



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117366108 A

(43) 申请公布日 2024. 01. 09

(21) 申请号 202310812018.0

B33Y 40/20 (2020.01)

(22) 申请日 2023.07.04

B33Y 70/10 (2020.01)

(30) 优先权数据

B33Y 80/00 (2015.01)

2022-109177 2022.07.06 JP

B29L 31/04 (2006.01)

(71) 申请人 新东工业株式会社

地址 日本爱知县

(72) 发明人 浅野宪启 藤原德仁

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

专利代理师 刘新宇 岳红杰

(51) Int. Cl.

F16C 33/32 (2006.01)

B29C 64/118 (2017.01)

B29C 64/379 (2017.01)

B33Y 10/00 (2015.01)

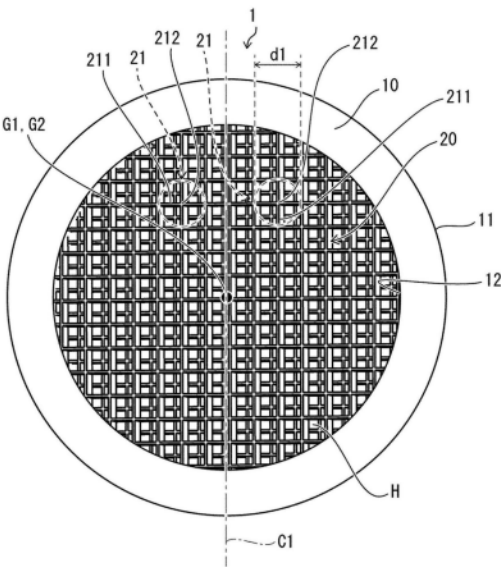
权利要求书1页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

中空构造体、轴承构件以及中空构造体的制造方法

(57) 摘要

本发明提供中空构造体、轴承构件以及中空构造体的制造方法。中空构造体(1)由陶瓷形成。中空构造体(1)具备主体部(10)和增强部(20)。主体部(10)具有球状的外周面(11),在内侧形成有中空。增强部(20)与主体部(10)一体地成形于主体部(10)的内周面(12),对主体部(10)进行增强。



1. 一种中空构造体,其由陶瓷形成,其中,
该中空构造体具备;
主体部,其具有球状的外周面,在内侧形成有中空;以及
增强部,其与该主体部一体地成形于所述主体部的内周面,对所述主体部进行增强。
2. 根据权利要求1所述的中空构造体,其中,
所述增强部具有晶格构造、蜂窝构造以及肋构造中的任一构造。
3. 根据权利要求1所述的中空构造体,其中,
所述主体部的重心与所述增强部的重心大致一致。
4. 根据权利要求1所述的中空构造体,其中,
所述增强部成为相对于通过所述主体部的重心的至少一个剖面面对称的构造。
5. 根据权利要求1所述的中空构造体,其中,
所述陶瓷含有氮化硅或碳化硅。
6. 一种轴承构件,其具备权利要求1~5中任一项所述的中空构造体,其中,
所述中空构造体为所述轴承构件的滚动体。
7. 一种中空构造体的制造方法,该中空构造体为权利要求1~5中任一项所述的中空构造体,其中,
在该中空构造体的制造方法中,通过利用3D打印机一体地成形所述主体部和所述增强部,从而制造所述中空构造体。
8. 根据权利要求7所述的中空构造体的制造方法,其中,
所述3D打印机应用了熔融沉积成形法。
9. 根据权利要求8所述的中空构造体的制造方法,其中,
该中空构造体的制造方法包括:
成形工序,在该成形工序中,使用所述3D打印机层叠在树脂中混入陶瓷而成的材料,从而一体地成形所述主体部和所述增强部;
脱脂工序,在该脱脂工序中,从在所述成形工序中成形得到的所述主体部和所述增强部中去除所述树脂;以及
烧成工序,在所述脱脂工序之后,在该烧成工序中,对所述主体部和所述增强部进行烧成。
10. 一种中空构造体的制造方法,该中空构造体由陶瓷形成,其中,
所述中空构造体具有:主体部,其在内侧形成有中空;以及增强部,其与该主体部一体地成形于所述主体部的内周面,对所述主体部进行增强,
通过利用3D打印机一体地成形所述主体部和所述增强部,从而制造所述中空构造体。

中空构造体、轴承构件以及中空构造体的制造方法

技术领域

[0001] 本公开涉及由陶瓷形成的中空构造体、轴承构件以及中空构造体的制造方法。

背景技术

[0002] 日本特开2002-29822号中记载有一种在内部具有中空部并由陶瓷形成的轴承滚珠。

发明内容

[0003] 发明要解决的问题

[0004] 在日本特开2002-29822号的轴承滚珠中,通过使内部中空,从而谋求轻量化。然而,由于内部成为中空,因此具有轴承滚珠的强度较弱的问题。

[0005] 本公开的一技术方案的目的提供能够在确保强度的同时谋求轻量化的中空构造体、轴承构件以及中空构造体的制造方法。

[0006] 用于解决问题的方案

[0007] 本公开的一技术方案的中空构造体是由陶瓷形成的中空构造体,其中,该中空构造体具备:主体部,其具有球状的外周面,在内侧形成有中空;以及增强部,其与该主体部一体地成形于所述主体部的内周面,对所述主体部进行增强。

[0008] 根据上述的结构,主体部的内侧成为中空,并且,利用一体地成形于主体部的内周面的增强部对主体部进行了增强,因此能够在确保中空构造体的强度的同时谋求轻量化。

[0009] 本公开的一技术方案的中空构造体的制造方法是由陶瓷形成的中空构造体的制造方法。所述中空构造体具有:主体部,其在内侧形成有中空;以及增强部,其与该主体部一体地成形于所述主体部的内周面,对所述主体部进行增强。在所述中空构造体的制造方法中,通过利用3D打印机一体地成形所述主体部和所述增强部,从而制造所述中空构造体。

