



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111417489 B

(45) 授权公告日 2022.09.02

(21) 申请号 201880072738.5

(22) 申请日 2018.11.16

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111417489 A

(43) 申请公布日 2020.07.14

(30) 优先权数据  
2017-226089 2017.11.24 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2020.05.09

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2018/042390 2018.11.16

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02019/102932 JA 2019.05.31

(73) 专利权人 株式会社神户制钢所  
地址 日本兵库县

(72) 发明人 迎井直树

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
公司 11021  
专利代理师 吴克鹏

(51) Int.Cl.  
B23K 35/368 (2006.01)  
B23K 9/16 (2006.01)  
B23K 9/173 (2006.01)  
B23K 35/30 (2006.01)

(56) 对比文件  
CN 101378873 A, 2009.03.04

审查员 刁新茂

权利要求书2页 说明书19页

### (54) 发明名称

气体保护电弧焊用药芯焊丝和焊接方法

### (57) 摘要

本发明是一种气体保护电弧焊用药芯焊丝,其熔渣剥离性、焊接操作性优异,即使适用于高温·长时间操作的设备上,也没有再热裂缝的危险,能够进行高效率施工,能够得到耐腐蚀性优异的焊道。本发明涉及气体保护电弧焊用药芯焊丝,其用于使用高Ar比率的特定的保护气体的焊接,实质上不包含As、Sb、Pb和Bi,熔渣成分和合金成分的组成满足特定的条件,且满足 $\{ (3 \times [O_2]) + [CO_2] + (0.0085 \times A^2) - (0.19 \times A) \} \leq 20.0$  (其中,  $A = \{ [Cr] + (4.3 \times [Nb]) \}$ ) 的关系。

1. 一种气体保护电弧焊用药芯焊丝, 其在外皮内填充有焊剂而成, 用于使用如下气体作为保护气体的气体保护电弧焊, 所述气体在设氧的体积百分率为 $[O_2]$ , 二氧化碳的体积百分率为 $[CO_2]$ 时, 满足 $0 \leq [O_2] \leq 5$ 、 $0 \leq [CO_2] \leq 15$ 和 $\{[CO_2] + (3 \times [O_2])\} \leq 15$ 的关系, 且余量由Ar构成,

所述药芯焊丝不包含As、Sb、Pb和Bi,

所述焊丝的熔渣成分的组成以相对于焊丝总质量的质量百分率计满足

TiO<sub>2</sub>: 4.00~9.00、

SiO<sub>2</sub>: 0.30~2.00、

ZrO<sub>2</sub>: 1.50~3.00、

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0.30以下且含0、和

MgO: 0.50以下且含0,

所述焊丝的所述外皮和所述焊剂中所包含的合金成分的组成, 以相对于焊丝总质量的质量百分率计满足Cr: 10.00~35.00和Nb: 4.50以下且含0,

并且, 相对于焊丝总质量, 设所述Cr的质量百分率为 $[Cr]$ , 所述Nb的质量百分率为 $[Nb]$ ,  $A = \{[Cr] + (4.3 \times [Nb])\}$ 时,

满足 $\{(3 \times [O_2]) + [CO_2] + (0.0085 \times A^2) - (0.19 \times A)\} \leq 18.0$ 的关系。

2. 根据权利要求1所述的气体保护电弧焊用药芯焊丝, 其中, 所述熔渣成分的组成, 相对于焊丝总质量, 设所述TiO<sub>2</sub>的质量百分率为 $[TiO_2]$ , 所述SiO<sub>2</sub>的质量百分率为 $[SiO_2]$ , 所述ZrO<sub>2</sub>的质量百分率为 $[ZrO_2]$ , 所述Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的质量百分率为 $[Al_2O_3]$ , 所述MgO的质量百分率为 $[MgO]$ 时, 满足 $1.15 \leq \{(3 \times ([ZrO_2] + [MgO])) + (1.2 \times [Al_2O_3]) + [TiO_2] + (0.3 \times [SiO_2])\} / ([TiO_2] + [SiO_2] + [ZrO_2] + [Al_2O_3] + [MgO]) \leq 1.75$ 的关系。

3. 根据权利要求1所述的气体保护电弧焊用药芯焊丝, 其中, 所述熔渣成分的组成, 以相对于焊丝总质量的质量百分率计, 还满足:

Na化合物、K化合物和Li化合物中所包含的碱金属成分换算成Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O和Li<sub>2</sub>O的值的合计: 0.25~1.50;

作为金属氟化物包含在焊丝中的F的量: 0.05~0.80;

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0.50以下且含0; 和

不可避免的金属氧化物: 0.20以下且含0。

4. 根据权利要求1所述的气体保护电弧焊用药芯焊丝, 其中, 所述焊丝中的所述焊剂的含有率, 以相对于焊丝总质量的质量百分率计为8.0~30.0, 且

所述焊剂中的所述熔渣成分的含有率, 以相对于焊丝总质量的质量百分率计为7.0~15.0。

5. 根据权利要求1所述的气体保护电弧焊用药芯焊丝, 其中, 所述焊丝中的所述合金成分的组成, 以相对于焊丝总质量的质量百分率计, 还满足:

C: 0.005~0.150、

Si: 0.05~1.50、

Mn: 0.20~3.00、

Cr: 15.00~35.00、

Ni: 5.00~25.00、

Mo:5.00以下且含0、  
Nb:2.00以下且含0、  
Ti:1.00以下且含0、  
N:1.00以下且含0、和  
余量:Fe和不可避免的杂质。

6. 根据权利要求1所述的气体保护电弧焊用药芯焊丝,其中,所述焊丝中的所述合金成分的组成,以相对于焊丝总质量的质量百分率计,还满足:

C:0.005~0.150、  
Si:0.05~1.00、  
Mn:0.10~4.00、  
Cr:10.00~35.00、  
Fe:0.10~10.00、  
W:5.00以下且含0、  
Mo:20.00以下且含0、  
Nb:4.50以下且含0、  
Co:2.50以下且含0、  
Ti:1.00以下且含0、  
N:0.50以下且含0、和  
余量:Ni和不可避免的杂质。

7. 根据权利要求5所述的气体保护电弧焊用药芯焊丝,其中,所述焊丝中的所述合金成分的组成,以相对于焊丝总质量的质量百分率计,还满足S:0.020~0.100。

8. 根据权利要求6所述的气体保护电弧焊用药芯焊丝,其中,所述焊丝中的所述合金成分的组成,以相对于焊丝总质量的质量百分率计,还满足S:0.020~0.100。

9. 一种焊接方法,使用权利要求1~8中任一项所述的气体保护电弧焊用药芯焊丝,在使下式所表示的焊接线能量F为 $10.0 \leq F \leq 19.0$ 的范围内进行焊接,

$$\text{焊接线能量} F = \text{电流} \times \text{电压} \div \text{焊接速度} \div 1000$$

其中,所述焊接线能量F的单位为kJ/cm,所述电流的单位为A,所述电压的单位为V,所述焊接速度的单位为cm/s。

## 气体保护电弧焊用药芯焊丝和焊接方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及气体保护电弧焊用药芯焊丝,另外,还涉及使用所述气体保护电弧焊用药芯焊丝的焊接方法。

### 背景技术

[0002] 药芯焊丝是由于在施工方面的优异的效率和良好的焊接操作性而被广泛普及的焊接材料。这在不锈钢和Ni基合金这样要求耐腐蚀性和低温、高温性能的材料焊接中也同样。

[0003] 使用不锈钢药芯焊丝或Ni基合金用药芯焊丝的焊接与使用实芯焊丝的MIG (Metal Inert Gas) 焊接相比,具有焊道形状良好,气孔、未熔合等的缺陷难以发生的特征。还有,作为保护气体而使用包含2~5%左右的  $O_2$  或  $CO_2$  这样的活性气体,余量是Ar气的焊接,严格来说被称为MAG (Metal Active Gas) 焊接,但为了方便,作为一般的名称而统称为MIG (Metal Inert Gas)。

[0004] 以保护焊道免与大气接触为主要目的,不锈钢药芯焊丝和Ni基合金用药芯焊丝的大部分之中,添加有造渣剂,焊道被熔渣覆盖。另一方面,基于焊接操作性的观点,作为重要的因素是具有熔渣的剥离性。

[0005] 熔渣在焊接施工完毕后成为多余物,如果是多层焊或堆焊时,还会成为诱发内部缺陷的原因,因此要使用除渣锤或凿子除去。这时,若所形成的熔渣的剥离性差,则除渣操作费时。此外,剥离性差的熔渣,伴随焊接部的冷却产生与金属的热收缩量的差也会导致细小的裂纹、迸溅。这时的熔渣对于人体来说仍是高温,因此有可能烫伤,非常危险。

[0006] 因此,在专利文献1中公开了以提高熔渣的剥离性为目的而少量添加 Bi 或 Pb 等的低熔点金属元素,一般可使用Bi的氧化物。

[0007] 但是,在高温并长时间操作的设备的焊接中使用含有Bi的药芯焊丝时,焊接部屡屡发生裂纹(再热裂缝)。这是因Bi在结晶晶界稠化,并局部性地形成低熔点部而开口造成的裂纹。

[0008] 因此,在专利文献2和3中公开了作为高温用途的设备的焊接所使用的焊丝,是无Bi添加的药芯焊丝。还有,所谓“无Bi添加”,是根据JIS Z 3323:2007年表2注b)的规定,若以质量分率计为0.0010%以下,则能够视为实质上无添加,可知上述再热裂缝不会发生。

