



I866500

【發明摘要】

【中文發明名稱】

實心焊線及熔接接頭之製造方法

【英文發明名稱】

SOLID WIRE AND METHOD OF MANUFACTURING WELDED JOINT

【中文】

本發明之實心焊線，係潛弧熔接用之實心焊線；以相對於前述實心焊線總質量之質量%計，前述實心焊線之化學成分為：C：0~0.650%、Si：0.03~0.50%、Mn：4.1~30.0%、P：0~0.050%、S：0~0.050%、Cu：0~5.0%、Ni：1.0~30.0%、Cr：0~10.0%、Mo：0~10.0%、Nb：0~1.00%、V：0~1.00%、Co：0~1.00%、Pb：0~1.00%、Sn：0~1.00%、Al：0~0.10%、Ti：0~0.10%、B：0~0.1000%、N：0~0.5000%、O：0~0.0050%以及剩餘部分：Fe 及不純物，且(Mn+Ni)為 5.0%以上，(Mn+Ni+Cr)為 15.0%以上；並且，該實心焊線之 fcc 比率為 70%以上。

【指定代表圖】 (無)

【代表圖之符號簡單說明】

(無)

【特徵化學式】

(無)

【發明說明書】

【中文發明名稱】

實心焊線及熔接接頭之製造方法

【英文發明名稱】

SOLID WIRE AND METHOD OF MANUFACTURING WELDED JOINT

【技術領域】

【0001】 本揭示涉及實心焊線及熔接接頭之製造方法。

【先前技術】

【0002】 近年來，由於地球暖化問題而引致加強限制二氧化碳排放量，因此，與石油及煤碳等相比無排放二氧化碳之氫燃料、以及排放較少二氧化碳之天然氣等的需求益發高漲。隨之，建造可於船舶或陸地上等使用之液態氫槽、液態碳酸氣體槽及LNG槽等的需求在全世界亦益發高漲。基於確保在-196°C之極低溫下的韌性之要求，在用於液態氫槽、液態碳酸氣體槽及LNG槽等之鋼材上係使用包含6~9%Ni之Ni系低溫用鋼。

而且，在該等Ni系低溫用鋼之熔接上，係使用可獲得優異低溫韌性之熔接金屬的沃斯田鐵系焊線。該焊線主要按Ni含量為70%來設計。

【0003】 例如，作為Ni含量70%之焊線，專利文獻1中揭示了「一種焊線，其將Ni基合金作為外皮；該焊線中，Ni含量為35~70%，且相對於焊線總質量，於助焊劑中包含以總量計為4.0質量%以上之TiO₂、SiO₂及ZrO₂，進一步包含以MnO₂換算計為0.6~1.2質量%之Mn氧化物，且令TiO₂、SiO₂、ZrO₂及MnO₂(換算量)之含量以質量%計分別為[TiO₂]、[SiO₂]、[ZrO₂]及[MnO₂]時，[TiO₂]/[ZrO₂]為2.3~3.3，[SiO₂]/[ZrO₂]為0.9~1.5及([TiO₂]+[SiO₂]+[ZrO₂])/[MnO₂]為5~13」。

【0004】 專利文獻1：日本專利特開2008-246507號公報

【發明內容】

【0005】發明欲解決之課題

然而，用以確保熔接金屬之低溫韌性且按Ni含量為70%所設計的焊線，其價格非常昂貴，而有價格低廉之焊線的需求。

已知價格昂貴之Ni可作為沃斯田鐵穩定化元素，但價格低廉的Mn也具有相同效果。因此，若減低Ni含量且提高Mn含量，價格便會低廉且可獲得低溫韌性優異之熔接金屬。然而，若只提高Mn，韌性便會劣化而無法確保機械特性。

【0006】於是，本發明之課題在於提供一種潛弧熔接用之實心焊線、及使用有該實心焊線的熔接接頭之製造方法，該實心焊線係價格低廉且可獲得低溫韌性優異之熔接金屬者。

【0007】用以解決課題之手段

用以解決課題之手段包含下列態樣。

<1>一種實心焊線，係潛弧熔接用之實心焊線；

以相對於前述實心焊線總質量之質量%計，前述實心焊線之化學成分為：

C：0~0.650%、

Si：0.03~0.50%、

Mn：4.1~30.0%、

P：0~0.050%、

S：0~0.050%、

Cu：0~5.0%、

Ni：1.0~30.0%、

Cr：0~10.0%、

Mo：0~10.0%、

Nb：0~1.00%、

V：0~1.00%、

Co : 0~1.00%、

Pb : 0~1.00%、

Sn : 0~1.00%、

Al : 0~0.10%、

Ti : 0~0.10%、

B : 0~0.1000%、

N : 0~0.500%、

O : 0~0.0050%以及

剩餘部分：Fe及不純物，且

前述Mn含量及前述Ni含量之合計(Mn+Ni)為5.0%以上，

前述Mn含量、前述Ni含量及前述Cr含量之合計(Mn+Ni+Cr)為15.0%以上；

並且，

該實心焊線之藉由磁感應法所求出之fcc比率為70%以上。

<2>如<1>之實心焊線，其中前述Ni含量相對於前述Mn含量之質量比(Ni/Mn)為0.10以上。

<3>如<2>之實心焊線，其中前述質量比(Ni/Mn)為1.00以上。

<4>如<1>至<3>中任一項之實心焊線，其中前述Ti含量為Ti : 0.003~0.10%。

<5>一種熔接接頭之製造方法，具備：使用如<1>至<4>中任一項之實心焊線將鋼材進行潛弧熔接之步驟。

【0008】發明效果

根據本揭示，可提供一種潛弧熔接用之實心焊線、及使用有該實心焊線的熔接接頭之製造方法，該實心焊線係價格低廉且可獲得低溫韌性優異之熔接金屬者。

【實施方式】

【0009】 用以實施發明之形態

說明作為本揭示之一例的實施形態。

此外，於本說明書中，使用「~」來表示之數值範圍，在「~」前後所記載之數值未附有「大於」及「小於」的情況下，該數值範圍意指包含該等數值作為下限值及上限值之範圍。又，在「~」前後所記載之數值附有「大於」或「小於」時，數值範圍意指不包含該等數值作為下限值或上限值之範圍。

