	0.18	0.03	0.03	0.005	89.5
	30	0.085	0.55	1.89	0.069	0.006	0.17	-	-	0.003	90.7
	31	0.047	0.81	1.63	0.073	0.22	0.04	-	0.02	0.007	110.0
	32	0.062	1.23	2.34	0.093	0.12	0.005	0.01	0.01	0.015	63.1
	33	0.077	1.39	2.47	0.122	0.07	0.22	0.04	0.03	0.023	105.5
	34	0.067	0.71	2.05	0.066	0.09	0.03	0.005	0.01	0.018	81.1
	35	0.081	1.09	2.66	0.103	0.11	0.05	0.01	0.005	0.007	66.6
	36	0.067	0.95	1.69	0.062	-	-	-	-	0.004	27.3
	37	0.082	0.88	1.08	0.023	-	-	-	-	0.007	47.0
	38	0.052	1.01	1.73	0.094	-	-	-	-	0.005	18.4
	39	0.081	1.12	1.64	0.010	-	-	-	-	0.008	164.0
	40	0.075	0.89	1.41	0.005	-	-	-	-	0.005	282.0

表 2

組成 (質量 %)					
C	Si	Mn	P	S	餘 量
0.04	0.02	1.35	0.013	0.003	Fe 和 不可 避免 的 雜 質

接下來將描述評量性能的方法。

焊接金屬的機械性

根據日本工業標準 (JIS) Z 3121 中規定的用於對接焊接接頭的抗張試驗方法和 JIS Z 3128 中規定的用於焊接接頭的衝擊試驗方法測定焊接金屬的機械性。在這些測試中，具有 560 N/mm^2 或更高的抗張強度和在 -20°C 的測試溫度下於卻貝氏 (Charpy) 衝擊試驗中具有 100 J 或更高的吸收能量的樣品評定為 "良好"，具有小於 560 N/mm^2 的抗張強度或在 -20°C 的測試溫度下於卻貝氏衝擊試驗中具有小於 100 J 的吸收能量的樣品則評定為 "不合格"。

高速焊接的焊珠形成性

如下述評量高速焊接的焊珠形成性。具有表 2 的組成和 2.3 mm 厚度的高強度薄鋼板的搭接接頭樣品在 1.0 mm 的焊邊開口上用 200 ~ 300 A 的焊接電流和 1.3 ~ 1.5 m/分鐘的焊接速度，使用 80 體積 % 的 Ar 和 20 體積 % 的 CO_2 的氣體混合物作為保護氣，而進行 MAG 脈衝焊接。沒有顯示底切、鼓包焊珠、燒穿和穿透以及能在全部焊接中搭接縫隙的樣品評量為 "良好"，具有例如底切、鼓包焊珠、

燒穿或穿透等缺陷的樣品則評量為"不合格"。

焊接加工性

藉由使用高速攝像機觀察電弧穩定性和熔滴轉移的規則性，並測定離散濺射的數量，來評價焊接加工性。在該程序中，使用 80 體積 % 的 Ar 和 20 體積 % 的 CO₂ 的氣體混合物作為保護氣，在 200~300 A 的焊接電流下進行無脈衝 MAG 焊接。提供穩定的電弧、具有高規則的熔滴轉移和產生少量濺射的樣品評量為"良好"，在電弧穩定性、熔滴轉移規則性和濺射數量中至少一者不良的樣品則評量為"不合格"。

焊接金屬的熱裂紋敏感性

利用魚骨形抗裂試驗和弧坑裂紋試驗的結果來評量焊接金屬的熱裂紋敏感性。首先敘述進行魚骨形抗裂試驗的方法。圖 2A 是表示取樣測試片的位置的截面圖，圖 2B 是表示如何製備魚骨形抗裂試驗的測試片的平面圖。參照圖 2A，將兩層具有 20 mm 的厚度和包含 SM490A 低碳鋼作為基底金屬 11 的高強度薄鋼板，使用包含 SM490A 低碳鋼的襯墊金屬 13，以 45°的斜角進行對接焊接。將得到的焊接接頭機械地切割成 5 mm 的厚度，從而得到用於魚骨形抗裂試驗的測試片 14，它具有 175 mm 的寬度、250 mm 的長度和 5 mm 的厚度。

如圖 2B 所示，在測試片 14 的長邊的兩端以規則的間

隔形成狹縫 15。狹縫 15 具有變化的長度，從短的一邊增加到另一邊，使得施加在熔融金屬上的熱變形（熱應力）隨狹縫的長度連續地變化。具體地，在狹縫 15 具有小長度的短邊，熱變形大，在狹縫 15 具有大長度的另一短邊，熱變形小。將測試片 14 放在具有 750 mm 的寬度、500 mm 的長度和 25 mm 的厚度的銅板 16 上，在下表 3 的條件下進行 TIG 焊接，其中測試板盒移動。在該程序中，藉由在狹縫具有較短長度的板端施加靜電弧約 5 秒鐘，以藉此充分地熔融板端和使板端熱變形，而於板端引起在冷卻過程中收縮/固化變形所產生的固化裂紋（熱裂紋）。接著，依照從發生裂紋的板端到狹縫具有較長長度的另一端之焊接方向 17 而進行焊接。根據裂紋從測試片 14 的板端開始延長多遠（多長）而評估耐熱裂紋性。裂紋的長度對應於熱變形，亦即熱裂紋敏感性。具體地，在焊接後進行顏色檢查，測定在焊珠 12 中形成的裂紋長度，確定裂紋長度與測試片長度的比（裂紋比）。裂紋比為 5% 或更小的樣品評定為 "良好"，裂紋比超過 5% 的樣品則評定為 "不合格"。

