



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104625486 B

(45) 授权公告日 2016. 07. 06

(21) 申请号 201410643455. 5

B23K 35/38(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 11. 07

B23K 9/16(2006. 01)

(30) 优先权数据

审查员 孙锐

PCT/JP2013/080284 2013. 11. 08 JP

2014-220853 2014. 10. 29 JP

(73) 专利权人 新日铁住金株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 猿渡周雄 儿岛一浩 中村修一

熊谷达也

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 白丽

(51) Int. Cl.

B23K 35/368(2006. 01)

B23K 35/30(2006. 01)

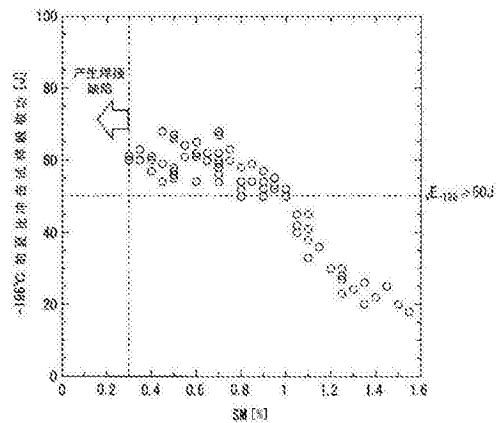
权利要求书2页 说明书61页 附图7页

(54) 发明名称

气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝及极低温用钢的焊接方法以及焊接接头的制造方法

(57) 摘要

本发明提供可获得具有优良低温韧性的焊接金属、且焊接施工效率高、且可省略或简化用于抑制低温裂纹所实施的预热的填充焊剂金属丝。该填充焊剂金属丝含有 CaF₂、BaF₂、SrF₂、MgF₂及 LiF 中的 1 种或 2 种以上, 当将它们的总含量设为 α 时, 上述 α 相对于上述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计为 2.0 ~ 7.0%; 该填充焊剂金属丝含有 Ti 氧化物、Si 氧化物、Mg 氧化物、Al 氧化物、Zr 氧化物及 Ca 氧化物中的 1 种或 2 种以上, 当将它们的总含量设为 β 时, 上述 β 相对于上述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计为 0.2 ~ 0.9%; 上述 CaF₂ 的含量与上述 α 之比为 0.90 以上, 上述 α 与上述 β 之比为 3.0 以上且 15.0 以下。



1. 一种气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝,其是在钢制外皮的内部填充有焊剂的填充焊剂金属丝,其特征在于,

在所述填充焊剂金属丝中含有作为金属氟化物的 CaF_2 、 BaF_2 、 SrF_2 、 MgF_2 及 LiF 中的1种或2种以上,当将它们的总含量设为 α 时,所述 α 相对于所述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计为2.0~7.0%;

在所述填充焊剂金属丝中含有作为金属氧化物的Ti氧化物、Si氧化物、Mg氧化物、Al氧化物、Zr氧化物及Ca氧化物中的1种或2种以上,当将它们的总含量设为 β 时,所述 β 相对于所述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计为0.2~0.9%;

在所述填充焊剂金属丝中含有作为金属碳酸盐的 CaCO_3 、 BaCO_3 、 SrCO_3 、 MgCO_3 及 Li_2CO_3 中的1种或2种以上,它们的总含量相对于所述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计小于0.6%;

所述 CaF_2 的含量与所述 α 之比为0.90以上,

所述 α 与所述 β 之比为3.0以上且15.0以下,

所述Ti氧化物的含量相对于所述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计为0~0.4%,

所述Si氧化物的含量相对于所述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计为0.2~0.5%,

所述Ca氧化物的含量相对于所述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计小于0.20%,

所述焊剂中的电弧稳定剂的含量相对于所述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计为0~0.50%,

所述焊剂中的铁粉的含量相对于所述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计小于5%,

除了所述金属氟化物、所述金属氧化物及所述金属碳酸盐之外的化学成分包含:相对于所述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计

C:0.003~0.040%;

Si:0.05~0.40%;

Mn:0.2~0.8%;

Al:0.003~0.050%;

Ni:6.0~16.0%;

P:0.02%以下;

S:0.01%以下;

Cu:0~0.5%;

Cr:0~0.5%;

Mo:0~0.5%;

V:0~0.2%;

Ti:0~0.1%;

Nb:0~0.1%;

B:0~0.01%;

Mg:0~0.6%;

REM:0~0.0500%;

剩余部分:Fe及杂质;

下述式a所定义的SM为0.3~1.0%,

下述式b所定义的 C_{eq} 为0.250~0.525%，

$$SM=[Si]+[Mn] \quad (\text{式a})$$

$$C_{eq}=[C]+1/24[Si]+1/6[Mn]+1/40[Ni]+1/5[Cr]+1/4[Mo]+1/14[V] \quad (\text{式b})$$

其中，式a及式b的带[]的元素表示各个元素的以质量%计的含量。

2. 根据权利要求1所述的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝，其是在含有Ni的所述钢制外皮的内部填充有所述焊剂的所述填充焊剂金属丝，其特征在于，其中，所述钢制外皮的所述Ni的含量相对于所述钢制外皮的总质量以质量%计为6~18%。

3. 根据权利要求1或2所述的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝，其特征在于，所述填充焊剂金属丝中的所述REM的含量相对于所述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计为0.0100%以下。

4. 根据权利要求1或2所述的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝，其特征在于，所述填充焊剂金属丝中的所述Ca氧化物的含量相对于所述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计小于0.10%。

5. 根据权利要求1或2所述的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝，其特征在于，在使用了所述填充焊剂金属丝的气体保护电弧焊接中，在日本工业标准JIS Z3111-2005所规定的焊接金属的拉伸试验中，所述焊接金属的抗拉强度为660~900MPa。

6. 根据权利要求1或2所述的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝，其特征在于，所述填充焊剂金属丝在所述钢制外皮中没有狭缝状的间隙。

7. 根据权利要求1或2所述的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝，其特征在于，所述填充焊剂金属丝在所述钢制外皮中有狭缝状的间隙。

8. 根据权利要求1或2所述的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝，其特征在于，所述填充焊剂金属丝在所述钢制外皮的表面上涂布有全氟聚醚油。

9. 一种极低温用钢的焊接方法，其特征在于，使用权利要求1~8中任一项所述的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝，使用纯Ar气体、Ar和1.5体积%以下的O₂或CO₂的混合气体、纯He气体、He和1.5体积%以下的O₂或CO₂的混合气体中的任一种作为保护气体来进行焊接。

10. 一种焊接接头的制造方法，其特征在于，

使用权利要求1~8中任一项所述的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝，使用纯Ar气体、Ar和1.5体积%以下的O₂或CO₂的混合气体、纯He气体、He和1.5体积%以下的O₂或CO₂的混合气体中的任一种作为保护气体，对板厚为6~100mm、Ni的含量为5.5~9.5质量%、抗拉强度为660~900MPa的钢板进行焊接。

气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝及极低温用钢的焊接方法以及焊接接头的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及在LNG罐或化学车间等中使用的、极低温用5.5~9.5%Ni钢的气体保护电弧焊接中使用的填充焊剂金属丝,特别是涉及可获得低温韧性优良的焊接金属、进而可以提高焊接施工效率且耐低温断裂性优良的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝及使用了该金属丝的极低温用钢的焊接方法以及焊接接头的制造方法。

[0002] 本申请基于2013年11月8日向世界知识产权组织提交的PCT/JP2013/080284号和2014年10月29日在日本提交的日本专利申请2014-220853号主张优先权,在此援引它们的内容。

背景技术

[0003] 近年来,由于因地球温室化的问题所造成的二氧化碳排放量标准强化,对与石油、煤炭等相比二氧化碳的排放量更少的天然气的需求提高,与之相伴,LNG罐建造的需要也在世界范围内增高。对LNG罐中使用的钢材要求确保-196°C的极低温度下的韧性,因此使用含有5.5~9.5%Ni的Ni系低温用钢。

[0004] 关于该Ni系低温用钢的焊接,从满足严格的安全性的必要性出发,使用含有60~80%的Ni的Ni基合金焊接材料,但由于含有大量的Ni,因此该焊接材料极为昂贵。进而,Ni基合金焊接材料由于熔融金属的流动性差,因此易于产生融合故障等焊接缺陷,为了防止焊接缺陷,实施低线能量下的焊接,在焊接施工效率方面也存在课题。

[0005] 另外,以降低焊接材料的成本为目的,当将Ni降低至与Ni系低温用钢并列的5.5~9.5%左右时,由于焊接金属变成非常硬的马氏体组织,因此会产生低温裂纹的问题。在焊接金属的组织为奥氏体的Ni基合金焊接材料中不会产生低温裂纹,用于抑制低温裂纹所实施的预热操作成为焊接施工成本降低中的新课题。

[0006] 对于这种现状,例如提出了以下的金属丝作为极低温用钢的焊丝。

[0007] 专利文献1中公开了作为外皮使用了Ni基合金材料的填充焊剂金属丝,但含有60~70%的Ni量,不能达成焊接材料的低成本化。

[0008] 专利文献2中公开了Ni量为7.5~12.0%的焊接材料,但焊接方法由于是焊接施工效率低的TIG焊接,因此不能提高焊接施工效率。

[0009] 专利文献3中公开了作为Ni量为8~13%的焊接材料、通过达成焊接材料成本降低且适用埋弧焊而焊接施工效率优良的金属丝。但是,由于是埋弧焊,因此所得焊接金属的氧量高达250pp,与之相伴,-196°C的吸收能量变成低值,不能确保充分的低温韧性。另外,关于该Ni量下成为问题的低温裂纹,没有进行任何探讨。

[0010] 非专利文献1中公开了下述技术:通过使用将Ni降低至约10%的铁合金的实芯金属丝,进行利用100%Ar保护气体的MIG焊接,能够获得与TIG焊接同等程度的低氧的焊接金属。该技术中,由于显著地降低上述金属丝中的P和S量,因此会确保韧性,但根据本发明人们的实验,有在利用非专利文献1的方法获得的焊接金属中扩散性氢量多、耐低温断裂性差

的缺点。另外,非专利文献1所记载的金属丝由于是需要Rem添加的实芯金属丝,因此有在焊接施工时飞溅剧烈、焊接操作性差的缺点。

[0011] 因此,作为极低温用钢的焊丝,强烈期待开发除了焊接材料的低成本化、还可提高焊接施工效率、且耐低温断裂性也优良的焊丝。

[0012] 现有技术文献

[0013] 专利文献

[0014] 专利文献1:日本特开2008-246507号公报

[0015] 专利文献2:日本特开平09-253860号公报

[0016] 专利文献3:日本特开2008-161932号公报

[0017] 非专利文献

[0018] 非专利文献1:阿草一男、古生正昭等、川崎製鉄技報(川崎制铁技报)、vol.14、No.3(1982)、9%Ni鋼のアルゴンシールド共金MIG溶接(9%Ni钢的纯氩气保护同质合金MIG焊接)

发明内容

[0019] 发明要解决的课题

[0020] 在要获得作为焊接施工效率优良的消耗电极式气体保护电弧焊接用的焊丝、即便降低Ni的含量、低温韧性也优良的焊接金属的情况下,自保护气体中含有的活性气体侵入到焊接金属中的氧成为问题。

[0021] 气体保护电弧焊接中,作为保护气体,通常使用Ar-10~30%CO₂(即,以体积分率计为10~30%的CO₂、剩余部分为Ar的混合气体)、100%CO₂或Ar-2%O₂等,气体中含有2%以上的作为活性气体的CO₂或O₂。作为其理由是因为,仅利用不活泼性气体时,电弧变得不稳定,不能获得没有焊接缺陷等的健全的焊接金属。

[0022] 另一方面,这些活性气体由于通过焊接电弧而产生电离、电离得到的阳离子进入到焊接金属内,因此当将活性气体混合时,焊接金属中的氧量增加。当焊接金属的氧量增加时,韧性断裂的吸收能量降低。

[0023] 作为极低温用钢的焊接材料,在使Ni量降低至与作为母材的5.5~9.5%Ni钢同等程度的焊接材料中,由于难以确保该韧性断裂的吸收能量,因此需要可获得氧量少的焊接金属的焊接方法。但是,仍没有实现可通过使用降低了活性气体的混合量的保护气体或者仅使用不活泼性气体的气体保护电弧焊接而获得健全的焊接金属的焊丝。

[0024] 通过非消耗电极式的TIG焊接,可获得健全的焊接金属,焊接金属的氧量也低,但TIG焊接具有与消耗电极式的气体保护电弧焊接相比、焊接施工效率极低、焊接施工成本增大的问题。

[0025] 进而,在Ni量降低至与5.5~9.5%Ni钢同等程度的焊接材料中,由于焊接金属成为非常硬的马氏体组织,因此具有低温裂纹的问题。

[0026] 为了抑制低温裂纹,需要预热操作。预热操作也成为焊接施工效率降低的主要原因,但现有技术中对于耐低温断裂性完全没有进行探讨。

[0027] 本发明鉴于上述背景技术的问题,其课题在于提供通过Ni量降低至5.5~9.5%Ni钢同等程度而大幅度地降低焊接材料成本、且即便适用焊接施工效率优良的气体保护电弧

焊接、也可获得-196℃的低温韧性优良的焊接金属的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝。进而,其课题还在于提供不需要用于抑制低温裂纹的预热操作或可显著地降低预热操作的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝及使用了该金属丝的极低温用钢的焊接方法。

[0028] 用于解决课题的手段

[0029] 本发明人们为了解决上述课题进行了深入研究,结果发现,在将Ni量减低至与5.5~9.5%Ni钢同等程度的填充焊剂金属丝中,通过制成以氟化物为主体的熔渣成分组成,(i)即便是使用纯Ar气体或纯Ar气体中的氧的比例小于2%的混合气体作为保护气体的气体保护电弧焊接,也可获得电弧稳定、健全且低氧量的焊接金属;(ii)通过使用含有6~16%的Ni的钢制外皮,大幅度地降低填充于焊剂的合金成分,进一步降低焊接金属的氧量,并将C、Si、Mn、其他的合金元素设成对于利用该焊接法获得的焊接金属为最适合的组成,可获得优良的-196℃下的夏比冲击试样吸收功。

[0030] 进而还发现了本发明的填充焊剂金属丝可大幅度地降低焊接金属的扩散性氢。

[0031] 由此发现了,在5.5~9.5%Ni钢的焊接中可获得具有优良的低温韧性的焊接金属、且焊接施工效率高、且可以省略或简化为了抑制低温裂纹而实施的预热的填充焊剂金属丝,基于该发现加以进一步探讨,从而完成了本发明。

[0032] (1)本发明第一方式的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝是在钢制外皮的内部填充有焊剂的填充焊剂金属丝,在上述填充焊剂金属丝中含有作为金属氟化物的CaF₂、BaF₂、SrF₂、MgF₂及LiF中的1种或2种以上,当将它们的总含量设为α时,上述α相对于上述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计为2.0~7.0%;在上述填充焊剂金属丝中含有作为金属氧化物的Ti氧化物、Si氧化物、Mg氧化物、Al氧化物、Zr氧化物及Ca氧化物中的1种或2种以上,当将它们的总含量设为β时,上述β相对于上述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计为0.2~0.9%;在上述填充焊剂金属丝中含有作为金属碳酸盐的CaCO₃、BaCO₃、SrCO₃、MgCO₃及Li₂CO₃中的1种或2种以上,它们的总含量相对于上述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计小于0.6%;上述CaF₂的含量与上述α之比为0.90以上,上述α与上述β之比为3.0以上且15.0以下,上述Ti氧化物的含量相对于上述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计为0~0.4%,上述Si氧化物的含量相对于上述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计为0.2~0.5%,上述Ca氧化物的含量相对于上述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计小于0.20%,上述焊剂中的电弧稳定剂的含量相对于上述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计为0~0.50%,上述焊剂中的铁粉的含量相对于上述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计小于5%,除了上述金属氟化物、上述金属氧化物及上述金属碳酸盐之外的化学成分包含:相对于上述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计C:0.003~0.040%;Si:0.05~0.40%;Mn:0.2~0.8%;Al:0.003~0.050%;Ni:6.0~16.0%;P:0.02%以下;S:0.01%以下;Cu:0~0.5%;Cr:0~0.5%;Mo:0~0.5%;V:0~0.2%;Ti:0~0.1%;Nb:0~0.1%;B:0~0.01%;Mg:0~0.6%;REM:0~0.0500%;剩余部分:Fe及杂质;下述式a所定义的SM为0.3~1.0%,下述式b所定义的C_{eq}为0.250~0.525%。

[0033] $SM=[Si]+[Mn]$ (式a)

[0034] $C_{eq}=[C]+1/24[Si]+1/6[Mn]+1/40[Ni]+1/5[Cr]+1/4[Mo]+1/14[V]$ (式b)

[0035] 其中,式a及式b的带[]的元素表示各个元素的含量(质量%)。

[0036] (2)上述(1)所记载的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝是在含有Ni的上述钢

制外皮的内部填充有上述焊剂的上述填充焊剂金属丝,其中,上述钢制外皮的上述Ni的含量相对于上述钢制外皮的总质量以质量%计可以为6~18%。

[0037] (3)上述(1)或(2)所记载的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝,其中,上述填充焊剂金属丝中的上述REM的含量相对于上述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计可以为0.0100%以下。

[0038] (4)上述(1)~(3)中任一项所记载的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝,其中,上述填充焊剂金属丝中的上述Ca氧化物的含量相对于上述填充焊剂金属丝的总质量以质量%计可以小于0.10%。

[0039] (5)上述(1)~(4)中任一项所记载的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝,其中,在使用了上述填充焊剂金属丝的气体保护电弧焊接中,在日本工业标准JIS Z3111-2005所规定的焊接金属的拉伸试验中,上述焊接金属的抗拉强度可以为660~900MPa。

[0040] (6)上述(1)~(5)中任一项所记载的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝,其中,在上述钢制外皮中可以具有狭缝状的间隙。

[0041] (7)上述(1)~(5)中任一项所记载的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝,其中,在上述钢制外皮中可以没有狭缝状的间隙。

[0042] (8)上述(1)~(7)中任一项所记载的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝,其中,在上述钢制外皮的表面上可以涂布有全氟聚醚油。

[0043] (9)本发明第二方式的焊接方法为,使用上述(1)~(8)中任一项所记载的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝,使用纯Ar气体、Ar和1.5体积%以下的O₂或CO₂的混合气体、纯He气体、He和1.5体积%以下的O₂或CO₂的混合气体中的任一种作为保护气体来进行焊接。

[0044] (10)本发明第三方式的焊接接头的制造方法为,使用上述(1)~(8)中任一项所记载的气体保护电弧焊接用填充焊剂金属丝,使用纯Ar气体、Ar和1.5体积%以下的O₂或CO₂的混合气体、纯He气体、He和1.5体积%以下的O₂或CO₂的混合气体中的任一种作为保护气体,对板厚为6~100mm、Ni的含量为5.5~9.5质量%、抗拉强度为660~900MPa的钢板进行焊接。

[0045] 发明效果

[0046] 根据本发明的上述各方式,在含有5.5~9.5%左右Ni的Ni系低温用钢的焊接中使用的填充焊剂金属丝中,通过将Ni量降低至与Ni系低温用钢同等程度,可以大幅度地降低焊接材料成本且可应用于焊接施工效率优良的气体保护电弧焊接,进而通过降低填充于金属丝内的焊剂的合金成分、降低焊接金属的氧量,可获得-196℃的低温韧性优良的焊接金属。进而,可以提供不需要用于抑制低温裂纹的预热操作或可显著地降低预热操作的填充焊剂金属丝及使用了该金属丝的极低温用钢的焊接方法以及焊接接头的制造方法。

附图说明

[0047] 图1是表示SM与-196℃的夏比冲击试样吸收功的关系的图(钢制外皮全部为软钢)。

[0048] 图2是表示SM与-196℃的夏比冲击试样吸收功的关系的图(钢制外皮全部为含有Ni的钢)。

[0049] 图3是表示CaO含量与扩散性氢量的关系的图(钢制外皮全部为软钢)。

- [0050] 图4是表示CaO含量与扩散性氢量的关系的图(钢制外皮全部为含有Ni的钢)。
- [0051] 图5是表示金属丝的剪切截面的图。
- [0052] 图6是表示焊接金属中的氧量与-196℃的夏比冲击试样吸收功的关系的图(钢制外皮全部为软钢)。
- [0053] 图7是表示焊接金属中的氧量与-196℃的夏比冲击试样吸收功的关系的图(钢制外皮全部为含有Ni的钢)。
- [0054] 图8是表示实施例中的试验片采集位置的图(JIS Z3111-2005)。
- [0055] 符号说明
- [0056] 1 钢板
- [0057] 2 垫板
- [0058] 3 焊缝
- [0059] 4 夏比冲击试验片(2mmV槽口)
- [0060] 5 A0号拉伸试验片(圆棒)

具体实施方式

- [0061] 对Ni系低温用钢的焊接金属要求-196℃的低温韧性,为了确保-196℃的吸收能量,需要降低焊接金属的氧量。
- [0062] 作为降低焊接金属的氧量的方法,可考虑使用不活泼性气体的气体保护电弧焊接,但由于电弧变得不稳定,不能获得没有焊接缺陷的健全的焊接金属,因此不能使用。
- [0063] 因此,仅有使用Ni基合金焊接材料的方法或者使用TIG焊接等焊接施工效率极低的方法。前者具有焊接材料成本极高的问题,后者具有焊接施工效率极低的问题,不能实现兼顾焊接材料成本和焊接施工效率的焊接材料。
- [0064] 在Ni含量降低至与Ni系低温用钢同等程度的填充焊剂金属丝中,本发明人们以各种比例改变CaF₂和金属氧化物的含量,进而以各种比例改变C、Si、Mn及其他合金元素的含量,使用按照该方式来试制的金属丝,通过使用不活泼性气体的气体保护电弧焊接实施了Ni系低温用钢的焊接。
- [0065] 结果发现了下述(i)~(v):
- [0066] (i)在CaF₂及金属氧化物的特定的含有范围内,即便是使用了不活泼性气体的气体保护电弧焊接,也可获得电弧稳定、健全的焊接金属;(ii)除了可以使用不活泼性气体之外,还可以通过使用含Ni的钢制外皮而大幅度地降低焊接金属的氧量;(iii)在C、Si、Mn及其他合金元素的特定的含有范围内,可以获得-196℃下的优良的低温韧性;(iv)在CaF₂的特定的含有范围内,可以大幅度地降低焊接金属的扩散性氢量;(v)可以不需要对于抑制在将Ni降低至Ni系低温用钢程度情况下成为问题的低温裂纹所需要的预热操作或者显著地降低所述预热操作。
- [0067] 本发明为上述探讨的结果,以下依次地说明本实施方式的填充焊剂金属丝、成为特征的技术要件的限定理由和优选的方式。
- [0068] 首先,对于在构成本实施方式的填充焊剂金属丝的钢制外皮及焊剂中含有的合金成分、金属脱氧成分及各成分的含量的限定理由进行说明。
- [0069] 在以下的说明中,“%”只要没有特别说明,就表示“质量%”,各成分的含量是指成