在本說明書中，於階段性記載之數值範圍中，某階段性之數值範圍的上限值可置換為其他階段性記載之數值範圍的上限值，又，亦可置換為實施例所示之值。另外，某階段性之數值範圍的下限值可置換為其他階段性記載之數值範圍的下限值，又，亦可置換為實施例所示之值。

又，關於含量，「%」意指「質量%」。

作為含量(%), 「0~」意指該成分為任意成分，可不含。

【0010】 <實心焊線>

關於本揭示實心焊線，焊線之化學成分為預定組成。

本揭示實心焊線藉由上述構成，可成為價格低廉且可獲得低溫韌性優異之熔接金屬的潛弧熔接用之焊線。

而且，本揭示實心焊線係根據下列知識見解而被發現。

【0011】 發明人等研究了獲得下述潛弧熔接用之焊線的技術，該焊線係即便減低Ni含量且提高Mn含量，仍能提升熔接金屬之低溫韌性者。其結果，獲得了下列知識見解。

為了確保低溫韌性，宜將熔接金屬之組織製成沃斯田鐵單相。Ni與Mn皆為沃斯田鐵穩定化元素。然而，若過度減少Ni或過度增加Mn，積層缺陷能便會變低而韌性劣化。於是，透過了控制Ni及Mn的含量來防止積層缺陷能降低。藉此，即便減低整個焊線中之Ni含量且提高Mn含量，仍可獲得低溫韌性優異之熔接金

屬。

根據以上之知識見解發現，本揭示潛弧熔接用之實心焊線為價格低廉且可獲得低溫韌性優異之熔接金屬的焊線。

【0012】於以下，具體說明構成本揭示實心焊線之要件(亦包含任意要件的要件)的限定理由。

此外，本揭示潛弧熔接用之實心焊線會藉由潛弧熔接而與供於熔接之一部分鋼材或助焊劑一起熔融，並在凝固後成為熔接金屬。

【0013】(實心焊線之化學成分)

於以下，說明本揭示實心焊線之化學成分。

此外，在說明實心焊線之化學成分時，關於「%」只要沒有特別說明，即指「相對於實心焊線之總質量的質量%」。

另外，本揭示實心焊線若於外表面具有鍍敷層，則實心焊線之化學成分亦包含鍍敷層之化學成分。

【0014】本揭示實心焊線之化學成分為：

C：0~0.650%、

Si：0.03~0.50%、

Mn：4.1~30.0%、

P：0~0.050%、

S：0~0.050%、

Cu：0~5.0%、

Ni：1.0~30.0%、

Cr：0~10.0%、

Mo：0~10.0%、

Nb：0~1.0%、

V：0~1.0%、

Co：0~1.0%、

Pb：0~1.0%、

Sn：0~1.0%、

Al：0~0.10%、

Ti：0~0.10%、

B：0~0.1000%、

N：0~0.500%、

O：0~0.0050%以及

剩餘部分：Fe及不純物，且

前述Mn含量及前述Ni含量之合計(Mn+Ni)為5.0%以上，

前述Mn含量、前述Ni含量及前述Cr含量之合計(Mn+Ni+Cr)為15.0%以上；

並且，

該實心焊線之藉由磁感應法所求出之fcc比率為70%以上。

【0015】 (C：0~0.650%)

C係會產生焊濺的元素。在減低焊濺方面，焊線之C含量越低越有利。又，C亦為填隙型固溶強化元素。若焊線之C含量過多，焊線會變硬且芯線加工會變得困難。而且焊濺的情形亦會增大。

因此，焊線之C含量設為0~0.650%。

然而，為了令焊線之C含量為0%，脫C成本便會提高。另外，會有焊線之C含量不足以致熔接金屬強度不足之虞。因此，焊線之C含量下限可設為0.003%、0.005%或0.008%。

焊線之C含量上限宜為0.600%、0.500%、0.400%、0.300%、0.200%、小於0.200%、0.190%、0.180%、0.150%或0.120%。

【0016】 (Si : 0.03~0.50%)

Si係脫氧元素。若焊線之Si含量過低，焊線之P含量便會增加。

另一方面，Si對沃斯田鐵相之固溶度低，含有越大量的Si，在高溫下越會生成金屬間化合物、 δ 肥粒鐵等脆化相，而高溫延性劣化。

因此，焊線之Si含量設為0.03~0.50%。

焊線之Si含量下限宜為0.04%、0.05%或0.08%。

焊線之Si含量上限宜為小於0.50%、0.48%、0.45%、0.40%、0.35%、0.30%或0.20%。

【0017】 (Mn : 4.1~30.0%)

