



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104985303 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201510446253. 6

(22) 申请日 2015. 07. 27

(71) 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 雷正龙 杨雨禾 陈彦宾 张可召

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109

代理人 侯静

(51) Int. Cl.

B23K 9/167(2006. 01)

B23K 9/02(2006. 01)

B23K 9/235(2006. 01)

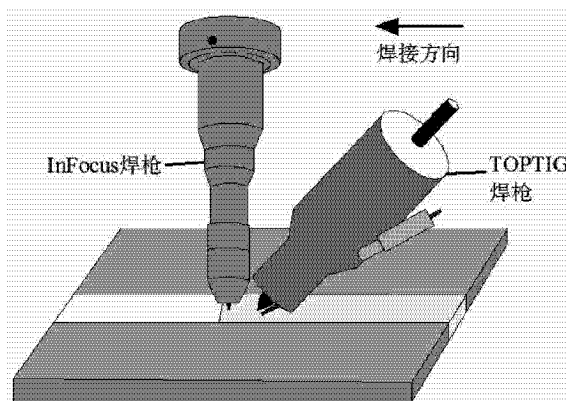
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法

(57) 摘要

一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法, 它涉及一种焊接方法。本发明的方法为: 一、将待焊工件表面进行打磨或清洗; 二、设置焊接参数: 焊丝与钨极延长线的夹角在 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$, 送丝速度为 $50 \sim 600\text{mm}/\text{min}$, 焊接速度为 $50 \sim 1000\text{mm}/\text{min}$, 保护气采用 Ar 气, 流量为 $15 \sim 30\text{L}/\text{min}$; 三、采用机器人集成系统控制焊接工艺参数, 在电弧稳定 $1 \sim 2\text{s}$ 后, TOPTIG 起弧, 再向熔丝区域送给焊丝, 最后控制机器人使焊枪共同运动完成焊接过程。本发明的 InFocus-TOPTIG 复合焊接头端部体积尺寸可进一步缩小, 减少了定位变量, 可以提高定位精确度和稳定性, 保证焊接精度和稳定性, 提高焊缝质量。



1. 一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法,其特征在于它是按照以下步骤进行的:

一、焊接前,将待焊工件表面进行打磨或清洗,将打磨或清洗后的待焊工件固定在焊接工装夹具上;

二、将 InFocus 焊枪与 TOPTIG 焊枪共同作用于被焊接区域,调整 TOPTIG 焊枪与竖直方向夹角至 $25^{\circ} \sim 55^{\circ}$,保持 InFocus 焊枪的轴线与待焊工件垂直设置,调整 InFocus 电极端部与 TOPTIG 钨极端部之间距离为 $2 \sim 3\text{mm}$,设置 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接的焊接参数:焊丝与钨极延长线的夹角在 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$,送丝速度为 $50 \sim 600\text{mm}/\text{min}$,焊接速度为 $50 \sim 1000\text{mm}/\text{min}$,保护气采用 Ar 气,流量为 $15 \sim 30\text{L}/\text{min}$;

三、采用机器人集成系统控制焊接工艺参数,首先 InFocus 高频起弧,在电弧稳定 $1 \sim 2\text{S}$ 后,TOPTIG 起弧,再向熔池区域送给焊丝,最后控制机器人使焊枪共同运动完成焊接过程。

2. 根据权利要求 1 所述的一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法,其特征在于所述的 TOPTIG 焊的焊丝熔化的熔滴过渡形式分为连续接触过渡和滴状过渡。

3. 根据权利要求 1 所述的一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法,其特征在于步骤二中的焊接参数:焊丝与钨极延长线的夹角在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$,送丝速度为 $100 \sim 600\text{mm}/\text{min}$,焊接速度为 $100 \sim 1000\text{mm}/\text{min}$,保护气采用 Ar 气,流量为 $15 \sim 30\text{L}/\text{min}$ 。

4. 根据权利要求 3 所述的一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法,其特征在于步骤二中的焊接参数:焊丝与钨极延长线的夹角在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$,送丝速度为 $200 \sim 600\text{mm}/\text{min}$,焊接速度为 $300 \sim 1000\text{mm}/\text{min}$,保护气采用 Ar 气,流量为 $15 \sim 30\text{L}/\text{min}$ 。

