



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108655552 B

(45) 授权公告日 2020.12.08

(21) 申请号 201810553987.8

(22) 申请日 2018.06.01

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108655552 A

(43) 申请公布日 2018.10.16

(73) 专利权人 上海交通大学  
地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72) 发明人 祁麟 李永兵 李方舟 楼铭  
雷海洋

(74) 专利代理机构 上海交达专利事务所 31201  
代理人 王毓理 王锡麟

(51) Int.Cl.  
B23K 11/11 (2006.01)

审查员 付秋姣

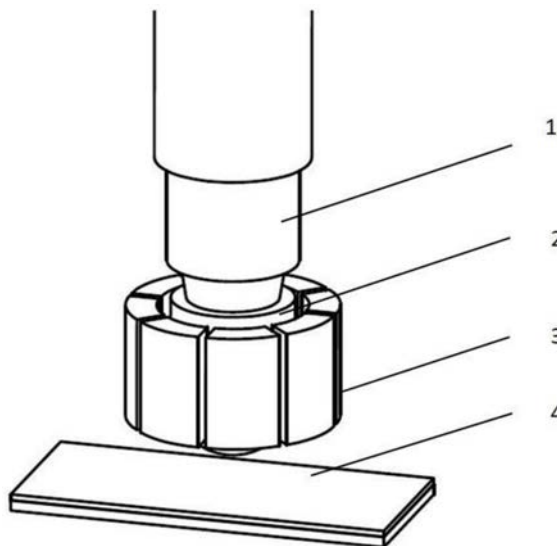
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

径向充磁单侧磁控电阻点焊装置

(57) 摘要

一种径向充磁单侧磁控电阻点焊装置,包括:用于生成径向磁场的至少一块永磁体单元、电极杆和电极帽,电极帽设置于电极杆末端,永磁体单元中心对称分布于电极帽周围,磁力线穿过对称轴且永磁体单元的底部为熔核区域,该熔核区域内有效搅拌磁场作用方向为径向。本发明中永磁体单元采用径向充磁方式,仅需单侧布置在任意一侧即可在有效焊接区域获得更强的径向有效磁场,焊接时径向外加磁场与轴向焊接电流产生的洛伦兹力对焊核熔化金属进行非接触电磁搅拌,使金属流体做高速旋转运动冲刷焊核边界,增大熔核直径并降低温度梯度;冷却结晶阶段液态金属持续做惯性流动,通过打碎枝晶细化晶粒组织,显著提升焊接接头质量。



1. 一种基于径向充磁单侧磁控电阻点焊装置的点焊工艺,其特征在于,所述的点焊装置包括:用于生成径向磁场的至少一块永磁体单元、电极杆和电极帽,其中:电极帽设置于电极杆的末端,永磁体单元中心对称分布于电极帽周围,其充磁方向沿径向,磁力线穿过对称轴且永磁体单元的底部为熔核区域,该熔核区域内有效搅拌磁场为径向;

所述的永磁体单元为多块相同的径向充磁永磁体单元以中心对称方式设置于电极帽的四周;

所述的点焊工艺,包括以下步骤:

步骤1、预压阶段:电极杆和电极帽向下运动夹紧工件并形成导电通路,同时带动永磁体单元与待焊工件紧密接触,即工作时永磁体单元下端面与板材相互接触;

步骤2、通电焊接阶段:设定的焊接电流通过电极杆和电极帽流过工件,对工件局部进行加热,轴向焊接电流与永磁体单元产生的径向磁场相互作用产生周向洛伦兹力,推动液态熔化金属高速流动,增大焊核尺寸并降低温度梯度;

步骤3、焊后保持阶段:焊接电流调整为通电焊接阶段电流的0~20%,使洛伦兹力持续作用于做惯性流动的液态金属,改变枝晶凝固结晶方向并打碎枝晶并细化晶粒。

2. 根据权利要求1所述的点焊工艺,其特征是,所述的永磁体单元的弧度为30~180°。

3. 根据权利要求1或2所述的点焊工艺,其特征是,所述的永磁体单元厚度为2~10mm,高度为3~15mm,内径为10~30mm。

4. 根据权利要求1所述的点焊工艺,其特征是,所述的永磁体单元,其工作时下端面与板材的距离为[0mm,3mm]。

5. 根据权利要求1所述的点焊工艺,其特征是,所述的永磁体单元与电极杆安装距离为(0mm,1mm]。

6. 根据权利要求1或2或4或5所述的点焊工艺,其特征是,所述的永磁体单元采用耐高温钕铁硼,其退磁温度应大于80°C,其剩磁强度应大于0.8Br/T,矫顽力应大于500Hcb/kA/m。