[0009] 另一方面,历来,如果不应用  $CO_2$  或 Ar-20%  $CO_2$  等含有活性气体的保护气体,则熔滴过渡不稳定,焊道蛇行和飞溅的大量飞散发生,因此不能进行高品质的焊接。相对于此,在专利文献4中公开了通过使用恰当组成的金属系药芯焊丝,即便使用高Ar比率的保护气体时,也能够得到稳定的熔滴过渡和良好的焊接性。

[0010] 在先技术文献

[0011] 专利文献

[0012] 专利文献1:日本国特公平1-59079号公报

[0013] 专利文献2:日本国专利第2667635号公报

[0014] 专利文献3:日本国专利第6110800号公报

[0015] 专利文献4:日本国专利第5411820号公报

[0016] 但是,专利文献2和3所述的渣系药芯焊丝,通过调整造渣剂的配比或熔渣含量等,虽然可以使熔渣剥离性有一些提高,但是若与添加有As、Sb、Pb、Bi等的低熔点元素的药芯焊丝比较,则熔渣剥离性较差,希望有所改善。

[0017] 另外,专利文献4所述的金属系的药芯焊丝,虽然不需要进行熔渣的除去,但是,因为没有形成保护焊道免与大气接触的熔渣,所以焊道表面氧化,形成不能剥离的氧化皮膜。特别是在焊接线能量12.0kJ/cm(例如,电流:210A,电压:28.5V,焊接速度:30cm/min)以上的高线能量条件下,冷却速度慢,焊道表面处于高温并长时间曝露在大气中,显著地氧化。发生显著氧化的位置,因为高熔点的氧化皮膜形成得厚,所以在多层焊中,发生未熔合缺陷的可能性大。另外,堆焊的情况下,则耐腐蚀性劣化。因此,在高温并长时间操作的设备的焊接中,进多层堆焊时,每个焊层都需要用研磨机等除去焊道表面的氧化皮膜,效率性差。

[0018] 因此,对于在高温下长时间操作的设备中适用不锈钢药芯焊丝或Ni基合金用药芯焊丝,并发挥其优异的高效率性来说,金属系药芯焊丝的选择谈不上适宜。

## 发明内容

[0019] 因此在本发明中,目的是提供一种不含低熔点金属的渣系药芯焊丝,其能够高效率地进行熔渣剥离性、焊接操作性(飞溅发生量、焊道形状、耐缺陷性)优异的焊接,还能够得到耐腐蚀性优异的焊道。

[0020] 另外,目的还在于,提供一种使用所述药芯焊丝的高焊接线能量条件下的焊接方法。

[0021] 本发明者锐意研究的结果发现,通过使渣系药芯焊丝的组成和所使用的保护气体的组成处于特定范围,即使不含低熔点金属,熔渣剥离性也优异,能够取得良好的焊接操作性,能够得到耐腐蚀性优异的焊道,此外可以高效率地施工,从而过成了本发明。

[0022] 即,本发明涉及以下的[1]~[8]。

[0023] [1]一种气体保护电弧焊用药芯焊丝,其在外皮内填充有焊剂而成,

[0024] 用于使用如下气体作为保护气体的气体保护电弧焊,所述气体在设氧的体积分率为 $[O_2]$ ,二氧化碳的体积分率为 $[CO_2]$ 时,满足 $0\% \leq [O_2] \leq 5\%$ 、 $0\% \leq [CO_2] \leq 15\%$ 和 $\{[CO_2] + (3 \times [O_2])\} \leq 15$ 的关系,且余量由Ar构成,

[0025] 所述药芯焊丝实质上不包含As、Sb、Pb和Bi,

[0026] 所述焊丝的熔渣成分的组成以相对于焊丝总质量的质量分率计满足

[0027]  $TiO_2$ :4.00~9.00%、

[0028]  $SiO_2$ :0.30~2.00%、

[0029]  $ZrO_2$ :1.50~3.00%、

[0030]  $Al_2O_3$ :0.30%以下且含0%、和

[0031]  $MgO$ :0.50%以下且含0%、

[0032] 所述焊丝的所述外皮和所述焊剂中所包含的合金成分的组成,以相对于焊丝总质量的质量分率计满足Cr:10.00~35.00%和Nb:4.50%以下且含0%、

[0033] 并且,相对于焊丝总质量,设所述Cr的质量分率为 $[Cr]$ ,所述Nb的质量分率为

[Nb],  $A = \{[Cr] + (4.3 \times [Nb])\}$  时,

[0034] 满足  $\{(3 \times [O_2]) + [CO_2] + (0.0085 \times A^2) - (0.19 \times A)\} \leq 20.0$  的关系。

[0035] [2] 根据所述[1]所述的气体保护电弧焊用药芯焊丝, 其中, 相对于焊丝总质量, 设所述  $TiO_2$  的质量分率为  $[TiO_2]$ , 所述  $SiO_2$  的质量分率为  $[SiO_2]$ , 所述  $ZrO_2$  的质量分率为  $[ZrO_2]$ , 所述  $Al_2O_3$  的质量分率为  $[Al_2O_3]$ , 所述  $MgO$  的质量分率为  $[MgO]$  时, 所述熔渣成分的组成, 满足

[0036]  $1.15 \leq (\{3 \times ([ZrO_2] + [MgO])\} + (1.2 \times [Al_2O_3]) + [TiO_2] + (0.3 \times [SiO_2])) / ([TiO_2] + [SiO_2] + [ZrO_2] + [Al_2O_3] + [MgO]) \leq 1.75$  的关系。

[0037] [3] 根据所述[1]或[2]所述的气体保护电弧焊用药芯焊丝, 其中, 所述熔渣成分的组成, 以相对于焊丝总质量的质量分率计, 还满足:

[0038] Na化合物、K化合物和Li化合物中所包含的碱金属成分换算成  $Na_2O$ 、 $K_2O$  和  $Li_2O$  的值的合计: 0.25~1.50%;

[0039] 作为金属氟化物包含在焊丝中的F的量: 0.05~0.80%;

[0040]  $Fe_2O_3$ : 0.50%以下(含0%); 和

[0041] 不可避免的金属氧化物: 0.20%以下(含0%)。

[0042] [4] 根据所述[1]~[3]中任一项所述的气体保护电弧焊用药芯焊丝, 其中, 所述焊丝中的所述焊剂的含有率, 以相对于焊丝总质量的质量分率计为 8.0~30.0%, 并且

[0043] 所述焊剂中的所述熔渣成分的含有率, 以相对于焊丝总质量的质量分率计为 7.0~15.0%。

[0044] [5] 根据所述[1]~[4]中任一项所述的气体保护电弧焊用药芯焊丝, 其中, 所述焊丝中的所述合金成分的组成, 以相对于焊丝总质量的质量分率计, 还满足

[0045] C: 0.005~0.150%、

[0046] Si: 0.05~1.50%、

[0047] Mn: 0.20~3.00%、

[0048] Cr: 15.00~35.00%、

[0049] Ni: 5.00~25.00%、

[0050] Mo: 5.00%以下(含0%)、

[0051] Nb: 2.00%以下(含0%)、

[0052] Ti: 1.00%以下(含0%)、

[0053] N: 1.00%以下(含0%)、及

[0054] 余量: Fe和不可避免的杂质。

[0055] [6] 根据所述[1]~[4]中任一项所述的气体保护电弧焊用药芯焊丝, 其中, 所述焊丝中的所述合金成分的组成, 以相对于焊丝总质量的质量分率计, 还满足

[0056] C: 0.005~0.150%、

[0057] Si: 0.05~1.00%、

[0058] Mn: 0.10~4.00%、

[0059] Cr: 10.00~35.00%、

[0060] Fe: 0.10~10.00%、

[0061] W: 5.00%以下(含0%)、

[0062] Mo:20.00%以下(含0%)、

[0063] Nb:4.50%以下(含0%)、

[0064] Co:2.50%以下(含0%)、

[0065] Ti:1.00%以下(含0%)、

[0066] N:0.50%以下(含0%)、及

[0067] 余量:Ni和不可避免的杂质。

[0068] [7]根据所述[5]或[6]所述的气体保护电弧焊用药芯焊丝,中,所述焊丝中的所述合金成分的组成,以相对于焊丝总质量的质量分率计,还满足S:0.020~0.100%。

[0069] [8]一种焊接方法,其中,使用所述[1]~[7]中任一项所述的气体保护电弧焊用药芯焊丝,在下式所表示的焊接线能量(F)为 $10.0 \leq F \leq 19.0$ 的范围内进行焊接。

[0070] 焊接线能量(F) (kJ/cm) = 电流(A) × 电压(V) ÷ 焊接速度(cm/s) ÷ 1000

[0071] 根据本发明,能够高效率地进行熔渣剥离性和焊接操作性(飞溅发生量、焊道形状、耐缺陷性)优异的焊接,还能够得到耐腐蚀性优异的焊道。

### 具体实施方式

[0072] 以下,对用于实施本发明的方式详细加以说明。还有,本发明不受以下说明的实施方式限定。另外,说明书中,所谓“~”,是按照包含此符号前后所述的数值作为下限值和上限值的意思使用。

[0073] 本实施方式的气体保护电弧焊用药芯焊丝(以下,仅称为“药芯焊丝”或“焊丝”),在外皮内填充焊剂而成。

[0074] 在使用本实施方式的焊丝的焊接中,保护气体使用如下气体:设氧的体积分率为 $[O_2]$ ,二氧化碳的体积分率为 $[CO_2]$ 时,满足 $0\% \leq [O_2] \leq 5\%$ , $0\% \leq [CO_2] \leq 15\%$ ,及 $\{[CO_2] + (3 \times [O_2])\} \leq 15$ 的关系,且余量由Ar构成。

