



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113231753 B

(45) 授权公告日 2023.01.03

(21) 申请号 202110710428.5

CN 111745286 A, 2020.10.09

(22) 申请日 2021.06.25

CN 104785931 A, 2015.07.22

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 101434014 A, 2009.05.20

申请公布号 CN 113231753 A

CN 109226918 A, 2019.01.18

(43) 申请公布日 2021.08.10

CN 102500873 A, 2012.06.20

(73) 专利权人 哈尔滨工程大学

CN 109317811 A, 2019.02.12

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区南
通大街145号哈尔滨工程大学科技处
知识产权办公室

CN 109940260 A, 2019.06.28

CN 102145439 A, 2011.08.10

DE 102016105927 A1, 2017.10.05

(72) 发明人 苗玉刚 刘吉 尹晨豪 李春旺
韩端锋

王超等. 采用单电源双丝旁路耦合电弧高效
GMAW方法的“碳钢-不锈钢”堆焊接头微观组织测
试与分析.《热加工工艺》.2013, (第15期),

高鹏宇等. 镀锌钢板与6061铝合金搭接搅拌
摩擦钎焊.《精密成形工程》.2018, (第02期),

封小松等. 镁/铝异种金属填充式摩擦点焊
接头特性.《焊接学报》.2013, (第11期),

(51) Int. Cl.

B23K 28/02 (2014.01)

B23P 15/00 (2006.01)

审查员 李婷

(56) 对比文件

CN 104923927 A, 2015.09.23

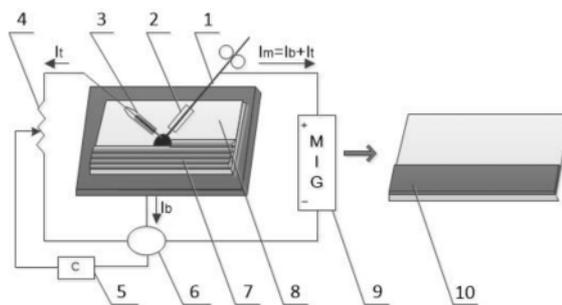
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种异种金属电弧堆焊搅拌摩擦复合焊接
方法

(57) 摘要

本发明属于异种金属电弧焊接及钎焊技术
领域,具体涉及一种异种金属电弧堆焊搅拌摩擦
复合焊接方法。本发明利用低热输入电弧焊技术
在高熔点、硬质金属表面堆焊低熔点、软质金属,
形成中间过渡层,保证焊接效率同时控制界面层
金属间化合物的厚度,有利于提高接头强度。本
发明通过搅拌摩擦焊连接软质金属板与带有中
间钎焊层的硬金属板,由于搅拌针插入软金属的
中间钎焊层而不直接插入硬金属板,解决了搅拌
针磨损严重的问题;在软金属中间钎焊层和软金
属板搅拌摩擦焊接时,轴肩和搅拌针的顶锻压力
还相当于对中间钎焊层进行辊压和热处理,降低
了中间钎焊层残余应力并减少了中间钎焊层气
孔和裂纹缺陷,进一步提高了中间钎焊层与硬金
属板界面结合强度。



CN 113231753 B

1. 一种异种金属电弧堆焊搅拌摩擦复合焊接方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:准备待焊接的硬质金属板和软质金属板,准备低热输入电弧堆焊设备和搅拌摩擦焊接设备;所述的硬质金属板的材质为硬质金属A,软质金属板的材质为软质金属B;

所述低热输入电弧堆焊设备包括MIG焊枪(2)、TIG焊枪(3)、IGBT模块(4)、控制系统(5)、电流传感器(6);

步骤2:在硬质金属板表面进行热浸镀金属C处理,硬质金属板表面的金属C镀层厚度不低于 $10\mu\text{m}$;

步骤3:对软质金属板和镀有金属C的硬质金属板进行表面清理,去除表面的油脂和污渍;

