(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119384564 A
(43)申请公布日 2025.01.28

(21)申请号 202380045669.X
(22)申请日 2023.06.01
(30)优先权数据
102022000012008 2022.06.07 IT
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.12.06
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2023/055627 2023.06.01
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/237976 EN 2023.12.14
(71)申请人 乐姆宝公开有限公司
地址 意大利贝加莫
(72)发明人 奥马尔·奇维迪尼 马西莫·罗萨
(74)专利代理机构 成都超凡明远知识产权代理有限公司 51258
专利代理师 张云娇
(51)Int.Cl.
F16D 65/12(2006.01)
B32B 18/00(2006.01)

权利要求书4页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

成形材料及其制造方法

(57)摘要

本发明涉及一种成形材料,所述成形材料包括由称为“碳-碳”或“C/C”的碳基材料制成的内层以及由包括碳和碳化硅的碳-陶瓷材料制成的相应的外层,优选地,所述材料被成形以形成盘式制动器盘。

CN 119384564 A

1.一种成形材料(1),所述成形材料包括:

内层(2),所述内层由称为“碳-碳”或“C/C”的碳基材料制成,以及

相应的外层,所述相应的外层由包括碳和碳化硅的碳-陶瓷材料制成,所述相应的外层分别为第一外层(3)和第二外层(4)。

2.根据权利要求1所述的材料,其中,所述第一外层(3)和所述第二外层(4)由碳-陶瓷材料制成,所述碳-陶瓷材料包括基本上由碳构成的短且无序的丝,其中,优选地,所述丝具有小于30mm的长度,例如,所述丝具有在6mm至24mm之间的长度。

3.根据权利要求1所述的材料,其中,所述第一外层(3)和所述第二外层(4)由碳-陶瓷材料制成,所述碳-陶瓷材料包括基本上由碳构成的并布置成形成机织织物和/或非机织织物的纺制纤维(纱)和/或连续长纤维(丝束)。

4.根据前述权利要求中任一项所述的材料,其中,所述第一外层(3)和所述第二外层(4)的所述碳-陶瓷材料包括:

10%至40%的碳纤维,优选地,约15%至30%的碳纤维;

30%至70%的碳基体,优选地,约40%至60%的碳基体;

0%至10%的硅,优选地,约0%至5%的硅;

10%至40%的SiC,优选地,20%至30%的SiC;

所述百分比为重量百分比。

5.根据前述权利要求中任一项所述的材料,其中,所述第一外层(3)和所述第二外层(4)具有小于5%、或小于4%、或小于3%、或小于2%的孔隙率,以及/或者所述第一外层(3)和所述第二外层(4)具有在1.7g/cm^{3}至2.5g/cm^{3}之间、或者在1.8g/cm^{3}至2.4g/cm^{3}之间、或者在1.9g/cm^{3}至2.3g/cm^{3}之间的密度。

6.根据前述权利要求中任一项所述的材料,其中,所述内层(2)的“C/C”材料包括:

15%至60%的碳纤维,优选地,20%至40%的碳纤维;

40%至85%的碳基体,优选地,60%至80%的碳基体;

所述百分比为重量百分比。

7.根据前述权利要求中任一项所述的材料,其中,所述内层(2)具有在5%至20%之间的孔隙率,优选地,所述内层(2)具有在5%至10%之间的孔隙率,以及/或者所述内层(2)具有在1.5g/cm^{3}至1.9g/cm^{3}之间的密度,优选地,所述内层(2)具有在1.6g/cm^{3}至1.8g/cm^{3}之间的密度。

8.根据前述权利要求中任一项所述的材料,其中,所述外层(3,4)中每个外层的厚度为所述成形材料的厚度的至少4%、或至少4.5%、或至少5%,并且/或者所述外层(3,4)中每个外层的厚度不超过所述成形材料的厚度的25%、或不超过所述成形材料的厚度的20%、或不超过所述成形材料的厚度的15%、或不超过所述成形材料的厚度的10%。

9.根据权利要求8所述的材料,其中,所述外层(3,4)中的每个外层的厚度在0.5mm至10mm之间,优选地,所述外层(3,4)中的每个外层的厚度在2mm至8mm之间,或者在4mm至8mm之间。

10.根据前述权利要求中任一项所述的材料,其中,所述内层(2)的厚度为所述成形材料的厚度的至少50%、或至少55%、或至少60%、或至少65%、或至少70%、或至少75%,以及/或者所述内层(2)的厚度不超过所述成形材料的厚度的92%、或不超过所述成形材料的

厚度的90％、或不超过所述成形材料的厚度的85％、或不超过所述成形材料的厚度的80％。

11.根据前述权利要求中任一项所述的材料,其中,所述材料被成形以形成盘式制动器盘。

12.一种由根据权利要求1至11中任一项所述的成形材料制成的盘式制动器盘,所述盘式制动器盘包括:

第一制动带,所述第一制动带由所述成形材料的所述第一外层(3)形成,所述第一制动带由用于与制动器衬垫配合的第一制动表面(5)以及相对应的内表面(6)界定;

第二制动带,所述第二制动带由所述成形材料的所述第二外层(4)形成,所述第二制动带由用于与制动器衬垫配合的第二制动表面(7)以及相对应的内表面(8)界定;

盘芯,所述盘芯由所述成形材料的所述内层(2)形成,所述盘芯在所述第一制动带的内表面(6)与所述第二制动带的内表面(8)之间延伸。

13.一种用于制作根据权利要求1至11中任一项所述的成形材料的方法,所述方法依次包括以下步骤:

a)制备“C/C”材料的碳致密坯料,所述坯料具有两个相反的表面,所述两个相反的表面分别为第一表面和第二表面;

b)可选地制成表征盘式制动器盘的通风通道和/或给送通道;

c)使“C/C”材料的所述碳致密坯料的所述第一表面和所述第二表面同时或依次与硅接触,使得所述硅的至少一部分从所述第一表面渗透所述坯料达预定厚度(“第一厚度”),以及从所述第二表面渗透所述坯料达预定厚度(“第二厚度”),从而获得成形材料,所述成形材料包括所述第一外层和所述第二外层,所述第一外层和所述第二外层由包括碳和碳化硅的碳-陶瓷材料制成;

d)可选地,对在步骤c)中获得的所述成形材料进行精加工。

14.根据权利要求13所述的方法,其中,从所述第一表面和从所述第二表面的硅渗透厚度为碳致密预成型件的厚度的至少4％、或至少4.5％、或至少5％,以及/或者从所述第一表面和从所述第二表面的硅渗透厚度不超过所述坯料的厚度的25％、或不超过所述坯料的厚度的20％、或不超过所述坯料的厚度的15％、或不超过所述坯料的厚度的10％。

