



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110461276 A

(43)申请公布日 2019.11.15

(21)申请号 201880022149.6

(22)申请日 2018.03.22

(30)优先权数据

102017205173.6 2017.03.28 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.09.27

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2018/057327 2018.03.22

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2018/177890 DE 2018.10.04

(71)申请人 陶瓷技术有限责任公司

地址 德国普洛兴根

(72)发明人 M.M.朱斯奇克 M.格茨

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 章敏 林毅斌

(51)Int.Cl.

A61F 2/30(2006.01)

C04B 35/109(2006.01)

C04B 38/00(2006.01)

权利要求书1页 说明书7页

(54)发明名称

陶瓷滑动轴承

(57)摘要

公开了用于滑动轴承的陶瓷滑动配合体,所述滑动配合体至少部分,优选完全由陶瓷泡沫制成。该陶瓷滑动配合体包含至少一个滑动面,滑动配合体可在其上运动,其中所述滑动面至少部分,优选完全由陶瓷泡沫构成。

1. 用于滑动轴承的陶瓷滑动配合体,所述滑动配合体至少部分,优选完全由陶瓷泡沫构成,并包含至少一个滑动面,滑动配合体可在其上运动,其中所述滑动面至少部分,优选完全由陶瓷泡沫构成。

2. 根据权利要求1的陶瓷滑动配合体,其中所述陶瓷材料由氧化物陶瓷材料,例如基于氧化铝或氧化锆的氧化物陶瓷材料,或非氧化物陶瓷材料,例如基于氮化硅或碳化硅的非氧化物陶瓷材料形成。

3. 根据权利要求1或2的陶瓷滑动配合体,其特征在于所述陶瓷材料选自混合氧化物体系 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ ,特别是ZTA陶瓷材料(氧化锆增韧氧化铝),或其中氧化锆代表体积主导相的陶瓷复合材料。

4. 根据前述权利要求任一项的陶瓷滑动配合体,其特征在于所述部件的多孔区域的孔隙尺寸 $\geq 1 \text{ nm}$ ,优选 $\geq 10 \text{ }\mu\text{m}$ 至 $\leq 1 \text{ mm}$ ,优选 $50 \text{ }\mu\text{m}$ 至 $1 \text{ mm}$ ,特别优选 $100$ 至 $700 \text{ }\mu\text{m}$ 。

5. 根据前述权利要求任一项的陶瓷滑动配合体,其特征在于所述多孔区域具有 $20$ 至 $95\%$ ,优选 $55$ 至 $85\%$ 的孔隙率。

6. 陶瓷滑动轴承,其包含至少一个根据权利要求1至5的滑动配合体A和至少一个具有滑动面的滑动配合体B,并且其中所述至少一个滑动配合体A和B的滑动面彼此紧贴运动。

7. 根据权利要求6的陶瓷滑动轴承,其中所述滑动配合体B由陶瓷构成。

8. 根据权利要求6或7的陶瓷滑动轴承,其中所述滑动配合体B由实心陶瓷构成。

9. 根据权利要求6或7的陶瓷滑动轴承,其中所述滑动配合体B也至少部分多孔,优选也至少部分由陶瓷泡沫制成。

10. 根据权利要求6至9任一项的陶瓷滑动轴承作为用于人类医学或兽医学应用的植入物的用途。

11. 根据权利要求10的陶瓷滑动轴承作为用于小和大关节的植入物、在局部表面重建领域中的植入物和作为植入系统的部件的用途。

12. 根据权利要求10或11的陶瓷滑动轴承作为用于手指关节、脚趾关节、肘关节、踝关节、腕关节、髌关节、膝关节和/或肩关节的植入物的用途。

13. 根据权利要求10至12任一项的陶瓷滑动轴承作为仅补偿局部关节/软骨缺损的局部假体的用途。

14. 根据权利要求6至9任一项的陶瓷滑动轴承作为在直线轴承、径向轴承、轴向轴承和/或轴-径向轴承中的技术滑动轴承的用途。

15. 根据权利要求14的技术滑动轴承在涡轮机叶轮中的用途。

## 陶瓷滑动轴承

[0001] 本发明涉及陶瓷多孔部件作为滑动配合体A与贴着滑动配合体A运动的优选陶瓷滑动配合体B结合的用途。本发明优选涉及滑动配合体在医学技术领域中的用途。

[0002] 烧结轴承在现有技术中已知为一种形式的滑动轴承，其中轴承壳体由烧结的多孔金属构成。用润滑剂，如油填充孔隙。由于多孔性，可储存大量润滑剂。由烧结金属制成的轴承因此至少部分代表自润滑轴承。例如使用烧结青铜或烧结铁作为烧结金属。