为钢制外皮及焊剂中的各成分相对于金属丝总质量的质量%的合计的成分含量。

[0070] (C:0.003~0.040%)

[0071] C是使强度提高的元素,为了确保强度需要含有0.003%以上。为了提高强度,可以使C含量的下限为0.005%、0.008%、0.010%或0.013%。另一方面,含有6~16%的Ni的焊接金属会变成硬的马氏体组织。C对马氏体的硬度造成的影响非常大,当C含量大于0.040%时,由于焊接金属会极度地固化、韧性大大地降低,因此使C含量的上限为0.040%。为了稳定地确保韧性,可以使C含量的上限为0.035%或0.030%。

[0072] (Si:0.05~0.40%)

[0073] Si是提高焊接金属的清洁度、抑制气泡等焊接缺陷的产生所需要的元素。为了获得这些效果,需要含有0.05%以上。为了进一步防止焊接缺陷的产生,可以使Si含量的下限为0.09%或0.14%。另一方面,在含有6~16%的Ni的焊接金属中, Si易于产生显微偏析,当Si含量大于0.40%时,由于在偏析部产生显著的脆化,因此使其为上限。另外,为了稳定地确保焊接金属的韧性,可以使Si含量的上限为0.35%或0.30%。

[0074] (Mn:0.2~0.8%)

[0075] Mn是提高焊接金属的清洁度、进而通过形成MnS使S无害化、提高韧性所需要的元素。为了获得该效果,需要含有0.2%以上。为了韧性的进一步提高,可以使Mn含量的下限为0.3%、0.35%或0.4%。另一方面,在含有6~16%的Ni的焊接金属中, Mn易于产生显微偏析,当Mn含量大于0.8%时,由于在偏析部产生显著的脆化,因此使其为上限。另外,为了稳定地确保焊接金属的韧性,可以使Mn含量的上限为0.7%、0.6%或0.5%。

[0076] (P:0.02%以下)

[0077] P是杂质元素,由于会使韧性劣化,因此需要尽量降低,作为该不良影响所能允许的范围,P含量限制为0.02%以下。为了韧性的进一步提高,可以使P含量的上限为0.015%、0.01%、0.008%或0.006%。不需要限制P含量的下限,P含量的下限为0%。

[0078] (S:0.01%以下)

[0079] S是杂质元素,由于会使韧性显著地劣化,因此优选尽量降低。作为对韧性的不良影响所能允许的范围,S含量限制为0.01%以下。为了进一步提高韧性,可以使S含量的上限为0.008%、0.006%、0.004%或0.003%。不需要限制S含量的下限,S含量的下限为0%。

[0080] (Al:0.003~0.050%)

[0081] Al是脱氧元素,与Si、Mn同样地对于提高清洁度具有效果,为了发挥该效果使其含有0.003%以上。另一方面,当使其含有大于0.050%时,由于形成氮化物和氧化物、阻碍焊接金属的韧性,因此使其为上限。另外,为了充分地获得提高焊接金属的韧性的效果,可以使Al含量的下限为0.005%、0.007%、0.009%或0.011%,另外为了抑制氧化物的生成,可以使Al含量的上限为0.040%、0.035%、0.030%或0.025%。

[0082] (Ni:6.0~16.0%)

[0083] Ni是通过固溶韧化(通过固溶提高韧性的作用)、无论组织、成分如何均可提高韧性的唯一的元素,特别是为了确保-196℃的低温韧性所需要的元素。为了获得该效果,Ni含量需要为6.0%以上。而当Ni含量大于16.0%时,除了该效果达到饱和之外,焊接材料成本也变得过大,因此不优选。可以将Ni含量的上限限制为14%或12%。为了稳定地确保低温韧性,可以使Ni含量的下限为6.5%、7.0%或7.5%、进而为8.0%。

[0084] 另外, Ni主要可以从钢制外皮添加至焊接金属中。在作为焊剂添加的金属粉中存在薄的氧化层, 其成为焊接金属的氧源。在使用软钢的钢制外皮的情况下, 为了添加Ni, 需要添加大量的金属粉作为焊剂, 由于金属粉, 焊接金属的氧增加。为了抑制该氧增加、提高韧性, Ni还可主要含有在钢制外皮中。因此, 在钢制外皮中Ni含量相对于钢制外皮质量以质量%计可以含有6.0%以上。不需要特别地规定钢制外皮的Ni含量的上限。但是, 为了使得相对于金属丝总质量达到16%以下, 可以使钢制外皮的Ni含量上限为18%。根据需要, 可以使钢制外皮的Ni含量的上限为17%或16%。

[0085] 由于Ni合金的熔点小于软钢的熔点, 因此当使Ni合金为外皮时, 外皮与焊剂的熔点差增大。由此, 由于焊剂作为芯而稳定, 因此熔滴过渡更稳定。作为相对比较, Ni合金的钢制外皮的焊接金属的氧量降低、低温韧性增高。

[0086] 本发明中, 为了以下目的, 可以含有Cu、Cr、Mo、V、Ti、Nb、B、Mg、REM各元素中的1种或2种以上作为选择元素。

[0087] (Cu: 0~0.5%)

[0088] Cu当在金属丝外皮表面的镀覆及焊剂中作为单质或合金被含有时, 具有提高焊接金属的强度的效果。Cu含量的下限为0%, 但也可含有Cu。在该情况下, 当Cu含量大于0.5%时, 由于韧性降低, 因此使Cu含量为0.5%以下。为了提高韧性, 可以使Cu含量的上限为0.3%、0.2%或0.1%。另外, 关于Cu的含量, 除了含有在外皮自身和焊剂中的部分之外, 还含有当在金属丝表面进行镀铜的情况下的该部分。为了获得含有的效果, 可以使Cu含量的下限为0.01%。

[0089] (Cr: 0~0.5%)

[0090] Cr是对提高焊接金属的强度有效的元素。使Cr的含量下限为0%, 在添加Cr的情况下, 当Cr含量大于0.5%时韧性降低, 因此使Cr含量为0.5%以下。为了提高韧性, 可以使Cr含量的上限为0.3%、0.2%或0.1%。为了获得含有的效果, 可以使Cr含量的下限为0.01%。

[0091] (Mo: 0~0.5%)

[0092] Mo是对通过析出强化来提高焊接金属的强度有效的元素。使Mo的含量下限为0%, 在添加Mo的情况下, 当Mo含量大于0.5%时韧性降低, 因此使Mo含量为0.5%以下。为了提高韧性, 可以使Mo含量的上限为0.3%、0.2%或0.1%。为了获得含有的效果, 可以使Mo含量的下限为0.01%。

[0093] (V: 0~0.2%)

[0094] V是对通过析出强化来提高焊接金属的强度有效的元素。使V的含量下限为0%, 在添加V情况下, 当V含量大于0.2%时韧性降低, 因此使在含有V的情况下的V含量为0.2%以下。为了提高韧性, 可以使V含量的上限为0.15%、0.1%或0.05%。为了获得含有的效果, 可以使V含量的下限为0.01%。

[0095] (Ti: 0~0.1%)

[0096] Ti对于固定固溶N、缓和对韧性造成的不良影响是有效的。另外, 作为脱氧元素也是有效的, 具有降低焊接金属中的O量的效果。使Ti的含量下限为0%, 在添加Ti的情况下, 当Ti含量大于0.1%而变得过剩时, 会生成碳化物、使韧性劣化, 因此使含有Ti的情况下的Ti含量为0.1%以下。为了提高韧性, 可以使Ti含量的上限为0.06%、0.04%或0.02%。为了获得含有的效果, 可以使Ti含量的下限为0.005%。

[0097] (Nb:0~0.1%)

[0098] Nb对于通过析出强化来提高焊接金属的强度是有效的。使Nb的含量下限为0%，在添加Nb的情况下，当Nb含量大于0.1%含有时，由于在焊接金属中形成粗大的析出物、使韧性劣化，因此使在含有Nb的情况下的Nb含量为0.1%以下。为了提高韧性，可以使Ti含量的上限为0.06%、0.04%或0.02%。为了获得含有的效果，可以使Nb含量的下限为0.002%。

[0099] (B:0~0.01%)

[0100] B当在焊接金属中含有适当量时，与固溶N结成而形成BN，具有减轻对固溶N的韧性造成的不良影响的效果。使B的含量下限为0%，在添加B的情况下，当B含量大于0.01%时，焊接金属中的B变得过剩，形成粗大的BN和 $Fe_{23}(C,B)_6$ 等B化合物、反而使韧性劣化，因此使在含有B的情况下的B含量为0.01%以下。为了提高韧性，可以使B含量的上限为0.006%、0.004%或0.002%。为了获得含有的效果，可以使B含量的下限为0.0003%。

[0101] (Mg:0~0.6%)

[0102] Mg是强脱氧元素，对于降低焊接金属的氧、改善韧性具有效果。使Mg的含量下限为0%，在添加Mg的情况下，当使Mg含量大于0.6%含有时，飞溅增加、使焊接操作性劣化，因此使在含有Mg的情况下的Mg含量为0.6%以下。为了提高焊接操作性，可以使Mg含量的上限为0.4%、0.2%或0.1%。为了获得含有的效果，可以使Mg含量的下限为0.05%。

[0103] (REM:0~0.0500%)

[0104] REM当过剩地含有时，飞溅变得剧烈、焊接操作性变得恶化。因此，使REM含量的下限为0%。即便在添加的情况下，对于飞溅降低、电弧变得稳定有效的REM含量为0.0500%以下。另外，为了进一步有助于飞溅的降低及电弧的稳定，可以使REM含量的上限为0.0300%、0.0200%、0.0100%、0.0050%或0.0010%。

[0105] 本实施方式的填充焊剂金属丝中，作为合金成分或金属脱氧成分按照如上所述的方式含有各元素，但为了确保-196℃的低温韧性，下述式1所示的Si和Mn的总含量SM需要为0.3~1.0%。

[0106] $SM=[Si]+[Mn]$ (式1)

[0107] 其中，带[]的元素表示各个元素的含量(质量%)。

[0108] 本实施方式的填充焊剂金属丝即便是以纯Ar或纯He作为保护气体、或者以Ar或He中的 O_2 或 CO_2 的比例小于2体积的混合气体作为保护气体的气体保护电弧焊接，也可以进行稳定的焊接，填充于填充焊剂金属丝的金属粉的周围存在薄的氧化层，虽然少量，但氧会进入到焊接金属中。

[0109] 此时，当提高焊接金属的清洁度的Si、Mn的量不充分时，由于来自金属丝的氧，在焊接金属中产生气泡等焊接缺陷。为了抑制该焊接缺陷，需要按照上述SM达到0.3%以上的方式含有Si和Mn。另一方面，在含有6~16%的Ni的焊接金属中，Si、Mn由于易于产生显微偏析，在该偏析部中，产生显著的脆化。当SM为1.0%以下时，由于偏析部的脆化是可允许的程度，因此使其为上限。为了更确实地抑制焊接缺陷，可以使SM的下限为0.35%或0.4%。

[0110] 关于获得该见解的实验示于图1、图2中。图1中使用的填充焊剂金属丝的钢制外皮全部为软钢、图2中使用的填充焊剂金属丝的钢制外皮全部为含有Ni的钢。图1、图2表示试制除了SM的值不同之外、其余均满足本发明要件的填充焊剂金属丝、使用该金属丝与后述实施例同样地进行焊接、由所得的焊接金属制成试验片、使用该试验片所获得的-196℃的

夏比冲击试样吸收功与金属丝的SM的关系。

[0111] 由图1可知,按照SM达到0.3~1.0的方式添加了Si和Mn的金属丝的-196℃的夏比冲击试样吸收功达到50J以上。由图2可知,按照SM达到0.3~1.0的方式添加了Si和Mn的金属丝的-196℃的夏比冲击试样吸收功达到69J以上。在钢制外皮全部为软钢的情况下,为了稳定地确保50J以上,可以使SM的上限为0.9%、0.8%、0.75%或0.70%。在钢制外皮全部为含有Ni的钢的情况下,为了稳定地确保69J以上,可以使SM的上限为0.9%、0.8%、0.75%或0.70%。

[0112] (碳当量 C_{eq} :0.250~0.525%)

[0113] 进而,在本实施方式的填充焊剂金属丝中,按照下述式2所示的由日本焊接协会(WES)规定的碳当量 C_{eq} 达到0.250~0.525%的方式,进一步调整C、Si、Mn、Ni、Cr、Mo、V的含量。

[0114] $C_{eq}=[C]+[Si]/24+[Mn]/6+[Ni]/40+[Cr]/5+[Mo]/4+[V]/14$ (式2)

[0115] 其中,带[]元素表示各个元素的以质量%计的含量。

[0116] C_{eq} 的值越高,焊接金属的抗拉强度越高,但另一方面,韧性降低、焊接裂纹敏感性还增高,因此需要用于抑制低温裂纹的对策。在该 C_{eq} 的值小于0.250%时,不能满足在焊接金属中成为目标的强度(抗拉强度)为660MPa以上。另一方面,当 C_{eq} 的值大于0.525%时,焊接金属的抗拉强度变得过剩、焊接金属的韧性降低。因此 C_{eq} 的范围设为0.250~0.525%。为了稳定地确保强度,可以使 C_{eq} 的下限为0.290%、0.330%或0.370%。为了提高韧性,可以使 C_{eq} 的上限为0.490%、0.460%或0.430%。

[0117] 另外,作为以上合金成分或金属脱氧成分被含有的元素的含量不包含这些元素在作为金属氟化物、金属氧化物及金属碳酸盐被含有的情况下的含量。

[0118] 另外,这些元素并不一定需要是纯物质(可含有杂质),即便是以Fe-Mn、Cu-Ni等合金的形态含有也没有任何问题。另外,这些元素即便含有在钢制外皮中、即便作为焊剂被含有,由于它们的效果相同,因此可以在钢制外皮和焊剂中的任一者中含有。

[0119] 接着,对插入在金属丝的钢制外皮内部的焊剂成分进行说明。

[0120] (以 CaF_2 为主成分的金属氟化物的总含量 α :2.0~7.0%)

[0121] 以往,在使用不活泼性气体的气体保护电弧焊接中,由于在焊接时所产生的热收缩力、电磁收缩力小,因此形成在金属丝前端的熔滴不会从金属丝上脱离,熔融部成为像液柱那样伸展的状态,其受到等离子体气流或磁吹的影响,像鞭子那样摇摆,从而变成非常不稳定的电弧状态,因此不能进行焊接。

[0122] 本实施方式中,制成填充焊剂金属丝,通过将以 CaF_2 为主体的金属氟化物作为焊剂成分,即便是使用了不活泼性气体的气体保护电弧焊接,也可进行稳定的焊接。金属氟化物由于导电性低,因此在电弧下虽然钢制外皮产生熔融,但金属丝内部的焊剂完全不会熔融、而像芯那样残留,该焊剂的芯不像鞭子那样摇摆、直直地进入到熔融池中。此时,熔融了的钢制外皮沿着该焊剂的芯向熔融池移动,因此可进行稳定的焊接。

[0123] 为了即便是使用这种不活泼性气体的气体保护电弧焊接也可进行稳定的焊接,当将含 CaF_2 的金属氟化物的总含量设为 α 时,需要按照上述 α 为2.0%以上且 CaF_2 的含量 $[CaF_2]$ 与上述 α 之比($[CaF_2]/\alpha$)为0.90以上的方式含有含 CaF_2 的金属氟化物。优选 CaF_2 的含量多者,也可以使该比的下限为0.93、0.96、0.98或0.99。使该比为1.0,即使仅为 CaF_2 也没有问

题。

[0124] 当金属氟化物的总量 α 小于2.0%时,焊接时由于焊剂的芯不会充分地残留,因此焊接变得不稳定。另一方面,当金属氟化物的总量 α 大于7.0%时,由于焊接烟雾过剩地产生,焊接变得不稳定,因此不优选。

[0125] 即便是使用了不活泼性气体的气体保护电弧焊接,为了确保更稳定的焊接性,可以使金属氟化物的总量 α 的下限为2.2%、2.4%、2.6%、2.8%、3.0%、3.2%或3.4%,另外,可以使金属氟化物的总量 α 的上限为6.5%、6.0%、5.5%或5.0%。

[0126] 作为金属氟化物,除了 CaF_2 之外,还可根据需要含有 BaF_2 、 SrF_2 、 MgF_2 及 LiF 中的1种或2种以上,从确保电弧稳定性、抑制飞溅的观点出发, CaF_2 的含量相对于 CaF_2 、 BaF_2 、 SrF_2 、 MgF_2 及 LiF 的总量之比必须为0.90以上。当小于0.90时,电弧稳定性降低。优选 CaF_2 的比例高者,可以为0.93%以上、0.96%以上、0.98%以上或0.99%。即便是100% CaF_2 ,也没有任何问题。

[0127] 金属氟化物除了上述作用之外,还具有降低焊接金属的扩散性氢量的作用。

[0128] 含有6~16%的Ni的焊接金属会变成硬的马氏体组织。因此,为了抑制低温裂纹需要预热操作,但由于金属氟化物能够降低焊接金属的扩散性氢量,因此可以省略或简化对于抑制低温裂纹所需要的预热来进行焊接。

[0129] 已知金属氟化物发挥降低扩散性氢量的作用是通过被覆电弧焊接棒等,但并没有详细讨论用填充焊剂金属丝来降低扩散性氢的例子。本实施方式中,考虑其他的焊剂成分、焊接金属的机械特性和焊接操作性等,发现了对于降低扩散性氢为最适合的方式。

[0130] 关于金属氟化物降低扩散性氢的理由,认为其原因如下:金属氟化物由于焊接电弧而分解,所产生的氟与氢相结合,作为HF气体散逸在大气中或者氢直接作为HF固定在焊接金属中。

[0131] (Ti氧化物:0~0.4%)

[0132] 作为Ti氧化物的 TiO_2 通过降低焊接金属中的氧量来改善低温韧性,因而优选 TiO_2 尽量地少者。因此, TiO_2 的下限为0%。而为了使焊缝成型性、熔渣剥离性及电弧稳定性变得良好,优选添加 TiO_2 者。因此,可以使 TiO_2 含量的下限为0.05%、0.1%、0.13%、0.16或0.19%。当 TiO_2 含量大于0.4%时, TiO_2 中含有的氧进入熔融池,从而焊接金属的氧量增加、韧性断裂的吸收能量降低,因而使0.4%为上限。还可根据需要使 TiO_2 含量的上限为0.35%、0.31、0.27%或0.24%。在重视低温韧性的情况下,也可以使 TiO_2 含量的上限为0.2%、0.15%、0.12%或0.09%。

[0133] (Si氧化物:0.2~0.5%)

[0134] 作为Si氧化物的 SiO_2 对于使熔渣形状变得整齐、焊接后的熔渣剥离变得容易是需要的。为了发挥该效果, SiO_2 含量需要达到0.2%以上。可以使 SiO_2 含量的下限为0.23%、0.26或0.29%。但是,当 SiO_2 大于0.5%含有时, SiO_2 中含有的氧会进入熔融池,从而焊接金属的氧量增加、韧性断裂的吸收能量降低,因此使其为上限。可以使 SiO_2 含量的上限为0.45%、0.39%、0.37%或0.34%。

[0135] (金属氧化物的总含量:0.2~0.9%)

[0136] 在本实施方式的填充焊剂金属丝中,作为熔渣形成剂,含有Ti氧化物、Si氧化物、Mg氧化物、Al氧化物、Zr氧化物及Ca氧化物,例如 TiO_2 、 SiO_2 、 MgO 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 及 CaO 等金属氧

化物中的1种或2种以上。这些金属氧化物是为了良好地维持焊缝形状而含有的。为了获得金属氧化物的适当的效果,当将金属氧化物的总含量设为 β 时,需要使上述 β 的下限为0.2%。但是,当金属氧化物的总含量 β 大于0.9%时,焊接金属的氧量增加、使韧性劣化,因此不优选。

[0137] 这些金属氧化物的总含量是除了 TiO_2 、 SiO_2 、 MgO 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 及 CaO 的总含量之外,还包含在焊剂的造粒中使用的粘合剂等中含有的金属氧化物的含量在内的含量。为了确实地获得这些金属氧化物的效果,可以使金属氧化物的总含量的下限为0.25%、0.3%、0.35%、0.4%、0.45%或0.5%。另外,为了尽量地抑制因金属氧化物的含有所导致的焊接金属的韧性劣化,可以使金属氧化物的总含量 β 的上限为0.8%、0.7%或0.6%。

[0138] (电弧稳定剂:0~0.50%)

[0139] 除上述之外,还可在焊剂中进一步含有电弧稳定剂。作为电弧稳定剂,有Na或K的氧化物或氟化物(例如 Na_2O 、 NaF 、 K_2O 、 KF 、 K_2SiF_6 及 K_2ZrF_6)等,其总含量为0~0.50%。由于并不需要一定含有电弧稳定剂,因此Na或K的氧化物或氟化物的总含量的下限为0%。另外,由于电弧增强、飞溅等增加,因此上限为0.50%。另外,这里例示的作为电弧稳定剂的氧化物及氟化物不包含在作为上述熔渣形成剂的金属氧化物及用于降低扩散性氢的金属氟化物中。当Na及K的氧化物及氟化物多时,电弧增强、飞溅等增加,因此也可根据需要限制它们的总含量为0.40%以下、0.30%以下、小于0.20%、0.10%以下。

[0140] 除了上述金属氟化物和金属氧化物的各自含量之外,用质量%表示的金属氟化物的总含量 α 与金属氧化物的总含量 β 之比(α/β)的值需要满足3.0以上且15.0以下。

[0141] 在 α/β 的值小于3.0时,由于焊接金属的氧量增加因而吸收能量降低,当 α/β 的值大于15.0时,在使用了不活泼性气体的气体保护电弧焊接中,电弧易于变得不稳定。可根据需要使 α/β 的下限为3.5或4.0,使其上限为14.0、13.0或12.0。另外,规定该比 α/β 的值对于获得降低扩散性氢的效果也是很重要的,只要为本实施方式的范围就可获得降低扩散性氢的效果。

[0142] (Ca氧化物:小于0.20%)

[0143] 另外,本实施方式中限制焊剂中含有的作为Ca氧化物的CaO的含量。有在焊剂的原料中含有CaO的情况。即使在此情况下,也以相对于填充焊剂金属丝的总质量的质量%计,限制CaO含量为小于0.20%。当将CaO含量限制为小于0.20%时,可获得本发明的效果。也就是说,优选按照使CaO含量的上限小于0.20%方式选择焊剂的原料。另外,还可根据需要限制CaO含量的上限为小于0.18%、小于0.15%、小于0.12%、小于0.10%、小于0.08%、小于0.06%或小于0.04%。CaO含量的下限为0%。根据焊剂的原料选择情况,可以使CaO的下限为0.01%或0.005%。