[0075] 本实施方式的焊丝是实质上不包含As、Sb、Pb和Bi的渣系药芯焊丝,所述焊丝的熔渣成分的组成以相对于焊丝总质量的质量分率计,满足

[0076]  $TiO_2$ :4.00~9.00%、

[0077]  $SiO_2$ :0.30~2.00%、

[0078]  $ZrO_2$ :1.50~3.00%、

[0079]  $Al_2O_3$ :0.30%以下(含0%)、及

[0080] MgO:0.50%以下(含0%)。

[0081] 另外,本实施方式的焊丝,其特征在于,所述焊丝的所述外皮和所述焊剂中包含的合金成分的组成,以相对于焊丝总质量的质量分率计,满足 Cr:10.00~35.00%和Nb:4.50%以下(含0%),

[0082] 设所述Cr的质量分率为 $[Cr]$ ,所述Nb的质量分率为 $[Nb]$ , $A = \{[Cr] + (4.3 \times [Nb])\}$ 时,

[0083] 满足 $\{(3 \times [O_2]) + [CO_2] + (0.0085 \times A^2) - (0.19 \times A)\} \leq 20.0$ 的关系。

[0084] 还有,所谓实质上不包含As、Sb、Pb和Bi,意思是As、Sb、Pb和 Bi均未进行积极的添加,As、Sb、Pb和Bi的含量的合计,以相对于焊丝总质量的质量分率计,限制在0.0010%以下。

[0085] (熔渣成分)

[0086] 本实施方式的焊丝的所谓熔渣成分,是作为金属氧化物或金属氟化物被含有的成分,包含在焊剂中。

[0087] 焊剂中的熔渣成分的含有率,直接关系到焊接时的熔渣生成量,影响着熔渣包覆性和耐夹渣缺陷性。焊剂中的熔渣成分的含有率,以相对于焊丝总质量的质量分率计若为7.0%以上,则熔渣发生量相对于焊道表面积不会不足,能够包覆焊道表面整体,因此优选,更优选为8.0%以上。另外,焊剂中的熔渣成分的含有率,以相对于焊丝总质量的质量分率计若为15.0%以下,则熔渣发生量不会过量,能够抑制夹渣缺陷,因此优选,更优选为13.5%以下。

[0088] 还有,所谓熔渣成分的含有率,意思是焊剂中包含的金属氧化物和金属氟化物的含量的合计。

[0089]  $TiO_2$ 作为包覆性良好的熔渣形成剂的主成分被添加。作为 $TiO_2$ 源,可列举金红石、氧化钛、钛酸钾、钛酸钠等。

[0090] 若 $TiO_2$ 对于焊丝总质量的质量分率(以下,称为“含量”。)低于4.00%,则熔渣的包覆性差,焊道形状劣化。此外,焊接金属露出的部分发生表面的氧化,因此耐腐蚀性有可能劣化。另一方面,若 $TiO_2$ 的含量高于9.00%,则熔渣变硬,剥离性劣化。因此, $TiO_2$ 的含量为4.00~9.00%,优选为6.00%以上,另外,优选为8.50%以下。

[0091]  $SiO_2$ 使焊道缝边部的吻合性提高,具有得到平滑的焊道的效果。作为 $SiO_2$ 源,可列举硅砂、硅灰石、钾长石、钠长石等。

[0092] 若 $SiO_2$ 的含量低于0.30%,则得不到上述效果。另外若 $SiO_2$ 的含量高于2.00%,则熔渣的熔点变得过低,焊道形状劣化。因此, $SiO_2$ 的含量为0.30~2.00%,优选为0.50%以上,另外,优选为1.60%以下。

[0093]  $ZrO_2$ 是调整熔渣的熔点,使焊道形状提高的成分,作为 $ZrO_2$ 源,可列举锆砂、氧化锆粉等。

[0094] 若 $ZrO_2$ 的含量低于1.50%或高于3.00%,则熔融金属的凝固与熔渣的凝固的时刻不符,焊道形状劣化。因此, $ZrO_2$ 的含量为1.50~3.00%,优选为1.80%以上,另外,优选为2.50%以下。

[0095] 为了得到适当的熔渣粘性,使熔渣的包覆性提高而进行的调整为目的,也可以根据需要添加 $Al_2O_3$ 。作为 $Al_2O_3$ 源,可列举氧化铝粉等。

[0096] 若 $Al_2O_3$ 的含量高于0.30%,则熔渣的粘性变得过高,夹渣缺陷容易发生。因此, $Al_2O_3$ 的含量为0.30%以下(含0%),优选为0.20%以下。

[0097]  $MgO$ 与 $ZrO_2$ 同样,在用于调整熔渣的熔点方面有效,由此,也可以根据需要添加。作为 $MgO$ 源,可列举菱镁矿、氧化镁熔块等。

[0098] 若 $MgO$ 的含量高于0.50%,则容易发生熔渣的咬粘。因此, $MgO$ 的含量为0.50%以下(含0%),优选为0.30%以下。

[0099] 另外,本实施方式的药芯焊丝,作为使用Ar比率高的保护气体的气体保护电弧焊用的焊丝使用。一般可知,使用高Ar比率的保护气体进行焊接时,若使用现有的药芯焊丝,则随着焊接电流变高,容易以流淌过渡或旋转过渡这样不稳定的熔滴过渡形态过渡,因此飞溅有增大的倾向。

[0100] 相对于此,可知使用高Ar比率的保护气体进行焊接时,通过使药芯焊丝中的各熔渣成分的含量保持特定范围的组成平衡,从而能够在电弧内使焊剂芯柱形成,使溶滴以沿着该焊剂芯柱的方式过渡,熔滴过渡非常稳定,飞溅的发生极少。

[0101] 即,相对于焊丝总质量,设 $TiO_2$ 的质量分率为 $[TiO_2]$ , $SiO_2$ 的质量分率为 $[SiO_2]$ , $ZrO_2$ 的质量分率为 $[ZrO_2]$ , $Al_2O_3$ 的质量分率为 $[Al_2O_3]$ , $MgO$ 的质量分率为 $[MgO]$ 时,若 $(3 \times ([ZrO_2] + [MgO])) + (1.2 \times [Al_2O_3]) + [TiO_2] + (0.3 \times [SiO_2]) / ([TiO_2] + [SiO_2] + [ZrO_2] + [Al_2O_3] + [MgO])$ 所表示的值为1.15以上,则熔渣的熔点不会变得过低,能够得到上述效果,因此优选。另外,若由上式表示的值在1.75以下,则熔渣的熔点不会变得过高,焊剂芯柱不会以熔融不足的状态被投入熔池,由此可抑制夹渣缺陷的发生,因此优选。

[0102] 由上式表示的值更优选为1.20以上,进一步优选为1.25以上。另外,由上式表示的值更优选为1.60以下,进一步优选为1.50以下。

[0103] 还有,上式中的系数是根据各氧化物的熔点与钢的熔点之差,对各氧化物进行加权而来的,是通过实验求得上式的有效性和良好的数值范围的系数。

[0104] 各氧化物的熔点如下。

[0105]  $TiO_2$ :1870°C

[0106]  $SiO_2$ :1650°C

[0107]  $ZrO_2$ :2715°C

[0108]  $Al_2O_3$ :2072°C

[0109]  $MgO$ :2852°C

[0110] 熔渣成分中还能够还含有Na化合物、K化合物和/或Li化合物这样的碱金属化合物。作为碱金属化合物源,可列举钾长石、钠长石、锂铁氧体、氟化钠、硅氟化钾等。

[0111] Na化合物、K化合物和Li化合物中包含的碱金属成分相对于焊丝总质量的含量,以将该碱金属成分换算成氧化物的值,即换算成 $Na_2O$ 、 $K_2O$ 和 $Li_2O$ 的值的合计的质量分率计为0.25%以上,则电弧稳定,飞溅发生量少,因此优选。另外,使Na化合物、K化合物和Li化合物中包含的碱金属成分相对于焊丝总质量的含量,以换算成 $Na_2O$ 、 $K_2O$ 和 $Li_2O$ 的值的合计的质量分率计为1.50%以下,则能够抑制由于碱金属化合物的高吸湿性引起的,伴随焊丝中的水分增加而来的凹坑和气孔这样的气孔缺陷的发生,因此优选,更优选为1.00%以下。

[0112] 熔渣成分中还还能够含有金属氟化物。作为金属氟化物源,可列举氟化钙、氟化钠、硅氟化钾等。

[0113] 金属氟化物相对于焊丝总质量的含量,以F换算值计为0.05%以上,则能够得到良好的电弧稳定性,因此优选,更优选为0.15%以上。另外,金属氟化物相对于焊丝总质量的含量,以F换算值计为0.80%以下,则熔渣的粘性不会降低,能够维持良好的熔渣的包覆性,因此优选,更优选为0.60%以下。

[0114] 熔渣成分中也可以还含有 $Fe_2O_3$ 。作为 $Fe_2O_3$ 源,可列举钾长石、钠长石、或在其他矿石中作为杂质被含有等。

[0115]  $Fe_2O_3$ 相对于焊丝总质量的质量分率为0.50%以下(含0%)能够抑制熔渣的咬粘,因此优选,更优选为0.30%以下。

[0116] 熔渣成分中除了上述以外,还能够含有 $V_2O_5$ 、 $Nb_2O_5$ 、CaO、稀土金属的氧化物等的不可避免的金属氧化物。金红石或其他的矿石中不可避免地含有的上述杂质量如果是微少