15.根据权利要求13或14所述的方法,其中,在所述步骤a)期间,制备由“C/C”材料制成的碳致密坯料,所述碳致密坯料包括基本上由碳构成并布置成形成机织织物和/或非机织织物的纺制纤维(纱)和/或连续长纤维(丝束)。

16.根据权利要求15所述的方法,其中,制备由“C/C”材料制成的所述碳致密坯料的步骤a)依次包括以下步骤:

i)对以机织织物和/或非机织织物的形式的碳或碳前驱体纤维层进行叠置,以形成预成型件模型;

ii)对叠置的纤维层进行针刺,以形成三维交织结构;

iii)可选地,将碳前驱体纤维碳化成碳纤维;

iv)可选地,对步骤i)、步骤ii)或步骤iii)中获得的预成型件模型用树脂进行浸渍;

v)可选地,对步骤i)、步骤ii)、步骤iii)或步骤iv)中的一个步骤中获得的预成型件模型进行热预处理;

vi)对步骤ii)、步骤iii)、步骤iv)或步骤v)中的一个步骤中获得的预成型件模型进行

碳致密处理,以形成由“C/C”材料制成的碳致密坯料,优选地,对步骤ii)、步骤iii)、步骤iv)或步骤v)中的一个步骤中获得的预成型件模型进行碳致密处理,直至材料密度超过1.5g/cm^{3}或超过1.7g/cm^3,以形成由“C/C”材料制成的碳致密坯料;

vii)对步骤vi)中获得的坯料进行热处理。

17.根据权利要求13或14所述的方法,其中,在所述步骤a)期间,制备由“C/C”材料制成的碳致密坯料,所述碳致密坯料包括基本上由碳构成的短且无序的丝,其中,优选地,所述丝具有小于30mm的长度,例如,所述丝具有在6mm至24mm之间的长度。

18.根据权利要求17所述的方法,其中,制备由“C/C”材料制成的所述碳致密坯料的步骤a)依次包括以下步骤:

i)对与树脂混合的短碳纤维或碳前驱体进行成型,以形成预成型件模型,优选地,所述树脂是酚醛树脂、丙烯酸树脂、石蜡、沥青、呋喃树脂、或者聚苯乙烯;

ii)使步骤i)中获得的预成型件模型热解;

iii)对步骤ii)中获得的预成型件模型进行碳致密处理,以形成由“C/C”材料制成的碳致密坯料,优选地,对步骤ii)中获得的预成型件模型进行碳致密处理,直至材料密度超过1.5g/cm^{3}或超过1.7g/cm^3,以形成由“C/C”材料制成的碳致密坯料;

iv)对步骤iii)中获得的坯料进行热处理。

19.根据权利要求13至18中任一项所述的方法,其中,与所述碳致密预成型件的所述第一表面和所述第二表面中的每个表面接触的硅的量相对于所述预成型件的重量为按重量计2%至15%之间、或按重量计3%至12%之间、或按重量计4%至10%之间、或按重量计5%至7.5%之间。

20.根据权利要求13至19中任一项所述的方法,其中,步骤c)包括以下步骤:

c1)将所述坯料的所述第一表面的侧搁置在包括硅的第一层上,优选地,将所述坯料的所述第一表面的侧搁置在包括固体硅的第一层上,以及在所述坯料的与所述第一表面相反的所述第二表面上沉积包括硅的第二层,优选地,在所述坯料的与所述第一表面相反的所述第二表面上沉积包括固体硅的第二层;以及

c2)将与包括硅的所述第一层和所述第二层接触的所述坯料置于一温度下,使得硅的至少一部分通过毛细管作用渗透所述坯料达所述第一厚度和所述第二厚度。

21.根据权利要求20所述的方法,其中,步骤c2)包括:在硅熔化温度以上的温度下进行液态硅渗透(LSI)过程,优选地,在1410℃以上的温度下进行液态硅渗透(LSI)过程,更优选地,在1420℃至1700℃之间的温度下进行液态硅渗透(LSI)过程,以及/或者优选地,在20毫巴至150毫巴之间的压力下进行液态硅渗透(LSI)过程,更优选地,在80毫巴至120毫巴之间的压力下进行液态硅渗透(LSI)过程。

22.根据权利要求13至19中任一项所述的方法,其中,步骤c)包括以下步骤:

c1)将所述坯料的所述第一表面的侧搁置在包括硅的所述第一层上,优选地,将所述坯料的所述第一表面的侧搁置在包括固体硅的所述第一层上;

c2)使搁置在包括硅的所述第一层上的所述坯料经受一温度,使得硅的至少一部分通过毛细管作用渗透所述坯料达所述第一厚度;

c1-之二)将从所述步骤c2)得到的材料的所述第二表面的侧搁置在包括硅的第二层上,优选地,将从所述步骤c2)得到的材料的所述第二表面的侧搁置在包括固体硅的第二层

上；

c2-之二)使搁置在包括硅的所述第二层上的所述材料经受一温度,使得硅的至少一部分通过毛细管作用渗透所述材料达所述第二厚度。

23.根据权利要求22所述的方法,其中,步骤c2)和步骤c-2之二)包括:在硅熔化温度以上的温度下进行液态硅渗透(LSI)过程,优选地,在1410℃以上的温度下进行液态硅渗透(LSI)过程,更优选地,在1420℃至1700℃之间的温度下进行液态硅渗透(LSI)过程,以及/或者优选地,在20毫巴至150毫巴之间的压力下进行液态硅渗透(LSI)过程,更优选地,在80毫巴至120毫巴之间的压力下进行液态硅渗透(LSI)过程。