[0010] 根据上述的中空构造体的制造方法,能够利用3D打印机容易地一体成形中空构造体的主体部和增强部。

[0011] 发明的效果

[0012] 根据本公开的一技术方案的中空构造体,能够在确保强度的同时谋求轻量化。

附图说明

[0013] 图1是本公开的实施方式1的中空构造体的外观图。

[0014] 图2是表示从图1的II-II剖切线观察到的中空构造体的内部构造的剖视图。

[0015] 图3是表示制造实施方式1的中空构造体的3D打印机的结构的一个例子的图。

[0016] 图4是表示实施方式1的利用3D打印机制造中空构造体的制造方法的流程的流程图。

[0017] 图5是表示实施方式2的中空构造体的内部构造的与图2相当的图。

[0018] 图6是表示实施方式3的中空构造体的内部构造的与图2相当的图。

[0019] 图7是表示将实施方式1的中空构造体应用于轴承构件的例子的剖视图。

[0020] 附图标记说明

[0021] 1、1A、1B、中空构造体；10、10A、10B、主体部；20、20A、20B、增强部；11、外周面；12、内周面；21、21A、21B、单元；50、轴承；100、3D打印机；G1、G1A、G1B、G2、G2A、G2B、重心；H、中空；S2、成形工序；S3、脱脂工序；S4、烧成工序。

具体实施方式

[0022] (实施方式1)

[0023] 以下参照图1~图4说明本公开的实施方式1。

[0024] [中空构造体的结构]

[0025] 图1是实施方式1的中空构造体1的外观图。图2是表示从图1的II-II剖切线观察到的中空构造体1的内部构造的剖视图。如图1和图2所示，中空构造体1是球状的中空构件，具备主体部10和增强部20。

[0026] 如图1所示，主体部10具有球状的外周面11，在内侧形成有中空H。如图2所示，在主体部10的内周面12，与主体部10一体地成形有增强部20。增强部20是用于对主体部10进行增强的构件。

[0027] 主体部10和增强部20由陶瓷形成。该陶瓷例如将氮化硅设为主要成分。将氮化硅设为主要成分的陶瓷具有较高的耐压性和较高的强度。此外，形成主体部10和增强部20的陶瓷也可以代替氮化硅而是将碳化硅设为主要成分。但是，该陶瓷不需要一定含有氮化硅和碳化硅。

[0028] 如图2所示，增强部20具有晶格构造。晶格构造是多个格子状的单元21三维地且周期性地堆积而成的构造。增强部20通过利用多个单元21支承主体部10的内周面12，从而对主体部10进行增强。

[0029] 单元21包括节212和两个支柱211。节212和两个支柱211从图2的纸面近前侧观察时呈十字状连结。单元21的数量越多，增强部20的增强强度越高。

[0030] 另外，通过调节单元21的支柱211的粗细、长度等，能够调整增强部20整体的重量。通过调整增强部20整体的重量，能够调整中空构造体1整体的重量。单元21的形状、数量根据中空构造体1的用途能够适当变更。

[0031] 增强部20的重心G2的位置与主体部10的重心G1的位置大致一致。在此，大致一致是指主体部10的重心G1与增强部20的重心G2的位置偏移在对中空构造体1的旋转性能不造成恶劣影响的程度的容许范围内。

[0032] 另外，为了使中空构造体1的旋转性能良好，增强部20优选设为相对于通过主体部10的重心G1的剖面C1面对称的构造。此外，增强部20也可以是相对于通过重心G1的其他剖面，例如与剖面C1垂直地交叉的剖面面对称的构造，只要是相对于通过重心G1的至少一个剖面面对称的构造即可。另外，增强部20也可以不是相对于剖面面对称的构造。

[0033] [3D打印机的结构]

[0034] 图3是表示造型中空构造体1的3D打印机100的结构的一个例子的图。3D打印机100是造型三维形状的中空构造体1的三维层叠造型装置。3D打印机100应用熔融沉积成形(Fused Deposition Modeling:FDM(注册商标))法造型中空构造体1。

[0035] 3D打印机100具备平台101、驱动轴102、喷嘴103、喷头104、引导构件105、用于供给材料M的材料供给部106、供给管107。

[0036] 平台101是用于载置由材料M形成的构造物的台。驱动轴102被未图示的控制装置控制,从而使平台101在Z轴方向上移动。喷嘴103配置于喷头104的Z轴负方向侧,将熔融的材料M朝向平台101喷出。

[0037] 喷头104被控制装置控制,从而沿着引导构件105使喷嘴103在X轴方向上移动。引导构件105被控制装置控制,从而构成为沿着在Y轴方向上延伸的一对导轨(省略图示)能够在Y轴方向上移动。此外,也可以将平台101构成为能够在X轴方向上和Y轴方向上移动。

[0038] 材料供给部106经由供给管107向喷头104供给细长线状的材料M。控制装置一边自设于喷头104的喷嘴103使丝状的材料M喷出,一边控制喷嘴103的X轴方向和Y轴方向上的位置,从而在平台101上成形期望的形状的构造物。

[0039] [中空构造体的制造方法]

[0040] 接着,参照图4的流程图说明中空构造体1的制造方法。图4是表示利用3D打印机100制造中空构造体1的制造方法的流程的流程图。如图4所示,在中空构造体1的制造方法中,依次进行准备工序(S1)、成形工序(S2)、脱脂工序(S3)、烧成工序(S4)、加工工序(S5)。以下,详细地说明各工序。

[0041] <准备工序>

[0042] 在准备工序S1中,首先,中空构造体1的制造者利用未图示的PC等信息处理装置,使用三维CAD(Computer Aided Design:计算机辅助设计)等,制作成形中空构造体1所需要的3D数据。接着,制造者利用信息处理装置并使用专用的软件将制作成的3D数据转换成作为3D打印机100用的文件形式的STL(Stereolithography:立体光刻)形式的STL数据。

[0043] 然后,制造者利用信息处理装置并使用专用的软件将STL数据转换成切片数据。切片数据是将3D数据沿水平方向切成多个层而得到的截面数据。信息处理装置将转换成的切片数据组向3D打印机100输出。

[0044] 此外,3D数据是考虑到烧成工序S4中的材料M的收缩量、位移量等而设计的数据。另外,图1和图2所示的中空构造体1的外径D1、主体部10的壁厚t1以及增强部20的单元21的数量、外径d1等根据中空构造体1的用途、使用条件等能够适当设定。