步骤4:设定焊接工艺参数,主路电流为50-80A,主路电压为14-16V,旁路电流为30-60A;

步骤5:通过低热输入电弧堆焊设备在镀有金属C的硬质金属板表面堆覆焊丝,形成一层堆焊层,堆焊层的宽度是软质金属板厚度的2倍以上,堆焊层的厚度不低于1.2mm;通过电流传感器(6)采集母材电流,通过控制系统(5)调节IGBT模块(4)来调节流经TIG焊枪(3)的旁路电流,精确控制电流分布,在保证焊丝充分熔化铺展的同时硬质金属板不融化,降低脆性金属间化合物的生成;所述的焊丝主要由软质金属B构成;

通过低热输入电弧堆焊设备在镀有金属C的硬质金属板表面堆覆焊丝时,TIG焊枪(3)与硬质金属板成 30° 且与MIG焊枪成 90° ,TIG焊枪(3)的钨极尖端最低点与硬质金属板垂直距离为4mm,TIG焊枪(3)的钨极伸出长度为4mm,TIG焊枪(3)与MIG焊枪(2)边缘水平距离为5mm,MIG焊枪(2)最低点与硬质金属板的垂直距离为9mm;

步骤6:将硬质金属板上的堆焊层铣平,铣平后硬质金属板上的堆焊层厚度在1mm左右,堆焊层的表面平整度在 $20\mu\text{m}$ 以内;

步骤7:将软质金属板布置在硬质金属板上方,并使软质金属板与硬质金属板上的堆焊层紧密接触后,通过搅拌摩擦焊接设备进行焊接,焊接时保证搅拌针插入堆焊层且不插入硬质金属板中,通过搅拌针的搅拌与轴肩的顶锻作用,使轴肩的顶锻压力和摩擦旋转的热量作用于软质金属板和堆焊层界面,实现软质金属板和硬质金属板的高强度连接。

一种异种金属电弧堆焊搅拌摩擦复合焊接方法

技术领域

[0001] 本发明属于异种金属电弧焊接及钎焊技术领域,具体涉及一种异种金属电弧堆焊搅拌摩擦复合焊接方法。

背景技术

[0002] 随着对金属工业产品技术指标(轻量、高强、耐高温、抗冲击等)要求的不断提高,将两种性能差异较大的金属(如铝-钢、镁-钢、铝-钛等)组成异种金属复合结构十分必要,这样既可降低整体重量,又可兼顾结构局部承载性能,节省材料。例如,在船舶工业中,将主船体设计为钢制船体,可满足船舶的强度和承载能力要求,将船舶上层建筑设计为铝制结构,可降低船舶重量,提高船舶营运经济性能。因此,将具有高强度、良好的抗蠕变性和可成形性的硬金属与具有低密度、良好的导热性和耐腐蚀性的软金属相结合可以充分利用两种金属的优点,实现优势互补,达到材料使用性能和经济效益的平衡,因而软/硬金属复合结构在工业领域具有巨大的应用潜力。

[0003] 近年来,随着铝-钢等异种金属复合结构的不断研制开发与应用,异种金属结构的焊接遇到很大困难,对焊接技术的要求越来越高,传统的焊接方法(如手工焊或氩弧焊等)易造成的焊接裂纹、未熔合、咬边、应力集中等严重缺陷,已难以满足异种金属焊接质量的发展需求。因此,性能存在明显差异的不同金属的焊接问题,已成为制约现阶段异种金属复合结构研制生产的“技术瓶颈”问题,开发高效、高可靠性和低成本的先进焊接技术势在必行。

[0004] 目前,爆炸焊接制备的铝-钢等异种金属焊接接头应用最为广泛,但由于爆炸引起的湍流稀疏波的相互作用,很难在过渡区实现适当的替代,同时高制造成本和大量材料浪费也限制了其潜在的应用。搅拌摩擦焊接是一种半固态焊接方法,可以在相对较低的温度下以适当的热循环进行焊接,可以降低残余应力和金属间化合物层的厚度,但在异种金属焊接方面仍然存在很大困难,如搅拌针的材料及设计、工艺优化、可靠性等问题。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于解决性能差异较大的异种金属(铝-钢、铝-钛、镁-钢等)的焊接难题,提供一种异种金属电弧堆焊搅拌摩擦复合焊接方法。

