



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106113484 B

(45)授权公告日 2018.08.07

(21)申请号 201610474241.9

(22)申请日 2016.06.24

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106113484 A

(43)申请公布日 2016.11.16

(73)专利权人 武汉理工大学

地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路
122号

(72)发明人 宋燕利 华林 郭巍 杨龙

(74)专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限
公司 42102

代理人 唐万荣

(51)Int.Cl.

B29C 65/04(2006.01)

B29C 65/46(2006.01)

(56)对比文件

CN 105365232 A,2016.03.02,

CN 103492505 A,2014.01.01,

CN 104245282 A,2014.12.24,

CN 104054393 A,2014.09.17,

JP 2013023171 A,2013.02.04,

EP 0387512 A1,1990.09.19,

审查员 齐宏毅

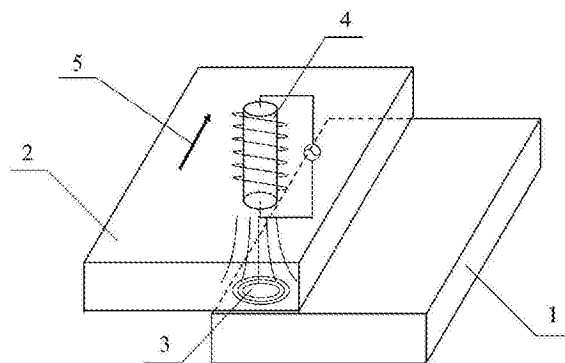
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种热塑性复合材料与金属的连接方法

(57)摘要

本发明涉及异种材料的连接领域。一种热塑性复合材料与金属的连接方法,包括如下步骤:步骤一、将待焊金属件与待焊热塑性复合材料件的待焊面进行粗化处理;步骤二、将待焊金属件与待焊热塑性复合材料件拼接在一起并固定;步骤三、将感应加热装置置于焊接区域上方;步骤四、利用线圈端部磁场在金属件中产生的感应电流对金属件进行加热,使得热塑性复合材料中基体树脂吸收热量熔化;步骤五、启动感应加热装置,将感应加热装置的线圈沿焊接方向移动,熔融的基体树脂冷却并与金属件形成接头,实现热塑性复合材料与金属的连续焊接。该方法具有加速速度快,设备简单,能应用于大型、形状复杂的三维曲面构件的焊接,同时避免了使用电磁敏感材料。



1. 一种热塑性复合材料与金属的连接方法,其特征在于包括如下步骤:

步骤一、将待焊金属件与待焊热塑性复合材料件的待焊面进行粗化处理,清洗干净并干燥;

步骤二、将待焊金属件与待焊热塑性复合材料件拼接在一起并固定,然后置于焊接区域;

步骤三、将感应加热装置置于焊接区域上方,根据计算公式: $\delta = 50300 \sqrt{\rho / (\mu_r f)}$ 确定感应电流在金属件中趋肤深度,其中 δ 为趋肤深度,单位mm; ρ 为金属的电阻率,单位 $\Omega \cdot \text{cm}$; μ_r 为金属的相对磁导率; f 为电源的电流频率,单位Hz;当金属件位于近线圈侧时,由感应电流趋肤效应可知感应电流集中在金属件的上表面,因此应使得趋肤深度 $\delta >$ 金属件厚度 t ,从而感应电流在金属件中产生的热量可传递到热塑性复合材料件表面;当热塑性复合材料件位于近线圈侧时,由感应电流的趋肤效应可知感应电流集中在金属件的上表面,因此应使得趋肤深度 $\delta <$ 金属件的厚度 t ,使得感应电流集中在金属件表面,提高热塑性复合材料的升温速率;

步骤四、设置感应加热装置的电流频率和线圈匝数,电流频率在50Hz~100kHz之间,线圈匝数在10匝~40匝之间,利用线圈端部磁场在金属件中产生的感应电流对金属件进行加热,使得热塑性复合材料中基体树脂吸收热量熔化;

步骤五、启动感应加热装置,以10mm/min~1000mm/min的焊接速度将感应加热装置的线圈沿焊接方向移动,熔融的基体树脂冷却并与金属件形成接头,实现热塑性复合材料与金属的连续焊接。

2. 根据权利要求1所述的一种热塑性复合材料与金属的连接方法,其特征在于:热塑性复合材料件的材料为纤维增强的热塑性树脂复合材料,纤维增强的热塑性树脂复合材料由包含增强纤维、基体树脂、辅料制备而成,各原料所占体积百分数为:增强纤维15%~80%、基体树脂19.5%~80%、辅料0.5%~5%。

