



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106425104 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(21)申请号 201611101446.9

B23K 103/16(2006.01)

(22)申请日 2016.12.05

(71)申请人 西南交通大学

地址 610031 四川省成都市金牛区二环路
北一段111号

(72)发明人 陈勇 陈辉 杨涛 王梦超

(74)专利代理机构 成都众恒智合专利代理事务
所(普通合伙) 51239

代理人 刘华平

(51) Int. Cl.

B23K 26/348(2014.01)

B23K 26/60(2014.01)

B23K 33/00(2006.01)

B23K 35/24(2006.01)

B23K 101/06(2006.01)

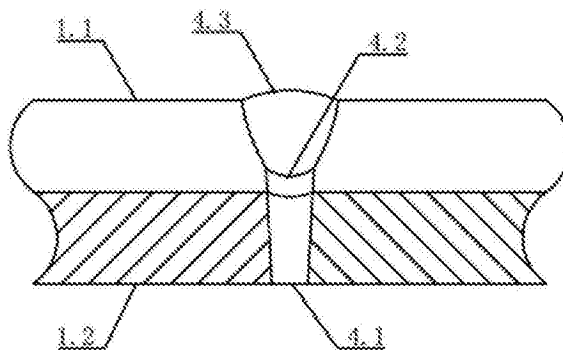
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种钛钢复合管单面焊双面成型焊接方法

(57)摘要

一种钛钢复合管单面焊双面成型焊接方法,适用于钛钢复合管的焊接。本发明为了解决现有钛钢复合管焊接存在的焊接过程操作复杂,累积热输入大,需要制备专用的焊材,焊接效率低的问题,进而提供一种钛钢复合管单面焊双面成型焊接方法。包括以下步骤:1)、在待焊钛钢复合管的管端加工带钝边的平底坡口;2)、清理焊接区域;3)、使用激光焊接方法对钛钢复合管的钛合金层进行焊接;4)、使用丙酮作为粘接剂将混合均匀的过渡层金属粉末制成糊状,均匀焊接坡口底部,压紧并进行烘干处理;5)、首先使用激光能量熔化过渡层金属形成过渡层,再采用电弧焊进行钢金属层的填充。该方法实现了钛钢复合管的单面焊双面成型的焊接,提高了钛钢复合管的焊接质量。



1. 一种钛钢复合管单面焊双面成型焊接方法,包括以下步骤:

1)、加工焊接坡口:在待焊钛钢复合管的管端加工带钝边的平底坡口,所述平底坡口的底边紧贴待焊钛钢复合管的钛合金层,钝边尺寸为钛合金层厚度;

2)、清理焊接区域:清理待焊钛钢复合管的坡口、待焊区及周围区域;

3)、钛合金层的打底焊接:使用激光焊接方法对钛钢复合管的钛合金层进行焊接;

4)、预置过渡层金属粉末:使用丙酮作为粘接剂将混合均匀的过渡层金属粉末制成糊状,均匀填充于经过步骤3)打底焊接之后的待焊钛钢复合管的坡口底部,填充层厚度为1.5-2mm,压紧并进行烘干处理;所述过渡层金属粉末由如下重量百分比组成:铌10-20%,钒30-40%,铍30-40%,铜10-20%,上述组分重量百分比之和为100%;

5)、过渡层及盖面层的焊接:使用激光作为热源融化步骤4)预置的金属粉末,使其与钛合金层熔合形成过渡层;然后采用熔化极电弧焊进行钛钢复合管的钢金属层的填充焊接,形成盖面层。

2. 根据权利要求1所述的一种钛钢复合管单面焊双面成型焊接方法,其特征在于:所述步骤1)中加工的带钝边的平底坡口为带钝边的平底梯形坡口,其坡口角度为单侧15-20°,坡口底边宽度为1.4-2.4mm。