[0003] 在烧结空气轴承中，滑动轴承的多孔材料确保空气的均匀分布。其优点是运转安静和低磨损。但是，这类轴承具有高的死体积。由于孔隙率没有均匀分布在该材料上，空气不均匀地从轴承流出。目前使用的多孔陶瓷轴承的重点是在高温应用、干运转应用或对定位具有高精度要求的应用上。

[0004] JP2008150233公开了由陶瓷材料制成的多孔滑动配合体，可将润滑剂或滑动剂引入其孔隙中。陶瓷材料在这种情况下由氧化锆构成。

[0005] Durazo-Cardenas等(Proc. IMechE第224卷的部分J: J. Engineering Tribology (2010)第81-89页)展示由陶瓷材料制成的流体静力滑动轴承，该陶瓷材料借助淀粉固结(SC)法制成。为此，将氧化铝粉末与淀粉颗粒和水混合并浇注到模具中。在大约70℃的温度下，淀粉通过吸水而溶胀并由此使该物料凝固。在烧结条件下，淀粉颗粒燃烧并在陶瓷中留下孔隙。与由烧结铁制成的类似滑动轴承相比，可实现更高的静态刚度和更高的扭转刚度。因此，流体静压更好地分布并可改进流体动力效应。

[0006] 一般而言，各种方法和工艺已知用于制造多孔结构。这些包括例如基于泥浆的方法，其中通过具有决定结构的有机孔隙率增强剂或化学成分的陶瓷泥浆在部件上制造陶瓷多孔结构或制造整个多孔部件。陶瓷泥浆被理解为包含液体介质、陶瓷原料粉末和任选附加添加剂的悬浮体。

[0007] 具有多孔部件或由其构成的传统制造的陶瓷部件的问题在于，无金属的多孔结构通常只有低稳定性并且例如难以在手术中加工。在通过已知方法制成的多孔结构的情况下，例如用于临时固定陶瓷部件的螺丝或钉子的引入可造成多孔结构或整个植入物的灾难性破坏。

[0008] 来自现有技术的具有硬-硬配合的滑动轴承表现出优异的磨损强度和耐磨性。但是，当滑动轴承的几何结构与弹性模量一起生成和增强可听频率时，形成噪音。

[0009] 本发明的目的因此是提供由至少2个滑动配合体形成的陶瓷滑动轴承，它们没有现有技术的缺点并显著降低，优选完全避免形成噪音。

[0010] 通过根据权利要求1的滑动配合体A实现本发明。滑动配合体A至少部分，优选完全由陶瓷泡沫构成并具有至少一个滑动面，其至少部分由发泡陶瓷材料形成。滑动配合体B旨在贴着这一滑动面运动。在从属权利要求中给出了优选实施方案。

[0011] 该滑动轴承由贴着多孔滑动配合体A运动的滑动配合体B和滑动配合体A构成。在一个实施方案中，这两个滑动配合体由陶瓷材料制成。在一个优选实施方案中，滑动配合体B由实心陶瓷材料制成。在另一实施方案中，滑动配合体B也至少部分多孔，并优选也至少部分由陶瓷泡沫制成。

[0012] 发泡陶瓷部件在本发明的意义上是部分,优选完全由陶瓷泡沫构成的由陶瓷制成的部件。该陶瓷泡沫由具有显著含量的孔隙(基于体积计通常20至95%)的陶瓷全材料(Vollmaterial)构成,这些孔隙可以隔离(闭孔性)和/或孔隙网络(开孔性)的形式存在。

