



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 209820120 U

(45)授权公告日 2019.12.20

(21)申请号 201920163699.1

(22)申请日 2019.01.30

(73)专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区100084信箱82

分箱清华大学专利办公室

(72)发明人 谢志鹏 许靖堃 安迪

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 孙楠

(51)Int.Cl.

F27B 5/04(2006.01)

F27B 5/16(2006.01)

F27B 5/18(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

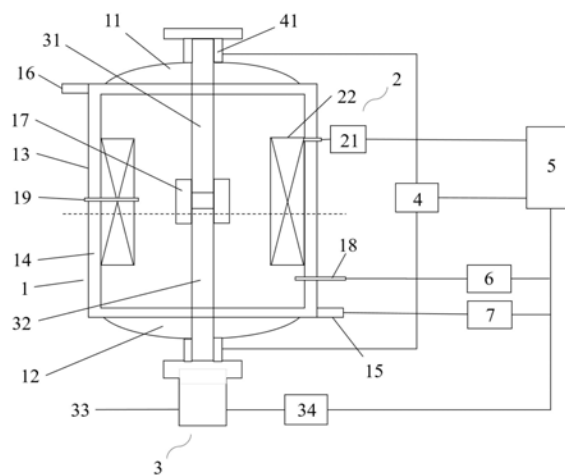
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)实用新型名称

一种磁场耦合直流电流的压力烧结炉

(57)摘要

本实用新型涉及一种磁场耦合直流电流的压力烧结炉，其包括：炉体、磁场控制系统、压力控制系统、直流电流发生器和总控中心；炉体包括上炉盖、下炉盖和炉体本体，炉体本体内设置有模具；磁场控制系统包括磁场发生部和磁场控制部，磁场发生部设置在炉体本体内，对模具内的待烧结材料施加磁场，磁场控制部与总控中心相连；压力控制系统包括压力发生部和压力控制部，压力发生部设置在炉体本体内，用于固定模具并对模具内的待烧结材料进行加压；压力控制部与总控中心相连；直流电流发生器分别与压力控制系统的压力发生部和总控中心相连。本实用新型可应用于各种高性能先进材料的烧结过程中。



1. 一种磁场耦合直流电流的压力烧结炉,其特征在于:其包括:炉体、磁场控制系统、压力控制系统、直流电流发生器和总控中心;

所述炉体包括螺栓连接的上炉盖、下炉盖和炉体本体,所述炉体本体内设置有用于夹持待烧结材料的模具;

所述磁场控制系统包括相互连接的磁场发生部和磁场控制部,所述磁场发生部设置在所述炉体本体内,用于对所述模具内的待烧结材料施加磁场,所述磁场控制部与所述总控中心相连接;

所述压力控制系统包括相互连接的压力发生部和压力控制部,所述压力发生部设置在所述炉体本体内,用于固定所述模具,并对所述模具内的待烧结材料进行单向加压;所述压力控制部与所述总控中心相连接;

所述直流电流发生器分别与所述压力控制系统的压力发生部和总控中心相连接。

2. 如权利要求1所述的一种磁场耦合直流电流的压力烧结炉,其特征在于:所述磁场发生部为呈空心圆柱状的磁场发生装置,所述磁场发生装置紧贴设置在所述模具外侧或所述炉体内壁。

3. 如权利要求2所述的一种磁场耦合直流电流的压力烧结炉,其特征在于:所述磁场发生装置中的电磁线圈为超导线圈或常规线圈。

4. 如权利要求1所述的一种磁场耦合直流电流的压力烧结炉,其特征在于:所述压力发生部包括上压头和下压头;

所述上压头固定设置在所述炉体本体内部,所述上压头上端由所述上炉盖中部穿出,并固定到顶部的固定装置上,所述上压头下端插入到所述炉体内的模具上端,并与所述模具内夹持的待烧结材料相接触;所述下压头上端伸入到所述炉体内的模具下端,并与所述模具内夹持的待烧结材料相接触,所述下压头下端由所述炉体本体底部和下炉盖中部穿出后与设置在炉体外部的所述压力控制部连接;

所述压力控制部包括液压油缸和压力控制装置;