[0045] 接着,制造者准备中空构造体1的制造所使用的材料M。材料M是在树脂中以预定的比例混入陶瓷而成的材料。树脂例如由热塑性树脂构成。作为热塑性树脂,能够使用丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS:Acrylonitrile Butadiene Styrene)树脂、聚乳酸(PLA:Polylactic Acid)树脂等。此外,还可以在材料M中添加蜡、增塑剂等。

[0046] <成形工序>

[0047] 接着,在成形工序S2中,如图3所示,在应用了FDM法的3D打印机100中,将以预定温度被加热而熔融的丝状的材料M自喷嘴103向平台101喷出。3D打印机100一边将材料M自喷嘴103喷出,一边基于输入的切片数据控制喷嘴103的X轴方向和Y轴方向上的位置,从而进行中空构造体1的一层量的成形。

[0048] 在此,一层量的成形是指相当于将中空构造体1的3D数据沿水平方向切成多个层而得到的一个切片数据的部分的成形。切片数据中包含构成对应的层的主体部10和/或增强部20的截面数据。

[0049] 然后,在3D打印机100完成一层量的成形时,通过控制驱动轴102,从而使平台101向箭头A所示的Z轴负方向移动一层量,进行下一层的成形。

[0050] 如此,3D打印机100每一层量地重复构成各层的主体部10和/或增强部20的成形,并将各层层叠。由此,3D打印机100完成了一体地成形有主体部10和增强部20的中空构造体1。

[0051] 此外,在利用3D打印机100成形球状的中空构造体1时,如图3所示,优选在利用支承构件200支承中空构造体1的状态下,自喷嘴103喷出材料M。该情况下,通过在利用3D打印机100进行中空构造体1的成形之前,自喷嘴103喷出支承材料S,从而在平台101的预定位置预先形成支承构件200。

[0052] 作为支承材料S,优选使用与材料M相同的材料,但也可以使用与材料M不同的材料。例如,作为支承材料S,使用聚乙烯醇(PVA:Polyvinyl Alcohol)等水溶性的材料,从而能够不对中空构造体1施加力地去除支承构件200。另外,也可以将支承构件200成形为之后容易剥离的形状。例如,也可以设为在支承构件200的与材料M的抵接面设置多个凸部或凹部。

[0053] 此外,也可以利用3D打印机100同时进行中空构造体1的成形和支承构件200的成形。该情况下,优选在3D打印机100独立于喷出材料M的喷嘴103地设置喷出支承材料S的喷嘴。另外,也可以在利用喷出支承材料S的喷嘴进行了支承构件200的成形之后,利用喷嘴103进行中空构造体1的成形。

[0054] <脱脂工序>

[0055] 返回图4,成形工序S2之后,在脱脂工序S3中,将中空构造体1自平台101拆下,利用未图示的脱脂炉以500~600℃的程度对中空构造体1进行加热,从而使材料M中含有的树脂蒸腾。由此,能够从形成中空构造体1的材料M中仅去除树脂。

[0056] 此外,在从材料M中去除树脂时,材料M之中,在被去除的树脂存在过的部位产生空隙。在以下的烧成工序S4中将该空隙去除。

[0057] <烧成工序>

[0058] 在烧成工序S4中,例如在制造由将氮化硅设为主要成分的陶瓷形成的中空构造体1的情况下,利用未图示的烧成炉,以1700~1800℃的程度对中空构造体1进行烧成,从而去除上述的在构成主体部10和增强部20的材料M之中存在的空隙。在烧成工序S4之后,由于从构成主体部10和增强部20的材料M之中消除了空隙,因而中空构造体1收缩而硬度升高。

[0059] <加工工序>

[0060] 烧成工序S4之后,在加工工序S5中,利用切削加工等自中空构造体1去除支承构件200。然后,对去除了支承构件200的中空构造体1的表面实施研磨等后处理。通过以上操作,完成中空构造体1。

[0061] 根据以上说明的中空构造体1,由于在内部形成有中空H的主体部10的内周面一体地成形有增强部20,因此,能够在确保强度的同时谋求轻量化。特别是,增强部20具有格子形状的多个单元21规则地排列而成的晶格构造,因此能够可靠地提高中空构造体1的主体部10的强度。

[0062] 另外,中空构造体1由陶瓷形成,因此,能够使中空构造体1不易生锈,并且,能够提高中空构造体1的耐热性和耐久性。

[0063] 另外,由于主体部10的重心G1的位置与增强部20的重心G2的位置大致一致,因此,中空构造体1不会偏心。由此,能够提高中空构造体1的旋转性能。

[0064] 另外,增强部20成为相对于通过主体部10的重心G1的剖面C1面对称的构造,因此,能够抑制主体部10的强度根据周向上的位置而偏差。

[0065] 另外,增强部20构成为,单元21的数量越多,则该增强部20对主体部10产生的增强强度越高,因此,通过调节单元21的数量,能够容易地变更中空构造体1的强度。例如,通过减小单元21的尺寸,增多单元21的数量,能够提高增强部20对主体部10产生的增强强度。

[0066] 另外,形成中空构造体1的陶瓷将氮化硅设为主要成分,因此,能够提高中空构造体1的耐磨耗性,提高刚度。而且,氮化硅为非磁性的绝缘体,因此,能够高效地发挥防电蚀的效果。由此,能够提高中空构造体1的耐久性和耐负荷性。另外,由于氮化硅的密度为钢的密度的一半以下,因此,能够提高中空构造体1的高速旋转性能。

[0067] 根据实施方式1的中空构造体1的制造方法,利用应用了熔融沉积成形(FDM)法的3D打印机100,在成形工序(S2)中一体成形主体部10和增强部20,从而能够容易地造型中空构造体1。

[0068] 特别是,在冲压加工等以往的制造方法中,难以造型具有晶格构造等复杂的形状的陶瓷制品,但通过使用应用了FDM法的3D打印机100,从而将具有晶格构造的增强部20与主体部10一体成形,能够容易造型中空构造体1。