3. 根据权利要求1所述的一种钛钢复合管单面焊双面成型焊接方法,其特征在于:所述步骤3)使用激光焊接方法对钛钢复合管的钛合金层进行焊接之前,先将钛钢复合管预热到100-120℃;焊接过程及焊后冷却过程中采用纯度不小于99.999%的高纯氩气对焊缝区、热影响区及温度高于295℃的焊缝金属进行保护。

4. 根据权利要求1或3所述的一种钛钢复合管单面焊双面成型焊接方法,其特征在于:所述步骤3)使用激光焊接方法对钛钢复合管的钛合金层进行焊接的焊接参数为:激光功率2.0-3.0kW,激光焦距300mm,焊接速度1.5-2.0m/min,线能量为: $q=65-75\text{J/mm}$ 。

5. 根据权利要求1所述的一种钛钢复合管单面焊双面成型焊接方法,其特征在于:所述步骤5)中使用激光作为热源融化步骤4)预置的过渡层金属粉末,使其与钛合金层熔合形成过渡层的具体操作要求是:焊接时调整激光光斑位置时应使光斑尺寸大于预置的过渡层金属粉末的最大宽度,使用激光能量融化预置金属粉末形成过渡层,同时保证侧壁熔合良好,所用焊接参数为:激光功率2.0-2.5kW,焊接速度为0.6-1.2m/min,光斑尺寸1.8-2.8mm。

6. 根据权利要求1所述的一种钛钢复合管单面焊双面成型焊接方法,其特征在于:所述步骤5)中采用熔化极电弧焊进行钛钢复合管的钢金属层的填充焊接,所用的焊丝为CHW-62GX,所用焊接参数为:焊接电流为100-160A,电压为16-20V,干伸长8-12mm,焊接速度为0.6-0.9m/min。

7. 根据权利要求1所述的一种钛钢复合管单面焊双面成型焊接方法,其特征在于:所述步骤5)采用熔化极电弧焊进行钛钢复合管的钢金属层的填充焊接中,对于钢金属层厚度大于3mm的钛钢复合管采用多层焊填充焊接。

8. 根据权利要求1所述的一种钛钢复合管单面焊双面成型焊接方法,其特征在于:所述步骤5)过渡层及盖面层的焊接过程及焊后冷却过程中,采用纯度不小于99.999%的高纯氩气对焊缝区、热影响区及温度高于295℃的焊缝金属进行保护。

一种钛钢复合管单面焊双面成型焊接方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种钛钢复合管单面焊双面成型焊接方法,属于焊接技术领域。

背景技术

[0002] 在某些特殊使用环境下,单一金属难以满足工件的性能要求,通过选择合适的金属组合,使性能相互补充,则可以获得能够适合于这种特殊要求的金属复合板。组成复合板的各层金属仍保持各自原有的特性,同时性能比单一金属更优越。金属钛因其对氧有非常大的亲合力,能在其表面上生成一层致密的氧化膜,可保护钛不受介质腐蚀。因此,钛在酸性、碱性、中性盐水溶液中和氧化性介质中具有很好的稳定性和耐腐蚀性,钛合金被广泛应用于石油、化工、冶金、海水淡化造船、电力及海洋工程等行业。但是,钛合金成本比较高,将钛合金与其他金属复合,制成金属复合材料,既可以发挥钛的优异性能,又可降低成本,钛-钢复合材料就是这样一种材料。

[0003] 钛钢复合管是通过液压法、热挤压法、旋压法、爆炸焊接法、离心铸造法、堆焊或热轧等方法,将钛与钢制成钛钢复合材料;钛钢复合管包括管内部的钛合金层、管外部的钢金属层以及钛合金层和钢金属层的结合面(复合界面层)。其中,钛合金层为金属复合板中的耐蚀层,钢金属层厚度较厚,为金属复合板中的受力层。钛钢复合管既可以发挥钛的耐腐蚀的优异性能,又可降低单独使用钛合金的巨大成本。钛钢复合管以其优异的性能,被广泛用作防腐蚀特殊用管材,在化工用液体气体用管、石油天然气输送管、油井用复合管具有广阔的应用前景。