所述液压油缸的输出端与所述下压头下端相连,所述液压油缸的输入端与所述压力控制装置相连,所述压力控制装置的输入端与所述总控中心连接。

5. 如权利要求4所述的一种磁场耦合直流电流的压力烧结炉,其特征在于:所述直流电流发生器的输出端分别与所述上压头伸出所述上炉盖和所述下压头伸出所述下炉盖的部分连接,且所述上压头和下压头与所述直流电流发生器输出端的连接处外围环绕有柔性绝缘层;所述直流电流发生器的输入端与所述总控中心连接。

6. 如权利要求5所述的一种磁场耦合直流电流的压力烧结炉,其特征在于:所述直流电流发生器的工作电压为0~1000V,输出电流为0~5000A。

7. 如权利要求1所述的一种磁场耦合直流电流的压力烧结炉,其特征在于:所述磁场耦合直流电流的压力烧结炉还包括气氛控制系统,所述气氛控制系统通过所述炉体本体上设置的进出气孔与所述炉体内部连通;所述气氛控制系统与所述总控中心连接。

8. 如权利要求1所述的一种磁场耦合直流电流的压力烧结炉,其特征在于:所述磁场耦合直流电流的压力烧结炉还包括冷却系统,所述冷却系统与设置在所述炉体本体底部的进水口和设置在所述炉体本体顶部的出水口连接,且所述进水口和出水口均与设置在所述炉体本体内壁的水冷通道相连通;所述冷却系统的输入端与所述总控中心连接。

9. 如权利要求1所述的一种磁场耦合直流电流的压力烧结炉,其特征在于:所述磁场耦合直流电流的压力烧结炉还包括红外测温系统,所述红外测温系统通过所述炉体侧部设置的红外测温窗对所述模具表面的温度进行检测,并将检测的温度信号发送到所述总控中心。

一种磁场耦合直流电流的压力烧结炉

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种烧结炉,特别是关于一种磁场耦合直流电流的压力烧结炉。

背景技术

[0002] 烧结是高性能陶瓷、硬质合金等多种先进材料制备过程中最关键的步骤之一。以陶瓷材料为例,原料素坯或粉体在烧结过程中发生物质迁移,达到某一温度后坯体发生收缩,晶粒长大,并伴随气孔排除,最终在低于熔点的温度下变为致密的陶瓷材料。氮化硅、碳化硅、氧化铝、氧化锆等陶瓷的熔点很高,相比其他低熔点陶瓷,需要在更高的温度下进行烧结才能实现致密化,从而对相应的烧结设备提出了很高要求。

[0003] 根据具体烧结工艺参数的不同,目前已经发展出多种烧结技术,如常压烧结、气压烧结、热压烧结、放电等离子体烧结(即SPS)等。常压烧结指材料在大气压力环境中进行烧结,产品致密度不高。气压烧结指材料在特定的保护气氛环境中进行烧结,气体压力通常大于大气压,适合大规模工业化生产,但产品致密度仍不够理想。热压烧结在材料的烧结过程中通过压头施加外部压力,从而提高烧结驱动力,可在较短时间内达到致密化,有利于获得晶粒细小均匀的显微结构。以上三种烧结技术主要依靠发热体(如硅钼棒、石墨等)的发热,通过对流、传导和辐射三种热传导方式对样品进行加热,因而烧结功耗很大,而加热效率很低。近年来兴起的放电等离子体烧结(SPS)指在烧结过程中不使用外加热源,而是利用通过样品或导电模具的脉冲电流使其自身发热升温,同时利用其产生的等离子及活化效应促进烧结。但是采用脉冲电流加热容易导致样品内温度场不均匀,无法烧结大尺寸样品;而且脉冲电流设备结构复杂,成本高,不适合工业化应用。如果能在无发热体的烧结过程中直接施加稳定的直流电流,持续提供放电火花,则能得到高于SPS的烧结效率和烧结质量,且样品内温度场均匀,可烧结大尺寸样品。此外,具有磁各向异性的陶瓷材料处于磁场中时,其晶粒受到磁力作用有发生转动的趋势,这一趋势使其易磁化轴倾向于平行磁场方向排列,从而得到具有织构的烧结体。目前国内外尚没有针对可在烧结过程中耦合磁场的烧结设备或方法出现。