[0069] 另外,在利用3D打印机100成形中空构造体1时,与主体部10同时地进行增强部20的成形,因此,能够利用成形中途的增强部20支承成形中途的主体部10的内周面12。因此,能够将成形中途的主体部10的形状维持为期望的形状,而不会变形或崩塌。

[0070] 另外,根据使用应用了FDM法的3D打印机100的中空构造体1的制造方法,在成形工序(S2)之后,在脱脂工序(S3)中以预定的温度对中空构造体1进行加热,从而能够从由在树脂中混入陶瓷而成的材料M成形的主体部10和增强部20中容易地仅去除树脂。

[0071] 另一方面,在应用了光造型法的3D打印机中,在成形了球状的中空构造体1之后,难以从中空构造体1的内部去除造型材料,若要去除造型材料,则需要在中空构造体1开孔。相对于此,在应用了FDM法的3D打印机100中,不用在中空构造体1开孔就能够进行脱脂。

[0072] 而且,在烧成工序(S4)中,通过对主体部10和增强部20进行烧成,使中空构造体1收缩,从而能够从材料M之中良好地去除在脱脂工序S3中产生的材料M之中的空隙。由此,能够制造由高密度的陶瓷制成的品质较高的中空构造体1。

[0073] (实施方式2)

[0074] 接着,参照图5说明本公开的实施方式2的中空构造体1A。图5是表示实施方式2的中空构造体1A的内部构造的与图2相当的图。此外,为了方便说明,对于具有与上述实施方式1中说明的构件相同的功能的构件,标注相同的附图标记,并且不重复其说明。

[0075] 如图5所示,实施方式2的中空构造体1A具备主体部10A和增强部20A。增强部20A具有蜂窝构造。该蜂窝构造成为多个六棱柱状的单元21A规则地排列而成的构造。

[0076] 增强部20A的重心G2A的位置与主体部10A的重心G1A的位置大致一致。另外,增强部20A优选成为相对于通过主体部10A的重心G1A的剖面C2面对称的构造。

[0077] 在实施方式2中,也与实施方式1的中空构造体1的制造方法同样地,使用应用了FDM法的3D打印机100,造型中空构造体1A。此外,中空构造体1A的外径D2、主体部10A的壁厚

t2以及增强部20A的单元21A的数量、外径d2等根据中空构造体1A的用途能够适当变更。

[0078] 利用以上说明的中空构造体1A,也能够获得与实施方式1的中空构造体1同样的效果。即,利用增强部20A,能够提高中空构造体1A的主体部10A的强度,并且,增强部20A成为蜂窝构造,因此能够谋求中空构造体1A的轻量化。

[0079] 特别是,在实施方式2的中空构造体1A中,增强部20A包括多个六棱柱状的单元21A规则地排列而成的蜂窝构造,因此,各单元21A中的间隙的体积增多,能够使增强部20A整体的重量轻量。因此,相比于实施方式1的中空构造体1,能够使中空构造体1A整体的重量轻量化。

[0080] 另外,由于增强部20A为多个六棱柱状的单元21A铺满而成的蜂窝构造,因此,能够容易使来自外部的冲击分散,因此能够提高中空构造体1A的冲击吸收性。

[0081] (实施方式3)

[0082] 接着,参照图6说明本公开的实施方式3的中空构造体1B。图6是表示实施方式3的中空构造体1B的内部构造的与图2相当的图。此外,为了方便说明,对于具有与上述实施方式1中说明的构件相同的功能的构件,标注相同的附图标记,并且不重复其说明。

[0083] 如图6所示,实施方式3的中空构造体1B具备主体部10B和增强部20B。增强部20B具有多个三棱柱状的单元21B规则地排列而成的蜂窝构造。

[0084] 增强部20B的重心G2B的位置与主体部10B的重心G1B的位置大致一致。另外,增强部20B优选成为相对于通过主体部10B的重心G1B的剖面C3面对称的构造。

[0085] 在实施方式3中,也与实施方式1的中空构造体1的制造方法同样地,使用应用了FDM法的3D打印机100,造型中空构造体1B。此外,中空构造体1B的外径D3、主体部10B的壁厚t3以及增强部20B的单元21B的数量、外径d3等根据中空构造体1B的用途能够适当变更。

[0086] 根据以上说明的中空构造体1B,也能够获得与实施方式1的中空构造体1同样的效果。即,利用增强部20B,能够提高中空构造体1B的主体部10B的强度,并且,由于增强部20B成为蜂窝构造,因此,能够谋求中空构造体1B的轻量化。

[0087] 特别是,在实施方式3的中空构造体1B中,增强部20B包括多个三棱柱状的单元21B规则地排列而成的蜂窝构造,因此,不需要像实施方式1的增强部20那样形成复杂的晶格构造。因此,在实施方式3中,也可以不像实施方式1的中空构造体1那样利用3D打印机100复杂地控制喷嘴103的位置,能够容易地成形中空构造体1B。

[0088] 另外,实施方式3的增强部20B是多个三棱柱状的单元21B铺满而成的蜂窝构造,因此,相比于包括多个六棱柱状的单元21A铺满而成的蜂窝构造的实施方式2的增强部20A,能够提高中空构造体1B的强度。

[0089] (其他实施方式)

[0090] 上述的实施方式1的增强部20、实施方式2的增强部20A、实施方式3的增强部20B设为具有晶格构造或蜂窝构造,但并不限于此。例如,增强部也可以具有肋构造。该情况下,设为通过在中空构造体1的主体部10的内周面12突出设置多个肋从而增强主体部10的结构即可。

[0091] 另外,实施方式2的增强部20A、实施方式3的增强部20B设为排列多个六棱柱状的单元21或三棱柱状的单元21B而成的蜂窝构造,但并不限于此。例如,增强部也可以具有排列多个四棱柱状或八棱柱状的单元而成的蜂窝构造。

[0092] 另外,在上述的实施方式1~3中,设为3D打印机100利用控制装置控制驱动轴102、喷头104以及引导构件105从而使喷嘴103的位置移动,但并不限于此。例如,也可以设为利用包括多关节机器人的操纵器使喷嘴103的位置移动。

