



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118715192 A

(43) 申请公布日 2024. 09. 27

(21) 申请号 202280091610.X

(22) 申请日 2022.12.19

(30) 优先权数据

2022-049916 2022.03.25 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.08.13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/046567 2022.12.19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/181532 JA 2023.09.28

(71) 申请人 三井金属矿业株式会社

地址 日本

(72) 发明人 竹下宽纪

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

专利代理师 陈建全

(51) Int. Cl.

C04B 35/577 (2006.01)

C04B 41/88 (2006.01)

G22C 1/10 (2023.01)

G22C 9/10 (2006.01)

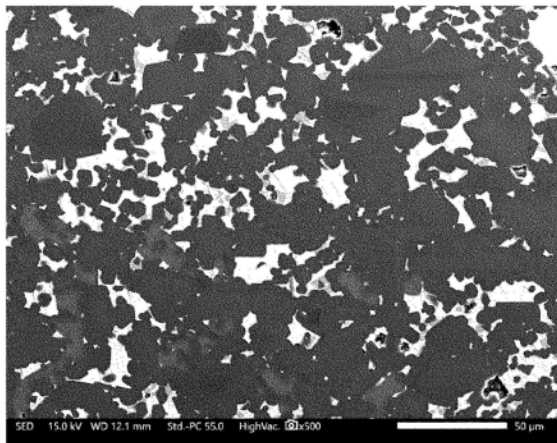
权利要求书1页 说明书21页 附图1页

(54) 发明名称

金属陶瓷复合材料

(57) 摘要

本公开的目的在于提供包含碳化硅的陶瓷相以及包含Cu及Si的金属相相互分散、混杂,具有抗菌效果的新型金属陶瓷复合材料。公开了一种金属陶瓷复合材料,其以相互分散的状态含有碳化硅的陶瓷相、包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物的金属相,金属相含有Cu或Si之外的至少1种金属添加元素M,碳化硅占据陶瓷相的构成材料的总质量的过半量,使用扫描电子显微镜(SEM)以500倍率取得面积 $256\mu\text{m}\times 192\mu\text{m}$ 的图像时,陶瓷相/金属相的面积比A/B为2以上且60以下,将金属相中Si的质量百分率(%)设为a、添加元素M的质量百分率(%)设为m时,满足关系式: $0.01\leq m/a\leq 1.4$ 及 $0.3\leq m\leq 20$ 。



1. 一种金属陶瓷复合材料,其是以相互分散的状态含有陶瓷相和金属相而成的金属陶瓷复合材料,所述陶瓷相含有碳化硅,所述金属相含有包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物,

所述金属相含有Cu或Si之外的至少1种金属添加元素M,并且

所述碳化硅占据所述陶瓷相的构成材料的总质量的过半量,

在此,

对所述金属陶瓷复合材料,使用扫描电子显微镜(SEM)以500倍率取得面积 $256\mu\text{m}\times 192\mu\text{m}$ 的图像时,相对于该图像整体的面积,将所述陶瓷相的合计面积的百分率(%)设为A、将所述金属相的合计面积的百分率(%)设为B时,陶瓷相/金属相的面积比A/B为2以上且60以下,并且

在所述金属相中,相对于其总质量,将Si的质量百分率(%)设为a、将添加元素M的质量百分率(%)设为m时,满足下述的关系式:

$0.01\leq m/a\leq 1.4$ 、以及

$0.3\leq m\leq 20$ 。

2. 根据权利要求1所述的金属陶瓷复合材料,其中,在所述金属相中,相对于其总质量,将Cu的质量百分率(%)设为b、如上述那样将Si的质量百分率(%)设为a时,满足下述的关系式:

$b/a\geq 2.5$ 。

3. 根据权利要求2所述的金属陶瓷复合材料,其中,所述陶瓷相/金属相的面积比A/B为5以下,并且 $m/a<1$ 、且 $b/a\geq 3$ 。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的金属陶瓷复合材料,其中,所述添加元素M包含选自Ni、Mg、Zn及Ti组成的组中的至少1种。

5. 根据权利要求1~3中任一项所述的金属陶瓷复合材料,其中,根据JIS Z2801:2012在使用金黄色葡萄球菌作为试验菌的条件下测定得到的抗菌效果R为2.0以上。

6. 根据权利要求1~3中任一项所述的金属陶瓷复合材料,其特征在于,所述金属陶瓷复合材料被用作抗病原体材料。

7. 根据权利要求1~3中任一项所述的金属陶瓷复合材料,其中,根据JIS R1634:1998利用阿基米德法测定得到的气孔率为10%以下。

8. 根据权利要求1~3中任一项所述的金属陶瓷复合材料,其中,根据JIS R1634:1998利用阿基米德法进行测定时,所述金属陶瓷复合材料的松密度D1相对于所述金属陶瓷复合材料的金属相的真密度D2的相对密度 $[D1/D2]\times 100$ 为90%以上。

9. 根据权利要求1~3中任一项所述的金属陶瓷复合材料,其中,根据JIS R1601:2008利用3点弯曲强度试验测定得到的弯曲强度为230MPa以上。

10. 根据权利要求1~3中任一项所述的金属陶瓷复合材料,其中,根据JIS R1610:2003利用1点载荷试验以5点平均测定得到的维氏硬度为25GPa以上。

11. 根据权利要求1~3中任一项所述的金属陶瓷复合材料,其中,所述陶瓷相还含有游离碳。

金属陶瓷复合材料

技术领域

[0001] 本发明涉及一种金属陶瓷复合材料。更具体而言,本发明涉及含有碳化硅的陶瓷相以及含有Cu及Si的金属相相互分散、混杂,具有抗菌效果的金属陶瓷复合材料。

背景技术

[0002] 由碳化硅(SiC)形成的陶瓷材料为轻质并且耐磨性、高温机械强度、耐腐蚀性优异。另一方面,由于碳化硅是韧性低的脆性材料,因此通过将碳化硅与作为高导热性材料的铜(Cu)或铜合金组合,从而推进了具有韧性及导热性的优异平衡的复合材料的开发。已知这样的包含碳化硅及铜的复合材料可用于电子设备、半导体器件等的热封材料、封装材料、半导体基板、制动盘(brake disc)等广泛的用途中(例如参照专利文献1)。

[0003] 例如,在专利文献2中公开了一种金属-陶瓷复合材料,其含有Si-Cu合金和SiC陶瓷, Si-Cu合金的Si:Cu含有率为60~30质量%:40~70质量%。根据该文献,报道了如下内容:通过具备这样的Si:Cu含有率,从而可提供改善韧性、并且抑制了杨氏模量的降低及密度的增大的复合材料。

[0004] 另外,在专利文献3中公开了一种高导热性复合材料,其中,使Cu熔渗于构成骨架结构的多孔质SiC预成型件,并且在两者之间形成有防反应层。根据该文献,报道了如下内容:可提供适合作为电子设备、半导体器件用热扩散材料的、具备高导热性和低热膨胀系数的复合材料。

[0005] 但是,一直以来,从促进人及动物的健康、卫生、预防传染病等观点出发,作为各种物品中所使用的板状构件、构成建筑物、桥梁、船、铁路、道路、港口等的结构材料、地板材料、墙壁材料、天花板等建筑资材,持续进行着开发具有得到改善的抗菌性、抗病毒性的材料的尝试。另外,在近年来恶性感冒、传染病多发的社会状况下,这样的要求日益高涨。例如,在牛、猪、鸟等家畜的畜舍中,为了主要预防传染病、实现产品的稳定供给,需要通过防止细菌的生长繁殖来提高卫生环境。作为畜舍的地板材料,一直以来使用混凝土制或铸件制的格栅(grid)状地板材料,进行了提高耐久性、抗菌性的尝试。然而,此种混凝土或铸件制的格栅状地板材料不能发挥充分的抗菌性、抗病毒性。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:日本特开2003-165787号公报

[0009] 专利文献2:日本特开2004-035307号公报

[0010] 专利文献3:日本特开2003-002770号公报

发明内容

[0011] 发明要解决的课题

[0012] 迄今为止尚未报道过证实具有充分抗菌性的含有碳化硅和铜的复合材料。本发明人们进行了研究,结果发现:由于不易在碳化硅的陶瓷相中浸渗铜或铜合金、特别是含有Cu

及Si的金属相的形成物质,浸渗性低,因而难以在该复合材料中兼顾强度及硬度等机械物性与抗菌性,根据情况可能产生内部裂纹。因此,期望开发具有良好的强度及硬度等机械物性、并且发挥优异的抗菌性的含有碳化硅及铜的复合材料。

[0013] 因此,本发明想要解决的第一课题在于提供现有技术中没有的、含有碳化硅的陶瓷相以及含有Cu及Si的金属相相互分散、混杂、具有抗菌效果的新型金属陶瓷复合材料。

[0014] 另外,本发明想要解决的又一课题在于提供具有良好的强度及硬度等机械物性并且发挥优异的抗菌性、含有碳化硅的陶瓷相以及含有Cu及Si的金属相相互分散、混杂的新型金属陶瓷复合材料。

[0015] 用于解决课题的手段

[0016] 本发明人们进行了深入研究,结果发现:在对含有碳化硅的陶瓷浸渗包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物时,通过进行调整以使该合金和/或金属间化合物中以规定量含有Cu或Si之外的至少1种金属添加元素、并且使所得的金属陶瓷复合材料中陶瓷相和金属相具有规定的面积比,从而形成具备得到大幅改善的浸渗状态、同时发挥优异的抗菌效果的金属陶瓷复合材料,以至完成本发明。

[0017] 即,作为上述课题的解决手段的本发明的主要方案如下所述。

[0018] 一种金属陶瓷复合材料,其是以相互分散的状态含有陶瓷相和金属相而成的金属陶瓷复合材料,所述陶瓷相含有碳化硅,所述金属相含有包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物,