5. 根据权利要求 4 所述的一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法,其特征在于步骤二中的焊接参数:焊丝与钨极延长线的夹角在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$,送丝速度为 $300 \sim 600\text{mm}/\text{min}$,焊接速度为 $500 \sim 1000\text{mm}/\text{min}$,保护气采用 Ar 气,流量为 $15 \sim 30\text{L}/\text{min}$ 。

6. 根据权利要求 5 所述的一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法,其特征在于步骤二中的焊接参数:焊丝与钨极延长线的夹角在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$,送丝速度为 $400 \sim 600\text{mm}/\text{min}$,焊接速度为 $700 \sim 1000\text{mm}/\text{min}$,保护气采用 Ar 气,流量为 $15 \sim 30\text{L}/\text{min}$ 。

7. 根据权利要求 6 所述的一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法,其特征在于步骤二中的焊接参数:焊丝与钨极延长线的夹角在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$,送丝速度为 $500 \sim 600\text{mm}/\text{min}$,焊接速度为 $900 \sim 1000\text{mm}/\text{min}$,保护气采用 Ar 气,流量为 $15 \sim 30\text{L}/\text{min}$ 。

8. 根据权利要求 1 所述的一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法,其特征在于步骤二中所所述的调整 TOPTIG 焊枪与竖直方向夹角至 $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。

9. 根据权利要求 8 所述的一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法,其特征在于步骤二中所所述的调整 TOPTIG 焊枪与竖直方向夹角至 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。

10. 根据权利要求 9 所述的一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法,其特征在于步骤二中所所述的调整 TOPTIG 焊枪与竖直方向夹角至 $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 。

一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法

技术领域

[0001] 本发明提出一种新的焊接方法,一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法,属于材料加工工程领域。

背景技术

[0002] 在现代焊接技术中,质量、效率、低成本是焊接工业生产中的重要指标,并且随着航天、航空事业、交通运输、海洋工程等的快速发展,每年需要大量的焊接工作量。对于高质量高效低成本的焊接方法提出了更高的要求。采用复合热源的焊接方法成为了目前、解决这一问题的主要方法。

[0003] 作为激光-电弧复合焊接的一种重要形式,对于薄板,一般应用激光-TIG 电弧复合焊接,专利 201410385202.2、03134043.1 针对激光-TIG 电弧复合提出了特点的焊接方案。但是,在激光-TIG 电弧复合焊接过程中,由于装配不可避免的存在间隙、错边等问题,一般采用激光-TIG 电弧复合填丝的焊接方法进行焊接,尤其是随着板厚增加,都必须采用激光-TIG 电弧复合填丝的焊接方法。

[0004] 在激光-TIG 电弧复合填丝焊接过程中,存在以下问题:

[0005] 1、TIG 焊枪和送丝装置固定在激光头上,焊枪端部体积大、定位可靠性差,限制了机器人的灵活性和可达性;

[0006] 2、钨极和送丝嘴的位置十分敏感,使得焊丝的送给角度和位置对熔滴形成和长大影响较大,从而影响焊件过程的稳定性;

[0007] 3、当焊接方向改变时,焊枪方向需要借助机器人的第六轴来控制,对于复杂的工件,还得增加一个转轴(第七轴)。

[0008] 专利 201410255666.1 提出了一种激光-TOPTIG 复合焊接的方法,有效的解决了激光-TIG 电弧复合填丝焊接过程中的上述问题,但是仍然存在以下问题:

[0009] 1、焊接厚度超过 4mm 的板时,则需要激光功率较大,对激光器功率要求较高,提高了焊接成本;

[0010] 2、在激光-TOPTIG 复合焊接中,虽然相比于激光-TIG 电弧复合填丝降低了装配精度,但是由于采用了激光引导的焊接方式,其装配精度要求相比于电弧焊接仍然较高。

发明内容

[0011] 本发明的目的是针对上述存在的问题,提出一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法。

[0012] 本发明的一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法,它是按照以下步骤进行的:

[0013] 一、焊接前,将待焊工件表面进行打磨或清洗,将打磨或清洗后的待焊工件固定在焊接工装夹具上;

[0014] 二、将 InFocus 焊枪与 TOPTIG 焊枪共同作用于被焊接区域,调整 TOPTIG 焊枪与竖直方向夹角至 $25^{\circ} \sim 55^{\circ}$,保持 InFocus 焊枪的轴线与待焊工件垂直设置,调整 InFocus

电极端部与 TOPTIG 钨极端部之间距离为 2 ~ 3mm, 设置 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接的焊接参数: 焊丝与钨极延长线的夹角在 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$, 送丝速度为 50 ~ 600mm/min, 焊接速度为 50 ~ 1000mm/min, 保护气采用 Ar 气, 流量为 15 ~ 30L/min;

[0015] 三、采用机器人集成系统控制焊接工艺参数, 首先 InFocus 高频起弧, 在电弧稳定 1 ~ 2S 后, TOPTIG 起弧, 再向熔池区域送给焊丝, 最后控制机器人使焊枪共同运动完成焊接过程。

[0016] InFocus 技术是一种利用特殊材料设计制成的阴极, 并且对阴极充分冷却, 使电弧高度聚集于电极尖端, 极大的提高了能量密度, 电弧稳定性和电弧压力。InFocus 技术与传统的 TIG 焊相比具有明显的优势, 尤其在于: (1) 低投入, 相比等离子弧焊、激光焊接, 其设备成本大幅降低; (2) 对装配要求低; (3) 应用广泛, 可适用于各种材料焊接, 焊接参数可识别性好; (3) 焊接烟尘小, 飞溅小; (4) 保护需求与 TIG 一致; (5) 加工稳定性和可重复性好。

[0017] InFocus 电弧受到机械压缩并优化了阴极冷却设计, 使其具有以下优点: (1) 电弧能量高度集中, 能量利用率提高, 电流峰值高达 1000A, 可进行匙孔焊接, 焊接熔深显著增加, 深宽比加大, 显著提高了生产效率; (2) 电弧等离子体体积减小, 气体保护效果更好; (3) 无磁偏吹 (4) InFocus 焊枪设计科学, 经久耐用, 耗材更换简单, 且更易实现机械化和自动化。

[0018] InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法是利用 InFocus 焊接技术和 TOPTIG 焊接技术两种不同热源共同作用在同一区域形成熔池的新的焊接方法, 其中, InFocus 焊的核心特点是电弧受到机械压缩并优化了阴极冷却设计, 电弧能量高度集中, 能量利用率提高, 电流峰值高达 1000A, 焊接效果类似激光匙孔焊接, 焊接熔深显著增加, 深宽比加大显著提高了生产效率, 而成本相较于激光焊接有了大幅度降低;

[0019] 其中, InFocus 焊的核心特点是电弧受到机械压缩并优化了阴极冷却设计, 电弧能量高度集中, 能量利用率提高, 电流峰值高达 1000A, 焊接效果类似激光匙孔焊接, 焊接熔深显著增加, 深宽比加大显著提高了生产效率, 而成本相较于激光焊接有了大幅度降低;

[0020] TOPTIG 焊的核心特点是送丝嘴和焊枪一体化集成设计并通过特制的夹具与 InFocus 焊枪固定在一起, 焊丝以 20° 通过气体喷嘴送入到钨极端部的下方, 事实上, 焊丝与电极锥体平行, 这样焊丝穿过电弧中最热的区域从而获得很高的熔敷效率。InFocus 电极端部、TOPTIG 钨极端部和焊丝端部延长线相交于一点, 共同作用形成熔池。

[0021] InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法相比于激光-TOPTIG 复合焊的优点表现为以下几点:

[0022] 1、InFocus 焊枪设计小巧, InFocus-TOPTIG 复合焊接头端部体积尺寸可进一步缩小, 减少了定位变量, 可以提高定位精确度和稳定性, 保证焊接精度和稳定性, 提高焊缝质量;