[0093] 另外,在上述的实施方式1~3中,设为利用3D打印机100造型球状的中空构造体1、1A、1B,但并不限于此,例如,也可以造型由陶瓷形成的矩形箱状的中空构造体。

[0094] (中空构造体的应用例)

[0095] 接着,参照图7说明上述的中空构造体1的应用例。图7是表示将实施方式1的中空构造体1应用于轴承构件的例子剖视图。如图7所示,中空构造体1能够用于作为轴承构件的轴承50的滚动体即轴承滚珠。轴承50例如应用于风力发电机用的轴承构件。

[0096] 轴承50是用于支承旋转的轴60的构件。轴承50为深沟球轴承以及角接触球轴承等滚动轴承。轴承50构成为具备外圈51、内圈52、作为球的中空构造体1、未图示的保持器。

[0097] 多个中空构造体1配置于外圈51的轨道面511与内圈52的轨道面521之间。保持器在周向上空开间隔地对多个中空构造体1进行保持。

[0098] 根据具备以上说明的中空构造体1的轴承50,能够在确保中空构造体1的强度的同时谋求轻量化,因此,能够在提高作为轴承滚珠的中空构造体1的耐久性的同时,提高中空构造体1的高速旋转性能。

[0099] 另外,由于中空构造体1的主体部10的重心G1的位置与增强部20的重心G2的位置大致一致,因此,中空构造体1不会偏心。由此,能够进一步提高轴承滚珠的旋转性能。

[0100] 此外,在上述的应用例中,说明了将实施方式1的中空构造体1应用于轴承50的滚动体的情况,但也可以将实施方式2的中空构造体1A和实施方式3的中空构造体1B应用于轴承50的滚动体。

[0101] 另外,在上述的应用例中,设为将具备中空构造体1的轴承50应用于风力发电机用的轴承构件,但并不限于此。还可以将中空构造体1应用于其他的例如飞机部件、电动汽车部件中使用的构件。

[0102] 本公开并不限于上述的各实施方式,能够在权利要求所示的范围内进行各种变更,通过将不同的实施方式中分别公开的技术方案适当组合而获得的实施方式也包含在本公开的技术范围内。