[0019] 上述金属相含有Cu或Si之外的至少1种金属添加元素M,并且

[0020] 上述碳化硅占据上述陶瓷相的构成材料的总质量的过半量,

[0021] 在此,

[0022] 对上述金属陶瓷复合材料,使用扫描电子显微镜(SEM)以500倍率取得面积 $256\mu\text{m} \times 192\mu\text{m}$ 的图像时,相对于该图像整体的面积,将上述陶瓷相的合计面积的百分率(%)设为A、将上述金属相的合计面积的百分率(%)设为B时,陶瓷相/金属相的面积比A/B为2以上且60以下,并且

[0023] 在上述金属相中,相对于其总质量,将Si的质量百分率(%)设为a、将添加元素M的质量百分率(%)设为m时,满足下述的关系式:

[0024] $0.01 \leq m/a \leq 1.4$ 、以及

[0025] $0.3 \leq m \leq 20$ 。

[0026] 发明效果

[0027] 根据本发明,可提供现有技术中没有的、含有碳化硅的陶瓷相以及含有Cu及Si的金属相相互分散、混杂、具有抗菌效果、抗病毒效果的新型金属陶瓷复合材料。

[0028] 根据本发明的金属陶瓷复合材料的优选的一个实施方式,由于在含有Cu及Si的金属相中存在规定量的添加元素M而带来金属陶瓷复合材料的良好的浸渗状态,进而,由于该良好的浸渗状态,在发挥优异的强度及硬度等机械物性的同时,可以发挥由铜带来的优异的抗菌性及抗病毒性。

[0029] 根据本发明的金属陶瓷复合材料的优选的另一个实施方式,通过将含有碳化硅的陶瓷相与含有Cu及Si的金属相的面积比、金属相中的相对于Si而言的添加元素M的质量比例、以及金属相的相对于Si而言的Cu的质量比例调整为规定范围,从而使金属陶瓷复合材

料的浸渗状态变得更良好,能够平衡良好地实现提高的机械物性、特别是气孔率(烧结体的致密性)、弯曲强度及硬度(例如维氏硬度:压痕硬度)以及优异的抗菌效果及抗病毒效果。

附图说明

[0030] 图1是本发明的一个实施方式的金属陶瓷复合材料基于500倍率的扫描电子显微镜(SEM)得到的图像的一例。

具体实施方式

[0031] 1. 金属陶瓷复合材料

[0032] 本发明的金属陶瓷复合材料是以相互分散的状态含有陶瓷相和金属相而成,所述陶瓷相含有碳化硅(SiC),所述金属相含有包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物,该金属相含有Cu或Si之外的至少1种金属添加元素M,并且上述碳化硅占据上述陶瓷相的构成材料的总质量的过半量。

[0033] 金属陶瓷复合材料中的碳化硅、游离碳(free carbon)、构成金属相的Cu、Si及添加元素M、以及不可避免的杂质的各自的量(质量%)可以使用XRF(荧光X射线分析法)及ICP发射光谱分析装置和碳分析装置(燃烧-红外线吸收法)来鉴定。

[0034] 在本说明书中,将从这样鉴定得到的全分析元素(各质量%)中去除碳化硅及游离碳后的部分视为包含不可避免的杂质的金属相,算出金属相中的元素的比率。

[0035] 金属陶瓷复合材料的含有碳化硅的陶瓷相中碳化硅占据陶瓷相的构成材料的总质量的过半量、即超过50质量%,除此以外没有限定。

[0036] 金属陶瓷复合材料的陶瓷相中可以含有不足50质量%的除碳化硅以外的陶瓷材料。作为这样的除碳化硅以外的陶瓷材料的例子,并无特别限定,但可列举氮化硅(Si_3N_4)、氮化铝(AlN)、氮化硼(BN)、氮化钛(TiN)、氮化锆(ZrN)、碳化硼(B_4C)、碳化钽(TaC)、碳化铌(NbC)、碳化钛(TiC)、碳化锆(ZrC)、碳化铬(Cr_3C_2)、碳化钼(Mo_2C)、碳化钨(WC)等。

[0037] 金属陶瓷复合材料的陶瓷相中的碳化硅的比例可以更优选为55质量%以上、60质量%以上、65质量%以上、70质量%以上、75质量%以上、80质量%以上、85质量%以上、90质量%以上、95质量%以上、96质量%以上、97质量%以上、98质量%以上、99质量%以上、或者实质上为100质量%。在一个实施方式中,陶瓷相可以除少量的游离碳外仅由碳化硅(不含其他的陶瓷材料)形成。陶瓷相中的碳化硅的比例在超过50质量%得到范围内越高,在金属陶瓷复合材料中作为碳化硅的特性的耐磨性、耐腐蚀性以及强度能够得到越高地体现。

[0038] 金属陶瓷复合材料的陶瓷相可以含有少量的游离碳(free carbon)。游离碳是指:在陶瓷相中或者在陶瓷相的与金属相的界面附近,与硅原子或其他金属原子未形成化学键而单独存在的碳原子。陶瓷相中的游离碳的含量并无特别限定,例如,相对于陶瓷相的总重量,通常可以为5质量%以下,典型而言,可以为3质量%以下。

[0039] 金属陶瓷复合材料的相对于金属相的总质量而言的Cu的比例通常可以为60质量%以上~95质量%以下,优选为65质量%以上~90质量%以下。另外,金属陶瓷复合材料的相对于金属相的总质量而言的Si的比例通常可以为3质量%以上~35质量%以下,优选为5质量%以上~30质量%以下。

[0040] 金属陶瓷复合材料的相对于金属相的总质量而言的包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物的比例通常可以为超过70质量%，优选为71质量%以上、72质量%以上、73质量%以上、74质量%以上、75质量%以上、76质量%以上或77质量%以上。另外，该比例通常可以为不足99.7质量%，优选为99.5质量%以下、99质量%以下、98质量%以下、97质量%以下、96质量%以下、95质量%以下、94质量%以下、93质量%以下、92质量%以下、91质量%以下、90质量%以下、88质量%以下、86质量%以下或84质量%以下。通过使金属相中的包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物的比例为上述范围内，从而在金属陶瓷复合材料中作为铜特性的强度及导热性、以及抗菌、抗病毒性能够得到更高地体现。

[0041] 金属陶瓷复合材料的相对于金属相的总质量而言的包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物的比例通常可以为超过70质量%~不足99.7质量%，优选为70质量%以上~99.5质量%以下、70质量%以上~99质量%以下、70质量%以上~98质量%以下、70质量%以上~97质量%以下、70质量%以上~96质量%以下、70质量%以上~95质量%以下、70质量%以上~94质量%以下、70质量%以上~93质量%以下、70质量%以上~92质量%以下、70质量%以上~91质量%以下、70质量%以上~90质量%以下、70质量%以上~88质量%以下、70质量%以上~86质量%以下、70质量%以上~84质量%以下、71质量%以上~不足99.7质量%、71质量%以上~99.5质量%以下、71质量%以上~99质量%以下、71质量%以上~98质量%以下、71质量%以上~97质量%以下、71质量%以上~96质量%以下、71质量%以上~95质量%以下、71质量%以上~94质量%以下、71质量%以上~93质量%以下、71质量%以上~92质量%以下、71质量%以上~91质量%以下、71质量%以上~90质量%以下、71质量%以上~88质量%以下、71质量%以上~86质量%以下、71质量%以上~84质量%以下、72质量%以上~不足99.7质量%、72质量%以上~99.5质量%以下、72质量%以上~99质量%以下、72质量%以上~98质量%以下、72质量%以上~97质量%以下、72质量%以上~96质量%以下、72质量%以上~95质量%以下、72质量%以上~94质量%以下、72质量%以上~93质量%以下、72质量%以上~92质量%以下、72质量%以上~91质量%以下、72质量%以上~90质量%以下、72质量%以上~88质量%以下、72质量%以上~86质量%以下、72质量%以上~84质量%以下、73质量%以上~不足99.7质量%、73质量%以上~99.5质量%以下、73质量%以上~99质量%以下、73质量%以上~98质量%以下、73质量%以上~97质量%以下、73质量%以上~96质量%以下、73质量%以上~95质量%以下、73质量%以上~94质量%以下、73质量%以上~93质量%以下、73质量%以上~92质量%以下、73质量%以上~91质量%以下、73质量%以上~90质量%以下、73质量%以上~88质量%以下、73质量%以上~86质量%以下、73质量%以上~84质量%以下、74质量%以上~不足99.7质量%、74质量%以上~99.5质量%以下、74质量%以上~99质量%以下、74质量%以上~98质量%以下、74质量%以上~97质量%以下、74质量%以上~96质量%以下、74质量%以上~95质量%以下、74质量%以上~94质量%以下、74质量%以上~93质量%以下、74质量%以上~92质量%以下、74质量%以上~91质量%以下、74质量%以上~90质量%以下、74质量%以上~88质量%以下、74质量%以上~86质量%以下、74质量%以上~84质量%以下、75质量%以上~不足99.7质量%、75质量%以上~99.5质量%以下、75质量%以上~99质量%以下、75质量%以上~98质量%以下、75质量%以上~97质量%以下、75质量%以上~96质量%以下、75质量%以上~95质量%以下、75质量%以上~94质量%以下、

75质量%以上~93质量%以下、75质量%以上~92质量%以下、75质量%以上~91质量%以下、75质量%以上~90质量%以下、75质量%以上~88质量%以下、75质量%以上~86质量%以下、75质量%以上~84质量%以下、76质量%以上~不足99.7质量%、76质量%以上~99.5质量%以下、76质量%以上~99质量%以下、76质量%以上~98质量%以下、76质量%以上~97质量%以下、76质量%以上~96质量%以下、76质量%以上~95质量%以下、76质量%以上~94质量%以下、76质量%以上~93质量%以下、76质量%以上~92质量%以下、76质量%以上~91质量%以下、76质量%以上~90质量%以下、76质量%以上~88质量%以下、76质量%以上~86质量%以下、76质量%以上~84质量%以下、77质量%以上~不足99.7质量%、77质量%以上~99.5质量%以下、77质量%以上~99质量%以下、77质量%以上~98质量%以下、77质量%以上~97质量%以下、77质量%以上~96质量%以下、77质量%以上~95质量%以下、77质量%以上~94质量%以下、77质量%以上~93质量%以下、77质量%以上~92质量%以下、77质量%以上~91质量%以下、77质量%以上~90质量%以下、77质量%以上~88质量%以下、77质量%以上~86质量%以下、或77质量%以上~84质量%以下。