24.一种能够通过根据权利要求13至23中任一项所述的方法获得的成形材料。

成形材料及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种成形材料、一种由所述成形材料制成的盘式制动器盘以及一种用于制造所述成形材料的方法。

背景技术

[0002] 由所谓的“碳-碳”或“C/C”的碳基材料制成的盘式制动器盘的使用是众所周知的。这些是复合材料,由其中布置了增强碳纤维的碳基体构成。

[0003] 由“C/C”材料制成的盘通过下述过程获得,所述过程包括对以机织织物和/或非机织织物的形式的碳纤维层或碳纤维片进行叠置,或使用短纤维形成所谓的碳质“预成型件”,可能添加树脂,可能进行后续热处理,以及碳致密处理。后者可以通过各种方式进行,例如,通过CVD(化学气相沉积)、CVI(化学气相渗透)、LPI(液态聚合物渗透)、PIP(聚合物渗透和热解)或通过树脂和/或沥青的浸渍,所有这些都导致密度增加,从而使材料具有足够的机械特性、热特性和摩擦学特性,例如,密度增加2到6倍。

[0004] 为了发挥摩擦材料的作用,“C/C”材料需要高的应用温度,这使得由“C/C”材料制成的盘特别适合用于赛车和航空应用。由“C/C”材料制成的盘的使得它们适合于上述应用的其他特点是重量轻和导热性高。

[0005] 然而,由“C/C”材料制成的盘具有以下缺点。

[0006] 首先,它们在制动带处特别地受到磨损现象的影响。除了不可避免地影响盘的耐用性外,这样的磨损现象还会导致碳微粒物质排放到大气中,对环境和人类健康具有负面影响。

[0007] 此外,这样的盘具有的应用范围有限,因为它们只能与碳衬垫一起使用。

[0008] 完全由碳-陶瓷材料制成的盘式制动器盘的使用也是众所周知的。它们克服了由“C/C”材料制成的盘的缺点,非常耐用,几乎不受到磨损现象的影响,并且可以与更宽范围的衬垫一起使用。它们典型地用于高性能公路应用。

[0009] 然而,由碳-陶瓷材料制成的盘失去了与“C/C”材料相关联的首先是轻质的有利特点。此外,与由“C/C”材料制成的盘相比,由碳-陶瓷材料制成的盘更难加工,并且要求更简单的几何形状。

[0010] 因此,本发明所要解决的问题是提供一种成形材料和一种盘式制动器盘,该成形材料和盘式制动器盘既具有由“C/C”材料制成的盘的有利特点,又具有由碳-陶瓷材料制成的盘的有利特点,同时还提供一种方便可行的用于获得成形材料的方法。

发明内容

[0011] 本发明通过所附权利要求中概述的一种成形材料、其制造方法以及一种由所述成形材料制成的盘式制动器盘来解决上述问题,权利要求的限定构成本说明的组成部分。

[0012] 本发明首先涉及一种成形材料,该成形材料包括:

[0013] 由称为“碳-碳”或“C/C”的碳基材料制成的内层,以及

[0014] 由包括碳和碳化硅的碳-陶瓷材料制成的相应的外层,分别为第一外层和第二外层。

[0015] 本发明其次涉及一种由上述成形材料制成的盘式制动器盘,该盘式制动器盘包括:

[0016] 由成形材料的所述第一外层形成的第一制动带,所述第一制动带由用于与制动器衬垫配合的第一制动表面以及由对应的内表面界定;

[0017] 由成形材料的所述第二外层形成的第二制动带,所述第二制动带由用于与制动器衬垫配合的第二制动表面以及由对应的内表面界定;

[0018] 由成形材料的所述内层形成的盘芯,该盘芯在所述第一制动带的内表面和所述第二制动带的内表面之间延伸。

[0019] 本发明还涉及一种用于制作上述成形材料的方法,该方法依次包括以下步骤:

[0020] a)制备“C/C”材料的碳致密坯料,所述坯料具有两个相反的表面,分别为第一表面和第二表面;

[0021] b)可选地制成表征盘式制动器盘的通风通道和/或给送通道;

[0022] c)使“C/C”材料的所述碳致密坯料的第一表面和第二表面同时或依次与硅接触,使得硅的至少一部分从所述第一表面渗透所述坯料达预定厚度(“第一厚度”),以及从所述第二表面渗透所述坯料达预定厚度(“第二厚度”),从而获得成形材料,该成形材料包括所述第一外层和所述第二外层,所述第一外层和所述第二外层由包括碳和碳化硅的碳-陶瓷材料制成;

[0023] d)可选地,对在步骤c)中获得的成形材料进行精加工。

[0024] 本发明的成形材料以及对应的盘式制动器盘有利地具有“C/C”材料典型的轻质、导热性和加工性,同时表现出较高的耐磨性,这允许大幅度地减少到大气中的微粒排放,对环境和人类健康具有积极影响。此外,本发明的盘可以有利地与更宽范围的衬垫一起使用,诸如与烧结金属衬垫和具有陶瓷基体的衬垫一起使用。

[0025] 本发明的另外的特点和优点将从下文通过非限制性示例给出的对一些实施方式的描述中更加明显。

附图说明

[0026] 图1示意性地示出了根据本发明的实施方式的形成盘式制动器盘的成形材料的剖面图。

[0027] 图2示出了示出在仅一个制动带上进行LSI的由“C/C”材料制成的盘和在两个制动带上进行LSI的由“C/C”材料制成的盘的重量增加的图表。

[0028] 图3示出了根据本发明的成形材料的通过SEM在距外表面不同距离处获得的图像(上图:距表面约4mm的距离;下图:距表面约8mm的距离),其中,由碳-陶瓷材料制成的外层具有约8mm的厚度。

具体实施方式

[0029] 本发明涉及一种成形材料以及由所述成形材料制成的盘式制动器盘,其中,制动带由包括碳和碳化硅的碳-陶瓷材料制成,制动带的外表面(即所谓的制动表面)适于与盘

式制动器的衬垫配合,而由所述制动带的内表面界定的盘芯由“C/C”碳质材料制成。

[0030] 由于限定盘的摩擦学活性部分的制动带由碳-陶瓷材料制成,因此它们具有较大的机械强度和增加的耐磨性,从而延长了盘的寿命,并减少了到环境中的微粒排放。同时,盘芯还保持了表征“C/C”材料的轻质和导热性方面的性能,使盘适合于用在高性能和跑车制动系统中。

