(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116441729 A
(43)申请公布日 2023.07.18

(21)申请号 202310335820.5

(22)申请日 2023.03.31

(71)申请人 华中科技大学
地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路1037号

(72)发明人 蒋平 李元泰 刘洋 耿韶宁 舒乐时 吴文迪 刘静静

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心 42201
专利代理师 尚威

(51)Int.Cl.
B23K 26/348(2014.01)
B23K 26/24(2014.01)
B23K 26/60(2014.01)

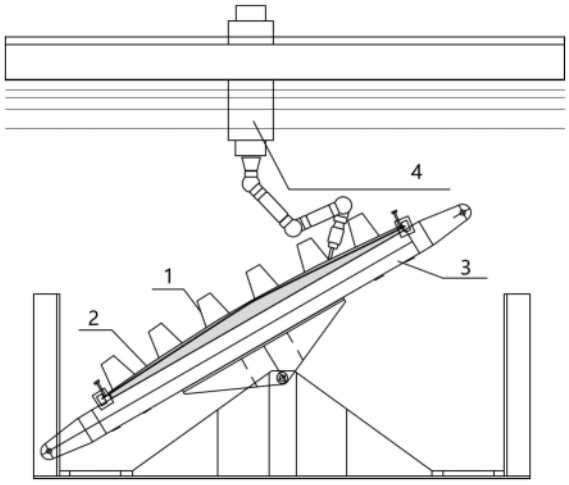
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法

(57)摘要

本发明属于钢铁材料焊接相关技术领域，并公开了一种基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法。该方法包括下列步骤：S1将待焊接的U肋放置在桥面板上，在U肋外侧与桥面接触处的焊缝进行点焊，初步固定所述U肋在桥面板上的位置；S2将桥面板进行反变形使得该桥面板向U肋所在方向的反方向凸起；S3采用激光摆动-电弧焊的方式对U肋与桥面接触处的焊缝进行焊接，形成全熔透焊缝，当完成所述U肋两侧焊缝的焊接后，即实现U肋的全熔透焊接。通过本发明，解决U肋单面单道焊双面成形和熔透率不足的问题。



CN 116441729 A

1.一种基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法,其特征在于,该方法包括下列步骤:

S1将待焊接的U肋放置在桥面板上,在U肋外侧与桥面接触处的焊缝进行点焊,初步固定所述U肋在桥面板上的位置;

S2将桥面板进行反变形使得该桥面板向U肋所在方向的反方向凸起;

S3采用激光摆动-电弧焊的方式对U肋与桥面接触处的焊缝进行焊接,形成全熔透焊缝,当完成所述U肋两侧焊缝的焊接后,即实现U肋的全熔透焊接。

2.如权利要求1所述的一种基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法,其特征在于,在步骤S1中,所述点焊采用单激光焊工艺,激光功率为6000W～8000W,焊接角度为30°～60°。

3.如权利要求1所述的一种基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法,其特征在于,在步骤S3中,所述激光摆动-电弧焊过程中,激光光束偏移U肋板与桥面板交接外侧的根部1mm～2mm,光束与桥面板的夹角在30°以内。

4.如权利要求1或3所述的一种基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法,其特征在于,在步骤S3中,所述激光摆动-电弧焊中,激光功率为7kW～9kW,焊接速度为800mm/min～1800mm/min。

5.如权利要求4所述的一种基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法,其特征在于,在步骤S3中,所述激光摆动-电弧焊中,激光摆动频率不大于100Hz,振幅为不大于1.5mm。

6.如权利要求5所述的一种基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法,其特征在于,所述激光摆动-电弧焊选择激光圆形摆动轨迹。

7.如权利要求3所述的一种基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法,其特征在于,在步骤S3中,在激光摆动-电弧焊中所述桥面板和水平面的夹角为35°～45°。

8.如权利要求1或2所述的一种基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法,其特征在于,在步骤S1中,所述点焊的焊缝熔深为4mm～7mm。

9.如权利要求1或2所述的一种基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法,其特征在于,在步骤S3中,所述激光摆动-电弧焊的焊缝为全熔透焊缝。

10.如权利要求1或2所述的一种基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法,其特征在于,在步骤S1和S3中的焊接过程均在保护气体中进行,该保护气体为富氩气体。