[0013] 术语陶瓷是指无机非金属烧结材料。陶瓷优选选自烧结金属氧化物、金属碳化物或金属氮化物。

[0014] 多孔是指具有孔的泡沫状或海绵状多孔材料,其中孔隙可含有空气。由于孔隙中包含的空气/液体,多孔物质是非均质的。可透是指对某些物质而言可透的物质。

[0015] 该滑动轴承由布置成可相对于彼此运动的至少两个部件,即滑动配合体A和B构成。在这种情况下,这两个滑动配合体之一,例如滑动配合体A可以是位置固定的且滑动配合体B可以布置成可相对于滑动配合体A运动。也可能的是滑动配合体B是位置固定的且滑动配合体A布置成可运行。在一个特定实施例中,滑动配合体A和B两者都布置成可运动并可相对于彼此运动。这两个滑动配合体的运动可以是摩擦运动。根据本发明,滑动配合体B至少部分由抛光陶瓷材料制成,其优选被制造为至少部分实心,以使得其滑动面设计为实心的,即具有基于总面积计<10%孔隙,优选<5%孔隙的含量,特别优选无孔隙,所述滑动配合体特别优选是完全实心的。滑动配合体A至少部分由陶瓷泡沫制成。其滑动面在这种情况下至少部分布置在由发泡陶瓷构成的区域中。其因此具有至少一个由陶瓷泡沫构成并具有多孔表面的滑动面。

[0016] 下面列出包含不同陶瓷结构的多孔陶瓷部件的实例,其中陶瓷泡沫具有不同特征:

全泡沫部件: 100%的体积由陶瓷泡沫构成的部件。其可在医学技术中例如用作与优选由陶瓷制成的球形滑动配合体B有效连接的滑动壳体,以由于其作为导向结构的性质而用于骨传导和骨整合。陶瓷泡沫用作滑动面(滑动配合体B在其上运动)的基础。这一滑动面也可被加工以进行精整(Veredelung)。该滑动面由陶瓷泡沫制成。

[0017] 3D结构化部件: 由多孔区域和显著致密的陶瓷区域两者构成的部件。多孔区域在这种情况下通常伸入部件大于1毫米。其实例是局部表面重建植入物,其中该部件的面向骨的区域是广泛(ausgedehnt)多孔的,并且该部件的区域包含致密陶瓷区域。在这种情况下,滑动配合体B在其上运动的接合面至少部分,优选完全由多孔陶瓷部件构成。

[0018] 2D纹理化部件: 其表面在其拓扑方面部分或完全借助薄的近表面的多孔区域决定的部件。该多孔区域在这种情况下伸入部件中大约 $\leq$  1毫米深,以使得致密陶瓷的体积含量比在3D结构化部件的情况下大。其实例是陶瓷整体关节窝(Monoblock-Pfanne),其中面向骨盆的背面是开孔的和纹理化的,面向髌关节球的面至少部分由多孔陶瓷材料构成并任选部分由致密的抛光材料,优选陶瓷形成。

[0019] 根据本发明,有可能获得其截面由不同结构形成的部件。在这种情况下,这些结构可包括多孔陶瓷泡沫以及致密陶瓷两者,其中这些结构的布置由部件的应用决定。因此,上述结构的任意组合都可设想。

[0020] 在一个优选实施方案中,其滑动配合体A具有至少部分由陶瓷泡沫构成的滑动面的陶瓷滑动轴承是陶瓷植入物,即人类医学植入物以及用于小动物、家畜和宠物的兽医学植入物两者,特别优选用于人类医学应用的植入物。

[0021] 用于人类医学应用的通常具有0.3至30 mm的壁厚度的根据本发明优选的植入物

是用于小和大关节的植入物、在局部表面重建领域中的植入物,以及植入系统的组件或部件。

[0022] 根据本发明的用于小关节的植入物特别可包括用于手指关节、脚趾关节、肘关节、踝关节和腕关节和其它关节的植入物。术语用于大关节的植入物包括例如用于髋关节、膝关节和肩关节的植入物。

[0023] 在本发明的意义上,术语局部表面重建包括仅补偿局部关节/软骨缺损的局部假体。其通常由面向关节腔的摩擦学优化的一致(kongruent)面以及面向骨的确保持定的面构成。局部表面重建主要用于大关节,因为在这种情况下由于总体较小的手术区域,必须除去的(骨)组织较少,因此后续翻修手术明显更容易。