## 径向充磁单侧磁控电阻点焊装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种电磁焊接领域的技术,具体是一种径向充磁单侧磁控电阻点焊装置。

### 背景技术

[0002] 高强钢、铝合金等轻量化材料以及异种材料连接的广泛应用给现有电阻点焊工艺带来诸多挑战:高强钢碳当量较高,在焊核快速冷却过程中极易形成脆硬、粗大的板条状马氏体组织,使得焊接接头强度、疲劳性能大幅下降;而铝合金导热导电性能好、线膨胀系数大,在焊接过程中容易产生气孔、裂纹等缺陷,使得接头性能低,而且接头形成过程能耗极高。通过多脉冲、焊后热处理等手段虽然可以缓解接头组织脆硬性和界面失效,但需要消耗更多的资源,且工艺过程相对复杂。现有的磁控电阻点焊装置均为轴向轴对称磁场,导致焊接区域径向分量很小,需采用双侧对称布置才能在有效焊接区与板材平行的径向具有足够的磁场强度,导致磁控装置尺寸大,电磁搅拌效果有限。

### 发明内容

[0003] 本发明针对现有技术存在的上述不足,提出一种径向充磁单侧磁控电阻点焊装置,采用径向充磁方式,仅需安装在待焊接工件的任意一侧,即可提供焊接过程中所需的径向磁场,并且磁控装置通过单侧多块永磁体径向互斥,产生焊接过程中所需要的径向磁场,使得熔融金属进行高速旋转流动,冲刷熔池边界,降低温度梯度分布,从而显著改善熔化金属的结晶过程,最大化的增加熔核直径。通过磁场作用机制的改变大幅缩减磁控装置尺寸,提升了电磁搅拌效果。

[0004] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0005] 本发明包括:用于生成径向磁场的至少一个永磁体单元、电极杆和电极帽,其中:电极帽设置于电极杆的末端,永磁体单元中心对称分布于电极帽周围,永磁体单元的底部为熔核形成区域,该区域内的有效搅拌磁场方向为与工件平行的径向。

[0006] 所述的永磁体单元的弧度为 $30\sim 180^\circ$ ,厚度为 $2\sim 10\text{mm}$ ,高度为 $3\sim 15\text{mm}$ ,内径为 $10\sim 30\text{mm}$ 。

[0007] 所述的永磁体单元,其充磁方向为工件表面平行的径向,磁力线穿过永磁体单元的对称轴。

[0008] 所述的永磁体单元,其工作时下端面与板材的距离优选为 $[0\text{mm}, 3\text{mm}]$ 。

[0009] 所述的永磁体单元优选采用耐高温钕铁硼,其退磁温度应大于 $80^\circ\text{C}$ ,其剩磁强度应大于 $0.8\text{Br}/\text{T}$ ,矫顽力应大于 $500\text{Hcb}/\text{kA}/\text{m}$ 。

[0010] 所述的永磁体单元与电极杆安装距离为 $(0\text{mm}, 1\text{mm}]$ 。

[0011] 所述的永磁体单元可以单个布置,也可针对不同需求进行多块组合使用,优选为八块相同的永磁体单元以中心对称方式设置于电极帽的四周。

[0012] 本发明涉及一种基于上述装置的径向充磁单侧磁控电阻点焊工艺,具体为:

[0013] 步骤1、预压阶段:电极杆和电极帽向下运动,在设定的电极力作用下夹紧工件以提供可靠的导电通路,同时带动永磁体单元与待焊工件紧密接触。

[0014] 步骤2、通电焊接阶段:设定的焊接电流通过电极杆和电极帽流过工件,对工件局部进行加热。轴向焊接电流与永磁体单元产生的径向磁场相互作用产生周向洛伦兹力,推动液态熔化金属沿轴向做高速流动,增大焊核尺寸,降低温度梯度。