[0023] 2、InFocus 电弧能量高度集中, 焊接效果类似激光匙孔焊接, 焊接熔深显著增加, 深宽比加大, 显著提高了生产效率, 在一定程度上可代替激光焊接, 而成本相较于激光焊接有了大幅度降低; ;

[0024] 3、InFocus-TOPTIG 复合焊接是一种双电弧的复合焊接方法, 对于装配精度要求可以进一步放宽, 降低了装配成本;

[0025] 根据 TOPTIG 焊的焊丝熔化的熔滴过渡形式分为连续接触过渡和滴状过渡两种形

式, InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接的熔滴过渡形式也可以根据送丝速度不同分为如下两种:

[0026] 1、送丝速度较大时的连续接触过渡, 这是送丝速度和熔化速度达到平衡时在焊丝熔化的金属和熔池之间形成的连续接触的熔滴过渡形式。其过程为, 在双电弧稳定共同作用下焊丝端部的熔化金属和熔池接触, 持续接触建立起金属桥, 熔化的金属以金属桥的形式持续过渡, 当送丝速度减小时, 液态金属桥形成颈缩, 当停止送丝时, 液态金属桥发生断裂。此种过渡形式下, 焊丝过程稳定, 熔覆率高, 焊接速度快且焊缝成形均匀一致, 适合于所有的普通熔焊和钎焊焊丝的高速焊接。

[0027] 2、送丝速度较小时的滴状过渡, 这是与 MIG 焊接过程中的短弧长亚射流过渡类似。焊丝熔化形成熔滴, 随着焊丝送进熔滴长大并与熔池接触, 形成液态金属小桥颈缩, 当颈缩断开焊丝继续熔化, 形成一个个熔滴, 当焊接过程结束后, 熔滴停留在焊丝端部。此种过渡形式下的熔滴对熔池产生持续的冲击力使得熔池产生振荡, 可以减少气孔的缺陷, 焊缝较宽且均匀一致, 可用于小电流和低送丝速度的焊接。

附图说明

[0028] 图 1 为本发明的 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法示意图;

[0029] 图 2 为激光-TOPTIG 复合焊接铝合金焊缝表面形成图;

[0030] 图 3 为激光-TOPTIG 复合焊接铝合金焊缝纵截面金相图;

[0031] 图 4 为激光-TOPTIG 复合焊接铝合金焊缝纵截面图;

[0032] 图 5 为 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接铝合金焊缝表面形成图;

[0033] 图 6 为 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接铝合金焊缝纵截面金相图;

[0034] 图 7 为 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接铝合金焊缝纵截面图。

具体实施方式

[0035] 具体实施方式一: 本实施方式的一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法, 它是按照以下步骤进行的:

[0036] 一、焊接前, 将待焊工件表面进行打磨或清洗, 将打磨或清洗后的待焊工件固定在焊接工装夹具上;

[0037] 二、将 InFocus 焊枪与 TOPTIG 焊枪共同作用于被焊接区域, 调整 TOPTIG 焊枪与竖直方向夹角至 $25^{\circ} \sim 55^{\circ}$, 保持 InFocus 焊枪的轴线与待焊工件垂直设置, 调整 InFocus 电极端部与 TOPTIG 钨极端部之间距离为 $2 \sim 3\text{mm}$, 设置 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接的焊接参数: 焊丝与钨极延长线的夹角在 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$, 送丝速度为 $50 \sim 600\text{mm}/\text{min}$, 焊接速度为 $50 \sim 1000\text{mm}/\text{min}$, 保护气采用 Ar 气, 流量为 $15 \sim 30\text{L}/\text{min}$;

[0038] 三、采用机器人集成系统控制焊接工艺参数, 首先 InFocus 高频起弧, 在电弧稳定 $1 \sim 2\text{S}$ 后, TOPTIG 起弧, 再向熔池区域送给焊丝, 最后控制机器人使焊枪共同运动完成焊接过程。

[0039] 本实施方式在 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接时, InFocus 焊枪采用 Kjellberg 公司生产的 InFocus1000A 型号的焊机, 在焊接时可根据板的厚度调节焊接电流的大小; TOPTIG 焊接采用 SAF 公司生产的 TOPTIG 焊机。