[0006] 本发明的目的通过如下技术方案来实现:包括以下步骤:

[0007] 步骤1:准备待焊接的硬质金属板和软质金属板,准备低热输入电弧堆焊设备和搅拌摩擦焊接设备;所述的硬质金属板的材质为硬质金属A,软质金属板的材质为软质金属B;

[0008] 步骤2:在硬质金属板表面进行热浸镀金属C处理;

[0009] 步骤3:对软质金属板和镀有金属C的硬质金属板进行表面清理,去除表面的油脂和污渍;

[0010] 步骤4:通过低热输入电弧堆焊设备在镀有金属C的硬质金属板表面堆覆焊丝,形成堆焊层;控制焊接热输入,在保证焊丝充分熔化铺展的同时硬质金属板融化,降低脆性金

属间化合物的生成;所述的焊丝主要由软质金属B构成;

[0011] 步骤5:将硬质金属板上的堆焊层铣平;

[0012] 步骤6:将软质金属板布置在硬质金属板上方,并使软质金属板与硬质金属板上的堆焊层紧密接触后,通过搅拌摩擦焊接设备进行焊接,焊接时保证搅拌针插入堆焊层且不插入硬质金属板中,通过搅拌针的搅拌与轴肩的顶锻作用,使轴肩的顶锻压力和摩擦旋转的热量作用于软质金属板和堆焊层界面,实现软质金属板和硬质金属板的高强度连接。

[0013] 本发明还可以包括:

[0014] 所述的步骤2中硬质金属板表面的金属C镀层厚度不低于 $10\mu\text{m}$;所述的步骤4中通过低热输入电弧堆焊设备在硬质金属板上形成一层堆焊层,堆焊层的宽度是软质金属板厚度的2倍以上,堆焊层的厚度不低于 1.2mm ;所述的步骤5中铣平后硬质金属板上的堆焊层厚度在 1mm 左右,堆焊层的表面平整度在 $20\mu\text{m}$ 以内。

[0015] 所述的低热输入电弧堆焊设备包括MIG焊枪2和TIG焊枪3;所述的步骤4中通过低热输入电弧堆焊设备在镀有金属C的硬质金属板表面堆覆焊丝时,TIG焊枪3与硬质金属板成 30° 且与MIG焊枪成 90° ,TIG焊枪3的钨极尖端最低点与硬质金属板垂直距离为 4mm ,TIG焊枪3的钨极伸出长度为 4mm ,TIG焊枪3与MIG焊枪2边缘水平距离为 5mm ,MIG焊枪2最低点与硬质金属板的垂直距离为 9mm 。

[0016] 本发明的有益效果在于:

[0017] 本发明适用于异种金属的焊接,尤其是性能(熔点、硬度等)差异较大的异种金属。本发明利用低热输入电弧焊技术在高熔点、硬质金属表面堆焊低熔点、软质金属,形成中间过渡层,保证焊接效率同时控制界面层金属间化合物的厚度,有利于提高接头强度。本发明通过搅拌摩擦焊连接软质金属板与带有中间钎焊层的硬金属板,由于搅拌针插入软金属的中间钎焊层而不直接插入硬金属板,解决了搅拌针磨损严重的问题;在软金属中间钎焊层和软金属板搅拌摩擦焊接时,轴肩和搅拌针的顶锻压力还相当于对中间钎焊层进行辊压和热处理,降低了中间钎焊层残余应力并减少了中间钎焊层气孔和裂纹缺陷,进一步提高了中间钎焊层与硬金属板界面结合强度。