发明内容

[0004] 针对上述问题,本实用新型的目的是提供一种能够在磁场环境下对材料进行烧结,有效地排出气孔,提高材料的致密化程度,细化晶粒,并促进材料织构的形成,同时能通过施加稳定的直流电流提高烧结效率和质量,从而制备出高性能先进材料的磁场耦合直流电流的压力烧结炉。

[0005] 为实现上述目的,本实用新型采取以下技术方案:一种磁场耦合直流电流的压力烧结炉,其包括:炉体、磁场控制系统、压力控制系统、直流电流发生器和总控中心;所述炉体包括螺栓连接的上炉盖、下炉盖和炉体本体,所述炉体本体内设置有用于夹持待烧结材料的模具;所述磁场控制系统包括相互连接的磁场发生部和磁场控制部,所述磁场发生部设置在所述炉体本体内,用于对所述模具内的待烧结材料施加磁场,所述磁场控制部与所

述总控中心相连接;所述压力控制系统包括相互连接的压力发生部和压力控制部,所述压力发生部设置在所述炉体本体内,用于固定所述模具,并对所述模具内的待烧结材料进行单向加压;所述压力控制部与所述总控中心相连接;所述直流电流发生器分别与所述压力控制系统的压力发生部和总控中心相连接,用于施加通过所述模具或待烧结材料的直流电流。

[0006] 进一步的,所述磁场发生部为呈空心圆柱状的磁场发生装置,所述磁场发生装置紧贴设置在所述模具外侧或所述炉体内壁。

[0007] 进一步的,所述磁场发生装置中的电磁线圈为超导线圈或常规线圈。

[0008] 进一步的,所述压力发生部包括上压头和下压头;所述上压头固定设置在所述炉体本体内,所述上压头上端由所述上炉盖中部穿出,并固定到顶部的固定装置上,所述上压头下端插入到所述炉体内的模具上端,并与所述模具内夹持的待烧结材料相接触;所述下压头上端伸入到所述炉体内的模具下端,并与所述模具内夹持的待烧结材料相接触,所述下压头下端由所述炉体本体底部和下炉盖中部穿出后与设置在炉体外部的所述压力控制部连接;所述压力控制部包括液压油缸和压力控制装置;所述液压油缸的输出端与所述下压头下端相连,所述液压油缸的输入端与所述压力控制装置相连,所述压力控制装置的输入端与所述总控中心连接。

[0009] 进一步的,所述直流电流发生器的输出端分别与所述上压头伸出所述上炉盖和所述下压头伸出所述下炉盖的部分连接,且所述上压头和下压头与所述直流电流发生器输出端的连接处外围环绕有柔性绝缘层;所述直流电流发生器的输入端与所述总控中心连接。

[0010] 进一步的,所述直流电流发生器的工作电压为0~1000V,输出电流为0~5000A。

[0011] 进一步的,所述磁场耦合直流电流的压力烧结炉还包括气氛控制系统,所述气氛控制系统通过所述炉体本体上设置的进出气孔与所述炉体内部连通;所述气氛控制系统与所述总控中心连接。

[0012] 进一步的,所述磁场耦合直流电流的压力烧结炉还包括冷却系统,所述冷却系统与设置在所述炉体本体底部的进水口和设置在所述炉体本体顶部的出水口连接,且所述进水口和出水口均与设置在所述炉体本体内壁的水冷通道相连通;所述冷却系统的输入端与所述总控中心连接。

[0013] 本实用新型由于采取以上技术方案,其具有以下优点:1、本实用新型由于能够在外加磁场的环境中对待烧结材料进行烧结,可以有效促进陶瓷材料织构化结构的形成,亦能促进硬质合金等的固溶强化及弥散强化,制备出具有独特微观结构且性能增强的先进材料。2、本实用新型由于采用直流电流对待烧结材料进行烧结,可以显著提高烧结效率和质量,降低烧结体的晶粒尺寸,可用于各种高致密度和高均匀性材料的快速烧结。3、本实用新型由于首次采用磁场、电场和力场三场耦合的烧结技术,可以在制备出其他双场耦合或单场作用烧结技术所不能制备的高性能先进材料的同时有效促进各种新科学现象、科学问题的发现与解决。综上所述,本实用新型能够广泛应用于先进陶瓷、硬质合金、梯度材料等材料的烧结过程。