[0042] 金属陶瓷复合材料的金属相中的Cu或Si之外的至少1种金属添加元素M是除Cu或Si以外的元素,除此以外并无特别限定,可以含有选自由Ni(镍)、Pd(钯)、Mg(镁)、Ca(钙)、Zn(锌)、Ti(钛)、Zr(锆)、S(硫)、Mo(钼)、W(钨)、Fe(铁)、Mn(锰)、V(钒)、Nb(铌)、Ta(钽)及Y(钇)组成的组中的至少1种。优选的是,添加元素M可以含有选自由Ni、Mg、Zn及Ti组成的组中的至少1种。添加元素M更优选含有Ni。

[0043] 添加元素M可以含有以上例示的Ni、Pd、Mg、Ca、Zn、Ti、Zr、S、Mo、W、Fe、Mn、V、Nb、Ta及Y中的2种元素的组合、或者3种以上元素的组合。优选的是,添加元素M可以含有Ni、Mg、Zn及Ti中的2种元素的组合、或者3种以上元素的组合。在添加元素M包含2种元素的组合的情况下,例如该组合可以为Ni/Mg、Ni/Zn、Ni/Ti、Mg/Zn、Mg/Ti、或Zn/Ti。在添加元素M包含3种元素的组合的情况下,例如该组合可以为Ni/Mg/Zn、Ni/Mg/Ti、或Mg/Zn/Ti。

[0044] 在一个实施方式中,添加元素M仅为选自由Ni、Pd、Mg、Ca、Zn、Ti、Zr、S、Mo、W、Fe、Mn、V、Nb、Ta及Y组成的组中的至少1种,不包含除此以外的元素。在优选的一个实施方式中,添加元素M仅为选自由Ni、Mg、Zn及Ti组成的组中的至少1种,不包含除此以外的元素。在另一个实施方式中,添加元素M为Ni、Pd、Mg、Ca、Zn、Ti、Zr、S、Mo、W、Fe、Mn、V、Nb、Ta及Y中的2种元素的组合,不包含除此以外的元素;或者为Ni/Mg、Ni/Zn、Ni/Ti、Mg/Zn、Mg/Ti、或Zn/Ti的2种元素的组合,不包含除此以外的元素。在又一个实施方式中,添加元素M为Ni、Pd、Mg、Ca、Zn、Ti、Zr、S、Mo、W、Fe、Mn、V、Nb、Ta及Y中的3种元素的组合,不包含除此以外的元素;或者为Ni/Mg/Zn、Ni/Mg/Ti、或Mg/Zn/Ti的3种元素的组合,不包含除此以外的元素。

[0045] 在添加元素M包含Ni的情况下,相对于添加元素M的总质量而言的Ni的质量比例可以为5质量%以上~100质量%(即只有Ni)以下,优选为10质量%以上~100质量%以下、20质量%以上~100质量%以下、30质量%以上~100质量%以下、40质量%以上~100质量%以下、50质量%以上~100质量%以下、60质量%以上~100质量%以下、70质量%以上~100质量%以下、80质量%以上~100质量%以下、或90质量%以上~100质量%以下。

[0046] 在金属陶瓷复合材料的金属相中,包含Cu、Si以及Cu或Si之外的至少1种金属添加元素M,除此以外,还包含在无主动添加操作下不可避免地混入的杂质、所谓的不可避免的

杂质。

[0047] 不可避免的杂质也可包含已知可包含于公知的金属陶瓷复合材料中的任一杂质。不可避免的杂质并无特别限定,例如可列举Mn、Sr、Sn、P、Cr等。金属相中的不可避免的杂质的含量并无特别限定,相对于金属相的总质量,可以为5质量%以下。

[0048] 对本发明的金属陶瓷复合材料,使用扫描电子显微镜(SEM)以500倍率取得面积 $256\mu\text{m}\times 192\mu\text{m}$ 的图像时,相对于该图像整体的面积,将陶瓷相的合计面积的百分率(%)设为A、将金属相的合计面积的百分率(%)设为B时,陶瓷相/金属相的面积比A/B为2以上且60以下。

[0049] 除此以外,在本发明的金属陶瓷复合材料的金属相中,相对于其总质量,将Si的质量百分率(%)设为a、将添加元素M的质量百分率(%)设为m时,下述的关系式成立。

[0050] $0.01\leq m/a\leq 1.4$ 、以及

[0051] $0.3\leq m\leq 20$ 。

[0052] 根据本发明的金属陶瓷复合材料,通过完全满足上述特定范围内的陶瓷相/金属相的面积比A/B以及上述2个关系式,从而变得容易形成含有碳化硅的陶瓷相以及含有Cu及Si的金属相相互充分分散、混杂的良好浸渗状态。由于金属相对陶瓷相的浸渗状态良好,因而陶瓷相中所含的碳化硅本来具有的特性即耐磨性、耐腐蚀性及强度、以及金属相中所含的铜合金的铜本来具有的特性即强度、导热性及抗菌、抗病毒性能够得到更有效地发挥。因此,在本发明中,通过完全满足上述特定范围内的陶瓷相/金属相的面积比A/B及上述2个关系式,从而优选地,金属相对陶瓷相的浸渗状态变得良好,由此可以得到机械物性、特别是气孔率(烧结体的致密性)、弯曲强度及硬度(例如维氏硬度:压痕硬度)、以及抗菌效果及抗病毒效果的平衡得以提高的金属陶瓷复合材料。

[0053] 本发明的金属陶瓷复合材料是以相互分散的状态含有陶瓷相和金属相而成,所述陶瓷相含有碳化硅,所述金属相含有包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物,即,形成陶瓷相与金属相相互分散、混杂的状态。因此,对金属陶瓷复合材料,使用扫描电子显微镜(SEM)以500倍率取得面积 $256\mu\text{m}\times 192\mu\text{m}$ 的图像时,由于陶瓷相与金属相的此种分散、混杂状态,因而该图像中的陶瓷相的合计面积的百分率A(%) /金属相的合计面积的百分率B(%)的面积比A/B的计算再现性一般较高,因此通常所取得的图像仅采用任意一个视场就足矣。从进一步提高A/B的计算再现性的精度的观点出发,也可以以任意的二个视场或三个以上视场取得图像、算出这些图像中的面积比A/B的平均值、再将该平均值视为有关该材料的面积比A/B。

[0054] 在图1中示出本发明的一个实施方式的金属陶瓷复合材料基于500倍率的扫描电子显微镜(SEM)得到的图像的一例。该图像的实施方式是在复合材料的金属相中相对于其总质量以5质量%的比例添加Ni作为添加元素M的例子。在该图像中,白色部位是含有铜合金及添加元素Ni的金属相,灰色部位是以SiC为主成分的陶瓷相,可观察到两相相互分散、混杂的状态。

[0055] 对本发明的金属陶瓷复合材料,使用扫描电子显微镜(SEM)以500倍率取得面积 $256\mu\text{m}\times 192\mu\text{m}$ 的图像时,相对于该图像整体的面积,陶瓷相/金属相的面积比A/B为2以上且60以下,优选为2.5以上且50以下,更优选为3以上且45以下、3以上且40以下、3以上且35以下、3以上且30以下、3以上且25以下、3以上且20以下、3以上且15以下、3以上且10以下、3以

上且8以下、3.3以上且8以下、3.5以上且8以下、3.7以上且8以下、3以上且5以下、3.3以上且5以下、3.5以上且5以下、3.7以上且5以下、3以上且4.5以下、3.3以上且4.5以下、3.5以上且4.5以下、或3.7以上且4.5以下。

[0056] 通过使相对于上述的扫描电子显微镜(SEM)图像整体的面积而言的陶瓷相/金属相的面积比A/B为上述范围内,从而优选地,金属相对陶瓷相的浸渗良好地进行,由此可以得到气孔率(烧结体的致密性)、弯曲强度及硬度(例如维氏硬度:压痕硬度)以及抗菌效果及抗病毒效果的任一者的降低均得到有效地抑制、且具备良好的特性平衡的金属陶瓷复合材料。

[0057] 在本发明的金属陶瓷复合材料的金属相中,将相对于其总质量的添加元素M的质量百分率(%)设为m时, $0.3 \leq m \leq 20$ 成立。在另一实施方式中,m的范围并无特别限定,例如可以从 $0.5 \leq m \leq 20$ 、 $1 \leq m \leq 20$ 、 $2 \leq m \leq 20$ 、 $3 \leq m \leq 20$ 、 $4 \leq m \leq 20$ 、 $5 \leq m \leq 20$ 、 $0.3 \leq m \leq 18$ 、 $0.5 \leq m \leq 18$ 、 $1 \leq m \leq 18$ 、 $2 \leq m \leq 18$ 、 $3 \leq m \leq 18$ 、 $4 \leq m \leq 18$ 、 $5 \leq m \leq 18$ 、 $0.3 \leq m \leq 16$ 、 $0.5 \leq m \leq 16$ 、 $1 \leq m \leq 16$ 、 $2 \leq m \leq 16$ 、 $3 \leq m \leq 16$ 、 $4 \leq m \leq 16$ 、或 $5 \leq m \leq 16$ 的范围中进行选择。