[0004] 钛钢复合管虽然具有非常优良的性能,但钛与钢的焊接属于异种金属的焊接,实际使用中对其接头连接处耐腐蚀性能、承压能力及强度都有非常高的要求。由于Fe在Ti中的溶解度极低,当Fe的含量超过0.1%时,则会形成TiFe及TiFe₂等硬脆金属间化合物,使焊缝的塑性降低、脆性增加,因此钛钢复合管直接熔焊时,钛与钢的焊缝在焊接过程中极易形成裂纹。

[0005] 目前,钛钢复合管的焊接方法主要为钨极氩弧焊,需要使用不同的焊丝对钛层、过渡层及钢层进行多层多道焊接,当采用钨极氩弧焊进行填丝焊接时,虽然单道热输入量较小,但焊接层道数比较多,热积累较大,焊缝和热影响区金属在高温的停留时间比较长,晶粒长大倾向比较明显,从而造成焊接接头的韧性及腐蚀性能的降低。对于过渡层的制备,需要专门生产对应的焊丝,增加了焊接的成本。激光焊接与传统焊接方法相比,具有能量密度高,热输入低,热影响区窄等优点,有助于提高焊接接头质量。

发明内容

[0006] 本发明的发明目的是为了解决现有钛钢复合管焊接存在的焊接过程操作复杂,累积热输入大,焊接应力变形大,焊接效率低的问题,进而提供一种钛钢复合管单面焊双面成型焊接方法。本方法实现了钛钢复合管的全熔透焊接,提高了钛钢复合管的焊接质量及焊接效率,拓展了钛钢复合管的应用范围。

[0007] 本发明实现其发明目的所采取的技术方案是：一种钛钢复合管单面焊双面成型焊接方法，包括以下步骤：

[0008] 1)、加工焊接坡口：在待焊钛钢复合管的管端加工带钝边的平底坡口，所述平底坡口的底边紧贴待焊钛钢复合管的钛合金层，钝边尺寸为钛合金层厚度；

[0009] 2)、清理焊接区域：清理待焊钛钢复合管的坡口、待焊区及周围区域；具体做法是：清理待焊钛钢复合管的坡口和待焊区域，清理区域应不小于坡口边缘的15mm，去除杂物和氧化膜，然后用酒精溶液清理待焊区和待焊区周围，去除有机物杂质，可减少焊接中夹杂、气孔等缺陷的产生，保证焊接质量。

[0010] 3)、钛合金层的打底焊接：使用激光焊接方法对钛钢复合管的钛合金层进行焊接；

[0011] 4)、预置过渡层金属粉末：使用丙酮作为粘接剂将混合均匀的过渡层金属粉末制成糊状，均匀填充于经过步骤3) 打底焊接之后的待焊钛钢复合管的坡口底部，填充层厚度为1.5-2mm，压紧并进行烘干处理；所述过渡层金属粉末由如下重量百分比组成：钕10-20%，钒30-40%，铍30-40%，铜10-20%，上述组分重量百分比之和为100%；

[0012] 5)、过渡层及盖面层的焊接：使用激光作为热源融化步骤4) 预置的金属粉末，使其与钛合金层熔合形成过渡层；然后采用熔化极电弧焊进行钛钢复合管的钢金属层的填充焊接，形成盖面层。

[0013] 与现有技术相比，本发明的有益效果是：

[0014] 一、本发明首先采用激光束打底焊接钛合金层的打底焊接可以减小焊接变形，防止复合管界面处生成脆性相。采用带钝边的平底坡口有利于置过渡层金属粉末，制备过渡层以及过渡层与钛合金层及钢金属层的熔合过渡；然后使用激光作为热源融化预置金属粉末使其与钛合金熔合良好形成过渡层，提高了焊接效率，同时降低了过渡层焊材制备的成本，有利于过渡层与钛合金层及钢金属层的熔合过渡。最后通过熔化极电弧焊进行钛钢复合管的钢金属层的填充焊接。

