

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580044585.6

[51] Int. Cl.

B23B 27/14 (2006.01)

B23C 5/16 (2006.01)

C04B 35/584 (2006.01)

C04B 35/599 (2006.01)

[43] 公开日 2007年12月12日

[11] 公开号 CN 101087670A

[22] 申请日 2005.12.22

[21] 申请号 200580044585.6

[30] 优先权

[32] 2004.12.22 [33] JP [31] 372005/2004

[32] 2004.12.22 [33] JP [31] 372004/2004

[32] 2005.5.2 [33] JP [31] 134157/2005

[32] 2005.11.8 [33] JP [31] 324180/2005

[86] 国际申请 PCT/JP2005/023589 2005.12.22

[87] 国际公布 WO2006/068220 日 2006.6.29

[85] 进入国家阶段日期 2007.6.22

[71] 申请人 日本特殊陶业株式会社

地址 日本爱知县

[72] 发明人 蛇川宏平 丰田亮二 小村笃史

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司

代理人 梁晓广 陆锦华

权利要求书 2 页 说明书 35 页 附图 4 页

[54] 发明名称

赛纶陶瓷刀片以及装备这种刀片的切削工具

[57] 摘要

本发明提供一种使用寿命长的赛纶陶瓷刀片，其切削刃耐磨损，硬度高耐断裂。本发明还涉及一种装备赛纶陶瓷刀片的切削工具。提供的赛纶陶瓷刀片由包含赛纶陶瓷相的赛纶陶瓷烧结体制成，赛纶陶瓷相含有 α -赛纶陶瓷和 β -赛纶陶瓷，以及至少一种来自烧结助剂的元素，选自 Sc、Y、Ce、Er、Dy、Yb 和 Lu，以氧化物计，其含量为 0.5 到 5mol%。其中，表示 α -赛纶陶瓷在赛纶陶瓷相中比例的 α 值为 10% 到 40%； β -赛纶陶瓷具有 0.2 到 0.7 的 Z 值，其中 Z 是化学式 $\text{Si}_{6-Z}\text{Al}_Z\text{O}_Z\text{N}_{8-Z}$ 的变量，并且 $0 < Z \leq 4.2$ ；烧结体在室温到 1000°C 的温度下，具有 $3.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ 或者更小的平均热膨胀系数，在室温到 1000°C 的温度下具有 10W/m·K 或更高的热导率，以及一种含有装备赛纶陶瓷刀片的刀架的切削工具。

1. 一种由赛纶陶瓷烧结体制成的赛纶陶瓷刀片,包括含有 α -赛纶陶瓷和 β -赛纶陶瓷的赛纶陶瓷相,和至少一种来源于烧结助剂的元素,该元素选自 Sc、Y、Dy、Yb 和 Lu,以其氧化物计,含量为 0.5 到 5mol%,其中,表示 α -赛纶陶瓷在赛纶陶瓷相中比例的 α 值为 10%到 40%; β -赛纶陶瓷的 Z 值为 0.2 到 0.7,其中 Z 是化学式 $\text{Si}_{6-Z}\text{Al}_Z\text{O}_Z\text{N}_{8-Z}$ 的变量,并且 $0 < Z \leq 4.2$;在室温到 1000°C 的温度下,烧结体具有的平均热膨胀系数为 $3.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ 或者更小,在室温到 1000°C 的温度下,具有的热导率为 $10\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ 或更高。

2. 如权利要求 1 所述的赛纶陶瓷刀片,其中赛纶陶瓷烧结体在室温下具有 1000 MPa 或更高的三点弯曲强度。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的赛纶陶瓷刀片,其中赛纶陶瓷烧结体在 1000°C 的温度下具有 900 MPa 或更高的三点弯曲强度。