[0015] 步骤3、焊后保持阶段:电流调整为通电焊接阶段电流的0~20%,使洛伦兹力持续作用于做惯性流动的液态金属,改变枝晶凝固结晶方向,打碎枝晶并细化晶粒。

[0016] 技术效果

[0017] 与现有技术相比,本发明能够应用于单面电阻点焊以及下电极杆具有特殊形状难于安装磁控装置的双面电阻点焊焊机,通过单侧布置径向充磁磁控装置,实现对原有上下对称布置的大尺寸轴向充磁磁控装置的代替,使得有效焊接区域可以获得更强的径向有效磁场,在节约空间、减少干涉、提升磁控效果的同时,使之适用于单面电阻点焊设备以及传统双面点焊设备,拓展了磁控装置的应用领域。通过多种永磁体布置方式,根据不同的工位,实现最优的技术效果。在单侧径向磁控装置的作用下,熔核区较现有装置获得了高强度的径向有效磁场,径向外加磁场与轴向焊接电流产生的洛伦兹力对焊核熔化金属进行非接触电磁搅拌,使金属流体做高速旋转运动,降低温度梯度,改善熔化金属的结晶过程,细化晶粒组织,与此同时通过高速冲刷焊核边界,增大熔核直径,显著提高了焊接接头质量;此外,由于单面径向充磁磁控装置无需上下对称布置,对于不锈钢、铝合金等弱磁、非磁性材料,可以防止由于长期互斥所引发的夹具松动、滑脱等问题,从而大幅增加磁控点焊工艺的可靠性。

## 附图说明

[0018] 图1为实施例1四瓣式径向磁控装置结构示意图;

[0019] 图2为多种永磁体单元布置方式及尺寸示意图;

[0020] 图中:a为单瓣式永磁体单元布置方式,b为两瓣式永磁体单元布置方式,c为八瓣式永磁体单元布置方式,d为永磁体单元尺寸结构示意图;

[0021] 图3为径向单侧磁控装置磁场分布示意图;

[0022] 图中:a为2D永磁体径向充磁方向示意图,b为3D永磁体径向充磁方向示意图,c为径向充磁装置磁场分布示意图;

[0023] 图4为实施例2八瓣式径向磁控装置结构示意图;

[0024] 图5为实施例3两瓣分体式径向磁控装置结构示意图;

[0025] 图6为实施例4单瓣式径向磁控装置结构示意图;

[0026] 图中:1单侧电极杆、2电极帽、3永磁体单元、4待焊工件。

## 具体实施方式

[0027] 实施例1

[0028] 如图1所示,为本实施例涉及的一种四瓣式径向磁控装置,其中包含:单侧电极杆1、电极帽2、永磁体单元3,其中:电极帽2设置于电极杆1的自由端,永磁体单元3固定设置于电极杆1末端,使得永磁体单元下端距电极帽末端0~3mm。

[0029] 本实施例中的待焊工件4为不锈钢板304,其厚度匹配为:1.5mm+2.5mm。

[0030] 如图2d和图3a~c所示,本实施例中的永磁体单元3为四块弧度为 $90^{\circ}$ 的永磁体单元,其壁厚为5mm,高度为15mm,四块永磁体单元以中心对称方式安置于电极帽周围,永磁体沿轴向充磁,内壁极向为N,外壁极向为S。

[0031] 本实施例采用焊接交变电流8.5kA,焊接压力4kN,预压时间120ms,焊接时间500ms,保压时间250ms。

[0032] 步骤1、预压阶段:电极杆1和电极帽2向下运动,在设定的电极力4kN作用下夹紧工件以提供可靠的导电通路,同时带动永磁体单元3与待焊工件4紧密接触。

[0033] 步骤2、通电焊接阶段:设定的8.5kA焊接电流通过电极杆1和电极帽2流过工件4,对工件局部进行加热。轴向焊接电流与永磁体单元产生的径向磁场相互作用产生周向洛伦兹力,推动液态熔化金属沿轴向做高速流动,增大焊核尺寸,降低温度梯度。