3. 根据权利要求2所述的一种热塑性复合材料与金属的连接方法,其特征在于:增强纤维为长度为0.2mm~1mm的短纤维时,采用注射成型工艺、挤出成型工艺、离心成型工艺中的一种制备得到热塑性复合材料,增强纤维的体积百分数可达到15%~40%;增强纤维为长度为5mm~25mm的长纤维或连续纤维,采用预浸料模压工艺、片状模塑料冲压成型、片状模塑料真空成型、预浸纱缠绕成型、拉挤成型中的一种制备得到热塑性复合材料,增强纤维的体积百分数可达到40%~80%。

4. 根据权利要求2所述的一种热塑性复合材料与金属的连接方法,其特征在于:所述的增强纤维可为碳纤维、玻璃纤维、硼纤维、碳化硅纤维、kevlar纤维中的一种。

5. 根据权利要求1所述的一种热塑性复合材料与金属的连接方法,其特征在于:所采用的基体树脂可为PP-聚丙烯、PA-聚酰胺、PET-聚对苯二甲酸乙二酯、PET-聚丁烯对苯二甲酸酯、PEEK-聚醚醚酮、PPS-聚苯硫醚中的一种。

6. 根据权利要求1所述的一种热塑性复合材料与金属的连接方法,其特征在于:所述金属件的材料可为钢材、铝合金、镁合金、钛、镍中的一种。

7. 根据权利要求1所述的一种热塑性复合材料与金属的连接方法,其特征在于:步骤二、依据装配要求,将待焊金属件与待焊热塑性复合材料件以搭接方式拼接在一起并固定,

然后置于焊接区域。

8. 根据权利要求1所述的一种热塑性复合材料与金属的连接方法,其特征在于:步骤一中,对于易与增强纤维产生电化学腐蚀的金属件,应采用阳极氧化或涂层方法措施予以保护。

一种热塑性复合材料与金属的连接方法

技术领域

[0001] 本发明涉及异种材料的连接领域,具体涉及碳纤维热塑性复合材料与金属的连接方法。

背景技术

[0002] 热塑性复合材料具有高的比强度和比模量,耐冲击、耐疲劳、耐水性与耐疲劳优良,可重复加工,成型加工效率高,成型加工成本低等显著优点。因而,热塑性复合材料在航天航空、风力发电、交通运输等领域有广阔的应用前景。热塑性复合材料的应用将不可避免地产生与钢、铝合金等传统金属材料的连接问题。热塑性复合材料的焊接不采用胶黏剂,仅靠复合材料表面的树脂熔融并熔接形成接头,具有工艺周期短、效率高、接头应力分布均匀、便于实现自动化等优点。现阶段,通常可采用电阻焊、感应焊接、激光焊接和超声波焊接等方法实现热塑性复合材料与金属连接。

[0003] 电阻焊具有焊接效率高、工艺周期短、工艺流程简单等优点,但是存在电极易于引入杂质从而降低接头性能的缺点。激光焊接具有加热速度快、穿透能力强、成分均匀等优点,但存在设备成本高、激光温度较高使得热塑性复合材料熔融区域较大等问题。感应焊接是一种独特的非接触加热工艺,具有焊接时间短、接头强度高、适用于大型、复杂形状制件的连接,且可获得连续焊接接头。但是常规感应焊接需要在焊接面之间植入金属电磁敏感元件或金属粉末填充的胶膜导致材料成本较高,同时也会影响连接工艺与强度。

[0004] 将感应焊接应用于热塑性复合材料与金属的连接时,金属基材在交变磁场的作用下产生热量,使得待焊热塑性复合材料温度迅速达到熔点,在压力的作用下与金属基材形成接头。该技术适用于热塑性复合材料与金属的连接过程,避免了常规感应焊接使用植入材料,同时具有常规感应焊接的优点。

发明内容

[0005] 本发明为解决常规感应焊接过程中需要植入电磁敏感材料的问题,提供一种热塑性复合材料与金属的连接方法,该方法采用感应焊接实现热塑性复合材料与金属的连接。

[0006] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案如下:一种热塑性复合材料与金属的连接方法,其特征在于包括如下步骤:

[0007] 步骤一、将待焊金属件与待焊热塑性复合材料件的待焊面进行粗化处理,清洗干净并干燥;对于易与增强纤维产生电化学腐蚀的金属件,如铝合金、镁合金与碳纤维等,应采用阳极氧化或涂层等方法措施予以保护;

