



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111085752 A
(43)申请公布日 2020.05.01

(21)申请号 201811240775.0

(22)申请日 2018.10.24

(71)申请人 叶均蔚

地址 中国台湾新竹市光复路二段清大西院
60号3楼

申请人 赛义德巴德

(72)发明人 叶均蔚 赛义德巴德 埃萨姆拉法

(74)专利代理机构 北京鼎佳达知识产权代理事
务所(普通合伙) 11348

代理人 王伟锋 刘铁生

(51)Int.Cl.

B23K 9/00(2006.01)

B23K 9/32(2006.01)

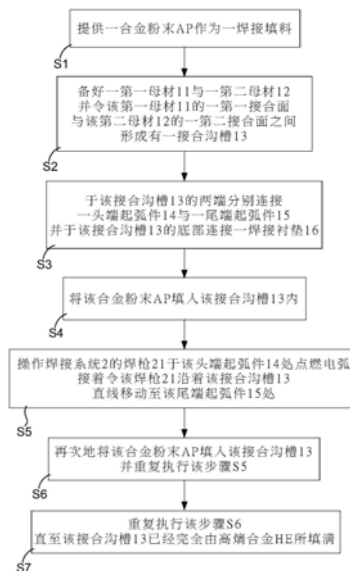
权利要求书2页 说明书7页 附图9页

(54)发明名称

以合金粉末作为焊接填料的焊接方法

(57)摘要

本发明提出一种以合金粉末作为焊接填料的焊接方法。本发明是基于适当比例将至少五种金属元素的粉末混合成一高熵合金粉末以作为焊接填料,接着将该高熵合金粉末填入位于两个母材之间的一接合沟槽之中。继续地,先利用电弧焊技术于该接合沟槽之中完成初次焊接(根部焊),之后再重复性地执行填入高熵合金粉末以及焊接的动作,直到两个母材之间的焊缝达到预定的长度和/或厚度为止。在本发明中,高熵合金粉末是由多合金颗粒所组成,且该些合金颗粒的尺寸大小为微米等级;因此,以高熵合金粉末作为焊接填料的情况下,形成于两个母材之间的焊缝会具有细致的超细组织,提升比强度、断裂阻抗、抗拉强度、及抗腐蚀与抗氧化能力等特性。



1. 一种以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,包括以下步骤:

(1) 提供一合金粉末作为一焊接填料;

(2) 备好一第一母材与一第二母材,并令该第一母材的一第一接合面与该第二母材的一第二接合面之间形成有一接合沟槽;

(3) 在该接合沟槽的两端分别连接一头端起弧件与一尾端起弧件,并在该接合沟槽的底部连接一焊接衬垫;

(4) 将该合金粉末填入该接合沟槽内;

(5) 操作一焊接系统所具有的一焊枪在该头端起弧件处点燃电弧,接着令该焊枪沿着该接合沟槽直线移动至该尾端起弧件处;

(6) 再次地将该合金粉末填入该接合沟槽,并重复执行该步骤(5);以及

(7) 重复执行该步骤(6),直至该接合沟槽已经完全由一焊缝所填满。

2. 如权利要求1所述的以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,其中,该焊接系统系利用一电弧焊技术完成该第一母材与该第二母材的焊接,且该电弧焊技术可为下列任一者:潜弧焊(Submerged arc welding,SAW)、金属极电弧焊(Metal arc welding,MAW)、惰气金属极电弧焊(Gas metal arc welding,GMAW)、惰气钨极电弧焊(Gas tungsten arc welding,GTAW)、原子氢电弧焊(Atomic-hydrogen arc welding,AHW)、或碳极电弧焊(Carbon arc welding,CAW)。

3. 如权利要求1所述的以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,其中,该合金粉末由多元素粉末颗粒所混合而成,且这些元素粉末颗粒的尺寸大小为微米等级。

4. 如权利要求1所述的以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,其中,该合金粉末为一高熵合金粉末,且该高熵合金粉末包括五种至十一种的主要金属元素;并且,每一种主要金属元素的摩尔数与所有元素的总摩尔数之间具有一百分比,且该百分比介于5%至35%之间。

5. 如权利要求1所述的以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,其中,该合金粉末包括五种主要金属元素,且该五种主要金属元素为铁、锰、铬、镍、与铝;并且,每一种主要金属元素的摩尔数与所有元素的总摩尔数之间具有一百分比,且该百分比介于5%至35%之间。

6. 如权利要求1所述的以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,其中,该合金粉末为由三到四种主要金属元素所组成的中熵合金粉末。

7. 如权利要求1所述的以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,其中,该步骤(1)包括以下详细步骤:

(11) 根据该第一母材与该第二母材的材质决定该合金粉末的一元素组成;以及

(12) 基于该元素组成,将至少五种金属元素的粉末混合成所述合金粉末。

8. 如权利要求1所述的以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,其中,在该步骤(4)之中,一自动供粉机用以将该合金粉末填入该接合沟槽内,以令所填入的该合金粉末被保持在该焊枪的前缘,使得该焊枪在沿着该接合沟槽进行直线移动的过程中将该合金粉末熔融于该接合沟槽内。

9. 如权利要求1所述的以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,其中,该合金粉末可被包入一薄金属管之中以制成一包心焊线,且该包心焊线经由一送线机直接由该焊枪的枪口输出之后,接着由该焊枪所熔融,使得该包心焊线的一熔融金属直接填入该接合沟槽之中,构成所述焊缝。

10. 如权利要求1所述的以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,其中该步骤(5)与该步骤(6)之间还包括以下步骤:

在一根部焊道形成于该接合沟槽的底部之后,移除该焊接衬垫。

11. 如权利要求1所述的以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,其中,该焊接衬垫的表面上预先形成有一凹陷部,且当该步骤(4)与该步骤(5)完成之后,该焊缝的一渗透部位于该凹陷部与该接合沟槽的底部间。

12. 如权利要求1所述的以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,其中,一根部间隙位于该第一接合面的底侧与该第二接合面的底侧之间。

13. 如权利要求1所述的以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,其中,该第一接合面与该第二接合面为相互对称的两个面。

14. 如权利要求1所述的以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,其中,该第一接合面与该第二接合面为非相互对称的两个面。

15. 如权利要求1所述的以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,其中,该焊枪具有一倾斜角度,且该倾斜角度介于 20° 至 45° 之间;并且,该焊枪与一法线之间具有一夹角,且该夹角介于 70° 至 45° 之间。

16. 如权利要求1所述的以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,其中,一气体供应装置透过该焊枪提供一保护气体至该接合沟槽;并且,当该合金粉末被电弧熔融时,该保护气体防止熔融态的该合金粉末被氧化。

以合金粉末作为焊接填料的焊接方法

技术领域

[0001] 本发明是关于焊接制程的相关技术领域,尤指一种以合金粉末作为焊接填料的焊接方法。

背景技术

[0002] 焊接是一种通过加热在两个母材的表面间形成原子-原子间键结而使该两个母材达成永久性接合的工艺技术。焊接的实现方式可分为以下三种:

[0003] (1) 真实焊接:加热欲接合的母材使其局部熔化形成熔池,熔池冷却后便会凝固而后接合欲接合的母材。必要时,可在加热母材时加入填料金属的熔融物于熔池之中,以达到最佳的焊接效果;

[0004] (2) 软焊或硬焊:无需熔化母材本身,而是仅单独加热熔点较低的填料金属,并利用填料金属的熔融物的毛细及化学键结作用来连接两个母材;以及

[0005] (3) 锻焊:先加热两个母材使其达到白炽状态,接着利用压击或振动的方式,使两个母材相互接合。

[0006] 并非所有金属件都能够利用上述焊接方法进行接合。举例而言,焊接钛与不锈钢时,两者之间的焊缝会因为钛的性质活泼而形成脆性的金属间化合相(TiFe、TiFe₂或TiC)。虽然现有的商业焊料金属包括有铝基、铜基、铁基、或镍基的超合金,但仍不适于作为特定的异质母材(例如:钛与不锈钢)的焊接制程的填料金属。有鉴于此,中国专利号CN104476010B揭示一种高熵合金(high-entropy alloys)焊丝,其中所述高熵合金焊丝的组成包括:5at%的钛元素、1-20at%的铁元素、25-30at%的铬元素、25-35at%的铜元素、以及25-35at%的镍元素。由于高熵合金具有优良的机械性质,因此将高熵合金加工为焊丝并应用为焊接不锈钢与钛的填料金属时,并不会在焊缝生成脆性的金属间化合相。

[0007] 图1显示现有的一种焊接系统的架构图,其中现有的焊接系统包括:一焊枪21'、一电弧焊供电装置22'以及一气体供应装置23'。由图1可发现,由于高熵合金焊丝HE'的长度有限,因此对左母材11'与右母材12'进行大范围的焊接时,可能必须一次或多次的补充高熵合金焊丝HE',导致焊接制程不通畅。同时,除了影响该电弧焊供电装置22'的输出电流的设定与选择以外,高熵合金焊丝HE'的长度与直径(或厚度)也同时限制了左母材11'与右母材12'之间的接合设计。例如,图1显示左母材11'与右母材12'之间采用标准接合设计(即,水平接合);然而,一旦左母材11'与右母材12'之间采用非标准接合方式,则高熵合金焊丝HE'便可能难以馈入左母材11'与右母材12'之间的接合沟槽13';在这种情况下,左母材11'与右母材12'之间可能就无法透过电弧焊而形成足够长度和/或厚度的焊缝。另一方面,对厚度大于5mm的两片母材进行焊接时,必须先对两片母材进行开坡口,并在该两片母材的表面完成焊接;接着翻转,在完成该两片母材的底面的背面清根(back gouging)处理之后,再在底面重复一次焊接以增加强度。

[0008] 由上述说明可知,高熵合金焊丝的提出的确大幅地扩增合金焊料的种类与数量,但实际应用于焊接制程时仍有许多的限制与缺陷。因此,实有必要对已知的使用高熵合金

焊丝作为焊接填料的焊接方法进行改善。有鉴于此，本案的发明人极力加以研究发明，而终于研发完成本发明的一种以合金粉末作为焊接填料的焊接方法。

发明内容

[0009] 本发明的主要目的在于提出一种以合金粉末作为焊接填料的焊接方法。特别地，本发明是基于适当比例将至少五种金属元素的粉末混合成一高熵合金粉末以作为焊接填料，接着将该高熵合金粉末填入位于两个母材之间的一接合沟槽之中。继续地，先利用电弧焊技术于该接合沟槽之中完成初次焊接(根部焊)，之后再重复性地执行填入高熵合金粉末以及焊接的动作，直到两个母材之间的焊缝达到预定的长度和/或厚度为止。在本发明中，高熵合金粉末是由多合金颗粒所组成，且这些合金颗粒的尺寸大小为微米等级。除此之外，高熵合金粉末的元素组成是根据母材的材质所决定。因此，以高熵合金粉末作为焊接填料的情况下，形成于两个母材之间的焊缝会具有细致的超细组织，同时也会提升比强度、断裂阻抗、抗拉强度、及抗腐蚀与抗氧化能力等特性。

[0010] 为了完成上述本发明的目的，本案发明人提供所述以合金粉末作为焊接填料的焊接方法的一实施例，包括以下步骤：

[0011] (1) 提供一合金粉末作为一焊接填料；

[0012] (2) 备好一第一母材与一第二母材，并令该第一母材的一第一接合面与该第二母材的一第二接合面之间形成有一接合沟槽；

[0013] (3) 在该接合沟槽的两端分别连接一头端起弧件与一尾端起弧件，并在该接合沟槽的底部连接一焊接衬垫；

[0014] (4) 将该合金粉末填入该接合沟槽内；

[0015] (5) 操作一焊接系统所具有的一焊枪在该头端起弧件处点燃电弧，接着令该焊枪沿着该接合沟槽直线移动至该尾端起弧件处；

[0016] (6) 再次地将该合金粉末填入该接合沟槽，并重复执行该步骤(5)；以及

[0017] (7) 重复执行该步骤(6)，直至该接合沟槽已经完全由一焊缝所填满。

附图说明

[0018] 图1显示现有的一种焊接系统的架构图；

[0019] 图2显示一种焊接系统的架构图；

[0020] 图3显示本发明的一种以合金粉末作为焊接填料的焊接方法的方法流程图；

[0021] 图4显示方法流程中的步骤S2与步骤S3的制程示意图；

[0022] 图5显示第一母材与第二母材的多组侧剖视图；

[0023] 图6显示第一母材与第二母材的多组侧剖视图；

[0024] 图7显示第一母材、第二母材、头端起弧件、与尾端起弧件的立体图；

[0025] 图8显示第一母材、第二母材、与焊接衬垫的立体图；

[0026] 图9显示第一母材、第二母材、与焊接衬垫的侧剖视图；

[0027] 图10显示第一母材、第二母材、焊缝、与焊接衬垫的立体图；

[0028] 图11显示第一母材与第二母材的侧剖视图；

[0029] 图12显示第一母材与第二母材的侧剖视图；

- [0030] 图13显示第一母材、头端起弧件、尾端起弧件、与焊枪的侧视图；
- [0031] 图14显示一种焊接系统的架构图；
- [0032] 图15显示第一母材、第二母材与接合沟槽的侧视图；以及
- [0033] 图16显示第一母材、第二母材与接合沟槽的侧视图。
- [0034] 图中主要符号说明：
- [0035] 21 焊枪
- [0036] 22 电弧焊供电装置
- [0037] 23 气体供应装置
- [0038] S1-S7 步骤
- [0039] AP 合金粉末
- [0040] 11 第一母材
- [0041] 12 第二母材
- [0042] 13 接合沟槽
- [0043] 14 头端起弧件
- [0044] 15 尾端起弧件
- [0045] 16 焊接衬垫
- [0046] RG 根部间隙
- [0047] 141 第一沟槽
- [0048] 151 第二沟槽
- [0049] 161 第一凹陷部
- [0050] 162 第二凹陷部
- [0051] WB 焊缝
- [0052] WBP 渗透部
- [0053] n 法线
- [0054] 24 混粉装置
- [0055] 25 供粉装置
- [0056] 251 馈入管
- [0057] 2 操作焊接系统
- [0058] 21' 焊枪
- [0059] 22' 电弧焊供电装置
- [0060] 23' 气体供应装置
- [0061] HE' 高熵合金焊丝
- [0062] 11' 左母材
- [0063] 12' 右母材
- [0064] 13' 接合沟槽