基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法

技术领域

[0001] 本发明属于钢铁材料焊接相关技术领域，更具体地，涉及一种基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法。

背景技术

[0002] 正交异性钢桥面板因结构重量轻、极限承载力大、施工周期短等优点在现代桥梁中应用广泛。正交异性桥面结构由互为垂直的面板、纵肋、和横肋三个部件组成，钢桥面板和纵向U肋视为弹性连续支承在横梁上的连续梁，在纵向移动的汽车轮载作用下，纵向U肋反复挠曲变形，易对U肋与桥面板之间的焊缝产生疲劳裂纹，正交异性板U肋坡口焊缝的疲劳寿命面临严峻挑战，因此U肋与桥面板接头焊缝质量要求高。

[0003] 目前传统U肋单面焊焊缝熔透率80％的要求已经难以满足现代桥梁的使用要求，U肋全熔透焊接工艺大多采用气体保护焊在U肋内侧焊接一道焊道和外侧焊接坡口焊缝相结合的焊接方式包括“双侧深熔气保焊”和“内侧深熔气保焊+外侧埋弧焊”。虽然上述工艺虽可大幅提高焊接接头的抗疲劳性能，但总体来说U肋(厚度约为8mm)双面焊接技术难度高、可靠性差、焊接效率低、焊接成本也大幅增加，未能实现一次单面单道焊双面成形的全熔透焊。

发明内容

[0004] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求，本发明提供了一种基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法，解决U肋单面单道焊双面成形和熔透率不足的问题。

[0005] 为实现上述目的，按照本发明，提供了一种基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法，该方法包括下列步骤：

[0006] S1将待焊接的U肋放置在桥面板上，在U肋外侧与桥面接触处的焊缝进行点焊，初步固定所述U肋在桥面板上的位置；

[0007] S2将桥面板进行反变形使得该桥面板向U肋所在方向的反方向凸起；

[0008] S3采用激光摆动-电弧焊的方式对U肋与桥面接触处的焊缝进行焊接，形成全熔透焊缝，当完成所述U肋两侧焊缝的焊接后，即实现U肋的全熔透焊接。

[0009] 进一步优选地，在步骤S1中，所述点焊采用单激光焊工艺，激光功率为6000W～8000W，光束与桥面板的夹角为40°～60°。

[0010] 进一步优选地，在步骤S3中，所述激光摆动-电弧焊过程中，激光光束偏移U肋板与桥面板交接外侧的根部1mm～2mm，光束与桥面板的夹角在30°以内。

[0011] 进一步优选地，在步骤S3中，所述激光摆动-电弧焊中，激光功率为7KW～10kW，焊接速度为800mm/min～1800mm/min。

[0012] 进一步优选地，在步骤S3中，所述激光摆动-电弧焊中，激光摆动频率不大于100Hz，振幅不大于1.5mm。

[0013] 进一步优选地，所述激光摆动-电弧焊选择激光圆形摆动轨迹。

[0014] 进一步优选地，在步骤S3中，在激光摆动-电弧焊中所述桥面板和水平面的夹角为35°～45°。

[0015] 进一步优选地，在步骤S3中，所述激光摆动-电弧焊的焊缝熔深为4mm～7mm。

[0016] 进一步优选地，一种基于激光摆动-电弧焊的钢桥梁U肋接头全熔透焊接方法，在步骤S1和S3中的焊接过程均在保护气体中进行，该保护气体为富氩气体。

[0017] 总体而言，通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比，具备下列有益效果：

[0018] 1.本发明通过采用高功率激光与电弧的协同作用的方法，利用高功率激光工艺对U肋内侧的穿透能力和电弧对U肋和桥面板外侧的桥接能力解决了U肋单面单道焊双面成形达到全熔透的技术难题；

[0019] 2.本发明中激光摆动-电弧焊的方式对U肋的焊缝处进行焊接，其中激光光束光斑直径很小，典型U肋厚度通常为8mm，焊接头的空间和可操作性限制会导致激光束以一定角度穿过接头平面，狭窄的熔池很容易部分错过接头平面会产生未熔合和未焊透的缺陷，因此在激光焊接过程中引入摆动技术，扩大熔宽，使得拼缝完全融合，不同于现有技术中中厚壁构件比如铝合金激光焊接中引入摆动技术消除气孔的作用；

