



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113909492 B

(45) 授权公告日 2022.08.16

(21) 申请号 202111119021.1

B22F 12/53 (2021.01)

(22) 申请日 2021.09.24

B33Y 40/00 (2020.01)

B33Y 30/00 (2015.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113909492 A

审查员 董琼

(43) 申请公布日 2022.01.11

(73) 专利权人 西北工业大学

地址 710072 陕西省西安市友谊西路127号

(72) 发明人 齐乐华 周怡 罗俊 豆毅博

李贺军

(74) 专利代理机构 西安凯多思知识产权代理事

务所(普通合伙) 61290

专利代理师 高凌君

(51) Int.Cl.

B22F 10/22 (2021.01)

B22F 12/70 (2021.01)

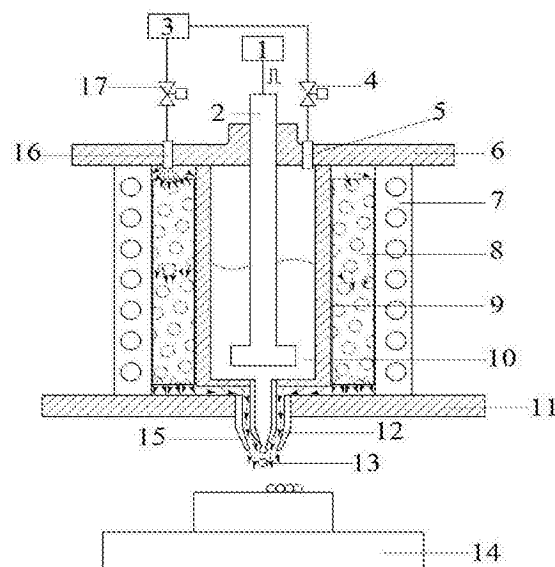
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种带小回流区的金属微滴喷射装置

(57) 摘要

本发明提供了一种带小回流区的金属微滴喷射装置,解决现有金属微滴喷射装置中侧吹式保护气流产生组件对金属液滴喷射飞行过程干扰作用强,以及现有环形射流式保护气流产生组件存在较大回流区的技术问题。该装置的保护气流道由保护气均布段流道和保护气作用段流道组成,保护气作用段流道由环形射流区I和侧吹区II组成,保护气先经过保护气均布段流道的均气作用,再流经保护气作用段流道环形射流区I使保护气流动方向与液滴下落方向一致,最后经过保护气作用段流道侧吹区II的小角度聚集作用到达喷嘴附近,从而用于金属液滴的低氧保护。



1. 一种带小回流区的金属微滴喷射装置,其特征在于:包括金属微滴产生单元、顶盖、底盖以及保护气流产生单元;

所述金属微滴产生单元包括喷射控制器、均匀金属微滴喷射控制组件、坩埚、加热组件以及喷嘴;

所述坩埚和加热组件由内向外同轴密封设置在顶盖与底盖之间,且两者之间留有保护气均布段流道;坩埚下端同轴设置有所述喷嘴,所述底盖上开设通孔,所述喷嘴伸出通孔,且坩埚和喷嘴均与底盖之间留有间隙;

所述均匀金属微滴喷射控制组件安装在顶盖上,均匀金属微滴喷射控制组件伸入坩埚内,并与坩埚同轴,在喷射控制器的控制下于喷嘴处形成金属液滴;

所述保护气流产生单元包括惰性气体气源、保护气控制电磁阀、背压气控制电磁阀、均气结构以及保护气流道外结构件;所述均气结构填充在所述保护气均布段流道内;

所述保护气流道外结构件设置在所述通孔上,保护气流道外结构件与喷嘴同轴,且喷嘴底部高于保护气流道外结构件底部;保护气流道外结构件为底部端口收缩的圆管结构,且喷嘴为具有流线型收缩尖端结构的底部端口收缩的圆管结构;保护气流道外结构件与喷嘴之间形成了自上而下由环形射流区I和侧吹区II组成的保护气作用段流道;其中,环形射流区I为长径比大于10的环形直流道,侧吹区II为流道收缩角度 α 满足 $10^\circ < \alpha < 20^\circ$ 的斜流道;

所述惰性气体气源通过背压气控制电磁阀及开设在顶盖上的背压气体入口将气体通入坩埚中,使坩埚内部维持低氧状态;