若添加過多Mn，則積層缺陷能會降低而韌性劣化。

另一方面，Mn為沃斯田鐵穩定化元素。焊線之Mn含量若過低，熔接金屬之沃斯田鐵化就變得難以進行，而低溫韌性劣化。

因此，焊線之Mn含量設為4.1~30.0%。

焊線之Mn含量下限宜為4.2%、5.0%、大於5.0%、5.2%、大於6.0%、6.2%、7.0%、大於7.0%、7.2%、大於10.0%或為10.2%。

焊線之Mn含量上限宜為28.0%、26.0%、25.0%、23.0%、21.0%、20.0%、19.0%、18.0%、16.8%、15.0%、14.8%或12.0%。

【0018】 (P : 0~0.050%)

P係不純物元素，其會使熔接金屬之韌性降低，因此宜極力減低焊線之P含量。因此，焊線之P含量下限設為0%。然而，從減低脫P成本的觀點，焊線之P含量宜為0.003%以上。

另一方面，若焊線之P含量為0.050%以下，P對韌性之不良影響便會在可容許的範圍內。

因此，焊線之P含量設為0~0.050%

為了有效抑制熔接金屬之韌性降低，焊線之P含量宜為0.040%以下、0.030%以下、0.020%以下、0.015%以下或0.010%以下。

【0019】 (S：0~0.050%)

S係不純物元素，其會使熔接金屬之韌性降低，因此宜極力減低焊線之S含量。因此，焊線之S含量下限設為0%。然而，從減低脫S成本的觀點，焊線之S含量宜為0.003%以上。

另一方面，若焊線之S含量為0.050%以下，S對韌性之不良影響便會在可容許的範圍內。

因此，焊線之S含量設為0~0.050%。

為了有效抑制熔接金屬之韌性降低，焊線之S含量宜為0.040%以下、0.030%以下、0.020%以下、0.015%以下或0.010%以下。

【0020】 (Cu：0~5.0%)

Cu係析出強化元素，可使其含有於焊線中來提升熔接金屬強度。另外，Cu為沃斯田鐵穩定化元素，亦可使其含有於焊線中來提升熔接金屬之低溫韌性。另一方面，若焊線之Cu含量過多，上述效果便會飽和。又，若焊線之Cu含量過多，焊線會變硬且芯線加工會變得困難。

因此，焊線之Cu含量設為0~5.0%。

焊線之Cu含量下限宜為0.3%、0.5%或0.7%。

焊線之Cu含量上限宜為4.5%、4.0%或3.5%。

【0021】 (Ni：1.0~30.0%)

Ni係沃斯田鐵穩定化元素。焊線之Ni含量若過低，熔接金屬之沃斯田鐵化就變得難以進行，而低溫韌性劣化。

另一方面，若增加焊線之Ni含量，則焊線成本會變高。

因此，焊線之Ni含量設為1.0~30.0%。

焊線之Ni含量下限宜為2.0%、3.0%、3.2%、3.6%、3.7%、4.2%、4.7%、5.0%、5.2%、大於6.0%、6.2%、7.0%、大於8.0%或為8.2%。

焊線之Ni含量上限宜為28.0%、26.0%、24.0%、22.0%、20.0%、19.0%、18.0%、15.0%或12.0%。

【0022】 (Cr：0~10.0%)

Cr為沃斯田鐵穩定化元素，可使其含有於焊線中來提升熔接金屬之低溫韌性。

另一方面，若焊線之Cr含量過多，於焊線中便會形成麻田散鐵組織，且芯線加工會變得困難。另外，若焊線之Cr含量過多，熔融金屬中之低熔點化合物的量會增大，而且熔融金屬之固液共存溫度範圍會擴大，因而變得容易產生高溫破裂。

因此，焊線之Cr含量設為0~10.0%。

焊線之Cr含量下限宜為0.01%、0.02%、1.0%、2.0%或3.0%。

焊線之Cr含量上限宜為9.0%、8.0%、小於8.0%、7.8%、7.0%、小於6.0%、5.8%或4.8%。

【0023】 (Mo：0~10.0%)

Mo係析出強化元素，可使其含有於焊線中來提升熔接金屬強度。另一方面，若焊線之Mo含量過多，焊線會變硬且芯線加工會變得困難。另外，若焊線之Mo含量過多，熔接金屬強度會變得過強且低溫韌性會降低。

因此，焊線之Mo含量設為0~10.0%。

焊線之Mo含量下限宜為1.0%、2.0%或3.0%。

焊線之Mo含量上限宜為9.0%、8.0%或7.0%。

【0024】 (Nb：0~1.00%)

Nb係會在熔接金屬中形成碳化物且會使熔接金屬強度上升的元素，因此亦

可使其含有於焊線中。

另一方面，若焊線之Nb含量過多，焊線會變硬且芯線加工會變得困難。另外，若焊線之Nb含量過多，會有產生熔接金屬之高溫破裂之虞。

因此，焊線之Nb含量設為0~1.00%。

焊線之Nb含量下限宜為0.01%、0.05%、0.1%、0.15%或0.2%。

焊線之Nb含量上限宜為0.95%、0.90%、0.85%或0.80%。

【0025】 (V：0~1.00%)

V係會在熔接金屬中形成碳氮化物且會使熔接金屬強度上升的元素，因此亦可使其含有於焊線中。

另一方面，若焊線之V含量過多，焊線會變硬且芯線加工會變得困難。另外，若焊線之V含量過多，則可能會產生熔接金屬之高溫破裂。

因此，焊線之V含量設為0~1.00%。

焊線之V含量下限宜為0.01%、0.05%、0.1%、0.15%或0.20%。

焊線之V含量上限宜為0.95%、0.90%、0.85%或0.80%。

【0026】 (Co：0~1.00%)