[0015] 二、本发明方法阻隔了Fe与Ti之间形成脆性相，最终实现钛钢复合管的单面焊双面成型，显著提高了焊接效率和质量；与现有焊接技术相比，本发明可以提高复合管焊接接头的强韧性，减少焊接层道数，提高焊接效率及质量，拓展钛钢复合管的应用范围。

[0016] 进一步，本发明所述步骤1) 中加工的带钝边的平底坡口为带钝边的平底梯形坡口，其坡口角度为单侧15-20°，坡口底边宽度为1.4-2.4mm。

[0017] 这样，采用坡口角度为单侧15-20°的平底梯形坡口，有利于钛合金层的打底焊接的进行，防止复合管界面处生成脆性相；这个尺寸的坡口底边用于制备过渡层，有利于过渡层金属与钛合金层及钢金属层的熔合过渡，阻隔Fe与Ti之间形成脆性相，提高复合管焊接接头的强韧性。

[0018] 本发明所述步骤2) 清理焊接区域后，需将待焊钛钢复合管组对对接装配夹紧，装配间隙为0-0.2mm。

[0019] 进一步，本发明所述步骤3) 使用激光焊接方法对钛钢复合管的钛合金层进行焊接之前，先将钛钢复合管预热到100-120℃；焊接过程及焊后冷却过程中采用纯度不小于99.999%的高纯氩气对焊缝区、热影响区及温度高于295℃的焊缝金属进行保护。

[0020] 焊接前预热到100-120℃能减缓焊后的冷却速度，有利于焊缝金属中扩散氢的逸出，避免产生氢致裂纹，提高了焊接接头的抗裂性；同时可减少焊接区域被焊工件之间的温

度差,降低焊接应力和焊接应变速率,有利于避免产生焊接裂纹。

[0021] 对焊缝及周围区域的保护主要可以防止高温钛合金及过渡层金属被氧化,造成焊接缺陷;由于钛在高温下有很强的化学活泼性,钛在300℃以上快速吸氢,600℃以上快速吸氧,700℃以上快速吸氮。经试验发现,对钛在焊接过程及焊后冷却过程中温度高于295℃的区域进行保护可以有效保护钛合金不发生化学反应。

[0022] 更进一步,本发明所述步骤3)使用激光焊接方法对钛钢复合管的钛合金层进行焊接的焊接参数为:激光功率2.0-3.0kW,激光焦距300mm,焊接速度1.5-2.0m/min,线能量为: $q=65-75\text{J/mm}$ 。

[0023] 经大量试验发现,采用以上焊接参数可以减少焊接热输入,从而可以减少焊接变形和热应力;还可以减小焊接热影响区的宽度,有利于焊缝成型及焊接质量。

[0024] 进一步,本发明所述步骤5)中使用激光作为热源熔化步骤4)预置的金属粉末,使其与钛合金层熔合形成过渡层的具体操作要求是:焊接时调整激光光斑位置时应使光斑尺寸大于过渡层填充金属的最大宽度,使用激光能量熔化预置金属粉末形成过渡层,同时保证侧壁熔合良好,所用焊接参数为:激光功率2.0-2.5kW,焊接速度为0.6-1.2m/min,光斑尺寸1.8-2.8mm。

[0025] 这样,通过控制激光光斑大小,可以保证过渡层金属粉末与焊接坡口熔合良好,且与钛合金侧及钢侧金属形成稳定的过渡层,抑制硬脆金属间化合物的生成,保证焊接接头的强韧性。