具体实施方式

[0065] 为了能够更清楚地描述本发明所提出的一种以合金粉末作为焊接填料的焊接方法,以下将配合图式,详尽说明本发明的较佳实施例。

[0066] 开始说明本发明的一种以合金粉末作为焊接填料的焊接方法的执行步骤之前,必须先简单介绍焊接系统。图2显示一种焊接系统的架构图,且所述焊接系统至少包括:一焊枪21、一电弧焊供电装置22以及一气体供应装置23。接着,图3显示本发明的一种以合金粉末作为焊接填料的焊接方法的方法流程图。由图3可知,本发明的以合金粉末作为焊接填料的焊接方法(下简称本发明的焊接方法)包括7个主要步骤。本发明的焊接方法首先执行步骤S1:提供一合金粉末AP作为一焊接填料。在此,所述合金粉末AP是由多合金颗粒所组成,且该些合金颗粒的尺寸大小为微米等级。例如,该些合金颗粒的平均尺寸可以介于1-100微米。另一方面,合金粉末AP的获得方式有三种。其一是利用五种至十一种的主要金属元素制成一高熵合金的锭块、焊丝或焊条,而后再将该高熵合金的锭块、焊丝或焊条切削加工为高熵合金粉末。其二是雾化法获得,亦即利用熔融的方法先熔成合金液态,而后用水喷雾法、气喷雾法、离心雾化法或旋转电极雾化法裂解成液滴而凝固成粉末颗粒。另一种方式则是先根据焊接母材的材质决定高熵合金粉末的一元素组成,接着再基于该元素组成将至少五种金属元素的粉末混合成高熵合金复合粉末。由于这三种方式旨在获得高熵合金粉末,因此粉末内所含有的每一种主要金属元素的摩尔数与所有合金元素的总摩尔数之间具有一百分比,且该百分比必须介于5%至35%之间。高熵合金、中熵合金 (medium-entropy alloys) 及低熵合金 (low-entropy alloys) 的定义请参阅文献一与文献二,分别为“High-Entropy Alloys”, 2014, 1st edn. B. S. Murty, J. W. Yeh, S. Ranganathan, Elsevier Publisher, London, UK, pp. 13-25, 以及“High-Entropy Alloys-Fundamentals and Applications”, 2016, 1st edn. M. C. Gao, J. W. Yeh, P. K. Liaw, Y. Zhang (eds), Springer International Publishing, Cham, Switzerland, pp. 8-12。

[0067] 当然,也可以透过合金设计的方式获得中熵合金粉末AP来作接合,得到性质优良的焊道;其中,中熵合金的合金粉末AP的元素组成即三个至四个主要金属元素组成,根据前面文献的定义,中熵合金的混合熵介于1至 $1.5R$ 之间,其中 R 为气体常数。尽管如此,本发明的示范性实施例是以铁、锰、铬、镍、与铝等五种金属元素制成高熵的合金粉末AP,且该合金粉末AP的组成可以例如是以原子数比表示为 $Al_{10.3}CrFe_{1.5}MnNi_{0.5}$ 。此外,该合金粉末AP的组成也能以原子数百分比表示为 $Al_{17}Cr_{27.6}Fe_{35}Mn_{27.7}Ni_{14.3}$ 或 $Al_{10.5}CrFe_{1.5}MnNi_{0.5}$ ($Al_{11}Cr_{22.5}Fe_{33}Mn_{22.5}Ni_{11}$)。继续地参阅图2与图3,并请同时参阅图4,显示方法流程中的步骤S2与步骤S3的制程示意图。完成步骤S1之后,本发明的焊接方法接着执行步骤S2:备好一第一母材11与一第二母材12,并令该第一母材11的一第一接合面与该第二母材12的一第二接合面之间形成有一接合沟槽13。可想而知,该第一母材11与该第二母材12的种类或材质并不受限制,可以是经常需要进行焊接的钢板或碳钢。进一步地,在步骤S3中,在该接合沟槽13的两端分别连接一头端起弧件14与一尾端起弧件15,并在该接合沟槽13的底部连接一焊接衬垫16。

[0068] 图5显示第一母材与第二母材的多组侧剖视图,且图6亦显示第一母材与第二母材的多组侧剖视图。本发明并不特别限制该第一母材11的第一接合面与该第二母材12的第二接合面的形式。举例而言,图5显示第一接合面与第二接合面为相互对称的两个面,且该第一接合面的底侧与该第二接合面的底侧之间形成有一根部间隙RG。并且,图5的侧剖视图(a)显示第一接合面与第二接合面所围出的接合沟槽13具有Y字形坡口。此外,图5的侧剖视图(b)显示第一接合面与第二接合面所围出的接合沟槽13具有I字形坡口。再者,图5的侧剖

视图(c)显示第一接合面与第二接合面所围出的接合沟槽13具有X字形坡口。另一方面,图5的侧剖视图(d)显示第一接合面与第二接合面所围出的接合沟槽13具有U字形坡口。

[0069] 当然,该第一母材11的第一接合面与该第二母材12的第二接合面的形式也可以是相互非对称的两个面。例如,图6的侧剖视图(a)显示第一接合面与第二接合面所围出的接合沟槽13具有单边V形坡口。并且,图6的侧剖视图(b)显示第一接合面与第二接合面所围出的接合沟槽13具有J字形坡口。另一方面,图6的侧剖视图(c)显示第一接合面与第二接合面所围出的接合沟槽13具有K字形坡口。在本发明的示范性实施例中,令第一接合面与第二接合面所围出的接合沟槽13具有Y字形坡口(如图5的侧剖视图(a))。值得注意的是,在此Y字形坡口之中,第一接合面与第二接合面皆具有60°的倾斜角度,且该根部间隙RG的大小约2毫米。

[0070] 继续地参阅图2与图3,并请同时参阅图7,显示第一母材、第二母材、头端起弧件、与尾端起弧件的立体图。如图所示,头端起弧件14是结合至该接合沟槽13的一端;并且,头端起弧件14之上也可以对应地设有一第一沟槽141以对应于该接合沟槽13。另一方面,尾端起弧件15则结合至该接合沟槽13的另一端;同样地,尾端起弧件15之上也可以对应地设有一第二沟槽151以对应于该接合沟槽13。请再继续参阅图8与图9,其中图8显示第一母材、第二母材、与焊接衬垫的立体图,且图9显示第一母材、第二母材、与焊接衬垫的侧剖视图。完成步骤S3之后,焊接衬垫16便被结合至该接合沟槽13的底部。值得注意的是,图8显示该焊接衬垫16的表面上形成有彼此相互对称的第一凹陷部161与第二凹陷部162。然而,图9进一步地显示,在一些不同应用中,焊接衬垫16的表面上也可以形成有彼此为非对称的第一凹陷部161与第二凹陷部162。