量,则不会对焊丝的性质有很大影响,但若是过量地包含,则熔渣组成的平衡打破,熔渣剥离性有可能劣化。因此,不可避免的金属氧化物相对于焊丝总质量的质量分率优选为0.20%以下(含0%)。

[0117] (合金成分)

[0118] 本实施方式的焊丝中的所谓合金成分,是作为纯金属、合金、碳化物(碳化合金)或氮化物(氮化合金)被含有,其大部分是形成焊接金属的成分,是焊丝的外皮和焊剂的至少任意一方种所包含的成分。

[0119] Cr和Nb在合金成分之中是特别容易被氧化的成分。若其相对于焊丝总质量的质量分率(含量)变得过高,如果不提高保护气体中的Ar纯度,则熔渣成分组成的平衡破坏,熔渣剥离性劣化。另外,Cr是对焊接金属的耐腐蚀性带来特别大影响的成分。因此,Cr的含量为10.00%以上且35.00%以下,优选为12.00%以上,优选为30.00%以下。

[0120] 另外,Nb将C固定化而防止Cr与C的结合,是使耐腐蚀性进一步提高的成分(防敏感化)。此外,在Ni基合金中还存在使Nb碳化物析出而承担提高强度的情况。因此Nb的含量为4.50%以下(含0%),优选为4.00%以下。特别是要求耐腐蚀性提高(抗敏感化)效果和强度提高效果时,Nb的含量优选为0.4%以上。

[0121] 本实施方式中的合金成分,除上述Cr和Nb以外没有特别限定,例如能够采用与一般的不锈钢药芯焊丝,或镍基合金用药芯焊丝的合金成分同样的组成。

[0122] 在所述不锈钢药芯焊丝和所述镍基合金用药芯焊丝中,S使熔融金属的表面张力大幅降低,是使熔融金属的对流活跃的成分,是能够使焊道形状成为平坦而良好的形状的成分。由于焊道形状平坦,则能够使熔渣剥离性进一步提高。因此,S的含量优选为0.020%以上,更优选为0.025%以上。另一方面,S在结晶晶界偏析,生成低熔点化合物,也是使抗热裂纹性劣化的成分。因此,S的含量优选为0.100%以下,更优选为0.080%以下。

[0123] 不锈钢药芯焊丝的合金成分的组成,例如,优选以相对于焊丝总质量的质量分率计,满足C:0.005~0.150%、Si:0.05~1.50%、Mn:0.20~3.00%、Cr:15.00~35.00%、Ni:5.00~25.00%、Mo:5.00%以下(含0%)、Nb:2.00%以下(含0%)、Ti:1.00%以下(含0%)、N:1.00%以下(含0%)及余量:Fe和不可避免的杂质。

[0124] 由于C是对焊接金属的耐腐蚀性造成影响的成分,所以含量越少越优选。另一方面,C的含量少的低C原材经济性低。因此,C的含量优选为0.005~0.150%。

[0125] Si是使焊接金属的强度提高的成分,另一方面,也是使韧性劣化的成分。另外,Si的含量少的低Si原材经济性低。鉴于这些性能的平衡,Si的含量优选为0.05~1.50%。

[0126] Mn是使焊接金属的强度提高的成分,另一方面,若过多地使之含有,则也是使焊接烟尘增加的成分。鉴于这些性能的平衡,Mn的含量优选为0.20~3.00%。

[0127] Cr是使焊接金属的耐腐蚀性提高的成分,另一方面,若过多地使之含有,则与氧化性保护气体反应而生成氧化物,是对熔渣成分组成的平衡产生影响的成分。因此,Cr的含量优选为15.00~35.00%。

[0128] Ni使焊接金属的奥氏体组织稳定化,是使低温下的韧性提高的成分,另外,是出于调整铁素体组织的晶化量的目的而进行一定量添加的成分。另外,Ni的添加量可以在作为不锈钢进行一般添加的范围内添加,妥当的是添加25%以下。因此,Ni的含量优选为5.00~25.00%。

[0129] Mo是使高温强度和耐点蚀性提高的成分,另一方面,也是助长 $\sigma$ 脆化的成分,因此,除特别需要高温强度或耐点蚀性的情况以外,均不进行积极的添加。Mo的含量优选为5.00%以下(含0%)。

[0130] Nb和Ti分别与C结合,具有使C稳定化的效果,是使耐腐蚀性提高的成分,另一方面,若过多地使之含有,则使低熔点化合物在结晶晶界生成,使抗凝固裂纹性劣化。此外,Nb和Ti容易与氧化性保护气体反应而生成氧化物。因为 $TiO_2$ 作为熔渣成分而积极添加,所以影响尚不明确,但Nb氧化物对熔渣成分组成的平衡造成影响。因此,除特别需要耐腐蚀性的情况以外,均不进行积极的添加。Nb的含量优选为2.00%以下(含0%),Ti的含量优选为1.00%以下(含0%)。

[0131] N在晶体结构内进行填隙型固溶而使强度提高,此外还是使耐点蚀性提高的成分,另一方面,也成为使焊接金属发生气孔和凹坑这样的气孔缺陷的原因,因此,除了特别需要强度或耐点蚀性的情况以外,均不进行积极的添加。N的含量优选为1.00%以下(含0%)。

[0132] 余量是Fe和不可避免的杂质。作为不可避免的杂质,可列举V、P、Cu、Sn、Na、Co、Ca、Li、Sb、W和As等,各元素作为氧化物被包含时,0也包含在余量中。

[0133] 不锈钢药芯焊丝的外皮也没有特别限定,例如,能够使用普通钢、SUH409L(JIS G 4312:2001年)、SUS430、SUS304L、SUS316L、SUS310S(均为JIS G 4305:2012年)等。

[0134] Ni基合金用药芯焊丝的合金成分的组成,例如,优选以相对于焊丝总质量的质量分率计,满足C:0.005~0.150%、Si:0.05~1.00%、Mn:0.10~4.00%、Cr:10.00~35.00%、Fe:0.10~10.00%、W:5.00%以下(含0%)、Mo:20.00%以下(含0%)、Nb:4.50%以下(含0%)、Co:2.50%以下(含0%)、Ti:1.00%以下(含0%)、N:0.50%以下(含0%)及余量:Ni和不可避免的杂质。

[0135] C与Nb等的元素结合,微细析出,是使焊接金属的强度提高的成分,另一方面,也是使耐腐蚀性劣化的成分。另外,低C原材经济性低。鉴于这些性能的平衡,C的含量优选为0.005~0.150%。

[0136] Si与不锈钢药芯焊丝同样,是使焊接金属的强度提高的成分,另一方面,也是使韧性劣化的成分。另外,低Si原材经济性低。鉴于这些性能的平衡,Si的含量优选为0.05~1.00%。

[0137] Mn是使焊接金属的强度提高的成分,另一方面,也是使焊接烟尘增加的成分。鉴于这些性能的平衡,Mn的含量优选为0.10~4.00%。

[0138] Cr是使焊接金属的耐腐蚀性提高的成分,另一方面,与氧化性保护气体反应而生成氧化物,是对于熔渣成分组成的平衡造成影响的成分。因此,Cr的含量优选为10.00~35.00%。

[0139] Fe是为了使焊接金属的经济性提高,以不会对力学特性和耐腐蚀性等造成不利影响的程度被添加的成分。特别是Fe含量极少的合金原材的供应使经济性显著降低,因此Fe的含量优选为0.10%以上。另外,Fe的含量的上限优选为10.00%以下。

[0140] W和Mo分别是使高温强度和耐点蚀性提高的成分,另一方面,由于熔点非常高,所以若过量地添加,则没有熔融的W粒子、Mo粒子有可能作为缺陷散布。因此,W的含量优选为5.00%以下(含0%),Mo的含量优选为20.00%以下(含0%)。

[0141] Nb与C结合,是使熔融金属的强度提高的成分,另一方面,使低熔点化合物在结晶

晶界生成,是使抗凝固裂纹性劣化的成分。此外,与氧化性保护气体反应而生成氧化物,是对于熔渣成分组成的平衡产生影响的成分。因此,除了特别需要强度的情况以外,均不进行积极的添加。Nb的含量优选为4.50%以下(含0%)。

[0142] Co与Ni同样,是使奥氏体组织稳定化的成分。另外,Co在一般的Ni原材中作为杂质而比较大量地被含有,因此是不可避免被包含的成分。另一方面,Co经济性极低,不优选积极的添加。Co的含量优选为2.50%以下(含0%)。

[0143] Ti与Ni结合而析出 $Ni_3Ti$ 的金属化合物,是使高温强度提高的成分,另一方面,是使延展性和韧性劣化的成分。因此,除了特别需要高温强度的情况以外,均不进行积极的添加。Ti的含量优选为1.00%以下(含0%)。

[0144] N在晶体结构内进行填隙型固溶而使强度提高,此外还是使耐点蚀性提高的成分。另一方面,也成为使焊接金属发生气孔或凹坑这样的气孔缺陷的原因,因此,除了特别需要强度和耐点蚀性的情况以外,均不进行积极的添加。N的含量优选为0.50%以下(含0%)。

[0145] 余量是Ni和不可避免的杂质。作为不可避免的杂质,可列举V、P、Cu、Sn、Na、Ca、Li、Sb和As等,各元素作为氧化物被包含时,0也包含在余量中。