[0008] 步骤二、依据装配要求,将待焊金属件与待焊热塑性复合材料件以搭接、对接或角接等方式拼接(接触)在一起并固定,然后置于焊接区域;

[0009] 步骤三、将感应加热装置置于焊接区域上方,根据计算公式: $\delta = 50300 \sqrt{\rho / (\mu_r f)}$ 确定感应电流在金属件中趋肤深度,其中 δ 为趋肤深度(mm), ρ 为金属的电阻率($\Omega \cdot \text{cm}$), μ_r 为金属的相对磁导率, f 为电源的电流频率(Hz);当金属件位于近线圈侧时,即热塑性复合

材料件与金属件的下表面接触,由感应电流趋肤效应可知感应电流集中在金属件的上表面,因此应使得趋肤深度 $\delta >$ 金属件厚度 t ,从而感应电流在金属件中产生的热量可传递到热塑性复合材料件表面;当热塑性复合材料件位于近线圈侧时,即热塑性复合材料件与金属件的上表面接触,由感应电流的趋肤效应可知感应电流集中在金属件的上表面,因此应使得趋肤深度 $\delta <$ 金属件的厚度 t ,使得感应电流集中在金属件表面,提高热塑性复合材料的升温速率;

[0010] 步骤四、根据金属件与热塑性复合材料件的上下位置、感应焊接效率要求设置感应加热装置的电流频率和线圈匝数,电流频率在50Hz~100kHz之间,线圈匝数在10匝~40匝之间,利用线圈端部磁场在金属件中产生的感应电流对金属件进行加热,使得热塑性复合材料中基体树脂吸收热量熔化;

[0011] 步骤五、启动感应加热装置,以10mm/min~1000mm/min的焊接速度将感应加热装置的线圈沿焊接方向移动,熔融的基体树脂冷却并与金属件形成接头,实现热塑性复合材料与金属的连续焊接。

[0012] 本发明中所采用热塑性复合材料件的材料应为纤维增强的热塑性树脂复合材料,热塑性复合材料件的材料应为纤维增强的热塑性树脂复合材料,纤维增强的热塑性树脂复合材料由包含增强纤维、基体树脂、辅料(辅料为增稠剂、填料、引发剂、脱模剂颜料等中的一种或多种按任意体积配比的混合)制备而成,各原料所占体积百分数为:增强纤维15%~80%、基体树脂19.5%~80%、辅料0.5%~5%。对于短纤维(长度为0.2mm~1mm),可采用注射成型工艺、挤出成型工艺、离心成型工艺中的一种制备得到热塑性复合材料,纤维的体积百分数可达到15%~40%;对于长纤维(长度为5~25mm)与连续纤维,可采用预浸料模压工艺、片状模塑料冲压成型、片状模塑料真空成型、预浸纱缠绕成型、拉挤成型等中的一种制备得到热塑性复合材料,纤维的体积百分数可达到40%~80%。

[0013] 所述的增强纤维可为碳纤维、玻璃纤维、硼纤维、碳化硅纤维、kevlar纤维等中的一种。所采用的基体树脂可为PP-聚丙烯、PA-聚酰胺、PET-聚对苯二甲酸乙二酯、PET-聚丁烯一对苯二甲酸酯、PEEK-聚醚醚酮、PPS-聚苯硫醚等热塑性树脂中的一种。

[0014] 所述金属件的材料可为钢材、铝合金、镁合金、钛、镍等金属中的一种。

[0015] 不同的热塑性复合材料件和金属件的材料类型与几何参数会显著影响加热效率,因此综合考虑材料类型、几何参数与焊接效率要求控制电流频率和线圈匝数。

[0016] 本发明与现有技术相比具有以下主要优点:利用感应电流在金属件产生的热量加热熔化热塑性复合材料,熔融的基体树脂充当焊料,冷却后即可将金属件与热塑性复合材料件连接在一起形成接头。该方法具有连接速度快,设备简单,能应用于大型、形状复杂的三维曲面构件的焊接,通过移动线圈可获得连续焊接接头,易于实现自动化,同时避免了使用电磁敏感材料。