[0071] 继续地参阅图2与图3。完成步骤S3之后,本发明的焊接方法接着执行步骤S4:将该合金粉末AP填入该接合沟槽13内。由于接合沟槽13的底部连接有焊接衬垫16,因此填入接合沟槽13内的合金粉末AP必定会覆盖该焊接衬垫16的表面。接着,在步骤S5之中,操作焊接系统2的一焊枪21在该头端起弧件14处点燃电弧,接着令该焊枪21沿着该接合沟槽13直线移动至该尾端起弧件15处。如此操作,电弧的高热便会将部分的第一母材11的第一接合面、部分的第二母材12的第二接合面、以及合金粉末AP熔融,而后形成熔池在该接合沟槽13之中,且熔池冷却之后便形成焊缝(Weld bead)WB。当本发明的焊接方法的步骤流程执行至此,一根部焊道(Root pass)即形成于接合沟槽13的底部。特别值得一提的是,粉末的填入可以不是一次覆盖接合沟槽13中,可采用一自动供粉机使粉末的填入保持在焊枪21位置的前缘,随时可让焊枪21在前进时有新的粉末供其熔化。此外,也可以将粉末包入薄金属管中(以部分组成元素做成,如薄铁管),做成包心焊线,经过送线机直接由焊枪21枪口输出产生电弧并受热熔化,熔融金属直接填入接合沟槽13中而形成焊道。

[0072] 继续地,本发明的焊接方法接着执行步骤S6:再次地将该合金粉末AP填入该接合沟槽13,并重复执行该步骤S5。并且,此焊接方法进一步地执行步骤S7:重复执行该步骤S6,直至该接合沟槽13已经完全由焊缝WB所填满。值得特别说明的是,执行该步骤S6与该步骤S7之前,可先将该焊接衬垫16移除,主要原因是该接合沟槽13的底部已经形成有所谓的根部焊道。当然,在焊接衬垫16没有被移除的情况下,仍旧可以接着执行步骤S6与步骤S7。图10显示第一母材、第二母材、焊缝、与焊接衬垫的立体图。如图8与图10所示,由于焊接衬垫16的表面上形成有第一凹陷部161与第二凹陷部162,因此当该步骤S5完成之后,该焊缝WB

会有一渗透部WBP位于该接合沟槽13的底部与该二凹陷部(161,162)之间。由此可知,利用本发明的焊接方法只需要在第一母材11与第二母材12的表面完成焊接程序,便可以形成良好的焊缝WB以接合两片母材,过程中并不需要再接着对第一母材11与第二母材12的底面进行背面清根(back gouging)处理而后在两片母材的底面再进行重复性焊接程序。

[0073] 虽然图5与图6揭示第一母材11与第二母材12之间的接合沟槽13具有根部间隙RG,但并不是限制实务上接合沟槽13一定要具有根部间隙RG的设计。图11与图12皆显示第一母材与第二母材的侧剖视图。在图11中,第一母材11的第一接合面与第二母材12的第二接合面为相互对称的两个面。另一方面,在图12中,第一母材11的第一接合面与第二母材12的第二接合面为非对称的两个面。值得注意的是,图11与图12皆显示形成于第一接合面与第二接合面之间的该接合沟槽13不具有根部间隙RG。在此,必须特别强调的是,即使接合沟槽13不具有根部间隙RG的设计,当该步骤S5完成之后,焊缝WB还是会有渗透部WBP位于接合沟槽13的底部与该焊接衬垫16的二凹陷部(161,162)之间。主要原因在于,进行电弧焊时,高热会将部分的第一母材11、部分的第二母材12、以及合金粉末AP同时熔融。

[0074] 继续参阅图13,显示第一母材、头端起弧件、尾端起弧件、与焊枪的侧视图。必须补充说明的是,执行该步骤S5之时,可令焊枪21具有范围介于 20° 至 45° 之间的一倾斜角度;或者,令焊枪21与一法线n之间具有范围介于 70° 至 45° 之间的一夹角,其中此夹角称为拖曳角(trailing angle)。另一方面,本发明的焊接方法主要是利用电弧焊完成焊接制程,而可以应用于本发明之中的电弧焊技术包括:潜弧焊(Submerged arc welding,SAW)、金属极电弧焊(Metal arc welding,MAW)、惰气金属极电弧焊(Gas metal arc welding,GMAW)、惰气钨极电弧焊(Gas tungsten arc welding,GTAW)、原子氢电弧焊(Atomic-hydrogen arc welding,AHW)、与碳极电弧焊(Carbon arcwelding,CAW)。图2显示的焊接系统即为惰气钨极电弧焊(GTAW),该焊枪21为一TIG焊枪(Tungsten inert gas welding torch);并且,执行该步骤S5时,一气体供应装置23透过该焊枪21提供一保护气体至该接合沟槽13,以利用该保护气体在该合金粉末AP被电弧熔融之时防止熔融态的该合金粉末AP被氧化。

[0075] 继续地参阅图14,显示一种焊接系统的架构图。为了利于应用本发明的焊接方法完成第一母材11与第二母材12的焊接制程,可利用一混粉装置24完成步骤S1,以将五种至十一种的主要金属元素的粉末混合成所述合金粉末AP。进一步地,在步骤S4之中,可使用供粉装置25(例如喷枪或供粉管)将合金粉末AP注入该接合沟槽13内。请同时参阅图15与图16,显示第一母材、第二母材与接合沟槽的侧视图。其中,图15显示第一母材11与第二母材12为垂直接合,且第一母材11的第一接合面与第二母材12的第二接合面为非对称的两个面。另一方面,在图16中,第一母材11与第二母材12也是垂直接合,但第一母材11的第一接合面与第二母材12的第二接合面为相互对称的两个面。由图14、图15与图16可以推知,即使第一母材11与第二母材12为垂直接合,只要适当地调整或变更供粉装置25的馈入管251的角度或形状,仍然可以利用供粉装置25顺利地将合金粉末AP注入接合沟槽13内。也就是说,即使第一母材11与第二母材12之间是采用非标准接合设计(亦即,非水平接合),本发明的焊接方法仍旧可以达成第一母材11与第二母材12之间的完美焊接。

[0076] 如此,上述已完整且清楚地说明本发明的一种以合金粉末作为焊接填料的焊接方法;并且,经由上述可知本发明具有下列优点:

[0077] (1) 不同于现有技术通常以合金焊丝作为焊接填料,本发明提出以合金粉末作为

焊接填料的焊接方法。本发明是基于适当比例将至少五种金属元素的粉末混合成一高熵合金粉末以作为焊接填料,接着将该高熵合金粉末填入位于两个母材之间的一接合沟槽之中。继续地,利用电弧焊技术在该接合沟槽之中完成初次焊接(根部焊)之后,再重复性地执行填入高熵合金粉末以及焊接的动作,直到焊缝达到预定的长度与厚度为止。由于本发明以高熵合金粉末作为焊接填料,因此形成在两个母材之间的焊缝具有细致的超细组织,同时也提升比强度、断裂阻抗、抗拉强度、及抗腐蚀与抗氧化能力等特性。

[0078] (2) 另一方面,配合供粉装置(例如喷枪或供粉管)的使用,即使两个母材之间采用非标准接合设计(亦即,非水平接合),本发明的焊接方法仍旧可以达成将两个母材完美接合。

[0079] 必须加以强调的是,上述的详细说明是针对本发明可行实施例的具体说明,惟该实施例并非用以限制本发明的专利范围,凡未脱离本发明技艺精神所为的等效实施或变更,均应包含于本案的专利范围中。

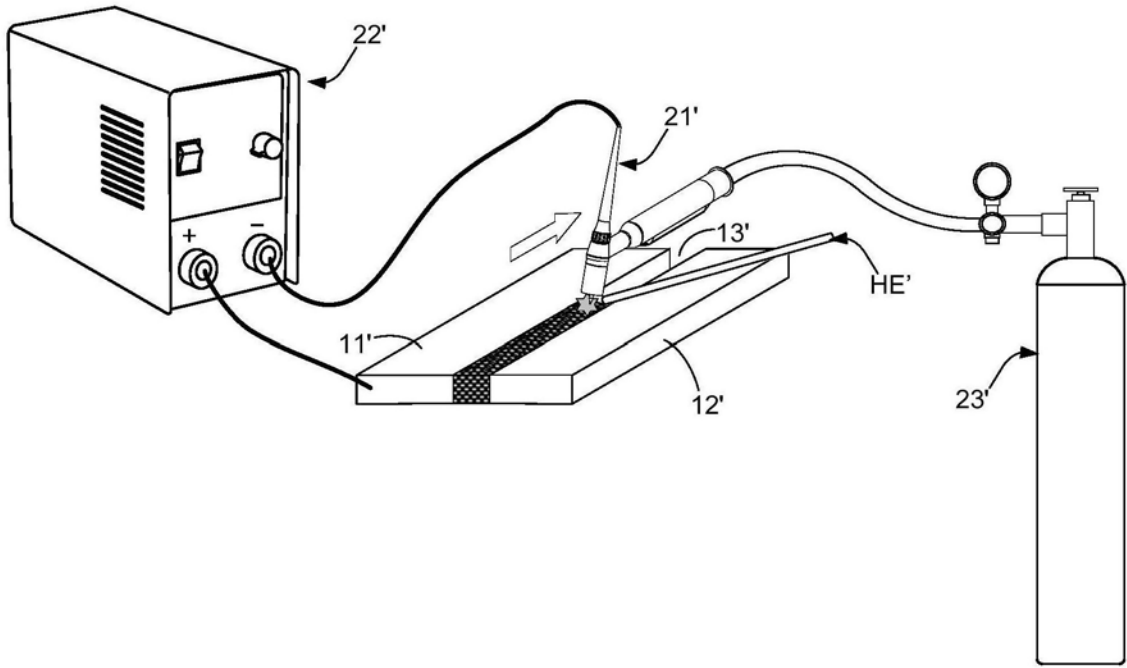


图1

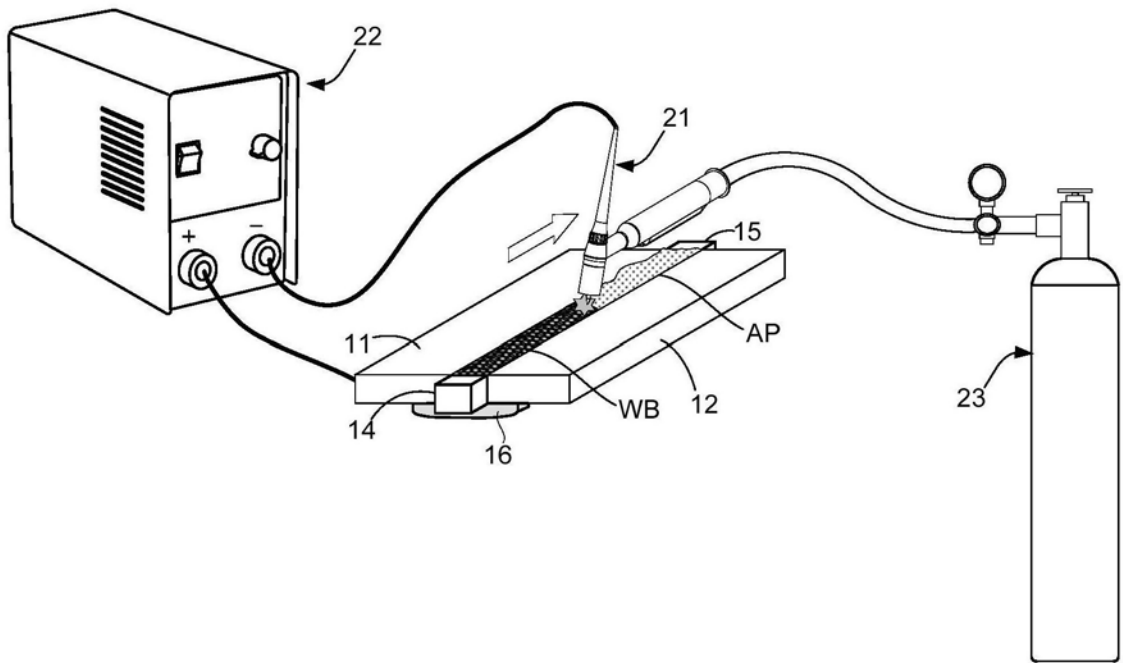


图2

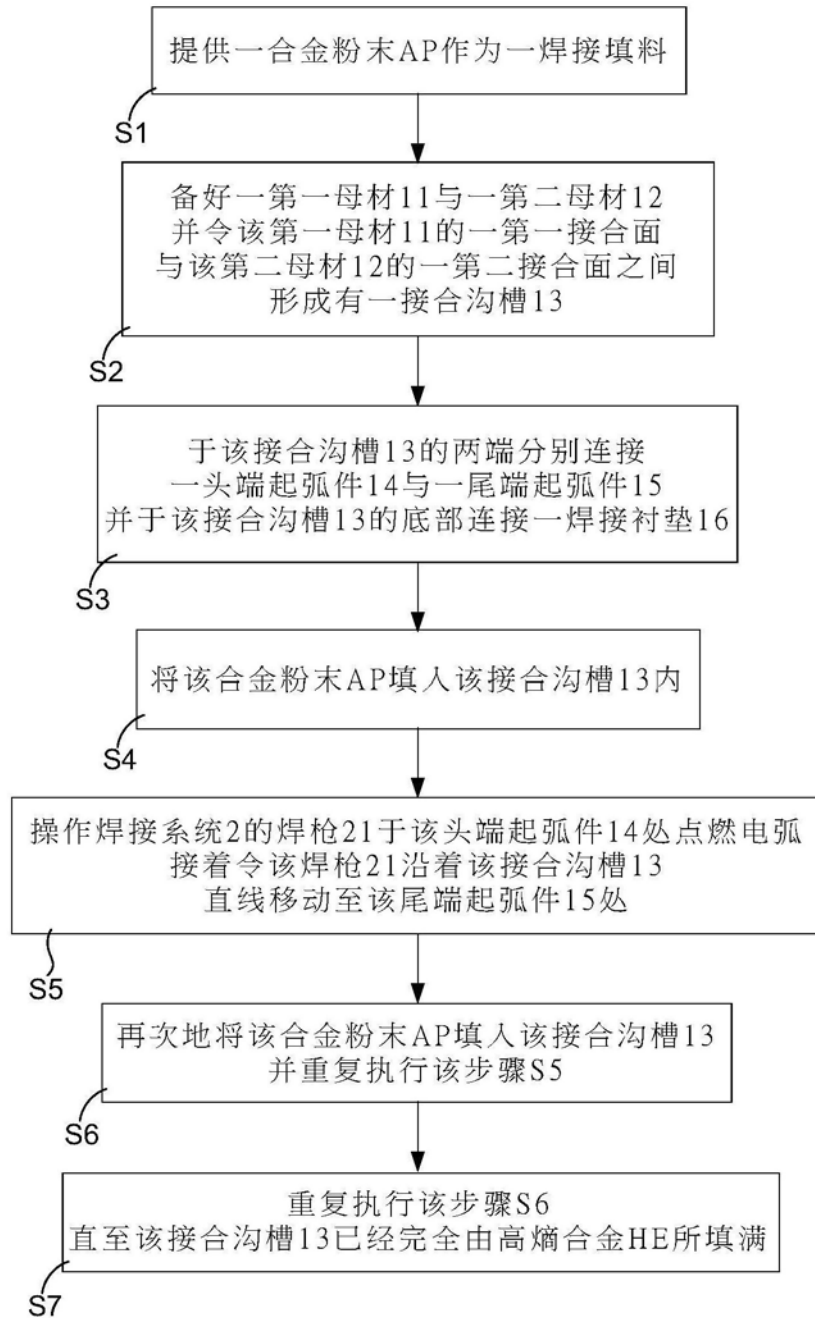


图3