[0026] 进一步,本发明所述步骤5)中采用熔化极电弧焊进行钛钢复合管的钢金属层的填充焊接,所用的焊丝为CHW-62GX,所用焊接参数为:焊接电流为100-160A,电压为16-20V,干伸长8-12mm,焊接速度为0.6-0.9m/min。

[0027] 经大量试验发现,采用以上焊接参数可以防止填充金属穿过过渡层形成金属间化合物;同时减少钢金属层焊接时的热输入量,减少合金元素的烧损,降低热影响区宽度,保证焊缝的韧性;此外还可以减小焊接变形及焊接残余应力。

[0028] 进一步,本发明所述步骤5)采用熔化极电弧焊进行钛钢复合管的钢金属层的填充焊接中,对于钢金属层厚度大于3mm的钛钢复合管采用多层焊填充焊接。

[0029] 钢金属层焊接时为防止参数过大电弧力对过渡层金属的冲击与钛合金层接触形成金属间化合物,同时厚板焊接为了保证填充量及控制线能量,对于钢金属层厚度大于3mm的钛钢复合管需要采用小的焊接参数进行多层焊接。

[0030] 进一步,本发明所述步骤5)过渡层及盖面层的焊接过程及焊后冷却过程中,采用纯度不小于99.999%的高纯氩气对焊缝区、热影响区及温度高于295℃的焊缝金属进行保护。

[0031] 对焊缝及周围区域的保护主要可以防止高温钛合金及过渡层金属被氧化,造成焊接缺陷;另外,由于钛在高温下有很强的化学活泼性,钛在300℃以上快速吸氢,600℃以上快速吸氧,700℃以上快速吸氮。经试验发现,对焊接过程及焊后冷却过程中温度高于295℃的区域进行保护可以有效保护钛合金不发生化学反应。

[0032] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步详细说明。

附图说明

[0033] 图1是本发明实施例钛钢复合管全熔透焊接的焊接坡口设计图。

[0034] 图2是本发明实施例加工好焊接坡口后的钛钢复合管示意图。

[0035] 图3是本发明实施例钛钢复合管钛合金层焊接示意图。

[0036] 图4是本发明实施例钛钢复合管过渡层激光束焊接示意图。

[0037] 图5是本发明实施例钛钢复合管焊后的焊缝截面示意图。

[0038] 图中, d_1 为钢金属层厚度, d_2 为钛合金层厚度(钝边尺寸), θ 为两侧焊接坡口总角度, a 为平底坡口底边宽度;1.1为钢金属层,1.2为钛合金层,2.1为焊接坡口,2.2为预置的过渡层金属粉末,3.1为焊接钛合金层时所用激光束,3.2为焊接过渡层时所用激光束,4.1为钛合金层焊缝,4.2为过渡层焊缝,4.3为钢金属层焊缝。

具体实施方式

[0039] 实施例一

[0040] 本发明的一种具体实施方式是:一种钛钢复合管(钛合金层3mm+钢金属层3-8mm,由轧制方法获得)单面焊双面成型焊接方法,包括以下步骤:

[0041] 1)、加工焊接坡口:在待焊钛钢复合管的管端加工带钝边的平底梯形坡口,所述平底坡口的底边紧贴待焊钛钢复合管的钛合金层,钝边尺寸为钛合金层厚度;所述坡口角度为单侧 15° - 20° ,坡口底边尺寸为1.4-2.4mm;图1是本例焊接坡口设计图,图2是本例加工好焊接坡口后的钛钢复合管示意图;

[0042] 2)、清理焊接区域:清理待焊钛钢复合管的坡口和待焊区域,清理区域应不小于坡口边缘的15mm,去除杂物和氧化膜,然后用酒精溶液清理待焊区和待焊区周围,去除有机物杂质,可减少焊接中夹杂、气孔等缺陷的产生,保证焊接质量;