表 3

焊接方法	TIG 板上焊珠 (bead-on-plate)
保護氣體	100% Ar, 20 升/分鐘
焊接電流	200 A
焊接速度	30 cm/分鐘

在使用 SM490A 低碳金屬的弧坑裂紋試驗中，使用 80 體積 % Ar 和 20 體積 % CO₂ 的氣體混合物作為保護氣，在 200 ~ 300 A 的焊接電流下，在深 5 mm 和傾斜 90° 斜角的 V 形凹槽上，於相同條件下利用無脈衝 MAG 焊接而斷續地形成約 70 mm 長的三條焊接焊珠。測定每個焊口表面上的裂紋總長度。測定裂紋長度與焊口的長度或直徑的比值，並使用三個焊口的比值之平均值作為指數。平均裂紋比值為 15% 或更小的樣品評定為 "良好"，平均裂紋比值超過 15% 的樣品評定為 "不合格"。

焊邊直徑 ρ

為了方便起見，測定焊邊直徑 ρ 以作為焊接接頭的疲勞強度的指數，因為隨著焊邊直徑 ρ 增加，應力集中乃減緩，而疲勞強度則改善。具體地，使用 80 體積 % Ar 和 20 體積 % CO₂ 的氣體混合物作為保護氣，在 200 ~ 300 A 的平均焊接電流和 1.3 ~ 1.5 m/分鐘的焊接速度下，根據自動搭腳焊接，使具有表 2 的組成和 2.9 mm 厚度的高強度薄鋼板的搭接進行 MAG 脈衝焊接。然後測定如圖 1 所示的焊邊直徑 ρ 。焊邊直徑 ρ 為 0.3 mm 或更大的樣品評定為 "良好"，焊邊直徑 ρ 小於 0.3 mm 的樣品評定為 "不合格"。上述評定的結果顯示在下表 4 中。

表 4

	序 號	焊接金屬的 機械性能	高速焊接的 焊珠形成性	焊接加 工性	魚骨形裂紋試驗		弧坑裂紋試驗		焊邊直徑p	
					裂紋比 (%)	評定	裂紋比 (%)	評定	焊邊直徑 (mm)	評定
實 施 例	1	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.58	良好
	2	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.51	良好
	3	良好	良好	良好	2.3	良好	0	良好	0.74	良好
	4	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.70	良好
	5	良好	良好	良好	0	良好	3.5	良好	0.43	良好
	6	良好	良好	良好	3.1	良好	4.8	良好	0.55	良好
	7	良好	良好	良好	2.7	良好	2.1	良好	0.84	良好
	8	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.36	良好
	9	良好	良好	良好	4.3	良好	7.1	良好	0.90	良好
	10	良好	良好	良好	3.5	良好	7.4	良好	0.53	良好
	11	良好	良好	良好	2.8	良好	0	良好	0.76	良好
	12	良好	良好	良好	3.8	良好	6.4	良好	0.39	良好
	13	良好	良好	良好	0	良好	5.1	良好	0.41	良好
	14	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.79	良好
	15	良好	良好	良好	3.2	良好	6.5	良好	0.53	良好
	16	良好	良好	良好	2.9	良好	0	良好	0.79	良好
	17	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.40	良好
	18	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.60	良好
	19	良好	良好	良好	0	良好	2.3	良好	0.77	良好
	20	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.38	良好
比 較 例	21	不合格	良好	良好	0	良好	0	良好	0.37	良好
	22	不合格	良好	良好	8.8	不合格	8.3	良好	0.53	良好
	23	不合格	不合格	良好	0	良好	0	良好	0.23	不合格
	24	不合格	良好	不合格	0	良好	5.1	良好	0.56	良好
	25	不合格	良好	良好	4.5	良好	16.3	不合格	0.33	良好
	26	不合格	良好	良好	3.9	良好	6.1	良好	0.82	良好
	27	良好	良好	良好	7.1	不合格	8.4	良好	0.50	良好
	28	良好	不合格	良好	0	良好	0	良好	0.24	不合格
	29	良好	良好	良好	8.9	不合格	13.4	良好	0.81	良好
	30	良好	良好	良好	6.4	不合格	15.5	不合格	0.70	良好
	31	良好	良好	不合格	0	良好	4.1	良好	0.78	良好
	32	良好	良好	良好	11.4	不合格	25.8	不合格	0.81	良好
	33	良好	良好	不合格	3.2	良好	0	良好	0.89	良好
	34	良好	良好	良好	7.0	不合格	12.3	良好	0.72	良好
	35	良好	良好	良好	13.4	不合格	28.4	不合格	0.83	良好
	36	良好	良好	良好	21.3	不合格	43.2	不合格	0.58	良好
	37	良好	良好	良好	6.1	不合格	15.3	不合格	0.33	良好
	38	良好	良好	良好	19.3	不合格	41.2	不合格	0.74	良好
	39	良好	不合格	良好	0	良好	0	良好	0.21	不合格
	40	良好	不合格	良好	0	良好	0	良好	0.18	不合格

表 4 顯示根據本發明實施例 1 至 20 的實芯焊絲在所有的評定中都具有優異的結果。相反地，在本發明範圍之外的比較例 21 至 40 的實芯焊絲在高速焊接的焊珠形成性、焊接金屬的機械性能、焊邊直徑 ρ 、熱裂紋敏感性和焊接加工性中的至少一者上是不良的。具體來說，因為比較例 21 的實芯焊絲具有小於本發明所界定範圍的碳含量，所以它表現出不充分的焊接金屬強度。由於比較例 22 的實芯焊絲的碳含量超過本發明所界定的範圍，所以它表現出不充分的焊接金屬的韌性。另外，因為該實芯焊絲具有小於本發明所界定範圍的 "A" 值，所以它具有增加的熱裂紋敏感性。