Co係可透過固溶強化使熔接金屬強度上升的元素，因此可使其含有於焊線中。

另一方面，若焊線之Co含量過多，焊線會變硬且芯線加工會變得困難。另外，若焊線之Co含量過多，則熔接金屬的延性會降低且無法確保韌性。

因此，焊線之Co含量設為0~1.00%。

焊線之Co含量下限宜為0.01%、0.05%、0.1%、0.15%或0.20%。

焊線之Co含量上限宜為0.95%、0.90%、0.85%或0.80%。

【0027】 (Pb：0~1.00%)

Pb具有下述效果：使作為母材之鋼材與熔接金屬之間的焊趾成形性提升，而

使熔接金屬之切削性提升；因此可使其含有於焊線中。

另一方面，若焊線之Pb含量過多，則電弧狀態會劣化而使焊濺增大。

因此，焊線之Pb含量設為0~1.00%。

焊線之Pb含量下限宜為0.01%、0.05%、0.1%、0.15%或0.20%。

焊線之Pb含量上限宜為0.95%、0.90%、0.85%或0.80%。

【0028】 (Sn：0~1.00%)

Sn係可使熔接金屬之耐蝕性提升的元素，因此可使其含有於焊線中。

另一方面，若焊線之Sn含量過多，會有在熔接金屬產生破裂之虞。

因此，焊線之Sn含量設為0~1.00%。

焊線之Sn含量下限宜為0.01%、0.05%、0.1%、0.15%或0.20%。

焊線之Sn含量上限宜為0.95%、0.90%、0.85%或0.80%。

【0029】 (Al：0~0.10%)

Al係脫氧元素，可使其含有於焊線中來抑制熔接缺陷及提升熔接金屬之潔淨度。

另一方面，若焊線之Al含量過多，在焊線中便會生成粗大夾雜物，且芯線加工會變得困難。另外，若焊線之Al含量過多，則Al會在熔接金屬中形成氮化物或氧化物，而熔接金屬之低溫韌性可能會降低。

因此，焊線之Al含量設為0~0.10%。

焊線之Al含量下限宜為0.01%、0.02%或0.03%。

焊線之Al含量上限宜為0.09%、0.08%或0.07%。

【0030】 (Ti：0~0.10%)

Ti係脫氧元素，可使其含有於焊線中來抑制熔接缺陷及提升熔接金屬之潔淨度。

另一方面，若焊線之Ti含量過多，在焊線中便會生成粗大夾雜物，且芯線加

工會變得困難。另外，若焊線之Ti含量過多，於熔接金屬中便會生成碳化物，而可能會使熔接金屬之韌性劣化。

因此，焊線之Ti含量設為0~0.10%。

焊線之Ti含量下限宜為0.003%、0.01%、0.02%或0.03%。

焊線之Ti含量上限宜為0.09%、0.08%、0.07%或0.05%。

【0031】 (B：0~0.1000%)

B係沃斯田鐵穩定化元素，亦為填隙型固溶強化元素，可使其含有於焊線中來提升熔接金屬之低溫韌性及強度。

另一方面，若焊線之B含量過多，焊線會變硬且芯線加工會變得困難。又，若焊線之B含量過多，便會析出 $M_{23}(C,B)_6$ ，進而會成為韌性劣化的原因。

因此，焊線之B含量設為0~0.1000%。

焊線之B含量下限宜為0.0005%、0.0010%或0.0020%。

焊線之B含量上限宜為0.0800%、0.0500%或0.0100%。

【0032】 (N：0~0.500%)

N係沃斯田鐵穩定化元素，亦為填隙型固溶強化元素，可使其含有於焊線中來提升熔接金屬之低溫韌性及強度。

另一方面，若焊線之N含量過多，焊線會變硬且芯線加工會變得困難。另外，若焊線之N含量過多，產生吹疵的情形會增大，進而會成為熔接缺陷的原因。

因此，焊線之N含量設為0~0.500%。

焊線之N含量下限宜為0.0001%、0.0002%或0.0004%。

焊線之N含量上限宜為0.400%、0.200%、0.100%、0.050%或0.020%。

【0033】 (O：0~0.0050%)

O會有作為不純物被含有於焊線中的情況。然而，若O含量變得過多，便會招致熔接金屬中之韌性及延性劣化，因此，焊線之O含量上限設為0.0050%以下。

焊線之O含量上限宜為0.0040%或0.0030%。

另一方面，從抑制因減低O含量所致之製造成本上升的觀點，焊線之O含量下限宜為0.0003%或0.0005%。

【0034】 (剩餘部分：Fe及不純物)

焊線之化學成分中的其他剩餘部分成分為Fe及不純物。

所謂的不純物，意指在工業上製造焊線時，因譬如礦石或廢料等原料或因製造步驟的種種因素而混入之成分，且係指在不會對焊線之特性造成不良影響的範圍內所容許之物。

【0035】 (Mn含量及Ni含量之合計(Mn+Ni))

Mn及Ni分別係沃斯田鐵穩定化元素，且會使熔接金屬之低溫韌性提升。另一方面，由於Ni為價格昂貴的金屬，故為了抑制焊線成本同時使熔接金屬之低溫韌性提升，焊線中之Mn含量及Ni含量要分別滿足上述範圍，同時將Mn含量及Ni含量之合計(Mn+Ni)設為5.0%以上。

焊線中之Mn含量及Ni含量之合計(Mn+Ni)宜為5.4%以上、5.6%以上、5.7%以上、6.0%以上、6.2%以上、6.7%以上、6.9%以上、7.0%以上、7.2%以上、10.0%以上或15.0%以上。