[0031] 图1示出了本发明的成形材料的剖面图。更具体地,所述材料被成形以形成盘式制动器盘,并且盘的中心孔在图1的剖面用虚线表示。

[0032] 图1中的成形材料整体由附图标记1表示,并且包括下述项或由其构成:由碳基“C/C”材料制成的内层2;以及由包括碳和碳化硅(SiC)的碳-陶瓷材料制成的两个外层,分别为第一外层3和第二外层4。优选地,所述外层3和所述外层4具有基本上相同的厚度。

[0033] 所述第一外层3形成盘式制动器盘的第一制动带,并且由用于与制动器衬垫配合的第一外表面5(“第一制动面”)以及由对应的内表面6界定。

[0034] 所述第二外层4形成盘式制动器盘的第二制动带,并且由用于与制动器衬垫配合的第二外表面7(“第二制动面”)以及由对应的内表面8界定。

[0035] 所述内层2形成盘芯,该盘芯由制动带的上述内表面6和8界定。在内层2中,典型地制成通风式盘式制动器盘的通风通道(图1中未示出);通风通道可以采取可变且复杂的形状和大小,因为它们也可以用一次性芯制成,但优选地是通过机械加工制成。

[0036] 有利地,内层2和相应的外层3、4基本上在成形材料1的整个表面区域上方延伸。

[0037] 根据第一实施方式,成形材料的两个外层3、4由碳-陶瓷材料制成,该碳-陶瓷材料包括基本上由碳构成的短的无序的丝。优选地,所述丝具有小于30mm的长度,例如,所述丝具有在6mm至24mm之间的长度。

[0038] 术语“基本上由碳构成的丝”是指典型地由各种合成源例如聚丙烯腈(PAN)或沥青的产品热解产生的纤维材料。

[0039] 所述丝通常是由3000至50000根纤维构成的纤维束,其中,单根纤维的直径一般为8微米至10微米。

[0040] 根据第二实施方式,成形材料的两个外层3、4由碳-陶瓷材料制成,该碳-陶瓷材料由包括基本上由碳构成并布置成形成机织织物和/或非机织织物的纺制纤维(纱)和/或连续长纤维(丝束)。

[0041] 术语“连续长纤维”是指具有高的长度-直径比(典型地超过10000:1)的纤维束。术语“纺制纤维”是指纺制形成单根纱的纤维束。

[0042] 优选地,所述外层3、4的碳-陶瓷材料包括:

[0043] 10%至40%的碳纤维,优选地,约15%至30%的碳纤维;

[0044] 30%至70%的碳基体,优选地,约40%至60%的碳基体;

[0045] 0%至10%的硅,优选地约0%至5%的硅;

[0046] 10%至40%的SiC,优选地20%至30%的SiC。

[0047] 上述百分比均为重量百分比。

[0048] 更优选地,外层3、4的碳-陶瓷材料包括:

[0049] 按重量计15%至25%的碳纤维;

[0050] 按重量计45%至55%的碳基体;

[0051] 按重量计3％至4％的硅；

[0052] 按重量计23％至28％的SiC。

[0053] 出于本发明的目的，术语“包括”还包括“由.....构成”或“基本上由.....构成”的含义。

[0054] 优选地，碳-陶瓷材料的所述外层3、4具有小于5％、或小于4％、或小于3％、或小于2％的孔隙率。

[0055] 优选地，碳-陶瓷材料的所述外层3、4具有在1.7g/cm^{3}至2.5g/cm^{3}之间、或在1.8g/cm^{3}至2.4g/cm^{3}之间、或在1.9g/cm^{3}至2.3g/cm^{3}之间的密度。

[0056] 优选地，内层2的“C/C”材料包括：

[0057] 15％至60％的碳纤维，优选地，20％至40％的碳纤维；

[0058] 40％至85％的碳基体，优选地，60％至80％的碳基体。

[0059] 上述百分比均为重量百分比。

[0060] 出于本发明的目的，术语“包括”还包括“由.....构成”或“基本上由.....构成”的含义。

[0061] 优选地，由“C/C”材料制成的所述内层2具有在5％至20％之间、或在5％至10％之间的孔隙率。

[0062] 优选地，由“C/C”材料制成的所述内层2具有在1.5g/cm^{3}至1.9g/cm^{3}之间、或在1.6g/cm^{3}至1.8g/cm^{3}之间的密度。

[0063] 由“C/C”材料制成的内层2的这样的孔隙率和密度值使得成形材料更轻质。

[0064] 外层3、4和内层2的孔隙率是根据ISO18754:2020标准的按静水压称重技术在水中测量的。

[0065] 外层3、4和内层2的密度是按几何尺寸测量的。

[0066] 优选地，所述外层3、4中的每个外层的厚度为成形材料的厚度的至少4％、或至少4.5％、或至少5％。

[0067] 优选地，所述外层3、4中的每个外层的厚度不超过成形材料的厚度的25％、或不超过成形材料的厚度的20％、或不超过成形材料的厚度的15％、或不超过成形材料的厚度的10％。

[0068] 根据优选的实施方式，所述外层3、4中的每个外层的厚度在0.5mm至10mm之间。优选地，所述厚度为至少1mm、或至少2mm、或至少3mm，或至少4mm。优选地，所述厚度不超过8mm、或不超过7mm、或不超过6mm。例如，所述厚度在2mm至8mm之间、或4mm至8mm之间。

[0069] 外层3、4的上述厚度值意为平均值，这意味着所述层不一定在成形材料的整个表面区域具有相同的厚度。例如，在靠近成形材料边缘处，外层的厚度可以更大；厚度的所述变化性可以为约±2mm。参照根据本发明的制作成形材料的方法，这一点就更加明显，所述方法包括将硅渗透到“C/C”材料中的步骤，如下文中将要描述的。在所述渗透步骤期间，由于材料的微观结构不均匀，以及材料横向区域中的边缘效应，硅通过毛细管作用在边缘处的上升可能更大。