[0058] 另外,在本发明的金属陶瓷复合材料的金属相中,相对于其总质量,将Si的质量百分率(%)设为a、将添加元素M的质量百分率(%)设为m时, $0.01 \leq m/a \leq 1.4$ 的关系式成立,优选为 $0.05 \leq m/a \leq 1.2$,更优选为 $0.1 \leq m/a \leq 1$ 、 $0.15 \leq m/a \leq 1$ 、 $0.2 \leq m/a \leq 1$ 、 $0.25 \leq m/a \leq 1$ 、 $0.3 \leq m/a \leq 1$ 、 $0.35 \leq m/a \leq 1$ 、 $0.4 \leq m/a \leq 1$ 、 $0.45 \leq m/a \leq 1$ 、 $0.5 \leq m/a \leq 1$ 、 $0.1 \leq m/a < 1$ 、 $0.15 \leq m/a < 1$ 、 $0.2 \leq m/a < 1$ 、 $0.25 \leq m/a < 1$ 、 $0.3 \leq m/a < 1$ 、 $0.35 \leq m/a < 1$ 、 $0.4 \leq m/a < 1$ 、 $0.45 \leq m/a < 1$ 、 $0.5 \leq m/a < 1$ 、 $0.1 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.15 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.2 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.25 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.3 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.35 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.4 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.45 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.5 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.1 \leq m/a \leq 0.8$ 、 $0.15 \leq m/a \leq 0.8$ 、 $0.2 \leq m/a \leq 0.8$ 、 $0.25 \leq m/a \leq 0.8$ 、 $0.3 \leq m/a \leq 0.8$ 、 $0.35 \leq m/a \leq 0.8$ 、 $0.4 \leq m/a \leq 0.8$ 、 $0.45 \leq m/a \leq 0.8$ 、或 $0.5 \leq m/a \leq 0.8$ 。

[0059] 通过使上述的Si的质量百分率a(%)与添加元素M的质量百分率m(%)之比m/a为上述范围内,从而优选地,金属相对陶瓷相的浸渗良好地进行,由此气孔率(烧结体的致密性)被保持为适度的值,其结果可以使良好的弯曲强度及硬度(例如维氏硬度:压痕硬度)的特性平衡进一步提高。

[0060] 在又一个实施方式中,本发明的金属陶瓷复合材料中,当相对于上述的扫描电子显微镜(SEM)图像整体的面积而言的陶瓷相/金属相的面积比A/B为超过5(且60以下)的情况下,添加元素M的质量百分率m(%)与Si的质量百分率a(%)的比率优选为 $m/a < 1$ 。另外,在上述面积比A/B为超过5(且60以下)的情况下,更优选为 $0.1 \leq m/a < 1$ 、 $0.15 \leq m/a < 1$ 、 $0.2 \leq m/a < 1$ 、 $0.25 \leq m/a < 1$ 、 $0.3 \leq m/a < 1$ 、 $0.35 \leq m/a < 1$ 、 $0.4 \leq m/a < 1$ 、 $0.45 \leq m/a < 1$ 、 $0.5 \leq m/a < 1$ 、 $0.1 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.15 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.2 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.25 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.3 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.35 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.4 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.45 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.5 \leq m/a \leq 0.9$ 、 $0.1 \leq m/a \leq 0.8$ 、 $0.15 \leq m/a \leq 0.8$ 、 $0.2 \leq m/a \leq 0.8$ 、 $0.25 \leq m/a \leq 0.8$ 、 $0.3 \leq m/a \leq 0.8$ 、 $0.35 \leq m/a \leq 0.8$ 、 $0.4 \leq m/a \leq 0.8$ 、 $0.45 \leq m/a \leq 0.8$ 、或 $0.5 \leq m/a \leq 0.8$ 。

[0061] 在金属陶瓷复合材料中,当陶瓷相/金属相的面积比A/B为超过5(且60以下)的情况下,即,即使在浸渗于陶瓷相的金属相的比例相对小时,通过 $m/a < 1$ 、或者满足上述的更优选的比率,也会使两相的浸渗变得更为容易,气孔率(烧结体的致密性)、弯曲强度及硬度(例如维氏硬度:压痕硬度)以及抗菌效果及抗病毒效果的特性平衡能够得到适度地保持。

[0062] 在本发明的金属陶瓷复合材料的金属相中,相对于其总质量,将Cu的质量百分率(%)设为b、如上述那样将Si的质量百分率(%)设为a时, $b/a \geq 2.5$ 的关系式成立是优选的。在金属相中,通过使Cu与Si的质量比例满足该关系式,从而可以得到气孔率(烧结体的致密性)、弯曲强度及硬度、以及抗菌效果及抗病毒效果的平衡得以进一步提高的金属陶瓷复合材料。

[0063] 从提高以上诸多特性的平衡的观点出发,金属相中的Cu的质量百分率(%)b与Si的质量百分率(%)a之间更优选 $b/a \geq 3$ 的关系式成立,进一步优选为 $b/a \geq 3.5$,更进一步优选为 $b/a \geq 4$ 。特别是从提高气孔率(烧结体的致密性)及弯曲强度的观点出发,金属相中的Cu的质量百分率(%)b与Si的质量百分率(%)a之间更优选 $b/a \geq 4.5$ 的关系式成立,进一步优选为 $b/a \geq 5$ 。

[0064] 金属相中的Cu的质量百分率(%)b与Si的质量百分率(%)a的比率 b/a 的上限值并无特别限定,但是从充分得到硬度(例如维氏硬度:压痕硬度)的提高效果的观点出发,优选 $b/a \leq 20$ 的关系式成立,更优选为 $b/a \leq 18$ 、 $b/a \leq 16$ 、或 $b/a \leq 14$ 。

[0065] 在另一实施方式中,金属相中的Cu的质量百分率(%)b与Si的质量百分率(%)a的比率 b/a 可以优选为 $2.5 \leq b/a \leq 20$ 、 $2.5 \leq b/a \leq 18$ 、 $2.5 \leq b/a \leq 16$ 、 $2.5 \leq b/a \leq 14$ 、 $3 \leq b/a \leq 20$ 、 $3 \leq b/a \leq 18$ 、 $3 \leq b/a \leq 16$ 、 $3 \leq b/a \leq 14$ 、 $3.5 \leq b/a \leq 20$ 、 $3.5 \leq b/a \leq 18$ 、 $3.5 \leq b/a \leq 16$ 、 $3.5 \leq b/a \leq 14$ 、 $4 \leq b/a \leq 20$ 、 $4 \leq b/a \leq 18$ 、 $4 \leq b/a \leq 16$ 、 $4 \leq b/a \leq 14$ 、 $4.5 \leq b/a \leq 20$ 、 $4.5 \leq b/a \leq 18$ 、 $4.5 \leq b/a \leq 16$ 、或 $4.5 \leq b/a \leq 14$ 。

[0066] 如上述那样,在金属陶瓷复合材料的金属相中,包含Cu、Si及添加元素M,除此以外,还包含例如Mn、Sr、Sn、P、Cr等不可避免的杂质,因此金属相中的Si的质量百分率a(%)、Cu的质量百分率b(%)和添加元素M的质量百分率m(%)之和不为100质量%。在金属陶瓷复合材料的金属相中,从形成含有碳化硅的陶瓷相以及含有Cu及Si的金属相相互充分地分散、混杂的良好浸渗状态、有效地发挥碳化硅本来具有的特性即耐磨性、耐腐蚀性及强度、以及铜合金的铜本来具有的特性即强度、导热性及抗菌、抗病毒性的观点出发,优选为 $a+b+m \geq 95$ (质量%),更优选为 $a+b+m \geq 96$ (质量%),进一步优选为 $a+b+m \geq 97$ (质量%)、 $a+b+m \geq 98$ (质量%)或 $a+b+m \geq 99$ (质量%)。

[0067] 从进一步提高金属相对陶瓷相的浸渗状态以及使由此引起的气孔率(烧结体的致密性)、弯曲强度及硬度(例如维氏硬度:压痕硬度)以及抗菌效果及抗病毒效果的特性平衡更进一步得到改善的观点出发,更优选的是:在本发明的金属陶瓷复合材料中,相对于上述的扫描电子显微镜(SEM)图像整体的面积而言的陶瓷相/金属相的面积比A/B为5以下(及2以上),并且在金属相中添加元素M的质量百分率m(%)与Si的质量百分率a(%)的比率为 $m/a < 1$ (及0.01以上),并且Cu的质量百分率b(%)与Si的质量百分率a(%)的比率为 $b/a \geq 3$ 。

[0068] 进一步优选的是:在金属陶瓷复合材料中,陶瓷相/金属相的面积比A/B为4.5以下,并且添加元素M的质量百分率m(%)与Si的质量百分率a(%)的比率为 $m/a \leq 0.9$,并且Cu的质量百分率b(%)与Si的质量百分率a(%)的比率为 $b/a \geq 3.5$ 。更进一步优选的是:在金属陶瓷复合材料中,陶瓷相/金属相的面积比A/B为4.5以下,并且添加元素M的质量百分率m(%)与Si的质量百分率a(%)的比率为 $m/a \leq 0.8$,并且Cu的质量百分率b(%)与Si的质量百分率a(%)的比率为 $b/a \geq 4$ 。

[0069] 在优选的一个实施方式中,本发明的金属陶瓷复合材料可以用作发挥抗菌效果及

抗病毒效果的抗病原体材料,即可以用作抗菌、抗病毒材料。

[0070] 作为成为对象的菌,例如可列举金黄色葡萄球菌、肺炎杆菌、绿脓杆菌、大肠杆菌、奥斯陆莫拉菌(*Moraxella osloensis*)、耐甲氧西林金黄色葡萄球菌等。

[0071] 另外,成为对象的病毒可列举噬菌体 Φ 6、噬菌体 Φ 6、流感病毒、冠状病毒、人类免疫不全病毒等。

[0072] 抗菌效果及抗病毒效果具体而言可以利用后述的试验进行价。

[0073] 在优选的一个实施方式中,本发明的金属陶瓷复合材料根据JIS Z2801:2012及引用其的JIS R1752:2020使用金黄色葡萄球菌作为试验菌测定得到的抗菌效果R可以为2.0以上。需要说明的是,作为在抗菌效果的测定中接种了试验菌液的试验片的培养条件,在JIS Z2801:2012中规定了作用温度为 $35\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、作用时间为 24 ± 1 小时,但是在此的培养、测定是在作用温度为 25°C 、作用时间为6小时的条件下于暗处进行。另外,在JIS R1752:2020中规定接种了试验菌液的试验片的光照射的作用时间为8小时,但是在此的培养、测定是不进行光照射而在作用时间为6小时的条件下于暗处进行。