【0036】 又，Mn係一種會因為添加過多而使積層缺陷能降低，進而成為韌性降低之原因的元素。因此，從抑制焊線成本且使熔接金屬之低溫韌性提升的觀點，焊線中之Mn含量及Ni含量宜分別滿足上述範圍，同時Mn含量及Ni含量之合計(Mn+Ni)宜設為37.0%以下。

焊線中之Mn含量及Ni含量之合計(Mn+Ni)較宜為35.0%以下、32.0%以下或30.0%以下。

【0037】 (Mn含量、Ni含量及Cr含量之合計(Mn+Ni+Cr))

Mn、Ni及Cr分別係沃斯田鐵穩定化元素，且會使熔接金屬之低溫韌性提升。

另一方面，由於Ni為價格昂貴的金屬，故為了抑制焊線成本同時使熔接金屬之低溫韌性提升，焊線中之Mn含量、Ni含量及Cr含量要分別滿足上述範圍，同時將Mn含量、Ni含量及Cr含量之合計(Mn+Ni+Cr)設為15.0%以上。

焊線中之Mn含量、Ni含量及Cr含量之合計(Mn+Ni+Cr)宜為17.0%以上、19.0%以上、20.0%以上、22.0%以上、24.0%以上、26.0%以上、28.0%以上或30.0%以上。

【0038】 Mn係一種會因為添加過多而使積層缺陷能降低，進而成為韌性降低之原因的元素。Cr係會形成麻田散鐵組織的元素，且會影響焊線之芯線加工性。另外，Cr會成為使熔融金屬中之低熔點化合物的量增加之原因。因此，從抑制焊線成本且使熔接金屬之低溫韌性提升，同時提高芯線加工性且減低熔融金屬中之低熔點化合物產生量的觀點，焊線中之Mn含量、Ni含量及Cr含量宜分別滿足上述範圍，同時Mn含量、Ni含量及Cr含量之合計(Mn+Ni+Cr)宜設為47.0%以下。

焊線中之Mn含量、Ni含量及Cr含量之合計(Mn+Ni+Cr)較宜為45.0%以下、42.0%以下或40.0%以下。

【0039】 (Ni含量相對於Mn含量之質量比(Ni/Mn))

Mn及Ni分別係沃斯田鐵穩定化元素，且會使熔接金屬之低溫韌性提升。另一方面，Ni係價格昂貴的金屬，且Mn係一種會因為添加過多而使積層缺陷能降低，進而成為韌性降低之原因的元素。此外，Ni可提高積層缺陷能，藉此使韌性提升。

因此，從抑制焊線成本同時使熔接金屬之低溫韌性提升的觀點，焊線中之Ni含量相對於Mn含量之質量比(Ni/Mn)宜設為0.10以上。

焊線中之Ni含量相對於Mn含量之質量比(Ni/Mn)的下限較宜為0.20、0.30、0.50、0.60、0.68、1.00、1.10或1.20。

焊線中之Ni含量相對於Mn含量之質量比(Ni/Mn)的上限宜為25.00、20.00、15.00、10.00、8.00或5.00。

【0040】 (藉由磁感應法所求出之fcc比率)

為了提高熔接金屬之低溫韌性，宜提高焊線組織中之沃斯田鐵比率。因此，焊線中之fcc比率設為70%以上。fcc比率宜為80%以上或90%以上，亦可為100%。此外，組織之剩餘部分為bcc。

【0041】 焊線組織中之fcc比率可按以下方法求算。

從焊線採取試樣，且使用FERITSCOPE(註冊商標) FMP30(FISCHER INSTRUMENTS K.K.製)，並於該測定器之探針使用FISCHER INSTRUMENTS K.K.製之探針(FGAB 1.3-Fe)，藉由磁感應法在試樣表面測定bcc比率(%)，並求算所測得之bcc比率的算術平均值。使用所得之bcc比率的平均值，依下式求算焊線組織中之fcc比率(%)。

$$\text{fcc比率} = 100 - \text{bcc比率}$$

【0042】 本揭示實心焊線亦可進一步具備於焊線表面上所塗佈的潤滑劑。於焊線表面上所塗佈的潤滑劑具有可使熔接時之焊線的進給性提升的效果。熔接焊線用之潤滑劑可使用各種種類之物(例如棕櫚油等植物油)，但為了抑制熔接缺陷，宜使用不含有H之聚四氟乙烯油(PTFE油)及全氟聚醚油(PFPE油)中之一者或兩者。又，如先前所述，本揭示實心焊線亦可進一步具備於焊線表面所形成之鍍敷層。在此情況下，潤滑劑係被塗佈在鍍敷層表面上。

【0043】 (焊線直徑)

本揭示之實心焊線其直徑無特別限定，但例如為 $\phi 1.6 \sim \phi 2.4 \text{mm}$ 。此外，一般的實心焊線直徑為 $\phi 1.6 \sim \phi 6.4 \text{mm}$ 。

【0044】 <實心焊線之製造方法>

接著，說明本揭示之實心焊線之製造方法。

此外，以下所說明之製造方法為一例，可製造本揭示實心焊線的方法不限於以下之方法。

【0045】本揭示實心焊線可透過與一般實心焊線之製造方法相同的製造步驟來製造。

亦即，首先將具有上述化學成分之鋼熔解，之後若有必要的話便進行鍛造加工。然後，歷經軋延加工，且將該鋼加工為棒狀。將該棒狀之鋼進行拉線，藉此可獲得實心焊線。此外，亦可以不損及進給性之方式對實心焊線適當進行熱處理。