因為比較例 23 的實芯焊絲具有小於本發明所界定範圍的矽含量，所以焊接金屬表現出不充分的強度。該實芯焊絲在高速焊接中也表現出不良的焊珠形成性和具有小的焊邊直徑 ρ 。相反地，比較例 24 的實芯焊絲具有超過本發明所界定範圍的矽含量，從而表現出不充分的焊接金屬的韌性、粗的液滴和增加的濺射。比較例 25 的實芯焊絲具有小於本發明所界定範圍的錳含量和小於本發明所界定範圍的 "A" 值，從而表現出不充分的焊接金屬的強度和增加的熱裂紋敏感性。相反地，比較例 26 的實芯焊絲具有超過本發明所界定範圍的錳含量，從而表現出不充分的焊接金屬的韌性。

比較例 27 的實芯焊絲具有超過本發明所界定範圍的磷含量，從而表現出增加的熱裂紋敏感性。儘管比較例 28

的實芯焊絲具有低的熱裂紋敏感性，但是它具有小於本發明所界定範圍的硫含量，從而表現出高速焊接中不良的焊珠形成性和小的焊邊直徑 ρ 。相反地，即使比較例 29 的實芯焊絲中的其他元素的含量在本發明所界定範圍內，但是它具有超過本發明所界定範圍的硫含量和小於本發明所界定範圍的 "A" 值，從而表現出高的熱裂紋敏感性。比較例 30、32、34 和 35 的各個實芯焊絲都具有小於本發明所界定範圍的 "A" 值，從而表現出高的熱裂紋敏感性。

比較例 31 的實芯焊絲具有超過本發明所界定範圍的鈦含量，從而表現出粗的液滴、增加的濺射和增加的焊渣。同樣地，比較例 33 的實芯焊絲具有超過本發明所界定範圍的鋇含量，從而表現出粗的液滴、增加的濺射和增加的焊渣。比較例 36、37 和 38 的實芯焊絲不含有 Ti、Zr、La 和 Ce 中的任何一個，每個都具有小於本發明所界定範圍的 "A" 值，從而表現出高的熱裂紋敏感性。比較例 39 和 40 的實芯焊絲不含有 Ti、Zr、La 和 Ce，具有超過本發明所界定範圍的硫含量，從而表現出高的熱裂紋敏感性。

試驗例 2

下面將例示本發明第二具體例相關的試驗例 2。在本試驗例中，使用具有下表 5 所示組成的焊絲焊接薄鋼板。評量高速焊接的焊珠形成性、焊接金屬的機械性能、焊邊直徑 ρ 、塗佈性、熱裂紋敏感性和焊接加工性。表 5 的實芯焊絲的餘量為鐵和不可避免的雜質。

表 5

	No.	焊絲的化學組成 (質量%)										
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Nb	V	Al	B
實施例	1	0.022	0.93	1.22	0.006	0.057	0.062	-	-	-	-	-
	2	0.138	0.84	2.32	0.015	0.052	-	-	-	-	-	0.0089
	3	0.021	0.53	1.02	0.014	0.082	-	-	-	0.251	-	-
	4	0.085	1.44	2.08	0.005	0.071	-	-	-	-	0.155	-
	5	0.035	1.05	1.09	0.009	0.048	0.155	-	-	-	-	-
	6	0.035	0.88	1.55	0.003	0.062	-	-	0.032	-	-	-
	7	0.025	1.21	2.88	0.006	0.117	-	0.153	-	-	-	-
	8	0.067	0.89	1.32	0.021	0.022	-	-	-	0.005	-	-
	9	0.051	0.78	1.33	0.018	0.139	-	-	-	-	0.065	-
	10	0.071	0.95	1.25	0.005	0.064	-	0.030	-	-	-	-
	11	0.094	1.14	2.24	0.007	0.055	-	-	0.470	-	-	-
	12	0.081	1.08	2.42	0.012	0.068	-	-	-	-	-	0.0030
	13	0.112	1.31	1.91	0.019	0.036	0.005	-	-	0.151	-	-
	14	0.031	0.69	2.65	0.012	0.102	-	0.006	0.160	-	-	-
	15	0.126	1.08	1.58	0.013	0.055	0.035	-	-	-	0.010	-
	16	0.086	0.81	1.68	0.008	0.121	-	0.230	-	0.030	-	0.0098
	17	0.086	0.81	1.32	0.005	0.037	0.050	-	-	-	0.033	0.0070
	18	0.025	0.94	1.55	0.022	0.062	0.250	-	0.240	-	-	-
	19	0.030	1.25	2.00	0.016	0.084	-	0.260	0.035	-	0.260	-
	20	0.053	0.65	1.10	0.015	0.020	0.460	-	-	0.489	-	-
	21	0.022	1.49	2.02	0.015	0.034	-	-	0.060	-	-	0.0010
	22	0.024	1.02	1.43	0.014	0.045	-	0.052	-	0.055	-	-
	23	0.052	1.45	1.53	0.024	0.065	-	-	0.006	-	0.478	-
	24	0.088	1.20	2.00	0.010	0.055	0.032	0.488	-	-	-	-
	25	0.086	0.69	1.85	0.007	0.035	0.250	0.036	0.033	0.032	0.033	0.0012
比較例	26	0.031	0.73	2.53	0.010	0.052	-	-	-	-	-	-
	27	0.048	1.02	1.52	0.010	0.101	-	-	-	-	-	-
	28	0.031	1.23	1.02	0.010	0.130	-	-	-	-	-	-
	29	0.020	0.85	1.35	0.019	0.040	-	-	-	-	0.003	-
	30	0.080	1.20	1.60	0.013	0.070	-	-	-	-	0.007	-
	31	0.160	1.00	1.25	0.012	0.030	-	-	0.320	0.200	-	0.0040
	32	0.052	1.23	3.50	0.011	0.120	-	-	0.020	-	0.053	-
	33	0.083	2.00	1.53	0.010	0.085	-	0.410	-	0.085	-	-
	34	0.025	0.98	1.02	0.032	0.120	0.420	0.430	0.020	-	-	0.0012
	35	0.050	1.23	1.52	0.010	0.019	0.230	-	-	0.350	-	-
	36	0.032	1.01	1.82	0.020	0.005	-	-	-	-	0.023	0.0010
	37	0.053	1.20	1.53	0.010	0.065	0.650	-	-	-	-	-
	38	0.023	2.32	1.23	0.012	0.120	0.850	0.620	-	0.007	-	-
	39	0.102	1.00	1.56	0.010	0.070	0.050	-	-	-	0.850	-
	40	0.050	1.03	1.65	0.011	0.052	1.020	0.020	0.023	0.630	-	0.0005
	41	0.102	0.82	2.11	0.015	0.082	-	-	0.820	-	-	0.0050
	42	0.056	0.98	1.58	0.015	0.052	0.301	-	-	-	-	0.0200
	43	0.085	1.20	2.01	0.010	0.065	-	0.230	0.420	0.602	-	0.0120
	44	0.068	1.80	0.89	0.015	0.065	0.050	-	-	0.006	0.010	-
	45	0.030	1.32	1.50	0.010	0.160	-	-	-	-	-	-
	46	0.010	1.12	0.93	0.012	0.055	-	0.030	0.025	0.012	0.320	-
	47	0.190	0.42	2.62	0.010	0.110	0.030	-	-	-	-	0.0030
	48	0.065	0.45	2.02	0.030	0.032	0.120	-	0.045	-	0.325	-
	49	0.201	1.20	3.10	0.022	0.042	-	0.420	0.062	0.420	0.012	-
	50	0.014	1.32	1.11	0.032	0.098	-	0.330	-	0.250	-	0.0021