[0074] 具体的抗菌效果的测定条件典型而言可以如以下那样设定。

[0075] • 无加工品名:SLG玻璃

[0076] • 试验品的大小: $50\text{mm}\times 50\text{mm}\times 5\text{mm}$

[0077] • n数:n=2

[0078] • 试验菌:金黄色葡萄球菌(NBRC12732)

[0079] • 试验品的无菌化:采用干燥灭菌器进行加热(80°C 、15分钟)

[0080] • 作用条件作用温度: 25°C 、作用时间:6小时、暗处

[0081] • 采用琼脂培养基进行的菌数测量

[0082] 该抗菌效果R更优选为2.5以上,进一步优选为3.0以上,更进一步优选为3.5以上,还进一步优选为3.9以上,还更进一步优选为4.2以上,最优选为4.5以上。该抗菌效果R的上限并无特别限定,实际上约5.5~6可以成为上限。

[0083] 通过使本发明的金属陶瓷复合材料的抗菌效果R为2.0以上、或优选为上述范围内,从而更适合将该复合材料作为具有抗菌性的材料应用于广泛的用途中。

[0084] 在优选的一个实施方式中,本发明的金属陶瓷复合材料根据ISO18071:2016及JIS R1756:2020使用噬菌体 Φ 6或噬菌体 Φ 6作为试验噬菌体测定得到的抗病毒效果R可以为2.5以上。需要说明的是,在抗病毒效果的测定中,作为接种了试验液的试验片的培养条件,在ISO18071:2016及JIS R1756:2020中规定了可见光照射的作用时间为4小时,但是在此的培养、测定是不进行光照射而在作用时间为6小时的条件下于暗处进行。

[0085] 具体的抗病毒效果的测定条件典型而言可以如以下那样设定。

[0086] • 无加工品名:SLG玻璃

[0087] • 试验品的大小: $50\text{mm}\times 50\text{mm}\times 4\text{mm}$

[0088] • n数:n=2

[0089] • 试验噬菌体:噬菌体 Φ 6(NBRC20012)或噬菌体 Φ 6(NBRC105899)

[0090] • 试验品的无菌化:采用干燥灭菌器进行加热(80°C 、15分钟)

[0091] • 作用条件作用温度: 25°C 、作用时间:6小时、暗处

[0092] • 采用琼脂培养基进行的感染值测量

[0093] 该抗病毒效果R更优选为3.0以上,进一步优选为3.5以上,更进一步优选为4.0以上,还进一步优选为4.5以上,还更进一步优选为4.6以上,最优选为4.7以上。该抗病毒效果R的上限并无特别限定,实际上约6.5~7可以成为上限。

[0094] 通过使本发明的金属陶瓷复合材料的抗病毒效果R为2.5以上、或优选为上述范围内,从而可以更合适将该复合材料作为具有抗病毒性的材料应用于广泛的用途中。

[0095] 在另一实施方式中,用于测定抗菌效果及抗病毒效果的培养条件中的上述的作用温度、作用时间可以根据所采用的细菌、病毒进行变更。作用温度可以在10°C~40°C的范围内进行适当选择。例如,在通过大肠杆菌的培养进行试验的情况下,可以将作用温度设定为其生长繁殖活跃的37°C来进行培养。另外,可以根据所采用的细菌、病毒的生长繁殖速度而以2小时~72小时范围的适当的作用时间或其以上的作用时间进行培养。例如在生长繁殖速度迟缓的病毒的情况下,可以将作用时间设定为96小时来进行培养。

[0096] 非常有利的是:本发明的优选的实施方式的金属陶瓷复合材料即使在暗处也能用作发挥充分的抗菌、抗病毒效果的抗病原体材料。即,根据优选的实施方式的金属陶瓷复合材料,可以提供无论照度如何均能发挥抗菌、抗病毒效果的抗病原体材料。

[0097] 在优选的一个实施方式中,本发明的金属陶瓷复合材料根据JIS R1634:1998利用阿基米德法测定得到的气孔率可以为10%以下。该气孔率更优选为9%以下,进一步优选为8%以下,更进一步优选为7%以下,还进一步优选为6%以下,还更进一步优选为5%以下,最优选为4%以下。该气孔率的下限(只要为0%以上)并无特别限定,实际上约2~3%可以成为下限。

[0098] 通过使本发明的金属陶瓷复合材料的气孔率为10%以下、或优选为上述范围内,从而容易得到烧结体的致密性得到进一步改善、具有更高硬度的复合材料。

[0099] 在优选的一个实施方式中,本发明的金属陶瓷复合材料根据JIS R1634:1998利用阿基米德法进行测定时,金属陶瓷复合材料的松密度D1相对于金属陶瓷复合材料的金属相的真密度D2的相对密度 $[D1/D2] \times 100$ 可以为90%以上。该相对密度更优选为91%以上,进一步优选为92%以上,更进一步优选为93%以上,还进一步优选为94%以上,最优选为95%以上。

[0100] 通过使本发明的金属陶瓷复合材料的相对密度为90%以上、或优选为上述范围内,从而与气孔率为规定上限以下的情况同样地容易得到烧结体的致密性得到进一步改善、具有更高硬度的复合材料。

[0101] 在优选的一个实施方式中,本发明的金属陶瓷复合材料根据JIS R1601:2008利用3点弯曲强度试验测定得到的弯曲强度可以为230MPa以上。该弯曲强度更优选为250MPa以上,进一步优选为270MPa以上,更进一步优选为280MPa以上,还进一步优选为290MPa以上,最优选为300MPa以上。

[0102] 通过使本发明的金属陶瓷复合材料的弯曲强度为230MPa以上、或优选为上述范围内,从而对于弯曲操作的机械强度得到进一步改善,可以更合适应用于需要高耐弯曲性的广泛用途中。

[0103] 在优选的一个实施方式中,本发明的金属陶瓷复合材料根据JIS R1610:2003利用1点载荷试验以5点平均测定得到的维氏硬度可以为25GPa以上。该维氏硬度更优选为26GPa以上,进一步优选为26.5GPa以上,更进一步优选为27GPa以上,还进一步优选为27.5GPa以

上,最优选为28GPa以上。

[0104] 通过使本发明的金属陶瓷复合材料的维氏硬度为25GPa以上、或优选为上述范围内,从而对压下操作的牢固性得到进一步改善,可以更适合应用于需要高刚性的广泛的用途中。

[0105] 本发明的金属陶瓷复合材料可以加工成各种形状来使用。其形状并无特别限定,可以为膜、片、薄板、厚板、大致棱柱、大致圆柱等。

[0106] 另外,本发明的金属陶瓷复合材料可以应用于需要抗菌、抗病毒性的宽泛的用途中。该复合材料例如可以适合用作各种物品的构件、构成建筑物、桥梁、船、铁路、道路、港口等的结构材料、包括畜舍的地板材料的建造物的地板材料、墙壁材料、天花板等建筑资材等。

[0107] 2. 金属陶瓷复合材料的制造方法

[0108] 制造本发明的金属陶瓷复合材料的方法只要在结果上可得到具备上述的构成、特性的金属陶瓷复合材料,则并无特别限定。本发明的金属陶瓷复合材料例如可以如以下叙述地那样来制造。

[0109] 例如,作为第1工序,由包含过半量的碳化硅(SiC)的陶瓷相形成材料形成多孔质陶瓷烧结体的预成型件,作为后续的第2工序,通过在加压下使该预成型件中浸渗金属相形成材料,从而可以制造本发明的金属陶瓷复合材料,所述金属相形成材料含有高温下熔融了的包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物以及添加元素M。关于除碳化硅以外可以包含于陶瓷相形成材料中的其他物质、金属相形成材料中所含的添加元素M以及不可避免的杂质的种类,如上述对金属陶瓷复合材料的叙述所示。

[0110] 通过适当地调整上述第1工序中所使用的陶瓷相形成材料与上述第2工序中所使用的金属相形成材料的质量比、合金和/或金属间化合物中的Cu及Si的质量比、金属相形成材料中的包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物以及添加元素M的质量比例,从而可以得到满足规定范围内的陶瓷相/金属相的面积比A/B、规定范围内的添加元素M的质量百分率m(%)、规定范围内的添加元素M的质量百分率m(%) / Si的质量百分率a(%)之比、优选规定范围内的Cu的质量百分率b(%) / Si的质量百分率a(%)之比的本发明的金属陶瓷复合材料。

[0111] 在上述第1工序中,陶瓷相形成材料中作为主成分所含有的碳化硅可以使用市售的高纯度的碳化硅原料粉末。多孔质陶瓷烧结体的预成型件例如可以通过所谓重结晶法来制作,所谓重结晶法是指:利用模具成型等成型法将包含过半量的碳化硅的陶瓷相形成材料进行成型,接着,在通常2000°C以上、优选2200°C以上的高温下保持。

[0112] 或者,将含有高纯度的硅(Si)粒子及碳(C)粒子的混合物在1400°C以上的温度下进行加热,使其反应烧结,由此也能得到含有碳化硅的多孔质陶瓷烧结体的预成型件。在反应烧结法的情况下,从成型性、预成型件的高密度化的观点出发,也优选与高纯度碳粉同时使用酚醛树脂、沥青等粘合剂(通过烧结而碳化的物质)。也可以使用碳纤维作为碳源。该第1工序中得到的多孔质陶瓷烧结体的预成型件的气孔率并无特别限定,例如可以为10% ~ 70%。

[0113] 在上述第2工序中,含有包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物以及添加元素M的金属相形成材料可以预先在通常超过1000°C、优选1200°C以上的高温下熔融。像这样高温

下熔融了的含有包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物以及添加元素M的金属相形成材料,可以在通常超过1MPa、优选3MPa以上的加压下、在高压容器内,浸渗于上述第1工序中得到的多孔质陶瓷烧结体的预成型件中。