[0020] 3.本发明采用高功率激光引导电弧并匹配合适的光弧间距的技术手段，高能量密度的激光能够在很短时间内熔化U肋接头，产生的金属蒸气进入跟随的电弧区域，能够增加电弧电流密度、增强电弧稳定性，提高电弧的能量利用率，因此焊接速度快，相比传统的U肋焊接效率能够提高40％～60％；

[0021] 4.本发明采用激光-电弧复合焊的技术手段，由于激光能量密度高，复合热源的能量利用率高，焊接速度快，导致热输入小，从而减少U肋焊接变形和残余应力。

附图说明

[0022] 图1是按照本发明的优选实施例所构建的U肋坡口放置在桥面板上的结构示意图；

[0023] 图2是按照本发明的优选实施例所构建的U肋与桥面板坡口结构示意图；

[0024] 图3是按照本发明的优选实施例所构建的内焊焊接专机平角位焊接示意图；

[0025] 图4是按照本发明的优选实施例所构建的激光摆动-电弧复合焊接原理示意图，其中，(a)是激光-电弧复合焊接头，(b)是激光摆动原理示意图；

[0026] 图5是按照本发明的优选实施例所构建的桥梁钢Q345qD U肋单面焊全熔透宏观腐蚀金相图，其中，(a)是实施例1的金相图，(b)是实施例2的金相图，(c)是实施例3的金相图。

[0027] 在所有附图中，相同的附图标记用来表示相同的元件或结构，其中：

[0028] 1-U肋，2-桥面板，3-船位胎架，4-龙门式激光摆动-电弧复合焊装置

具体实施方式

[0029] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0030] 如图1和2所示，一种基于激光摆动-电弧复合焊的钢桥梁U肋接头的全熔透焊接方

法,焊接步骤包括:

[0031] (1)对U肋两条长侧边不开坡口直接压型,以此获得不带坡口的U肋;

[0032] (2)将未坡口的U肋板置于桥面板上,在U肋板外侧进行U肋板与桥面板组装定位焊缝的焊接,点焊,每隔一段距离采用单激光焊工艺,并采用富氩气体保护,焊接位置为平位,定位后的U肋与桥面板间隙不超过1.0mm;焊缝熔深为4mm～7mm;

[0033] (3)将完成U肋定位焊的桥面板,放在船位反变形胎架上,桥面板固定有U肋的一侧,中间部向上凸起进行反变形,最大反变形量在30mm～60mm范围内;

[0034] (4)采用门式激光摆动-电弧装置进行U肋板角焊缝的焊接,形成全熔透焊缝,采用富氩气体保护;

[0035] (5)焊完一侧后,翻转反变形胎架后,沿着焊接U肋另一侧的外侧焊接U肋,采用富氩气体保护,最终完成焊接;

[0036] (6)对所述全熔透焊缝进行探伤检测。

[0037] 优选地,在采用激光器进行U肋板点焊包括:调整激光束角度与指向位置,使得光束对准U肋板与桥面板交接外侧的根部。焊接参数:激光功率为6000～8000W,光束与桥面板的夹角(称为光束倾角)为30°～60°。通过该点焊方式能够保证U肋与桥面板拼缝间隙在1mm以内的要求范围,同时增强待焊U肋构件的稳定性和刚性,确保最终焊接质量。

[0038] 优选地,富氩气体具体为Ar、CO_2、O_2的混合气体,其中,CO_2体积百分比为13～15%,其中O_2体积百分比为1.5～3%,其余为Ar气,且气体流量控制在20～25L/min。保护气体为富氩气,提高了电弧稳定性,飞溅较小,焊缝熔敷率高,U肋板单元焊缝成型美观。

[0039] 优选地,在所述采用门式激光摆动-电弧复合焊装置进行U肋板外侧角焊缝的全熔透焊接包括:

[0040] 再次调整激光器光束角度与指向位置,使得光束偏移U肋板与桥面板交接外侧的根部(称为光束偏移量)在1mm～2mm,光束倾角在30°以内。通过光束偏移量与光束倾角的合理匹配,能够保证U肋接头全熔透,提高U肋接头质量。

[0041] 调整焊枪角度与指向位置,使得焊丝对准U肋板与桥面板交接外侧的根部,启动控制开关进行焊接,直至U肋板全部焊接在待焊接装置上,一道成形;

