



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112435822 B

(45) 授权公告日 2023. 04. 07

(21) 申请号 202011223981.8

H01F 1/24 (2006.01)

(22) 申请日 2020.11.05

H01F 41/02 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112435822 A

(56) 对比文件

JP 2014103266 A, 2014.06.05

US 2017110227 A1, 2017.04.20

(43) 申请公布日 2021.03.02

CN 105405568 A, 2016.03.16

(73) 专利权人 青岛云路先进材料技术股份有限公司

CN 107424709 A, 2017.12.01

CN 111128505 A, 2020.05.08

地址 266232 山东省青岛市即墨市蓝村镇  
鑫源东路7号

JP 2019151909 A, 2019.09.12

审查员 咎晓汝

(72) 发明人 纪杰 庞靖 江志滨

(74) 专利代理机构 青岛清泰联信知识产权代理有限公司 37256

专利代理师 李祺 张洁

(51) Int. Cl.

H01F 1/147 (2006.01)

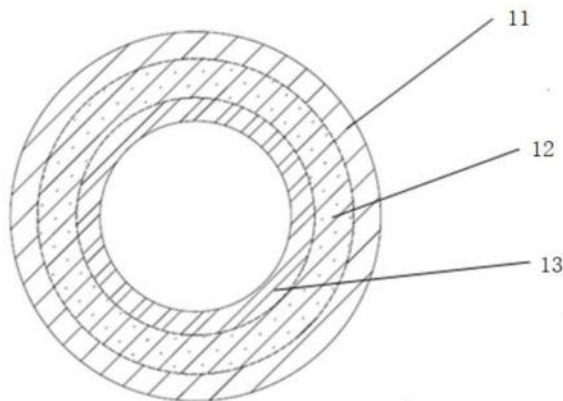
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

高效铁硅铝磁粉芯的制备方法及其制得的铁硅铝磁粉芯

(57) 摘要

本发明涉及磁性材料技术领域,尤其涉及高效铁硅铝磁粉芯的制备方法及其制得的铁硅铝磁粉芯,该方法主要通过原位复合的方式将铁硅铝的粉末不同的粒度在模具中进行不同占比的分层填充,填充的粒度分为100-400目,140-200目,400-600目,600-1000目中的两种或多种,首先选取铁硅铝合金粉末进行绝缘包覆处理;将绝缘包覆处理过的不同目数范围的铁硅铝合金区间粉以原位复合的方式分别填充至模具中,压制成型得到磁粉芯;对所述成型的磁粉芯进行退火处理,然后对磁粉芯表面进行喷涂绝缘处理。本发明提供的高效铁硅铝磁粉芯的制备方法主要是改变不同粒度的铁硅铝软磁粉末的复合方法,使得铁硅铝的低损耗性能得到保留,并提升其直流偏置的性能。



1. 高效铁硅铝磁粉芯的制备方法,其特征在于:包括如下步骤:

S1、选取铁硅铝合金粉末,采用不同目数的筛网对所选取的铁硅铝合金粉末通过振动筛的方式进行筛分,筛分后获取不同目数范围铁硅铝合金区间粉;

S2、对S1中得到的各个不同目数范围铁硅铝合金区间粉进行绝缘包覆处理;

S3、将绝缘包覆处理过的不同目数范围铁硅铝合金区间粉以原位复合的方式分别填充至模具中,压制成型得到磁粉芯;

S4、对S3中所述成型的磁粉芯进行退火处理,然后对磁粉芯表面进行喷涂绝缘处理;

所述S1步骤中筛分时采用的筛网数目为100目、200目、400目、1000目,通过振动筛的方式进行筛分,筛分后取100-200目的区间粉、200-400目的区间粉、400-1000目的区间粉共三个区间粉;100-200目的区间粉、200-400目的区间粉和400-1000目的区间粉进行绝缘处理后原位复合填充至具有三层的模具中,将100-200目填充到最外层,200-400目填充至中间层,400-1000目填充至最内层;

磁粉芯外侧的体积占比30%的区间填充为100-200目的铁硅铝绝缘粉末,磁粉芯中侧的体积占比为40%的区间填充为200-400目的铁硅铝绝缘粉,磁粉芯内侧的体积占比为30%的区间填充为400-1000目铁硅铝绝缘粉末。