4. 一种由包含晶粒间界相的赛纶陶瓷烧结体制成的赛纶陶瓷刀片,晶粒间界相的含量为使得赛纶陶瓷烧结体的断面中的晶粒间界相的面积与该断面的面积比为 5 到 20%,其中表示赛纶陶瓷相中 α -赛纶陶瓷比例的 α 值是 40%或更小; β -赛纶陶瓷具有 0.2 到 1.0 的 Z 值,其中 Z 是化学式 $\text{Si}_{6-Z}\text{Al}_Z\text{O}_Z\text{N}_{8-Z}$ 的变量;并且固溶体中含有的铝的比例 A 是 70%或更高,其中比例 A 由公式 $[(\beta\text{-赛纶陶瓷的测定 Z 值})/(\text{由烧结体组成计算出的理论 Z 值})]$ 定义。

5. 如权利要求 4 所述的赛纶陶瓷刀片,其中烧结体包括至少一种选自 Sc、Y、Ce、Er、Dy、Yb 和 Lu 的元素,以其氧化物计,其含量为 0.5 到 10 mol%。

6. 如权利要求 4 或 5 所述的赛纶陶瓷刀片,其中烧结体包括至少

一种选自碳化钛、氮化钛和碳氮化钛的硬质成分，其含量为 30 mol% 或者更少。

7. 一种由赛纶陶瓷制成的赛纶陶瓷刀片，所述赛纶陶瓷包含赛纶陶瓷相和晶粒间界相，所述赛纶陶瓷相含有 α -赛纶陶瓷相和 β -赛纶陶瓷相，所述晶粒间界相呈现为玻璃相和/或结晶相，其中由化学式 $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}$ 表示的 β -赛纶陶瓷相的 z 值为 0.2 到 1；表示 α -赛纶陶瓷相在赛纶陶瓷相中比例的 α 值为 10%到 40%；并且赛纶陶瓷相包含至少一种选自 Sc、Y、Dy、Yb 和 Lu 的稀土元素，其中以其氧化物计，总量为 2 到 5mol%，在 α -赛纶陶瓷相中存在的稀土元素为 30 到 50mol%。

8. 如权利要求 7 所述的赛纶陶瓷刀片，其中赛纶陶瓷相包括至少一种选自碳化钛、氮化钛和碳氮化钛的硬质成分，其含量为 30 mol% 或者更少。

9. 一种切削工具，包括装备有根据权利要求 1—8 中任一项的赛纶陶瓷刀片的刀架。

赛纶陶瓷刀片以及装备这种刀片的切削工具

技术领域

本发明涉及一种赛纶陶瓷刀片和装备有至少一个赛纶陶瓷刀片的切削工具。更具体地，本发明涉及这样一种赛纶陶瓷刀片，其切削刃耐磨损、耐断裂，提供一种使用寿命长的刀片，本发明还涉及一种装备有这种赛纶陶瓷刀片的切削工具。

背景技术

刀具通常具有一个支架，叫作刀架，例如图 2 所示用于加工外周面的切削工具的刀架 2 或者图 5 所示的铣刀的刀架，刀具还具有至少一个固定到支架一端的刀片，它是一种一次性的切削刃，通常叫作"可抛刀片"或者"切削刃可换刀片"。刀片所用材料的选择取决于工件的种类、切削方法和切削速度。这些材料的具体实例是硬质合金、金属陶瓷、陶瓷、或者 CBN，或者表面涂覆薄膜的这些材料。在它们中，由氮化硅陶瓷制成的刀片适合于其缩写为"FC"的灰口铁的粗切削，尤其适合于对其高速切削。

与氮化硅相比，赛纶陶瓷被认为是一种更优良的坚固材料，其从室温到高温显示出较高的强度和较高的化学稳定性。由于这些性能，赛纶陶瓷常常用作滚动导轨辊的结构材料和用于加热钢的冲模以及铝压铸机的套筒，等等。而且，因为赛纶陶瓷是公认的耐磨性优良的材料，有经验的技术人员能够想到将赛纶陶瓷用于刀具和轴承。然而在现有技术中，赛纶陶瓷刀具仅仅用于难以切削的耐热合金的粗切削。影响切削材料表面粗糙度和切削材料尺寸精度的赛纶陶瓷刀片切削刃的耐磨性没有被认真地考虑过。