表 6

C	Si	Mn	P	S	餘 量
0.04	0.02	1.35	0.013	0.003	鐵 和 不 可 避 免 的 雜 質

接著敘述評量性能的方法。

焊接金屬的機械性能

根據日本工業標準 JIS Z 3121 中所規定的用於對接焊接接頭的抗張試驗方法和 JIS Z 3128 中所規定的用於焊接接頭的衝擊試驗方法測定焊接金屬的機械性能。在這些測試中，具有 560 N/mm^2 或更高的抗張強度以及於 -20°C 的測試溫度下在 Charpy 衝擊試驗中具有 100 J 或更高的吸收能量的樣品評定為 "良好"，具有小於 560 N/mm^2 的抗張強度或於 -20°C 的測試溫度下在 Charpy 衝擊試驗中具有小於 100 J 的吸收能量的樣品則評定為 "不合格"。

高速焊接的焊珠形成性

如下述評量高速焊接的焊珠形成性。具有表 6 的組成和 2.9 mm 厚度的高強度薄鋼板的樣品搭接接頭在 1.0 mm 的焊邊開口上，於 250 A 的焊接電流和 1.5 m/分鐘的焊接速度下，使用 80 體積 % Ar 和 20 體積 % CO_2 的氣體混合物作為保護氣，進行 MAG 脈衝焊接。沒有表現出諸如底切 (undercut)、鼓包焊珠、燒穿和穿透等缺陷並且能在整個焊接中搭接縫隙的樣品評定為 "良好"，具有缺陷的樣品則評定為 "不合格"。

焊接加工性

藉由使用高速攝像機觀察電弧穩定性和熔滴轉移 (droplet transfer) 的規則性，並測定離散的濺射的數量，以評價焊接加工性。在該程序中，使用 80 體積 % Ar 和 20 體積 % CO₂ 的氣體混合物作為保護氣，在 250 A 的焊接電流和 1.0 m/分鐘的焊接速度下進行無脈衝的 MAG 焊接。提供穩定的電弧、具有高的熔滴轉移規則性和產生少量濺射的樣品評定為 "良好"，電弧穩定性、熔滴轉移規則性和濺射數量中至少一者為不良的樣品則評定為 "不合格"。

塗佈性

在焊接後的電沈積塗佈步驟中，按照因焊渣剝離所導致的塗層分層的危險性來評量塗佈性。根據焊接後在焊珠表面上所形成的焊渣面積測定該危險性。在該程序中，使用 80 體積 % Ar 和 20 體積 % CO₂ 的氣體混合物作為保護氣，在 250 A 的焊接電流和 1.0 m/分鐘的焊接速度下進行無脈衝的 MAG 焊接。焊渣面積與焊珠表面積的比值小於 10 % 的樣品評定為 "良好"，該比值為 10 % 或更大的樣品則評定為 "不合格"。

魚骨形抗裂試驗

根據魚骨形抗裂試驗和下面所述之弧坑裂紋試驗的結果來評量焊接金屬的熱裂紋敏感性。

測試片取樣的位置如圖 2A 所示。參照圖 2A，將兩層作為基底金屬 11 的具有 20 mm 厚度的低碳鋼 SM490A，使用包含低碳鋼 SM490A 的襯墊金屬 13，以 45° 的斜角進行對接焊接。將得到的焊接接頭機械地切割成 5 mm 的厚度，從而得到用於魚骨形抗裂試驗的測試片 14，其具有 175 mm 的寬度、250 mm 的長度和 5 mm 的厚度。