2. 根据权利要求1所述的高效铁硅铝磁粉芯的制备方法,其特征在于:所述S3步骤中将绝缘包覆处理过的不同目数范围铁硅铝合金区间粉以原位复合的方式分别填充至具有三层或三层以上多层区间的模具中,所述模具中设有铜薄片工装,所述铜薄片工装的周长按照磁粉芯的体积占比进行设计,采用两个铜薄片工装置于模具中,将模具分隔开形成三个料穴,并将不同粉末填充到铜薄片隔开的三个料穴中,以吸入的方式进行填充,振动后上提铜薄片工装,实施压制动作。

3. 根据权利要求1所述的高效铁硅铝磁粉芯的制备方法,其特征在于:所述S1步骤中的铁硅铝合金粉末为采用真空冶炼、雾化方式生产的粉末;所述雾化方式生产铁硅铝合金粉末过程中的喷粉过程采取氮气保护的方式进行。

4. 根据权利要求1所述的高效铁硅铝磁粉芯的制备方法,其特征在于:所述S2步骤中的绝缘包覆处理过程如下:先将氧化铝粉末0.1~1.5 wt%添加至铁硅铝粉末中,搅拌均匀;然后对混合均匀的粉末先进行水玻璃溶液包覆,添加量为0.1~5wt %,干燥后,将低熔点玻璃粉0.1~1.5 wt %添加到粉末中,搅拌均匀;再添加硅树脂0.5~2.5wt %至粉末中搅拌至均匀;最后添加0.5wt %的润滑剂硬脂酸锌。

5. 根据权利要求1所述的高效铁硅铝磁粉芯的制备方法,其特征在于:所述步骤S3中压制成型的压力采用14~28t/cm<sup>2</sup>;所述S4步骤中退火处理在750~800℃下进行,不超过2小时。

6. 一种如权利要求1-5任一项所述的高效铁硅铝磁粉芯的制备方法制得的铁硅铝磁粉芯,其特征在于:所述铁硅铝磁粉芯包括内中外三层结构。

## 高效铁硅铝磁粉芯的制备方法及其制得的铁硅铝磁粉芯

### 技术领域

[0001] 本发明涉及磁性材料技术领域,尤其涉及一种高效铁硅铝磁粉芯的制备方法及其制得的铁硅铝磁粉芯。

### 背景技术

[0002] 磁性材料制备而成的磁性元器件是电子信息产业的重要基础,广泛应用于计算机、传感器、电力、通讯、航空航天、汽车、能源等工业领域和日常生活电器中,特别是在电子信息行业占据特别重要的地位,磁性材料特别是软磁材料制备的电子元器件向小型化、高频化、高功率化、节能化、轻量化发展,满足日益增长的经济需求,是世界各国研究的热点所在。

[0003] 铁硅铝软磁粉末制备的磁粉芯具有高磁导率、高电阻率、低矫顽力和良好的耐磨性,同时磁粉芯还具有良好的偏置特性和温度稳定性,能够在较低的温度和较宽的温度范围内工作,并且工作时噪音低,铁硅合金拥有优良的综合性能,相对坡莫合金而言,铁硅铝合金不含价格昂贵的Ni/Mo等贵金属元素,具有低廉的成本。

[0004] 随着对铁硅铝性能的要求越来越高,各软磁材料厂家开始改变铁硅铝粉末的制备方法,通过气雾化的方式代替传统的破碎方式,使得铁硅铝的直流偏置能力大大提升,但是还是无法达到部分市场需求;后续经过研究,开始进行不同材质的软磁粉末混合,将铁硅或者铁镍等软磁粉末按照一定的配比与铁硅铝粉末混合,混合均匀后进行制备金属磁粉芯,这样做可以将铁硅铝的直流偏置能力显著提升,但同时也提高了铁硅铝磁粉芯的损耗,相当于牺牲了铁硅铝的部分优势,弥补了其缺点,这种方法虽然满足了部分市场需求,但是这样无法保留复合粉末各自的优势,混合均匀后的粉末制备出的磁粉芯,各方面的磁性能也被中和。

### 发明内容

[0005] 目前随着对铁硅铝性能的要求越来越高,各软磁材料厂家开始改变铁硅铝粉末的制备方法,通过气雾化的方式代替传统的破碎方式,使得铁硅铝的直流偏置能力大大提升,但是还是无法达到部分市场需求;同时目前采用不同材质的软磁粉末混合均匀后进行制备金属磁粉芯的方法存在的虽然可以满足部分市场需求,但是这样无法保留复合粉末各自的优势,混合均匀后的粉末制备出的磁粉芯各方面的磁性能也被中和。