[0144] CaO通过接触大气而变化成作为含氢的化合物的CaOH,因此会增加焊接金属的扩散性氢。关于获得该见解的实验示于图3、图4中。

[0145] 图3是试制除了CaO的值不同之外、其余均满足本发明要件的钢制外皮全部为软钢的填充焊剂金属丝、使用该金属丝实施焊接、与后述实施例同样地测定所得到的焊接金属的扩散性氢量、表示填充焊剂金属丝中的CaO含量与扩散性氢量的关系的图。

[0146] 图4是试制除了CaO的值不同之外、其余均满足本发明要件的钢制外皮全部为含有Ni的钢的填充焊剂金属丝、使用该金属丝实施焊接、与后述实施例同样地测定所得到的焊

接金属的扩散性氢量、表示填充焊剂金属丝中的CaO含量与扩散性氢量的关系的图。

[0147] 由图3、图4可知,随着CaO的增加,焊接金属中的扩散性氢量增加,至0.20%可获得1.5ml/100g以下。在为1.5ml/100g以下时,由于可获得降低预热操作的效果,因此使CaO小于0.20%。即,按照满足该范围的方式选择焊剂的原料。

[0148] (金属碳酸盐:小于0.60%)

[0149] 本实施方式的填充焊剂金属丝以提高电弧稳定化作用和电弧集中性为目的,可以含有由CaCO₃、BaCO₃、SrCO₃、MgCO₃、Li₂CO₃中的1种或2种以上构成的金属碳酸盐。当金属碳酸盐的总含量为0.60%以上时,电弧的集中性过强、飞溅产生量增多。因此,使金属碳酸盐的总含量小于0.60%。根据需要可以使其总量为0.40%以下、0.20%以下、0.10%以下或0.07%以下。不需要含有这些金属碳酸盐,其下限为0%。

[0150] (铁粉:小于5%)

[0151] 铁粉有为了调整填充焊剂金属丝中的焊剂填充率或提高熔敷效率而根据需要含有的情况。但是,由于铁粉的表层被氧化,因此当焊剂过剩地含有铁粉时,有增加焊接金属的氧量、降低韧性的情况。因此可不含铁粉。也就是说,其下限为0%。在为了调整填充率而含有铁粉的情况下,为了确保焊接金属的韧性,使铁粉的含量上限小于5%。

[0152] 以上是关于本实施方式的填充焊剂金属丝的化学组成的限定理由。其他剩余部分的合金的化学成分为铁和杂质。作为铁成分,包含钢制外皮的铁、焊剂中含有的铁粉及合金成分中的铁。另外,以铁为主成分的剩余部分在不阻碍本发明特性的范围内可含有在制造过程等中混入的杂质。

[0153] (填充率:5.0~30.0%)

[0154] 由于在位于钢制外皮内侧的中空空间中填埋焊剂,因此填充率具有上限。填充率的上限随着钢制外皮的板厚、其值有所增减,但对于稳定地添加焊剂而言,优选的值是30.0%。可以使填充率的上限为25.0%、20.0%或15.0%。另外,关于填充率的下限,当其填充率过低时,进入钢制外皮内侧的焊剂与钢制外皮的摩擦力消失、会移动,有产生焊剂的疏密的可能性。因此,优选填充率的下限为5%。

[0155] 接着,对填充焊剂金属丝的形态进行说明。

[0156] 填充焊剂金属丝可大致分为在钢制外皮内没有狭缝状的间隙的无缝金属丝和在钢制外皮内有狭缝状的间隙的有缝金属丝。

[0157] 本发明中可以采用任一种截面结构,但为了抑制焊接金属的低温裂纹,优选为没有狭缝状的间隙(无缝)的金属丝。

[0158] 另外,为了提高焊接时的金属丝的送给性,可以在金属丝表面上涂布润滑剂。作为焊丝用的润滑剂,可以使用各种种类的润滑剂,但为了抑制焊接金属的低温裂纹,优选使用全氟聚醚油(PFPE油)。

[0159] 焊接时侵入到焊接部的氢扩散到焊接金属内及钢材侧,聚集在应力集中部成为低温裂纹的产生原因。作为该氢源,可举出焊接材料所保有的水分、自大气混入的水分、附着在钢表面上的铁锈或氧化皮等,在充分地管理焊接部的清洁性、气体保护的条件的焊接下,在金属丝中主要在水分中含有的氢成为焊接接头中存在的扩散性氢的主要原因。

[0160] 因此,优选制成钢制外皮没有狭缝状的间隙的(无缝的)管、在金属丝制造后至进行使用前的期间抑制大气中的氢从钢制外皮侵入到焊剂中。

[0161] 在制成钢制外皮有狭缝状的间隙的(有缝的)管的情况下,由于大气中的水分易于从外皮的狭缝状的间隙(焊缝部)侵入到焊剂中,在此状态下不能防止水分等氢源的侵入。因此,在制造后至进行使用前的期间很长的情况下,优选对金属丝整体进行真空包装或者在能够保持于干燥状态的容器内进行保存。

[0162] 本发明中,焊接金属的抗拉强度是与具有660~900MPa抗拉强度的高张力钢同等水平的抗拉强度。焊接金属的抗拉强度可通过对使用该填充焊剂金属丝制作的焊接接头的焊接金属进行日本工业标准JIS Z3111-2005所规定的焊接金属的拉伸试验来进行测定。另外,已知硬度与抗拉强度之间具有良好的相关关系。利用该相关关系,测定焊接接头的焊接金属的硬度,由硬度进行换算,可以求得焊接金属的抗拉强度。另外,如果有需要可以限制焊接金属的抗拉强度的下限为685MPa、上限为830MPa。

[0163] 本实施方式中使用的填充焊剂金属丝可通过与通常的填充焊剂金属丝的制造方法相同的制造工序来制造。

[0164] 即,首先准备成为外皮的钢带及按照金属氟化物、合金成分、金属氧化物、金属碳酸盐及电弧稳定剂达到规定含量的方式配合而成的焊剂。一边在长度方向上输送钢带,一边利用成型辊将其成型为开放管(U字型),制成钢制外皮,在该成型过程中自开放管的开口部供给焊剂,利用电焊或激光焊接或TIG焊接对开口部的相对的边缘面进行对接缝焊。对通过焊接获得的无间隙管进行拉丝,在拉丝过程中或拉丝工序结束后进行退火处理,获得具有所需线径、在钢制外皮的内部填充有焊剂的无狭缝状的间隙的(无缝的)金属丝。另外,有狭缝状的间隙的(具有缝的)金属丝是在自开放管的开口部供给焊剂之后、制成没有缝焊的有间隙的管、对其进行拉丝而获得的。

[0165] 这里,使用图5(a)~图5(c)说明无缝金属丝的形态,特别是截面结构。图5(a)~图5(c)是表示金属丝的剪切截面的图。

[0166] 将进行对接缝焊所制作的无狭缝状的间隙的金属丝截断的截面如图5(a)所示。该截面如果进行研磨、刻蚀后,会观察到焊接痕迹,但当不进行刻蚀时,观察不到焊接痕迹。因此,有时称作无缝。在接合·溶接技术Q&A1000編集委员会编「接合·溶接技术Q&A1000」(接合·焊接技术Q&A1000编辑委员会编《接合·焊接技术Q&A1000》)(1999)株式会社产业技术服务中心、p.564中记载了无缝类型。另外,即便在如图5(b)或图5(c)那样有间隙的情况下,无论是对接后进行钎焊、还是铆接后进行钎焊,均可获得没有狭缝状的间隙的金属丝。另外,图5(b)、图5(c)中,没有实施钎焊的原样的金属丝如图所示,成为有狭缝状的间隙的金属丝。

[0167] 本实施方式的填充焊剂金属丝可用于含5.5~9.5%的Ni的Ni系低温用钢的气体保护电弧焊接。在LNG罐中使用Ni含量为5.5~9.5%、板厚为6mm以上和100mm、抗拉强度为660~900MPa、-196℃下夏比冲击试样吸收功为41J或50J以上的钢材。该钢材的焊接可以使用本实施方式的填充焊剂金属丝,可以制造焊接接头。这时,只要是对于LNG罐的焊接施工有充分的经验的人,仅仅通过注意保护气体的选择,就可以制造具有优良特性的焊接接头。

[0168] 焊接时所使用的保护气体可以使用纯Ar气体或纯He气体。另外,即使分别在纯Ar气体或纯He气体中混合1.5体积%以下的O₂或CO₂也可获得本发明的效果。

[0169] 将获得这些见解的实验结果示于图6及图7。图6及图7是使用本实施方式的化学组成的填充焊剂金属丝、使用纯Ar气体、Ar+各种浓度的O₂混合气体、Ar+各种浓度的CO₂混合气

体、纯He气体、He+各种浓度的O₂混合气体、He+各种浓度的CO₂混合气体作为保护气体、对9% Ni钢进行焊接之后测定焊接金属中的氧量和-196℃的夏比冲击试样吸收功的结果。其中，图6中使用的填充焊剂金属丝的钢制外皮全部为软钢、图7中使用的填充焊剂金属丝的钢制外皮全部为含有Ni的钢。含有Ni的钢的Ni含量为6~18%。

[0170] 图6中，在纯Ar或纯He中以1.5体积%以下的范围内含有O₂或CO₂的混合气体的情况下，全部焊接金属中的氧量为160ppm以下。另外，焊接金属中的氧量为160ppm以下者的-196℃的夏比冲击试样吸收功为50J以上。

[0171] 图7中，在纯Ar或纯He中以1.5体积%以下的范围内含有O₂或CO₂的混合气体情况下，全部焊接金属中的氧量为80ppm以下。另外，焊接金属中的氧量为80ppm以下者的-196℃的夏比冲击试样吸收功为69J以上。

[0172] 另外，如上所述，优选焊接时所使用的保护气体使用纯Ar气体或纯He气体、或者分别在纯Ar气体或纯He气体中混合了1.5体积%以下的O₂或CO₂的气体，但是也可以使用分别在纯Ar气体或纯He气体中混合了大于1.5体积%的O₂或CO₂的气体，例如可以使用混合了2.5体积%以下的O₂或CO₂的气体。在此情况下，重要的是：添加作为脱氧成分的Al、Ti及Mg的2种以上，并且提高其增加量，由此降低焊接金属中的氧量。

[0173] 具体而言优选：在使用分别在纯Ar气体或纯He气体中混合了大于1.5体积%的O₂或CO₂的气体作为保护气体的情况下，制成使Al、Ti及Mg的任一项的添加量为本发明中规定的Al、Ti及Mg的上限值的70%的金属丝。具体而言，优选使用除了金属氟化物、金属氧化物及金属碳酸盐之外的化学成分中相对于填充焊剂金属丝的总质量以质量%计、Al的含量为0.035%以上、Ti的含量为0.07%以上或Mg的含量为0.42%以上的金属丝。

[0174] 实施例

[0175] 接着，通过实施例对本发明的实施可能性及效果更详细地进行说明。

[0176] 一边在长度方向上输送钢带，一边利用成型辊将其成型为开放管，在该成型过程中自开放管的开口部供给焊剂，对开口部的相对的边缘面进行对接缝焊，从而制成无狭缝状的间隙的管，在造管后的金属丝的拉丝操作过程中施加退火，试制最终的金属丝直径为 ϕ 1.2mm的填充焊剂金属丝。试制之后，在金属丝表面上涂布了润滑剂。

[0177] 钢制外皮(铁环)使用包含C:0.003%、Si:0.03%、Mn:0.11%、P:0.006%、S:0.003%、Al:0.003%、剩余部分包含铁及杂质的成分的软钢的钢制外皮或表1所示的含有Ni的钢的钢制外皮。这里，%全部表示相对于外皮总质量的质量%。

[0178] 表2-1、表2-3、表2-5、表2-7、表2-9、表2-11、表2-13和表2-15中，没有记载PFPE油涂布者全部涂布了植物油。另外，一部分为制成没有进行缝焊、具有狭缝状的间隙的管，通过对其进行拉丝，试制了金属丝直径为 ϕ 1.2mm的填充焊剂金属丝。在具有狭缝状的间隙的金属丝的情况下，至实施焊接施工之前，保存在能够对金属丝整体进行真空包装、保持干燥状态的容器内。

[0179] 如下所述进行了填充焊剂金属丝的分析。从金属丝中将填充的焊剂取出，分成钢制外皮和焊剂。关于钢制外皮，使用化学分析对金属成分进行了测定。关于焊剂，在使用X射线衍射、荧光X射线分析对构成物和成分进行了定量评价之后，使用浮游选矿、磁力选矿等选矿法，分离成熔渣部分和合金部分，通过分别对其进行化学分析、气体分析等来实施了分析。

[0180] 将试制的填充焊剂金属丝的化学组成示于表2-1~表2-16和表3-1~表3-16中,另外,表3-9、表3-11、表3-13和表3-15中一并显示了金属丝的钢制外皮中使用的表1的铁环材料编号。表2-1~表2-16和表3-1~表3-16所示的填充焊剂金属丝的化学组成是利用上述分析方法进行分析的结果。表2-1~表2-16和表3-1~表3-16所记载的质量%是指相对于金属丝(包含外皮和焊剂的全部)的总质量的质量%。例如,表3-1、表3-3、表3-5和表3-7的Ni不是外皮,只是专门作为Ni粉含有。

[0181] 使用表2-1~表2-16和表3-1~表3-16所示的填充焊剂金属丝,按照JIS Z3111(2005年)对焊接金属的机械特性进行了评价。即,为图8(试验板的记号1.3)所示的要点。以根部间隙为16mm、坡口角度为20°将表6所示的板厚为20mm的钢板1(母材编号:P2)对接,使用了垫板2。焊缝为图中的符号3。钢板1及垫板2使用了SM490A,但在钢板1的坡口面及垫板2的表面上使用要进行试验的填充焊剂金属丝实施了2层以上且堆高高度为3mm以上的预堆边焊接。之后,第1及第2层以1或2焊道进行焊接,从第3层开始至最终层以2或3焊道进行焊接,制作了试验体。将焊接条件示于表4-1~表4-7(保护气体的组成以体积%表述)中。使用了表2-1~表2-8和表3-1~表3-8的软钢的钢制外皮的填充焊剂金属丝的焊接条件为表4-1~表4-4。由表4-1~表4-4可知,焊接条件是电流值为280A、电压值为25V、焊接速度为30cm/分钟、焊道间温度为150°C以下,使用纯Ar气体、Ar与O₂或CO₂的混合气体、纯He气体、He与O₂或CO₂的混合气体中的任1种作为保护气体,以气体流量为25l/分钟来进行的。使用了表2-9~表2-16和表3-9~表3-16的含有Ni的钢的钢制外皮的填充焊剂金属丝的焊接条件为表4-5~表4-7。由表4-5~表4-7可知,焊接条件是电流值为280A、电压值为25V、焊接速度为30cm/分钟、焊道间温度为150°C以下,使用纯Ar气体、Ar与O₂或CO₂的混合气体、He与O₂或CO₂的混合气体中的任1种作为保护气体,以气体流量为25l/分钟来进行的。

[0182] 从制作的试验体上,如图8所示,作为机械试验片采集基于JIS Z3111(2005年)的A0号拉伸试验片(圆棒)5(直径=10mm)和夏比冲击试验片(2mm的V槽口)4,进行各自的机械特性试验,测定了焊接金属的抗拉强度及夏比冲击试样吸收功。将使用利用了软钢的钢制外皮的填充焊剂金属丝时所获得的机械特性的测定结果和评价结果示于表5-1~表5-4中,将使用利用了含有Ni的钢的钢制外皮的填充焊剂金属丝时所获得的机械特性的测定结果和评价结果示于表5-5~表5-8中。

[0183] 根据图6,在使用了钢制外皮为软钢的填充焊剂金属丝的情况下的机械特性的评价是将抗拉强度为660~900MPa且韧性是在-196°C的夏比冲击试中吸收能量为50J以上作为合格。

[0184] 根据图7,在使用了钢制外皮为含有Ni的钢的填充焊剂金属丝的情况下的机械特性的评价是将抗拉强度为660~900MPa且韧性是在-196°C的夏比冲击试验中吸收能量为69J以上作为合格。

[0185] 另外,从所得的焊接金属中采集试验片,测定了焊接金属中的氧量。焊接金属中的氧量测定是利用脉冲加热炉-不活泼性气体熔解红外线吸收法来进行测定的。将测定的焊接金属中的氧量示于表5-1~表5-8中。

[0186] 在本发明的金属丝中,通过降低焊接金属中的氧量而提高了韧性,在钢制外皮全部是软钢的填充焊剂金属丝的情况下,氧量为160ppm以下者确保了-196°C下的夏比冲击试样吸收功。另外,在钢制外皮全部是含有Ni的钢的填充焊剂金属丝的情况下,氧量为80ppm

以下者确保了-196℃下的夏比冲击试样吸收功。

[0187] 接着,对于在表5-1~表5-8的评价结果中抗拉强度、-196℃下的夏比冲击试样吸收功均合格的填充焊剂金属丝,评价了耐低温断裂性。耐低温断裂性的评价是通过扩散性氢量的测定和y型焊接裂纹试验进行了评价。其中,关于表5-4的金属丝编号B39,由于Ca氧化物的含量高,因此进行了扩散性氢量的测定。

[0188] 扩散性氢量的测定是在与机械特性试验相同的焊接条件下使用基于JIS Z3118(钢焊接部的氢量测定方法)的气相色谱法来实施的。将扩散性氢量的测定结果示于表5-1~表5-8中。

[0189] y型焊接裂纹试验是在温度为0℃、湿度为60%的恒定气氛管理下、使用表6所示的板厚为25mm的钢板(母材编号:P1)、在表4-1~表4-7的焊接条件下以基于JIS Z3158(y型焊接裂纹试验)的方法来实施的。

[0190] 将所得y型焊接裂纹试验结果示于表5-1~表5-8中。扩散性氢量为1.5ml/100g以下者即使在试验温度为0℃这样非常低的温度且没有预热的条件下,在y型焊接裂纹试验的所有截面中也没有截面断裂(没有产生截面断裂),证明了极高的耐低温断裂性。

[0191] 如表5-1、表5-2、表5-5和表5-6的试验结果所示,本发明例的金属丝编号A1~A108的抗拉强度、韧性和耐低温断裂性全部优良,是合格的。金属丝编号A108是在纯Ar气体中混合了2.0体积%的O₂作为保护气体的例子,但由于分别充分地添加了作为脱氧成分的Al、Ti、Mg,因此可降低焊接金属中的氧量,获得了优良的韧性。

[0192] 另一方面,如表5-3、表5-4、表5-7和表5-8的试验结果所示,由于作为比较例的金属丝编号B1~B101不满足本发明中规定的要件,因此不能满足抗拉强度、韧性和耐低温断裂性中的一个项目以上,通过综合判定为不合格。其中,金属丝编号B34、B35、B46、B47、B48、B87、B88、B98、B99及B100的金属丝本身满足本发明中规定的要件,但保护气体的选择不适当,因此焊接金属中的氧量增加、韧性降低。

[0193] 表1

[0194]

铁环材料编号	金属丝外皮化学成分(相对于外皮总质量的质量%)						
	C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
F1	0.010	0.03	0.1	0.007	0.004	0.012	6.0
F2	0.010	0.03	0.1	0.007	0.004	0.012	9.0
F3	0.010	0.03	0.1	0.007	0.004	0.012	12.5
F4	0.010	0.03	0.1	0.007	0.004	0.012	14.5
F5	0.020	0.15	0.2	0.007	0.004	0.002	12.5
F6	0.002	0.03	0.1	0.007	0.004	0.012	8.5

[0195] 表2-1

[0196]

金属丝 编号	区分	备注	填充率 (%)	检测组成(相对于金属丝总质量的重量%)												
				金属氟化物						金属氧化物						
				CaF ₂	BaF ₂	SrF ₂	MgF ₂	LiF	总量 [α]	TiO ₂	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	CaO	总量 [β]
A1	实施例		15.7	2.0					2.0	0.25	0.38				0.02	0.65
A2	实施例		21.8	7.0					7.0	0.22	0.25				0.02	0.49
A3	实施例	PPPE油涂层	16.4	2.6					2.6	0.10	0.20				0.03	0.33
A4	实施例		18.7	3.7					3.7	0.40	0.48				0.02	0.90
A5	实施例		15.9	2.0					2.1	0.30	0.36				0.02	0.68
A6	实施例		19.5	6.0					6.0	0.10	0.30				0.02	0.42
A7	实施例	PPPE油涂层	16.5	2.6					2.6	0.12	0.25				0.03	0.40
A8	实施例		19.6	4.8					4.8	0.15	0.22	0.12			0.02	0.51
A9	实施例		16.4	3.2					3.2	0.20	0.26		0.18		0.03	0.57
A10	实施例		16.5	3.5			0.2	0.1	3.8	0.15	0.25				0.03	0.43
A11	实施例		17.0	3.0					3.0	0.22	0.28		0.12		0.02	0.64
A12	实施例		16.8	3.6					3.6	0.16	0.36	0.12			0.02	0.56
A13	实施例		16.7	4.6	0.2	0.1			4.9	0.14	0.32				0.06	0.52
A14	实施例		16.3	4.5					4.5	0.34	0.34				0.02	0.70
A15	实施例		14.7	3.0					3.0	0.16	0.24	0.12	0.10		0.02	0.64
A16	实施例		19.9	2.9		0.2	0.1		3.2	0.36	0.20				0.02	0.58
A17	实施例		17.3	4.5					4.5	0.29	0.32				0.18	0.70
A18	实施例	PPPE油涂层	16.5	3.2		0.1			3.3	0.12	0.32	0.20			0.02	0.66
A19	实施例		15.0	3.6					3.6	0.26	0.25		0.12		0.02	0.65
A20	实施例		14.6	3.2	0.2				3.4	0.15	0.35	0.12			0.02	0.64
A21	实施例		14.1	3.3					3.3	0.12	0.22		0.25		0.02	0.61
A22	实施例		14.3	3.6					3.6	0.31	0.39				0.02	0.72
A23	实施例		18.5	3.2			0.2		3.4	0.18	0.46				0.02	0.66
A24	实施例		19.8	4.2	0.1			0.1	4.4	0.13	0.33	0.15	0.08		0.02	0.71
A25	实施例		18.5	4.0	0.1	0.1	0.1	0.1	4.4	0.16	0.21				0.02	0.39
A26	实施例		11.0	2.8					2.8	0.22	0.34				0.05	0.51
A27	实施例		17.8	4.0					4.0	0.12	0.20	0.10	0.12		0.06	0.59

[0197] 表2-2

[0198]