接著，如圖 2B 所示，在測試片 14 的兩長邊的兩端以規則的間隔形成狹縫 15。狹縫 15 具有變化的長度，從短的一邊增加至另一邊，使得施加在熔融金屬上的熱變形（熱應力）隨狹縫的長度而連續地變化。具體地，在狹縫 15 具有小長度的短邊，熱變形大，在狹縫 15 具有大長度的另一短邊，熱變形小。將測試片 14 放在具有 750 mm 的寬度、500 mm 的長度和 25 mm 的厚度的銅板 16 上，於下表 7 的條件下進行 TIG 焊接，其中測試板盒移動。在該程序中，藉由在狹縫具有較短長度的板端施加靜態電弧約 5 秒鐘，以藉此充分地熔融板端和使板端熱變形，而於板端引起在冷卻過程中收縮/固化變形所產生的固化裂紋（熱裂紋）。接著，依照從發生裂紋的板端到狹縫具有較長長度的另一端之焊接方向 17 而進行焊接。根據裂紋從測試片 14 的板端開始延長多遠（多長）來評估耐熱裂紋性。裂紋的長度對應於熱變形，亦即熱裂紋敏感性。具體地，在焊接後進行顏色檢查，測定在焊珠 12 中形成的裂紋長度，確定裂紋長度與測試片長度的比值（裂紋比）。裂紋比為 5% 或更小的樣品評定為 "良好"，裂紋比超過 5% 的樣品則

評定為 "不 合 格"。

表 7

焊 接 方 法	TIG 板 上 焊 珠
保 護 氣 體	100% Ar, 20 升 / 分 鐘
焊 接 電 流	200 A
焊 接 速 度	30 cm / 分 鐘

弧 坑 裂 紋 試 驗

使用 SM490A 薄鋼板，在深 5 mm 和傾斜 90°斜角的 V 形凹槽上，於相同條件下用 MAG 焊接，斷續地形成約 70 mm 長的三條焊接焊珠。測定每個焊口表面上的裂紋總長度。測定裂紋長度與焊口的長度或直徑的比值，並使用三個焊口的該比值之平均值作為指數。平均裂紋比為 15% 或更小的樣品評定為 "良好"，而平均裂紋比超過 15% 的樣品則評定為 "不 合 格"。

焊 邊 直 徑 ρ

為了方便起見，測定焊邊直徑 ρ 以作為焊接接頭的疲勞強度的指數，因為隨著焊邊直徑 ρ 增加，應力集中乃減緩，而疲勞強度則改善。具體地，使用 80 體積 % Ar 和 20 體積 % CO₂ 的氣體混合物作為保護氣，在 250 A 的焊接電流和 1.5 m/分鐘的焊接速度下，根據水平搭腳焊接，對具有表 6 的組成和 2.9 mm 厚度的高強度薄鋼板的搭接 (lap

joint) 進行 MAG 脈衝焊接。然後測定如圖 1 所示的焊邊直徑 ρ 。焊邊直徑 ρ 為 0.3 mm 或更大的樣品評定為 "良好"，焊邊直徑 ρ 小於 0.3 mm 的樣品則評定為 "不合格"。上述評定的結果顯示於下表 8 中。

表 8

	序 號	焊接金 屬的機 械性能	高速焊接 的焊珠形 成性	焊接加 工性	塗佈性	魚骨形裂紋試驗		弧坑裂紋試驗		焊邊直徑p	
						裂紋比 (%)	評定	裂紋比 (%)	評定	焊邊直徑 (mm)	評定
實 施 例	1	良好	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.53	良好
	2	良好	良好	良好	良好	3.5	良好	4.1	良好	0.41	良好
	3	良好	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.36	良好
	4	良好	良好	良好	良好	1.5	良好	0	良好	0.63	良好
	5	良好	良好	良好	良好	0	良好	2.2	良好	0.41	良好
	6	良好	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.59	良好
	7	良好	良好	良好	良好	3.4	良好	8.5	良好	0.78	良好
	8	良好	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.31	良好
	9	良好	良好	良好	良好	3.5	良好	6.1	良好	0.82	良好
	10	良好	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.53	良好
	11	良好	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.59	良好
	12	良好	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.45	良好
	13	良好	良好	良好	良好	2.5	良好	5.2	良好	0.33	良好
	14	良好	良好	良好	良好	0	良好	2.3	良好	0.63	良好
	15	良好	良好	良好	良好	3.9	良好	5.5	良好	0.41	良好
	16	良好	良好	良好	良好	2.2	良好	4.5	良好	0.88	良好
	17	良好	良好	良好	良好	1.2	良好	0	良好	0.33	良好
	18	良好	良好	良好	良好	0	良好	5.6	良好	0.54	良好
	19	良好	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.59	良好
	20	良好	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.31	良好
	21	良好	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.35	良好
	22	良好	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.38	良好
	23	良好	良好	良好	良好	2.5	良好	8.9	良好	0.51	良好
	24	良好	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.49	良好
	25	良好	良好	良好	良好	0	良好	0	良好	0.31	良好
比 較 例	26	不合格	良好	良好	良好	10.3	不合格	14.3	良好	0.43	良好
	27	不合格	良好	良好	良好	15.2	不合格	20.3	不合格	0.56	良好
	28	不合格	良好	良好	良好	20.1	不合格	35.5	不合格	0.85	良好
	29	良好	良好	良好	良好	9.3	不合格	14.3	良好	0.40	良好
	30	不合格	良好	良好	良好	14.2	不合格	15.5	不合格	0.55	良好
	31	不合格	良好	不合格	不合格	6.7	不合格	16.0	不合格	0.33	良好
	32	不合格	不合格	良好	不合格	4.3	良好	14.2	良好	0.84	良好
	33	不合格	不合格	不合格	不合格	4.0	良好	10.2	良好	0.69	良好
	34	良好	良好	良好	良好	8.9	不合格	20.5	不合格	0.53	良好
	35	良好	不合格	良好	良好	0.0	良好	0.0	良好	0.18	不合格
	36	良好	不合格	良好	良好	0.0	良好	0.0	良好	0.23	不合格
	37	良好	不合格	不合格	良好	0.0	良好	0.0	良好	0.59	良好
	38	良好	不合格	不合格	良好	3.5	良好	10.9	良好	0.82	良好
	39	良好	不合格	不合格	良好	0.0	良好	0.0	良好	0.68	良好
	40	良好	不合格	不合格	良好	0.0	良好	0.0	良好	0.45	良好
	41	良好	不合格	不合格	良好	3.2	良好	17.5	不合格	0.68	良好
	42	良好	良好	良好	良好	6.3	不合格	15.3	不合格	0.35	良好
	43	良好	不合格	不合格	良好	4.5	不合格	18.0	不合格	0.38	良好
	44	不合格	良好	不合格	不合格	5.5	不合格	20.3	不合格	0.43	良好
	45	不合格	良好	良好	良好	21.1	不合格	35.5	不合格	0.84	良好
	46	不合格	良好	不合格	良好	4.3	不合格	5.5	良好	0.35	良好
	47	不合格	不合格	不合格	不合格	20.2	不合格	43.3	不合格	0.23	不合格
	48	不合格	不合格	良好	良好	5.5	不合格	10.3	良好	0.21	不合格
	49	不合格	不合格	不合格	不合格	6.3	不合格	15.5	不合格	0.35	良好
	50	不合格	良好	良好	良好	5.6	不合格	16.3	不合格	0.69	良好