[0034] 步骤3、焊后保持阶段:电流调整为1kA,使洛伦兹力持续作用于做惯性流动的液态金属,改变枝晶凝固结晶方向,打碎枝晶并细化晶粒。

[0035] 与现有技术相比,本实施例仅需在单侧布置磁控装置,通过径向充磁的永磁体单元中心对称布置,实现对原有上下对称布置的大尺寸轴向充磁磁控装置的代替,使得有效焊接区域可以获得更强的径向有效磁场、更好的焊接效果。通过电磁搅拌作用,使得熔核直径增加15%,提高焊接接头的机械性能20%,断裂吸能性提升70%,微观组织晶粒细化明显,与现有技术相比,装置总体积减少50%,且磁控效果更为显著。

[0036] 实施例2

[0037] 如图4所示,为本实施例八瓣式径向充磁单侧磁控电阻点焊装置,其与实施例1相比的不同之处在于:所述的永磁体单元3为八块弧度为 $45^{\circ}$ 的永磁体单元,如图2c所示。

[0038] 与实施例1相比,本实施例的进一步技术效果在于采用更密集的的永磁体单元,使得外加磁场在各个方向具有更好的一致性,可以更加稳定地提升熔核质量,针对可能具有焊接干涉的工况,八瓣永磁体单元可以根据干涉位置进行部分单元伸缩,使得尽可能多的永磁体单元与待焊工件接触,从而使有效磁场达到最佳状态,同时磁控效果也略有增强。通过电磁搅拌作用,使得熔核直径增加18%,提高焊接接头的机械性能25%,断裂吸能性提升80%。

[0039] 实施例3

[0040] 如图5所示,为本实施例两瓣式径向充磁单侧磁控装置,其与实施例1相比的不同之处在于:所述的永磁体单元3为两块弧度为 $90^{\circ}$ 的径向充磁永磁体单元,如图2b所示。

[0041] 与实施例1相比,本实施例的技术效果在于进一步缩小磁控装置的体积,装置总体积仅为实施例1的50%,减少生产过程中可能存在的干涉问题,实验表明,采用两瓣式单侧永磁体装置,磁控效果较实施例1相比,提升效果仅略有下降。在电磁搅拌作用下,微观组织晶粒细化明显,接头熔核直径增加13%,提高焊接接头的机械性能17%,断裂吸能性提升50%。

[0042] 实施例4

[0043] 如图6所示,为本实施例单瓣式实施例径向充磁单侧磁控装置,其与实施例1相比的不同之处在于:所述的永磁体单元3为单块弧度为 $90^{\circ}$ 的径向充磁永磁体单元,如图2a所示。

[0044] 与实施例1相比,本实施例的进一步技术效果在于,体积缩小为实施例1装置的25%,最大程度地减少生产过程中可能存在的干涉问题,使得装置具有更大的自由度,可应用于狭小的焊接工位。实验表明,采用单瓣式单侧永磁体装置,磁控效果较实施例1相比,性能削弱30%,而体积下降至实施例1的1/4。在电磁搅拌作用下,微观组织晶粒得到一定程度的细化,接头熔核直径增加9%,提高焊接接头的机械性能12%,断裂吸能性提升40%。

[0045] 上述具体实施可由本领域技术人员在不背离本发明原理和宗旨的前提下以不同的方式对其进行局部调整,本发明的保护范围以权利要求书为准且不由上述具体实施所限,在其范围内的各个实现方案均受本发明之约束。