[0006] 为了解决上述问题,本发明提供了一种高效铁硅铝磁粉芯的制备方法,包括如下步骤:

[0007] 高效铁硅铝磁粉芯的制备方法,包括如下步骤:

[0008] S1、选取铁硅铝合金粉末,采用不同目数的筛网对所选取的铁硅铝合金粉末通过振动筛的方式进行筛分,筛分后获取不同目数范围的铁硅铝合金区间粉;

[0009] S2、对S1中得到的各个不同目数范围的铁硅铝合金区间粉进行绝缘包覆处理;

[0010] S3、将绝缘包覆处理过的不同目数范围的铁硅铝合金区间粉以原位复合的方式分

别填充至模具中,压制成型得到磁粉芯;

[0011] S4、对S3中所述成型的磁粉芯进行退火处理,然后对磁粉芯表面进行喷涂绝缘处理。

[0012] 优选地,所述S1步骤中筛分时采用的筛网数目为100目、200目、400目、1000目,通过振动筛的方式进行筛分,筛分后取100-200目的区间粉、200-400目的区间粉、400-1000目的区间粉等共三个区间粉。

[0013] 优选地,100-200目的区间粉、200-400目的区间粉和400-1000目的区间粉进行绝缘处理后原位复合填充至具有三层的模具中,将100-200目填充到最外层,200-400目填充至中间层,400-1000目填充至最内层。

[0014] 优选地,所述S3步骤中将绝缘包覆处理过的不同目数范围的铁硅铝合金区间粉以原位复合的方式分别填充至具有两层、三层或三层以上多层区间的模具中,所述模具中设有铜薄片工装,所述铜薄片工装的周长按照磁粉芯的体积占比进行设计,采用一个或两个铜薄片工装置于模具中,将模具分隔开形成两个或三个料穴,并将不同粉末填充到铜薄片隔开的两个或三个料穴中,以吸入的方式进行填充,振动后上提铜薄片工装,实施压制动作。

[0015] 优选地,所述S1步骤中的铁硅铝合金粉末为采用真空冶炼、气雾化方式生产的粉末。

[0016] 优选地,气雾化方式生产铁硅铝合金粉末过程中的喷粉过程采取氮气保护的方式进行。

[0017] 优选地,所述气雾化方式生产铁硅铝合金粉末喷粉过程中的原材料配比成分有两种,成分一为Al:5.4~5.7%,Si:9.3~9.8%,其余为铁;成分二为Al:5.4~5.7%,Si:8.5~9.0%。

[0018] 优选地,将原材料配比成分一的铁硅铝合金绝缘粉末填充至具有两层的模具的内侧,将原材料配比成分二的铁硅铝合金绝缘粉末填充至具有两层的模具的外侧,体积占比分别为50%。

[0019] 优选地,所述S2步骤中的绝缘包覆处理过程如下:先将氧化铝粉末0.1~1.5wt%添加至铁硅铝粉末中,搅拌均匀;然后对混合均匀的粉末先进行水玻璃溶液包覆,添加量为0.1~5wt%,干燥后,将低熔点玻璃粉0.1~1.5wt%添加到粉末中,搅拌均匀;再添加硅树脂0.5~2.5wt%至粉末中搅拌至均匀;最后添加0.5wt%的润滑剂硬脂酸锌。

[0020] 优选地,所述步骤S3中压制成型的压力采用14~28t/cm<sup>2</sup>,压制尺寸为外径\*内径\*高度为46.7\*24.1\*18mm的环形磁粉芯;所述S4步骤中退火处理在750-800℃下进行,不超过2小时;所述喷涂绝缘处理采用环氧树脂作为处理剂。

[0021] 一种如上所述高效铁硅铝磁粉芯的制备方法制得的铁硅铝磁粉芯,所述铁硅铝磁粉芯包括内外两层结构或内中外三层结构。

[0022] 与现有技术相比,本发明的优点和有益效果在于:

[0023] 1、本发明提供的高效铁硅铝磁粉芯的制备方法主要是改变不同粒度的铁硅铝软磁粉末的复合方法,使得铁硅铝的低损耗性能得到保留,并提升其直流偏置的性能,主要通过原位复合的方式将铁硅铝的粉末不同的粒度在模具中进行不同占比的分层填充,填充的粒度分为100-400目,140-200目,400-600目,600-1000目中的两种或多种,本发明中将铁硅