金属丝 编号	焊剂组成 [相对于金属丝总质量的质量%]							铁粉	电弧 稳定剂	α/β	CaF ₂ / α
	金属碳酸盐						总量				
	CaCO ₃	BaCO ₃	SrCO ₃	MgCO ₃	Li ₂ CO ₃						
A1	0.01					0.01		0.08	3.1	1.00	
A2	0.01					0.01		0.08	14.3	1.00	
A3	0.01					0.01		0.08	8.5	1.00	
A4	0.01					0.01		0.08	4.1	1.00	
A5	0.01					0.01		0.08	3.1	0.95	
A6	0.01					0.01		0.08	14.3	1.00	
A7	0.01					0.01		0.08	6.5	1.00	
A8	0.01					0.01		0.08	9.4	1.00	
A9	0.01					0.01		0.08	4.8	1.00	
A10	0.01					0.01		0.08	8.8	0.92	
A11		0.01				0.01		0.08	4.7	1.00	
A12			0.01			0.01		0.08	5.5	1.00	
A13				0.01		0.01		0.08	9.4	0.94	
A14	0.01				0.01	0.02		0.08	6.4	1.00	
A15	0.01					0.01	4.80	0.08	4.7	1.00	
A16	0.01					0.01		0.08	5.5	0.91	
A17	0.01	0.01				0.02		0.08	6.4	1.00	
A18		0.01				0.01		0.08	5.0	0.97	
A19		0.01				0.01		0.08	5.5	1.00	
A20		0.01	0.01			0.02		0.08	5.3	0.94	
A21			0.01			0.01	2.50	0.08	5.4	1.00	
A22			0.01			0.01	1.50	0.08	5.0	1.00	
A23			0.01			0.01		0.08	5.2	0.94	
A24				0.01		0.01		0.10	6.2	0.95	
A25					0.01	0.01		0.10	11.3	0.91	
A26					0.01	0.01		0.10	4.6	1.00	
A27					0.01	0.01		0.10	6.8	1.00	

[0199] 表2-3

[0200]

金属丝 编号	区分	备注	填充率 (%)	熔剂组成[相对于金属总质量的质量%]												
				金属氟化物						金属氧化物						
				CaF ₂	BaF ₂	SrF ₂	MgF ₂	LiF	总量 [α]	TiO ₂	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	CaO	总量 [β]
A28	实施例		14.1	2.5				0.1	2.6	0.25	0.40				0.02	0.57
A29	实施例		16.3	4.8		0.1			4.9	0.12	0.24	0.05			0.02	0.43
A30	实施例	PPPE油漆布	16.7	2.4	0.2				2.6	0.18	0.25	0.12	0.10		0.02	0.67
A31	实施例		18.9	4.6			0.1	0.2	4.9	0.10	0.22				0.12	0.44
A32	实施例		15.8	3.0					3.0	0.12	0.32				0.02	0.46
A33	实施例		18.5	4.5					4.5	0.15	0.35				0.02	0.52
A34	实施例	PPPE油漆布	14.0	2.9		0.1		0.1	3.1	0.20	0.28		0.12		0.02	0.62
A35	实施例		18.6	4.6					4.6	0.15	0.33	0.15			0.02	0.65
A36	实施例		15.0	3.0					3.0	0.15	0.32		0.10		0.02	0.59
A37	实施例		12.2	3.2					3.2	0.20	0.35				0.02	0.57
A38	实施例		14.5	4.5					4.5	0.15	0.30	0.23			0.02	0.70
A39	实施例		16.0	5.8					5.8	0.20	0.35				0.02	0.57
A40	实施例		17.8	4.0					4.0	0.15	0.30				0.02	0.47
A41	实施例		17.9	4.0					4.0	0.15	0.30				0.02	0.47
A42	实施例		17.6	4.0					4.0	0.15	0.30				0.02	0.47
A43	实施例	PPPE油漆布	18.6	4.0					4.0	0.15	0.30				0.02	0.47
A44	实施例		18.2	4.0					4.0	0.15	0.30				0.02	0.47
A45	实施例		18.0	4.0					4.0	0.15	0.30				0.19	0.64
A46	实施例		19.0	5.0					5.0	0.15	0.30				0.19	0.64
A47	实施例		16.9	3.6					3.6	0.11	0.22	0.12			0.02	0.47
A48	实施例		16.0	4.2	0.2	0.1			4.5	0.14	0.32				0.06	0.52
A49	实施例	PPPE油漆布	17.9	3.8					3.8	0.34	0.34				0.02	0.70
A50	实施例		17.6	4.0			0.4		4.4	0.01	0.20		0.10		0.02	0.33
A51	实施例		16.8	3.1					3.1	0.01	0.20					0.21
A52	实施例		18.2	4.5					4.5	0.01	0.20		0.10		0.02	0.33
A53	实施例	PPPE油漆布	20.2	5.8					5.8	0.01	0.20	0.10		0.10	0.02	0.43
A54	实施例		16.5	3.0					3.0	0.06	0.30				0.02	0.36
A55	实施例		17.5	2.8					2.8	0.05	0.20				0.02	0.27

[0201] 表2-4

[0202]

金属丝 编号	焊剂组成[相对于金属丝总质量的质量%]							铁粉	电弧 稳定剂	α/β	CaF ₂ / α
	金属碳酸盐						总量				
	CaCO ₃	BaCO ₃	SrCO ₃	MgCO ₃	Li ₂ CO ₃						
A28					0.01	0.01		0.10	3.9	0.96	
A29	0.01					0.01		0.10	11.4	0.98	
A30	0.01					0.01		0.10	3.9	0.92	
A31	0.01					0.01		0.10	11.1	0.94	
A32	0.01					0.01		0.10	6.5	1.00	
A33	0.01					0.01		0.10	8.7	1.00	
A34	0.01					0.01		0.10	5.0	0.94	
A35	0.01					0.01		0.10	7.1	1.00	
A36	0.01					0.01		0.10	5.1	1.00	
A37	0.01					0.01		0.10	5.6	1.00	
A38	0.01					0.01		0.10	6.4	1.00	
A39	0.01					0.01		0.10	10.2	1.00	
A40	0.01					0.01		0.10	8.5	1.00	
A41	0.01					0.01		0.10	8.5	1.00	
A42	0.01					0.01		0.10	8.5	1.00	
A43	0.01					0.01		0.10	8.5	1.00	
A44	0.44			0.10	0.05	0.59	0.60	0.10	8.5	1.00	
A45	0.01					0.01		0.10	6.3	1.00	
A46	0.01					0.01		0.10	7.8	1.00	
A47	0.01					0.01		0.08	7.7	1.00	
A48	0.01					0.01		0.08	8.7	0.93	
A49	0.01					0.01		0.08	5.4	1.00	
A50	0.01					0.01		0.08	13.3	0.91	
A51	0.01					0.01		0.08	14.8	1.00	
A52	0.01					0.01		0.08	13.6	1.00	
A53	0.01					0.01		0.08	13.5	1.00	
A54	0.01					0.01		0.08	7.9	1.00	
A55	0.01					0.01		0.08	10.4	1.00	

[0203] 表2-5

[0204]

金属丝 编号	区分	备注	填充率 (%)	焊剂组成[相对于金属丝总质量的质量%]												
				金属氟化物					金属氧化物							
				CaF ₂	BaF ₂	SrF ₂	MgF ₂	LiF	总量 [α]	TiO ₂	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	CaO	总量 [β]
B1	比较例		11.8	1.8					1.8	0.15	0.20				0.02	0.37
B2	比较例	PFPE油涂布	17.4	7.3					7.3	0.15	0.30				0.02	0.47
B3	比较例		16.3	2.5					2.5	0.45	0.20				0.02	0.67
B4	比较例		16.6	3.5					3.5	0.15	0.15				0.02	0.32
B5	比较例		16.6	3.5					3.5	0.15	0.56				0.02	0.73
B6	比较例		18.5	3.8					3.8	0.15	0.15				0.25	0.65
B7	比较例		19.6	5.5					5.5	0.40	0.50	0.10			0.02	1.02
B8	比较例		16.6	2.4					2.4	0.28	0.42	0.15			0.02	0.87
B9	比较例		18.1	5.8					5.8	0.12	0.24				0.02	0.38
B10	比较例	PFPE油涂布	16.8	3.8	0.5	0.3	0.1		4.7	0.20	0.32				0.02	0.54
B11	比较例		16.8	2.8					2.8	0.20	0.28		0.10		0.02	0.60
B12	比较例		17.0	3.2					3.2	0.20	0.28				0.02	0.50
B13	比较例		15.7	3.2	0.1				3.3	0.15	0.24				0.10	0.49
B14	比较例	PFPE油涂布	15.9	2.8			0.2		3.0	0.15	0.24	0.18	0.12		0.02	0.71
B15	比较例		16.2	3.0		0.1			3.1	0.25	0.25				0.02	0.52
B16	比较例		15.8	3.0					3.0	0.25	0.24				0.02	0.51
B17	比较例		12.6	3.6		0.1			3.7	0.10	0.33	0.20			0.02	0.65
B18	比较例		13.8	3.6					3.6	0.10	0.32	0.15			0.02	0.59
B19	比较例		16.6	3.6			0.1	0.1	3.8	0.20	0.36				0.05	0.61
B20	比较例		15.7	3.2					3.2	0.25	0.36				0.02	0.63
B21	比较例		12.7	3.2			0.2		3.4	0.15	0.32		0.15		0.02	0.64
B22	比较例		13.0	3.4					3.4	0.15	0.25		0.15		0.02	0.57
B23	比较例	PFPE油涂布	12.8	3.4	0.1	0.1			3.6	0.24	0.23				0.02	0.49
B24	比较例		13.6	2.8					2.8	0.24	0.23				0.02	0.49
B25	比较例		15.8	2.8				0.1	2.9	0.16	0.36	0.12			0.02	0.66

[0205] 表2-6

[0206]

金属丝 编号	焊剂组成[相对于金属丝总质量的质量%]								α/β	CaF ₂ / α
	金属碳酸盐						铁粉	电弧 稳定剂		
	CaCO ₃	BaCO ₃	SrCO ₃	MgCO ₃	Li ₂ CO ₃	总量				
B1	0.01					0.01		0.08	4.9	1.00
B2	0.01					0.01		0.08	15.5	1.00
B3	0.01					0.01		0.08	3.7	1.00
B4	0.01					0.01		0.08	10.9	1.00
B5	0.01					0.01		0.08	4.8	1.00
B6	0.01					0.01		0.08	5.8	1.00
B7	0.01					0.01		0.08	5.4	1.00
B8	0.01					0.01		0.08	2.8	1.00
B9		0.01				0.01		0.08	15.3	1.00
B10			0.01			0.01		0.08	8.7	0.81
B11				0.01		0.01		0.08	4.7	1.00
B12	0.01				0.01	0.02		0.08	6.4	1.00
B13	0.01					0.01		0.08	6.7	0.97
B14	0.01					0.01		0.08	4.2	0.93
B15	0.01	0.01				0.02		0.08	6.0	0.97
B16		0.01				0.01		0.08	5.9	1.00
B17		0.01				0.01		0.08	5.7	0.97
B18		0.01	0.01			0.02		0.08	6.1	1.00
B19			0.01			0.01		0.08	6.2	0.95
B20			0.01			0.01		0.08	5.1	1.00
B21			0.01			0.01	3.00	0.08	5.3	0.94
B22				0.01		0.01		0.08	6.0	1.00
B23					0.01	0.01		0.08	7.3	0.94
B24					0.01	0.01		0.08	5.7	1.00
B25					0.01	0.01		0.08	4.4	0.97

[0207] 表2-7

[0208]

金属丝 编号	区分	备注	填充率 (%)	焊剂组成[相对于金属丝总质量的质量%]												
				金属氟化物					金属氧化物							
				CaF ₂	BaF ₂	SrF ₂	MgF ₂	LiF	总量 [α]	TiO ₂	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	CaO	总量 [β]
B26	比较例		16.7	3.2			0.2		3.4	0.16	0.36		0.13		0.02	0.67
B27	比较例		14.2	3.2					3.2	0.15	0.32	0.10	0.12		0.02	0.71
B28	比较例		17.8	3.4		0.2			3.6	0.15	0.26				0.02	0.53
B29	比较例	PFPE油涂布	17.2	3.4		0.1			3.5	0.22	0.25				0.05	0.52
B30	比较例		17.7	3.2	0.1		0.1		3.4	0.22	0.24				0.02	0.48
B31	比较例	PFPE油涂布	14.0	3.2				0.1	3.3	0.25	0.26				0.02	0.52
B32	比较例		10.8	2.8	0.1	0.1			3.0	0.25	0.26				0.02	0.53
B33	比较例		17.5	3.3					3.3	0.15	0.32		0.10		0.02	0.58
B34	比较例		11.2	2.6		0.1			2.7	0.19	0.30	0.10			0.02	0.57
B35	比较例		20.2	5.7			0.1		5.8	0.20	0.25				0.02	0.48
B36	比较例		16.9	5.5					5.5	0.01	0.41				0.02	0.44
B37	比较例		16.3	4.8					4.8	0.01	0.34		0.05		0.02	0.42
B38	比较例		16.3	4.8					4.8	0.01	0.34		0.05		0.02	0.42
B39	比较例		19.8	4.8					4.8	0.01	0.34		0.05		0.65	1.05
B40	比较例		17.8	4.8					4.8	0.01	0.34		0.05		0.02	0.42
B41	比较例		14.7	1.8	0.1				1.9	0.15	0.20				0.02	0.37
B42	比较例		12.8	1.7	0.1				1.8	0.15	0.20				0.02	0.37
B43	比较例		18.0	7.0		0.5			7.5	0.30	0.20		0.05		0.02	0.57
B44	比较例		16.3	4.0	0.1		0.1		4.2	0.15	0.35		0.05		0.02	0.57
B45	比较例		20.6	3.0	0.1		0.1		3.2	0.12	0.23		0.05		0.02	0.42
B46	比较例		18.9	5.8					5.8	0.16	0.24			0.05	0.02	0.49
B47	比较例	PFPE油涂布	19.6	4.5	0.3	0.1	0.1		5.0	0.20	0.32				0.02	0.54
B48	比较例		17.3	2.8					2.8	0.20	0.28		0.10		0.02	0.60
B49	比较例		18.2	3.8					3.8	0.20	0.28		0.10		0.02	0.60
B50	比较例		16.6	2.4			0.1	0.1	2.6	0.01	0.13		0.02		0.02	0.18
B51	比较例		19.4	2.2			0.1	0.1	2.4	0.01	0.20		0.01		0.01	0.23

[0209] 表2-8

[0210]

金属丝 编号	焊剂组成[相对于金属丝总质量的质量%]							铁粉	电弧 稳定剂	α/β	CaF ₂ / α
	金属碳酸盐										
	CaCO ₃	BaCO ₃	SrCO ₃	MgCO ₃	Li ₂ CO ₃	总量					
B26					0.01	0.01		0.08	5.1	0.94	
B27	0.01					0.01		0.08	4.5	1.00	
B28	0.01					0.01		0.08	6.8	0.94	
B29	0.01					0.01		0.08	6.7	0.97	
B30	0.01					0.01		0.08	7.1	0.94	
B31	0.01					0.01		0.08	6.2	0.97	
B32	0.01					0.01		0.08	5.7	0.93	
B33	0.01					0.01		0.08	5.6	1.00	
B34	0.01					0.01		0.08	4.7	0.96	
B35	0.01					0.01		0.08	12.1	0.98	
B36	0.01					0.01		0.03	12.5	1.00	
B37	0.01					0.01		0.09	11.4	1.00	
B38	0.01					0.01		0.09	11.4	1.00	
B39	0.01					0.01		0.09	4.6	1.00	
B40	0.50			0.10	0.05	0.65	0.65	0.09	11.4	1.00	
B41	0.01					0.01		0.09	5.1	0.95	
B42	0.01					0.01		0.09	4.9	0.94	
B43	0.01					0.01		0.09	13.2	0.93	
B44	0.01					0.01		0.60	7.4	0.95	
B45	0.01					0.01		0.08	7.6	0.94	
B46	0.01					0.01		0.08	11.8	1.00	
B47	0.01					0.01		0.08	9.3	0.90	
B48	0.01					0.01		0.08	4.7	1.00	
B49	1.01					1.01		1.08	6.3	1.00	
B50	0.02					0.02	1.00	0.08	14.4	0.92	
B51	0.02					0.02	5.50	0.08	10.4	0.92	

[0211] 表2-9

[0212]

金属丝 编号	区分	备注	填充率 (%)	焊剂组成[相对于金属丝总质量的质量%]												
				金属氟化物						金属氧化物						
				CaF ₂	BaF ₂	SrF ₂	MgF ₂	LiF	总量 [g]	TiO ₂	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	CaO	总量 [g]
A56	实施例		8.0	2.0					2.0	0.15	0.32				0.02	0.49
A57	实施例		14.0	7.0					7.0	0.15	0.32				0.02	0.49
A58	实施例		8.0	4.5					4.5	0.10	0.20				0.02	0.32
A59	实施例		8.0	2.7					2.7	0.40	0.47				0.03	0.90
A60	实施例		8.0	4.0					4.0	0.20	0.35				0.03	0.58
A61	实施例		8.0	3.5		0.2		0.1	3.8	0.20	0.35				0.03	0.58
A62	实施例		6.0	4.4	0.1				4.5	0.10	0.28				0.02	0.40
A63	实施例		8.0	3.2					3.2	0.10	0.30				0.02	0.42
A64	实施例	PFPE油漆布	8.0	2.8					2.8	0.12	0.28				0.03	0.43
A65	实施例		8.0	2.8					2.8	0.30	0.25	0.15			0.03	0.73
A66	实施例		8.0	3.4					3.4	0.15	0.30	0.10	0.10		0.03	0.68
A67	实施例		8.0	3.4			0.1	0.1	3.6	0.24	0.32		0.15		0.03	0.74
A68	实施例		8.0	3.7			0.2		3.9	0.24	0.25				0.10	0.59
A69	实施例		8.0	4.0					4.0	0.15	0.36				0.03	0.54
A70	实施例		5.5	4.3					4.3	0.35	0.35	0.15			0.03	0.88
A71	实施例		10.0	3.8					3.8	0.24	0.28				0.02	0.54
A72	实施例		11.0	3.8		0.1		0.1	4.0	0.34	0.29				0.02	0.55
A73	实施例		12.0	3.8					3.8	0.10	0.23		0.24		0.05	0.62
A74	实施例	PFPE油漆布	9.0	4.8	0.1	0.1			5.0	0.18	0.24	0.22			0.02	0.66
A75	实施例		8.0	5.6	0.2				5.8	0.12	0.23	0.10	0.12		0.02	0.59
A76	实施例		10.0	6.0					6.0	0.13	0.22	0.15			0.03	0.53
A77	实施例		12.0	6.3					6.3	0.15	0.33		0.05		0.03	0.56
A78	实施例		12.0	4.6					4.6	0.24	0.35	0.11			0.03	0.72
A79	实施例		11.0	4.9					4.9	0.18	0.34				0.02	0.54
A80	实施例		8.0	4.7	0.2	0.1	0.1	0.1	5.2	0.20	0.22	0.12	0.10		0.05	0.69

[0213] 表2-10

[0214]

金属丝 编号	焊剂组成 [相对于金属丝总质量的质量%]								α/β	CaF ₂ / α
	金属碳酸盐						铁粉	电弧 稳定剂		
	CaCO ₃	BaCO ₃	SrCO ₃	MgCO ₃	Li ₂ CO ₃	总量				
A56	0.01					0.01	3.8	0.09	4.1	1.00
A57	0.01					0.01	4.8	0.09	14.3	1.00
A58	0.01					0.01	2.6	0.09	14.1	1.00
A59	0.01					0.01	2.8	0.09	3.0	1.00
A60	0.01					0.01	2.8	0.09	6.9	1.00
A61	0.01					0.01	2.6	0.09	6.6	0.92
A62	0.01					0.01	1.9	0.09	11.3	0.98
A63	0.01					0.01	3.6	0.08	7.6	1.00
A64	0.01					0.01	4.2	0.08	6.5	1.00
A65	0.01					0.01	3.6	0.08	3.8	1.00
A66	0.01					0.01	3.2	0.08	5.0	1.00
A67	0.01					0.01	2.5	0.08	4.9	0.94
A68	0.01					0.01	2.7	0.08	6.6	0.95
A69	0.01					0.01	2.7	0.08	7.4	1.00
A70	0.01					0.01	1.2	0.08	4.9	1.00
A71	0.01					0.01		0.08	7.0	1.00
A72		0.01				0.01	2.4	0.08	7.1	0.95
A73		0.01				0.01	2.7	0.08	6.1	1.00
A74		0.01				0.01	1.2	0.08	7.6	0.96
A75		0.01				0.01		0.08	9.8	0.97
A76		0.01				0.01		0.08	11.3	1.00
A77		0.01				0.01		0.08	11.3	1.00
A78		0.01				0.01	1.6	0.08	6.3	1.00
A79			0.01			0.01	1.2	0.08	9.1	1.00
A80				0.01		0.01		0.08	7.5	0.90

[0215] 表2-11

[0216]

金属丝 编号	区分	备注	填充率 (%)	焊剂组成[相对于金属丝总质量的质量%]												
				金属氟化物						金属氧化物						
				CaF ₂	BaF ₂	SrF ₂	MgF ₂	LiF	总量 [α]	TiO ₂	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	CaO	总量 [β]
A81	实施例	PPF涂布	12.0	5.2					5.2	0.22	0.34				0.02	0.58
A82	实施例		3.0	6.0					6.0	0.35	0.22				0.02	0.59
A83	实施例		3.0	6.2					6.2	0.14	0.28	0.10			0.03	0.55
A84	实施例		3.0	4.6			0.2		4.8	0.15	0.25				0.03	0.43
A85	实施例		3.0	5.3					5.3	0.18	0.28				0.03	0.49
A86	实施例		3.0	4.8				0.1	4.9	0.23	0.28	0.15			0.02	0.68
A87	实施例		5.5	4.6		0.2			4.8	0.16	0.26				0.19	0.61
A88	实施例		10.0	5.0					5.0	0.24	0.25		0.16		0.02	0.67
A89	实施例	PPF涂布	10.0	4.8	0.1				4.9	0.16	0.22	0.16			0.02	0.50
A90	实施例		3.0	5.0					5.0	0.24	0.32		0.10		0.02	0.68
A91	实施例		3.0	3.0					3.0	0.15	0.24		0.13		0.03	0.55
A92	实施例		3.0	5.8					5.8	0.16	0.26		0.11		0.03	0.56
A93	实施例		3.0	3.1				0.1	3.2	0.30	0.36	0.16			0.03	0.79
A94	实施例		3.0	5.7					5.7	0.33	0.34	0.12			0.02	0.81
A95	实施例		12.0	4.2					4.2	0.22	0.31		0.10		0.02	0.65
A96	实施例		10.0	4.2					4.2	0.15	0.30				0.02	0.47
A97	实施例		12.0	3.8					3.8	0.20	0.35				0.03	0.58
A98	实施例		3.0	4.5					4.5	0.15	0.25				0.03	0.43
A99	实施例		10.0	4.8					4.8	0.15	0.30				0.03	0.48
A100	实施例		14.0	4.2					4.2	0.20	0.30		0.10		0.19	0.79
A101	实施例		3.0	3.5					3.5	0.01	0.20			0.10	0.03	0.24
A102	实施例		3.0	3.2			0.3		3.5	0.01	0.20	0.08			0.02	0.31
A103	实施例		3.0	3.0			0.1	0.1	3.2	0.01	0.20			0.10	0.02	0.23
A104	实施例		3.0	2.9			0.2		3.1	0.01	0.20				0.02	0.23
A105	实施例	热润湿(润湿)	16.5	3.1					3.1	0.01	0.20				0.02	0.23
A106	实施例	热润湿(润湿)	12.6	4.5					4.5	0.11	0.20				0.02	0.33
A107	实施例		12.0	3.0					3.0	0.06	0.20				0.03	0.29
A108	实施例		3.0	6.0					6.0	0.05	0.20	0.05	0.10		0.02	0.42