[0043] 3)、钛合金层的打底焊接:使用激光焊接方法对钛钢复合管的钛合金层进行焊接;焊接之前,先将钛钢复合管预热到 $100-120^{\circ}\text{C}$;焊接过程及焊后冷却过程中采用纯度不小于99.999%的高纯氩气对焊缝区、热影响区及温度高于 295°C 的焊缝金属进行保护;所述激光焊接的焊接参数为:激光功率2.0-3.0kW,激光焦距300mm,焊接速度1.5-2.0m/min,线能量为: $q=65-75\text{J/mm}$;图3为本例钛合金层焊接示意图;

[0044] 4)、预置过渡层金属粉末:使用丙酮作为粘接剂将混合均匀的过渡层金属粉末制成糊状,均匀填充于经过步骤3)打底焊接之后的待焊钛钢复合管的坡口底部,填充层厚度为1.5-2mm,压紧确保无空隙,并进行烘干处理;所述过渡层金属粉末由如下重量百分比组成:铌10-20%,钒30-40%,铍30-40%,铜10-20%,上述组分重量百分比之和为100%;

[0045] 5)、过渡层及盖面层的焊接:使用激光作为热源熔化步骤4)预置的金属粉末,使其与钛合金层熔合形成过渡层,其具体操作要求是:焊接时调整激光光斑位置时应使光斑尺寸大于过渡层填充金属的最大宽度,使用激光能量熔化预置金属粉末形成过渡层,同时保证侧壁熔合良好,所用焊接参数为:激光功率2.0-2.5kW,焊接速度为0.6-1.2m/min,光斑尺寸1.8-2.8mm;图4为本例钛钢复合管过渡层激光束焊接示意图;

[0046] 然后采用熔化极电弧焊进行钛钢复合管的钢金属层的填充焊接,形成盖面层,熔化极电弧焊所用的焊丝为CHW-62GX,所用焊接参数为:焊接电流为100-160A,电压为16-20V,干伸长8-12mm,焊接速度为0.6-0.9m/min;对于钢金属层厚度大于3mm的钛钢复合管采用多层焊填充焊接。

[0047] 本例中在过渡层及盖面层的焊接过程及焊后冷却过程中,采用纯度不小于99.999%的高纯氩气对焊缝区、热影响区及温度高于295℃的焊缝金属进行保护,焊接气体保护为20L/min。

[0048] 图5示出,本实施例钛钢复合管焊后的焊缝截面示意图。

[0049] 实施例二

[0050] 本发明的另一种具体实施方式是:一种钛钢复合管(钛合金层3mm+钢金属层3-8mm,由轧制方法获得)单面焊双面成型焊接方法,包括以下步骤:

[0051] 1)、加工焊接坡口:在待焊钛钢复合管的管端加工带钝边的平底坡口,所述平底坡口的底边紧贴待焊钛钢复合管的钛合金层,钝边尺寸为钛合金层厚度;所述坡口角度为单侧15-20°,坡口底边尺寸为1.4-2.4mm;

[0052] 2)、清理焊接区域:清理待焊钛钢复合管的坡口和待焊区域,清理区域应不小于坡口边缘的15mm,去除杂物和氧化膜,然后用酒精溶液清理待焊区和待焊区周围,去除有机物杂质,可减少焊接中夹杂、气孔等缺陷的产生,保证焊接质量;

[0053] 3)、钛合金层的打底焊接:使用激光焊接方法对钛钢复合管的钛合金层进行焊接;焊接之前,先将钛钢复合管预热到100-120℃;焊接过程及焊后冷却过程中采用纯度不小于99.999%的高纯氩气对焊缝区、热影响区及温度高于295℃的焊缝金属进行保护;所述激光焊接的焊接参数为:激光功率2.0-3.0kW,激光焦距300mm,焊接速度1.5-2.0m/min,线能量为: $q=65-75\text{J/mm}$;