[0114] 作为其他方法,也可以由含有过半量的碳化硅(SiC)的陶瓷相形成材料形成作为陶瓷烧结体的前体的预成型件,再同时进行该预成型件的烧成与含有高温下熔融了的包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物以及添加元素M的金属相形成材料在预成型件中的浸渗。

[0115] 包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物并无特别限定,可以为公知的任一种合金和/或金属间化合物。例如,作为合金,可以使用 Cu_3Si 、 Cu_5Si 、 Cu_6Si 、 Cu_7Si 等。

[0116] 作为不受限定的具体例,在规定时间(例如10秒~200秒)的期间内、在将多孔质陶瓷烧结体的预成型件浸渍于含有高温下熔融了的包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物以及添加元素M的金属相形成材料中的状态下加以保持,接着,将经过浸渍处理的预成型件在规定时间(例如30秒~300秒)的期间内、在加压下进行放置,由此可以进行在预成型件整体中的浸渗。在将多孔质陶瓷烧结体的预成型件浸渍于高温下熔融了的金属相形成材料中之前,也可以另行于金属相形成材料的加热熔融,进行预成型件的预先加热。

[0117] 优选的是:上述第2工序中使高温下熔融的金属相形成材料浸渗于多孔质陶瓷烧结体的预成型件后,立即进行冷却。冷却可以通过在进行熔融浸渗的高压容器内导入冷却用气体并使之循环来快速地进行。或者,也可以通过使熔融浸渗后的预成型件与冷却用金属接触来进行冷却。

[0118] 关于金属陶瓷复合材料及其制造方法,参照诸多实施方式对本发明进行了说明,但是应理解为在本发明的范围内这些实施方式的各个构成要素可以任意地组合。即,应当注意:本发明不受这些实施方式的限定,本发明的范围仅由所附权利要求书限定。

[0119] 实施例

[0120] 以下,参照实施例对本发明进行进一步例证。本发明不受这些实施例的任何限定。

[0121] 实施例1

[0122] 按照以下方式制造实施例1的金属陶瓷复合材料。

[0123] <第1工序>

[0124] 在市售的SiC粉末的微粒(Saint-Gobain制、平均粒径 $3\mu\text{m}$)70质量%及粗粒(信浓电气精炼公司制、平均粒径 $20\mu\text{m}$)30质量%中混合作为有机粘合剂的酚醛树脂10质量%(碳换算为3质量%),进行预成型后,在氮气气氛中、在 1000°C 的温度下加热处理3小时,形成将酚醛树脂碳化后的具有75体积%的填充率的预成型件。

[0125] <第2工序>

[0126] 使用市售的铜粉末(高纯度化学研究所制、平均粒径 $3\mu\text{m}$)、硅粉末(高纯度化学研究所制、平均粒径 $100\mu\text{m}$)和镍粉末(高纯度化学研究所制、平均粒径 $3\mu\text{m}$),将这些粉末在坩埚内混合。此时,将上述第1工序中使用的陶瓷相形成材料与上述第2工序中使用的金属相形成材料的质量比设为1:1,将金属相形成材料中铜(Cu)与硅(Si)的比率设为7:3,将相对于金属相形成材料的总质量而言的添加元素Ni的质量比设为0.5质量%。在氩气气氛下、在 1500°C 的温度下保持3小时,使熔融的Cu-Si-Ni合金渗透至第1工序中得到的预成型件中,制作金属陶瓷复合材料。

[0127] 所得到的金属陶瓷复合材料的陶瓷相/金属相的面积比A/B(测定法如后述所示)

为3.5,金属相中Cu相对于Si的质量比 b/a (测定法如后述所示)为4.0。另外,相对于金属相形成材料的总质量,Si的质量比例为19.8质量%,Cu的质量比例为79.6质量%,添加元素Ni的质量比例为0.5质量%(测定法如后述所示)。

[0128] 实施例2

[0129] 除了将相对于金属相形成材料的总质量而言的添加元素Ni的质量比变更为5.0质量%以外,与实施例1同样地制造金属陶瓷复合材料。所得的金属陶瓷复合材料的陶瓷相/金属相的面积比 A/B (测定法如后述所示)为3.6,金属相中Cu相对于Si的质量比 b/a (测定法如后述所示)为4.2。另外,相对于所得的金属陶瓷复合材料的金属相的总质量,Si的质量比例为18.0质量%,Cu的质量比例为76.0质量%,添加元素Ni的质量比例为5.0质量%(测定法如后述所示)。

[0130] 实施例3

[0131] 除了将相对于金属相形成材料的总质量而言的添加元素Ni的质量比变更为16.0质量%以外,与实施例1同样地制造金属陶瓷复合材料。所得的金属陶瓷复合材料的陶瓷相/金属相的面积比 A/B (测定法如后述所示)为4.7,金属相中Cu相对于Si的质量比 b/a (测定法如后述所示)为5.7。另外,相对于所得的金属陶瓷复合材料的金属相的总质量,Si的质量比例为11.8质量%,Cu的质量比例为67.2质量%,添加元素Ni的质量比例为16.0质量%(测定法如后述所示)。

[0132] 实施例4

[0133] 作为添加元素,代替Ni粉末而使用Mg粉末(高纯度化学研究所制、粒径 $180\mu\text{m}$ 以下),将相对于金属相形成材料的总质量而言的添加元素Mg的质量比变更为5.0质量%,除此以外,与实施例1同样地制造金属陶瓷复合材料。所得的金属陶瓷复合材料的陶瓷相/金属相的面积比 A/B (测定法如后述所示)为3.6,金属相中Cu相对于Si的质量比 b/a (测定法如后述所示)为4.3。另外,相对于所得的金属陶瓷复合材料的金属相的总质量,Si的质量比例为17.8质量%,Cu的质量比例为76.0质量%,添加元素Mg的质量比例为5.0质量%(测定法如后述所示)。

[0134] 实施例5

[0135] 作为添加元素,代替Ni粉末而使用Zn粉末(高纯度化学研究所制、粒径 $75\mu\text{m}$ 以下),将相对于金属相形成材料的总质量而言的添加元素Zn的质量比变更为5.0质量%,除此以外,与实施例1同样地制造金属陶瓷复合材料。所得的金属陶瓷复合材料的陶瓷相/金属相的面积比 A/B (测定法如后述所示)为3.9,金属相中Cu相对于Si的质量比 b/a (测定法如后述所示)为4.2。另外,相对于所得的金属陶瓷复合材料的金属相的总质量,Si的质量比例为18.0质量%,Cu的质量比例为76.0质量%,添加元素Zn的质量比例为5.0质量%(测定法如后述所示)。

[0136] 实施例6

[0137] 作为添加元素,代替Ni粉末而使用Ti粉末(高纯度化学研究所制、粒径 $45\mu\text{m}$ 以下),将相对于金属相形成材料的总质量而言的添加元素Ti的质量比变更为5.0质量%,除此以外,与实施例1同样地制造金属陶瓷复合材料。所得的金属陶瓷复合材料的陶瓷相/金属相的面积比 A/B (测定法如后述所示)为3.6,金属相中Cu相对于Si的质量比 b/a (测定法如后述所示)为4.1。另外,相对于所得的金属陶瓷复合材料的金属相的总质量,Si的质量比例为

18.7质量%，Cu的质量比例为76.0质量%，添加元素Ti的质量比例为5.0质量% (测定法如后述所示)。

[0138] 实施例7

[0139] 作为添加元素，代替Ni粉末而使用Ni/Ti粉末的混合物(质量比2:1)，将相对于金属相形成材料的总质量而言的添加元素Ni/Ti混合物的质量比变更为6.0质量%，除此以外，与实施例1同样地制造金属陶瓷复合材料。所得的金属陶瓷复合材料的陶瓷相/金属相的面积比A/B(测定法如后述所示)为3.7，金属相中Cu相对于Si的质量比b/a(测定法如后述所示)为4.8。另外，相对于所得的金属陶瓷复合材料的金属相的总质量，Si的质量比例为15.8质量%，Cu的质量比例为75.2质量%，添加元素Ni/Ti的质量比例为6.0质量% (测定法如后述所示)。

[0140] 实施例8

[0141] 将金属相形成材料中铜(Cu)与硅(Si)的比率设为6:4，将相对于金属相形成材料的总质量而言的添加元素Ni的质量比变更为5.0质量%，除此以外，与实施例1同样地制造金属陶瓷复合材料。所得的金属陶瓷复合材料的陶瓷相/金属相的面积比A/B(测定法如后述所示)为3.5，金属相中Cu相对于Si的质量比b/a(测定法如后述所示)为2.7。另外，相对于所得的金属陶瓷复合材料的金属相的总质量，Si的质量比例为25.1质量%，Cu的质量比例为67.9质量%，添加元素Ni的质量比例为5.0质量% (测定法如后述所示)。

[0142] 实施例9

[0143] 将金属相形成材料中铜(Cu)与硅(Si)的比率设为8:2，将相对于金属相形成材料的总质量而言的添加元素Ni的质量比变更为5.0质量%，除此以外，与实施例1同样地制造金属陶瓷复合材料。所得的金属陶瓷复合材料的陶瓷相/金属相的面积比A/B(测定法如后述所示)为3.7，金属相中Cu相对于Si的质量比b/a(测定法如后述所示)为13.2。另外，相对于所得的金属陶瓷复合材料的金属相的总质量，Si的质量比例为6.5质量%，Cu的质量比例为85.5质量%，添加元素Ni的质量比例为5.0质量% (测定法如后述所示)。

[0144] 比较例1

[0145] 变更上述第1工序中使用的陶瓷相形成材料与上述第2工序中使用的金属相形成材料的质量比，并且将相对于金属相形成材料的总质量而言的添加元素Ni的质量比变更为23质量%，除此以外，与实施例1同样地制造金属陶瓷复合材料。所得的金属陶瓷复合材料的陶瓷相/金属相的面积比A/B(测定法如后述所示)为15.0，金属相中Cu相对于Si的质量比b/a(测定法如后述所示)为5.7。另外，相对于所得的金属陶瓷复合材料的金属相的总质量，Si的质量比例为15质量%，Cu的质量比例为85质量%，添加元素Ni的质量比例为23质量% (测定法如后述所示)。