[0217] 表2-12

[0218]

金属丝 编号	焊剂组成[相对于金属丝总质量的质量%]								α/β	CaF ₂ / α
	金属碳酸盐						铁粉	电弧 稳定剂		
	CaCO ₃	BaCO ₃	SrCO ₃	MgCO ₃	Li ₂ CO ₃	总量				
A81					0.01	0.01	4.5	0.08	9.0	1.00
A82	0.01					0.01		0.08	10.2	1.00
A83		0.01				0.01		0.08	11.3	1.00
A84		0.01				0.01	1.4	0.08	11.2	0.96
A85			0.01			0.01	1.1	0.08	10.8	1.00
A86			0.01			0.01	1.7	0.08	7.2	0.98
A87				0.01		0.01	1.2	0.08	7.9	0.96
A88					0.01	0.01	3.6	0.08	7.5	1.00
A89	0.01					0.01	3.3	0.08	9.8	0.98
A90		0.01				0.01	1.6	0.08	7.4	1.00
A91		0.01				0.01	3.9	0.08	5.5	1.00
A92			0.01			0.01	0.6	0.08	10.4	1.00
A93			0.01			0.01	2.6	0.08	4.1	0.97
A94				0.01		0.01	0.6	0.08	7.0	1.00
A95					0.01	0.01	2.2	0.08	6.5	1.00
A96	0.01					0.01	2.2	0.08	8.9	1.00
A97		0.01				0.01	2.6	0.08	6.6	1.00
A98		0.01				0.01	2.5	0.08	10.5	1.00
A99	0.50	0.02	0.02	0.02	0.02	0.58	1.6	0.08	10.0	1.00
A100	0.01					0.01	3.1	0.08	5.3	1.00
A101	0.01					0.01	2.6	0.08	14.6	1.00
A102	0.01			0.10		0.11	2.1	0.08	11.3	0.91
A103	0.01					0.01	2.4	0.08	13.9	0.94
A104	0.01				0.10	0.11	2.2	0.08	13.5	0.94
A105	0.01					0.01		0.08	13.5	1.00
A106	0.01					0.01		0.08	13.6	1.00
A107	0.01					0.01	3.9	0.09	10.3	1.00
A108	0.01					0.01	0.7	0.08	14.3	1.00

[0219] 表2-13

[0220]

金属丝 编号	区分	备注	填充率 (%)	陶瓷组成[相对于金属丝总质量的质量%]												
				金属氟化物					金属氧化物							
				CaF _x	BaF ₂	SrF ₂	MgF ₂	LiF	总量 [α]	TiO ₂	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	CaO	总量 [β]
B52	比较例		6.0	1.8					1.8	0.12	0.22				0.02	0.36
B53	比较例		8.0	7.1					7.1	0.10	0.40				0.03	0.53
B54	比较例		15.0	7.5			1.5		9.0	0.05	0.30				0.02	0.37
B55	比较例		10.0	2.7					2.7	0.48	0.20				0.05	0.73
B56	比较例		12.0	3.7					3.7	0.18	0.16				0.02	0.36
B57	比较例		10.0	3.7					3.7	0.14	0.55				0.03	0.72
B58	比较例	PFPE油涂布	9.0	4.0					4.0	0.18	0.18				0.38	0.74
B59	比较例		10.0	5.7					5.7	0.40	0.50		0.10		0.05	1.05
B60	比较例		8.0	2.5					2.5	0.34	0.40	0.15			0.03	0.92
B61	比较例		10.0	6.2			0.5		6.7	0.18	0.22				0.03	0.43
B62	比较例		8.0	4.6	0.4	0.4	0.2		5.6	0.12	0.34				0.03	0.55
B63	比较例		5.5	3.9	0.2				4.1	0.20	0.32				0.08	0.60
B64	比较例	PFPE油涂布	8.0	4.5					4.5	0.24	0.27	0.16			0.02	0.59
B65	比较例		8.0	4.2					4.2	0.29	0.23				0.02	0.54
B66	比较例		6.0	3.7		0.1	0.1	0.1	4.0	0.15	0.37	0.20			0.03	0.75
B67	比较例		8.0	4.0					4.0	0.14	0.36				0.10	0.60
B68	比较例		8.0	3.5		0.2			3.7	0.23	0.34	0.16	0.10		0.03	0.36
B69	比较例		6.0	4.9					4.9	0.36	0.24				0.05	0.55
B70	比较例		8.0	3.6				0.2	4.0	0.30	0.22				0.04	0.55
B71	比较例		8.0	4.6					4.6	0.26	0.34		0.18		0.04	0.34
B72	比较例		8.0	4.2	0.1	0.1			4.4	0.16	0.24	0.24	0.10		0.02	0.76
B73	比较例	PFPE油涂布	5.5	4.5					4.5	0.20	0.30				0.02	0.52
B74	比较例		8.0	3.9					3.9	0.14	0.34				0.03	0.51
B75	比较例		8.0	3.8		0.1			3.9	0.15	0.28	0.15			0.03	0.51

[0221] 表2-14

[0222]

金属丝 编号	焊剂组成[相对于金属丝总质量的质量%]								α/β	CaF ₂ / α
	金属碳酸盐						铁粉	电弧 稳定剂		
	CaCO ₃	BaCO ₃	SrCO ₃	MgCO ₃	Li ₂ CO ₃	总量				
B52	0.01					0.01	5.3	0.09	5.0	1.00
B53	0.01					0.01		0.09	13.4	1.00
B54	0.01					0.01	3.3	0.09	24.3	0.83
B55	0.01					0.01	3.9	0.09	3.7	1.00
B56	0.01					0.01	3.1	0.09	10.3	1.00
B57	0.01					0.01	3.0	0.09	5.1	1.00
B58	0.01					0.01	2.4	0.09	5.4	1.00
B59	0.01					0.01		0.09	5.4	1.00
B60	0.01					0.01	3.9	0.09	2.7	1.00
B61	0.01					0.01	0.5	0.09	15.6	0.93
B62	0.01					0.01	1.2	0.09	10.2	0.82
B63	0.01					0.01	2.3	0.09	6.8	0.95
B64	0.01					0.01	2.0	0.09	6.5	1.00
B65	0.01					0.01	2.7	0.09	7.8	1.00
B66	0.01					0.01	2.5	0.09	5.3	0.93
B67		0.01				0.01	2.7	0.09	6.7	1.00
B68		0.01				0.01	2.1	0.09	4.3	0.95
B69		0.01				0.01	1.5	0.09	7.5	1.00
B70		0.01				0.01	2.4	0.09	6.2	0.95
B71		0.01				0.01	2.1	0.09	5.5	1.00
B72		0.01				0.01	2.4	0.09	5.8	0.95
B73		0.01				0.01	2.1	0.09	8.7	1.00
B74			0.01			0.01	2.2	0.09	7.6	1.00
B75				0.01		0.01	2.3	0.09	6.4	0.97

[0223] 表2-15

[0224]

金属组 编号	区分	备注	填充率 (%)	熔剂组成[相对于金属总质量的质量%]												
				金属氟化物						金属氧化物						
				CaF ₂	BaF ₂	SrF ₂	MgF ₂	LiF	总量 [α]	TiO ₂	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	CaO	总量 [β]
B76	比较例		8.0	4.4					4.4	0.18	0.30		0.12		0.03	0.63
B77	比较例		8.0	3.5			0.1	0.1	3.8	0.24	0.28				0.02	0.54
B78	比较例		12.0	3.5	3.1				6.6	0.18	0.25	0.18	0.10		0.03	0.74
B79	比较例		8.0	4.0					4.0	0.25	0.36				0.02	0.63
B80	比较例		8.0	3.8			0.2		4.0	0.15	0.40				0.10	0.65
B81	比较例		8.0	4.2					4.2	0.23	0.32		0.08		0.02	0.65
B82	比较例		8.0	4.8					4.8	0.18	0.29	0.24			0.02	0.73
B83	比较例		8.0	4.0	0.1	0.1			4.2	0.22	0.31				0.03	0.56
B84	比较例		8.0	4.1		0.1		0.1	4.3	0.18	0.32		0.08		0.10	0.65
B85	比较例	PFPE油涂层	6.0	4.1	0.1		0.1		4.3	0.16	0.34				0.03	0.52
B86	比较例		10.0	2.6		0.1			2.7	0.18	0.32	0.22			0.03	0.75
B87	比较例		8.0	3.0					3.0	0.18	0.28	0.12			0.03	0.61
B88	比较例		11.0	5.8					5.8	0.18	0.28		0.15		0.02	0.63
B89	比较例		8.0	5.8					5.8	0.18	0.28		0.15		0.02	0.63
B90	比较例		9.0	5.0					5.0	0.10	0.20				0.62	0.92
B91	比较例		8.0	5.5					5.5	0.18	0.28		0.15		0.03	0.64
B92	比较例		8.0	1.5	0.1				1.6	0.18	0.25				0.03	0.46
B93	比较例		8.0	1.7	0.1				1.8	0.18	0.25				0.02	0.45
B94	比较例		14.0	7.0		0.5			7.5	0.18	0.20		0.12		0.02	0.52
B95	比较例		10.0	7.0	0.1		0.1		7.2	0.18	0.20		0.15		0.03	0.56
B96	比较例		10.0	4.8	0.1		0.1		5.0	0.18	0.20		0.15		0.03	0.55
B97	比较例		13.0	5.0	0.1			0.3	5.4	0.15	0.20				0.10	0.45
B98	比较例		10.0	3.5		0.2			3.7	0.15	0.20				0.10	0.45
B99	比较例		10.0	4.9					4.9	0.15	0.20				0.10	0.45
B100	比较例		10.0	3.8				0.2	4.0	0.15	0.20				0.10	0.45
B101	比较例		9.0	2.3				0.2	2.5	0.01	0.11				0.05	0.17

[0225] 表2-16

[0226]

金属丝 编号	焊剂组成[相对于金属丝总质量的质量%]							α/β	CaF ₂ / α	
	金属碳酸盐						铁粉			电弧 稳定剂
	CaCO ₃	BaCO ₃	SrCO ₃	MgCO ₃	Li ₂ CO ₃	总量				
B76					0.01	0.01	1.7	0.09	7.0	1.00
B77	0.01					0.01	2.4	0.09	7.0	0.95
B78		0.01				0.01	2.7	0.09	8.9	0.53
B79		0.01				0.01	2.2	0.09	6.3	1.00
B80			0.01			0.01	2.4	0.09	6.2	0.95
B81			0.01			0.01	1.8	0.09	6.5	1.00
B82				0.01		0.01	1.8	0.09	6.6	1.00
B83					0.01	0.01	1.7	0.09	7.5	0.95
B84	0.01					0.01	2.5	0.09	6.5	0.95
B85		0.01				0.01	1.5	0.09	8.1	0.95
B86						0.00	5.4	0.09	3.6	0.96
B87						0.00	3.2	0.09	4.9	1.00
B88						0.00	0.4	0.09	9.2	1.00
B89						0.00	1.0	0.09	9.2	1.00
B90						0.00	1.5	0.09	5.4	1.00
B91	0.65				0.01	0.66	1.2	0.09	8.6	1.00
B92						0.00	5.0	0.09	4.1	0.95
B93						0.00	5.2	0.09	4.0	0.94
B94					0.05	0.05	4.3	0.09	14.4	0.93
B95			0.01			0.01	1.5	0.09	12.9	0.97
B96	0.01					0.01	3.2	0.60	8.9	0.96
B97	0.01					0.01	0.3	0.10	12.0	0.93
B98	0.01			0.10		0.11	1.6	0.10	8.2	0.95
B99	0.01					0.01	3.8	0.09	10.9	1.00
B100	0.01				0.10	0.11	3.0	0.09	8.9	0.95
B101	0.01				0.10	0.11	3.0	0.09	14.7	0.92

[0227] 表3-1

[0228]

金属丝 编号	区分	金属丝的合金的化学成分[相对于金属丝总质量的质量%]						
		C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
A1	实施例	0.015	0.10	0.2	0.007	0.004	0.012	13.0
A2	实施例	0.015	0.10	0.2	0.007	0.004	0.012	14.0
A3	实施例	0.020	0.25	0.5	0.007	0.004	0.012	13.0
A4	实施例	0.020	0.25	0.5	0.007	0.004	0.012	14.0
A5	实施例	0.025	0.30	0.7	0.007	0.004	0.012	13.0
A6	实施例	0.025	0.30	0.7	0.007	0.004	0.012	13.0
A7	实施例	0.003	0.20	0.5	0.006	0.003	0.010	13.0
A8	实施例	0.040	0.20	0.5	0.006	0.003	0.010	13.0
A9	实施例	0.015	0.05	0.5	0.006	0.003	0.012	12.0
A10	实施例	0.015	0.40	0.5	0.006	0.003	0.012	12.0
A11	实施例	0.020	0.15	0.2	0.006	0.003	0.010	13.0
A12	实施例	0.020	0.15	0.8	0.006	0.003	0.010	12.0
A13	实施例	0.025	0.10	0.6	0.006	0.003	0.003	11.0
A14	实施例	0.025	0.10	0.6	0.006	0.003	0.050	11.0
A15	实施例	0.030	0.20	0.5	0.006	0.003	0.012	6.0
A16	实施例	0.030	0.20	0.5	0.006	0.003	0.012	16.0
A17	实施例	0.010	0.10	0.4	0.006	0.003	0.010	11.5
A18	实施例	0.010	0.10	0.4	0.006	0.003	0.010	11.5
A19	实施例	0.015	0.20	0.5	0.006	0.003	0.006	10.0
A20	实施例	0.015	0.20	0.5	0.006	0.003	0.006	10.0
A21	实施例	0.030	0.10	0.4	0.006	0.003	0.008	7.5
A22	实施例	0.030	0.10	0.4	0.006	0.003	0.008	7.5
A23	实施例	0.005	0.15	0.3	0.006	0.003	0.010	14.0
A24	实施例	0.010	0.30	0.3	0.006	0.003	0.010	14.0
A25	实施例	0.010	0.30	0.4	0.006	0.003	0.008	13.0
A26	实施例	0.010	0.15	0.3	0.006	0.003	0.015	7.5
A27	实施例	0.015	0.15	0.3	0.006	0.003	0.015	12.5

[0229] 表3-2

[0230]

金属丝 编号	金属丝的合金的化学成分 [相对于金属丝总质量的质量%]									SM (%)	Ceq (%)
	Cu	Cr	Mo	V	Ti	Nb	B	Mg	REM		
A1										0.30	0.378
A2	0.2									0.30	0.403
A3	0.2									0.75	0.439
A4										0.75	0.464
A5										1.00	0.479
A6										1.00	0.479
A7	0.2								0.2	0.70	0.420
A8	0.2									0.70	0.457
A9	0.3				0.10					0.55	0.400
A10			0.2							0.90	0.465
A11		0.2			0.03					0.35	0.425
A12	0.2					0.02			0.2	0.95	0.460
A13	0.2						0.001			0.70	0.404
A14										0.70	0.404
A15	0.2									0.70	0.272
A16					0.02					0.70	0.522
A17	0.5									0.50	0.368
A18		0.5		0.10					0.4	0.50	0.475
A19	0.2		0.5							0.70	0.482
A20	0.1			0.20					0.2	0.70	0.371
A21					0.10					0.50	0.288
A22	0.1		0.3			0.10			0.4	0.50	0.363
A23	0.1	0.2			0.02		0.010			0.45	0.451
A24									0.6	0.60	0.423
A25	0.2	0.1	0.1	0.05	0.02	0.01	0.002	0.1		0.70	0.463
A26					0.02					0.45	0.254
A27		0.2	0.4							0.45	0.524

[0231] 表3-3

[0232]

金属丝 编号	区分	金属丝的合金的化学成分[相对于金属丝总质量的质量%]						
		C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
A28	实施例	0.020	0.10	0.8	0.006	0.003	0.030	10.5
A29	实施例	0.020	0.40	0.5	0.006	0.003	0.030	10.5
A30	实施例	0.015	0.25	0.4	0.006	0.003	0.012	13.0
A31	实施例	0.015	0.25	0.4	0.006	0.003	0.012	13.0
A32	实施例	0.020	0.15	0.5	0.006	0.003	0.008	10.0
A33	实施例	0.020	0.15	0.5	0.006	0.003	0.008	13.0
A34	实施例	0.020	0.20	0.5	0.006	0.003	0.008	10.0
A35	实施例	0.020	0.20	0.5	0.006	0.003	0.008	13.0
A36	实施例	0.010	0.10	0.6	0.006	0.003	0.008	9.0
A37	实施例	0.010	0.30	0.4	0.006	0.003	0.008	9.0
A38	实施例	0.030	0.10	0.6	0.006	0.003	0.008	9.0
A39	实施例	0.030	0.30	0.4	0.006	0.003	0.008	9.0
A40	实施例	0.020	0.20	0.5	0.006	0.003	0.008	13.0
A41	实施例	0.020	0.20	0.5	0.006	0.003	0.008	13.0
A42	实施例	0.020	0.20	0.5	0.006	0.003	0.008	13.0
A43	实施例	0.035	0.30	0.7	0.006	0.003	0.008	14.0
A44	实施例	0.020	0.20	0.5	0.006	0.003	0.008	13.0
A45	实施例	0.020	0.20	0.5	0.006	0.003	0.008	13.0
A46	实施例	0.020	0.20	0.5	0.006	0.003	0.008	13.0
A47	实施例	0.020	0.10	0.8	0.006	0.003	0.030	12.5
A48	实施例	0.020	0.40	0.5	0.006	0.003	0.030	10.5
A49	实施例	0.015	0.25	0.4	0.006	0.003	0.012	13.0
A50	实施例	0.030	0.08	0.4	0.006	0.004	0.011	12.8
A51	实施例	0.030	0.11	0.4	0.006	0.004	0.011	13.1
A52	实施例	0.030	0.08	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A53	实施例	0.030	0.12	0.4	0.006	0.004	0.011	13.5
A54	实施例	0.015	0.25	0.3	0.008	0.004	0.010	13.0
A55	实施例	0.015	0.10	0.5	0.008	0.004	0.010	14.0

[0233] 表3-4

[0234]

金属丝 编号	金属丝的合金的化学成分[相对于金属丝总质量的质量%]									SM (%)	Ceq (%)
	Cu	Cr	Mo	V	Ti	Nb	B	Mg	REM		
A28	0.2				0.01		0.002			0.90	0.420
A29	0.2				0.01	0.01		0.2		0.90	0.383
A30	0.2		0.1	0.05						0.65	0.446
A31	0.2	0.1	0.1		0.04					0.65	0.462
A32	0.2									0.65	0.360
A33	0.2							0.2		0.65	0.435
A34	0.2				0.01					0.70	0.362
A35	0.2				0.01					0.70	0.437
A36			0.3							0.70	0.414
A37	0.2	0.2			0.01					0.70	0.354
A38	0.2									0.70	0.359
A39			0.1	0.04				0.4		0.70	0.362
A40	0.2			0.03	0.01					0.70	0.439
A41	0.2			0.03	0.01				0.050	0.70	0.439
A42					0.01				0.010	0.70	0.437
A43									0.001	1.00	0.514
A44				0.05	0.01					0.70	0.440
A45	0.2				0.01					0.70	0.437
A46	0.2				0.01					0.70	0.437
A47	0.2				0.01		0.002			0.90	0.470
A48	0.2				0.01	0.01		0.2		0.90	0.383
A49	0.2		0.1	0.05						0.65	0.446
A50					0.02					0.48	0.420
A51					0.02			0.3		0.51	0.429
A52					0.02					0.48	0.433
A53					0.02			0.4		0.52	0.439
A54										0.55	0.400
A55	0.3									0.60	0.453

[0235] 表3-5

[0236]

金属丝 编号	区分	金属丝的合金的化学成分[相对于金属丝总质量的质量%]						
		C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
B1	比较例	0.010	0.20	0.3	0.008	0.004	0.012	9.5
B2	比较例	0.010	0.25	0.4	0.008	0.004	0.012	9.5
B3	比较例	0.020	0.15	0.5	0.008	0.004	0.010	13.0
B4	比较例	0.020	0.15	0.4	0.008	0.004	0.012	12.5
B5	比较例	0.010	0.10	0.3	0.008	0.004	0.012	12.5
B6	比较例	0.015	0.15	0.5	0.008	0.004	0.010	14.0
B7	比较例	0.025	0.25	0.3	0.008	0.004	0.012	13.0
B8	比较例	0.025	0.20	0.4	0.008	0.004	0.012	13.0
B9	比较例	0.015	0.15	0.5	0.008	0.004	0.010	11.5
B10	比较例	0.015	0.15	0.5	0.008	0.004	0.010	11.5
B11	比较例	0.002	0.20	0.4	0.008	0.004	0.008	13.0
B12	比较例	0.045	0.20	0.4	0.008	0.004	0.008	13.0
B13	比较例	0.015	0.03	0.3	0.008	0.004	0.008	11.5
B14	比较例	0.015	0.48	0.3	0.008	0.004	0.008	11.5
B15	比较例	0.020	0.10	0.1	0.007	0.005	0.008	12.0
B16	比较例	0.020	0.10	0.9	0.007	0.005	0.008	12.0
B17	比较例	0.015	0.20	0.5	0.022	0.004	0.012	9.0
B18	比较例	0.015	0.20	0.5	0.008	0.012	0.012	9.0
B19	比较例	0.020	0.25	0.4	0.007	0.004	0.002	11.5
B20	比较例	0.020	0.25	0.4	0.008	0.004	0.056	11.5
B21	比较例	0.025	0.10	0.6	0.008	0.004	0.012	5.5
B22	比较例	0.025	0.10	0.6	0.008	0.004	0.012	8.0
B23	比较例	0.015	0.15	0.5	0.008	0.004	0.008	8.0
B24	比较例	0.015	0.15	0.5	0.007	0.005	0.008	9.0
B25	比较例	0.020	0.35	0.3	0.007	0.005	0.008	11.5