[0146] Ni基合金用药芯焊丝的外皮也没有特别限定,例如,能够使用Alloy600(UNS N06600)、Alloy625(UNS N06625)、Alloy22(UNS N06022)、Alloy276(UNS N10276)等。

[0147] 本实施方式的药芯焊丝,相对于外皮所形成的内部空隙而言,若焊剂量少,则焊接时难以进行焊剂芯柱的形成。另外,焊剂在焊丝内移动。这种情况下,由于焊丝的制造线的振动状况等而导致焊丝的纵长方向的焊剂含有率发生偏差,焊丝的品质有可能不稳定。因此,焊丝中的焊剂的含有率,以相对于焊丝总质量的质量分率计,优选为8.0%以上,更优选为13.0%以上。

[0148] 另一方面,为了以少量的外皮包裹大量的焊剂,虽然使用薄的外皮材即可,但是外皮材极薄时,外皮材有可能在焊丝的拉丝工序中破损,焊丝断裂。因此,焊丝中的焊剂的含有率优选为30.0%以下,更优选为28.0%以下。

[0149] 药芯焊丝的丝径没有特别限定,但若考虑到与一般的焊接装置的组合和焊接操作性,则优选直径为1.2~2.0mm,更优选为1.6mm以下。

[0150] (保护气体)

[0151] 本实施方式的药芯焊丝,与Ar的比率高的保护气体一起使用。

[0152] 另一方面,若保护气体中的活性气体成分的含量多,则焊丝所含的合金成分被氧化而与熔渣一体化,熔渣成分组成的平衡有可能打破。还有,所谓活性气体成分就是氧和二氧化碳,与二氧化碳比较,氧使合金成分氧化的效果强。

[0153] 本实施方式的保护气体适用如下气体:设氧的体积分率为 $[O_2]$ ,二氧化碳的体积分率为 $[CO_2]$ 时,满足 $0\% \leq [O_2] \leq 5\%$ ,  $0\% \leq [CO_2] \leq 15\%$ ,及 $\{[CO_2] + (3 \times [O_2])\} \leq 15$ 的关系,并且余量由Ar构成。

[0154] 优选保护气体满足 $0\% \leq [O_2] \leq 4\%$ ,  $0\% \leq [CO_2] \leq 12\%$ ,及 $\{[CO_2] + (3 \times [O_2])\} \leq 12$ 的关系,并且余量由Ar构成的,更优选满足 $0\% \leq [O_2] \leq 3\%$ ,  $0\% \leq [CO_2] \leq 9\%$ ,及 $\{[CO_2] + (3 \times [O_2])\} \leq 9$ 的关系,并且余量由Ar构成的气体,也优选纯Ar( $[O_2] = 0\%$ ,  $[CO_2] = 0\%$ )的气体。

[0155] 另外,如前述,在合金成分之中,Cr和Nb是特别容易被氧化的成分,由此,根据保护

气体中的 $[O_2]$ 和 $[CO_2]$ 的值,会给熔渣成分组成的平衡带来大的影响。因此,在本实施方式中,设Cr的质量分率为 $[Cr]$ , Nb的质量分率为 $[Nb]$ ,  $A = \{[Cr] + (4.3 \times [Nb])\}$ 时,由 $\{(3 \times [O_2]) + [CO_2] + (0.0085 \times A^2) - (0.19 \times A)\}$ 构所的关系式所表示的值为 20.0 以下。

[0156] 式中,作为 $[Nb]$ 的系数的4.3,是根据使焊丝中的Cr和Nb的添加量独立变化的试验结果而导出的值,基于熔渣剥离性的观点而评估焊道,进行回归计算的结果是,得到该系数。作为 $[O_2]$ 的系数的3,是根据使保护气体中的 $CO_2$ 和 $O_2$ 的体积分率独立变化的试验结果而导出的值,基于熔渣剥离性的观点比较焊道的结果是,得出 $O_2$ 的影响度是 $CO_2$ 的3倍左右这样的结论,就是所得到的系数。作为 $A^2$ 的系数的0.0085和作为A 的系数的0.19,是将A置于横轴,  $(3 \times [O_2]) + [CO_2]$ 置于纵轴而整理试验结果时可知,根据这些系数的算式可分清优良与否,因此采用这些值。

[0157] 由上述关系式表示的值从熔渣剥离性方面出发优选为15.4以下。

[0158] 在现有的不包含As、Sb、Pb和Bi的金属系的不锈钢和Ni基合金用药芯焊丝中,在进行高线能量条件下的焊接时,需要通过使用防护喷嘴直径非常大的焊炬,或屏蔽焊炬后方的后保护用夹具等,来进行用于避免焊道氧化的对策。但是,本实施方式的焊丝,不用进行上述对策就能够抑制焊道表面的氧化。因此,即使进行高线能量条件下的焊接时,也不需要进行特别的焊道氧化对策,因此,能够适用防护喷嘴直径普通的焊炬(例如,内径为13~19mm的),可以实现焊接装置的简易化。

[0159] (焊接线能量)

[0160] 现有的不包含As、Sb、Pb和Bi的金属系的不锈钢和Ni基合金用药芯焊丝,也能够进行低线能量的焊接,因为能够缓和焊道表面的氧化,所以可以进行比较良好的焊接,但是在高线能量的范围内的焊接中,焊道表面的氧化变得显著,焊接操作性粗劣。

[0161] 相对于此,本实施方式的药芯焊丝不仅在低线能量条件焊接中,即使在高线能量的焊接中,也能够抑制焊道表面的氧化,得到良好的焊接操作性。

[0162] 从享有本实施方式的药芯焊丝的特长(效果)的方面出发,本实施方式的药芯焊丝,优选在一定高度的高线能量条件下的焊接中使用。另一方面,若随意选定高线能量的条件,则有可能飞溅多发,焊接金属量相对于熔深过量,诱发焊瘤的缺陷等。

[0163] 因此,优选使用本实施方式的药芯焊丝,在下式所表示的焊接线能量的值F(kJ/cm)为10.0以上且19.0以下的范围内进行焊接施工。焊接线能量(F)(kJ/cm) = 电流(A) × 电压(V) ÷ 焊接速度(cm/s) ÷ 1000

[0164] (制造方法)

[0165] 本实施方式的药芯焊丝,通过以过去同样的方法制造,制造方法没有特别限定。例如,首先在外皮内填充焊剂。这时,使外皮的组成、焊剂的组成和含有率分别处于前述的范围而适宜调整。其次,使外皮内填充有焊剂的焊丝,通过轧制或拉丝而进行缩径,从而能够得到具有特定的外径的药芯焊丝。

[0166] 实施例

[0167] 以下,列举实施例更具体地说明本发明,但本发明不受这些实施例限定,可以在能够符合本发明的宗旨的范围加以变更实施,这些均包含在本发明的技术的范围内。

[0168] [评价方法]

[0169] 由下述所示的焊接条件C-1或C-2进行焊接,分别通过下述所示的方法,对于熔

渣剥离性、焊接操作性和耐腐蚀性进行评价。关于焊接操作性,进行对于飞溅发生量、焊道形状和耐缺陷性的评价。

[0170] (焊接条件C-1)

[0171] 作为母材,以厚度12mm的SUS304为母材,以焊接电流:280A,焊接电压:24~30V和焊接速度0.6cm/s的条件,由气体保护电弧焊实施向下的平板堆焊。焊接长度400mm,对准前焊层的缝边部而重叠3层焊道,实施合计4焊层的焊接。

[0172] (焊接条件C-2)

[0173] 作为母材,以厚度12mm的SUS304为母材,以焊接电流:370A,焊接电压:31~32V和焊接速度0.6cm/s的条件,由气体保护电弧焊实施向下的平板堆焊。焊接长度400mm,对准前焊层的缝边部而重叠3层焊道,实施合计4焊层的焊接。

[0174] (熔渣剥离性)

[0175] 对于焊接后的熔渣,以下述标准评价熔渣剥离性。A~C为合格,D 为不合格。

[0176] A:全面或大体全面自然剥离,非常良好。

[0177] B:一部分自然剥离,其他部分通过用除渣锤进行敲击也能够轻易剥离,良好。

[0178] C:用凿子和除渣锤能够剥离,允许限度。

[0179] D:需要用研磨机进行熔渣剥离操作,恶劣。

[0180] (飞溅发生量)

[0181] 在焊接部的两侧面,设置由铜板制作的箱子(高200mm×宽100mm ×长500mm的长方体状。使除200mm×500mm的侧面一个面以外用铜板制造,所述侧面一个面为空的状态的2个箱子,相对于焊接线而彼此离开 30mm相对配置),进行焊接。在第一层400mm的焊接中,从箱内提取在箱内所捕集到的全部飞溅,将提取到的飞溅,用网眼1.0mm的筛子分成低于1.0mm的和1.0mm以上的之后,测量各质量,按下述标准进行评价。A~ C为合格,D为不合格。

[0182] A:1.0mm以上的飞溅量:0g且1.0mm以下的飞溅量:0.5g以下的。

[0183] B:1.0mm以上的飞溅量:0.2g以下且1.0mm以下的飞溅量:0.7g以下的。

[0184] C:1.0mm以上的飞溅量:0.5g以下且1.0mm以下的飞溅量:1.0g以下的。

[0185] D:1.0mm以上的飞溅量:高于0.5g和/或1.0mm以下的飞溅量:高于1.0g的。

[0186] (焊道形状)