所述惰性气体气源通过保护气控制电磁阀及开设在顶盖上的保护气体入口将气体通入均气结构中进行均气,再流经环形射流区I使保护气流动方向与金属液滴下落方向一致,最后经侧吹区II的小角度聚集作用到达喷嘴附近,对金属液滴进行低氧保护;

所述均气结构为耐高温多孔材料;

所述低氧指的是氧含量 $\leq 500\text{ppm}$;

定义:所述喷嘴的出口直径为 D_1 ,保护气流道外结构件的出口直径为 D_2 ,喷嘴底端与保护气流道外结构件底端之间距离为 S ,喷嘴出口处回流区的高度为 L ,那么四者的关系满足以下条件: $S = (2/3 \sim 1) D_1$, $D_2 = (5 \sim 10) D_1$, 且 $L = (1/3 \sim 2/3) D_1$ 。

2. 根据权利要求1所述带小回流区的金属微滴喷射装置,其特征在于:

所述惰性气体为氩气。

3. 根据权利要求2所述带小回流区的金属微滴喷射装置,其特征在于:

所述加热组件、坩埚均与顶盖通过螺纹旋合密封连接。

4. 根据权利要求3所述带小回流区的金属微滴喷射装置,其特征在于:

所述加热组件为高温加热炉。

5. 一种金属微滴打印装置,其特征在于:包括三维运动平台以及权利要求1-4任一所述的金属微滴喷射装置。

一种带小回流区的金属微滴喷射装置

技术领域

[0001] 本发明属于均匀金属微滴喷射技术领域,具体涉及一种基于均匀金属微滴喷射技术的带小回流区的金属微滴喷射装置。

背景技术

[0002] 均匀金属微滴喷射打印技术基于离散/堆积成形原理,可逐点、逐线、逐面沉积用于金属三维结构件直接成型与损伤修复,也可用于三维电路打印及电子封装。该方式具有无需大功率能量源和特殊昂贵原材料、设备成本低廉等优点,在复杂结构件增材制造及快速修复、三维电路成型与电子封装方面具有广阔应用前景。为防止金属微滴在喷射打印过程中氧化,现有金属微滴喷射打印过程大多依靠常规手套箱形成密封低氧环境,导致设备占用资源较大,且不利于大尺寸结构件的修复工作及电子封装的流水线化生产。引入微域保护气流产生装置可实现设备的进一步小型化,突破工件尺寸限制,并实现物料的随时供应与转移,从而提高设备柔性化制造能力及生产效率。

[0003] 文献1“Ming,Fang,Sanjeev,et al.Building three-dimensional objects by deposition of molten metal droplets[J].Rapid Prototyping Journal,2008,14(1):44-52.”提出一种侧吹式保护气流产生装置用于均匀金属微滴的喷射,通过在喷嘴附近侧吹惰性保护气体实现对液滴的低氧保护。这种方式由于保护气流动方向与液滴下落方向垂直,保护气在喷嘴附近互相掺混作用强烈,金属液滴喷射飞行过程很容易受到保护气横向气流的干扰,从而影响打印件成型质量。

[0004] 文献2“Moore E M,Shambaugh R L,Papavassiliou D V.Analysis of isothermal annular jets:Comparison of computational fluid dynamics and experimental data[J].Journal of Applied Polymerence,2004,94(3):909-922.”将一种环形射流式保护气流产生装置用于聚合物熔喷工艺,若将该装置应用于均匀金属微滴的喷射打印,相比于侧吹式保护气流产生装置能够有效降低气流对液滴的横向干扰作用,但由于环形射流存在中心壁效应,会在喷嘴出口截面倒三角区形成气流流动方向与液滴下落方向相反的回流区,从而使液滴下落方向与速度极不稳定,影响均匀液滴喷射打印成形。

[0005] 因此,还需开发能够同时避免保护气对液滴产生横向干扰作用及中心壁效应的保护气流产生装置以保证均匀金属微滴喷射打印过程的稳定性。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于解决现有金属微滴喷射装置侧吹式保护气流产生组件对金属液滴喷射飞行过程干扰作用强,以及现有环形射流式保护气流产生组件存在较大回流区的技术问题,而提供一种带小回流区的金属微滴喷射装置。

[0007] 为实现上述目的,本发明所提供的技术解决方案是:

[0008] 一种带小回流区的金属微滴喷射装置,其特殊之处在于:包括金属微滴产生单元、顶盖、底盖以及保护气流产生单元;