附图说明

[0018] 图1为本发明的实施例中低热输入电弧堆焊设备的示意图。

[0019] 图2是本发明的实施例中MIG焊枪和TIG焊枪与钢板的位置结构图。

[0020] 图3是本发明的实施例中铝-钢异种金属焊接时搅拌摩擦焊接设备的示意图。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图对本发明做进一步描述。

[0022] 本发明属于异种金属电弧焊接及钎焊技术领域,提供了一种异种金属电弧堆焊-搅拌摩擦复合焊接方法。本发明通过低热输入电弧堆焊技术将相对较软的金属(如铝、镁、铜等)堆覆在硬质金属(如钢、钛等)的表面作为中间过渡层,再通过搅拌摩擦焊接技术将软质金属和硬质金属进行焊接。在异种金属搅拌摩擦焊过程,搅拌针插入软金属的中间过渡层而不接触硬金属,可实现软金属和中间过渡层的高质量焊接,又可避免搅拌针的磨损。此外,搅拌头的压力作用还可以降低中间过渡层的残余拉应力,减少中间过渡层的气孔和裂

纹,显著提高了界面结合强度,实现异种金属的高强度连接。

[0023] 一种异种金属电弧堆焊搅拌摩擦复合焊接方法,包括以下步骤:

[0024] 步骤1:准备待焊接的硬质金属板和软质金属板,准备低热输入电弧堆焊设备和搅拌摩擦焊接设备;所述的硬质金属板的材质为硬质金属A,软质金属板的材质为软质金属B;

[0025] 步骤2:在硬质金属板表面进行热浸镀金属C处理,金属C镀层厚度不低于10 μm ;

[0026] 步骤3:对软质金属板和镀有金属C的硬质金属板进行表面清理,去除表面的油脂和污渍;

[0027] 步骤4:通过低热输入电弧堆焊设备在镀有金属C的硬质金属板表面堆覆焊丝,形成堆焊层;控制焊接热输入,在保证焊丝充分熔化铺展的同时硬质金属板融化,降低脆性金属间化合物的生成;所述的焊丝主要由软质金属B构成;

[0028] 所述的堆焊层为一层,堆焊层的宽度是软质金属板厚度的2倍以上,堆焊层的厚度不低于1.2mm;

[0029] 步骤5:将硬质金属板上的堆焊层铣平,铣平后的堆焊层厚度在1mm左右,堆焊层的表面平整度在20 μm 以内;

[0030] 步骤6:将软质金属板布置在硬质金属板上方,并使软质金属板与硬质金属板上的堆焊层紧密接触后,通过搅拌摩擦焊接设备进行焊接,焊接时保证搅拌针插入堆焊层且不插入硬质金属板中,通过搅拌针的搅拌与轴肩的顶锻作用,使轴肩的顶锻压力和摩擦旋转的热量作用于软质金属板和堆焊层界面,实现软质金属板和硬质金属板的高强度连接。

[0031] 本发明的有益效果在于:

[0032] 1、本发明适用于异种金属的焊接,尤其是性能(熔点、硬度等)差异较大的异种金属。利用低热输入电弧焊方法在高熔点、硬质金属表面堆焊低熔点、软质金属,形成中间过渡层,保证焊接效率同时控制界面层金属间化合物的厚度,有利于提高接头强度,再利用搅拌摩擦焊方法进行焊接,与其它异种金属焊接方法相比,中间过渡层方法相比具有更可靠的连接强度和更高的效率。

[0033] 2、本发明采用丝材电弧堆焊的方式制造中间钎焊层,可以根据工件结构位置需要灵活制造,具有效率高、成本低的优势。

[0034] 3、本发明通过搅拌摩擦焊连接软质金属板与带有中间钎焊层的硬金属板。由于搅拌针插入软金属的中间钎焊层而不直接插入硬金属板,解决了搅拌针磨损严重的问题。