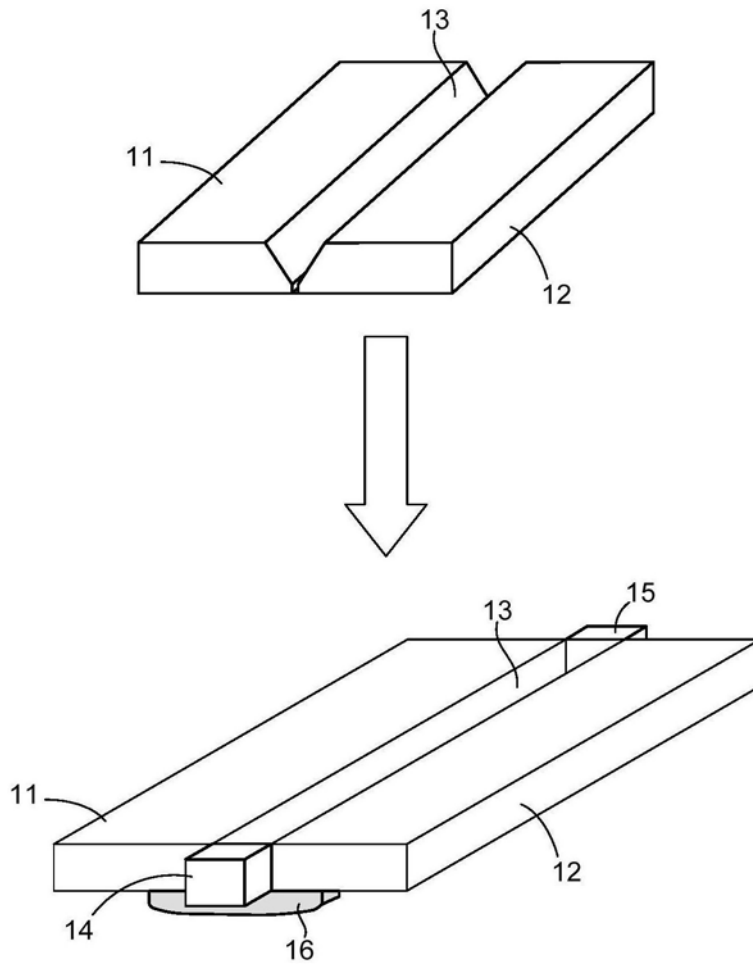


图4

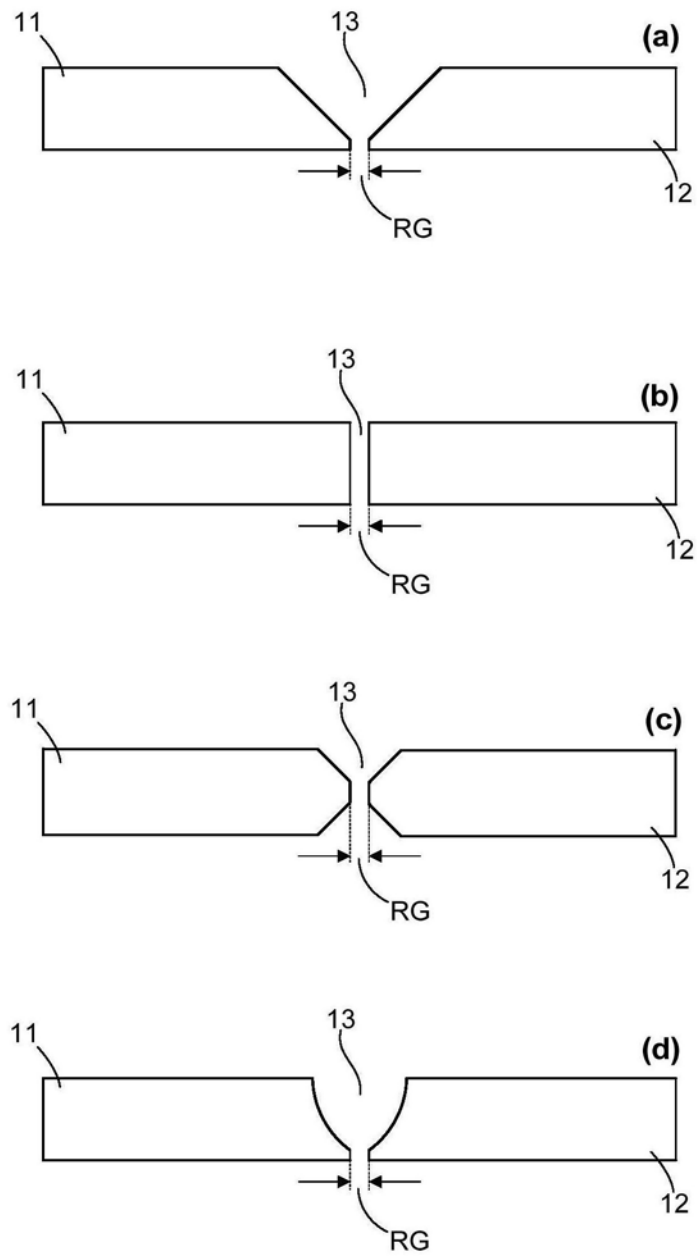


图5

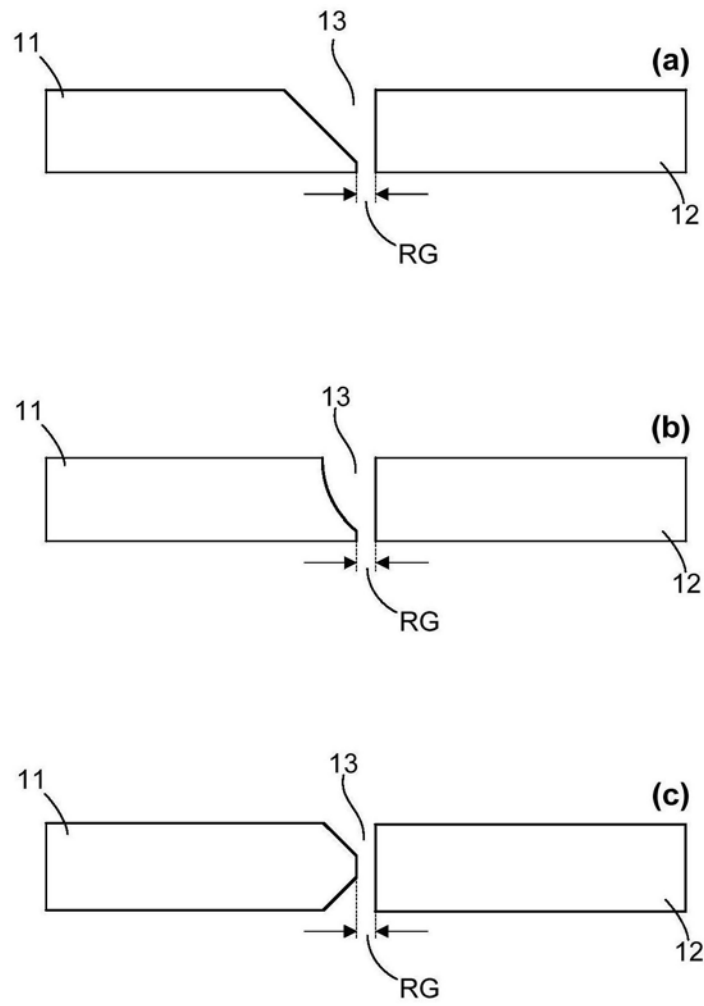


图6

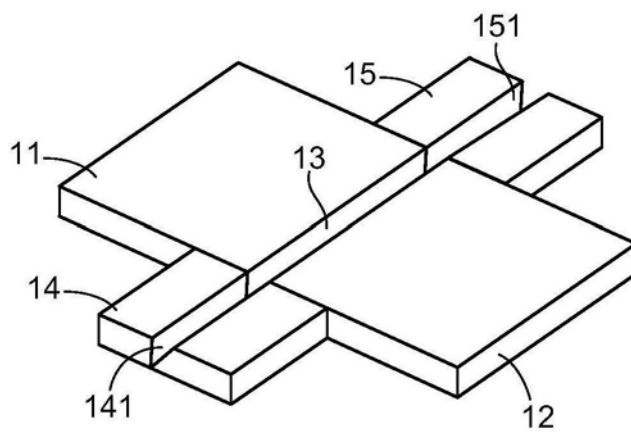


图7

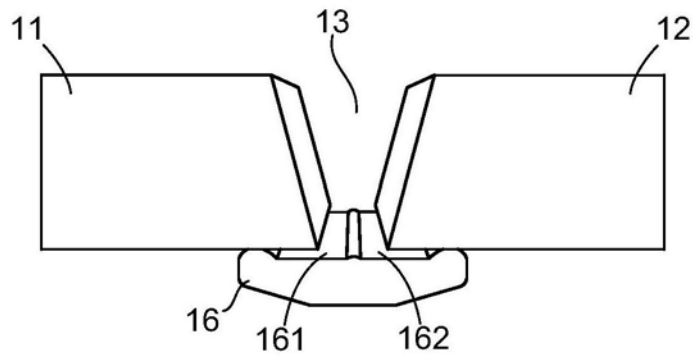


图8

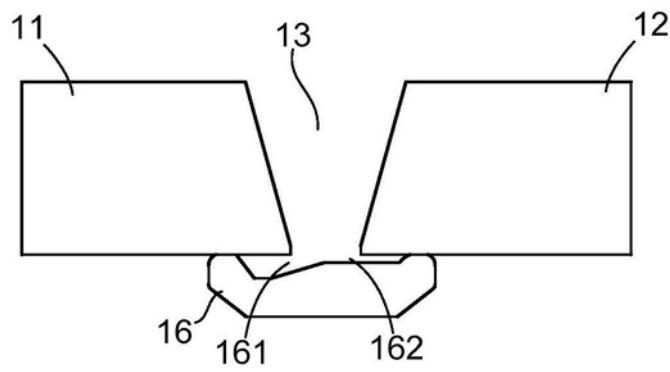


图9

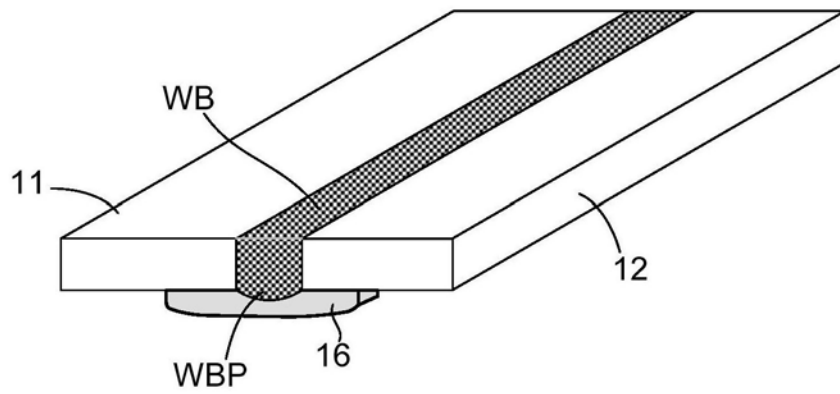