[0187] 对于焊道,以目视进行焊道形状的评价。评价标准如下,A和B为合格,C为不合格。还有,所谓侧面角,意思是母材表面与焊道端部所构成的角度。

[0188] A:焊道搭接部没有未熔合缺陷可能有性的状态可称为良好,侧面角大体为120°以上的。

[0189] B:与X射线透射试验的结果相符而能够进行评价的状态,侧面角大体为100°以上且低于120°的。

[0190] C:焊道搭接部有可能出发未熔合缺陷的状态称为不良,侧面角大体上低于100°的。

[0191] (耐缺陷性)

[0192] 对于焊接后的初层焊接部(包括弧坑部),通过依据JIS Z3106:2001 年的X射线透射试验,确认有无缺陷,由下述标准进行评价。A和B为合格,C为不合格。

[0193] A:无缺陷的

[0194] B: 只有弧坑部发生裂纹, 可见0.5mm以下的点状缺陷的

[0195] C: 由于裂纹、未熔合和/或夹渣, 导致弧坑部以外的焊接部可见线状缺陷的, 或者可见圆形缺陷的, 由JISZ3106:2001年附件4表5第一种2~4类进行分类

[0196] (耐腐蚀性)

[0197] 从焊接过的母材上截取60×145mm的大小, 保留焊道部40×125mm 实施被覆, 进行依据JISZ2371:2015年的中性盐水喷雾试验。喷雾条件为连续168小时, 按下述标准进行评价。A~C为合格, D为不合格。

[0198] A: 通过JIS Z2371:2015年附件JC评级方法而求得的评级为10的。

[0199] B: 所述评级为9以上且9.8以下的。

[0200] C: 所述评级为3以上且8以下的。

[0201] D: 所述评级2以下的(含0)。

[0202] [试验例]

[0203] 使用具有表1~4所示的组成的药芯焊丝(W-1~W-49), 实施焊接试验。焊丝W-1~W-39是不锈钢药芯焊丝, 焊丝W-40~W-49是Ni基合金用药芯焊丝。

[0204] 表1和3的所谓“参数 $\alpha$ ”, 表示由 $\{3 \times ([ZrO_2] + [MgO])\} + (1.2 \times [Al_2O_3]) + [TiO_2] + (0.3 \times [SiO_2])\} / \{[TiO_2] + [SiO_2] + [ZrO_2] + [Al_2O_3] + [MgO]\}$ 表示的关系式, 所谓“ $Na_2O + K_2O + Li_2O$ ”意思是Na化合物、K化合物和Li化合物中包含的碱金属成分的氧化物( $Na_2O$ 、 $K_2O$ 和 $Li_2O$ )换算值的合计, 所谓“金属氟化物”意思是作为金属氟化物而包含在焊丝中的F的量。另外, 表1~4中的成分组成、熔渣含有率和焊剂含有率均是相对于焊丝总质量的质量分率所表示的值, 所谓“-”表示没有进行积极的添加。

[0205] 焊接试验(试验例1~67)的条件如表5所示。试验例1~8、13~16、19~22、25~29、31~33、36~47和50~67是实施例, 试验例9~12、17、18、23、24、30、34和35是比较例, 试验例48是使用含有低熔点金属的焊丝W-38的参考例, 试验例49是使用作为金属系药芯焊丝的焊丝W-39的参考例。

[0206] 表5中的所谓“参数 $\beta$ ”表示由 $\{3 \times [O_2] + [CO_2] + (0.0085 \times A^2) - (0.19 \times A)\}$ 表示的关系式, “保护气体”中的G-1~G-11的组成如表6所示。

[0207] 焊接试验后的熔渣剥离性、焊接操作性和耐腐蚀性的结果显示在表7中。表7中, 所谓“耐腐蚀性”的“\*”意思是没有进行耐腐蚀性的评价。这是由于, 焊丝W-40~W-49是Ni基合金用药芯焊丝, Ni基合金根据不会因盐水喷雾而生锈, 因此即使进行耐腐蚀性试验也看不到明显差别, 因为设想到这一点而没有进行评价。

[0208] [表1]

编号	焊丝中的熔渣成分组成(质量分率)										熔渣 含有率 (质量分率)
	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	参数 $\alpha$	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O +Li <sub>2</sub> O	金属 氟化物	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	其他 氧化物	
W-1	3.71	0.93	2.39	0.05	-	1.58	0.87	0.52	0.15	0.08	8.7
W-2	4.20	0.93	2.39	0.05	-	1.55	0.87	0.52	0.16	0.09	9.3
W-3	6.13	0.95	2.41	0.05	-	1.44	0.87	0.52	0.20	0.11	11.3
W-4	7.32	0.96	2.42	0.06	-	1.39	0.87	0.52	0.23	0.13	12.6
W-5	8.31	0.97	2.43	0.06	-	1.36	0.87	0.52	0.25	0.14	13.6
W-6	8.82	0.95	2.44	0.06	-	1.34	0.87	0.52	0.26	0.14	14.1
W-7	9.24	0.95	2.44	0.06	-	1.33	0.87	0.52	0.27	0.15	14.6
W-8	6.13	0.23	2.15	0.05	0.27	1.53	0.23	0.22	0.15	0.08	9.6
W-9	6.13	0.33	2.15	0.05	0.27	1.52	0.23	0.22	0.15	0.08	9.7
W-10	6.13	0.53	2.15	0.05	0.27	1.49	0.45	0.35	0.17	0.09	10.3
W-11	6.13	1.48	2.15	0.05	0.27	1.38	1.05	0.52	0.25	0.12	12.1
W-12	6.13	1.96	2.15	0.05	0.27	1.33	1.36	0.52	0.28	0.13	12.9
W-13	6.13	2.16	2.15	0.05	0.27	1.31	1.67	0.52	0.30	0.14	13.4
W-14	7.32	0.65	1.39	-	0.46	1.33	0.20	0.09	0.20	0.09	10.5
W-15	7.32	0.68	1.55	-	0.46	1.35	0.28	0.22	0.20	0.10	10.9
W-16	7.32	0.73	1.90	-	0.46	1.40	0.46	0.52	0.21	0.11	11.8
W-17	7.32	0.77	2.15	-	0.46	1.44	0.60	0.75	0.21	0.12	12.5
W-18	7.32	0.81	2.41	-	0.46	1.47	0.29	0.09	0.21	0.10	11.8
W-19	7.32	0.90	2.98	-	0.46	1.54	0.34	0.22	0.22	0.10	12.6
W-20	7.32	0.92	3.06	-	0.46	1.54	0.55	0.75	0.22	0.12	13.5
W-21	6.13	0.95	2.15	0.05	0.27	1.44	0.45	0.35	0.20	0.09	10.7
W-22	6.13	0.95	2.15	0.17	0.27	1.44	0.45	0.35	0.22	0.09	10.8
W-23	6.13	0.95	2.15	0.28	0.08	1.40	0.45	0.35	0.23	0.09	10.8
W-24	6.13	0.95	2.15	0.35	0.08	1.40	0.45	0.35	0.23	0.09	10.8
W-25	6.13	1.00	2.15	0.28	0.53	1.47	0.45	0.35	0.23	0.09	11.3
W-26	8.85	1.96	1.52	0.05	0.03	1.14	0.87	0.52	0.34	0.14	14.4
W-27	8.70	1.85	1.70	0.05	0.08	1.18	0.87	0.52	0.33	0.14	14.3
W-28	8.20	1.65	1.85	0.05	0.08	1.23	0.87	0.52	0.30	0.14	13.7
W-29	7.32	1.48	2.15	0.10	0.25	1.33	0.87	0.52	0.27	0.13	13.2
W-30	6.13	1.48	2.98	0.10	0.25	1.50	0.87	0.52	0.25	0.11	12.8
W-31	6.13	0.95	2.98	0.10	0.25	1.56	0.45	0.35	0.21	0.09	11.6
W-32	4.80	0.53	2.98	0.10	0.25	1.71	0.45	0.35	0.15	0.08	9.7
W-33	4.20	0.33	2.98	0.28	0.44	1.81	0.23	0.22	0.14	0.06	8.9
W-34	4.20	0.53	1.90	-	-	1.52	0.23	0.22	0.13	0.06	7.3
W-35	7.32	0.96	2.42	0.06	-	1.39	0.87	0.52	0.23	0.13	12.6
W-36	6.13	0.33	2.15	0.05	0.27	1.52	0.23	0.22	0.15	0.08	9.7
W-37	7.32	0.90	2.98	-	0.46	1.54	0.34	0.22	0.22	0.10	12.6
W-38	9.24	0.95	2.44	0.06	-	1.33	0.87	0.52	0.27	0.15	14.6
W-39	0.30	0.10	0.02	-	-	0.93	0.08	0.00	0.03	0.01	0.6

[0209]

[0210] [表2]