附图说明

[0014] 图1是本实用新型磁场耦合直流电流的压力烧结炉的结构示意图。

[0015] 图2是图1中虚线所示平面的剖面图。

具体实施方式

[0016] 下面结合附图和实施例对本实用新型进行详细的描述。

[0017] 如图1、图2所示,本实用新型提供一种磁场耦合直流电流的压力烧结炉,其包括炉体1、磁场控制系统2、压力控制系统3、直流电流发生器4和总控中心5。其中,总控中心5分别与磁场控制系统2、压力控制系统3和直流电流发生器4相连并对其控制,进而对设置在炉体1内的待烧结材料施加磁场、压力和直流电流,以实现高性能材料的烧结。

[0018] 炉体1包括上炉盖11、下炉盖12和炉体本体13;上炉盖11和下炉盖12分别与炉体本体13螺栓连接;炉体本体13内壁设置有水冷通道14,水冷通道14的进水口15设置在炉体本体13下部,水冷通道14的出水口16设置在炉体本体13上部;炉体本体13内部设置有圆筒状的模具17,且模具17通过压力控制系统3固定设置在炉体本体13内。

[0019] 磁场控制系统2包括磁场控制装置21和磁场发生装置22。其中,磁场发生装置22呈空心圆柱状,且紧贴设置在模具17外侧或炉体本体13内壁(本实用新型中以磁场发生装置22紧贴设置在炉体本体13的内壁为例进行介绍);磁场控制装置21的输入端与总控中心5连接,输出端与磁场发生装置22连接;总控中心5将磁场控制信号发送至磁场控制装置21,磁场控制装置21根据接收到的磁场控制信号控制磁场发生装置22中电磁线圈的电流,从而在模具17处产生作用于待烧结材料的磁场。

[0020] 压力控制系统3包括上压头31、下压头32、液压油缸33和压力控制装置34。其中,上压头31固定设置在炉体1内部,上压头31上端由上炉盖11中部穿出,并固定到顶部的现有的固定装置上,上压头31下端插入到炉体1内的模具17上端,并与模具17内夹持的待烧结材料相接触;下压头32上端伸入到炉体1内的模具17下端,并与模具17内夹持的待烧结材料相接触,下压头32下端由炉体本体13底部和下炉盖12中部穿出后与设置在炉体1外部的液压油缸33的输出端连接;液压油缸33的输入端与压力控制装置34的输出端连接;压力控制装置34的输入端与总控中心5连接;总控中心5将压力控制信号发送至压力控制装置34,压力控制装置34根据接收到的压力控制信号通过液压油缸33向下压头32传递压力,对待烧结材料进行单向加压。

[0021] 直流电流发生器4的输出端分别与上压头31伸出上炉盖11和下压头32伸出下炉盖12的部分连接,且上压头31和下压头32与直流电流发生器4输出端的连接处外围环绕有柔性绝缘层41;直流电流发生器4的输入端与总控中心5连接;总控中心5将直流电流控制信号发送至直流电流发生器4,直流电流发生器4根据接收到的直流电流控制信号通过上压头31和下压头32施加通过模具或待烧结材料的直流电流。

[0022] 上述实施例中,磁场耦合直流电流的压力烧结炉还包括气氛控制系统6,气氛控制系统6通过设置在炉体本体13底部的进出气孔18与炉体1内部连通;气氛控制系统6的输入端与总控中心5连接;总控中心5将气氛控制信号发送至气氛控制系统6,气氛控制系统6根据接收到的气氛控制信号通过进出气孔18实现对炉体1抽真空或通入气体的操作。

[0023] 上述实施例中,磁场耦合直流电流的压力烧结炉还包括冷却系统7,冷却系统7同时与设置在炉体1底部的进水口15和炉体1顶部的出水口16连接;冷却系统7的输入端与总控中心5连接,总控中心5将冷却水控制信号发送至冷却系统7,冷却系统7根据接收到的冷