铝的成分进行微调,将不同的成分的铁硅铝粉末进行相同的筛分方式,然后按照原位复合的原理填充至模具中,发挥各成分的磁性能优势,整体提升铁硅铝的磁性能。

[0024] 2、传统的混粉方式主要是将气雾化后的粉末直接过筛指定目数,然后进行绝缘包覆,或者是筛分成不同目数的区间粉,根据配比进行混合,再做绝缘包覆,压制成磁粉芯,最终会中和整个磁粉芯的磁性能,而本发明通过原位填充的方式将不同粒度区间的粉末在模具中填充,从而保留粒度粗细的各自优点。

## 附图说明

[0025] 图1为本发明实施例提供的原位复合方法制得的铁硅铝磁粉芯的结构示意图;

[0026] 11-磁粉芯外侧、12-磁粉芯中侧、13-磁粉芯内侧。

[0027] 下面将对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范畴。

[0028] 本实施例提供了一种高效铁硅铝磁粉芯的制备方法,包括如下步骤:

[0029] S1、选取铁硅铝合金粉末,采用不同目数的筛网对所选取的铁硅铝合金粉末通过振动筛的方式进行筛分,筛分后获取不同目数范围铁硅铝合金区间粉;

[0030] S2、对S1中得到的各个不同目数范围铁硅铝合金区间粉进行绝缘包覆处理;

[0031] S3、将绝缘包覆处理过的不同目数范围铁硅铝合金区间粉以原位复合的方式分别填充至具有两层、三层或三层以上多层区间的模具中,压制成型得到磁粉芯;

[0032] S4、对S3中所述成型的磁粉芯进行退火处理,然后对磁粉芯表面进行喷涂绝缘处理。

[0033] 所述S1步骤中筛分时采用的筛网数目为100目、200目、400目、1000目,通过振动筛的方式进行筛分,筛分后取100-200目的区间粉、200-400目的区间粉、400-1000目的区间粉等共三个区间粉。

[0034] 100-200目的区间粉、200-400目的区间粉和400-1000目的区间粉进行绝缘处理后原位复合填充至具有三层的模具中,将100-200目填充到最外层,200-400目填充至中间层,400-1000目填充至最内层。

[0035] 所述S1步骤中的铁硅铝合金粉末为采用真空冶炼、气雾化方式生产的粉末;气雾化方式生产铁硅铝合金粉末过程中的喷粉过程采取氮气保护的方式进行;所述气雾化方式生产铁硅铝合金粉末喷粉过程中的原材料配比成分有两种,成分一为Al:5.4~5.7%,Si:9.3~9.8%,其余为铁;成分二为Al:5.4~5.7%,Si:8.5~9.0%,将原材料配比成分一的铁硅铝合金绝缘粉末填充至具有两层的模具的内侧,将原材料配比成分二的铁硅铝合金绝缘粉末填充至具有两层的模具的外侧,体积占比分别为50%。

[0036] 本实施例中所述S2步骤中的绝缘包覆处理过程如下:先将氧化铝粉末0.1~1.5wt%添加至铁硅铝粉末中,搅拌均匀;然后对混合均匀的粉末先进行水玻璃溶液包覆,添加量为0.1~5wt%,干燥后,将低熔点玻璃粉0.1~1.5wt%添加到粉末中,搅拌均匀;再添加硅树脂0.5~2.5wt%至粉末中搅拌至均匀;最后添加0.5wt%的润滑剂硬脂酸锌,所述步骤S3中压制成型的压力采用14~28t/cm<sup>2</sup>,压制成尺寸为外径\*内径\*高度为46.7\*24.1\*

18mm的环形磁粉芯,所述S4步骤中退火处理在750-800°C下进行,不超过2小时,所述喷涂绝缘处理采用环氧树脂作为处理剂。

[0037] 本实施例中所述S3步骤中将绝缘包覆处理过的不同目数范围的铁硅铝合金区间粉以原位复合的方式分别填充至具有两层、三层或三层以上多层区间的模具中,所述模具中设有铜薄片工装,所述铜薄片工装的周长按照磁粉芯的体积占比进行设计,采用一个或两个铜薄片工装置于模具中,将模具分隔开形成两个或三个料穴,并将不同粉末填充到铜薄片隔开的两个或三个料穴中,以吸入的方式进行填充,振动后上提铜薄片工装,实施压制动作。