[0009] 所述金属微滴产生单元包括喷射控制器、均匀金属微滴喷射控制组件、坩埚、加热组件以及喷嘴；

[0010] 所述坩埚和加热组件由内向外同轴密封设置在顶盖与底盖之间，且两者之间留有保护气均布段流道；坩埚用于容纳金属原料，坩埚下端同轴设置有所述喷嘴，喷嘴伸出所述底盖上开设的通孔，且坩埚和喷嘴均与底盖之间留有间隙；加热组件用于加热坩埚，使金属原料呈熔融态；

[0011] 所述均匀金属微滴喷射控制组件安装在顶盖上，伸入坩埚内，并与坩埚同轴，在喷射控制器的控制下于喷嘴处形成金属液滴；

[0012] 所述保护气流产生单元包括惰性气体气源、保护气控制电磁阀、背压气控制电磁阀、均气结构以及保护气流道外结构件；所述均气结构填充在所述保护气均布段流道内；

[0013] 所述保护气流道外结构件设置在所述通孔上，其与喷嘴同轴，且喷嘴底部高于保护气流道外结构件底部；保护气流道外结构件和喷嘴均为底部端口收缩的圆管结构，且喷嘴为具有流线型收缩尖端（即尖锐端口）结构；保护气流道外结构件与喷嘴之间形成了自上而下由环形射流区I和侧吹区II组成的保护气作用段流道；其中，环形射流区I为长径比大于10的环形直流道，侧吹区II为流道收缩角度 α 满足 $10^\circ < \alpha < 20^\circ$ 的斜流道；

[0014] 所述惰性气体气源通过背压气控制电磁阀及开设在顶盖上的背压气体入口将气体通入坩埚中，使坩埚内部维持低氧状态；

[0015] 所述惰性气体气源通过保护气控制电磁阀及开设在顶盖上的保护气体入口将气体通入均气结构中进行均气，再流经环形射流区I使保护气流动方向与金属液滴下落方向一致，最后经侧吹区II的小角度聚集作用到达喷嘴附近，对金属液滴进行低氧保护。

[0016] 进一步地，定义：所述喷嘴出口直径为 D_1 ，保护气流道外结构件出口直径为 D_2 ，喷嘴底端与保护气流道外结构件底端之间距离为 S ，喷嘴出口处回流区的高度为 L ，那么四者的关系满足以下条件： $S = (2/3 \sim 1) D_1$ （即 $2/3 D_1 \leq S \leq D_1$ ）， $D_2 = (5 \sim 10) D_1$ ，且 $L = (1/3 \sim 2/3) D_1$ 。

[0017] 当惰性保护气流动到均气结构底部后进入环形射流区I，惰性保护气经过保护气流道外结构件、喷嘴的直流道部分作用，气流方向一致性增强且湍流强度变小，最后进入侧吹区II。惰性保护气经过保护气流道外结构件收缩流道作用，向轴线内侧方向发生小幅聚集，由于喷嘴出口直径 D_1 、保护气流道外结构件出口直径 D_2 、喷嘴底端与保护气流道外结构件底端之间距离 S 满足 $S = (2/3 \sim 1) D_1$ 、 $D_2 = (5 \sim 10) D_1$ ，保护气流道外结构件对气流产生向内压强 P ，使喷嘴附近回流区气流承受向内挤压作用，同时由于喷嘴端口为无壁厚的流线型尖端结构，喷嘴出口处回流区范围 L 大小主要取决于喷嘴直径 D_1 ，经过保护气作用段流道侧吹区II的收缩结构与喷嘴的流线型尖端结构共同作用，回流区范围 L 可被控制在喷嘴直径 D_1 尺寸大小的一半左右，即 $L = (1/3 \sim 2/3) D_1$ ，从而避免喷嘴出口处形成较大回流区，喷嘴产生的液滴由于尺寸大于回流区范围 L ，可轻易穿过回流区，避免对液滴飞行轨迹产生影响。

[0018] 进一步地，所述均气结构为耐高温多孔材料，如泡沫铜、泡沫铁、疏松石棉，叠层多孔金属板等。

[0019] 进一步地，所述惰性气体为氩气。

[0020] 进一步地，所述低氧指的是氧含量 $\leq 500\text{ppm}$ 。

[0021] 进一步地，所述加热组件、坩埚均与顶盖通过螺纹旋合密封连接。

[0022] 进一步地，所述加热组件为高温加热炉。

[0023] 同时本发明还提供了一种金属微滴打印装置,其特殊之处在于:包括三维运动平台以及上述金属微滴喷射装置。

[0024] 本发明的优点是:

[0025] 1. 本发明提出一种基于均匀金属微滴喷射技术的同轴保护气流产生装置,以实现能够在降低保护气横向气流对金属微滴干扰作用的同时,获得较小的回流区范围。该装置的保护气流道由保护气均布段流道和保护气作用段流道组成,保护气作用段流道由环形射流区I和侧吹区II组成,保护气先经过保护气均布段流道的均气作用,再流经保护气作用段流道环形射流区I使保护气流动方向与液滴下落方向一致,最后经过保护气作用段流道侧吹区II的小角度聚集作用到达喷嘴附近,从而用于金属液滴的低氧保护。

[0026] 2. 本发明设计的装置通过保护气均布段流道提高保护气的均匀性、保护气作用段流道环形射流区I增强气流方向一致性、保护气作用段流道侧吹区II收缩结构对回流区气流的向内挤压作用与喷嘴流线型尖端结构对回流区宽度尺寸的限制作用共同作用下将回流区范围L减小到小于一个液滴直径,实现在降低保护气横向气流对金属微滴干扰作用的同时,减小中心壁效应对金属微滴影响,进而提高微域低氧保护环境下金属微滴喷射飞行过程的稳定性。

附图说明

[0027] 图1是本发明所用装置下进行均匀金属微滴喷射打印状态示意图;

[0028] 图2是本发明所用装置中保护气作用段流道局部示意图;

[0029] 图3是本发明所用装置中保护气作用段流道局部流场示意图。

[0030] 附图标记如下:

[0031] 1-喷射控制器,2-均匀金属微滴喷射控制组件,3-惰性气体气源,4-背压气控制电磁阀,5-背压气入口,6-顶盖,7-高温加热炉,8-均气结构,9-坩埚,10-金属熔液,11-底盖,12-保护气流道外结构件,13-金属液滴,14-三维运动平台,15-喷嘴,16-保护气入口,17-保护气控制电磁阀,I-环形射流区,II-侧吹区, D_1 -喷嘴直径, D_2 -保护气流道外结构件出口直径,L-回流区范围,S-喷嘴内缩距离,P-保护气流道外结构件对气流的压强方向, α -流道收缩角度。

具体实施方式

[0032] 以下结合附图和具体实施例对本发明的内容作进一步的详细描述:

[0033] 参照图1~3,一种金属微滴打印装置包括惰性气体气源3、保护气控制电磁阀17、背压气控制电磁阀4、顶盖6、保护气入口16、背压气入口5、高温加热炉7、均气结构8、坩埚9、底盖11、保护气流道外结构件12、喷嘴15、三维运动平台14、喷射控制器1以及均匀金属微滴喷射控制组件2。

[0034] 顶盖6、保护气入口16、高温加热炉7、均气结构8、坩埚9组成保护气均布段流道;

[0035] 底盖11、保护气流道外结构件12、喷嘴15组成保护气作用段流道;保护气流道外结构件12与喷嘴15的直管部分构成保护气作用段流道环形射流区I,保护气流道外结构件12与喷嘴15的收缩部分构成保护气作用段流道侧吹区II。

[0036] 保护气入口16、背压气入口5为顶盖6上的两个开孔。惰性气体气源3位于整个喷射

系统外部,其通过气路与背压气控制电磁阀4、保护气控制电磁阀17相连接。背压气控制电磁阀4通过气路与顶盖6上的背压气入口5相连接,用于控制流向坩埚9内侧的惰性气体流速;保护气控制电磁阀17通过气路与顶盖6上的保护气入口16相连接,用于控制流向均气结构8内的惰性气体流速。

[0037] 在保护气均布段流道,高温加热炉7、坩埚9与顶盖6通过螺纹旋合密封连接,均气结构8填充于高温加热炉7与坩埚9之间的缝隙里。当保护气控制电磁阀17处于开启状态时,保护气从惰性气体气源3经过保护气入口16,流动到高温加热炉7与坩埚9之间的均气结构8内,保护气经过均气结构8的均布作用后被输送到保护气作用段流道附近。