[0054] 4)、预置过渡层金属粉末:使用丙酮作为粘接剂将混合均匀的过渡层金属粉末制成糊状,均匀填充于经过步骤3)打底焊接之后的待焊钛钢复合管的坡口底部,填充层厚度为1.5-2mm,压紧确保无空隙,并进行烘干处理;所述过渡层金属粉末由如下重量百分比组成:铌10-20%,钒30-40%,铍30-40%,铜10-20%,上述组分重量百分比之和为100%;

[0055] 5)、过渡层及盖面层的焊接:使用激光作为热源熔化步骤4)预置的金属粉末,使其与钛合金层熔合形成过渡层,其具体操作要求是:焊接时调整激光光斑位置时应使光斑尺寸大于过渡层填充金属的最大宽度,使用激光能量熔化预置金属粉末形成过渡层,同时保证侧壁熔合良好,所用焊接参数为:激光功率2.0-2.5kW,焊接速度为0.6-1.2m/min,光斑尺寸1.8-2.8mm;

[0056] 然后采用熔化极电弧焊进行钛钢复合管的钢金属层的填充焊接,形成盖面层,熔化极电弧焊所用的焊丝为CHW-62GX,所用焊接参数为:焊接电流为100-160A,电压为16-20V,干伸长8-12mm,焊接速度为0.6-0.9m/min;对于钢金属层厚度大于3mm的钛钢复合管采用多层焊填充焊接。

[0057] 本例中在过渡层及盖面层的焊接过程及焊后冷却过程中,采用纯度不小于99.999%的高纯氩气对焊缝区、热影响区及温度高于295℃的焊缝金属进行保护,焊接气体保护为20L/min。