[0024] 由根据本发明的结构制成的陶瓷部件也可用作植入系统中的组件。在这种情况下,多孔区域当面向骨使用时促进骨整合。

[0025] 在另一实施方案中,该滑动轴承用作关节、直线轴承、径向轴承、轴向轴承和/或轴-径向(Radiax)轴承中的技术滑动轴承。由于其性质,其用于设定了极高要求例如速度的应用,例如在涡轮机叶轮中。

[0026] 在这种情况下,优选是陶瓷泡沫的面向滑动面的面配备有滑动剂(也称为润滑剂)、固体润滑剂和/或滑动轴承材料。

[0027] 滑动剂在一个实施方案中选自液体,优选油或水或其混合物。在另一实施方案中,滑动剂选自固体润滑剂,优选石墨、MoS<sub>2</sub>或六方氮化硼。在另一实施方案中,滑动剂选自悬浮体,优选在油中的铜或MoS<sub>2</sub>。滑动剂降低滑动轴承的摩擦系数。液体或液体和固体的悬浮体形式的滑动剂可在接合过程中再填充。

[0028] 在另一个实施方案中,使用滑动轴承材料代替滑动剂或与滑动剂一起使用。该滑动轴承材料在干运转的情况下确保润滑并因此具有与滑动剂相同的功能。该滑动轴承材料优选选自聚四氟乙烷(PTFE)、聚乙烯(PE)、聚氯乙烯(PVC)、青铜、黄铜或铝合金。该滑动轴承材料是不进行再填充的自润滑固体。

[0029] 在一个优选实施方案中,通过塑料浸渗将塑料,如PE和PVC施加到接合面上。

[0030] 在一个实施方案中,在组装前将滑动剂或滑动轴承材料引入轴承腔和/或优选开放式的孔隙中。在另一实施方案中,在运行过程中供入滑动剂,即优选通过压力和/或毛细力从外向内输送。在另一实施方案中通过流体动力压力供入和/或分散该滑动剂。

[0031] 在一个特定实施方案中,所述滑动剂对应于周围介质,如油、水和/或体液,例如在使用陶瓷部件作为植入物的医学技术应用的情况下。

[0032] 由于根据本发明的结构的多孔区域,也有可能进行或改进与其它非陶瓷材料的连接。由此使得有可能将根据本发明的结构例如通过塑料浸渗或胶粘而结合到其它材料上。可以连接陶瓷和非陶瓷结构,其中通过陶瓷结构的多孔区域而使得有可能牢固,优选持久地与非陶瓷材料连接。这可以是两个部件的材料匹配(stoffschlüssig)连接。这种材料匹配连接可以仅通过热工艺产生。其也可通过附加材料,如胶粘剂产生。也有可能通过热工艺和附加材料的组合来连接两个部件。

[0033] 滑动配合体A的多孔区域的宏观结构在这种情况下以孔隙为主,其中该部件的多孔区域的孔隙尺寸为至少1 nm,优选10 μm,特别优选50 μm,尤其优选100 μm。孔隙的最大尺寸是1 mm,优选700 μm。借助具有至少0.2像素/μm的分辨率,优选具有0.2至1像素/μm的

分辨率的显微镜图像通过软件辅助标记和随后计算等效直径来测定孔隙尺寸。通过合适地选择孔隙尺寸,可以显著改进生物性质,特别是骨整合性质。

[0034] 所述孔隙是球形和/或细长和/或不规则成型的。该孔隙在一个优选实施方案中是单峰的,在另一实施方案中是多峰的。在一个实施方案中,孔隙均匀分布在整个滑动配合体中。在另一实施方案中,孔隙以分级(*gradiert*)和/或层级(*hierarchisch*)方式分布,即存在局部梯度或在整个部件中延伸的梯度。

[0035] 所述多孔区域此外优选具有20至95%,优选55至85%的孔隙率。与此相反,任选存在的致密或实心区域具有最多10%,优选最多5%的残余孔隙率,特别优选没有残余孔隙率。