[0237] 表3-6

[0238]

金属丝 编号	金属丝的合金的化学成分[相对于金属丝总质量的质量%]									SM (%)	Ceq (%)
	Cu	Cr	Mo	V	Ti	Nb	B	Mg	REM		
B1										0.50	0.306
B2										0.65	0.325
B3										0.65	0.435
B4	0.2									0.55	0.405
B5										0.40	0.377
B6										0.65	0.455
B7										0.55	0.410
B8	0.2									0.60	0.425
B9	0.3				0.02					0.65	0.392
B10										0.65	0.392
B11	0.2	0.1			0.02					0.60	0.422
B12	0.2									0.60	0.445
B13		0.1	0.2	0.05						0.33	0.427
B14	0.3				0.02		0.003	0.3		0.78	0.373
B15	0.3		0.2							0.20	0.391
B16								0.2		1.00	0.474
B17		0.1			0.05	0.02				0.70	0.352
B18	0.2	0.2		0.10			0.004			0.70	0.379
B19	0.2		0.2					0.2		0.65	0.435
B20	0.1		0.1	0.03	0.02					0.65	0.412
B21				0.04		0.01				0.70	0.270
B22	0.6	0.1					0.003	0.2		0.70	0.349
B23		0.6			0.02					0.65	0.425
B24	0.2		0.6		0.03			0.4		0.65	0.480
B25	0.2	0.1		0.30		0.02				0.65	0.414

[0239] 表3-7

[0240]

金属丝 编号	区分	金属丝的合金的化学成分[相对于金属丝总质量的质量%]						
		C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
B26	比较例	0.020	0.35	0.3	0.007	0.005	0.008	12.0
B27	比较例	0.025	0.30	0.3	0.007	0.005	0.008	9.5
B28	比较例	0.025	0.30	0.2	0.007	0.005	0.008	13.5
B29	比较例	0.015	0.20	0.2	0.007	0.004	0.012	12.0
B30	比较例	0.015	0.05	0.2	0.007	0.004	0.012	13.5
B31	比较例	0.010	0.30	0.8	0.007	0.004	0.012	10.0
B32	比较例	0.020	0.15	0.2	0.007	0.004	0.012	7.0
B33	比较例	0.020	0.20	0.5	0.008	0.004	0.012	13.0
B34	比较例	0.015	0.05	0.6	0.008	0.004	0.010	7.5
B35	比较例	0.015	0.20	0.4	0.008	0.004	0.010	13.5
B36	比较例	0.056	0.36	0.4	0.011	0.002	0.006	10.6
B37	比较例	0.041	0.12	0.6	0.002	0.008	0.384	10.6
B38	比较例	0.025	0.10	0.6	0.002	0.008	0.030	10.5
B39	比较例	0.035	0.20	0.6	0.002	0.008	0.025	13.5
B40	比较例	0.025	0.25	0.6	0.002	0.008	0.020	11.5
B41	比较例	0.040	0.20	0.6	0.002	0.008	0.027	12.0
B42	比较例	0.022	0.15	0.6	0.002	0.008	0.019	10.2
B43	比较例	0.035	0.25	0.6	0.002	0.008	0.022	9.5
B44	比较例	0.030	0.20	0.6	0.002	0.008	0.034	10.5
B45	比较例	0.030	0.20	0.6	0.002	0.008	0.034	16.5
B46	比较例	0.010	0.10	0.3	0.008	0.004	0.012	12.5
B47	比较例	0.015	0.15	0.5	0.008	0.004	0.010	14.0
B48	比较例	0.015	0.10	0.5	0.008	0.004	0.010	13.5
B49	比较例	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	12.5
B50	比较例	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	12.5
B51	比较例	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	10.5

[0241] 表3-8

[0242]

金属丝 编号	金属丝的合金的化学成分[相对于金属丝总质量的质量%]									SM (%)	Ceq (%)
	Cu	Cr	Mo	V	Ti	Nb	B	Mg	REM		
B26	0.1				0.15			0.3		0.65	0.385
B27	0.3	0.1	0.2			0.15				0.60	0.385
B28				0.05				0.012		0.50	0.412
B29	0.2		0.2		0.02			0.7		0.40	0.407
B30	0.2									0.25	0.388
B31				0.08						1.10	0.412
B32	0.2					0.02				0.35	0.235
B33		0.2	0.3							0.70	0.552
B34	0.2		0.1		0.02			0.004		0.65	0.330
B35		0.1		0.03				0.2		0.60	0.450
B36	0.3				0.01					0.76	0.403
B37	0.4							0.002		0.72	0.411
B38	0.4								0.06	0.70	0.392
B39	0.4									0.80	0.481
B40	0.4									0.85	0.423
B41	0.4									0.80	0.448
B42	0.4									0.75	0.383
B43	0.4									0.85	0.383
B44	0.4									0.80	0.401
B45	0.4									0.80	0.551
B46										0.40	0.377
B47										0.65	0.455
B48	0.3									0.60	0.440
B49	0.2									0.55	0.400
B50	0.2									0.55	0.400
B51	0.2					0.04		0.4	0.02	0.55	0.350

[0243] 表3-9

[0244]

金属丝 编号	区分	铁环材 料编号	金属丝的合金的化学成分[相对于金属丝总质量的质量%]						
			C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
A56	实施例	F4	0.010	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	14.5
A57	实施例	F4	0.010	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A58	实施例	F4	0.020	0.15	0.3	0.006	0.004	0.011	13.3
A59	实施例	F4	0.020	0.15	0.3	0.006	0.004	0.011	14.5
A60	实施例	F4	0.030	0.10	0.2	0.006	0.004	0.011	13.3
A61	实施例	F4	0.030	0.40	0.6	0.006	0.004	0.011	13.3
A62	实施例	F6	0.003	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	7.8
A63	实施例	F3	0.040	0.20	0.4	0.006	0.004	0.011	11.5
A64	实施例	F3	0.015	0.05	0.4	0.006	0.004	0.011	11.5
A65	实施例	F3	0.015	0.40	0.3	0.006	0.004	0.011	11.5
A66	实施例	F3	0.015	0.20	0.2	0.006	0.004	0.011	11.5
A67	实施例	F3	0.015	0.15	0.8	0.006	0.004	0.011	11.5
A68	实施例	F5	0.030	0.18	0.5	0.006	0.004	0.011	11.5
A69	实施例	F5	0.030	0.18	0.5	0.006	0.004	0.003	11.5
A70	实施例	F1	0.030	0.15	0.5	0.006	0.004	0.011	6.0
A71	实施例	F4	0.030	0.15	0.5	0.006	0.004	0.011	16.0
A72	实施例	F4	0.025	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A73	实施例	F4	0.015	0.15	0.3	0.006	0.004	0.011	13.3
A74	实施例	F3	0.015	0.20	0.3	0.006	0.004	0.011	11.5
A75	实施例	F4	0.025	0.20	0.4	0.006	0.004	0.011	13.8
A76	实施例	F4	0.025	0.25	0.3	0.006	0.004	0.011	13.9
A77	实施例	F4	0.025	0.25	0.3	0.006	0.004	0.011	13.6
A78	实施例	F4	0.025	0.30	0.3	0.006	0.004	0.011	13.3
A79	实施例	F4	0.025	0.30	0.3	0.006	0.004	0.011	13.3
A80	实施例	F2	0.010	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	9.0
A81	实施例	F2	0.010	0.20	0.2	0.006	0.004	0.011	8.3

[0245] 表3-10

[0246]

金属丝 编号	金属丝的合金的化学成分[相对于金属丝总质量的质量%]								SM (%)	Ceq (%)	
	Cu	Cr	Mo	V	Ti	Nb	B	Mg			REM
A56										0.55	0.445
A57										0.55	0.415
A58	0.2									0.45	0.409
A59										0.45	0.439
A60	0.1	0.2		0.02						0.30	0.441
A61			0.1							1.00	0.504
A62	0.2	0.3			0.03					0.70	0.350
A63	0.2									0.60	0.403
A64				0.01			0.004	0.2		0.45	0.372
A65		0.1	0.1							0.70	0.414
A66	0.2		0.2			0.02				0.40	0.394
A67	0.1							0.2		0.95	0.442
A68						0.01		0.4		0.68	0.408
A69		0.2		0.06						0.68	0.453
A70	0.2		0.3	0.05	0.02					0.65	0.348
A71	0.2				0.02		0.004	0.2		0.65	0.520
A72	0.5									0.55	0.430
A73		0.5								0.45	0.504
A74	0.2		0.5		0.01					0.50	0.486
A75	0.1	0.2	0.1	0.20						0.60	0.524
A76	0.2		0.1		0.10					0.55	0.458
A77				0.04		0.10	0.003	0.2		0.55	0.428
A78	0.2						0.010	0.3		0.60	0.420
A79			0.2		0.03			0.6		0.60	0.470
A80	0.2	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.001	0.2		0.70	0.395
A81	0.2									0.40	0.259

[0247] 表3-11

[0248]

金属丝 编号	区分	铁环材 料编号	金属丝的合金的化学成分[相对于金属丝总质量的质量%]						
			C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
A82	实施例	F4	0.020	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	13.3
A83	实施例	F3	0.025	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	11.8
A84	实施例	F3	0.030	0.30	0.6	0.006	0.004	0.011	11.5
A85	实施例	F2	0.015	0.30	0.4	0.006	0.004	0.011	8.3
A86	实施例	F4	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A87	实施例	F2	0.015	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	8.3
A88	实施例	F4	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.1
A89	实施例	F2	0.015	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	8.1
A90	实施例	F4	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A91	实施例	F2	0.010	0.15	0.3	0.006	0.004	0.011	8.3
A92	实施例	F2	0.010	0.30	0.4	0.006	0.004	0.011	8.3
A93	实施例	F2	0.030	0.15	0.3	0.006	0.004	0.011	9.0
A94	实施例	F2	0.030	0.30	0.4	0.006	0.004	0.011	8.3
A95	实施例	F4	0.025	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	13.3
A96	实施例	F4	0.020	0.10	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A97	实施例	F4	0.035	0.25	0.6	0.006	0.004	0.011	13.3
A98	实施例	F4	0.025	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A99	实施例	F4	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A100	实施例	F3	0.030	0.05	0.4	0.006	0.004	0.011	12.5
A101	实施例	F3	0.030	0.08	0.4	0.006	0.004	0.011	12.8
A102	实施例	F3	0.030	0.11	0.4	0.006	0.004	0.011	13.1
A103	实施例	F3	0.030	0.08	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A104	实施例	F3	0.030	0.12	0.4	0.006	0.004	0.011	13.5
A105	实施例	软钢	0.020	0.11	0.4	0.006	0.004	0.011	13.1
A106	实施例	F1	0.020	0.08	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
A107	实施例	F4	0.010	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	13.3
A108	实施例	F4	0.015	0.05	0.4	0.006	0.004	0.045	13.4

[0249] 表3-12

[0250]

金属丝 编号	金属丝的合金的化学成分[相对于金属丝总质量的质量%]									SM (%)	Ceq (%)
	Cu	Cr	Mo	V	Ti	Nb	B	Mg	REM		
A82	0.3	0.1	0.2	0.12						0.70	0.523
A83	0.2			0.10	0.02					0.70	0.419
A84		0.1	0.2					0.2		0.90	0.500
A85	0.2	0.1	0.1	0.05	0.02		0.002			0.70	0.350
A86	0.2									0.55	0.420
A87	0.2		0.2	0.05				0.3		0.70	0.368
A88	0.2				0.02					0.55	0.415
A89	0.2							0.4		0.70	0.309
A90	0.2				0.02		0.002			0.55	0.420
A91		0.1	0.1							0.45	0.319
A92	0.2	0.2				0.01				0.70	0.337
A93	0.2			0.05						0.45	0.315
A94			0.2							0.70	0.367
A95	0.2			0.06	0.02					0.70	0.453
A96					0.02				0.050	0.50	0.423
A97	0.2		0.1						0.010	0.85	0.503
A98	0.1				0.02				0.001	0.55	0.430
A99										0.55	0.420
A100					0.02			0.5		0.45	0.411
A101					0.02					0.48	0.420
A102					0.02			0.3	0.020	0.51	0.429
A103					0.02					0.48	0.433
A104					0.02			0.4		0.52	0.439
A105					0.02			0.3		0.51	0.419
A106					0.01			0.3		0.48	0.423
A107	0.2									0.70	0.434
A108	0.1				0.07			0.6	0.020	0.45	0.419

[0251] 表3-13

[0252]

金属丝 编号	区分	铁环材 料编号	金属丝的合金的化学成分[相对于金属丝总质量的质量%]						
			C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
B52	比较例	F4	0.025	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
B53	比较例	F4	0.025	0.15	0.2	0.006	0.004	0.011	13.3
B54	比较例	F4	0.020	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	13.3
B55	比较例	F4	0.020	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	13.3
B56	比较例	F4	0.020	0.25	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
B57	比较例	F4	0.020	0.25	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
B58	比较例	F4	0.030	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	13.3
B59	比较例	F4	0.025	0.25	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
B60	比较例	F4	0.025	0.25	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
B61	比较例	F4	0.030	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	13.3
B62	比较例	F4	0.030	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	13.3
B63	比较例	F6	0.002	0.15	0.5	0.006	0.004	0.011	7.8
B64	比较例	F3	0.044	0.15	0.5	0.006	0.004	0.011	11.5
B65	比较例	F3	0.025	0.03	0.3	0.006	0.004	0.011	11.5
B66	比较例	F3	0.025	0.48	0.3	0.006	0.004	0.011	11.5
B67	比较例	F3	0.020	0.30	0.1	0.006	0.004	0.011	11.5
B68	比较例	F3	0.020	0.10	0.9	0.006	0.004	0.011	11.5
B69	比较例	F3	0.030	0.20	0.6	0.022	0.004	0.011	11.5
B70	比较例	F3	0.030	0.20	0.6	0.006	0.012	0.011	11.5
B71	比较例	F5	0.020	0.20	0.3	0.006	0.004	0.002	11.5
B72	比较例	F5	0.020	0.20	0.3	0.006	0.004	0.056	11.5
B73	比较例	F1	0.015	0.20	0.4	0.006	0.004	0.011	5.5
B74	比较例	F3	0.020	0.25	0.5	0.006	0.004	0.011	11.5
B75	比较例	F3	0.020	0.25	0.4	0.006	0.004	0.011	11.5
B76	比较例	F3	0.020	0.15	0.3	0.006	0.004	0.011	11.5
B77	比较例	F3	0.015	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	11.5

[0253] 表3-14

[0254]

金属丝 编号	金属丝的合金的化学成分[相对于金属丝总质量的质量%]									SM (%)	Ceq (%)
	Cu	Cr	Mo	V	Ti	Nb	B	Mg	REM		
B52										0.55	0.430
B53					0.02					0.35	0.397
B54				0.04					0.4	0.70	0.447
B55										0.70	0.444
B56	0.2									0.65	0.430
B57					0.02					0.65	0.430
B58									0.2	0.70	0.454
B59	0.2			0.05					0.4	0.65	0.438
B60					0.03					0.65	0.435
B61	0.2									0.70	0.454
B62										0.70	0.454
B63	0.2	0.2			0.02					0.65	0.327
B64			0.2							0.65	0.471
B65	0.2				0.02					0.33	0.364
B66				0.05						0.76	0.385
B67	0.3			0.03						0.40	0.339
B68	0.2					0.02			0.2	1.00	0.462
B69		0.1	0.1		0.02					0.80	0.471
B70	0.2			0.04						0.80	0.429
B71			0.2			0.02	0.003			0.50	0.416
B72		0.1		0.04						0.50	0.389
B73			0.1		0.02				0.2	0.60	0.253
B74	0.6	0.1								0.75	0.421
B75		0.6			0.03					0.65	0.505
B76			0.6		0.02				0.2	0.45	0.514
B77	0.3			0.30			0.003			0.70	0.416

[0255] 表3-15

[0256]

金属丝 编号	区分	铁环材 料编号	金属丝的合金的化学成分[相对于金属丝总质量的质量%]						
			C	Si	Mn	P	S	Al	Ni
B78	比较例	F3	0.015	0.30	0.4	0.006	0.004	0.011	11.5
B79	比较例	F3	0.015	0.30	0.4	0.006	0.004	0.011	11.5
B80	比较例	F3	0.020	0.15	0.5	0.006	0.004	0.011	11.5
B81	比较例	F3	0.020	0.15	0.5	0.006	0.004	0.011	11.5
B82	比较例	F3	0.010	0.05	0.2	0.006	0.004	0.011	11.5
B83	比较例	F3	0.010	0.30	0.8	0.006	0.004	0.011	11.5
B84	比较例	F6	0.005	0.10	0.2	0.006	0.004	0.011	7.8
B85	比较例	F2	0.030	0.20	0.7	0.006	0.004	0.011	8.3
B86	比较例	F2	0.025	0.20	0.6	0.006	0.004	0.011	8.1
B87	比较例	F2	0.015	0.15	0.8	0.006	0.004	0.011	8.3
B88	比较例	F4	0.015	0.30	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
B89	比较例	F3	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	11.5
B90	比较例	F3	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	11.5
B91	比较例	F3	0.020	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	11.5
B92	比较例	F3	0.020	0.20	0.5	0.006	0.004	0.011	11.5
B93	比较例	F3	0.025	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	11.5
B94	比较例	F3	0.025	0.25	0.3	0.006	0.004	0.011	11.5
B95	比较例	F3	0.030	0.15	0.6	0.006	0.004	0.011	11.5
B96	比较例	F3	0.030	0.15	0.6	0.006	0.004	0.011	13.3
B97	比较例	F4	0.030	0.15	0.3	0.006	0.004	0.011	16.5
B98	比较例	F2	0.030	0.30	0.6	0.006	0.004	0.011	11.5
B99	比较例	F1	0.015	0.30	0.4	0.006	0.004	0.011	8.3
B100	比较例	F3	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	13.3
B101	比较例	F3	0.015	0.15	0.4	0.006	0.004	0.011	12.5

[0257] 表3-16

[0258]

金属丝 编号	金属丝的合金的化学成分[相对于金属丝总质量的质量%]									SM (%)	Ceq (%)
	Cu	Cr	Mo	V	Ti	Nb	B	Mg	REM		
B78	0.2				0.15					0.70	0.382
B79						0.15		0.4		0.70	0.382
B80	0.1	0.1	0.1				0.012			0.65	0.442
B81				0.05				0.7		0.65	0.401
B82	0.2	0.2			0.03					0.25	0.373
B83			0.1					0.4		1.10	0.468
B84	0.2					0.02				0.30	0.238
B85		0.3	0.4	0.15						0.90	0.533
B86	0.2		0.2				0.002			0.80	0.386
B87	0.2			0.08	0.02					0.95	0.368
B88			0.2					0.3		0.70	0.477
B89		0.1		0.03				0.2	0.055	0.55	0.398
B90				0.03						0.55	0.378
B91		0.1		0.03				0.2		0.70	0.421
B92										0.70	0.399
B93	0.2		0.1					0.1		0.55	0.410
B94					0.02					0.55	0.373
B95	0.1									0.75	0.424
B96	0.1									0.75	0.469
B97	0.1									0.45	0.499
B98		0.1	0.2					0.2		0.90	0.500
B99	0.2	0.1	0.1	0.05	0.02		0.002			0.70	0.350
B100	0.2									0.55	0.420
B101	0.2									0.55	0.400

[0259] 表4-1

[0260]

金属丝 编号	区分	焊接条件							
		电流 [A]	电压 [V]	焊接速度 [cm/min]	线能量 [kJ/cm]	预热温度 [°C]	焊缝间温度 [°C]	保护气体	气体流量 [L/min]
A1	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A2	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A3	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A4	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A5	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A6	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A7	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A8	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A9	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A10	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A11	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A12	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A13	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A14	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A15	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A16	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A17	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A18	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A19	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A20	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A21	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A22	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A23	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A24	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A25	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
A26	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25

[0261] 表4-2

[0262]

金属丝 编号	区分	焊接条件							
		电流 [A]	电压 [V]	焊接速度 [cm/min]	线能量 [kJ/cm]	预热温度 [°C]	焊缝间温度 [°C]	保护气体	气体流量 [L/min]
A27	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A28	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A29	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A30	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A31	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A32	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar-1.0%O ₂	25
A33	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar-1.0%O ₂	25
A34	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar-1.5%O ₂	25
A35	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar-1.5%O ₂	25
A36	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A37	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A38	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A39	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A40	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	He	25
A41	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A42	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A43	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A44	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A45	实施例	280	25	30	14.0	50	150 以下	Ar	25
A46	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A47	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar-1.0%CO ₂	25
A48	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	He-1.0%O ₂	25
A49	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	He-1.0%CO ₂	25
A50	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A51	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A52	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A53	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A54	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25
A55	实施例	280	25	30	14.0	无	150 以下	Ar	25

[0263] 表4-3

[0264]

金属 编号	区分	焊接条件							
		电流 [A]	电压 [V]	焊接速度 [cm/min]	线能量 [kJ/cm]	预热温度 [°C]	焊道间温度 [°C]	保护气体	气体流量 [L/min]
B1	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B2	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B3	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B4	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B5	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B6	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B7	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B8	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B9	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B10	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B11	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B12	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B13	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B14	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B15	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B16	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B17	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B18	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B19	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B20	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B21	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B22	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B23	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B24	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B25	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25

[0265] 表4-4

[0266]

金属丝 编号	区分	焊接条件							
		电流 [A]	电压 [V]	焊接速度 [cm/min]	线能量 [kJ/cm]	预热温度 [°C]	焊道间温度 [°C]	保护气体	气体流量 [L/min]
826	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
827	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
828	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
829	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
830	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
831	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
832	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
833	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
834	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar-2.0%O ₂	25
835	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar-2.0%O ₂	25
836	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
837	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
838	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
839	比较例	280	25	30	14.0	50	150以下	Ar	25
840	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
841	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
842	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
843	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
844	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
845	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
846	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar-2.0%CO ₂	25
847	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	He-2.0%O ₂	25
848	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	He-2.0%CO ₂	25
849	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
850	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
851	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25

[0267] 表4-5

[0268]

金属丝 编号	区分	焊接条件							保护气体	气体流量 [L/min]
		电流 [A]	电压 [V]	焊接速度 [cm/min]	线能量 [kJ/cm]	预热温度 [°C]	焊缝间 温度 [°C]			
A56	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A57	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A58	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A59	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A60	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A61	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A62	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A63	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A64	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A65	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A66	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A67	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A68	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A69	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A70	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A71	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A72	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A73	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A74	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A75	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A76	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A77	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A78	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A79	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A80	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A81	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A82	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A83	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A84	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A85	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar-1.0%O ₂	25	
A86	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar-1.0%O ₂	25	
A87	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar-1.0%O ₂	25	
A88	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar-1.5%O ₂	25	
A89	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar-1.5%O ₂	25	
A90	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar-1.5%O ₂	25	
A91	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar-1.0CO ₂	25	
A92	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A93	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	He	25	
A94	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	He-1.0%O ₂	25	
A95	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	He-1.0%CO ₂	25	
A96	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A97	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A98	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A99	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A100	实施例	280	25	30	14.0	50	150以下	Ar	25	
A101	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A102	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A103	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A104	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A105	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A106	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A107	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25	
A108	实施例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar-2.0%O ₂	25	