[0146] 比较例2

[0147] 变更上述第1工序中使用的陶瓷相形成材料与上述第2工序中使用的金属相形成材料的质量比，并且不添加添加元素M，除此以外，与实施例1同样地制造金属陶瓷复合材料。所得的金属陶瓷复合材料的陶瓷相/金属相的面积比A/B(测定法如后述所示)为1.5，金属相中Cu相对于Si的质量比b/a(测定法如后述所示)为4.0。另外，相对于所得的金属陶瓷复合材料的金属相的总质量，Si的质量比例为20质量%，Cu的质量比例为80质量% (测定法如后述所示)。

[0148] 比较例3

[0149] 变更上述第1工序中使用的陶瓷相形成材料与上述第2工序中使用的金属相形成材料的质量比,并且不添加添加元素M,除此以外,与实施例1同样地制造金属陶瓷复合材料。所得的金属陶瓷复合材料的陶瓷相/金属相的面积比A/B(测定法如后述所示)为63.3,金属相中Cu相对于Si的质量比b/a(测定法如后述所示)为4.0。另外,相对于所得的金属陶瓷复合材料的金属相的总质量,Si的质量比例为20质量%,Cu的质量比例为80质量%(测定法如后述所示)。

[0150] 比较例4

[0151] 利用与实施例1同样的步骤,由陶瓷相形成材料制造碳化硅(SiC)烧结体。在不向其中浸渗金属相形成材料的情况下,作为比较用,进行了特性的测定、评价。

[0152] 复合材料的诸特性的测定

[0153] (1) 陶瓷相/金属相的面积比A/B的测定、计算

[0154] 使用扫描电子显微镜(SEM)(日本电子株式会社制“JSM-IT200”),对实施例1~9及比较例1~3的各个金属陶瓷复合材料,以500倍率取得面积 $256\mu\text{m} \times 192\mu\text{m}$ 的图像。相对于该图像整体的面积,将陶瓷相(灰色部位)的合计面积的百分率(%)设为A,将金属相(白色部位)的合计面积的百分率(%)设为B,算出陶瓷相/金属相的面积比A/B。原则上,从一个视场的图像测定两相各自的合计面积百分率,算出面积比。作为任意选择的追加步骤,可以以任意的两个视场或三个以上视场取得图像,算出这些图像中的面积比A/B的平均值,确认该平均值与由上述的一个视场的图像得到的面积比实质相同。在这样算出平均值的情况下,在掌握了前者的面积比(一个视场)与后者的面积比(多个视场的平均值)之间存在0.1以上的差异时,采用后者的值作为面积比。

[0155] 将关于实施例1~9及比较例1~3的各个金属陶瓷复合材料的陶瓷相/金属相的面积比A/B示于表1中。

[0156] (2) 金属相的成分组成的鉴定、测定

[0157] 使用XRF(荧光X射线分析法)及ICP发射光谱分析装置和碳/硫分析装置(燃烧-红外线吸收法),对实施例1~9及比较例1~3的各个金属陶瓷复合材料中的碳化硅、游离碳(free carbon)、构成金属相的Cu、Si及添加元素M、以及不可避免的杂质各自的量(质量%)进行了鉴定。在进行上述3个测定时,将金属陶瓷复合材料的试样粉碎,变成粉末状后,进行分析。

[0158] XRF(荧光X射线分析法)是将粉碎后的试样设置于粉末分析专用的杯托中并对试样内所含的陶瓷、铜、硅、添加金属等主成分和杂质的元素进行鉴定。荧光X射线分析装置使用株式会社理学制“Supermini20”。

[0159] ICP发射光谱分析是:在粉碎后的试样中添加盐酸,在室温下将成分分解,使用ICP发射光谱分析装置,测定各元素的发光强度,由此对利用XRF测定的元素实施了定量分析。ICP发射光谱分析装置使用Agilent Technologies株式会社制“Agilent 5110”。

[0160] 使用碳/硫分析装置(燃烧-红外线吸收法),测定游离碳(free carbon)及碳化硅(SiC)。测定根据JIS R 2011:2007“含有碳及碳化硅的耐火物的化学分析方法”来进行。需要说明的是,对于碳化硅(SiC),利用间接法(测定总碳及游离碳,将其之差的碳换算为碳化硅)来实施。碳/硫分析装置使用利用氧气流中燃烧(管状电炉方式)-红外线吸收法的株式

会社堀场制作所制“EMIA-810W”。

[0161] 另外,由这些鉴定、测定结果,算出金属陶瓷复合材料的金属相中的添加元素M的质量百分率 $m(\%)$ /Si的质量百分率 $a(\%)$ 的比率 m/a 、以及Cu的质量百分率 $b(\%)$ /Si的质量百分率 $a(\%)$ 的比率 b/a 。

[0162] 将关于实施例1~9及比较例1~3的各个金属陶瓷复合材料的金属相中Si的质量百分率 $a(\%)$ 、Cu的质量百分率 $b(\%)$ 、添加元素M的质量百分率 $m(\%)$ 、添加元素M的质量百分率 $m(\%)$ /Si的质量百分率 $a(\%)$ 的比率 m/a 、以及Cu的质量百分率 $b(\%)$ /Si的质量百分率 $a(\%)$ 的比率 b/a 与添加元素M的种类一起示于表1中。

[0163] 需要说明的是,在金属陶瓷复合材料的制造中,与浸渗于陶瓷相形成材料的预成型件中的金属量相比,在浸渗前作为粉末混合物所准备的金属相形成材料的金属量更多,并且还可能有在浸渗时包括构成金属相形成材料的添加元素M的各金属种未被完全均匀混合的情况,因此认为理论上还可能发生金属相形成材料中的添加元素M的质量百分率与实际中所制造的金属陶瓷复合材料的金属相中的添加元素M的质量百分率不完全一致的情况。

[0164] 在上述的实施例1~9及比较例1的各例中,金属相形成材料中的添加元素M的质量百分率与实际中所制造的金属陶瓷复合材料的金属相中的添加元素M的质量百分率一致。

[0165] (3) 浸渗状态的评价

[0166] 实施例1~9及比较例1~3的各个金属陶瓷复合材料的浸渗状态通过浸渗处理后的外观进行了观察。浸渗状态的评价基准如以下所示。将评价结果示于表2中。

[0167] ○(良好):整体上浸渗。

[0168] △(中等程度):在局部未浸渗。

[0169] ×(不良):未浸渗。

[0170] (4) 复合材料中有无内部裂纹

[0171] 在与上述(1)同样地得到的实施例1~9及比较例1~3的各个金属陶瓷复合材料的扫描电子显微镜(SEM)的倍率250及倍率500倍的图像中,确认有无内部裂纹产生。在倍率250的图像中确认到无内部裂纹产生时,在倍率500倍的图像中也进行了确认。评价基准如以下所示。将评价结果示于表2中。

[0172] ○(良好):在倍率500倍的图像中也未产生内部裂纹。

[0173] ×(不良):在倍率250或倍率500倍的图像中产生内部裂纹。

[0174] (5) 抗菌活性(抗菌效果R)的测定

[0175] 对于实施例1~9及比较例1~4的各个金属陶瓷复合材料,根据JIS Z2801:2012及JIS R1752:2020使用金黄色葡萄球菌作为试验菌在暗处在作用温度为25℃及作用时间为6小时的条件下测定了抗菌效果R。具体的抗菌效果R的测定条件如以下所示。

[0176] • 无加工品名:SLG玻璃

[0177] • 试验品的大小:50mm×50mm×5mm

[0178] • n数:n=2

[0179] • 试验菌:金黄色葡萄球菌(NBRC12732)

[0180] • 试验品的无菌化:采用干燥灭菌器进行加热(80℃、15分钟)

[0181] • 作用条件作用温度:25℃、作用时间:6小时、暗处

- [0182] • 采用琼脂培养基进行的菌数测量
- [0183] 将抗菌效果R的测定结果示于表2中。
- [0184] (6) 抗病毒活性(抗病毒效果R)的测定
- [0185] 对于实施例1~9及比较例1~4的各个金属陶瓷复合材料,根据ISO18071:2016及JIS R 1756:2020使用噬菌体Q β 作为试验病毒在暗处在作用温度为25°C及作用时间为6小时的条件下测定了抗病毒效果R。具体的抗病毒效果R的测定条件如以下所示。
- [0186] • 无加工品名:SLG玻璃
- [0187] • 试验品的大小:50mm×50mm×4mm
- [0188] • n数:n=2
- [0189] • 试验噬菌体:噬菌体Q β (NBRC20012)
- [0190] • 试验品的无菌化:采用干燥灭菌器进行加热(80°C、15分钟)
- [0191] • 作用条件作用温度:25°C、作用时间:6小时、暗处
- [0192] • 采用琼脂培养基进行的感染值测量
- [0193] 将抗病毒效果R的测定结果示于表2中。
- [0194] (7) 气孔率的测定
- [0195] 对于实施例1~9及比较例1~4的各个金属陶瓷复合材料,根据JIS R1634:1998利用阿基米德法测定气孔率。将测定结果示于表2中。
- [0196] (8) 真密度及相对密度的测定
- [0197] 对于实施例1~9及比较例1~4的各个金属陶瓷复合材料,根据JIS R1634:1998利用阿基米德法测定了复合材料的松密度D1相对于金属相的真密度D2(基于SiC与金属相之比计算出的金属相的理论密度)的相对密度 $[D1/D2] \times 100$ 。将测定结果示于表2中。
- [0198] (9) 弯曲强度的测定
- [0199] 对于实施例1~9及比较例1~4的各个金属陶瓷复合材料,根据JIS R1601:2008在外部支点间距离为 30 ± 0.1 mm、试验夹具3p-30、支承具的形式:旋转形、试验片:使用标准试验片I、标准试验片I<全长(L_T):36mm以上且不足45mm、宽度(w): 4.0 ± 0.1 mm、厚度(t): 3.0 ± 0.1 mm>的条件下利用3点弯曲强度试验测定了弯曲强度。将测定结果示于表2中。
- [0200] (10) 维氏硬度的测定
- [0201] 对于实施例1~9及比较例1~4的各个金属陶瓷复合材料,根据JIS R1610:2003使用试验力2.942N(HV0.3)利用1点载荷试验以5点平均测定了维氏硬度。将测定结果示于表2中。