附图说明

[0017] 图1是本发明热塑性复合材料与金属的感应焊接过程示意图(图中标记3为感应焊接过程中树脂吸收热量后的熔融区域,标记5为焊接方向)。

[0018] 图2是本发明热塑性复合材料件在金属件之上时感应焊接过程示意图。

[0019] 图3是本发明金属件在热塑性复合材料件之上时感应焊接过程示意图

[0020] 图中:1-金属件,2-热塑性复合材料件,3-感应焊接过程中树脂吸收热量后的熔融区域,4-感应加热装置,5-焊接方向。

具体实施方式

[0021] 以下对本发明的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是,所举实例仅用于解释本发明,不应以此限定本发明的保护范围。

[0022] 实施例1:结合图1与图2说明实施方式,本实施方式是通过以下步骤实现的:

[0023] 步骤一、采用物理或化学方法对金属件的待焊面进行粗化处理,并将其清理干净并干燥。对于易与碳纤维复合材料产生电化学腐蚀的金属件,如铝合金、镁合金等,应采用阳极氧化或涂层等方法措施予以保护。图中工件1为金属件,工件2为热塑性复合材料件。此种工装位置下应优选感应磁场传入金属件的趋肤深度可小于金属件的厚度,感应电流集中在工件1的上表面,感应加热产生的热量也集中在此表面。因此金属件的升温速度和感应加热的效率较高。

[0024] 所述金属件的材料可为钢材、铝合金、镁合金、钛、镍等金属中的一种,本示例选择钢材。所述热塑性复合材料件可为短纤维、长纤维或连续纤维增强的热塑性复合材料中的一种,本示例选择连续纤维增强的热塑性复合材料,具体为采用单向T700碳纤维增强的PEEK预浸料,结合预浸料模压成型工艺制备得到试样,其中纤维的体积百分数为50%,树脂的体积百分数为48%,辅料的体积分数为2%。

[0025] 此种工装位置下工件1的热源部位紧邻工件2,因而工件2升温速率快。但是感应线圈与工件1的距离易受工件2厚度的限制,从而可能对工件1的加热效率造成不利影响。

[0026] 本发明中,粗化处理的目的是增加焊接过程中熔融树脂的渗透程度,提高接头的连接强度。具体处理方式可为采用机械打磨方法或采用化学试剂腐蚀增加待焊面的粗糙度。

[0027] 步骤二、依据装配要求,将工件1与工件2的待焊面拼接在一起,并采用夹具对其进行固定,然后置于焊接区域。

[0028] 步骤三、将感应加热装置置于待焊区域上方,工件2(热塑性复合材料件)朝向感应加热装置,线圈端部距离工件2表面保持在3~5mm之间。

[0029] 步骤四、合理设置感应加热装置4的电流频率和线圈匝数(所述感应加热装置的电流频率为50Hz~100kHz、线圈匝数为10匝~40匝),利用线圈端部磁场在工件1(金属件)中引起的电磁效应对其进行加热。由于工件1与工件2存在间隙,因此控制工件1表面的温度适当高于工件2的熔点,同时低于工件1的熔融温度。

[0030] 步骤五、启动感应加热装置4,以10mm/min~1000mm/min的焊接速度将线圈沿焊接方向5移动,熔融的基体树脂冷却并与金属件形成接头,实现热塑性复合材料与金属的连续焊接。焊接速度应根据工件2的升温速度与基体树脂的熔点来确定,进而可通过调节感应加热装置4的电流频率和线圈匝数增加焊接速度、提高焊接效率。

[0031] 实施例2:结合图1与图3说明实施方式,本实施方式中工件2为热塑性复合材料件,工件1为金属件。此种工装位置下应优选磁场传入金属件的趋肤深度大于金属件的厚度,此时感应电流分布于整个工件1内,感应加热产生的热量分布于金属件。因此可保证金属件的升温速度和感应加热的效率。其他步骤与实施例1相同。

[0032] 此种工装位置下工件1紧邻感应线圈,感应线圈与工件1的距离不受其他工件的影响,因而感应磁场对工件1的加热效率较高。但是由于感应加热产生的热量需要贯穿工件1的整个厚度范围,因而可能会对工件2的升温速率造成不利影响。

[0033] 实施例3:

[0034] 一种热塑性复合材料与金属的连接方法,包括如下步骤:

[0035] 步骤一、将待焊金属件与待焊热塑性复合材料件的待焊面进行粗化处理,清洗干净并干燥;所述金属件的材料可为钢材、铝合金、镁合金、钛、镍等金属中的一种。对于易与增强纤维产生电化学腐蚀的金属件,如铝合金、镁合金与碳纤维等,应采用阳极氧化或涂层等方法措施予以保护;