[0269] 表4-6

[0270]

金属丝 编号	区分	焊接条件							
		电流 [A]	电压 [V]	焊接速度 [cm/min]	线能量 [kJ/cm]	预热 温度 [°C]	焊缝间 温度 [°C]	保护 气体	气体流量 [L/min]
B52	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B53	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B54	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B55	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B56	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B57	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B58	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B59	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B60	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B61	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B62	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B63	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B64	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B65	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B66	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B67	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B68	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B69	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B70	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B71	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B72	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B73	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B74	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B75	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B76	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25

[0271] 表4-7

[0272]

金属丝 编号	区分	焊接条件							
		电流 [A]	电压 [V]	焊接速度 [cm/min]	线能量 [kJ/cm]	预热 温度 [°C]	焊缝间 温度 [°C]	保护 气体	气体流量 [L/min]
B77	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B78	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B79	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B80	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B81	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B82	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B83	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B84	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B85	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B86	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B87	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar-2.0%O ₂	25
B88	比较例	280	25	30	14.0	50	150以下	Ar-2.0%O ₂	25
B89	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B90	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B91	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B92	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B93	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B94	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B95	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B96	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B97	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25
B98	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar-2.0%CO ₂	25
B99	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	He-2.0%O ₂	25
B100	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	He-2.0%CO ₂	25
B101	比较例	280	25	30	14.0	无	150以下	Ar	25

[0273] 表5-1

[0274]

金属丝 编号	区分	屈服 强度 [MPa]	抗拉 强度 [MPa]	-196℃的 夏比冲击 试样吸收功 [J]	焊后 残余 应力 [ppm]	γ射线 焊接 裂纹 试验	扩散性 系数 [ml/100g]	抗拉 强度	韧性	疲劳 裂纹 速率	综合 判定	备注
A1	实施例	875	721	60	94	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A2	实施例	669	709	61	104	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格	
A3	实施例	657	736	63	97	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格	
A4	实施例	672	725	60	102	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格	
A5	实施例	720	766	52	109	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格	
A6	实施例	719	778	50	89	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A7	实施例	616	662	68	99	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格	
A8	实施例	769	828	54	90	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A9	实施例	682	733	61	96	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A10	实施例	700	745	57	105	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格	
A11	实施例	671	716	63	93	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A12	实施例	706	752	53	93	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格	
A13	实施例	699	740	62	87	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A14	实施例	695	735	59	99	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格	
A15	实施例	626	695	67	104	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格	
A16	实施例	728	793	56	90	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格	
A17	实施例	716	772	58	105	没有裂纹	1.4	合格	合格	合格	合格	
A18	实施例	720	785	56	93	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A19	实施例	742	794	59	82	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格	
A20	实施例	724	779	60	94	没有裂纹	0.3	合格	合格	合格	合格	
A21	实施例	749	802	55	88	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A22	实施例	726	782	57	97	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A23	实施例	744	791	54	95	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格	
A24	实施例	703	743	61	100	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格	
A25	实施例	727	760	58	106	没有裂纹	0.7	合格	合格	合格	合格	

[0275]

表5-2

金属丝 编号	区分	屈服 强度 [MPa]	抗拉 强度 [MPa]	-196℃的 夏比冲击 试样吸收功 [J]	焊后 残余 应力 [ppm]	γ射线 焊接 裂纹 试验	扩散性 系数 [ml/100g]	抗拉 强度	韧性	疲劳 裂纹 速率	综合 判定	备注
A26	实施例	619	666	68	94	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A27	实施例	772	819	54	90	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格	
A28	实施例	672	719	52	99	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格	
A29	实施例	659	702	54	85	没有裂纹	0.7	合格	合格	合格	合格	
A30	实施例	710	744	62	94	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A31	实施例	713	751	60	108	没有裂纹	0.9	合格	合格	合格	合格	
A32	实施例	645	698	63	118	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A33	实施例	721	764	56	129	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A34	实施例	697	741	54	153	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格	
A35	实施例	736	787	52	149	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格	
A36	实施例	675	725	65	94	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格	
A37	实施例	669	713	63	89	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格	
A38	实施例	732	783	55	99	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A39	实施例	741	791	56	83	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格	
A40	实施例	722	769	62	95	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A41	实施例	655	752	55	101	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格	
A42	实施例	670	800	58	110	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A43	实施例	785	890	51	96	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格	
A44	实施例	698	768	60	93	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A45	实施例	680	742	55	110	没有裂纹	1.4	合格	合格	合格	合格	在预热温度80℃下没有裂纹
A46	实施例	703	756	65	94	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格	
A47	实施例	720	766	52	85	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A48	实施例	719	778	50	81	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格	
A49	实施例	616	662	68	84	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A50	实施例	670	742	64	78	没有裂纹	0.8	合格	合格	合格	合格	
A51	实施例	658	752	72	76	没有裂纹	0.7	合格	合格	合格	合格	
A52	实施例	663	774	95	72	没有裂纹	0.8	合格	合格	合格	合格	
A53	实施例	710	831	79	76	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A54	实施例	705	730	63	103	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	
A55	实施例	710	749	61	97	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格	

[0276] 表5-3

[0277]

金属试样编号	区分	屈服强度 [MPa]	抗拉强度 [MPa]	-196℃的夏比冲击试样吸收功 [J]	焊接金属中的氯素 [ppm]	γ型焊接裂纹试验	扩散性氢量 [ml/100g]	抗拉强度	韧性	耐腐蚀性	综合判定	备注	
B1	比较例	由于电源不稳定, 因此无法评价						-	-	-	-	不合格	
B2	比较例	由于产生大量烟雾, 焊接操作性差, 因此无法评价						-	-	-	-	不合格	
B3	比较例	710	753	42	176	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B4	比较例	由于熔渣剥离差, 因此无法评价						-	-	-	-	不合格	
B5	比较例	653	706	39	193	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B6	比较例	708	749	59	110	有裂纹	1.9	合格	合格	不合格	不合格		
B7	比较例	669	735	36	206	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B8	比较例	705	756	46	169	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B9	比较例	由于电源不稳定, 因此无法评价						-	-	-	-	不合格	
B10	比较例	由于电源不稳定, 因此无法评价						-	-	-	-	不合格	
B11	比较例	599	642	68	120	-	-	不合格	合格	-	不合格		
B12	比较例	811	864	45	99	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B13	比较例	由于产生焊接缺陷, 因此无法评价						-	-	-	-	不合格	
B14	比较例	718	762	32	103	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B15	比较例	720	759	42	148	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B16	比较例	727	778	46	92	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B17	比较例	708	752	37	100	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B18	比较例	712	755	40	98	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B19	比较例	719	780	43	176	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B20	比较例	715	761	46	195	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B21	比较例	724	771	38	192	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B22	比较例	698	744	42	98	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B23	比较例	726	787	46	109	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B24	比较例	781	821	43	95	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B25	比较例	725	770	45	93	-	-	合格	不合格	-	不合格		

[0278] 表5-4

[0279]

金属试样编号	区分	屈服强度 [MPa]	抗拉强度 [MPa]	-196℃的夏比冲击试样吸收功 [J]	焊接金属中的氯素 [ppm]	γ型焊接裂纹试验	扩散性氢量 [ml/100g]	抗拉强度	韧性	耐腐蚀性	综合判定	备注	
B26	比较例	729	782	41	87	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B27	比较例	737	794	40	96	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B28	比较例	747	807	42	104	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B29	比较例	由于飞溅发生飞溅, 因此无法评价						-	-	-	-	不合格	
B30	比较例	由于产生焊接缺陷, 因此无法评价						-	-	-	-	不合格	
B31	比较例	734	782	35	84	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B32	比较例	695	649	62	107	-	-	不合格	合格	-	不合格		
B33	比较例	820	871	44	100	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B34	比较例	716	769	30	194	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B35	比较例	722	774	33	205	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B36	比较例	863	907	38	98	-	-	不合格	不合格	-	不合格	电源不稳定, 焊缝不良	
B37	比较例	794	843	22	108	-	-	合格	不合格	-	不合格	电源不稳定, 焊缝不良	
B38	比较例	由于飞溅发生飞溅, 因此无法评价						-	-	-	-	不合格	电源不稳定, 焊缝不良
B39	比较例	755	845	35	158	有裂纹, 2.2	-	合格	不合格	-	不合格		
B40	比较例	由于飞溅发生飞溅, 因此无法评价						-	-	-	-	不合格	
B41	比较例	由于电源不稳定, 因此无法评价						-	-	-	-	不合格	电源不稳定, 焊缝不良
B42	比较例	由于电源不稳定, 因此无法评价						-	-	-	-	不合格	电源不稳定, 焊缝不良
B43	比较例	由于熔渣剥离差, 因此无法评价						-	-	-	-	不合格	电源不稳定, 焊缝不良
B44	比较例	740	795	42	150	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B45	比较例	580	640	80	98	-	-	不合格	合格	-	不合格		
B46	比较例	715	761	35	175	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B47	比较例	724	771	39	196	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B48	比较例	698	744	37	168	-	-	合格	不合格	-	不合格		
B49	比较例	由于电源不稳定, 因此无法评价						-	-	-	-	不合格	
B50	比较例	由于熔渣剥离差, 因此无法评价						-	-	-	-	不合格	
B51	比较例	712	755	24	185	-	-	合格	不合格	-	不合格		

[0280] 表5-5

[0281]

金属丝 编号	区分	屈服 强度 [MPa]	抗拉 强度 [MPa]	-196℃的 夏比冲击 试样吸收功 [J]	焊接金属 中的氮量 [ppm]	y型焊接 裂纹试验	扩散性 氮量 [ml/100g]	抗拉 强度	韧性	耐低温 性能	综合 判定
A56	实施例	654	708	93	62	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格
A57	实施例	652	695	97	51	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格
A58	实施例	692	730	89	65	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A59	实施例	690	736	92	56	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格
A60	实施例	751	796	84	55	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A61	实施例	762	802	72	75	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A62	实施例	620	665	95	53	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格
A63	实施例	757	828	79	59	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格
A64	实施例	692	744	88	55	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格
A65	实施例	687	732	85	69	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A66	实施例	706	751	90	65	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格
A67	实施例	685	736	73	57	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A68	实施例	723	784	84	68	没有裂纹	0.9	合格	合格	合格	合格
A69	实施例	729	790	79	62	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格
A70	实施例	746	796	78	64	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格
A71	实施例	735	786	80	55	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A72	实施例	722	769	84	54	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A73	实施例	734	777	80	55	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格
A74	实施例	721	784	77	59	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A75	实施例	719	769	93	42	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格
A76	实施例	735	782	77	56	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A77	实施例	749	794	88	49	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格
A78	实施例	723	771	80	64	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格
A79	实施例	745	789	79	65	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格

[0282] 表5-6

[0283]

金属丝 编号	区分	屈服 强度 [MPa]	抗拉 强度 [MPa]	-196℃的 夏比冲击 试样吸收功 [J]	焊 接 金 属 中 的 含 量 [ppm]	y型 焊接 裂纹 试验	扩散性 氦量 [ml/100g]	抗拉 强度	韧性	断裂 延性	判定
A80	实施例	681	720	86	59	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格
A81	实施例	669	712	94	55	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A82	实施例	701	743	88	64	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格
A83	实施例	724	764	82	58	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A84	实施例	764	805	78	65	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格
A85	实施例	712	752	79	68	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A86	实施例	694	735	80	63	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A87	实施例	697	739	84	65	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A88	实施例	695	740	75	75	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A89	实施例	659	722	72	78	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格
A90	实施例	666	726	73	76	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格
A91	实施例	659	715	92	54	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A92	实施例	671	724	87	59	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格
A93	实施例	723	778	76	63	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A94	实施例	729	789	79	60	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A95	实施例	719	760	82	63	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格
A96	实施例	702	765	79	70	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格
A97	实施例	775	895	71	65	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A98	实施例	692	798	82	56	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格
A99	实施例	687	745	80	61	没有裂纹	0.5	合格	合格	合格	合格
A100	实施例	708	786	78	68	没有裂纹	0.4	合格	合格	合格	合格
A101	实施例	670	742	84	78	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格
A102	实施例	658	752	72	76	没有裂纹	0.7	合格	合格	合格	合格
A103	实施例	663	774	95	72	没有裂纹	0.8	合格	合格	合格	合格
A104	实施例	710	831	79	75	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格
A105	实施例	620	743	68	82	没有裂纹	0.9	合格	合格	合格	合格
A106	实施例	643	782	78	72	没有裂纹	1.0	合格	合格	合格	合格
A107	实施例	705	738	62	95	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格
A108	实施例	663	694	69	79	没有裂纹	0.6	合格	合格	合格	合格

[0284] 表5-7

[0285]

金属牌号	区分	屈服强度 [MPa]	抗拉强度 [MPa]	-196℃的夏比冲击试样吸收功 [J]	焊接金属中的氧含量 [ppm]	y型焊接裂纹试验	扩散性氢量 [ml/100g]	抗拉强度	韧性	耐低温性	综合判定
B52	比较例	由于电源不稳定, 因此无法评价						-	-	-	不合格
B53	比较例	由于产生大量烟雾, 焊接操作性差, 因此无法评价						-	-	-	不合格
B54	比较例	由于电源不稳定, 因此无法评价						-	-	-	不合格
B55	比较例	722	775	62	106	-	-	合格	不合格	-	不合格
B56	比较例	由于焊缝剥离差, 因此无法评价						-	-	-	不合格
B57	比较例	721	769	54	97	-	-	合格	不合格	-	不合格
B58	比较例	758	804	79	62	有裂纹	1.9	合格	合格	不合格	不合格
B59	比较例	727	778	43	68	-	-	合格	不合格	-	不合格
B60	比较例	744	789	64	93	-	-	合格	不合格	-	不合格
B61	比较例	由于电源不稳定, 因此无法评价						-	-	-	不合格
B62	比较例	由于电源不稳定, 因此无法评价						-	-	-	不合格
B63	比较例	602	640	99	66	-	-	不合格	合格	-	不合格
B64	比较例	816	884	55	72	-	-	合格	不合格	-	不合格
B65	比较例	由于产生焊接缺陷, 因此无法评价						-	-	-	不合格
B66	比较例	710	759	37	77	-	-	合格	不合格	-	不合格
B67	比较例	702	746	48	72	-	-	合格	不合格	-	不合格
B68	比较例	713	755	40	69	-	-	合格	不合格	-	不合格
B69	比较例	749	801	29	64	-	-	合格	不合格	-	不合格
B70	比较例	748	795	33	60	-	-	合格	不合格	-	不合格
B71	比较例	716	762	53	79	-	-	合格	不合格	-	不合格
B72	比较例	709	753	66	75	-	-	合格	不合格	-	不合格
B73	比较例	700	746	52	74	-	-	合格	不合格	-	不合格
B74	比较例	726	779	63	70	-	-	合格	不合格	-	不合格
B75	比较例	753	804	65	65	-	-	合格	不合格	-	不合格

[0286] 表5-8

[0287]

金属牌号	区分	屈服强度 [MPa]	抗拉强度 [MPa]	-196℃的夏比冲击试样吸收功 [J]	焊接金属中的氧含量 [ppm]	y型焊接裂纹试验	扩散性氢量 [ml/100g]	抗拉强度	韧性	耐低温性	综合判定
B76	比较例	762	818	61	60	-	-	合格	不合格	-	不合格
B77	比较例	751	792	60	63	-	-	合格	不合格	-	不合格
B78	比较例	716	762	44	72	-	-	合格	不合格	-	不合格
B79	比较例	720	756	54	75	-	-	合格	不合格	-	不合格
B80	比较例	726	782	62	76	-	-	合格	不合格	-	不合格
B81	比较例	由于飞溅发生飞溅, 因此无法评价						-	-	-	不合格
B82	比较例	由于产生焊接缺陷, 因此无法评价						-	-	-	不合格
B83	比较例	671	729	41	74	-	-	合格	不合格	-	不合格
B84	比较例	613	652	108	69	-	-	不合格	合格	-	不合格
B85	比较例	804	858	62	76	-	-	合格	不合格	-	不合格
B86	比较例	751	796	68	88	-	-	合格	不合格	-	不合格
B87	比较例	712	759	61	106	-	-	合格	不合格	-	不合格
B88	比较例	726	778	59	99	-	-	合格	不合格	-	不合格
B89	比较例	675	805	42	65	-	-	合格	不合格	-	不合格
B90	比较例	665	725	39	85	-	-	合格	不合格	-	不合格
B91	比较例	780	905	30	60	-	-	不合格	不合格	-	不合格
B92	比较例	745	795	45	130	-	-	合格	不合格	-	不合格
B93	比较例	710	720	32	123	-	-	合格	不合格	-	不合格
B94	比较例	655	702	42	88	-	-	合格	不合格	-	不合格
B95	比较例	680	720	37	98	-	-	合格	不合格	-	不合格
B96	比较例	680	720	37	98	-	-	合格	不合格	-	不合格
B97	比较例	591	712	32	192	-	-	合格	不合格	-	不合格
B98	比较例	720	780	29	192	-	-	合格	不合格	-	不合格
B99	比较例	712	759	28	185	-	-	合格	不合格	-	不合格
B100	比较例	712	759	29	186	-	-	合格	不合格	-	不合格
B101	比较例	由于电源不稳定, 因此无法评价						-	-	-	不合格

[0288] 表6

[0289]

母材 编号	板厚 [mm]	钢板的化学成分(质量%)											机械特性		
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Al	Mo	N	O	Ceq	屈服强度 [MPa]	抗拉强度 [MPa]	-196℃的夏比冲 击试样吸收功 [J]
P1	25	0.06	0.2	0.8	0.002	0.001	9.12	0.04	0.01	0.004	0.001	0.40	675	725	178
P2	20	0.06	0.2	0.5	0.006	0.004	9.25	0.02	0.01	0.004	0.001	0.38	669	720	197

[0290] 产业上的利用可能性

[0291] 在含有5.5~9.5%左右Ni的Ni系低温用钢的焊接中使用的填充焊剂金属丝中,可以应用通过将Ni量降低至与Ni系低温用钢同等程度而大幅度地降低焊接材料成本且焊接施工效率优良的气体保护电弧焊接,进而通过降低填充于金属丝内的焊剂的合金成分、降低焊接金属的氧量,可获得-196℃的低温韧性优良的焊接金属。进而,可以提供不需要或者显著地降低用于抑制低温裂纹的预热操作的填充焊剂金属丝,在产业界中的价值极高。