[0070] 形成盘式制动器盘的制动带的成形材料的外层3、4经受磨损。因此，所述层的厚度必须使得能够承受磨损现象，以避免底层“C/C”材料的露出，确保盘尽可能长的使用寿命。同时，所述层的厚度也不能太大，否则材料会变得太重。上述厚度值是这两方面的适合的折

衷方案。

[0071] 优选地,内层2的厚度为成形材料的厚度的至少50%、或至少55%、或至少60%、或至少65%、或至少70%、或至少75%。

[0072] 优选地,内层2的厚度不超过成形材料的厚度的92%、或不超过成形材料的厚度的90%、或不超过成形材料的厚度的85%、或不超过成形材料的厚度的80%。

[0073] 有利地,本发明的成形材料是单块的,因为它是由单个块的"C/C"材料制成的,这一点在下文对其制作方法的描述中将更加明显。

[0074] 本发明的成形材料是通过根据权利要求所述的方法获得的。特别地,所述方法依次包括以下步骤:

[0075] a)制备"C/C"材料的碳致密坯料,所述坯料具有两个相反的表面,分别为第一表面和第二表面;

[0076] b)可选地制成表征盘式制动器盘的通风通道和/或给送通道;

[0077] c)使"C/C"材料的所述碳致密坯料的第一表面和第二表面同时或依次与硅接触,使得硅的至少一部分从所述第一表面渗透所述坯料达预定厚度(在本申请中也称为"第一厚度"),以及从所述第二表面渗透所述坯料达预定厚度(在本申请中也称为"第二厚度"),从而获得成形材料,该成形材料包括所述第一外层和所述第二外层,所述第一外层和所述第二外层由包括碳和碳化硅的碳-陶瓷材料制成;

[0078] d)可选地,对在步骤c)中获得的成形材料进行精加工。

[0079] 短语""C/C"材料的碳致密坯料",在本申请中也称为"坯料"或"C/C坯料",表示由"C/C"材料制成的预成型件,该预成型件经过了碳致密处理,这一点从下文的描述中更加明显。

[0080] 本发明的方法的步骤a)

[0081] 第一实施方式

[0082] 根据第一实施方式,在所述步骤a)期间,由对应的预成型件制备"C/C"材料的碳致密坯料,该碳致密坯料包括基本上由碳构成并布置成形成机织织物和/或非机织织物的纺制纤维(纱)和/或连续长纤维(丝束)。所述预成型件的制备通过已知的方法进行。WO2019/180550中描述了示例。

[0083] 根据实施方式,制备"C/C"材料的碳致密坯料的所述步骤a)依次包括以下步骤:

[0084] i)对以机织织物和/或非机织织物的形式的碳或碳前驱体纤维层进行叠置,以形成预成型件模型;

[0085] ii)对叠置的纤维层进行针刺,以形成三维交织结构;

[0086] iii)可选地,将碳前驱体纤维碳化成碳纤维;

[0087] iv)可选地,对步骤i)、步骤ii)或步骤iii)中获得的预成型件模型用树脂进行浸渍;

[0088] v)可选地,对步骤i)、步骤ii)、步骤iii)或步骤iv)中一个步骤中获得的预成型件模型进行热预处理;

[0089] vi)对步骤ii)、步骤iii)、步骤iv)或步骤v)中一个步骤中获得的预成型件模型进行碳致密处理,优选地直至材料密度超过1.5g/cm^{3}或超过1.7g/cm^3,以形成"C/C"材料的碳致密坯料;

[0090] vii)对步骤vi)中获得的坯料进行热处理。

[0091] 在步骤i)中,层可以包括碳纤维(即已经碳化的纤维)或这样的碳纤维的前驱体(优选地PAN、沥青或人造丝),这些碳纤维的前驱体在针刺之后的碳化步骤iii)期间转化为碳纤维。碳化典型地包括将纤维加热到在1500℃到2000℃之间的温度,温度根据前驱体的类型而变化。

[0092] 根据实施方式,预成型件模型的形状为柱形,其轴线平行于纤维层的叠置轴线。

[0093] 步骤ii)中的针刺可以使用常规方法进行,包括使用适当的针,这些针通过引导纤维轴向啮合部分纤维,从而允许获得三维结构。

[0094] 例如,浸渍步骤iv)中使用的树脂选自以下各项:酚醛树脂、丙烯酸树脂、聚苯乙烯树脂、呋喃树脂、或者氰酯。

[0095] 步骤v)和步骤vii)中的热处理使得材料具有高导热性。优选地,这样的热处理包括在惰性气氛或真空炉中进行直至温度在800℃至2550℃之间的处理。

[0096] 第二实施方式

[0097] 根据第二实施方式,在所述步骤a)期间,制备“C/C”材料的碳致密坯料,该碳致密坯料包括基本上由碳构成的短且无序的丝,其中,所述丝优选地具有小于30mm的长度,例如在6mm至24mm之间的长度。所述坯料的制备通过已知的方法进行。

[0098] 根据实施方式,制备“C/C”材料的碳致密坯料的所述步骤a)依次包括以下步骤:

[0099] i)对与树脂混合的短碳纤维或碳前驱体纤维进行印制(printing),以形成预成型件模型,所述树脂优选地是酚醛树脂、丙烯酸树脂、石蜡、沥青、呋喃树脂、或者聚苯乙烯;

[0100] ii)使步骤i)中获得的预成型件模型热解;

[0101] iii)对步骤ii)中获得的预成型件模型进行碳致密处理,优选地直至材料密度超过1.5g/cm^{3}或超过1.7g/cm^3,以形成“C/C”材料的碳致密坯料;

[0102] iv)对步骤iii)中获得的坯料进行热处理。

[0103] 在步骤i)期间,可以对碳纤维或这种碳纤维的前驱体(优选地是PAN、沥青或人造丝)进行成型。所述成型步骤i)优选地通过在80℃和200℃之间的温度下、优选地在120℃和180℃之间的温度下和/或在5巴至250巴之间的压力下、优选地在5巴至100巴之间的压力下操作来进行。

[0104] 从模具中取出的预成型件模型经过热分解步骤ii),以使结合树脂碳化。优选地,步骤ii)在传统熔炉中以一温度进行,所述温度取决于所使用的树脂类型,一般在800℃至1000℃之间。有利地,热解步骤ii)在诸如氮气或氩气等惰性气体流下并且以一压力进行,所述压力优选地在10毫巴至1000毫巴之间、优选地在500毫巴至1000毫巴之间。惰性气体流还具有有利地去除树脂热解所释放的气体的功能。