[0042] 激光工艺参数:激光功率为7～9kW,焊接速度为800～1800mm/min,激光摆动频率为0～100Hz,振幅为0～1.5mm。该工艺窗口范围较宽,使得激光-复合焊接工艺对多种U肋焊接的适应性强,焊接稳定性好,质量可靠;同时提高生产效率,降低焊接成本。

[0043] 优选地,摆动激光头基于振镜控制器实现激光摆动,选择激光圆形摆动轨迹有利于减少飞溅,改善表面成形。

[0044] 电弧工艺为熔化极气体保护焊,选择的焊接材料为实心焊丝ER 50-6,工艺参数为送丝速度为10～16m/min,光丝间距为3～5mm。

[0045] 优选地,船形位置是指所述桥面板与水平面的夹角为35°～45°时,采用该设置能够使激光-电弧复合焊接头的焊枪尽量与水平面保持垂直,一方面提高龙门式激光-电弧复合焊装置的空间可达性,另一方面在焊接过程中保持熔滴过渡方式合理,有助于熔池铺展,改善焊缝成形。

[0046] 下面将结合具体的实施例进一步说明本发明。

[0047] 实施例1

[0048] 如图1所示，对U肋两条长侧边进行压型，U肋厚度h为8mm，对U肋端部直接铣平并定位桥面板上，组装成正交异性板，U肋1与桥面板2间隙严格控制在1.0mm以内。点焊激光功率为6000W，光束倾角为40°。

[0049] 如图2所示，将正交异性板采用液压卡固系统固定在在焊接平台上。

[0050] 如图3所示，将U肋桥面板，放在35°船位胎架3上，桥面板固定有U肋的一侧中间部向上凸起进行反变形，凸起的反变形量为60mm；采用龙门式激光摆动-电弧复合焊装置6对U肋外侧焊接，焊完一侧后，翻转胎架后焊接另一侧。

[0051] 焊接材料：焊丝为ER 50-6，直径为1.2mm；焊接参数：激光功率为7kW，焊接速度为1000mm/min，离焦量为+0mm光束偏移量为1.0mm，光束倾角为10°，激光摆动频率为50Hz，振幅为0.5mm。

[0052] 如图4所示，激光摆动-电弧复合焊接原理示意图，5为弧焊枪，6为摆动光束，其摆动原理见图4中的(b)。

[0053] 如图5中(a)所示，本发明实施例的Q345qD钢U肋单面焊一次成形全熔透宏观腐蚀金相图，焊接质量良好及焊缝成型美观。

[0054] 实施例2

[0055] 如图1所示，对U肋两条长侧边进行压型，U肋厚度h为8mm，对U肋端部直接铣平并定位桥面板上，组装成正交异性板，U肋1与桥面板2间隙严格控制在0.5mm以内。点焊采用单激光焊工艺，激光功率为7000W，光束倾角为50°

[0056] 如图2所示，将正交异性板采用液压卡固系统固定在在焊接平台上。

[0057] 如图3所示，将U肋桥面板，放在35°船位胎架3上，桥面板固定有U肋的一侧中间部向上凸起进行反变形，凸起的反变形量为60mm；采用龙门式激光摆动-电弧复合焊装置6对U肋外侧焊接，焊完一侧后，翻转胎架后焊接另一侧。

[0058] 焊接材料：焊丝为ER 50-6，直径为1.2mm；焊接参数：激光功率为9kW，焊接速度为1200mm/min，光束偏移量为1.0mm，光束倾角为15°，离焦量为+10mm，激光摆动频率为100Hz，振幅为1.0mm。

[0059] 如图5中(b)所示，本发明实施例的Q345qD钢U肋单面焊一次成形全熔透宏观腐蚀金相图，焊接质量良好及焊缝成型美观。

[0060] 实施例3

[0061] 如图1所示，对U肋两条长侧边进行压型，U肋厚度h为8mm，对U肋端部直接铣平并定位桥面板上，组装成正交异性板，U肋1与桥面板2间隙严格控制在1.0mm以内。点焊采用单激光焊工艺，激光功率8000W，光束倾角为60°。