[0036] 在3D结构化部件的情况下,孔隙优选主要作为开放式孔隙存在,它们形成互连孔隙网络,其中该孔隙率的至少60%,特别优选至少85%是开孔率。通过具有上文提到的孔隙尺寸的互连孔隙网络,使得骨整合也能够超出近表面的切开的(*angeschnitten*)孔隙到位于更深的孔隙中。所述生长可进行到大于0.5毫米、最多5毫米的深度。同时,由于更深的生长,可通过底切的(*hinterschnittig*)孔隙实现植入物与周围组织或骨的机械互锁。

[0037] 此外,该开放式孔隙使得能够在细胞外液中通过扩散过程供应营养素。此外,可在该部件,特别是根据本发明的植入物的多孔区域中通过其降低的弹性模量在机械应力下发生微机械应变(*Dehnung*)和因此流体动力循环过程。陶瓷泡沫的弹性模量为陶瓷全材料的弹性模量的大约 $\leq 15\%$ ,优选 $\leq 10\%$ 。

[0038] 可以通过发泡法极好地实现陶瓷部件,特别是植入物的这些性质,其中原则上基于陶瓷泥浆中的起泡或发泡剂来产生特定的孔隙结构。

[0039] 使用发泡法的优点还在于,与陶瓷泥浆制备的已知形式相比,当工艺控制正确时,其可在不用较大额外消耗的情况下实施。例如,不需要额外的起成型作用的结构,如纤维素有机球、纤维结构或聚氨酯泡沫结构,它们被浸泡在专门制备的陶瓷泥浆中并且然后必须在进一步的制造过程中烧除(孔隙法、模板烧除或转化等)。

[0040] 用于根据本发明的滑动配合体A和/或滑动轴承的陶瓷材料可由已知和市售(陶瓷)材料制成。当使用陶瓷滑动轴承作为植入物时,选择这两个滑动配合体的材料,其中前提条件是该陶瓷材料生物相容并优选表现出比磷酸钙如羟磷灰石(HA)和磷酸三钙(TCP)或金属和合金更高的强度、更低的腐蚀行为和更低的体内离子释放率。

[0041] 该陶瓷部件的任选存在的至少两个区域,即至少一个由陶瓷泡沫构成的多孔区域和至少一个致密区域可由相同或不同的陶瓷材料构成。

[0042] 用于制造根据本发明的滑动配合体A和/或B的优选陶瓷材料(因此也包括原料粉末)是例如氧化物陶瓷材料,例如基于氧化铝或氧化锆的氧化物陶瓷材料,或非氧化物陶瓷材料,例如基于氮化硅或碳化硅的非氧化物陶瓷材料。当用作植入物时,对该材料的基本要求是其生物相容性,即其不允许在体内造成不良反应。在该具体情况下,该产品必须满足例如根据DIN EN ISO 10993(截止至2010年04月)的生物学评估。

[0043] 在一个优选实施方案中,该陶瓷材料是由混合氧化物体系 $Al_2O_3-ZrO_2$ 构成的材料,特别是ZTA陶瓷材料(氧化锆增韧氧化铝),或其中氧化锆代表体积主导相的陶瓷复合材料,其中根据主导相,还将其它金属氧化物或混合氧化物形式的化学稳定剂或分散胶体添加到所述体系中。有毒材料也可用于技术滑动轴承。

[0044] 其中氧化铝代表体积主导相的ZTA陶瓷材料的实例是:

- 陶瓷材料,其由60至98体积%的氧化铝/氧化铬混合晶体作为基质材料和2至40体积%的嵌在基质材料中的二氧化锆构成制成,所述氧化铝/氧化铬混合晶体可含有0.8至32.9体积%的选自根据通式 $\text{La}_{0.9}\text{Al}_{11.76-x}\text{Cr}_x\text{O}_{19}$ 、 $\text{Me}_1\text{Al}_{11-x}\text{Cr}_x\text{O}_{17}$ 、 $\text{Me}_2\text{Al}_{12-x}\text{Cr}_x\text{O}_{19}$ 、 $\text{Me}_2'\text{Al}_{12-x}\text{Cr}_x\text{O}_{19}$ 或 $\text{Me}_3\text{Al}_{11-x}\text{Cr}_x\text{O}_{18}$ 之一的混合晶体的一种或多种其它混合晶体,其中 $\text{Me}_1$ 是碱金属, $\text{Me}_2$ 是碱土金属, $\text{Me}_2'$ 是镉、铅或汞且 $\text{Me}_3$ 是稀土氧化物金属,并且其中 $x$ 等于0.0007至0.045的值,所述二氧化锆可含有多于10至15摩尔%的一种或多种铈、镨和钕的氧化物和/或0.2至3.5摩尔%氧化钇作为起稳定作用的氧化物,基于二氧化锆和起稳定作用的氧化物的混合物计。

[0045] - 由氧化铝作为陶瓷基质和分散在其中的氧化锆和任选其它添加物或相构成的陶瓷材料,其中氧化铝含量为至少65体积%且氧化锆含量为10至35体积%,其中所述氧化锆以基于总氧化锆含量计80至99%,优选90至99%的程度以四方相存在,且其中该氧化锆的四方相在很大程度上机械而非化学稳定化,其中化学稳定剂的总含量为 $<0.2$ 摩尔%,优选不使用化学稳定剂。这一材料优选含有其它分散胶体相,其中形成分散胶体相的分散胶体的体积含量为最多10体积%,优选2至8体积%,特别优选3至6体积%。根据本发明,可以使用化学稳定并在复合材料的制造过程中由于高温烧结不溶解在氧化铝或氧化锆中并且由于它们的晶体结构实现在微观水平上的无弹性微变形的基本所有物质作为分散胶体。根据本发明,分散胶体的添加和在根据本发明的复合材料的制造过程中分散胶体的原位形成都有可能。根据本发明合适的分散胶体的实例是铝酸锶( $\text{SrAl}_2\text{O}_7$ )或铝酸镧( $\text{LaAlO}_3$ )。

[0046] 其中氧化锆为体积主导相的陶瓷复合材料的实例是具有由氧化锆构成的陶瓷基质和分散在其中的至少一个次要相的陶瓷材料,其中由氧化锆构成的基质占复合材料的至少51体积%的含量,并且次要相占复合材料的1至49体积%的含量,其中氧化锆以基于总氧化锆含量计90至99%,优选95至99%的程度以四方相存在,并且其中含有 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CeO}_2$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Sm}_2\text{O}_3$ 和/或 $\text{Er}_2\text{O}_3$ 作为化学稳定剂,其中该化学稳定剂的总含量为基于氧化锆含量计 $<12$ 摩尔%,且其中次要相选自下列化合物的一种或多种:六铝酸锶铝酸盐( $\text{SrAl}_2\text{O}_7$ )、铝酸镧( $\text{LaAlO}_3$ )、羟磷灰石( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ )、氟磷灰石( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ )、磷酸三钙( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ )、尖晶石( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ )、氧化铝( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、钇铝石榴石( $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ )、莫来石( $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ )、锆石( $\text{ZrSiO}_4$ )、石英( $\text{SiO}_2$ )、滑石( $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ )、高岭石( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ )、叶蜡石( $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ )、钾长石( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ )、白榴石( $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$ )和偏硅酸锂( $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ );优选六铝酸锶、铝酸镧、羟磷灰石、氟磷灰石、尖晶石、氧化铝和锆石,特别优选六铝酸锶。

[0047] 陶瓷原料粉末的平均粒度( $D_{50}$ )可通过激光衍射测定,并且根据本发明,优选在0.01至50  $\mu\text{m}$ 的范围内,特别优选在0.1至5  $\mu\text{m}$ 的范围内。

[0048] 通常,烧结结构中的晶粒度在0.01至50  $\mu\text{m}$ 的类似范围内或特别优选在0.1至5  $\mu\text{m}$ 的范围内,借助根据DIN EN ISO 13383-1(2016年11月)的线切法(Linienschnittverfahren)在结构中测定。