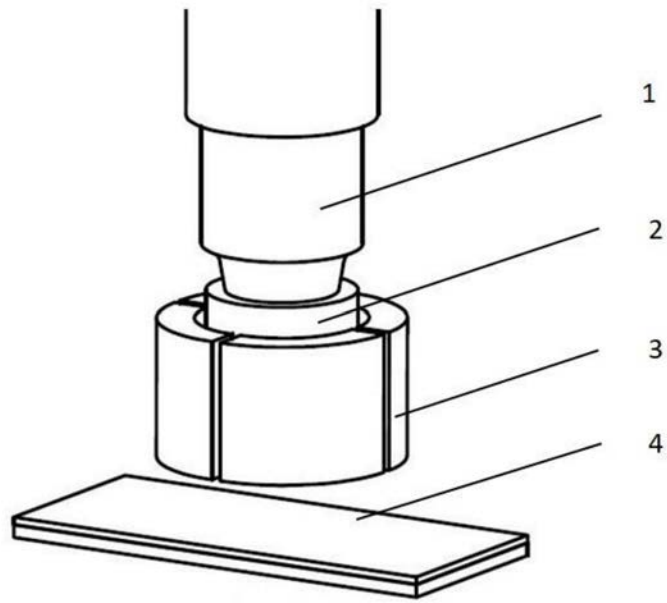


图1

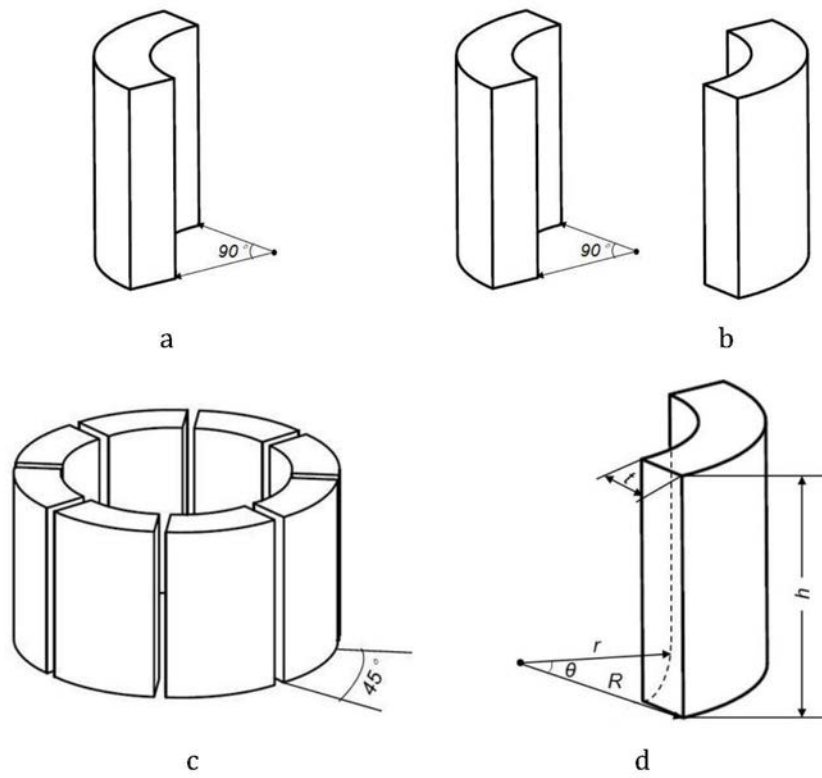


图2