[0038] 在保护气作用段流道,所述保护气流道外结构件12、喷嘴15均为底部端口收缩的圆管结构,其中喷嘴15为具有流线型收缩尖锐端口结构,喷嘴15嵌套于保护气流道外结构件12内部,喷嘴15底部高于保护气流道外结构件12底部呈内缩状态,内缩距离为S,两者呈同轴关系。喷嘴15固定于坩埚9底部中央,保护气流道外结构件12固定于底盖11中央。保护气流道外结构件12、喷嘴15的直管部分与收缩部分将保护气作用段流道分为环形射流区I与侧吹区II,其中环形射流区I为长径比大于10的环形直流道,侧吹区II为流道收缩角度 α 满足 $10^\circ < \alpha < 20^\circ$ 的斜流道。当惰性保护气流动到均气结构8底部后进入环形射流区I,惰性保护气经过保护气流道外结构件12、喷嘴15的直流道部分作用,气流方向一致性增强且湍流强度变小,最后进入侧吹区II。惰性保护气经过保护气流道外结构件12收缩流道作用,向轴线内侧方向发生小幅聚集,由于喷嘴出口直径 D_1 、保护气流道外结构件出口直径 D_2 、喷嘴底端与保护气流道外结构件底端之间距离S满足 $S = (2/3 \sim 1) D_1$ 、 $D_2 = (5 \sim 10) D_1$,保护气流道外结构件12对气流产生向内压强P,使喷嘴15附近回流区气流承受向内挤压作用,同时由于喷嘴15端口为无壁厚的流线型尖端结构,喷嘴15出口处回流区范围L大小主要取决于喷嘴直径 D_1 ,经过保护气作用段流道侧吹区II的收缩结构与喷嘴15的流线型尖端结构共同作用,回流区范围L可被控制在喷嘴直径 D_1 尺寸大小的一半左右,即 $L = (1/3 \sim 2/3) D_1$,从而避免喷嘴15出口处形成较大回流区,喷嘴15产生的液滴由于尺寸大于回流区范围L,可轻易穿过回流区,避免对液滴飞行轨迹产生影响。

[0039] 在本发明所用装置下使用铸铝104进行均匀金属微滴喷射打印成型结构件的具体过程如下:

[0040] 首先将铸铝104块料加入到坩埚9内,组装好装置各部件并对连接处做密封处理。打开背压气控制电磁阀4和保护气控制电磁阀17,并保持两个电磁阀中惰性气体供应流速为3L/min,向装置内通入惰性保护气体5分钟后关闭背压气控制电磁阀4,使装置内部维持低氧状态;调节保护气控制电磁阀17至惰性气体供应流速为0.2L/min,使坩埚9内保持正压状态,防止外界氧气回流至装置内部。将高温加热炉7加热温度设定到700℃并保温15分钟,使内部金属块料完全熔化为金属熔液10。

[0041] 在打印工作开始时,调节保护气控制电磁阀17,控制保护气体流速至1.2L/min,避免因保护气供应流量太小导致金属液滴发生氧化,同时避免保护气流量太大导致气流对金属液滴飞行过程产生干扰,同时调节三维运动平台与喷嘴15的距离小于7mm。打印过程中,调节喷射控制器1产生脉冲信号,均匀金属微滴喷射控制组件2在喷嘴15处形成金属液滴13,金属液滴13沉积到三维运动平台14上,配合三维运动平台14的不断运动,如此反复,从而完成铝合金结构件在微域低氧保护环境下的逐点、逐层堆积成型。

[0042] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明公开的技术范围内,可轻易想到各种等效的修改或替换,这些修改或替换都应涵盖在本发明的保护范围之内。