[0040] 具体实施方式二：本实施方式与具体实施方式一不同的是：所述的 TOPTIG 焊的焊丝熔化的熔滴过渡形式分为连续接触过渡和滴状过渡。其它与具体实施方式一相同。

[0041] 具体实施方式三：本实施方式与具体实施方式一不同的是：步骤二中的焊接参数：焊丝与钨极延长线的夹角在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，送丝速度为 $100 \sim 600\text{mm}/\text{min}$ ，焊接速度为 $100 \sim 1000\text{mm}/\text{min}$ ，保护气采用 Ar 气，流量为 $15 \sim 30\text{L}/\text{min}$ 。其它与具体实施方式一相同。

[0042] 具体实施方式四：本实施方式与具体实施方式一不同的是：步骤二中的焊接参数：焊丝与钨极延长线的夹角在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，送丝速度为 $200 \sim 600\text{mm}/\text{min}$ ，焊接速度为 $300 \sim 1000\text{mm}/\text{min}$ ，保护气采用 Ar 气，流量为 $15 \sim 30\text{L}/\text{min}$ 。其它与具体实施方式一相同。

[0043] 具体实施方式五：本实施方式与具体实施方式一不同的是：步骤二中的焊接参数：焊丝与钨极延长线的夹角在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，送丝速度为 $300 \sim 600\text{mm}/\text{min}$ ，焊接速度为 $500 \sim 1000\text{mm}/\text{min}$ ，保护气采用 Ar 气，流量为 $15 \sim 30\text{L}/\text{min}$ 。其它与具体实施方式一相同。

[0044] 具体实施方式六：本实施方式与具体实施方式一不同的是：步骤二中的焊接参数：焊丝与钨极延长线的夹角在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，送丝速度为 $400 \sim 600\text{mm}/\text{min}$ ，焊接速度为 $700 \sim 1000\text{mm}/\text{min}$ ，保护气采用 Ar 气，流量为 $15 \sim 30\text{L}/\text{min}$ 。其它与具体实施方式一相同。

[0045] 具体实施方式七：本实施方式与具体实施方式一不同的是：步骤二中的焊接参数：焊丝与钨极延长线的夹角在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，送丝速度为 $500 \sim 600\text{mm}/\text{min}$ ，焊接速度为 $900 \sim 1000\text{mm}/\text{min}$ ，保护气采用 Ar 气，流量为 $15 \sim 30\text{L}/\text{min}$ 。其它与具体实施方式一相同。

[0046] 具体实施方式八：本实施方式与具体实施方式一不同的是：步骤二中所述的调整 TOPTIG 焊枪与竖直方向夹角至 $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。其它与具体实施方式一相同。

[0047] 具体实施方式九：本实施方式与具体实施方式一不同的是：步骤二中所述的调整 TOPTIG 焊枪与竖直方向夹角至 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。其它与具体实施方式一相同。

[0048] 具体实施方式十：本实施方式与具体实施方式一不同的是：步骤二中所述的调整 TOPTIG 焊枪与竖直方向夹角至 $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 。其它与具体实施方式一相同。

[0049] 本发明内容不仅限于上述各实施方式的内容，其中一个或几个具体实施方式的组合同样也可以实现发明的目的。

[0050] 通过以下实施例验证本发明的有益效果：

[0051] 实施例 1

[0052] 本实施例的一种 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法，是按照以下步骤进行的：

[0053] 在 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接时，InFocus 焊枪采用 Kjellberg 公司生产的 InFocus1000A 型号的焊机，在焊接时可根据板的厚度调节焊接电流的大小；TOPTIG 焊接采用 SAF 公司生产的 TOPTIG 焊机。