這些結果顯示實施例 1 至 25 的實芯焊絲具有本發明所界定範圍的組成，而在所有的評定上都是優異的。相反地，比較例 26 至 50 的實芯焊絲具有本發明所界定範圍之外的組成，而在高速焊接的焊珠形成性、焊接金屬的機械性能、焊邊直徑 ρ 、熱裂紋敏感性、塗佈性和焊接加工性中的至少一者上是不良的。

具體而言，表 8 顯示具有本發明所界定範圍之組成的實施例 1 至 25 的實芯焊絲在所有的評定上都是優異的。相反地，比較例 26 至 50 的實芯焊絲具有本發明所界定範圍之外的組成，而在高速焊接的焊珠形成性、焊接金屬的機械性能、焊邊直徑 ρ 、塗佈性、熱裂紋敏感性和焊接加工性中的至少一者上是不良的。

比較例 26 至 30 的實芯焊絲不含有 Cr、Ni、Nb、V、Al 和 B 中的任何一者，或者雖含有這些元素中的任何一者但其含量小於本發明所界定的範圍，從而焊接金屬顯現出增加的熱裂紋敏感性和不充分的強度和韌性。比較例 31 的實芯焊絲具有過高的碳含量，從而顯現不足的焊接金屬的韌性和增加的熱裂紋敏感性。其也顯現出粗的液滴、增加的濺射和導致不良塗佈性的大量焊渣。比較例 32 的實芯焊絲具有過高的錳含量，從而顯現不足的焊接金屬的韌性、高速焊接中產生鼓包焊珠以及無法形成正常焊珠。其亦導致大量的焊渣，而顯現不良的塗佈性。比較例 33 的實芯焊絲具有過高的矽含量，從而顯現不足的焊接金屬的韌性、粗的液滴和增加的濺射。其亦導致大量的焊渣，從

而顯現不良的塗佈性。比較例 34 的實芯焊絲具有過高的磷含量，而顯現高的熱裂紋敏感性。

比較例 35 和 36 的實芯焊絲具有過低的硫含量，儘管顯示低的熱裂紋敏感性，但是在高速焊接中顯現出不良的焊珠形成性和小的焊邊直徑。比較例 37 至 40 的實芯焊絲中含有 Cr、Ni、V 和 Al 中至少一者的含量過高，因而既昂貴且在高速焊接中產生鼓包焊珠。其亦顯現粗的液滴和大量的濺射。比較例 41 的實芯焊絲具有過高的鈮含量，因而顯現高的熱裂紋敏感性、昂貴、且在高速焊接中產生鼓包焊珠。其亦顯示粗的液滴和造成大量的濺射。比較例 42 的實芯焊絲具有過高的硼含量，從而顯示高的熱裂紋敏感性。比較例 43 的實芯焊絲具有過高的硼和鈳含量，從而顯示高的熱裂紋敏感性、昂貴、且在高速焊接中產生鼓包焊珠。其亦顯現粗的液滴和造成大量的濺射。

比較例 44 的實芯焊絲具有過高的矽含量和過低的錳含量，從而顯示不足的焊接金屬強度、粗的液滴和增加的濺射。其亦在高速焊接中導致鼓包焊珠和大量的焊渣，且顯示不良的塗佈性和高的熱裂紋敏感性。比較例 45 的實芯焊絲具有過高的硫含量，從而焊接金屬顯現不足的強度和韌性以及高的熱裂紋敏感性。比較例 46 的實芯焊絲具有過低的碳和錳含量，從而焊接金屬顯現不足的強度和高的熱裂紋敏感性。比較例 47 的實芯焊絲具有過高的碳含量和過低的矽含量，從而焊接金屬具有不充分的韌性和增加的熱裂紋敏感性。其亦顯現不良的焊珠一致性、小的焊