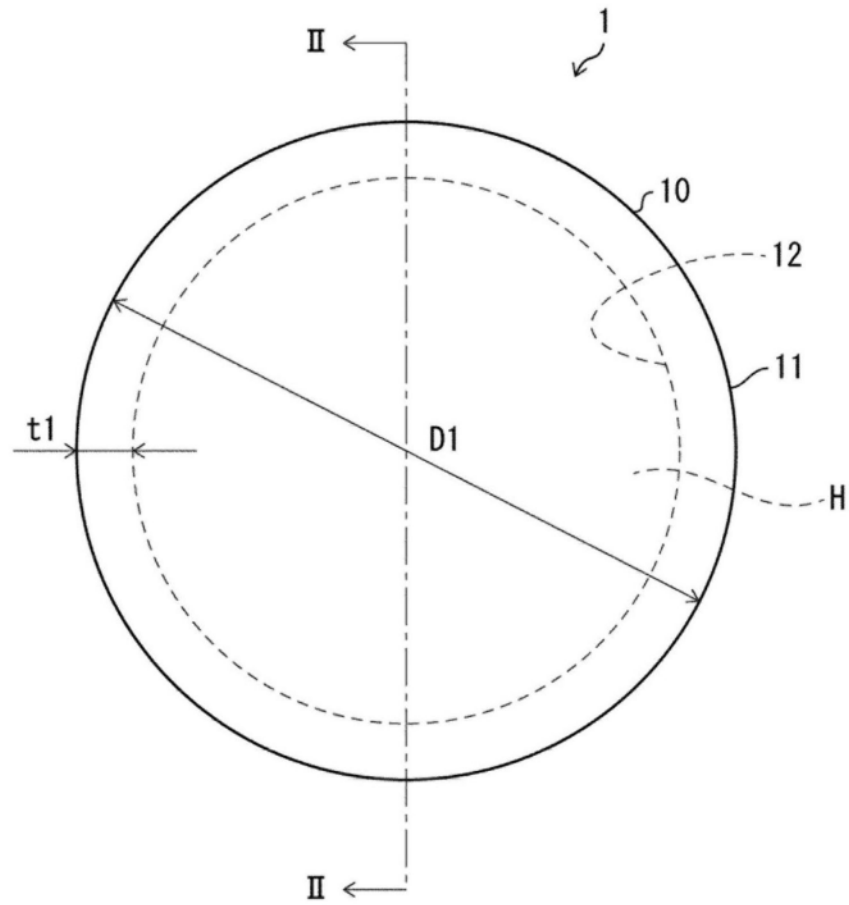


图1

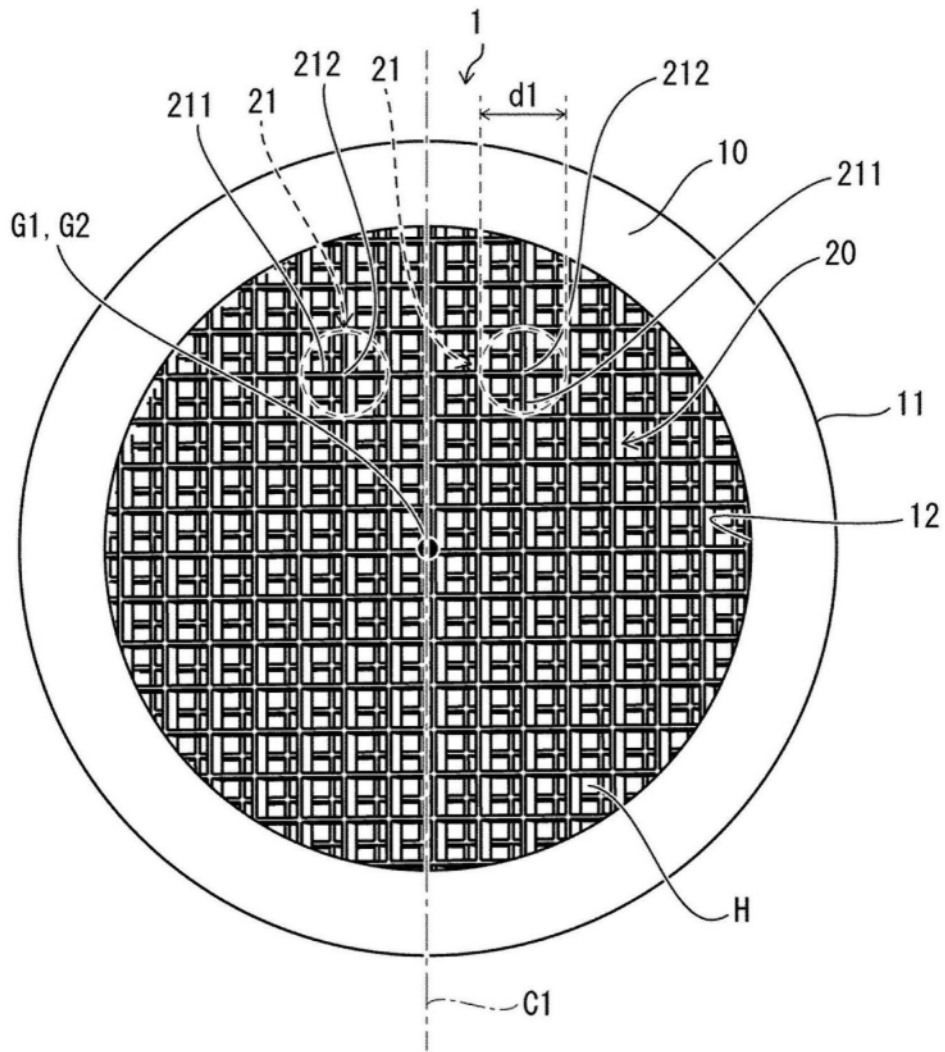


图2