[0035] 4、利用中间过渡层方式,将异种金属焊接问题转化为类似同种金属材料的搅拌摩擦焊接问题,极大的拓宽了异种金属的焊接工艺参数,提高了焊接效率。

[0036] 5、在软金属中间钎焊层和软金属板搅拌摩擦焊接时,轴肩和搅拌针的顶锻压力还相当于对中间钎焊层进行辊压和热处理,降低了中间钎焊层残余应力并减少了中间钎焊层气孔和裂纹缺陷,进一步提高了中间钎焊层与硬金属板界面结合强度。完美实现了摩擦焊接与熔钎焊技术的优势互补。

[0037] 实施例1:

[0038] 为了解决性能差异较大的异种金属(铝-钢、铝-钛、镁-钢等)的焊接难题,本发明提供了一种异种金属电弧堆焊-搅拌摩擦复合焊接方法,该方法成功解决了高硬度金属材料对搅拌针的磨损问题,同时也解决了由于脆性金属间化合物层过厚导致的异种金属接头强度低的问题。

[0039] 设备包括低热输入电弧焊设备、搅拌摩擦焊接设备、搅拌头。以钢-铝异种金属电弧堆焊-搅拌摩擦复合焊接为例,利用上述装置实施的焊接步骤如下:

[0040] 步骤一:在钢表面进行热浸镀锌处理,镀锌层厚度不低于 $10\mu\text{m}$ 。

[0041] 步骤二:利用有机溶剂和清洗剂将钢板、铝合金板进行表面清理,去除表面的油脂和污渍。

[0042] 步骤三:利用低热输入电弧堆焊技术,在镀锌钢板表面堆覆铝硅焊丝,控制焊接热输入,在保证铝合金焊丝充分熔化铺展的同时,避免钢板融化,降低脆性金属间化合物的生成。一般来说,预堆宽度是铝板厚度的2倍以上,预堆层数为1层,预堆铝层厚度为不低于 1.2mm 。

[0043] 步骤四:利用铣床将钢板上堆焊的铝中间钎焊层进行铣平,保证堆焊层的厚度在 1mm 左右,堆焊层的表面平整度在 $20\mu\text{m}$ 以内。

[0044] 步骤五:利用搅拌摩擦焊接设备进行异种金属的焊接。焊接时,铝合金板在上,钢板在下,使得铝板与钢板上的中间铝堆焊层紧密接触后进行搅拌摩擦焊接,保证搅拌针插入中间铝堆焊层且不插入钢板中。通过搅拌摩擦焊接方法连接铝中间钎焊层和铝合金板。同时轴肩的顶锻压力和摩擦旋转的热量还作用于铝-钢界面,可降低铝中间钎焊层残余应力并减少铝中间堆焊层气孔和裂纹,有助于改善铝-钢界面的焊接质量,进一步提高界面强度。

[0045] 实施例2:

[0046] 以铝-钢异种金属焊接为例,结合图1、图2和图3,具体说明一种异种金属电弧堆焊-搅拌摩擦复合焊接实施方式。该方法的设备主要由低热输入电弧焊设备、搅拌摩擦焊接设备、搅拌头等组成。本实施方式由Al-Si焊丝1、MIG焊枪2、TIG焊枪3、IGBT分流模块4、控制系统5、电流传感器6、焊道7、镀锌钢板8、MIG电源9、铝合金钎焊层10、搅拌摩擦焊接设备11、铝合金板12、垫板13、钎焊层14等组成。本实施方式通过以下步骤实现:

[0047] 步骤一:在钢表面进行热浸镀锌处理,镀锌层厚度不低于 $10\mu\text{m}$ 。

[0048] 步骤二:利用有机溶剂和清洗剂将钢板、铝合金板进行表面清理,去除表面的油脂和污渍。

[0049] 步骤三:将镀锌钢板固定在实验台上。焊接前对焊枪位置进行调整,结合图2,TIG焊枪3与钢板8成 30° 且与MIG焊枪2成 90° ,TIG焊枪钨极尖端最低点与钢板垂直距离为 4mm ,钨极伸出长度 4mm ,TIG焊枪与MIG焊枪边缘水平距离为 5mm ,MIG焊枪最低点与钢板垂直距离为 9mm 。