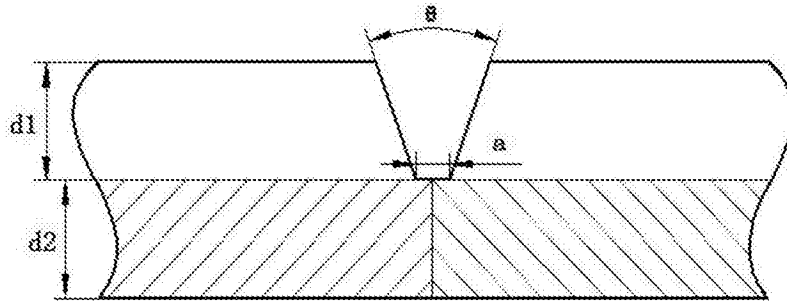


图1

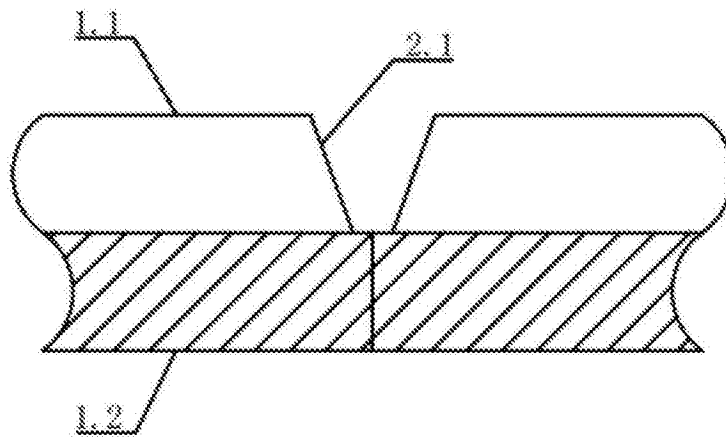


图2

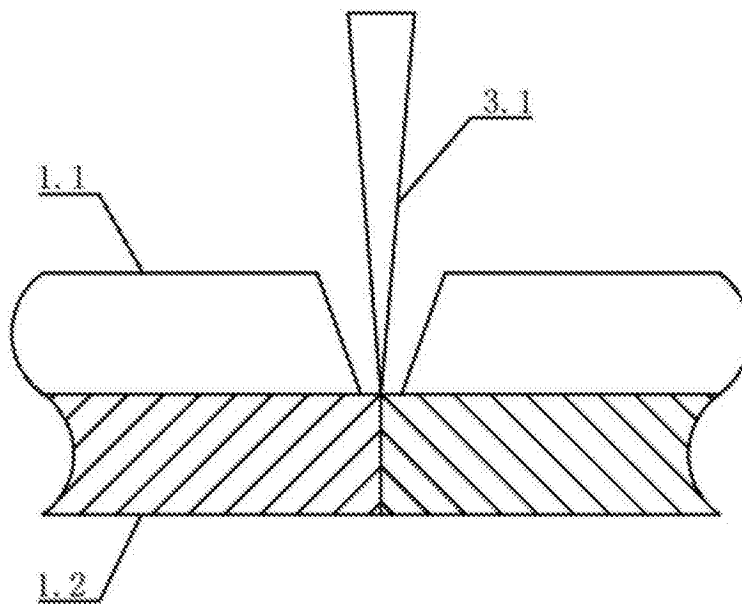


图3

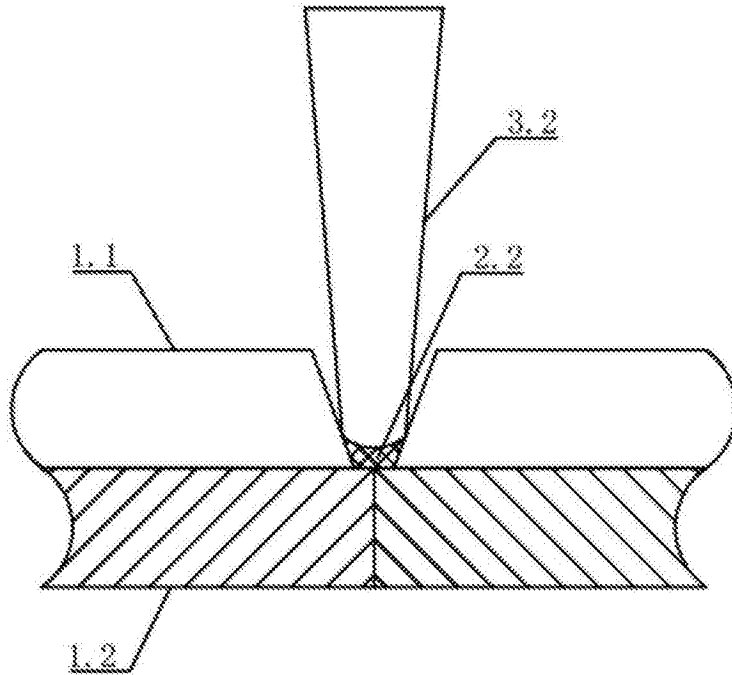


图4

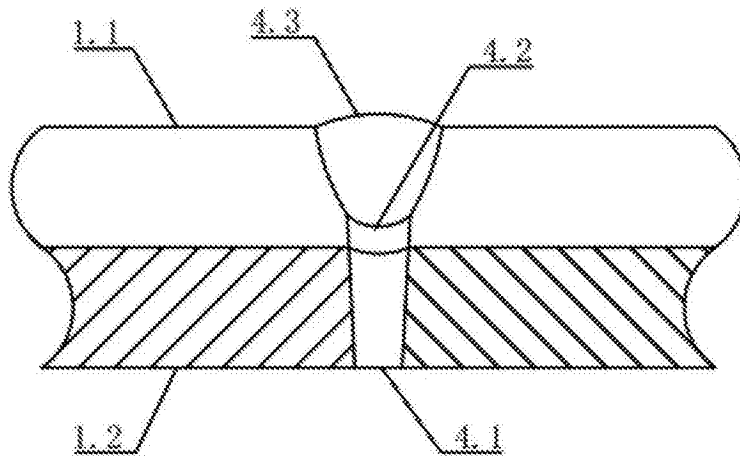


图5