编号	焊丝中的合金成分组成(质量分率)											焊剂 含有量 (质量分率)	丝径 (mm)	焊丝 外皮材	
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	Ti	N	W	S				As+Sb+Pb+Bi
W-1	0.097	0.32	0.64	34.47	10.56	0.20	<0.01	0.04	0.03	<0.01	<0.01	<0.0010	30.0	1.6	SUS304L
W-2	0.088	0.88	0.59	32.80	11.50	0.21	<0.01	0.05	0.02	<0.01	<0.01	<0.0010	28.0	1.6	SUS304L
W-3	0.061	1.25	1.65	33.45	9.53	0.03	0.01	0.03	0.02	<0.01	<0.01	<0.0010	30.0	1.6	SUS304L
W-4	0.055	0.54	2.83	31.10	10.43	0.38	<0.01	0.05	0.04	<0.01	<0.01	<0.0010	30.0	1.6	SUS304L
W-5	0.008	0.11	2.12	22.91	12.91	0.13	0.01	0.04	0.04	<0.01	<0.01	<0.0010	26.0	1.6	SUS304L
W-6	0.072	0.88	0.52	24.25	12.41	0.13	0.01	0.03	0.04	<0.01	<0.01	<0.0010	26.0	1.6	SUS304L
W-7	0.060	0.47	2.77	22.85	14.00	0.05	0.01	0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.0010	26.0	1.6	SUS304L
W-8	0.067	0.80	0.68	19.02	11.12	2.82	<0.01	0.03	0.03	<0.01	<0.01	<0.0010	17.0	1.2	SUS316L
W-9	0.077	0.59	2.87	18.69	11.69	2.28	0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.0010	17.0	1.2	SUS316L
W-10	0.114	1.46	1.95	19.63	12.46	2.49	0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.0010	20.0	1.2	SUS316L
W-11	0.085	0.41	0.44	18.01	15.17	4.70	0.01	0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.0010	24.0	1.2	SUS316L
W-12	0.049	0.87	2.24	18.43	14.01	4.76	0.01	0.04	0.03	<0.01	<0.01	<0.0010	24.0	1.2	SUS316L
W-13	0.046	1.17	1.58	18.83	13.81	4.29	0.01	0.02	0.04	<0.01	<0.01	<0.0010	24.0	1.2	SUS316L
W-14	0.039	0.63	2.23	25.64	20.44	0.07	0.01	0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.0010	17.0	1.6	SUS310S
W-15	0.049	1.00	1.40	26.13	22.42	0.37	<0.01	0.02	0.04	<0.01	<0.01	<0.0010	21.0	1.6	SUS310S
W-16	0.132	0.45	2.47	27.18	21.60	0.03	<0.01	0.03	0.02	<0.01	<0.01	<0.0010	21.0	1.6	SUS310S
W-17	0.110	0.20	2.66	18.71	9.38	0.08	<0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.0010	21.0	1.6	SUS304L
W-18	0.050	1.37	0.28	20.95	10.41	0.20	<0.01	0.02	0.04	<0.01	<0.01	<0.0010	21.0	1.6	SUS304L
W-19	0.093	1.32	1.71	19.83	9.60	0.01	<0.01	0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.0010	21.0	1.6	SUS304L
W-20	0.068	0.38	1.77	19.40	10.33	0.02	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.0010	21.0	1.6	SUS304L
W-21	0.024	1.06	2.72	16.84	5.68	0.14	1.98	0.02	0.03	<0.01	<0.01	<0.0010	23.0	1.6	SUS430
W-22	0.014	1.03	1.72	15.71	5.52	0.27	1.47	0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.0010	23.0	1.6	SUS430
W-23	0.121	0.32	1.87	15.23	5.23	0.04	1.72	0.03	0.03	<0.01	<0.01	<0.0010	23.0	1.6	SUS430
W-24	0.039	0.91	0.62	16.44	5.00	0.28	0.01	0.73	0.04	<0.01	<0.01	<0.0010	23.0	1.6	SUH409L
W-25	0.048	1.28	2.82	15.93	5.41	0.43	<0.01	0.91	0.04	<0.01	<0.01	<0.0010	23.0	1.6	SUH409L
W-26	0.117	0.84	1.16	22.92	9.74	3.76	<0.01	0.02	0.49	<0.01	<0.01	<0.0010	27.0	1.2	SUS304L
W-27	0.059	0.24	0.79	21.07	9.35	2.95	0.01	0.02	0.28	<0.01	<0.01	<0.0010	27.0	1.2	SUS304L
W-28	0.094	1.06	1.51	22.50	9.78	2.86	0.01	0.02	0.12	<0.01	<0.01	<0.0010	27.0	1.2	SUS304L
W-29	0.145	0.95	0.96	23.67	10.39	2.95	<0.01	0.04	0.59	<0.01	<0.01	<0.0010	27.0	1.2	SUS316L
W-30	0.024	0.13	2.45	26.61	10.62	3.33	<0.01	0.01	0.66	<0.01	<0.01	<0.0010	27.0	1.2	SUS316L
W-31	0.032	0.61	1.37	23.48	10.93	2.84	0.01	0.04	0.42	<0.01	<0.01	<0.0010	27.0	1.2	SUS316L
W-32	0.070	0.32	0.23	16.40	9.35	0.18	1.45	0.02	0.03	<0.01	<0.01	<0.0010	14.0	2.0	SUS304L
W-33	0.014	0.44	1.26	18.31	10.59	0.32	0.55	0.05	0.03	<0.01	<0.01	<0.0010	14.0	2.0	SUS304L
W-34	0.043	0.31	0.57	18.43	9.57	0.42	0.86	0.04	0.03	<0.01	<0.01	<0.0010	11.0	1.6	SUS304L
W-35	0.058	0.42	1.70	19.36	10.28	0.02	<0.01	0.01	0.04	<0.01	0.023	<0.0010	21.0	1.6	SUS304L
W-36	0.075	0.55	2.63	18.76	11.78	2.33	0.01	0.01	0.03	<0.01	0.064	<0.0010	17.0	1.2	SUS316L
W-37	0.063	1.32	1.71	33.21	9.56	0.03	0.01	0.02	0.02	<0.01	0.089	<0.0010	21.0	1.6	SUS304L
W-38	0.058	0.49	2.85	22.78	13.95	0.04	0.01	0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.0114	26.0	1.6	SUS304L
W-39	0.032	0.63	2.15	22.45	13.57	0.02	0.00	0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.0010	21.0	1.6	SUS304L

[0211]

[0212] ※余量是Fe和不可避免的杂质

[0213] [表3]

编号	焊丝中的熔渣成分组成(质量分率)										熔渣 含有率 (质量分率)
	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	参数 α	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O +Li <sub>2</sub> O	金属 氟化物	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	其他 氧化物	
W-40	7.32	0.96	2.42	0.06	-	1.39	0.87	0.52	0.23	0.13	12.6
W-41	7.32	0.96	2.42	0.06	-	1.39	0.87	0.52	0.23	0.13	12.6
W-42	7.32	0.96	2.42	0.06	-	1.39	0.87	0.52	0.23	0.13	12.6
W-43	7.32	0.96	2.42	0.06	-	1.39	0.87	0.52	0.23	0.13	12.6
W-44	7.32	0.96	2.42	0.06	-	1.39	0.87	0.52	0.23	0.13	12.6
W-45	6.13	0.95	2.15	0.17	0.27	1.44	0.45	0.35	0.22	0.09	10.8
W-46	6.13	0.95	2.15	0.17	0.27	1.44	0.45	0.35	0.22	0.09	10.8
W-47	6.13	0.95	2.15	0.17	0.27	1.44	0.45	0.35	0.22	0.09	10.8
W-48	6.13	0.95	2.15	0.17	0.27	1.44	0.45	0.35	0.22	0.09	10.8
W-49	6.13	0.95	2.15	0.17	0.27	1.44	0.45	0.35	0.22	0.09	10.8

[0214]

[0215] [表4]

[0216]

编号	焊丝中的合金成分组成(质量分率)												焊剂 含有量 (质量分率)	丝径 (mm)	焊丝 外皮材
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Nb	Ti	N	Fe	W	S	As+Sb+Pb+Bi			
W-40	0.049	0.36	2.83	19.32	0.39	2.19	0.01	0.02	2.17	0.17	<0.01	<0.0010	20.0	1.8	Alloy600
W-41	0.083	0.50	0.31	21.64	8.86	3.21	0.02	0.03	4.18	0.01	<0.01	<0.0010	20.0	1.8	Alloy625
W-42	0.066	0.26	0.52	29.41	0.08	0.01	0.72	0.03	8.22	0.04	<0.01	<0.0010	30.0	1.6	Alloy600
W-43	0.071	0.13	0.86	22.39	13.12	0.01	0.02	0.03	2.81	2.71	<0.01	<0.0010	22.0	1.6	Alloy22
W-44	0.024	0.40	0.95	16.17	16.85	0.02	0.00	0.02	6.37	4.13	<0.01	<0.0010	22.0	1.6	Alloy276
W-45	0.068	0.38	2.76	19.20	0.49	2.75	0.00	0.03	2.01	0.19	<0.01	<0.0010	20.0	1.8	Alloy600
W-46	0.057	0.48	0.28	21.37	8.56	3.29	0.02	0.04	4.06	0.50	0.025	<0.0010	20.0	1.6	Alloy625
W-47	0.081	0.33	0.54	29.04	0.32	0.02	0.68	0.02	7.98	0.06	<0.01	<0.0010	28.0	1.6	Alloy600
W-48	0.082	0.15	0.90	23.04	12.89	0.01	0.03	0.02	2.67	2.58	<0.01	<0.0010	22.0	1.6	Alloy22
W-49	0.015	0.22	0.91	16.43	16.45	0.01	0.01	0.03	6.05	3.88	0.029	<0.0010	22.0	1.6	Alloy276

[0217] ※余量是Ni和不可避免的杂质

[0218] [表5]

[0219]