[0050] 步骤四:设定焊接工艺参数。主路电流为 $50-80\text{A}$,主路电压为 $14-16\text{V}$,旁路电流为 $30-60\text{A}$,TIG焊枪保护气流量为 $5-8\text{L}/\text{min}$,MIG焊枪保护气流量为 $12-15\text{L}/\text{min}$,焊接速度为 $0.8-1\text{m}/\text{min}$ 。

[0051] 步骤五:通过焊接热源在镀锌钢板8表面电弧堆敷铝合金,使用Al-Si焊丝1作为钎料,通过电流传感器6采集母材电流,通过控制系统5调节IGBT模块4来调节流经TIG焊枪的旁路电流,精确控制电流分布,保证焊丝高效熔化的同时降低母材热输入保证镀锌钢板几乎不融化,从而降低金属间化合物生成。同时,通过调节电流和焊接速度保证增材制造的钎焊焊缝高度在 $1.2-1.6\text{mm}$,为保证铝钢接头极限抗拉载荷,堆焊宽度应超过铝合金板厚度2倍。

[0052] 步骤六:通过铣床对在镀锌钢板上堆焊的铝合金焊道7进行铣平至1mm左右,保证铣平后的钎焊层10表面平整度小于 $20\mu\text{m}$ 。

[0053] 步骤七:搅拌摩擦焊接铝合金板与镀锌钢板,铝合金板12在上,垫板13和镀锌钢板8在下,垫板厚度为钢板厚度加上钎焊层14厚度,通过夹具固定好板。

[0054] 步骤八:设定搅拌摩擦焊接工艺参数。轴肩下压量为0.1-0.3mm,搅拌针长度比铝合金板厚度高0.3-0.6mm。焊接速度为60-350mm/min,旋转速度为800-1800r/min,搅拌头下压力为15-22KN。焊接方向和搅拌针旋转方向如图3所示。

[0055] 步骤九:铝板与镀锌钢板通过搅拌工具11进行搅拌摩擦焊接,搅拌针插入中间钎焊层而不直接插入钢,通过搅拌针的搅拌与轴肩的顶锻作用实现铝合金板和铝中间钎焊层界面有效连接。轴肩的顶锻作用进一步作用于铝中间钎焊层和铝钢界面层,降低中间过渡层的残余拉应力,减少中间过渡层的气孔和裂纹,进一步提高了界面结合强度,实现铝-钢的高强度连接。