邊直徑、導致粗的液滴、增加的濺射和大量的焊渣，並顯示不良的塗佈性。比較例 48 的實芯焊絲具有過低的矽含量和過高的磷含量，從而焊接金屬顯示不足的強度、不良的焊珠一致性、小的焊邊直徑和高的熱裂紋敏感性。

比較例 49 的實芯焊絲具有過高的碳和錳含量，從而焊接金屬顯現出過高的強度和不良的韌性。其亦在高速焊接中導致鼓包焊珠，從而無法形成正常的焊珠，且顯現粗的液滴、增加的濺射、大量的焊渣、不良的塗佈性和高的熱裂紋敏感性。對較比例 50 的實芯焊絲具有過低的碳含量和過高的磷含量，從而顯現出不足的焊接金屬強度和高的熱裂紋敏感性。

【圖式簡單說明】

圖 1 是搭腳焊接接頭之焊接的焊邊之圖；和

圖 2A 是表示測試片取樣位置的截面圖，圖 2B 是顯示如何製備魚骨形抗裂試驗的測試片的平面圖。

【主要元件之符號說明】

1a：基底金屬(下面的片)，1b：基底金屬(上面的片)

2：焊珠，11：基底金屬，12：焊珠

13：襯墊金屬，14：測試片，15：狹縫

16：銅板，17：焊接方向

五、中文發明摘要

發明之名稱：供氣體保護式弧焊所用之實芯焊絲

一種用於氣體保護式弧焊的實芯焊絲，以所述實芯焊絲的總質量為基礎，含有 0.03~0.15 質量%的碳、0.50~1.50 質量%的矽、1.00~3.00 質量%的錳、0.020~0.150 質量%的硫和選自：0.01~0.20 質量%的鈦、0.01~0.20 質量%的鋯、0.01~0.05 質量%的鐳和 0.01~0.05 質量%的鈾所組成族群中的至少一者；餘量為鐵和不可避免的雜質。在 0.6~10 mm 厚的薄鋼板焊接中，這種實芯焊絲甚至可以在 1.0 m/分鐘或更高的高速焊接中也能穩定地形成焊珠並得到具有低的熱裂紋敏感性和優異的疲勞強度、抗張強度和韌性的焊接接頭。

六、英文發明摘要

發明之名稱：SOLID WIRES FOR GAS-SHIELDED ARC WELDING

A solid wire for gas-shielded arc welding contains, on the basis of total mass of the wire, 0.03 to 0.15 percent by mass of carbon, 0.50 to 1.50 percent by mass of silicon, 1.00 to 3.00 percent by mass of manganese, 0.020 to 0.150 percent by mass of sulfur, and at least one selected from the group consisting of 0.01 to 0.20 percent by mass of titanium, 0.01 to 0.20 percent by mass of zirconium, 0.01 to 0.05 percent by mass of lanthanum, and 0.01 to 0.05 percent by mass of cerium, with the remainder being iron and inevitable impurities. This solid wire can stably form beads even in high-speed welding at 1.0 m/min. or more and can yield welded joints having low hot-crack susceptibility and excellent fatigue strength, tensile strength and toughness in welding of steel sheets 0.6 to 10 mm thick.

(1)

十、申請專利範圍

1. 一種用於氣體保護式弧焊的實芯焊絲，其包含：

以該焊絲的總質量為基礎，

0.03 至 0.15 質量 % 的碳 (C) ；

0.50 至 1.50 質量 % 的矽 (Si) ；

1.00 至 3.00 質量 % 的錳 (Mn) ；

0.020 至 0.150 質量 % 的硫 (S) ；和

選自：0.01 至 0.20 質量 % 的鈦 (Ti)、0.01 至 0.20 質量 % 的鋯 (Zr)、0.01 至 0.05 質量 % 的鐳 (La)、和 0.01 至 0.05 質量 % 的鈰 (Ce) 所組成族群中的至少一者；

餘量為鐵和不可避免的雜質，

其中，作為不可避免的雜質的磷 (P) 的含量為 0.025 質量 % 或更低，並且

其中根據下列方程式確定的 "A" 值為 100 或更大；

$$A = \frac{[Mn] + 20 \times [Ti] + 25 \times [Zr] + 50 \times [La] + 50 \times [Ce]}{[S]}$$

其中 [Mn]、[Ti]、[Zr]、[La]、[Ce] 和 [S] 分別表示焊絲的 Mn、Ti、Zr、La、Ce、和 S 含量 (質量 %)。

2. 如申請專利範圍第 1 項之用於氣體保護式弧焊的實芯焊絲，其具有 1.50 質量 % 或更高的錳 (Mn) 含量。

3. 如申請專利範圍第 1 項之用於氣體保護式弧焊的實芯焊絲，其具有 0.040 質量 % 或更高的硫 (S) 含量。

4. 一種用於氣體保護式弧焊的實芯焊絲，其包含：
以該焊絲的總質量為基礎，

(2)

0.02 至 0.15 質量 % 的碳 (C) ；

0.50 至 1.50 質量 % 的矽 (Si) ；

1.00 至 3.00 質量 % 的錳 (Mn) ；

0.020 至 0.150 質量 % 的硫 (S) ；

0.005 至 0.5 質量 % 的鈮 (Nb) ；和

選自：0.005 至 0.5 質量 % 的釩 (V) 、0.010 至 0.5 質量 % 的鋁 (Al) 、0.005 至 0.5 質量 % 的鉻 (Cr) 、0.005 至 0.5 質量 % 的鎳 (Ni) 、和 0.0010 至 0.0100 質量 % 的硼 (B) 所組成族群中的至少一者；