[0054] 在焊接中，时刻保持 InFocus 焊枪的轴线工件垂直，TOPTIG 焊枪与 InFocus 焊枪异侧复合，TOPTIG 焊枪与竖直方向夹角在 $25^{\circ} \sim 55^{\circ}$ ，保护气采用 Ar 气，流量在 $15 \sim 30\text{L}/\text{min}$ ，送丝速度在 $50 \sim 600\text{mm}/\text{min}$ ，焊丝与钨极延长线的夹角在 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，InFocus 电极端部与 TOPTIG 钨极端部之间距离为 $2 \sim 3\text{mm}$ ，焊接速度在 $50 \sim 1000\text{mm}/\text{min}$ 。在实际焊接过程中，采用机器人集成系统控制焊接工艺参数，首先 InFocus 高频起弧，然后电弧稳定 $1 \sim 2\text{S}$ 后，在 TOPTIG 起弧，并在电弧相互作用的温度最高的区域送给焊丝，使得焊丝能够迅速熔化，最后控制机器人使焊枪共同运动完成焊接过程。

[0055] 根据 TOPTIG 焊的焊丝熔化的熔滴过渡形式分为连续接触过渡和滴状过渡两种形

式, InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接的熔滴过渡形式也可以根据送丝速度不同分为如下两种:

[0056] 1、送丝速度较大时的连续接触过渡, 这是送丝速度和熔化速度达到平衡时在焊丝熔化的金属和熔池之间形成的连续接触的熔滴过渡形式。其过程为, 在双电弧稳定共同作用下焊丝端部的熔化金属和熔池接触, 持续接触建立起金属桥, 熔化的金属以金属桥的形式持续过渡, 当送丝速度减小时, 液态金属桥形成颈缩, 当停止送丝时, 液态金属桥发生断裂。此种过渡形式下, 焊丝过程稳定, 熔覆率高, 焊接速度快且焊缝成形均匀一致, 适合于所有的普通熔焊和钎焊焊丝的高速焊接。

[0057] 2、送丝速度较小时的滴状过渡, 这是与 MIG 焊接过程中的短弧长亚射流过渡类似。焊丝熔化形成熔滴, 随着焊丝送进熔滴长大并与熔池接触, 形成液态金属小桥颈缩, 当颈缩断开焊丝继续熔化, 形成一个个熔滴, 当焊接过程结束后, 熔滴停留在焊丝端部。此种过渡形式下的熔滴对熔池产生持续的冲击力使得熔池产生振荡, 可以减少气孔的缺陷, 焊缝较宽且均匀一致, 可用于小电流和低送丝速度的焊接。

[0058] 图 2 至图 7 分别为激光-TOPTIG 复合焊接方法和 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接方法焊接 5mm 2219 铝合金焊缝表面成形、宏观金相和 X 光检测结果。

[0059] 激光-TOPTIG 复合焊时, 由于铝合金激光焊接性较差, 故采用滴状过渡形式来保证焊接质量。激光功率为 3500W, 离焦量为 +2mm, 激光束与垂直方向夹角为 10° , 电弧电流为 100A, 采用交流焊接, 焊枪与垂直方向夹角为 45° , 钨极端部延长线和激光束焦点的距离为 2mm, 焊丝与垂直方向夹角为 70° , 焊接速度为 1m/min, 送丝速度为 200mm/min, 采用前进式送丝方式, 即焊丝送给方向和焊接方向相反, 这是因前送丝焊接过程中, 焊丝的熔化与过渡较后送丝稳定, 对光丝精度的要求较低。由图 2 至图 4 可以看出焊缝表面成形平整美观、均匀一致, X 光检测结果表明焊缝气孔率为 5%。

[0060] InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接时, 同样采用滴状过渡形式来保证焊接质量。TOPTIG 焊枪参数设置与激光-TOPTIG 复合焊相同。InFocus 电弧电流为 800A, 也采用交流接法。焊接速度为 1m/min。由图 5 至图 7 可以看出焊缝表面成形与激光-TOPTIG 复合焊时类似, 美观、均匀, 但焊缝上表面宽度有所增加。X 光检测结果表明焊缝气孔率为 0, 提高焊缝力学性能。这是由于 InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接时, 两种电弧均采用了交流接法, 对氧化膜的清理更为彻底, 且避免了激光焊接铝合金时容易出现气孔的问题。综上所述, InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接能够取得与激光-TOPTIG 复合焊接类似的焊接效果, 但大幅降低了焊接成本。尤其是在焊接铝合金时, InFocus-TOPTIG 双电弧复合焊接对气孔控制效果更好, 是一个具有实际应用价值的新的复合焊接新方法。