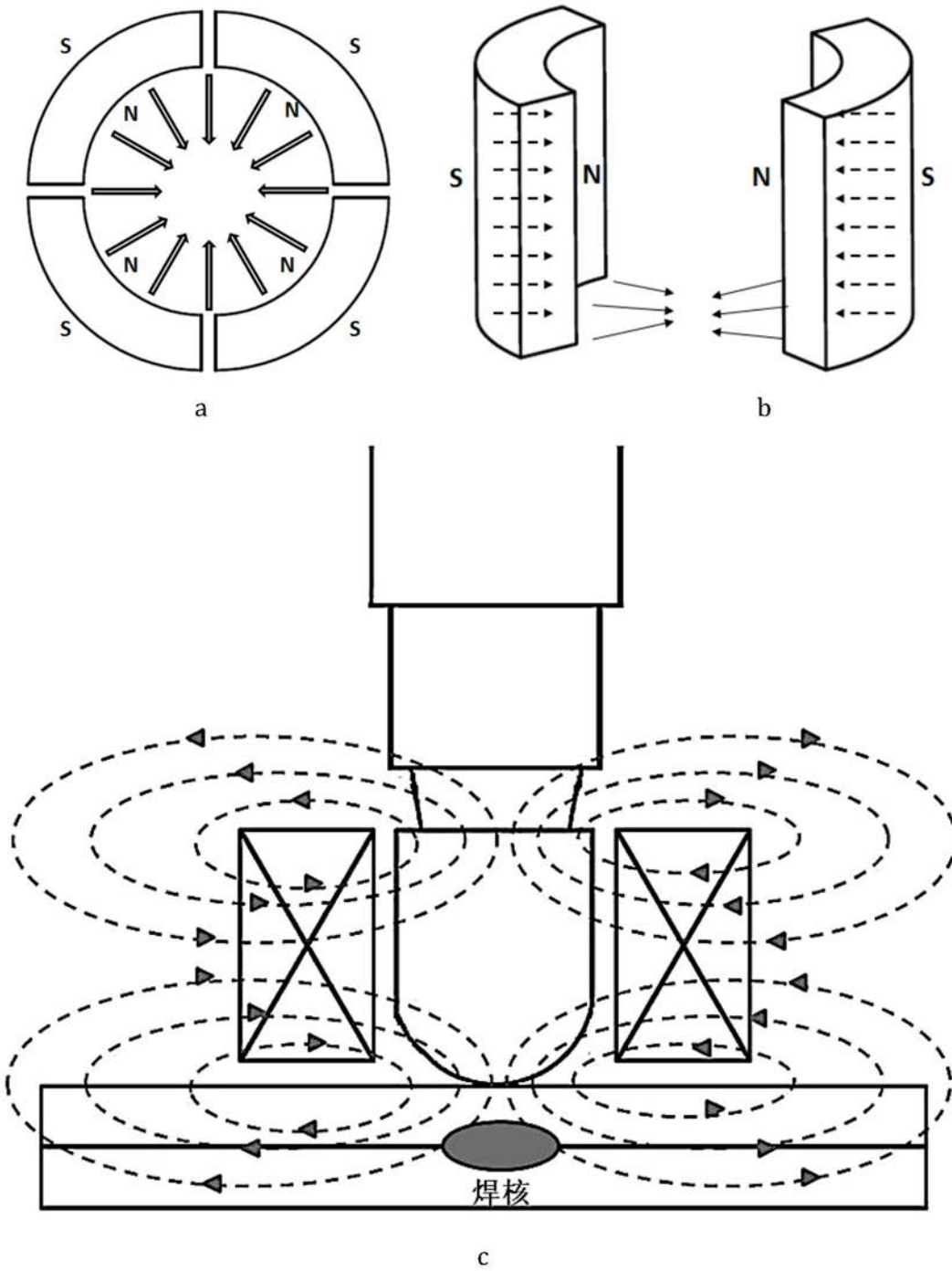


图3

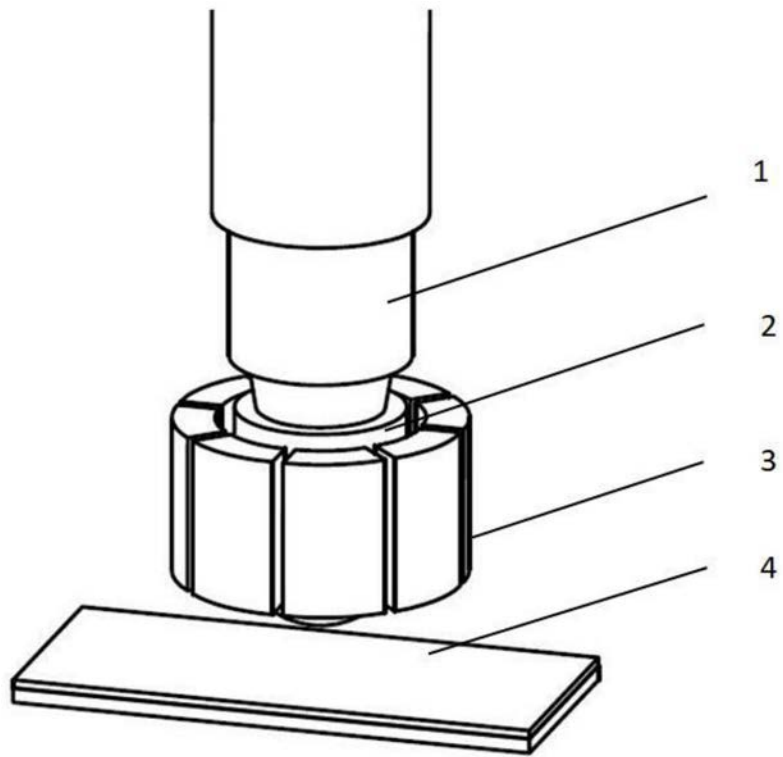


图4