[0038] 本发明实施例提供了高效铁硅铝磁粉芯的制备方法制得的铁硅铝磁粉芯,所述铁硅铝磁粉芯包括内外两层结构或内中外三层结构。100-200目的区间粉、200-400目的区间粉和400-1000目的区间粉进行绝缘处理后原位复合填充至具有三层的模具中,将100-200目填充到最外层,200-400目填充至中间层,400-1000目填充至最内层,形成内中外三层结构的铁硅铝磁粉芯。本实施例中也可以将原材料配比成分一的铁硅铝合金绝缘粉末填充至具有两层的模具的内侧,将原材料配比成分二的铁硅铝合金绝缘粉末填充至具有两层的模具的外侧,体积占比分别为50%,形成具有内外两层结构的铁硅铝磁粉芯。

[0039] 本发明实施例主要是改变不同粒度的铁硅铝软磁粉末的复合方法,使得铁硅铝的低损耗性能得到保留,并提升其直流偏置的性能,主要通过原位复合的方式,将铁硅铝的粉末不同的粒度在模具中进行不同占比的分层填充,填充的粒度分为100目~140目,140目~200目,200目~400目,400目~600目,600目~1000目中的两种或多种,本发明中还通过微调铁硅铝的不同成分进行原位复合,从而得到优异的磁性能。

[0040] 本发明实施例中的铁硅铝合金粉末使用青岛云路先进材料技术股份有限公司生产的气雾化铁硅铝合金粉末,两种成分配比;传统的混粉方式主要是将气雾化后的粉末直接过筛指定目数,然后进行绝缘包覆,或者是筛分成不同目数的区间粉,根据配比进行混合,再做绝缘包覆,压制成磁粉芯,最终会中和整个磁粉芯的磁性能,而本发明实施例通过原位填充的方式将不同粒度区间的粉末在模具中填充,从而保留粒度粗细的各自优点。另外,本发明实施例还将铁硅铝的成分进行微调,将不同的成分的铁硅铝粉末,进行相同的筛分方式,然后按照原位复合的原理填充至模具中,发挥各成分的磁性能优势,整体提升铁硅铝的磁性能。

[0041] 下面根据本发明优选的实施方式对制备铁硅铝磁粉芯的方法进行说明。

[0042] 其中,磁性能测试内容包括电感、计算磁导率、单位体积铁损、直流偏置能力。测试方法如下:

[0043] 采用Microtest 6377LCR仪测量磁粉芯的电感。根据公式 $\mu_e = L \times Le \times 10^3 / 0.4 / \pi / N^2 / Ae$ 计算出样品的有效磁导率 $\mu_e$ 。其中,L为电感(uH), $\mu_e$ 为有效磁导率,N为匝数,Ae为磁粉芯截面积(mm<sup>2</sup>),Le为磁粉芯磁路长度(mm)。

[0044] 采用岩崎SY8219 B-H测试仪测试磁粉芯的单位铁损,测试条件为100kHz/50mT,单位为mW/cm<sup>3</sup>。

[0045] 采用Microtest 6377仪测试磁粉芯的直流偏置能力,测试条件为1kHz,1v,Φ0.9铜线单绕40圈,21.29A额定电流下进行测试得到%Ldc@1000e(60μ)。

[0046] 实施例1

[0047] 采用真空冶炼、气雾化方式生产粉末,喷粉过程采取氮气保护的方式进行。

[0048] 采用的筛网目数为100目、200目、400目、1000目,通过振动筛的方式进行筛分,筛分后取100-200目的区间粉、200-400目的区间粉、400-1000目的区间粉等共三个区间粉。

[0049] 对各个区间的粉末进行绝缘包覆,先将氧化铝粉末0.5wt%添加至铁硅铝粉末中,搅拌均匀;然后对混合均匀的粉末先进行水玻璃溶液包覆,添加量为2.0wt%,干燥后,将低熔点玻璃粉1.0wt%添加到粉末中,搅拌均匀。再添加硅树脂0.5wt%至粉末中搅拌至均匀。最后添加0.5wt%的润滑剂硬脂酸锌。

[0050] 分别将做完的不同粒度区间的绝缘粉进行填充至模具中,并将100-200目填充到最外层,200-400目填充至中间层,400-1000目填充至最内层。

[0051] 具体的填充步骤如下:

[0052] 根据占比的软磁材料的体积比进行工装制作,将不同的软磁材料按照实验要求,分别引流至模具中进行填充。如图1所示,11代表磁粉芯外侧、12代表磁粉芯中侧、13代表磁粉芯内侧,具体操作是将外侧的体积占比30%的区间填充为100-200目的铁硅铝绝缘粉末,中部的体积占比为40%的区间填充为200-400目的铁硅铝绝缘粉;内侧的体积占比为30%的区间填充为400-1000目铁硅铝绝缘粉末。

[0053] 本实施例中压制成型的压力采用20t/cm<sup>2</sup>,压制成外径为46.7mm的磁粉芯,退火处理在750℃下进行50min,使用液氮的气氛进行保护。

[0054] 实施例2

[0055] 与实施例1的区别在于:分别将做完的不同粒度区间的绝缘粉进行填充至模具中,并将100-200目填充到最内层,200-400目填充至中间层,400-1000目填充至最外层,填充的结构与方法参照实施例1。

[0056] 对比例1

[0057] 本实施例为对比例,与实施例1/2的区别在于:直接将本批次的气雾化粉末原粉过筛100目,取100目筛下的粉末进行绝缘包覆,并混合均匀,压制成磁粉芯。

[0058]

实验 编码	磁粉芯外侧		磁粉芯中部		磁粉芯内侧		损耗 100kHz/50 mT	温升 Δ T/k	DC-Bias 100 Oe
	目数区 间	占 比	目数区 间	占 比	目数区 间	占 比			
实施 例 1	100-200	30%	200-400	40 %	400-100 0	30%	130	15	63%
实施 例 2	400-100 0	30%	200-400	40 %	100-200	30%	180	25	59%
对比 例 1	100 目 筛 下						156	20	60%

[0059] 从上表可以看出,当粒度较粗的区间粉分布在外侧时,由于磁粉粒度越粗,气隙越小,磁阻小,磁力线更容易通过。因此,实施例1的磁力线先通过磁粉芯外侧的100-200目的区间粉,使得外侧的 $\Delta B$ 最大,随着电流的增加,电感逐步降低,磁力线逐渐向磁粉芯内侧转移, $\Delta B$ 的最大值转移至200-400目粉的内侧部分,同理,最后 $\Delta B$ 的最大值出现在磁粉芯的最内侧,由于磁力线更易于沿着磁路最短的方向通过,因此总是沿着磁粉芯不同复合区域的内侧通过。此时,磁通密度会呈阶梯状分布,使得 $\Delta B$ 分布的更佳均匀,这样可以提高磁粉芯的整理利用率,提高磁粉芯的磁性能。因此实施例1的磁性能及温升均较为优异,而实施例2的粒度分布正好与实施例1相反,同时其对磁性能起相反的作用,对比例1就是无复合的情况,性能处于一般水平。



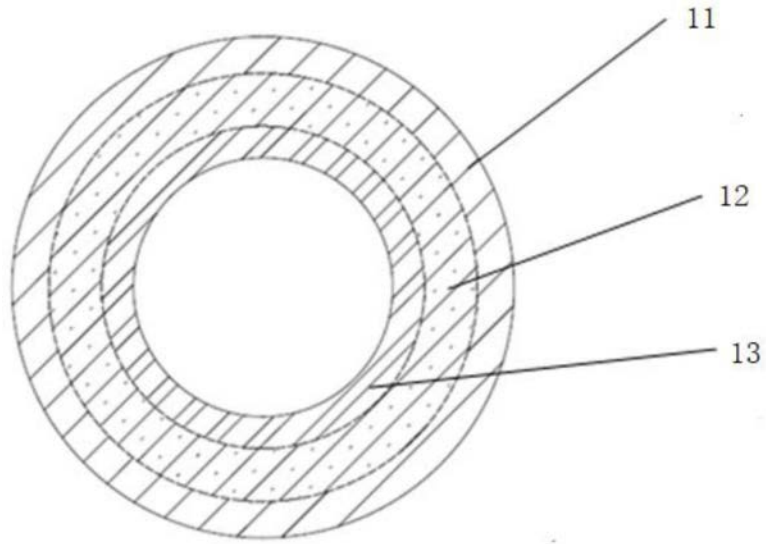


图1