[0036] 所采用热塑性复合材料件的材料应为纤维增强的热塑性树脂复合材料,热塑性复合材料件的材料应为纤维增强的热塑性树脂复合材料,纤维增强的热塑性树脂复合材料由包含增强纤维、基体树脂、辅料(辅料为增稠剂、填料、引发剂、脱模剂颜料等中的一种或多种按任意体积配比的混合)制备而成,各原料所占体积百分数为:增强纤维15%、基体树脂80%、辅料5%。对于短纤维(长度为0.2mm~1mm),可采用注射成型工艺、挤出成型工艺、离心成型工艺中的一种制备得到热塑性复合材料。

[0037] 所述的增强纤维可为碳纤维、玻璃纤维、硼纤维、碳化硅纤维、kevlar纤维等中的一种。所采用的基体树脂可为PP-聚丙烯、PA-聚酰胺、PET-聚对苯二甲酸乙二酯、PET-聚丁烯一对苯二甲酸酯、PEEK-聚醚醚酮、PPS-聚苯硫醚等热塑性树脂中的一种。

[0038] 步骤二、依据装配要求,将待焊金属件与待焊热塑性复合材料件以搭接、对接或角接等方式拼接(接触)在一起并固定,然后置于焊接区域;

[0039] 步骤三、将感应加热装置置于焊接区域上方,根据计算公式: $\delta = 50300\sqrt{\rho/(\mu_r f)}$ 确定感应电流在金属件中趋肤深度,其中 δ 为趋肤深度(mm), ρ 为金属的电阻率($\Omega \cdot \text{cm}$), μ_r 为金属的相对磁导率, f 为电源的电流频率(Hz);当金属件位于近线圈侧时,即热塑性复合材料件与金属件的下表面接触,由感应电流趋肤效应可知感应电流集中在金属件的上表面,因此应使得趋肤深度 $\delta >$ 金属件厚度 t ,从而感应电流在金属件中产生的热量可传递到热塑性复合材料件表面;当热塑性复合材料件位于近线圈侧时,即热塑性复合材料件与金属件的上表面接触,由感应电流的趋肤效应可知感应电流集中在金属件的上表面,因此应使得趋肤深度 $\delta <$ 金属件的厚度 t ,使得感应电流集中在金属件表面,提高热塑性复合材料的升温速率;

[0040] 步骤四、根据金属件与热塑性复合材料件的上下位置、感应焊接效率要求设置感应加热装置的电流频率和线圈匝数,电流频率在50Hz~100kHz之间,线圈匝数在10匝~40匝之间,利用线圈端部磁场在金属件中产生的感应电流对金属件进行加热,使得热塑性复合材料中基体树脂吸收热量熔化;

[0041] 步骤五、启动感应加热装置,以10mm/min~1000mm/min的焊接速度将感应加热装置的线圈沿焊接方向移动,熔融的基体树脂冷却并与金属件形成接头,实现热塑性复合材料与金属的连续焊接。

[0042] 实施例4:

[0043] 与实施例3基本相同,不同之处在于:各原料所占体积百分数为:增强纤维80%、基体树脂19.5%、辅料0.5%;对于长纤维(长度为5~25mm)与连续纤维,可采用预浸料模压工

艺、片状模塑料冲压成型、片状模塑料真空成型、预浸纱缠绕成型、拉挤成型等中的一种制备得到热塑性复合材料。

[0044] 以上所实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不意味着局限于上述实施例,凡属本发明思路下的技术方案均属本发明的保护范围。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理前提下的修订和改进,应都属于本发明的保护范围。