[0105] 步骤iv)中的热处理使得材料具有高导热性,并且优选地包括在惰性气氛或真空炉中直至温度在1800℃至2550℃之间的处理。

[0106] 根据不同的实施方式,包括布置成形成机织织物或非机织织物(上述第一实施方式)的纺制纤维和/或连续纤维的预成型件以及包括短且无序的丝的预成型件(上述第二实施方式)的碳致密处理通过不同的方法进行。

[0107] 第一种方法是CVD(化学气相沉积法)或CVI(化学气相渗透法),这取决于是只进行涂层还是以气相形式进行碳渗透。典型地,如果材料是纤维状的并因此具有高孔隙率,则采

用化学气相渗透(CVI)。这些方法包括使用碳氢化合物混合物(如甲烷和丙烷),并在高温度和低压力下将待处理材料暴露于这样的混合物。操作温度为约900℃至1200℃,优选地是1000℃至1100℃,并且操作压力小于300毫巴,优选地是几十毫巴。碳氢化合物混合物分解形成碳元素,碳元素然后沉积或渗透到待处理材料的基体中。这种需要使用专用熔炉的方法包括在纤维上沉积薄层(典型地为几微米),由此需要几个渗透循环并且纤维上的总涂层超过10微米(典型地为20为微米至30微米)以能获得期望的致密。

[0108] 另一种称为LPI(液态聚合物渗透)或PIP(聚合物渗透和热解)的不同的方法包括用液态聚合物渗透待处理材料的基体,然后在高温度下进行热处理(热解),这使沉积在碳纤维上的聚合物碳化。同样,在获得预成型件的适当致密之前,需要几个渗透和热解步骤。

[0109] 无论碳致密步骤采用哪种方法,所得坯料的材料密度典型地大于1.5g/cm^3。

[0110] 本发明的方法的步骤b)(可选)

[0111] 在步骤b)中,步骤a)中获得的“C/C”材料的碳致密坯料经过初步加工或预加工。

[0112] 所述步骤b)可以包括对坯料(即致密预成型件)成形的步骤,在该步骤期间,坯料被切割成盘式制动器盘的几乎精加工的形状和大小。可替代地,在叠置步骤i)或针刺步骤ii)之前,或在步骤ii)下游的针刺多层体上,对单个纤维层进行成形操作。可选地,在从包括纺制纤维和/或连续纤维的预成型件获得的坯料的情况下,进行所述成形步骤;包括短且无序的纤维的预成型件可以在适当的模具中具有所期望的形状。

[0113] 在所述步骤b)期间,还制成了通风型制动盘的通风通道和/或给送通道。所谓“给送通道”是指孔,通过这些孔然后可以附接盘的钟状件。

[0114] 本发明的方法的步骤c)

[0115] 在根据本发明的制造成形材料的方法的步骤c)期间,使可选地进行了所述步骤b)的“C/C”材料的碳致密坯料的两个表面与硅接触。

[0116] 根据第一实施方式,使坯料的第一表面和第二表面同时与硅接触。在该实施方式中,硅同时从所述第一表面渗透坯料达预定厚度(“第一厚度”)和从所述第二表面渗透坯料达预定厚度(“第二厚度”),以形成成形材料的两个外层3、4。

[0117] 根据第二实施方式,使坯料的第一表面和第二表面依次与硅接触。这意味着,首先使坯料的第一表面与硅接触,使得硅的至少一部分从所述第一表面渗透坯料达预定厚度(“第一厚度”),以形成成形材料的第一外层3;然后使坯料的第二表面与硅接触,使得硅的至少一部分从所述第二表面渗透坯料达预定厚度(“第二厚度”),以形成成形材料的第二外层4。

[0118] 优选地,硅从所述第一表面的渗透厚度(“第一厚度”)和从所述第二表面的渗透厚度(“第二厚度”)为坯料的厚度的至少4%、或至少4.5%、或至少5%。

[0119] 优选地,硅从所述第一表面的渗透厚度(“第一厚度”)和从所述第二表面的渗透厚度(“第二厚度”)不超过坯料的厚度的25%、或不超过坯料的厚度的20%、或不超过坯料的厚度的15%、或不超过坯料的厚度的1 0%。

[0120] 优选地,所述第一厚度和所述第二厚度基本上相同。

[0121] 根据第一实施方式(硅从两个表面同时渗透),所述步骤c)包括以下步骤:

[0122] c1)将坯料的第一表面的侧搁置在包括硅、优选地固体硅的第一层上,并在坯料的与第一表面相反的第二表面上沉积包括硅、优选地固体硅的第二层;

[0123] c2)使与包括硅的所述第一层和第二层接触的坯料经受一温度,使得硅的至少一部分通过毛细管作用渗透坯料达所述第一厚度和所述第二厚度。

[0124] 根据第二实施方式(硅从两个表面依次渗透),所述步骤c)包括以下步骤:

[0125] c1)将坯料的第一表面的侧搁置在包括硅、优选地固体硅的第一层上;

[0126] c2)使搁置在包括硅的所述第一层上的坯料经受一温度,使得硅的至少一部分通过毛细管作用渗透坯料达所述第一厚度;

[0127] c1-之二)将所述步骤c2)得到的材料的第二表面的侧搁置在包括硅、优选地固体硅的第二层上;

[0128] c2-之二)使搁置在包括硅的所述第二层上的材料经受一温度,使得硅的至少一部分通过毛细管作用渗透该材料达所述第二厚度。

[0129] 在实施方式中,上述层包括固体硅。除固体硅外,所述层还可以包括一种或多种材料,例如碳化硼(B_4C)。根据该实施方式,碳化硼以优选地在5%至50%之间,更优选地在5%至20%之间的重量百分比存在于层中。