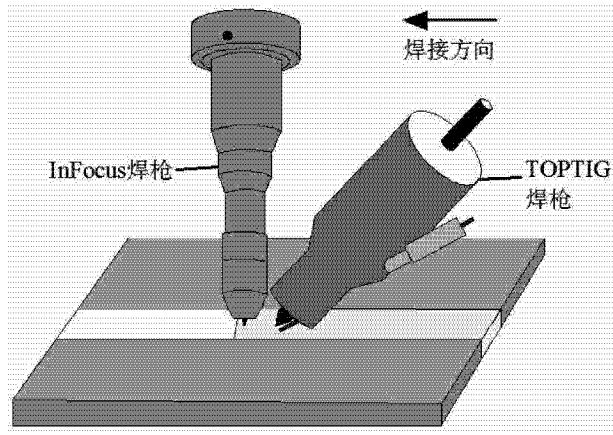


图 1

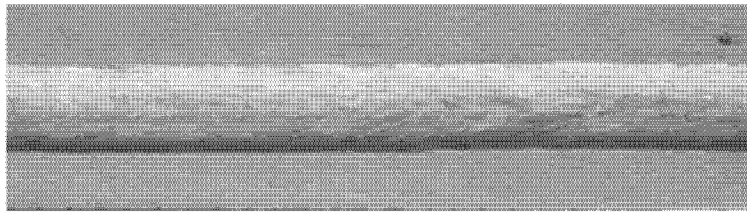


图 2

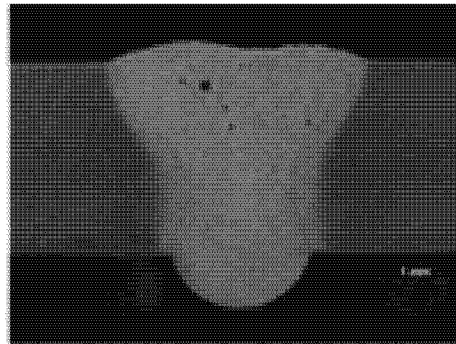


图 3

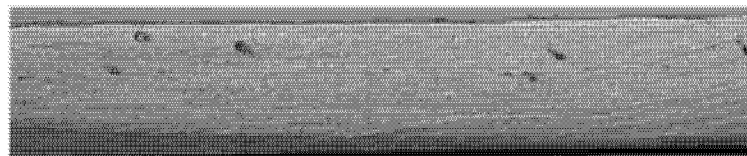


图 4

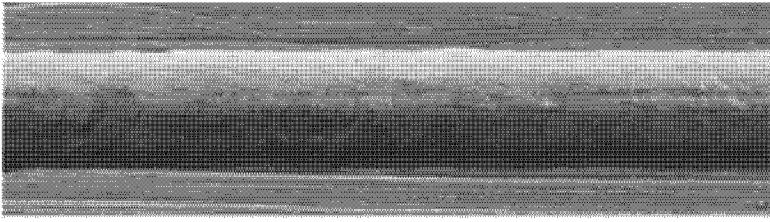


图 5

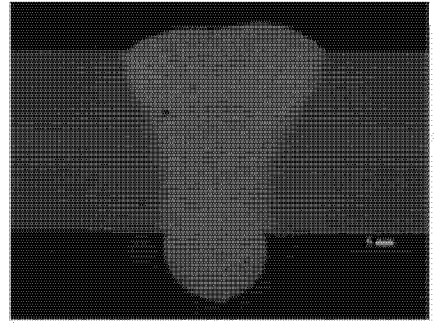


图 6

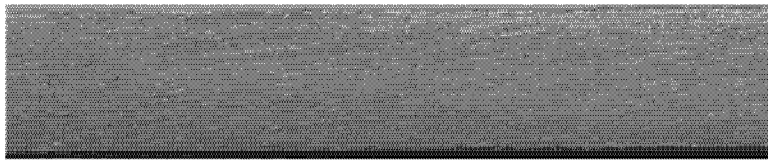


图 7