却水控制信号控制冷却水的流速。

[0024] 上述实施例中,磁场耦合直流电流的压力烧结炉还包括红外测温系统(图中未示出),红外测温系统通过设置在炉体本体13上的红外测温窗19测量模具17表面的温度;红外测温系统与总控中心5连接并向总控中心5反馈模具17表面的温度信息,总控中心5根据接收到的温度信号向冷却系统7和直流电流发生器4发送指令,从而对模具17处的温度进行实时调控。

[0025] 上述实施例中,磁场发生装置22中的电磁线圈可以是产生超强磁场的超导线圈,也可以是产生低强磁场的普通线圈;根据磁场发生装置22的具体结构差异,磁场发生装置22可以产生沿上压头31和下压头32轴向并作用于待烧结材料的磁场,或产生垂直于上压头31和下压头32轴向并作用于待烧结材料的磁场。

[0026] 上述实施例中,直流电流发生器4的工作电压为0~1000V,输出电流为0~5000A。

[0027] 上述实施例中,磁场耦合直流电流的压力烧结炉还包括必要的升降系统、电控系统,其中,升降系统和电控系统采用常规的升降系统和电控系统,本实用新型在此不再赘述。

[0028] 基于上述磁场耦合直流电流的压力烧结炉,本实用新型还提供一种磁场耦合直流电流的压力烧结炉的烧结方法,包括以下步骤:

[0029] 1) 检查确定磁场耦合直流电流的压力烧结炉的各系统工作正常,打开下炉盖12,将模具17下端套在下压头32上端,放置待烧结材料于模具17中,关闭下炉盖12,并将下炉盖12与炉体本体13螺栓连接。

[0030] 使用本烧结炉时,在放入待烧结材料之前,要把下炉盖12打开。打开方法是卸下连接下炉盖12与炉体本体13的螺栓后,下炉盖12、下压头32和液压油缸33在压力控制装置34的作用下一同向下移动。然后将模具17下端套在下压头32上端,将待烧结材料放在模具17内,关闭下炉盖12,即下炉盖12,下压头32和液压油缸33在压力控制装置34的作用下向上移动,并连接下炉盖12与炉体本体13间的螺栓。

[0031] 2) 通过总控中心5控制气氛控制系统6对炉体1内部抽真空,然后通入烧结工艺规定的保护气体。

[0032] 3) 通过总控中心5输入烧结工艺参数,主要包括磁感应强度及其作用时间、压力大小、升温速率、降温速率、保温时间等。

[0033] 4) 磁场控制系统2根据工艺参数施加作用于待烧结材料的磁场;压力控制系统3根据工艺参数通过下压头32施加作用于待烧结材料的单向恒定压力;直流电流发生器4根据工艺参数通过上压头31和下压头32施加直流电流使待烧结材料升温并保温一段时间;待烧结材料在磁场、直流电流和单向压力的三场耦合作用下进行烧结。

[0034] 5) 待烧结完成后磁场发生装置22、直流电流发生器4停止工作,压力控制装置34逐渐卸除下压头32的压力;同时冷却系统7控制炉体1中冷却水的流量,促进炉体1内部降温。

[0035] 6) 待炉体1内温度降低至室温后,打开下炉盖12,取出烧结体;然后关闭下炉盖12,关闭各工作模块,烧结完成。

[0036] 上述各实施例仅用于说明本实用新型,其中各部件的结构、连接方式和制作工艺等都是可以有所变化的,凡是在本实用新型技术方案的基础上进行的等同变换和改进,均不应排除在本实用新型的保护范围之外。