[0202]

表1 金属陶瓷复合材料的构成

	陶瓷相/金属相的面积比				金属相						
	陶瓷相 [%]		金属相 [%]		面积比 A/B	Cu [质量%] b	Si [质量%] a	质量比 b/a	添加元素 M	添加元素M [质量%] m	m/a
	A	B	A	B							
实施例1	75	21.5	3.5	79.6	19.8	4.0	Ni	0.5	0.03		
实施例2	75	21.0	3.6	76.0	18.0	4.2	Ni	5.0	0.28		
实施例3	75	16.0	4.7	67.2	11.8	5.7	Ni	16.0	1.36		
实施例4	75	21.1	3.6	76.0	17.8	4.3	Mg	5.0	0.28		
实施例5	75	19.0	3.9	76.0	18.0	4.2	Zn	5.0	0.28		
实施例6	75	21.0	3.6	76.0	18.7	4.1	Ti	5.0	0.27		
实施例7	75	20.1	3.7	75.2	15.8	4.8	Ni+Ti	6.0	0.38		
实施例8	75	21.5	3.5	67.9	25.1	2.7	Ni	5.0	0.20		
实施例9	75	20.5	3.7	85.5	6.5	13.2	Ni	5.0	0.77		
比较例1	75	5.0	15.0	85	15	5.7	Ni	23	1.53		
比较例2	53	35.0	1.5	80	20	4.0	-	-	0.00		
比较例3	95	1.5	63.3	80	20	4.0	-	-	0.00		
比较例4	99	-	-	-	-	-	-	-	-		

[0203]

表2 金属陶瓷复合材料的特性

	材料特性								抗菌活性	抗病毒活性
	浸渗状态	内部裂纹	真密度 [g/cm ³]	相对密度 [%]	气孔率 [%]	弯曲强度 [MPa]	维氏硬度 [GPa]			
实施例1	○	○	3.84	96.5	3.5	290	28.3		R	R
实施例2	○	○	3.87	96.0	4	296	28.0		4.4	5.3
实施例3	○	○	4.03	91.0	9	308	27.4		4.0	4.7
实施例4	○	○	3.74	96.1	3.9	281	26.6		4.8	5.7
实施例5	○	○	3.87	94.0	6	290	27.4		3.9	4.5
实施例6	○	○	3.83	96.0	4	308	29.4		4.0	4.6
实施例7	○	○	3.91	95.1	4.9	311	29.7		3.9	4.6
实施例8	○	○	3.69	96.5	3.5	284	28.3		4.0	4.9
实施例9	○	○	4.28	95.5	4.5	311	26.6		4.0	4.9
比较例1	×	○	4.03	80.0	20	148	22.4		4.8	5.6
比较例2	△	○	4.38	88.0	12	222	20.0		0.2	0.3
比较例3	×	○	3.34	96.5	3.5	178	25.4		4.4	4.8
比较例4	-	-	3.2	3.2	1	326	27.0		0.4	0.5
									0	0

[0204] 由上述实施例1~9的结果可知,根据本发明的优选的金属陶瓷复合材料,带来良好的浸渗状态,进而在发挥优异的强度及硬度等机械物性的同时,发挥由铜带来的优异的

抗菌性及抗病毒性,并且在特别优选的例子中,气孔率(烧结体的致密性)、弯曲强度及硬度(例如维氏硬度:压痕硬度)以及抗菌效果及抗病毒效果全部平衡良好、且高水平地优异。

[0205] 另一方面,根据在金属相中过量含有添加元素M的比较例1、陶瓷相相对于金属而言规定的面积比较少的比较例2、陶瓷相相对于金属而言规定的面积比较多的比较例3,不能得到良好的浸渗状态,气孔率变高而不能得到致密的烧结体、或者不能得到所期望的程度的抗菌活性、抗病毒活性等,得到了对实用而言不适当的结果。

[0206] 需要说明的是,本发明可包括的诸多方案或诸多实施方式概括如下。

[0207] [1].一种金属陶瓷复合材料,其是以相互分散的状态含有陶瓷相和金属相而成的金属陶瓷复合材料,所述陶瓷相含有碳化硅,所述金属相含有包含Cu及Si的合金和/或金属间化合物,

[0208] 上述金属相含有Cu或Si之外的至少1种金属添加元素M,并且

[0209] 上述碳化硅占据上述陶瓷相的构成材料的总质量的过半量,

[0210] 在此,

[0211] 对上述金属陶瓷复合材料,使用扫描电子显微镜(SEM)以500倍率取得面积 $256\mu\text{m} \times 192\mu\text{m}$ 的图像时,相对于该图像整体的面积,将上述陶瓷相的合计面积的百分率(%)设为A、将上述金属相的合计面积的百分率(%)设为B时,陶瓷相/金属相的面积比A/B为2以上且60以下,并且

[0212] 在上述金属相中,相对于其总质量,将Si的质量百分率(%)设为a、将添加元素M的质量百分率(%)设为m时,满足下述的关系式:

[0213] $0.01 \leq m/a \leq 1.4$ 、以及

[0214] $0.3 \leq m \leq 20$ 。

[0215] [2].根据上述项目1所述的金属陶瓷复合材料,其中,在上述金属相中,相对于其总质量,将Cu的质量百分率(%)设为b、如上述那样将Si的质量百分率(%)设为a时,满足下述的关系式:

[0216] $b/a \geq 2.5$ 。

[0217] [3].根据上述项目2所述的金属陶瓷复合材料,其中,上述陶瓷相/金属相的面积比A/B为5以下,并且 $m/a < 1$ 、且 $b/a \geq 3$ 。

[0218] [4].根据上述项目1~3中任一项所述的金属陶瓷复合材料,其中,上述添加元素M包含选自由Ni、Mg、Zn及Ti组成的组中的至少1种。

[0219] [5].根据上述项目1~4中任一项所述的金属陶瓷复合材料,其中,根据JIS Z2801:2012在使用金黄色葡萄球菌作为试验菌的条件下测定得到的抗菌效果R为2.0以上。

[0220] [6].根据上述项目1~5中任一项所述的金属陶瓷复合材料,其特征在于,所述金属陶瓷复合材料被用作抗病原体材料。

[0221] [7].根据上述项目1~6中任一项所述的金属陶瓷复合材料,其中,根据JIS R1634:1998利用阿基米德法测定得到的气孔率为10%以下。

[0222] [8].根据上述项目1~7中任一项所述的金属陶瓷复合材料,其中,根据JIS R1634:1998利用阿基米德法进行测定时,上述金属陶瓷复合材料的松密度D1相对于上述金属陶瓷复合材料的金属相的真密度D2的相对密度 $[D1/D2] \times 100$ 为90%以上。

[0223] [9].根据上述项目1~8中任一项所述的金属陶瓷复合材料,其中,根据JIS

R1601:2008利用3点弯曲强度试验测定得到的弯曲强度为230MPa以上。

[0224] [10].根据上述项目1~9中任一项所述的金属陶瓷复合材料,其中,根据JIS R1610:2003利用1点载荷试验以5点平均测定得到的维氏硬度为25GPa以上。

[0225] [11].根据上述项目1~10中任一项所述的金属陶瓷复合材料,其中,上述陶瓷相还含有游离碳。

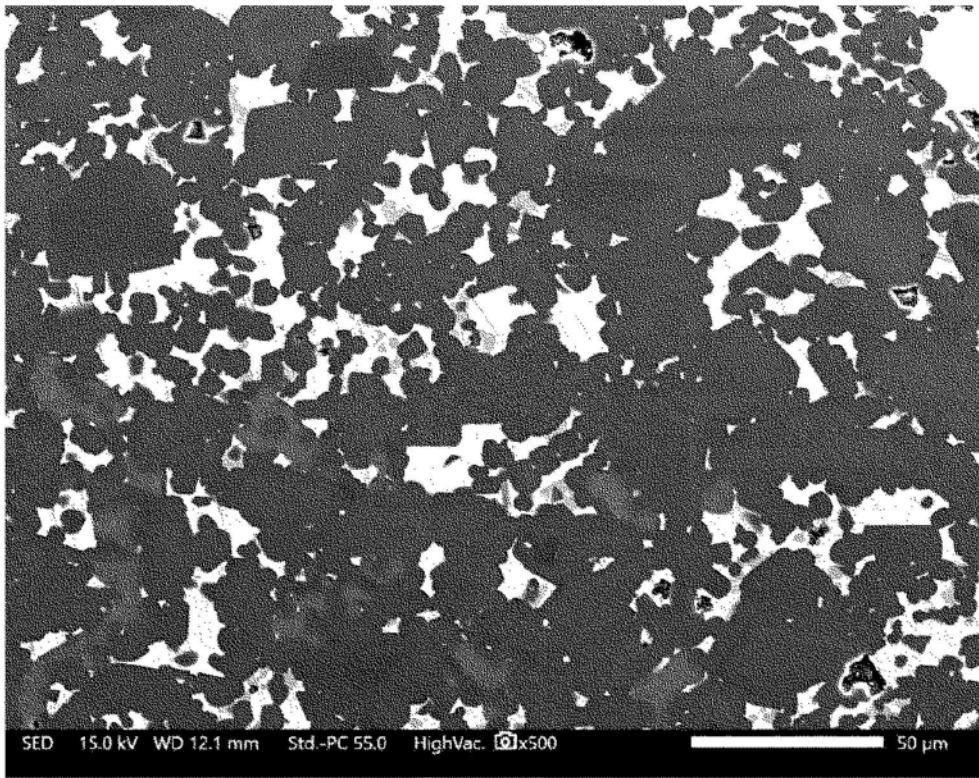


图1