亦可進一步於該實心焊線表面上形成鍍敷層。此時，必須使包含鍍敷層之化學成分的整個實心焊線之平均化學成分在上述範圍內。另外，亦可於該實心焊線表面上塗佈潤滑劑。

【0046】 <熔接接頭之製造方法>

接著，說明本揭示之熔接接頭之製造方法(熔接方法)。

本揭示之熔接接頭之製造方法具備：使用上述之本揭示實心焊線將鋼材進行潛弧熔接之步驟。

本揭示實心焊線會藉由潛弧熔接而與供於熔接之鋼材之一部分或助焊劑一起熔融，並在凝固後成為熔接金屬。

本揭示之熔接接頭之製造方法所製得之熔接接頭具有高強度及高韌性。而且，具有本揭示之熔接接頭之製造方法所製得之熔接接頭的熔接結構物，在熔接接頭方面亦具有高強度及高韌性。

【0047】於潛弧熔接中，可事先於熔接線上散佈顆粒狀助焊劑，且將本揭示實心焊線送入其中，並應用一般的潛弧熔接機器，該機器可在助焊劑中利用從焊線與鋼材之間的電弧所產生的電弧熱進行熔接。潛弧熔接條件若為一般方法即可。

【0048】於本揭示之熔接接頭之製造方法中，成為熔接接頭之母材的鋼材(被熔接材)其種類無特別限定，但適合使用例如板厚20mm以上且含6%~9%之Ni的Ni系低溫用鋼。

【0049】本揭示之熔接接頭之製造方法中宜具備以下步驟：在第1道次至最終道次中之任1個以上的道次中，使用本揭示實心焊線將鋼材進行熔接。當熔接僅為1個道次時，係在該1個道次中使用本揭示實心焊線。

實心焊線之極性小至可忽略對熔接金屬之擴散性氫量及焊濺產生量所造成之影響的程度，因此可為正極性及負極性之任一者，但宜為正極性。

【0050】利用本揭示之熔接接頭之製造方法所獲得的熔接接頭具備：成為母材之鋼材；以及，熔接部，其由熔接金屬及熔接熱影響部所構成。本揭示熔接接頭係使用本揭示實心焊線所製造，因此具備具有良好焊珠形狀之熔接金屬。因此，具有本揭示之熔接接頭之製造方法所製得之熔接接頭的熔接結構物，亦具備具有良好焊珠形狀之熔接金屬。所得熔接金屬之拉伸強度宜設為例如590~900MPa之高強度。

【0051】實施例

接著，根據本揭示例及比較例，進一步詳細說明本揭示之可實施性及效果，然而，下述實施例並不限定本揭示，貫徹前述及後述之主旨而進行設計變更之情事皆包含在本揭示之技術範圍內。

【0052】(製造實心焊線)

本揭示例及比較例之實心焊線係用以下所說明之方法來製造。

首先，將具有表1-A~表1-D所示化學成分的鋼熔解，之後施行鍛造加工。之後，歷經軋延加工且將該鋼加工為棒狀，再將該棒狀鋼進行拉線，藉此獲得實心焊線。依這種方式進行，試作出最終焊線徑長為 $\phi 2.4\text{mm}$ 之實心焊線。

此外，分析所得實心焊線之化學成分，結果具有表1-A~表1-D所示之化學成

分。

【0053】表1-A~表1-D所示焊線之化學成分含量的單位，係相對於實心焊線總質量之質量%。

【0054】 [表1-A]

焊線 編號	區分	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Co
1	本揭示例	0.051	0.05	18.0	0.011	0.021	3.0	5.0	6.0		0.03	0.06	0.40
2	本揭示例	0.004	0.04	20.0	0.029	0.010		1.0	10.0	6.0			
3	本揭示例	0.003	0.04	20.0	0.018	0.021		1.0	10.0	9.0	0.09		
4	本揭示例	0.010	0.04	20.0	0.019	0.019		1.0	10.0	8.0	0.01		
5	本揭示例	0.003	0.04	20.0	0.010	0.008		1.2		4.0	0.08		0.34
6	本揭示例	0.010	0.05	8.0	0.022	0.008		10.0	3.0	10.0		0.03	0.17
7	本揭示例	0.050	0.20	10.0	0.008	0.004		13.0	7.0	3.0	0.01	0.01	0.02
8	本揭示例	0.024	0.17	17.0	0.018	0.024		10.0				0.07	0.18
9	本揭示例	0.161	0.19	17.0	0.014	0.029		16.0		6.0	0.09	0.05	0.49
10	本揭示例	0.190	0.10	20.0	0.021	0.007		16.0		3.0	0.06		0.16
11	本揭示例	0.197	0.45	18.0	0.025	0.006		16.0	5.0	3.0	0.09	0.07	
12	本揭示例	0.197	0.15	16.0	0.026	0.017		16.0	7.0	2.0	0.05		0.05
13	本揭示例	0.150	0.20	13.0	0.008	0.004		13.0	7.0	3.0	0.01	0.01	0.02
14	本揭示例	0.125	0.18	10.0	0.009	0.015		20.0	5.0	4.0			0.02
15	本揭示例	0.163	0.17	16.0	0.028	0.021		16.0		3.0			
16	本揭示例	0.110	0.09	16.0	0.020	0.030	2.0	19.0					0.02
17	本揭示例	0.043	0.05	11.0	0.027	0.022	2.0	20.0		5.0	0.02		
18	本揭示例	0.041	0.05	19.0	0.012	0.005	5.0	12.0					
19	本揭示例	0.113	0.05	20.0	0.022	0.025	5.0	20.0	10.0	6.0			0.29