餘量為鐵和不可避免的雜質，

其中作為不可避免的雜質的磷 (P) 的含量為 0.025 質量 % 或更低。

5. 一種進行氣體保護式弧焊的方法，其包含利用申請專利範圍第 1 項的實芯焊絲焊接厚度 0.6 至 10 mm 的低碳鋼或高強度薄鋼板的步驟。

圖 1

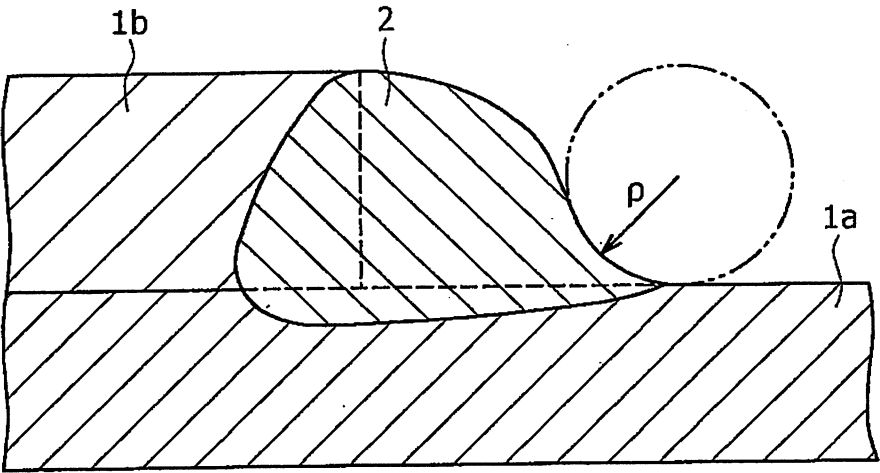


圖 2 A

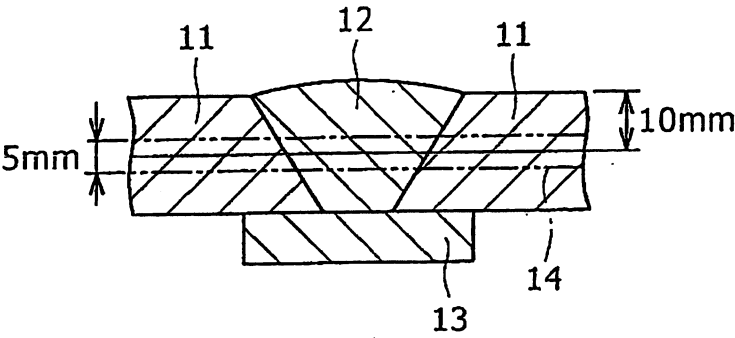
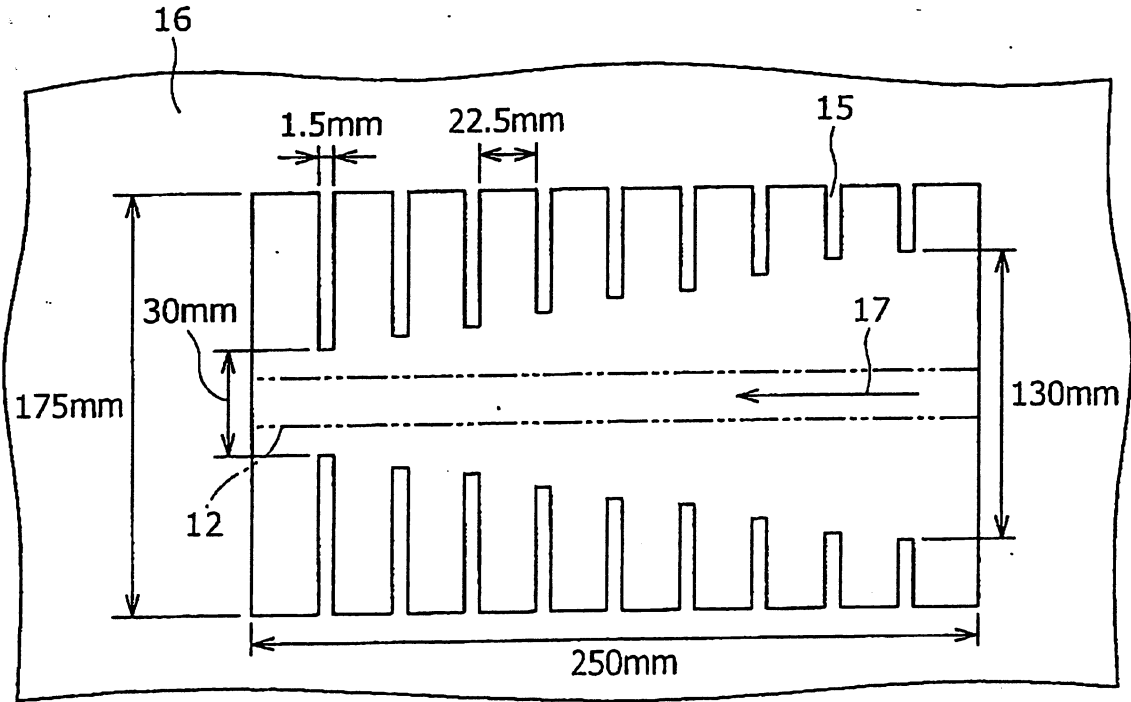


圖 2 B



七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：無

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：無

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無