[0130] 在另一实施方式中,上述层由固体硅构成。

[0131] 固体硅可以是纯的形式或硅/铝或硅/铜合金,并且可以是颗粒或粉末。

[0132] 下文中,术语“硅层”既参考包括固体硅的层,由参考由固体硅构成的层来进行使用。

[0133] 根据实施方式,在步骤c1)和步骤c1-之二)期间,材料直接搁置在硅层上。术语“直接”涉及材料与硅层接触,并且材料与硅层之间没有附加装置或元件这一事实。

[0134] 根据另一实施方式,在步骤c1)和步骤c1-之二)期间,材料通过外部装置或元件搁置在硅层上,例如通过多孔隔板,诸如毛毡、热解木元件或钉子搁置在硅层上。在该实施方式中,在步骤c1)和步骤c1-之二)中,材料不与嵌入层中的硅接触;在随后的渗透步骤c2)和步骤c2-之二)中,材料将与硅接触。

[0135] 优选地,硅渗透步骤c2)和硅渗透步骤c2-之二)在一适当的处理室中进行,处理室设置有用于处理期间中释放的气体的通风口。

[0136] 渗透步骤c2)和渗透步骤c2之二)有利地包括LSI(液态硅渗透)过程,在此过程期间,硅层经受硅的熔化温度以上的温度,优选地1410℃以上、更优选地1420℃至1700℃之间的温度,使得硅熔化并通过毛细管作用渗透预成型件达所述第一厚度和所述第二厚度。

[0137] 根据该实施方式,处理室优选地被引入一适当的传统型熔炉,该熔炉在上述温度下加热,例如在约1500℃下加热。在此温度下,硅熔化并渗透硅接触的表面的孔,并与碳纤维和/或碳基体中的一些碳发生反应,以形成碳化硅(SiC)。优选地,一部分熔化硅与碳发生反应以生成碳化硅,并且一部分硅保持未反应。未反应的硅在冷却步骤中凝固在材料中。加热到处理温度和随后的冷却都是逐步进行的。例如,达到约1500℃的处理温度可能需要8小时或更长时间,并且冷却渗透材料也需要类似的时间量。

[0138] 优选地,在20毫巴至150毫巴之间的压力下,更优选地在80毫巴到120毫巴之间的降低的压力下进行硅渗透步骤c2)和硅渗透步骤c2-之二)。

[0139] 作为上述过程(包括在硅层上沉积材料和通过LSI进行硅渗透)的替代,本发明的方法的步骤c)可以包括用硅树脂浸渍坯料。根据该替代实施方式,将坯料在第一表面的侧面上浸入硅树脂浴达基本上等于第一厚度的厚度,然后使坯料在80℃的最大温度下进行浸

渍步骤,随后在150℃的最大温度下进行树脂聚合步骤,以及最后在800℃至1000℃之间的温度下进行热解步骤,以将树脂转化为陶瓷材料;浸渍温度和聚合温度因树脂类型而异。然后,将所得材料在第二表面的侧面上浸入硅树脂浴达基本上等于第二厚度的厚度,并重复相同的浸渍步骤、聚合步骤和热解步骤。

[0140] 优选地,与坯料的所述第一表面和所述第二表面中的每个表面接触的硅的量相对于所述坯料的重量为按重量计2%至15%之间、或按重量计3%至12%之间、或按重量计4%至10%之间、或按重量计5%至7.5%之间。

[0141] 所述硅的量使得确保硅渗透至上述第一厚度和第二厚度中。特别地,所述硅的量是从第一表面至少部分地填充坯料的"C/C"材料的孔隙达等于所述第一厚度的厚度,以及从第二表面至少部分地填充坯料的"C/C"材料的孔隙达等于所述第二厚度的厚度所需的量。特别地,所述硅的量使得其不填充在上述第一厚度和第二厚度之间延伸的由"C/C"材料制成的内层的孔隙。

[0142] 如上所述的制作本发明的成形材料的方法使由碳-陶瓷材料制成的两个外层在其厚度上具有非均质成分;例如,在靠近两个外表面处,硅和碳化硅的浓度可以较高,硅和碳化硅的浓度在远离表面时逐渐降低。

[0143] 实验发现,"C/C"材料的碳致密坯料接触到的硅被完全吸收。这意味着坯料对硅的吸收是定量的。这有利地允许还通过调整硅的量来控制渗透厚度。在这方面,图2示出了示出"C/C"材料的碳致密坯料在单个渗透步骤中在仅一个表面(左直方图)进行LSI和在两个表面(右直方图)进行LSI的重量增加的图表。"目标"是用于与表面接触的硅的量。

[0144] 例如,通过使用SEM显微术分析成形材料的部段来监测硅的渗透厚度。图3示出了根据本发明的成形材料的在距外表面不同距离处通过SEM获得的两个图像,其中,由碳-陶瓷材料制成的外层具有为约8mm的厚度。

[0145] 图3示出了(在顶部处)在距外表面约4mm处通过SEM获得的图像。可以清楚地看到,所有碳孔隙(深灰色)都填充有硅和碳化硅(浅灰色),因此该材料是碳-陶瓷。

[0146] 图3示出了(在底部处)在更深处通过SEM获得的图像。在距表面约8mm处,可以清楚地看到渗透有硅的材料的外层和由"C/C"材料制成的内层之间的界面。这表明,随着深度的增加,材料又变成了"C/C"材料。

[0147] 实验还证实,本发明的成形材料在600℃时的导热性保持为与"C/C"材料(70W/mK)基本上相同。这意味着,从热学角度来看,陶瓷化不会十分显著地改变材料。

[0148] 本发明的方法的步骤d)(可选)

[0149] 在步骤(d)期间,在步骤c)中获得的材料经过第二加工或精加工,在此期间,材料要达到盘式制动器盘的精加工的形状和/或大小。由于热处理可能使成形材料的形状变形,因此最后的加工通常是必要的。在步骤d)期间,任何表面变形然后都被消除。这样的精加工处理优选地干式地进行,例如通过金刚石砂轮进行。

[0150] 显然,仅描述了本发明的一个特别的实施方式。对于本发明的成形材料和获得该成形材料的方法,本领域的技术人员将能够作出所有必要的更改,使其适应特定的条件,但不会偏离所附权利要求书中限定的保护范围。