试验例	保护气体	焊丝编号	参数 $\beta$	焊接条件	电流 [A]	电压 [V]	焊接速度 [cm/s]	焊接线能量 [kJ/cm]
1	G-1	W-5	0.1	C-1	280	24	0.6	11.2
2	G-2	W-5	9.1	C-1	280	26	0.6	12.1
3	G-3	W-5	12.1	C-1	280	26	0.6	12.1
4	G-4	W-5	15.1	C-1	280	27	0.6	12.6
5	G-5	W-5	9.1	C-1	280	26	0.6	12.1
6	G-6	W-5	12.1	C-1	280	26	0.6	12.1
7	G-7	W-5	15.1	C-1	280	27	0.6	12.6
8	G-8	W-5	14.1	C-1	280	27	0.6	12.6
9	G-9	W-5	30.1	C-1	280	30	0.6	14.0
10	G-10	W-5	20.1	C-1	280	28	0.6	13.1
11	G-11	W-5	17.1	C-1	280	27	0.6	12.6
12	G-2	W-1	12.6	C-1	280	26	0.6	12.1
13	G-2	W-2	11.9	C-1	280	26	0.6	12.1
14	G-2	W-3	12.2	C-1	280	26	0.6	12.1
15	G-2	W-4	11.3	C-1	280	26	0.6	12.1
16	G-2	W-6	9.4	C-1	280	26	0.6	12.1
17	G-2	W-7	9.1	C-1	280	26	0.6	12.1
18	G-2	W-8	8.5	C-1	280	26	0.6	12.1
19	G-2	W-9	8.4	C-1	280	26	0.6	12.1
20	G-2	W-10	8.6	C-1	280	26	0.6	12.1
21	G-2	W-11	8.3	C-1	280	26	0.6	12.1
22	G-2	W-12	8.4	C-1	280	26	0.6	12.1
23	G-2	W-13	8.4	C-1	280	26	0.6	12.1
24	G-2	W-14	9.7	C-1	280	26	0.6	12.1
25	G-2	W-15	9.8	C-1	280	26	0.6	12.1
26	G-2	W-16	10.1	C-1	280	26	0.6	12.1
27	G-2	W-17	8.4	C-1	280	26	0.6	12.1
28	G-2	W-18	8.8	C-1	280	26	0.6	12.1
29	G-2	W-19	8.6	C-1	280	26	0.6	12.1
30	G-2	W-20	8.5	C-1	280	26	0.6	12.1
31	G-2	W-21	9.6	C-1	280	26	0.6	12.1
32	G-2	W-22	8.9	C-1	280	26	0.6	12.1
33	G-2	W-23	9.1	C-1	280	26	0.6	12.1
34	G-2	W-24	8.2	C-1	280	26	0.6	12.1
35	G-2	W-25	8.1	C-1	280	26	0.6	12.1
36	G-2	W-26	9.1	C-1	280	26	0.6	12.1
37	G-2	W-27	8.8	C-1	280	26	0.6	12.1
38	G-2	W-28	9.0	C-1	280	26	0.6	12.1
39	G-2	W-29	9.3	C-1	280	26	0.6	12.1
40	G-2	W-30	10.0	C-1	280	26	0.6	12.1
41	G-2	W-31	9.2	C-1	280	26	0.6	12.1
42	G-2	W-32	9.5	C-1	280	26	0.6	12.1
43	G-2	W-33	8.7	C-1	280	26	0.6	12.1
44	G-2	W-34	9.0	C-1	280	26	0.6	12.1
45	G-2	W-35	8.5	C-1	280	26	0.6	12.1
46	G-2	W-36	8.4	C-1	280	26	0.6	12.1
47	G-2	W-37	12.1	C-1	280	26	0.6	12.1
48	G-2	W-38	9.1	C-1	280	25	0.6	12.1
49	G-2	W-39	9.0	C-1	280	25	0.6	12.1
50	G-2	W-40	10.6	C-1	280	25	0.6	12.1
51	G-2	W-41	12.9	C-1	280	25	0.6	12.1
52	G-2	W-42	10.8	C-1	280	25	0.6	12.1
53	G-2	W-43	9.0	C-1	280	25	0.6	12.1
54	G-2	W-44	8.2	C-1	280	25	0.6	12.1
55	G-2	W-45	11.3	C-1	280	25	0.6	12.1
56	G-2	W-46	13.0	C-1	280	26	0.6	12.1
57	G-2	W-47	10.7	C-1	280	26	0.6	12.1
58	G-2	W-48	9.1	C-1	280	26	0.6	12.1
59	G-2	W-49	8.2	C-1	280	26	0.6	12.1
60	G-8	W-11	13.3	C-1	280	27	0.6	12.6
61	G-8	W-22	13.9	C-1	280	27	0.6	12.6
62	G-8	W-29	14.3	C-1	280	27	0.6	12.6
63	G-8	W-35	13.5	C-1	280	27	0.6	12.6
64	G-8	W-42	15.8	C-1	280	27	0.6	12.6
65	G-8	W-46	18.0	C-1	280	27	0.6	12.6
66	G-1	W-5	0.1	C-2	370	31	0.6	19.1
67	G-2	W-10	8.6	C-2	370	32	0.6	19.7

[0220]

[表6]

[0221]

(体积分率)

[0222]

标号	[Ar]	[O <sub>2</sub> ]	[CO <sub>2</sub> ]	[CO <sub>2</sub> ]+3[O <sub>2</sub> ]
G-1	100	0	0	0

G-2	97	3	0	9
G-3	96	4	0	12
G-4	95	5	0	15
G-5	91	0	9	9
G-6	88	0	12	12
G-7	85	0	15	15
G-8	92	3	5	14
G-9	90	10	0	30
G-10	80	0	20	20
G-11	91	4	5	17

[0223] [表7]

试验例	熔渣剥离性	焊接操作性			耐腐蚀性	
		飞溅发生量	焊道形状	耐缺陷性	评级	评价结果
1	A	A	A	A	10	A
2	A	A	A	A	10	A
3	B	B	A	A	8	C
4	C	B	A	A	6	C
5	A	A	A	A	10	A
6	B	B	A	A	9	B
7	C	B	A	A	7	C
8	C	C	A	A	8	C
9	D	D	A	A	3	C
10	D	D	A	A	4	C
11	D	C	A	A	4	C
12	B	A	C	C	6	C
13	A	A	B	A	8	C
14	A	A	A	A	10	A
15	A	A	A	A	10	A
16	C	A	A	A	10	A
17	D	A	A	A	8	C
18	C	B	C	C	7	C
19	B	B	B	A	8	C
20	A	A	A	A	10	A
21	A	A	A	B	10	A
22	A	A	B	B	10	A
23	B	A	C	C	8	C
24	B	B	C	C	6	C
25	C	A	B	A	6	C
26	B	A	A	A	9.3	B
27	B	A	A	A	9	B
28	B	A	A	A	9	B
29	B	A	B	A	8	C
30	C	A	C	C	5	C
31	A	A	A	A	10	A
32	A	A	A	A	10	A
33	A	A	A	B	10	A
34	A	A	A	C	10	A
35	D	A	A	B	2	D
36	C	C	B	A	4	C
37	B	C	B	A	6	C
38	A	B	A	A	9	B
39	A	A	A	A	10	A
40	A	A	B	A	10	A
41	A	A	B	A	10	A
42	B	A	B	B	7	C
43	C	B	B	B	4	C
44	B	A	B	B	6	C
45	A	A	A	A	10	A
46	A	A	A	A	10	A
47	A	A	A	A	10	A
48	A	A	A	A	10	A
49	-	B	A	A	2	D
50	A	A	A	A	*	*
51	A	A	A	A	*	*
52	A	A	A	A	*	*
53	A	A	A	A	*	*
54	A	A	A	A	*	*
55	A	A	A	A	*	*
56	A	A	A	A	*	*
57	A	A	A	A	*	*
58	A	A	A	A	*	*
59	A	A	A	A	*	*
60	B	B	A	A	8	C
61	B	B	A	A	4	C
62	B	B	A	A	7	C
63	A	B	A	A	10	A
64	B	B	A	A	*	*
65	B	B	A	A	*	*
66	B	C	B	A	9	B
67	B	C	B	A	7	C

[0224]

[0225] 试验例1~11是使保护气体的组成变化的试验例。其结果为，保护气体中所占的Ar的比率越低，另外， $\{[CO_2] + (3 \times [O_2])\}$ 所表示的值越大，则熔渣剥离性越降低，飞溅发生量

也越增加。

[0226] 试验例12~49是使用不锈钢药芯焊丝,使其组成变化的试验例。通过使合金成分组成恰当,能够得到熔渣剥离性、焊道形状和耐缺陷性良好的焊接金属。另外,试验例48其熔渣剥离性、焊接操作性和耐腐蚀性均优异,但使用含有As、Sb、Pb和Bi这样低熔点元素的药芯焊丝,则得到的是耐再热裂缝性低这样的结果。

[0227] 试验例50~59是使用Ni基合金用药芯焊丝的试验例,如果焊丝组成在满足本发明范围的范围,则结果是能够得到良好的熔渣剥离性和焊接操作性。

[0228] 试验例60~67是使保护气体、焊丝组成和焊接条件变化的试验例。如果均在满足本发明范围的范围,则结果是能够得到良好的熔渣剥离性、焊接操作性和耐腐蚀性。

[0229] 另外,使用满足本发明的范围的焊丝的焊接,即使在12.0kJ/cm以上的高线能量条件下,也均能够形成良好的焊接金属,可确认能够进行高效率的焊接。

[0230] 本申请基于2017年11月24日申请的日本专利申请(特愿2017-226089),其内容在此作为参照编入。