【0055】 [表1-B]

焊線 編號	區分	Pb	Sn	Al	Ti	B	N	O	Mn+Ni	Mn+Ni +Cr	Ni/Mn	fcc比率 (%)	備註
1	本揭示例			0.08	0.07	0.0029	0.494	0.0011	23.0	29.0	0.28	98	
2	本揭示例							0.0027	21.0	31.0	0.05	99	
3	本揭示例			0.06		0.0038		0.0025	21.0	31.0	0.05	96	塗佈
4	本揭示例			0.08				0.0020	21.0	31.0	0.05	99	
5	本揭示例	0.26		0.02			0.495	0.0010	21.2	21.2	0.06	97	
6	本揭示例				0.05		0.286	0.0010	18.0	21.0	1.25	97	塗佈
7	本揭示例					0.0010	0.015	0.0030	23.0	30.0	1.30	100	
8	本揭示例				0.02		0.459	0.0014	27.0	27.0	0.59	100	
9	本揭示例			0.03	0.06		0.001	0.0014	33.0	33.0	0.94	100	
10	本揭示例			0.03		0.0041	0.061	0.0029	36.0	36.0	0.80	100	
11	本揭示例		0.02	0.10	0.01			0.0025	34.0	39.0	0.89	100	塗佈
12	本揭示例			0.09			0.026	0.0012	32.0	39.0	1.00	96	
13	本揭示例					0.0010	0.015	0.0026	26.0	33.0	1.00	96	
14	本揭示例	0.39					0.021	0.0019	30.0	35.0	2.00	95	
15	本揭示例							0.0014	32.0	32.0	1.00	100	
16	本揭示例						0.042	0.0018	35.0	35.0	1.19	100	塗佈
17	本揭示例		0.35	0.04		0.0010		0.0027	31.0	31.0	1.82	100	
18	本揭示例							0.0030	31.0	31.0	0.63	100	
19	本揭示例						0.325	0.0020	40.0	50.0	1.00	100	

【0056】 [表1-C]

焊線 編號	區分	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Co
20	本揭示例	0.160	0.05	15.0	0.028	0.022	2.0	16.0	1.0	9.0	0.03		0.47
21	本揭示例	0.059	0.05	10.0	0.030	0.027	4.0	20.0	3.0	6.0	0.04		
22	本揭示例	0.124	0.04	14.0	0.014	0.011		20.0	7.0	2.0	0.10	0.08	0.04
23	本揭示例	0.350	0.20	10.0	0.008	0.004		13.0	1.0	3.0	0.01		0.02
24	本揭示例	0.098	0.03	17.0	0.026	0.029		14.0	4.0	8.0	0.00	0.10	0.43
25	本揭示例	0.024	0.05	12.0	0.028	0.010	5.0	13.0	2.0	10.0	0.06		0.15
26	本揭示例	0.044	0.05	14.0	0.015	0.021	5.0	17.0	7.0		0.00		0.22
27	本揭示例	0.188	0.03	17.0	0.028	0.008	2.0	13.0	8.0		0.08	0.08	0.46
28	本揭示例	0.400	0.20	10.0	0.007	0.008		13.0	3.0	3.0	0.01		
29	本揭示例	0.500	0.20	10.0	0.014	0.027		12.0		3.0		0.04	0.02
30	本揭示例	0.650	0.20	10.0	0.022	0.011		13.0	0.5	3.0	0.01		0.02
31	本揭示例	0.500	0.03	5.0	0.014	0.027		4.0	7.0				
32	本揭示例	0.400	0.20	29.0	0.007	0.008		1.0			0.01		
33	本揭示例	0.400	0.20	4.5	0.007	0.008		29.0	7.0	3.0	0.01		
A1	比較例	0.075	0.03	<u>2.0</u>	0.006	0.026		2.0		1.0			
A2	比較例	0.097	0.20	<u>0.5</u>	0.022	0.006	2.0	<u>0.5</u>	0.1		0.35		0.01
A3	比較例	0.058	<u>0.77</u>	<u>32.0</u>	0.021	0.020		1.0	0.4	2.0			0.01
A4	比較例	0.400	0.03	5.0	0.014	0.027		4.0	4.0				

【0057】 [表1-D]

焊線 編號	區分	Pb	Sn	Al	Ti	B	N	O	Mn+Ni	Mn+Ni +Cr	Ni/Mn	fcc比率 (%)	備註
20	本揭示例	0.00		0.00			0.226	0.0025	31.0	32.0	1.07	100	
21	本揭示例			0.04				0.0021	30.0	33.0	2.00	100	
22	本揭示例	0.17		0.04	0.07		0.001	0.0027	34.0	41.0	1.43	100	
23	本揭示例						0.015	0.0030	23.0	24.0	1.30	100	
24	本揭示例			0.00	0.05		0.180	0.0021	31.0	35.0	0.82	100	
25	本揭示例		0.01	0.07			0.186	0.0024	25.0	27.0	1.08	100	塗佈
26	本揭示例			0.03			0.434	0.0018	31.0	38.0	1.21	100	
27	本揭示例			0.08	0.07		0.009	0.0018	30.0	38.0	0.76	100	
28	本揭示例					0.0010		0.0028	23.0	26.0	1.30	100	
29	本揭示例			0.01			0.100	0.0006	22.0	22.0	1.20	100	
30	本揭示例				0.07		0.015	0.0039	23.0	23.5	1.30	100	
31	本揭示例							0.0002	9.0	16.0	0.80	98	
32	本揭示例			0.03			0.040	0.0036	30.0	30.0	0.03	100	
33	本揭示例						0.040	0.0036	33.5	40.5	6.44	100	
A1	比較例						0.162	0.0010	4.0	4.0	1.00	1	
A2	比較例			0.03	0.03	0.0080	0.016	0.0009	1.0	1.1	1.00	5	塗佈
A3	比較例					0.0110	0.008	0.0028	33.0	33.4	0.03	97	
A4	比較例							0.0002	9.0	13.0	0.80	60	