[0062] 如图2所示，将正交异性板采用液压卡固系统固定在在焊接平台上。

[0063] 如图3所示，将U肋桥面板，放在35°船位胎架3上，桥面板固定有U肋的一侧中间部向上凸起进行反变形，凸起的反变形量为40mm；采用龙门式激光摆动-电弧复合焊装置4对U肋外侧焊接，焊完一侧后，翻转胎架后焊接另一侧。

[0064] 焊接材料：焊丝为ER 50-6，直径为1.2mm；焊接参数：激光功率为10kW，焊接速度为1400mm/min，光束偏移量为2.0mm，光束倾角为20°，离焦量为+20mm，激光摆动频率为0Hz，振幅为0.0mm。

[0065] 如图5中(c)所示，本发明实施例的Q345qD钢U肋单面焊一次成形全熔透宏观腐蚀

金相图，焊接质量良好及焊缝成型美观。

[0066] 本发明中的U肋在成形过程中不用开坡口，免除了U肋板坡口的开制工序；在免坡口的条件下，降低了对于装配间隙控制要求，同时也减少了焊丝耗量，降低成本；但是本发明的焊接方法适用于开坡口的U肋同时也适用于不开坡口的情形；

[0067] 本发明中，定位焊及U肋板外侧激光-摆动-电弧复合工艺，焊缝熔深大，熔宽合理，实现的U肋全熔透焊接，满足质量要求；

[0068] 本发明焊接过程在反变形胎架上进行，焊接同方向，有效控制焊接变形，焊后板单元平面度好。