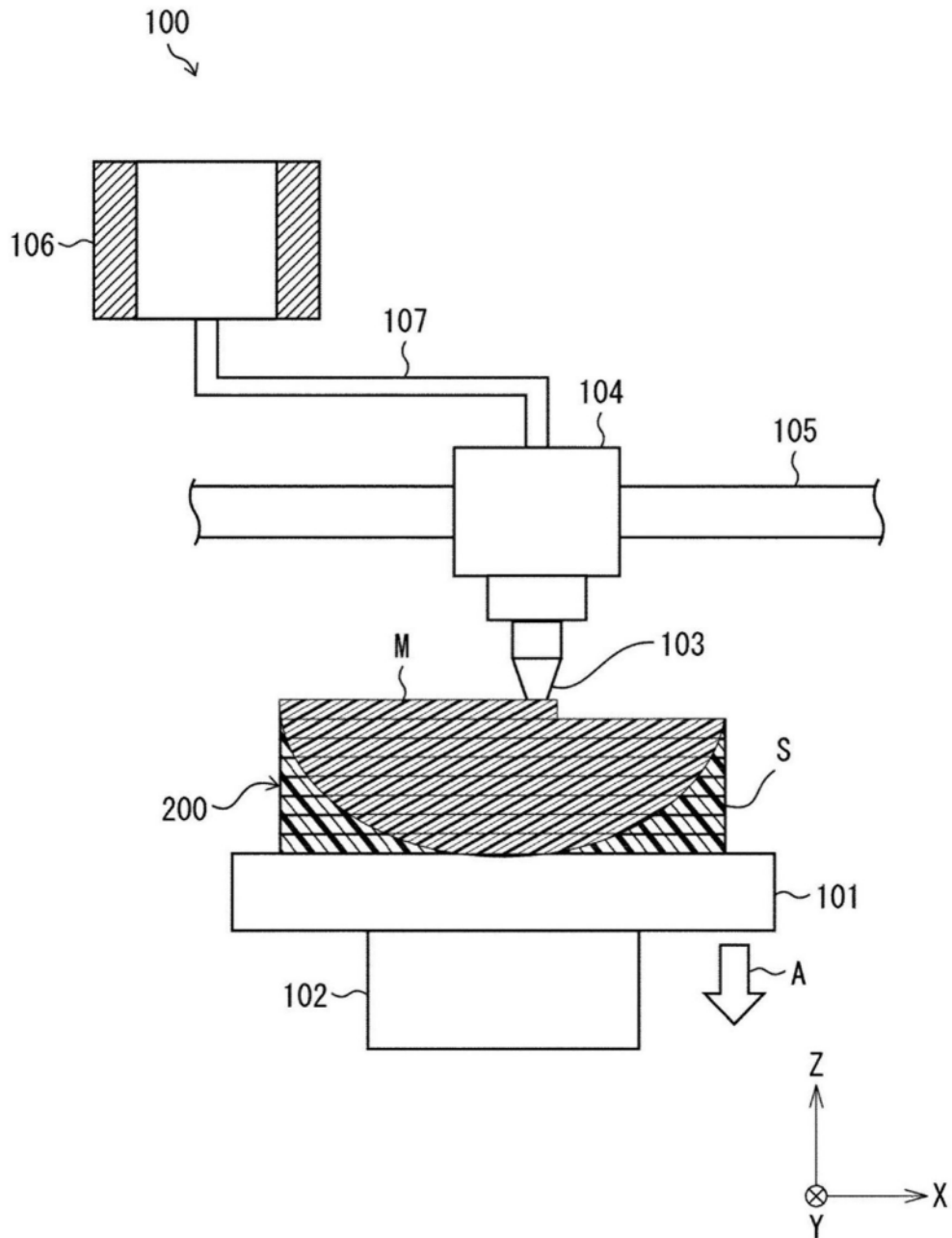


图3

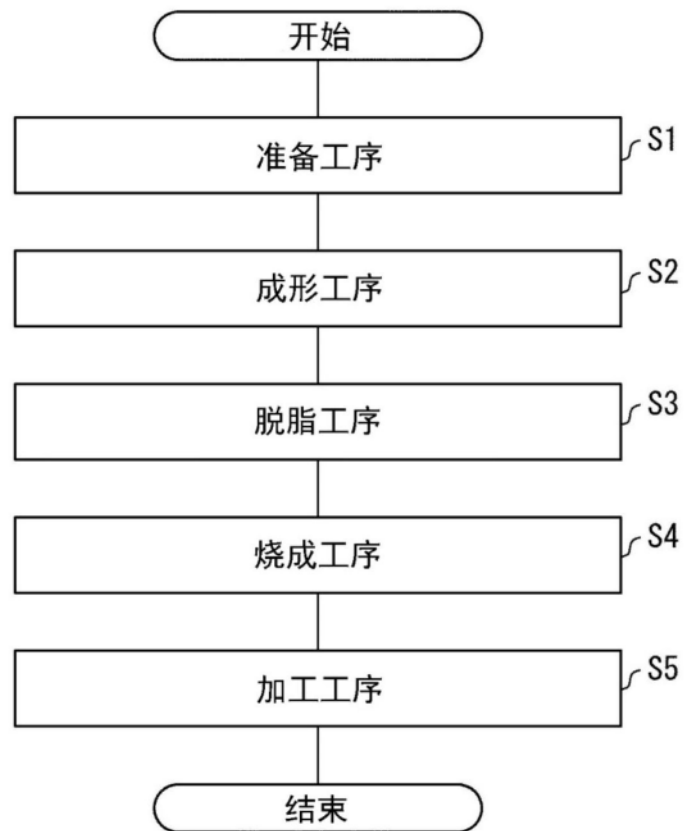


图4

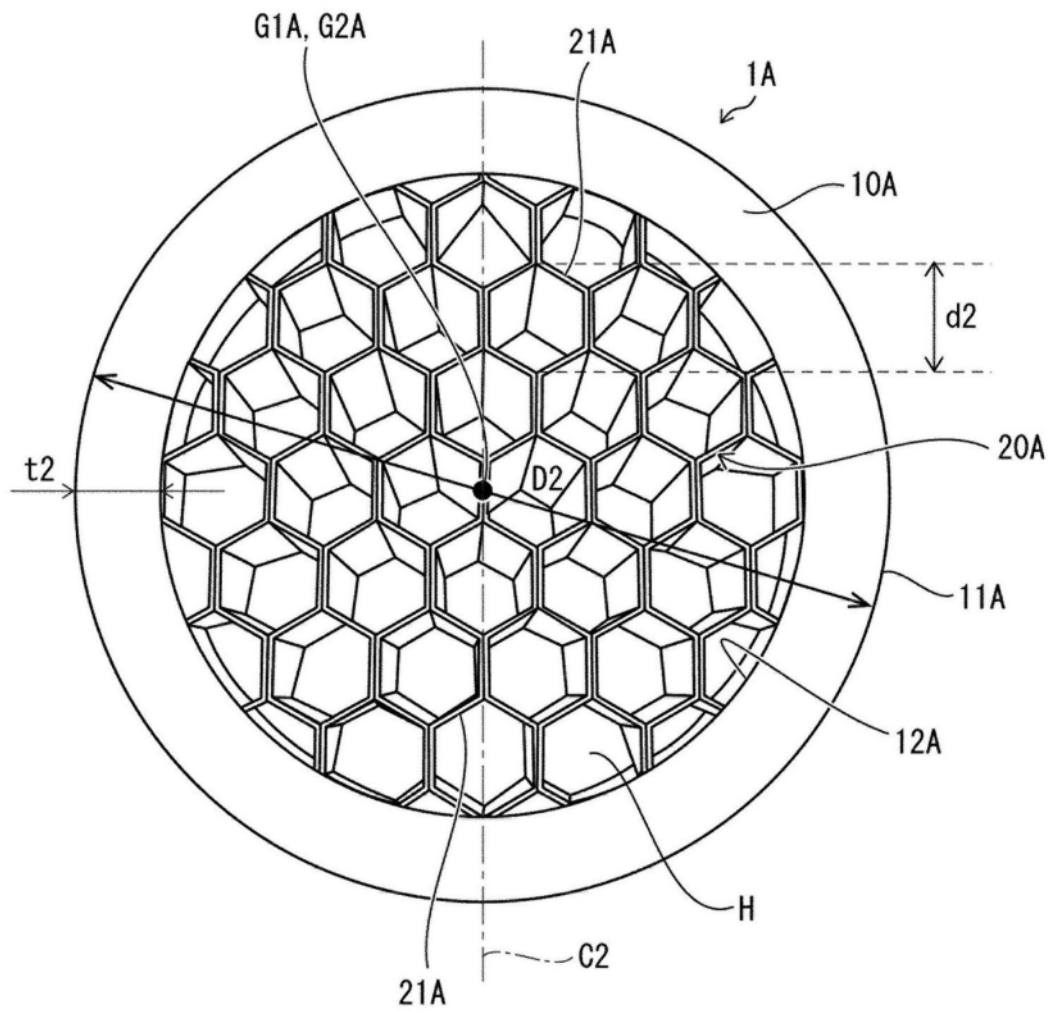