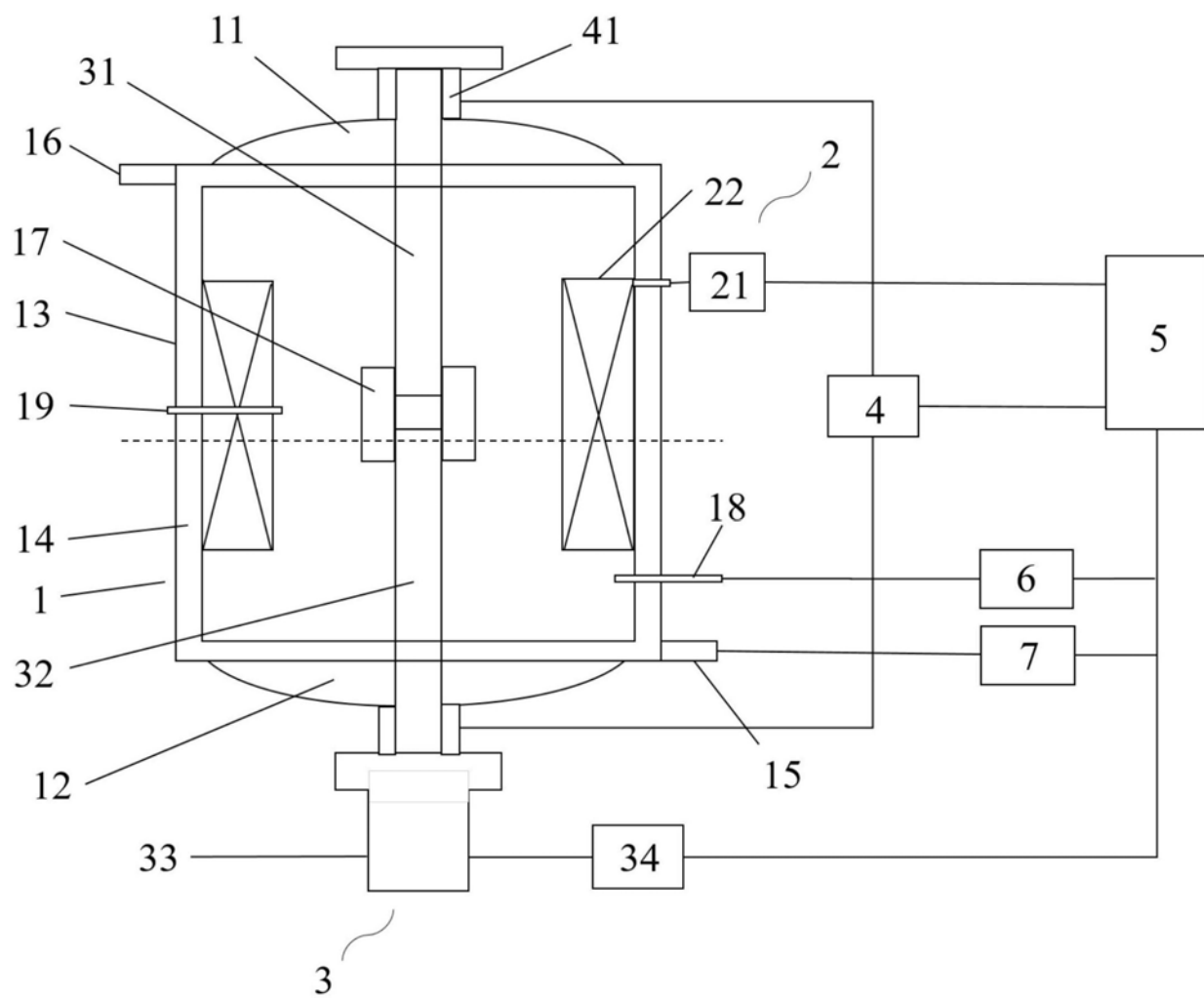


图1

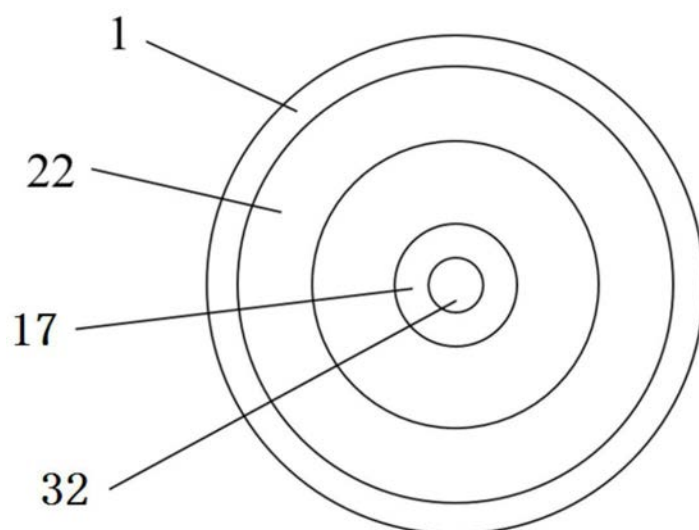


图2