[0069] 本领域的技术人员容易理解，以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

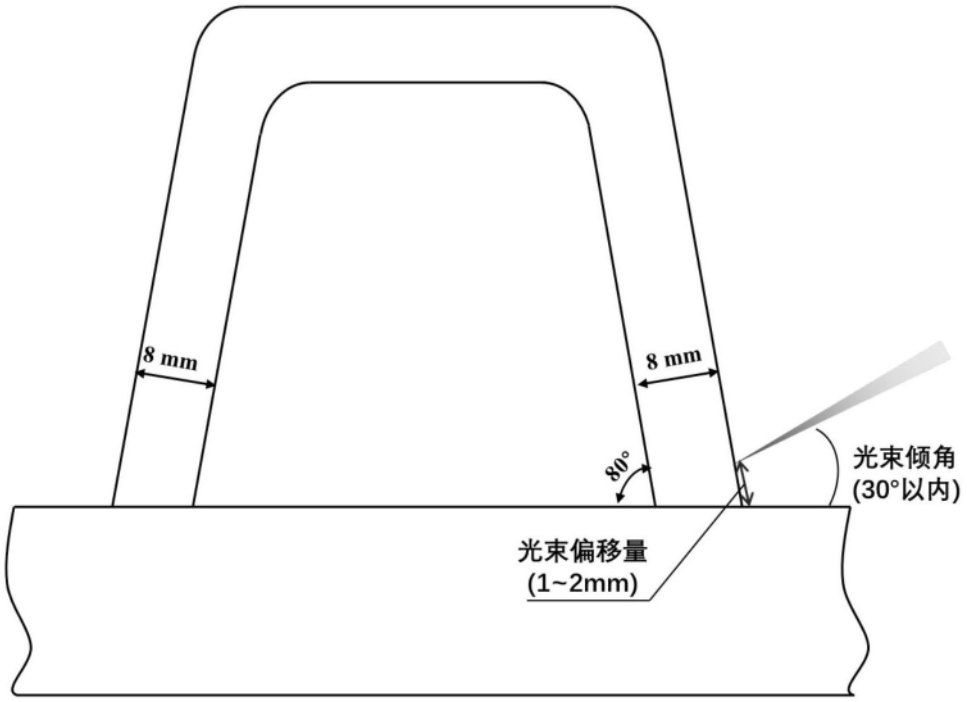


图1

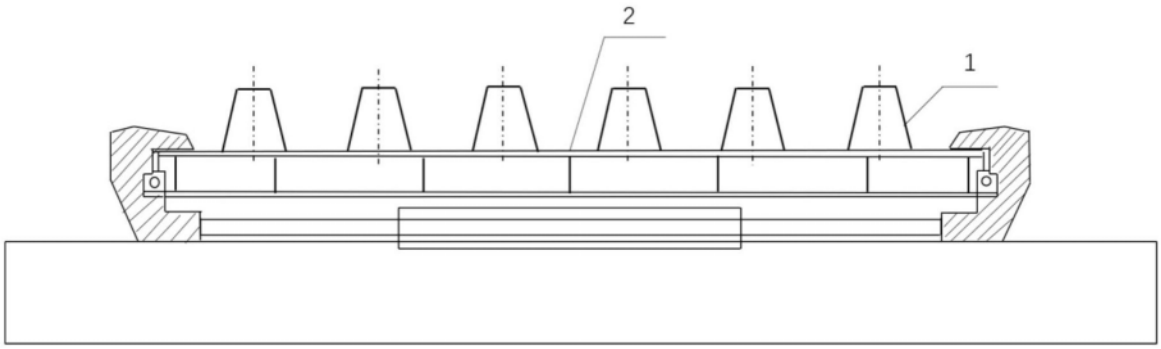


图2

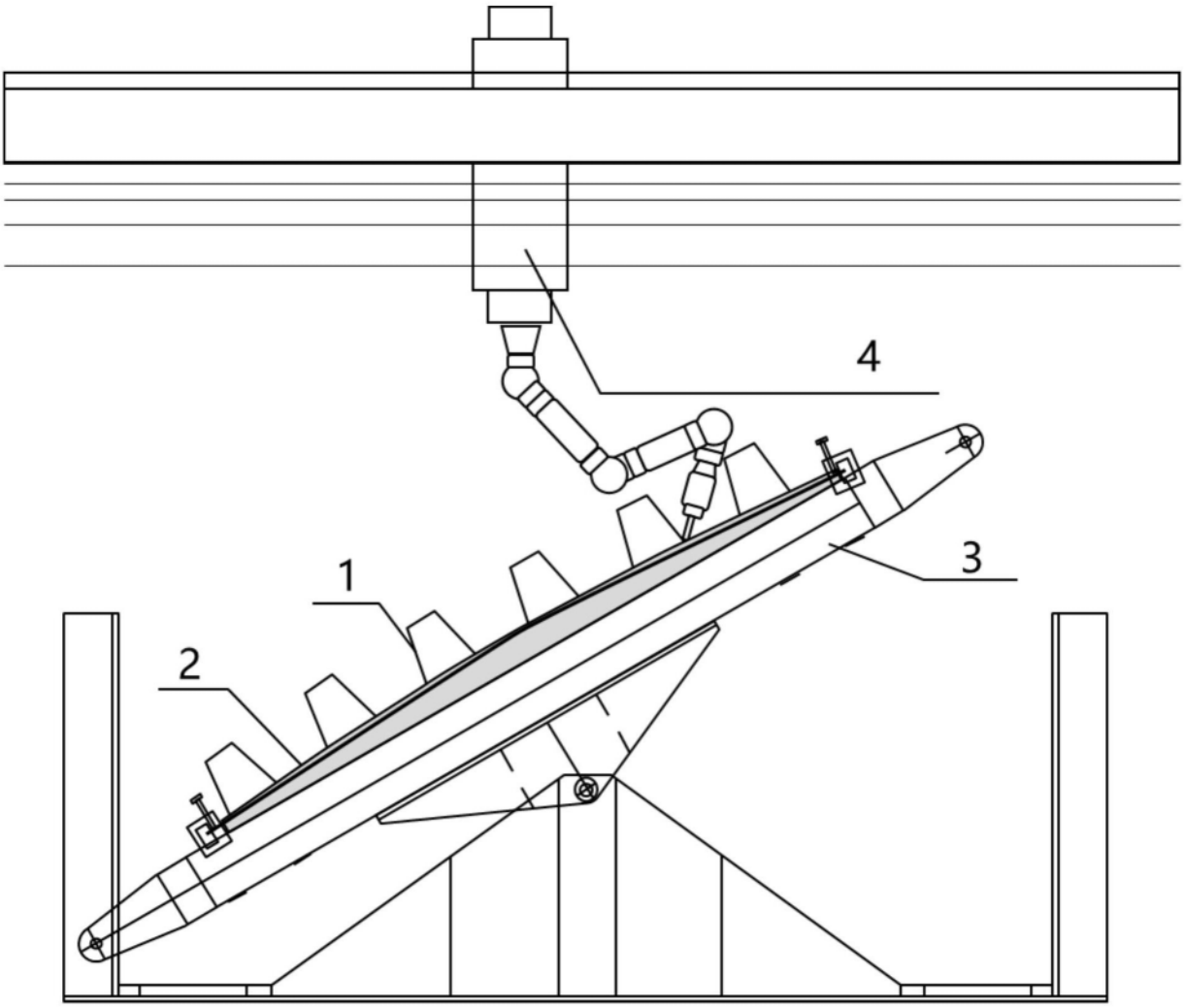


图3

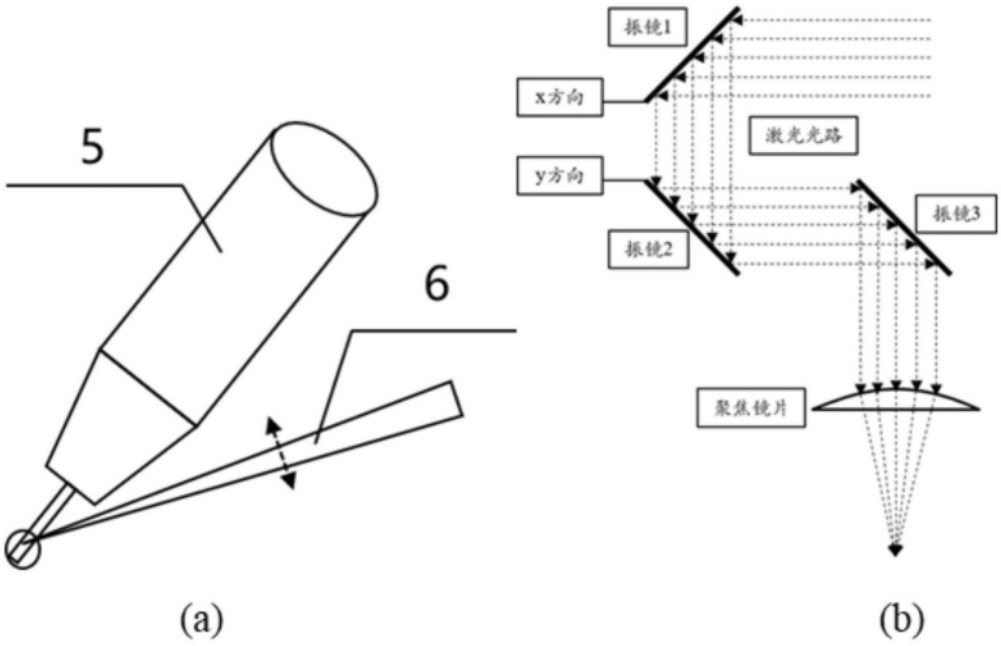


图4

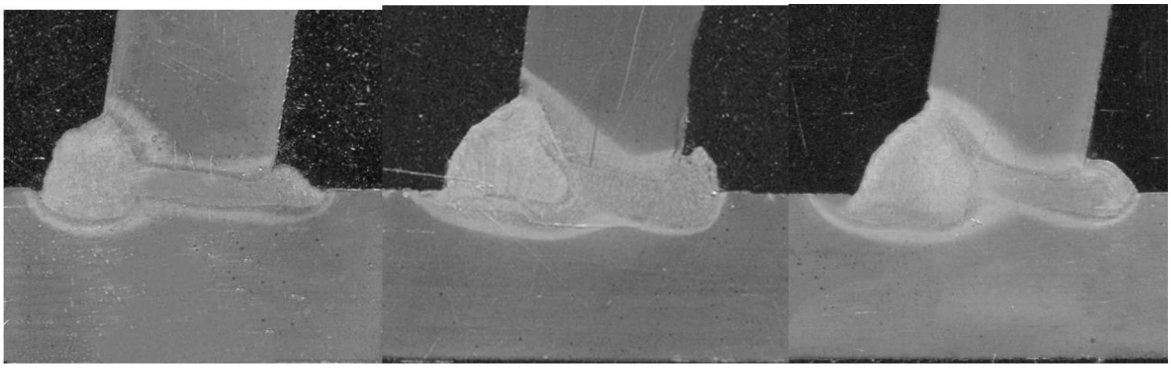


图5