[0056] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

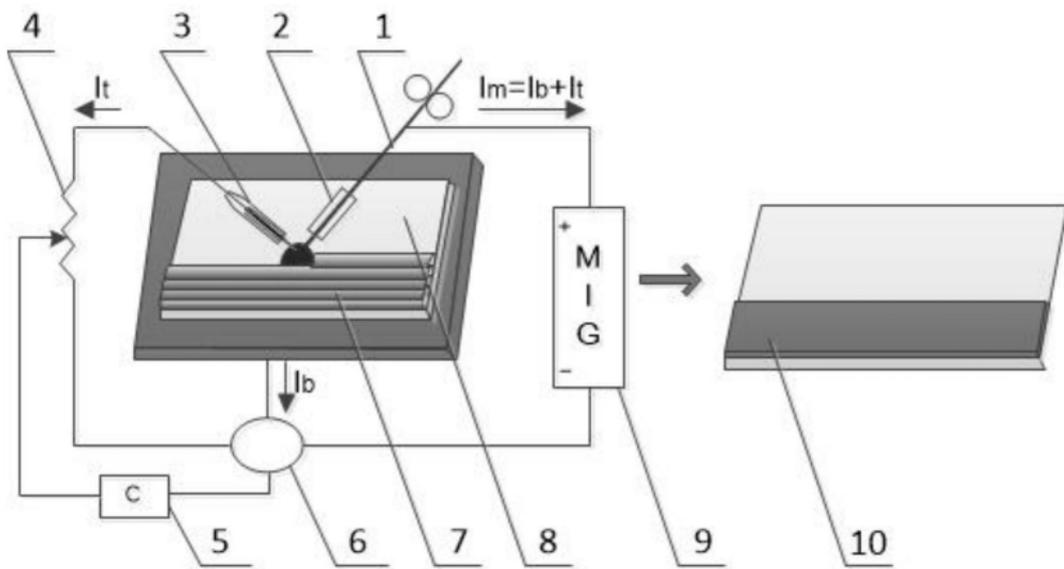


图1

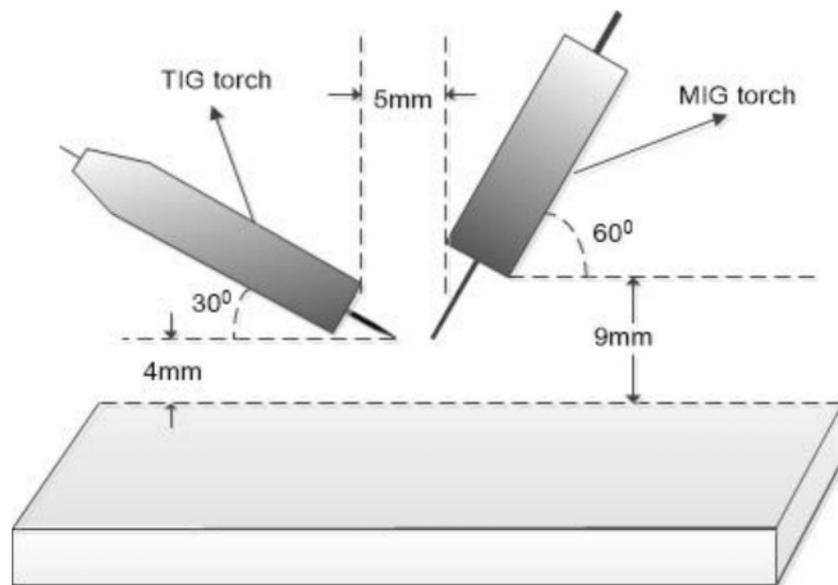


图2

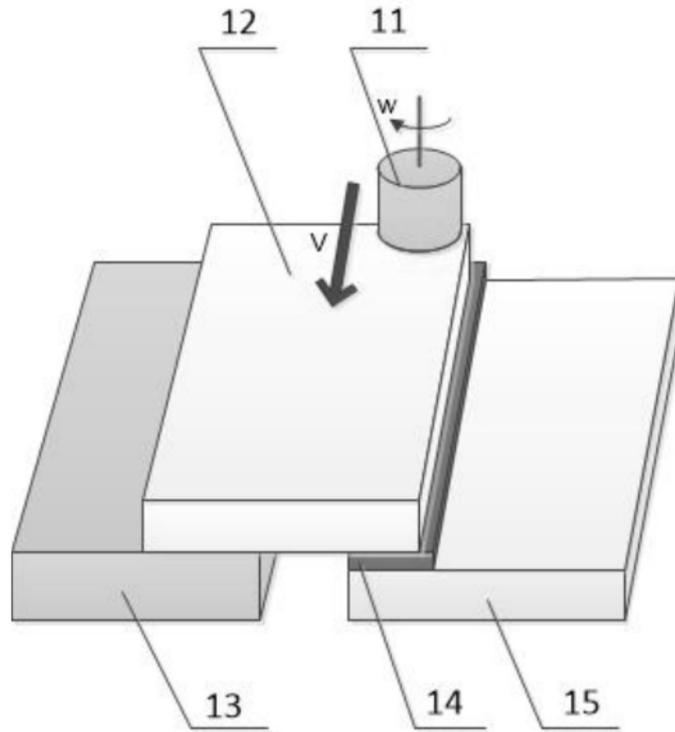


图3