[0049] 根据本发明的陶瓷部件在一个实施方案中至少由多孔区域和任选致密区域构成,其中由陶瓷泡沫构成的多孔区域优选具有0.5至2.5  $\text{g}/\text{cm}^3$ ,特别优选0.8至1.8  $\text{g}/\text{cm}^3$ 的密度。该部件的多孔区域的强度优选为5至300 MPa,特别优选20至150 MPa。

[0050] 该陶瓷部件的热导率优选为 $<10$  W/Km并因此在与天然组织的热导率类似的范围内。

[0051] 因此,对使用者或患者而言,通过使用植入物,减轻,优选完全防止改变的冷/热感觉。

[0052] 通过使用根据本发明的包含陶瓷泡沫的结构,显著改变这一结构的行为。在高局部载荷的情况下,尤其是在压力下,因此出现局部受限的缺陷而非整个陶瓷部件的灾难性破坏。局部损坏表现为孔隙撑材(Porensteg)破裂的形式并局限于包含多孔泡沫的区域。在这种情况下防止裂纹更大扩展,因为这一材料具有低断裂韧度( $<1 \text{ MPam}^{1/2}$ )。其包含用新界面不断对抗裂纹扩展的孔隙。由于这一局部受限的材料行为,导致多孔区域的材料的压实,由此使得变形能有可能耗散并且此外可以分散并由此降低毗邻的应力。

[0053] 根据本发明的部件的这一材料行为允许加工方法,如钻孔、插钉、上螺丝、锉磨和磨切。由此使得有可能通过紧固件,如螺丝、钉子、销等固定根据本发明的部件。可将这些紧固件引入由多孔陶瓷泡沫形成的区域中而不损坏该部件,这种损坏会损害使用。

[0054] 其后果在于,当用作植入物时,根据本发明的部件,特别是由陶瓷泡沫构成的多孔区域,不仅促进天然组织的生长,而且还有助于在手术之前和过程中固定,即有可能与身体或其它植入材料连接。本发明的陶瓷部件或其多孔区域可优选上螺丝,即可引入螺丝,可插钉,即能够插入或压入钉子,和可钻孔,即可引入钻孔,因此也能够进行进一步的形状匹配和/或力匹配连接(例如通过销)以及缝合。所述紧固件可具有最多5 mm,优选最多3 mm的直径。

[0055] 不包含滑动面的陶瓷部件或其多孔区域也可胶粘和可以焊接(Bone Welding®)。在胶粘中和在Bone Welding®中,根据本发明的部件或其多孔区域的孔隙率都是有利的,因为该植入物可用工艺材料浸渗( $> 0.5 \text{ mm}$ 深),然后除了化学结合外也机械地与其连接,例如互锁。因此,也有可能连接到其它材料,例如非陶瓷材料,如塑料和金属上。不同材料的不同接合方法可在应用内,例如在手术过程中使用时进行,或与其分开地预先在制造系统的组件或部件时进行。

[0056] 由此获得的滑动配合体显示下列优点:

- 孔隙用作滑动剂储器。

[0057] - 改进陶瓷特有的润湿行为,因为孔隙带来粗糙表面。

[0058] - 孔隙可消除和/或吸收磨掉的材料和/或引入的污垢。

[0059] - 由于孔隙率,多孔滑动配合体具有较低刚度。因此可实现机械阻尼。

[0060] - 可与该滑动配合体适配的高耐磨性。

[0061] - 由于孔隙率,该滑动轴承具有较低密度并因此适用于轻型构造应用。

[0062] - 在分开滑动配合体的突加载荷的情况下,通过可透的(开放)孔隙结构来降低两个滑动配合体之间的粘附力。

[0063] - 在振动下的良好阻尼行为(例如以避免轴承的刺耳声响或抑制失衡)

- 由于孔隙率,滑动轴承具有在具有和不没有润滑剂的情况下承受载荷的能力。它们表现出极好的干运转性质,但也可使用各种上述润滑剂来运行。

[0064] - -200至2000°C的宽温度范围

- 极好的耐热震性

- 隔热行为

- 例如用于化学侵蚀性环境的耐腐蚀性



- 归因于陶瓷材料的生物惰性行为
- 在轴向运动过程中的低挠偏
- 高机械承载能力
- 流体静力引入的润滑剂的均匀压力分布。