【0058】 表1-A~表1-D所示焊線之剩餘部分(亦即，表中所示各成分以外的成分)為鐵及不純物。

在表1-A~表1-D所示實心焊線當中，只要「備註」欄中無特別說明，則為未塗佈潤滑劑。又，有記載「塗佈」之焊線係塗佈有潤滑劑之焊線。

此外，於表1-A~表1-D中，係對落在本揭示所規定之範圍外的數值附加底線。

又，於表1-A~表1-D中，有關化學成分之含量的表中空白欄位意指該化學成分之含量低於有效位數。該等化學成分有時也會以低於有效位數之含量無法避免地混入或生成。

【0059】 [評估]

使用本揭示例及比較例之實心焊線進行潛弧熔接，藉此進行評估。

具體而言，係將本揭示例及比較例之實心焊線與作為潛弧熔接用之助焊劑的日鐵熔工製之NITTETSU FLUX 10H組合使用，以此進行潛弧熔接。

作為供熔接之鋼板，係使用板厚為40mm之9%Ni鋼(依據JIS G 3127：2013 SL9N590之鋼板)。又，在評估時，熔接電流皆設為直流，焊線之極性皆設為正。

此外，在進行評估時之熔接條件設為表2所記載之條件，且朝下進行熔接。於圖1展示坡口形狀與試驗片採取位置。

【0060】 [表2]

電流 A	電壓 V	速度 mm/分鐘	入熱量 kJ/mm
360	30	350	1.9

【0061】 (低溫韌性之評估)

使用本揭示例及比較例之實心焊線將鋼板進行潛弧熔接，並從熔接金屬之表下1mm採取3條衝擊試驗片(缺口深度2mm的V形缺口試驗片)。

對於3條衝擊試驗片，在-196°C下實施了依據JIS Z2242：2005之沙丕衝擊試

驗。

然後，3條衝擊試驗片在-196°C下的沙丕吸收能量平均值為34J以上的情況評為「優」，所述沙丕吸收能量平均值為27J以上且小於34J的情況評為「合格」，所述沙丕吸收能量平均值小於27J的情況評為「不合格」。

【0062】 [表3]

焊線 編號	區分	低溫韌性
1	本揭示例	合格
2	本揭示例	合格
3	本揭示例	合格
4	本揭示例	合格
5	本揭示例	合格
6	本揭示例	優
7	本揭示例	優
8	本揭示例	合格
9	本揭示例	合格
10	本揭示例	合格
11	本揭示例	合格
12	本揭示例	優
13	本揭示例	優
14	本揭示例	優
15	本揭示例	優
16	本揭示例	優
17	本揭示例	優
18	本揭示例	合格
19	本揭示例	優
20	本揭示例	優
21	本揭示例	優
22	本揭示例	優
23	本揭示例	優
24	本揭示例	合格
25	本揭示例	優
26	本揭示例	優
27	本揭示例	合格
28	本揭示例	優
29	本揭示例	優
30	本揭示例	優
31	本揭示例	合格
32	本揭示例	合格
33	本揭示例	優
A1	比較例	不合格
A2	比較例	不合格
A3	比較例	不合格
A4	比較例	不合格

【0063】可知本揭示例之潛弧熔接用實心焊線具優異之熔接金屬低溫韌性。

另一方面，比較例未滿足本揭示所規定之要件中的任一者，故在1個以上的評估項目中不合格。

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種實心焊線，係潛弧熔接用之實心焊線；

以相對於前述實心焊線總質量之質量%計，前述實心焊線之化學成分為：

C：0~0.650%、

Si：0.03~0.50%、

Mn：4.1~30.0%、

P：0~0.050%、

S：0~0.050%、

Cu：0~5.0%、

Ni：1.0~30.0%、

Cr：0~10.0%、

Mo：0~10.0%、

Nb：0~1.00%、

V：0~1.00%、

Co：0~1.00%、

Pb：0~1.00%、

Sn：0~1.00%、

Al：0~0.10%、

Ti：0~0.10%、

B：0~0.1000%、

N：0~0.500%、

O：0~0.0050%以及

剩餘部分：Fe及不純物，且

前述Mn含量及前述Ni含量之合計(Mn+Ni)為5.0%以上，

前述Mn含量、前述Ni含量及前述Cr含量之合計(Mn+Ni+Cr)為15.0%以上；
並且，

該實心焊線之藉由磁感應法所求出之fcc比率為70%以上；

前述Ni含量相對於前述Mn含量之質量比(Ni/Mn)為0.50以上。

【請求項2】 如請求項1之實心焊線，其中前述質量比(Ni/Mn)為1.00以上。

【請求項3】 如請求項1之實心焊線，其中前述Ti含量為Ti：
0.003~0.10%。

【請求項4】 一種熔接接頭之製造方法，具備：使用如請求項1至請求項3
中任一項之實心焊線將鋼材進行潛弧熔接之步驟。