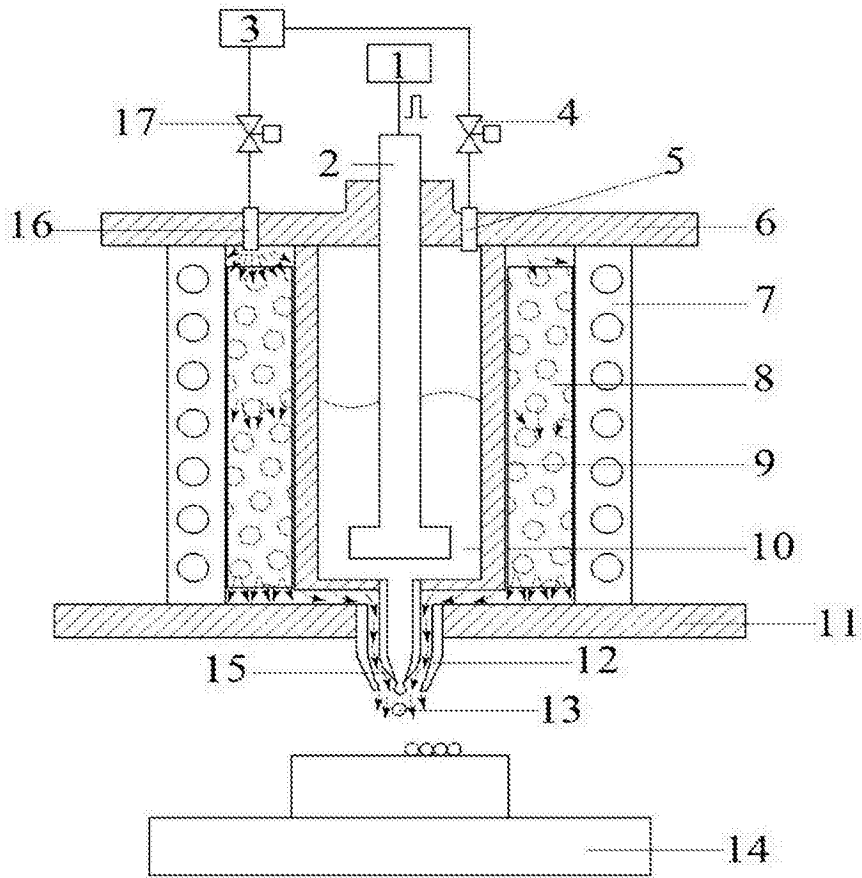


图1

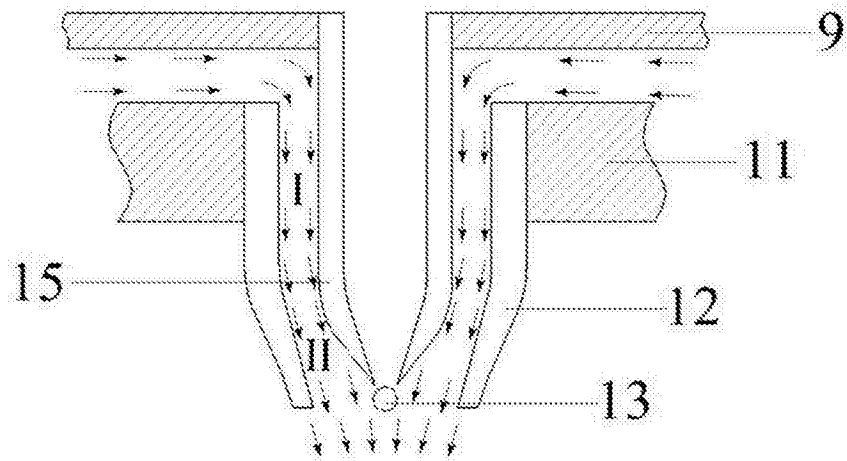


图2

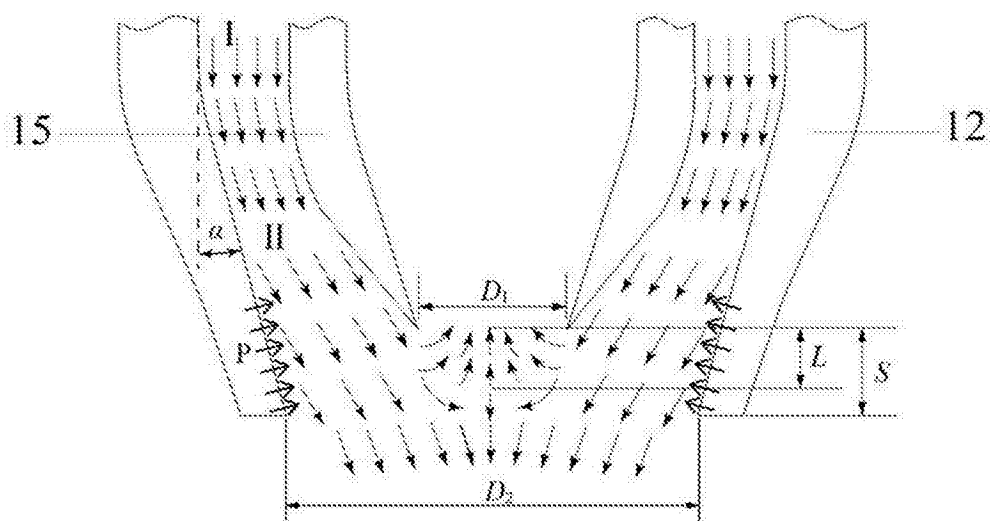


图3