图10

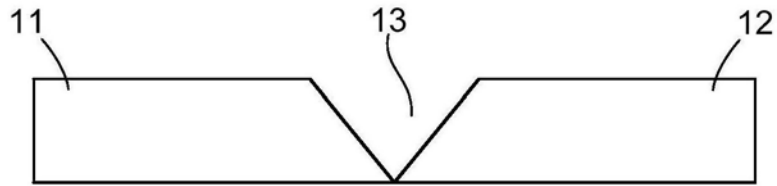


图11

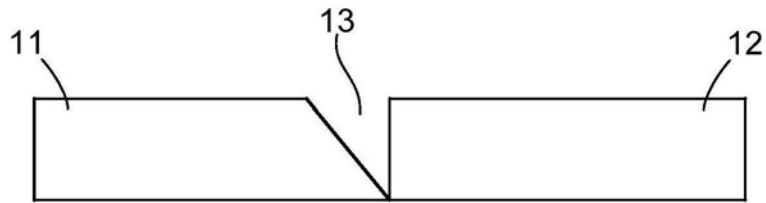


图12

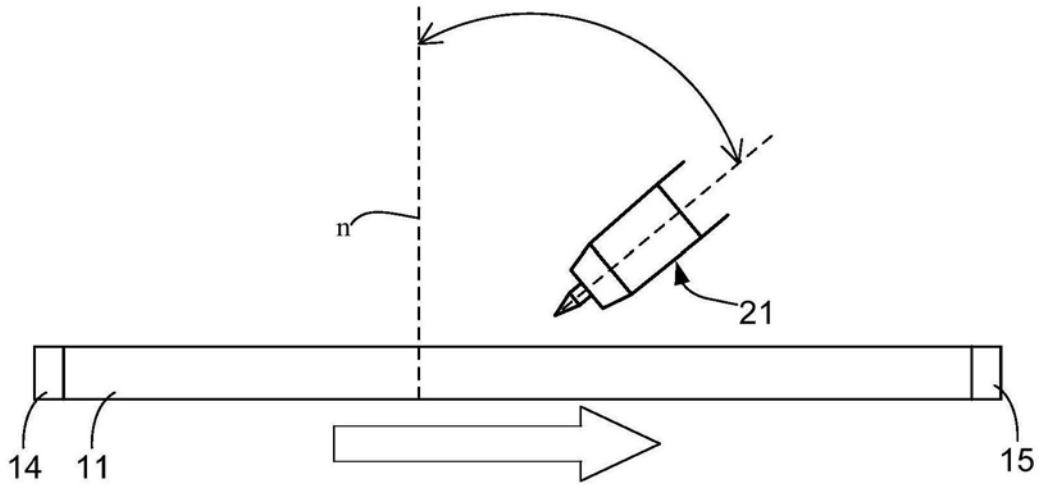


图13

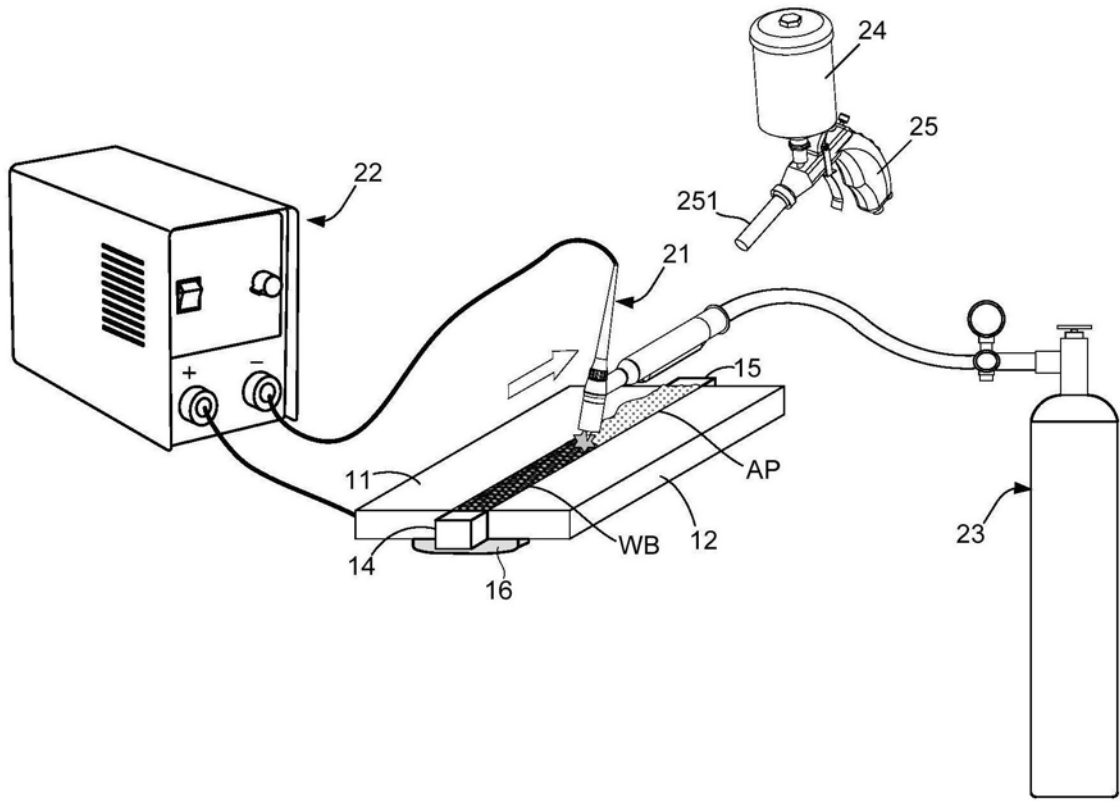


图14

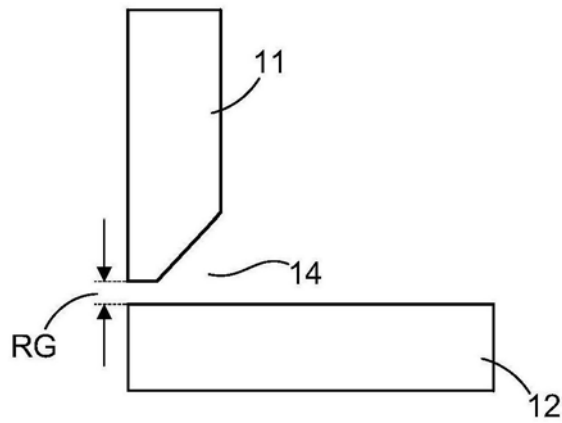


图15

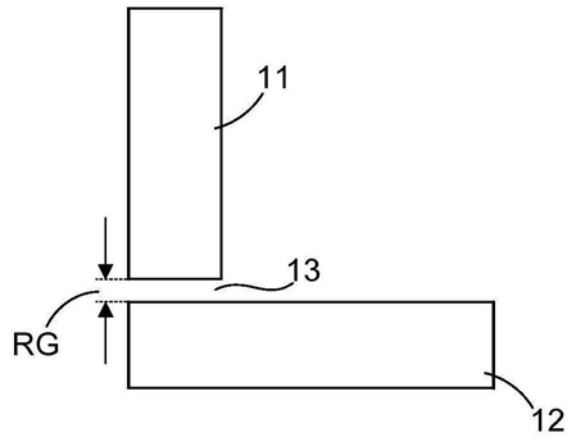


图16