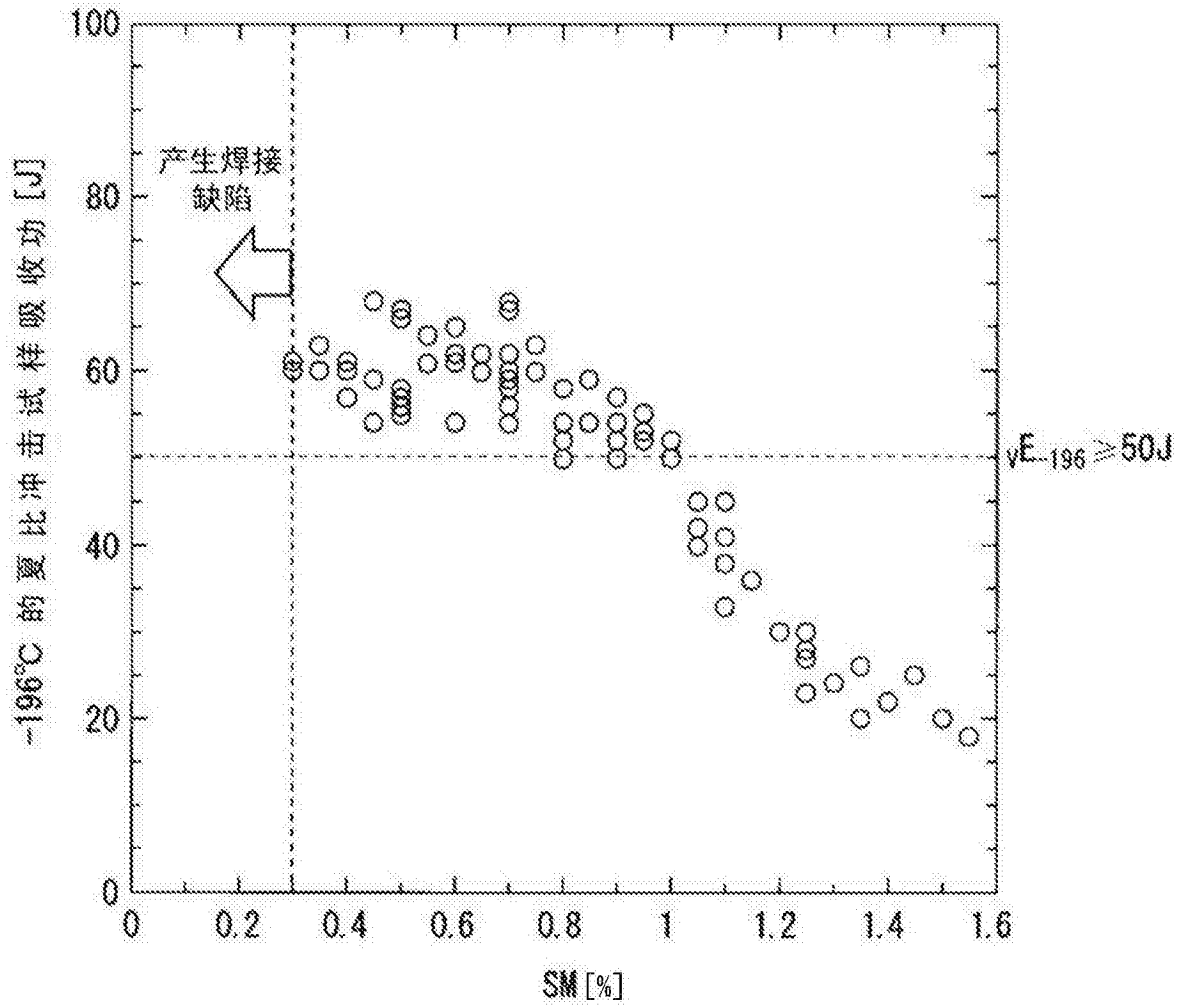


图1

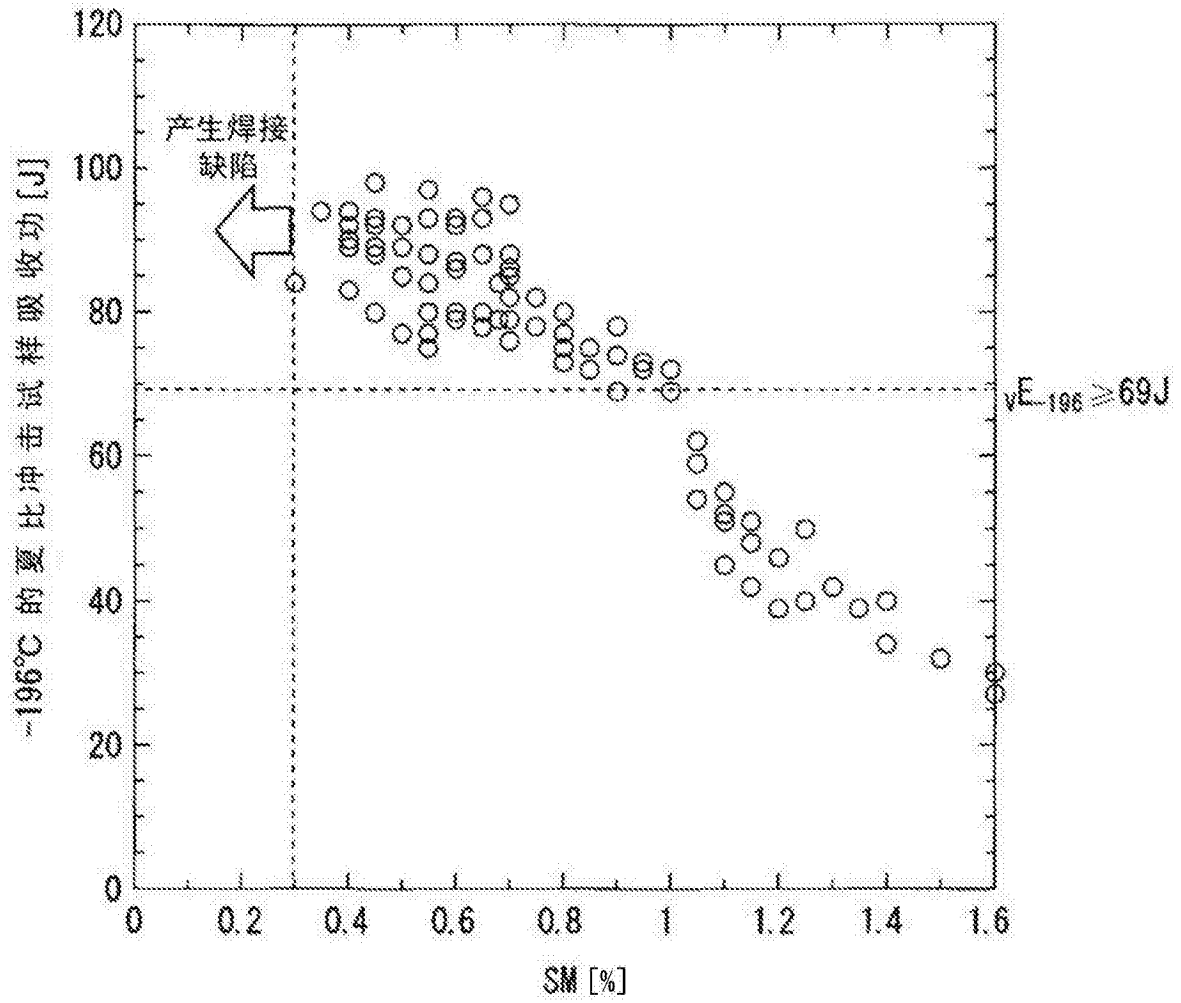


图2

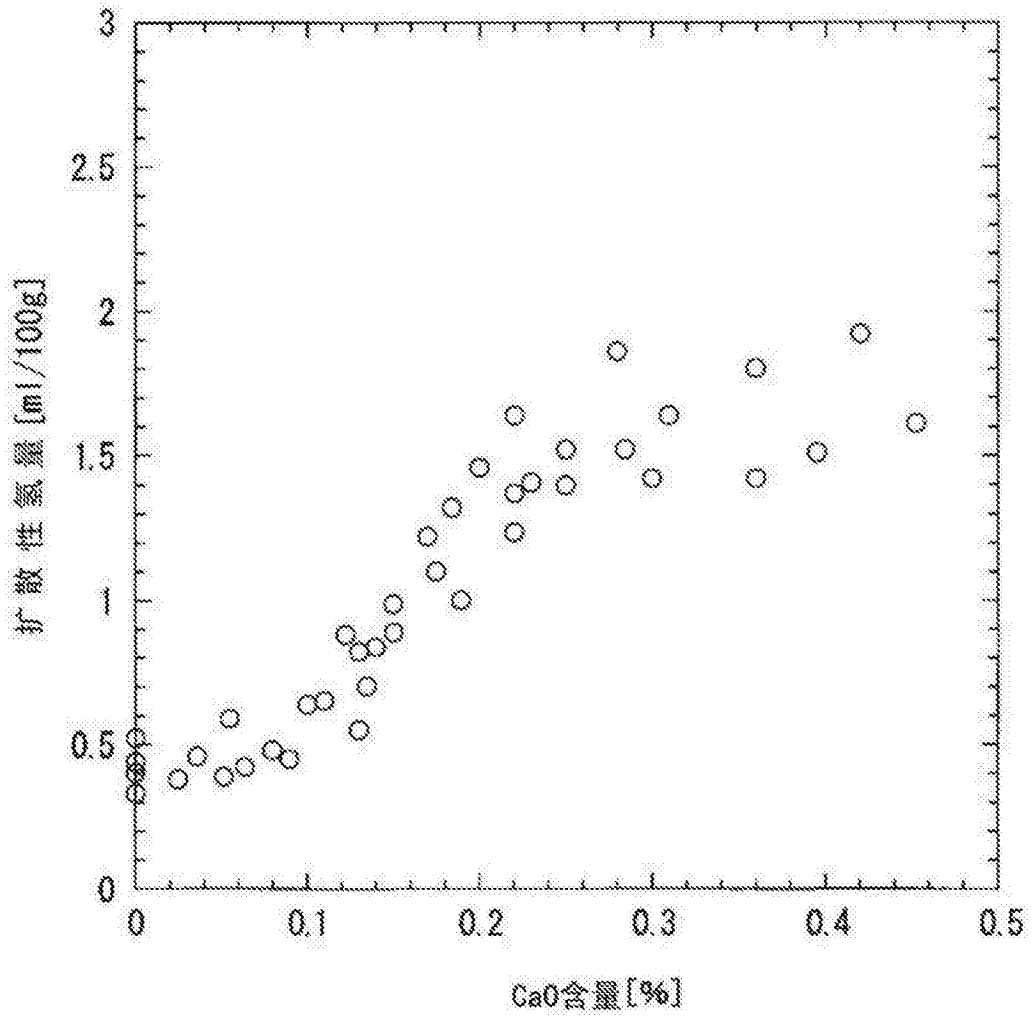


图3

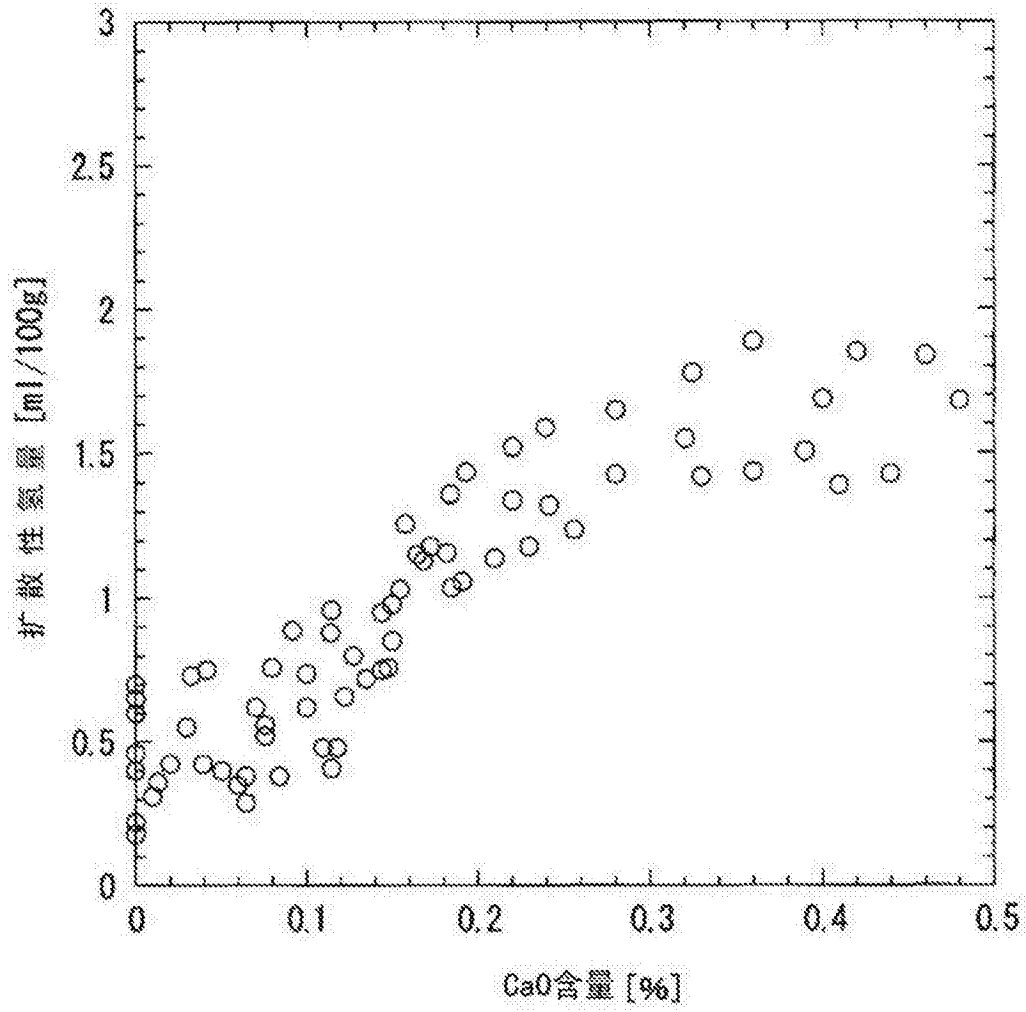


图4

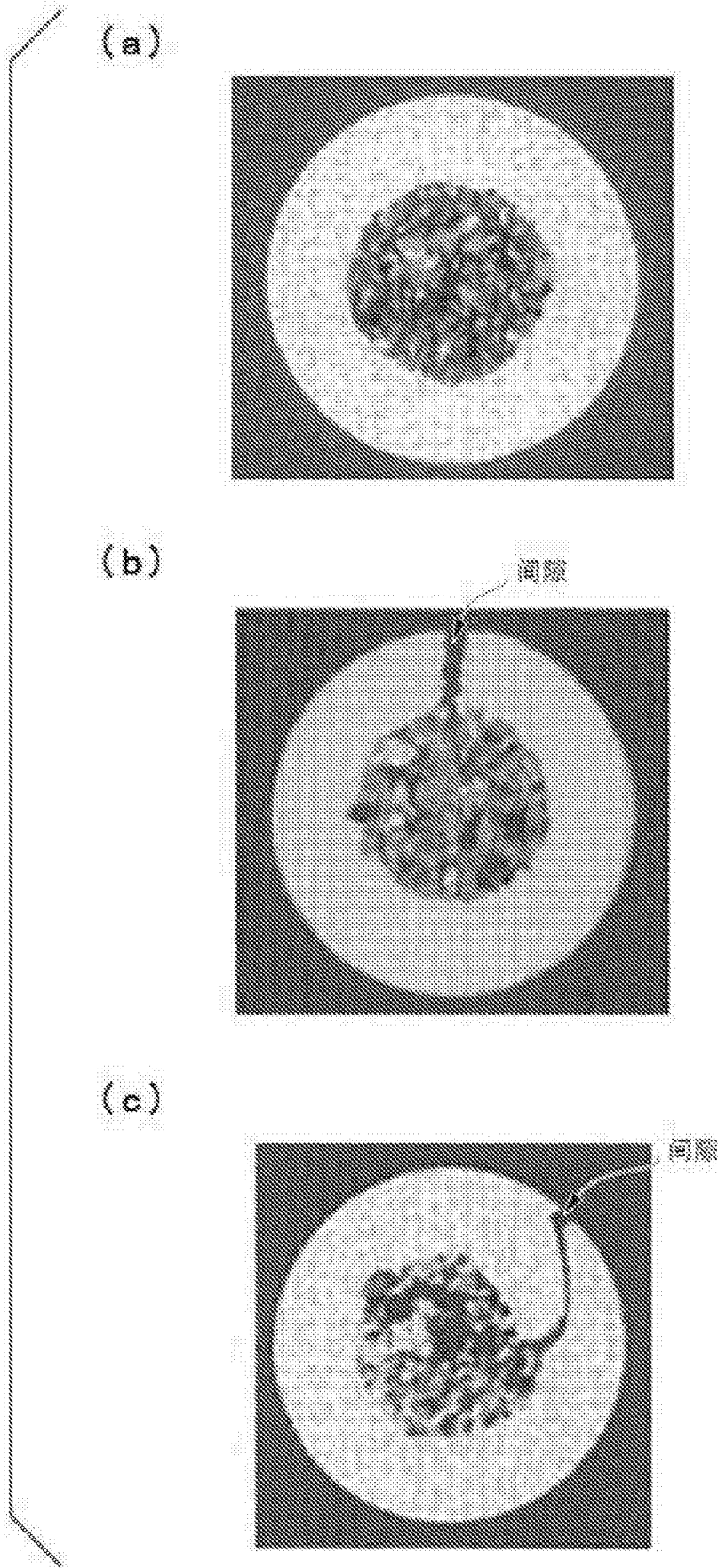


图5

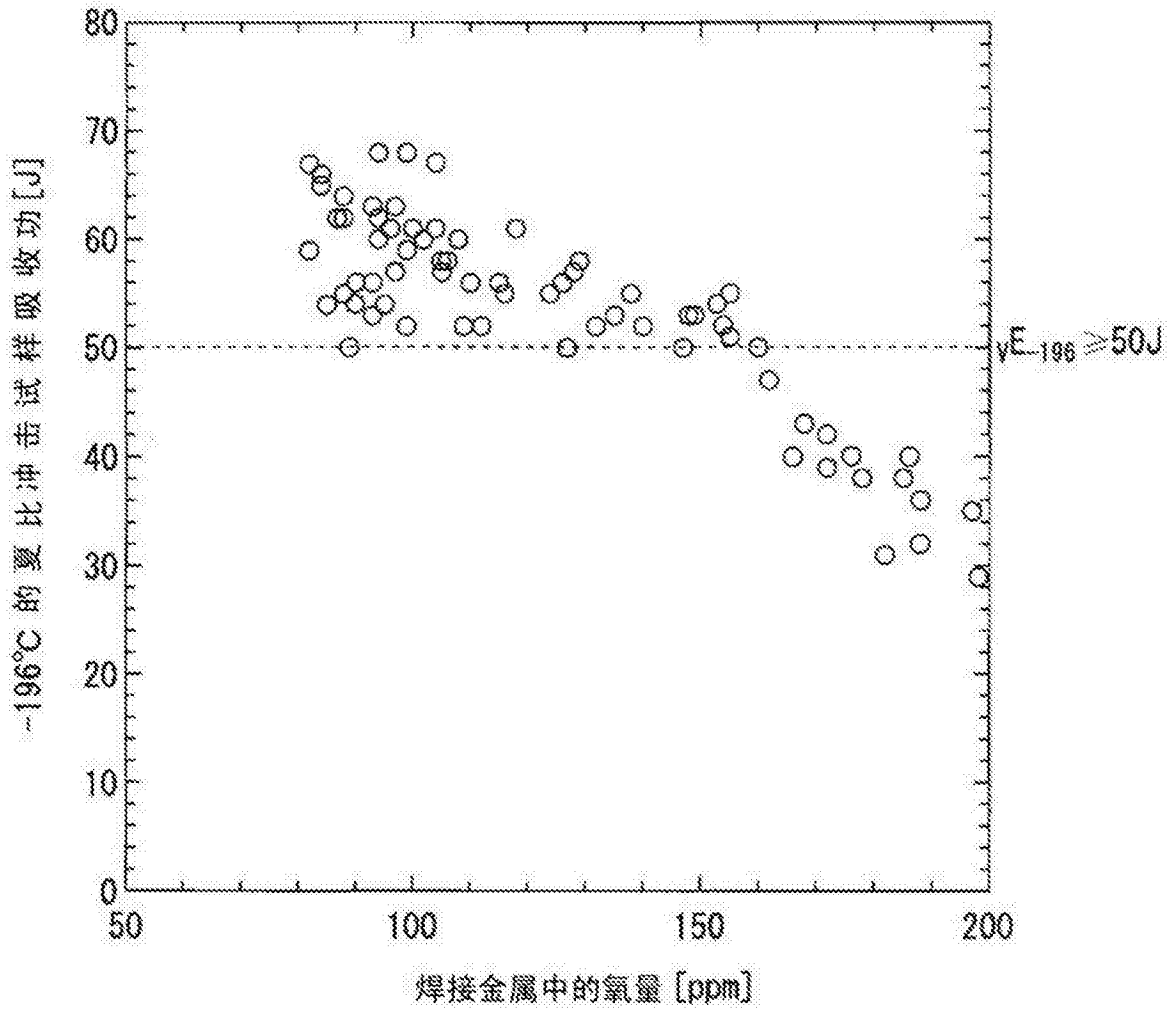


图6

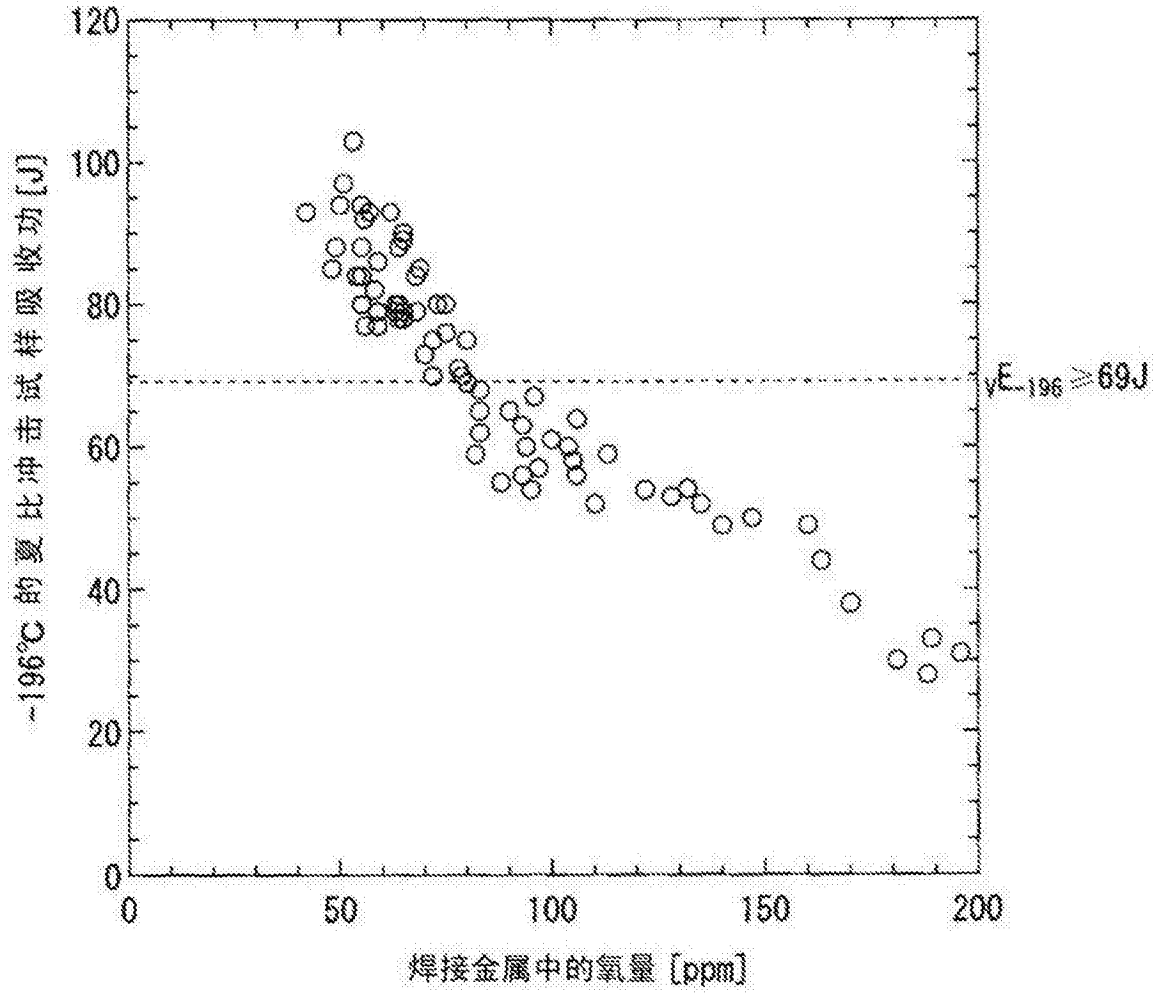


图7

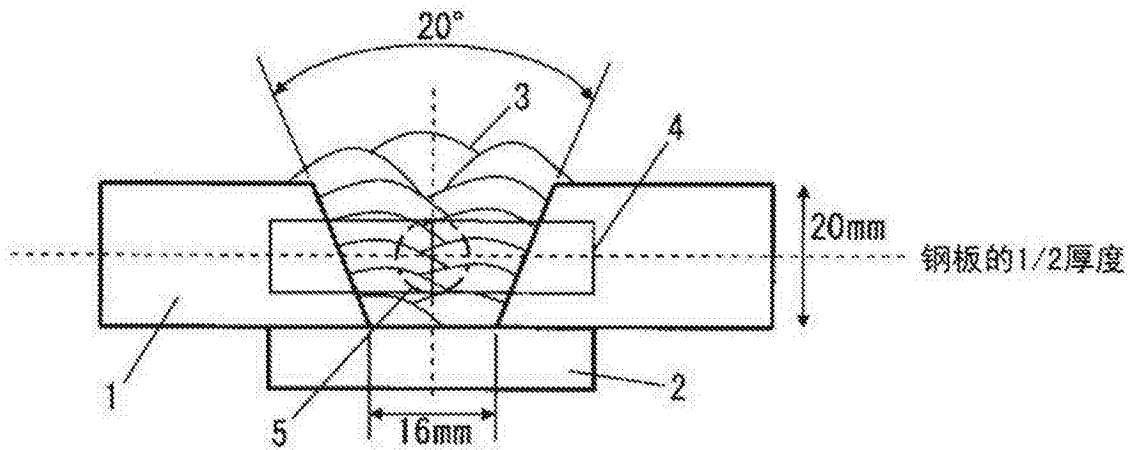


图8