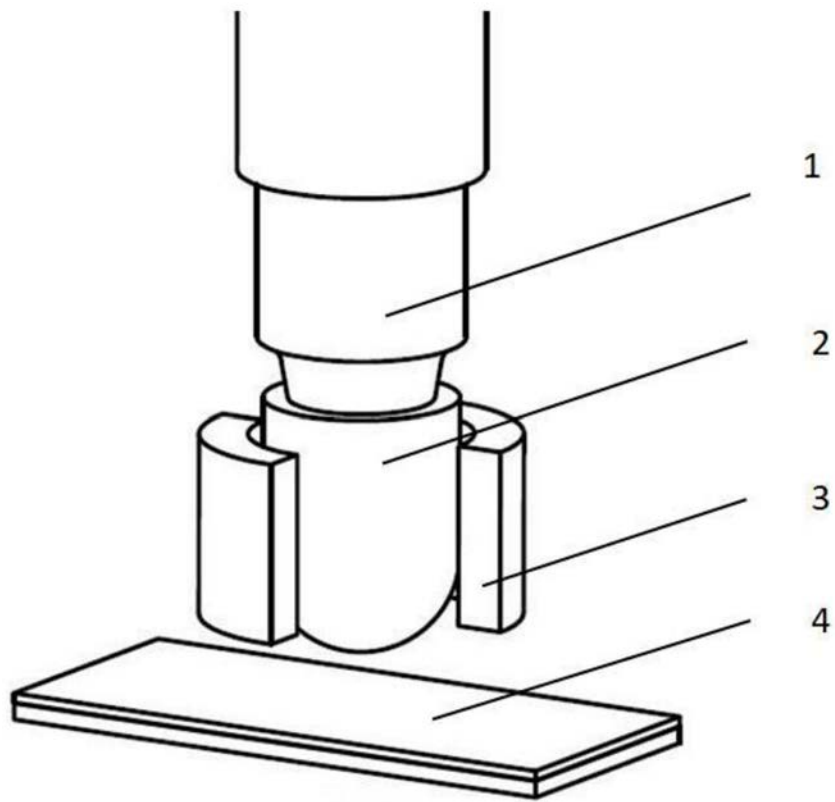


图5

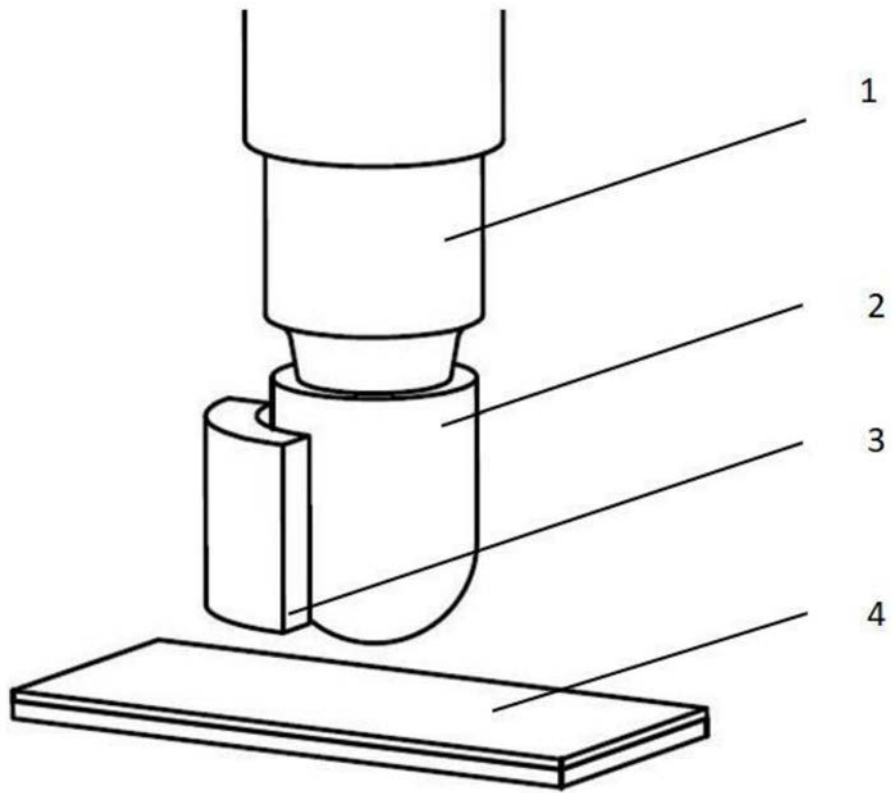


图6