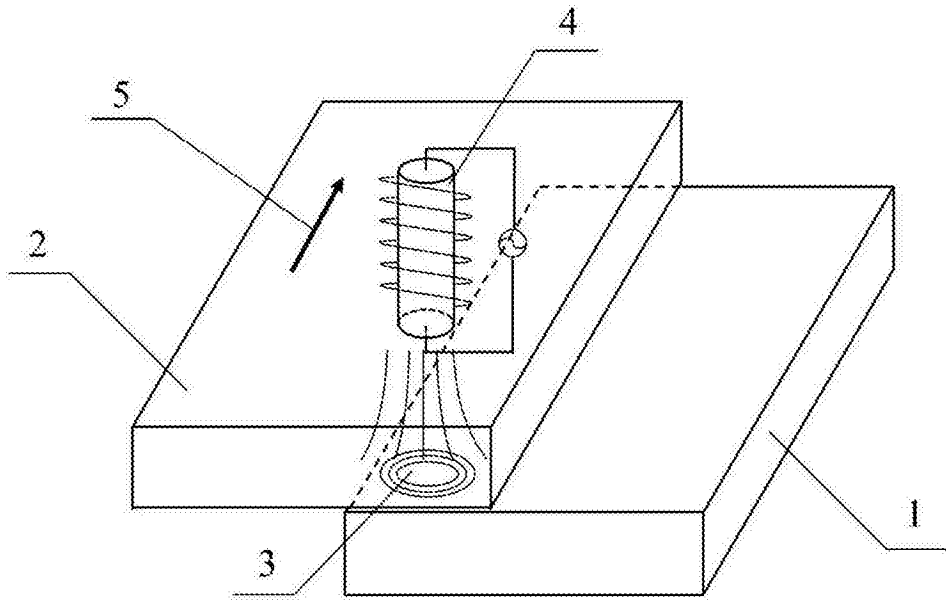


图1

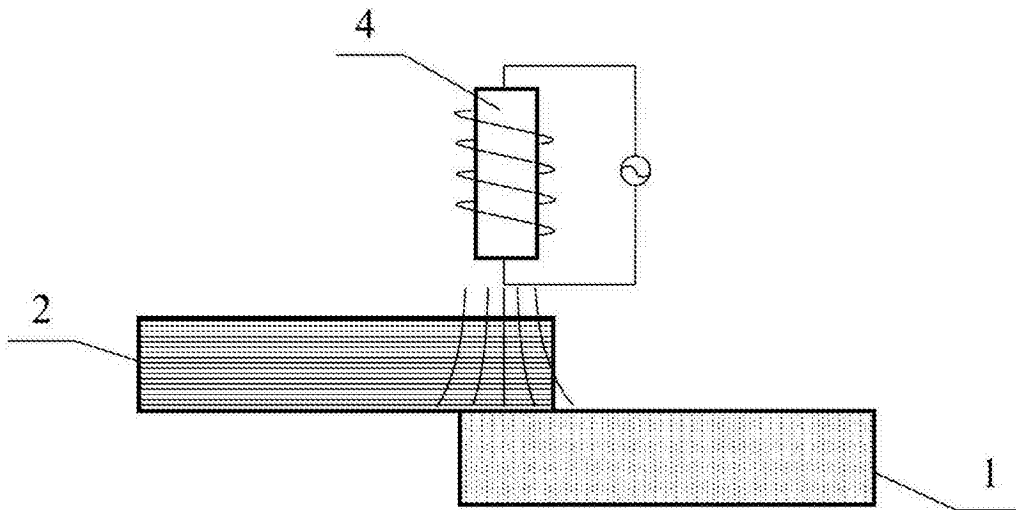


图2

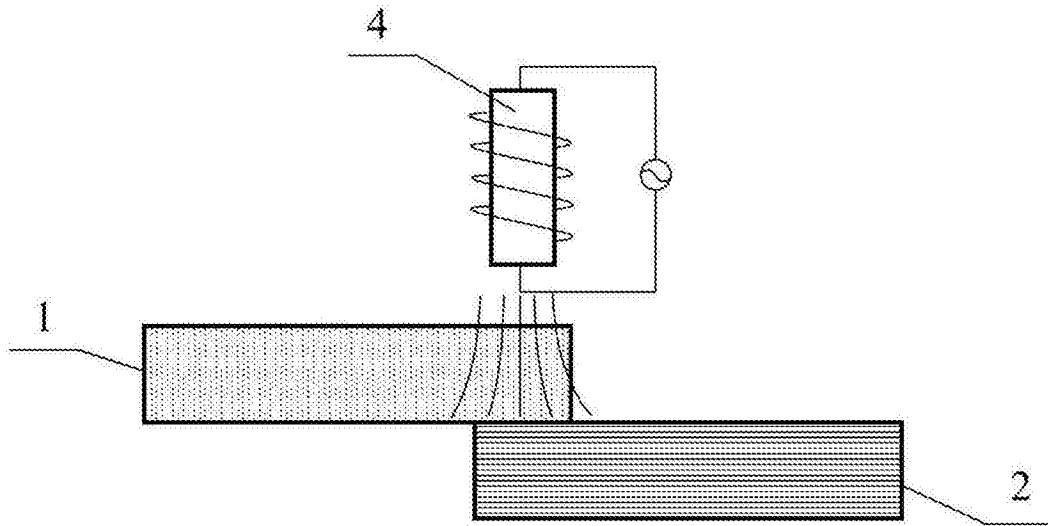


图3