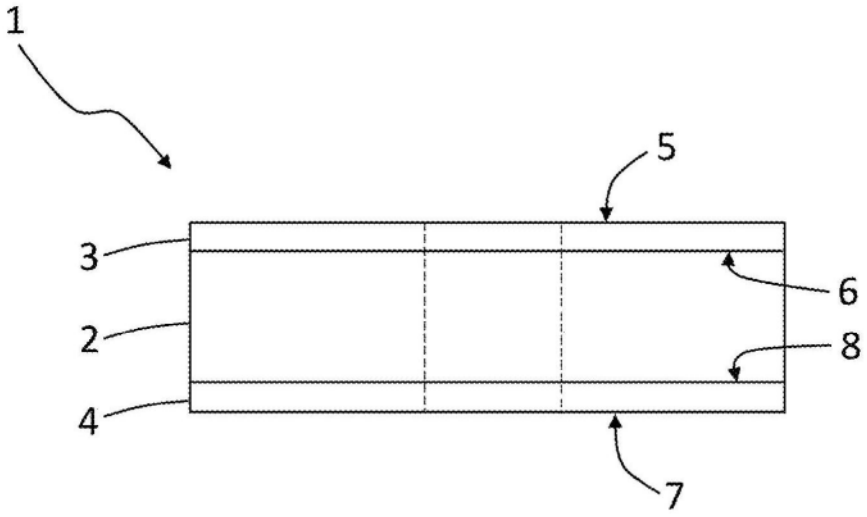
1
5
3
6
2
8
4
7

图1

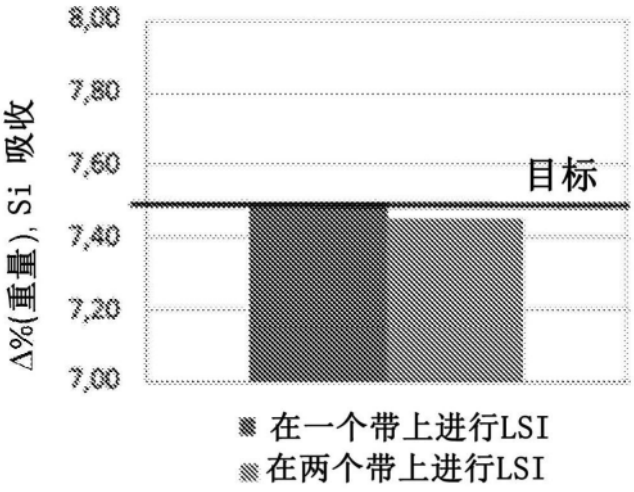
8,00
7,80
7,60
7,40
7,20
7,00
Δ%(重量),Si 吸收
目标
在一个带上进行LSI
在两个带上进行LSI

图2

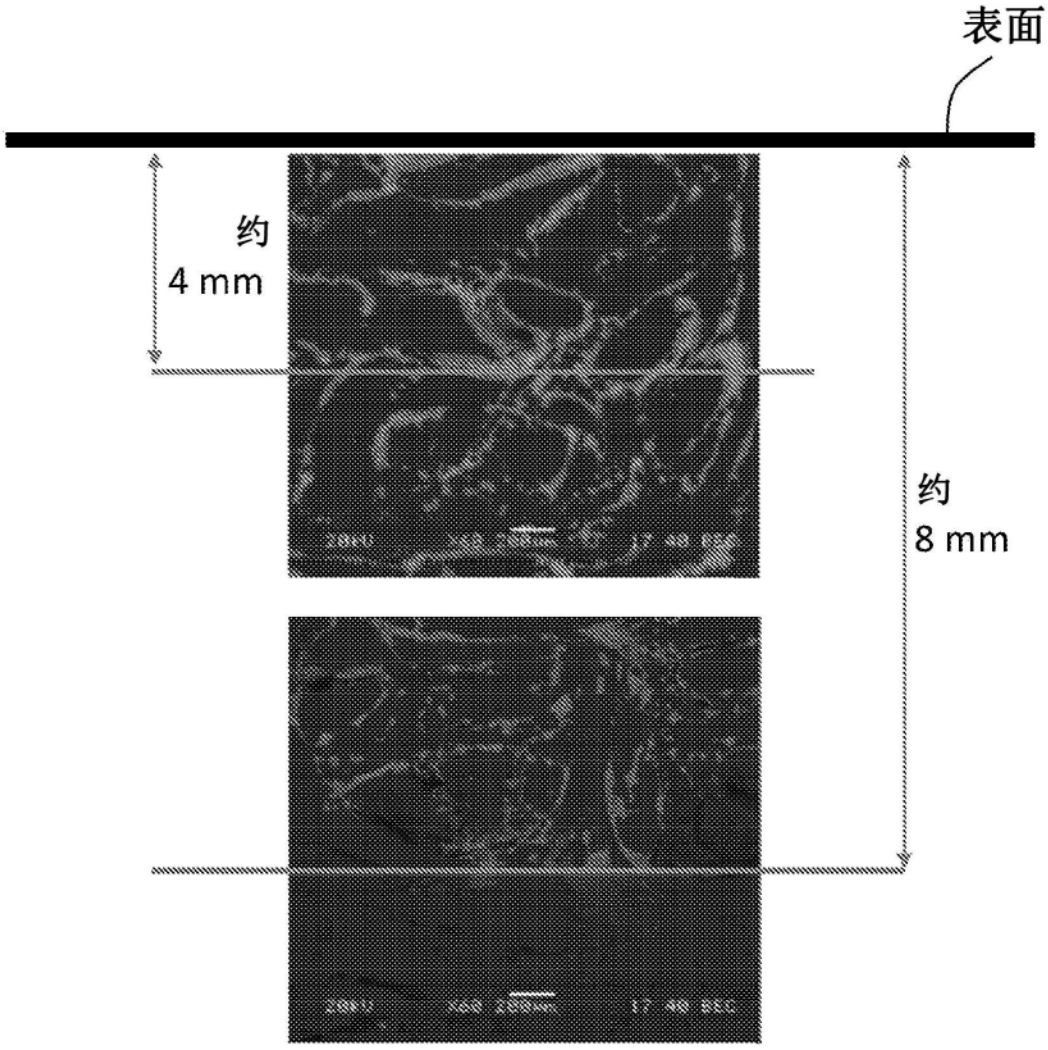

图3