图5

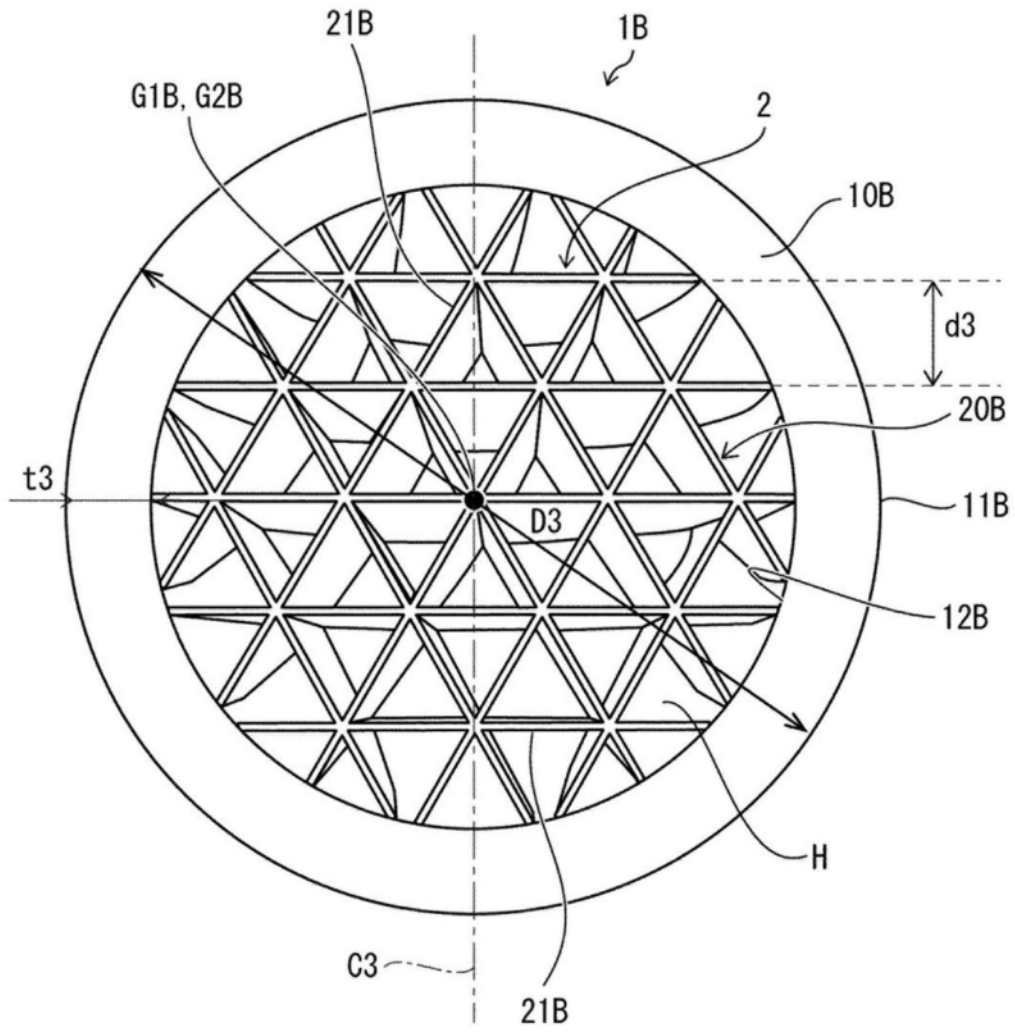


图6

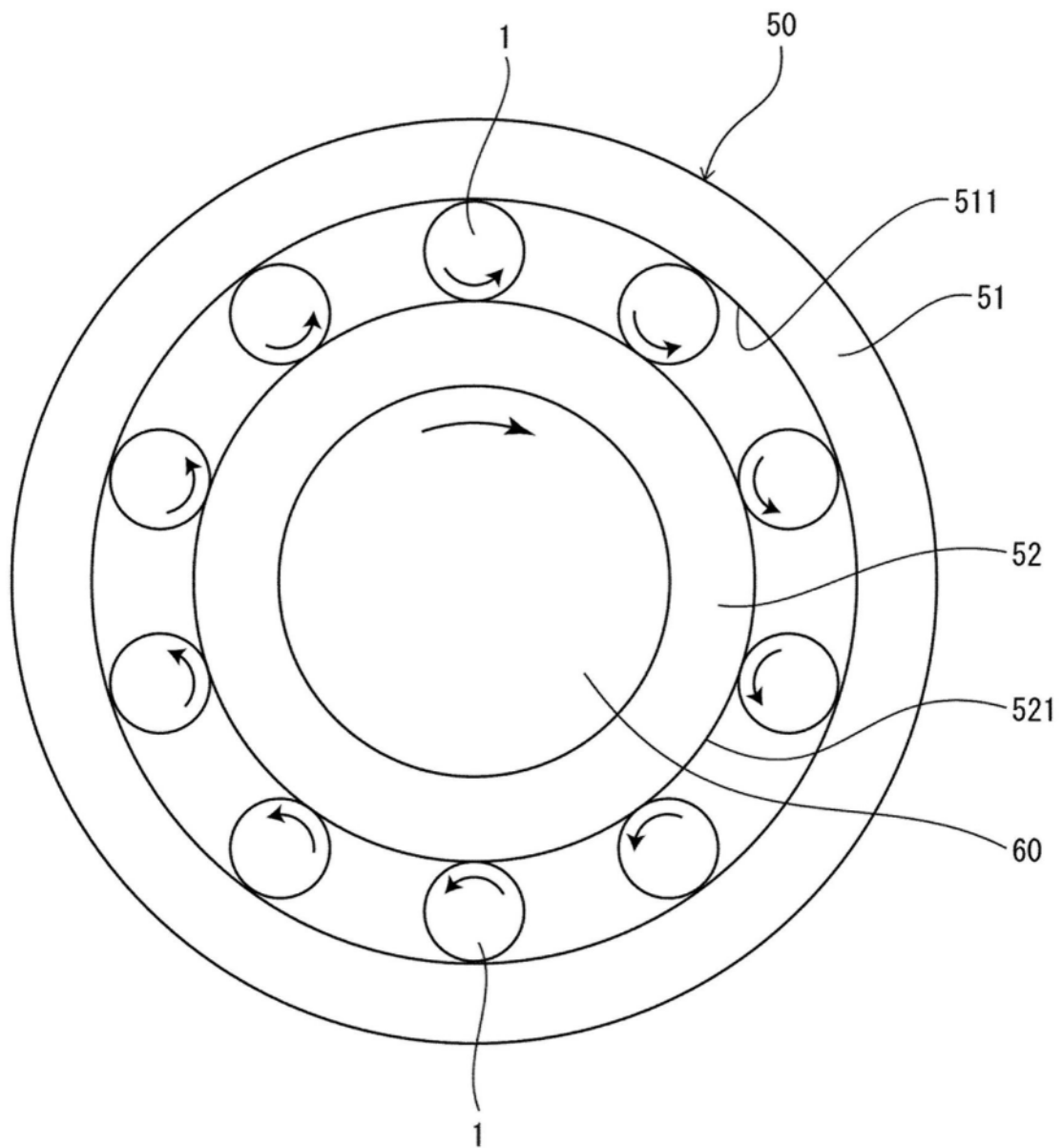


图7