近年来，降低机动车材料，包括最广泛使用的 FC 材料的重量成为

改善机动车耗油量的重要问题。在这种情况下，亟需使机动车零部件变薄和减轻重量，并且即使对于粗切削也需要高精度的切削。通常这种 FC 材料的粗切削一般地用由氮化硅制成的刀具进行。氮化硅是一种共价键材料，氮化硅的缺点是在高速切削导致的高温下易于分解成硅原子和氮原子。在高接触压力下，由于 FC 材料的主要组分氮化硅和铁以及碳之间的接触而产生的反应引起并促进氮化硅的分解。刀片切削刃中的氮化硅的分解导致切削刃的磨损和损伤。切削刃的磨损导致工件表面粗糙度和尺寸精度降低。最后，不可能再使用该刀具，这意味着这个工具的使用寿命到期。

如上所述，本领域熟练技术人员认为切削刃的磨损和损伤主要是由于刀具的切削刃和工件之间的化学反应所引起的化学蚀损所致。一种已知的控制化学蚀损的方法是，使用具有高 Z 值的 β -赛纶陶瓷来降低工件和切削刃之间粘着引起的损伤。参看专利文献 1—4。本申请发明人的研究表明，虽然使用这种 β -赛纶陶瓷的确能够控制工件和刀具的切削刃之间的粘着，但当 Z 值升高时，刀具切削刃的强度降低，因此，发明人断定具有高 Z 值的 β -赛纶陶瓷不适用于对耐热合金粗切削的刀具。此外，已经发现这种材料易于引起磨粒磨损，并且这种磨粒磨损的增加又引起刀具切削刃的折断。由赛纶陶瓷烧结体中 β -赛纶陶瓷 a 轴的晶格常数和 β -氮化硅 a 轴的晶格常数之间的差异计算 Z 值，通过 X 射线衍射测量 β -氮化硅 a 轴的晶格常数是 7.60442Å。计算方法参看，例如专利文献 5。

专利文献 1 : U.S.4323323

专利文献 2 : JP 10-36174 A

专利文献 3 : 日本专利 No.2824701 (JP 6-510965 T)

专利文献 4 : 日本专利 No.3266200 (JP 2-275763 A)

专利文献 5 : JP 2004-527434 JP 的第 0078 段

另一个已知的控制刀片材料和工件之间化学反应方法是，在刀具表面涂覆由与铁反应活性低的钛化合物和/或铝化合物形成的硬质涂层。

在专利文献 6, 7 和 8 中给出了使用涂有钛化合物, 例如氮化钛和碳化钛, 以及铝化合物, 例如矾土的刀片切削 FC 材料的教导。而且, 通过向氮化硅中添加氮化钛, 降低刀片材料本身的化学反应活性也是已知的。以颗粒态分布在刀片材料基体中的氮化钛提高了耐化学反应性。这些内容公开在, 例如, 专利文献 2、3、5、9 和 10 中。向材料中以矾土或者氮化铝的形态添加铝也是已知的。矾土溶入到氮化硅颗粒, 或者被吸收入氮化硅晶格中, 产生一种固溶体叫做赛纶陶瓷。与氮化硅相比较, 赛纶陶瓷具有改善的耐化学性。在专利文献 3、2 和 5 以及其他文件中公开了向氮化硅中加入矾土。

专利文献 6 : 日本专利 No.3107168

专利文献 7 : JP 2002-192404 A

专利文献 8 : JP 2002-284589 A

专利文献 9 : JP 11-335168 A

专利文献 10 : JP 2000-143351 A

专利文献 11 : U.S 号 4323323

专利文献 12 : JP 2002-192403 A

除了上述内容以外, 已知方法的是用与铁和碳反应活性低的物质, 例如钛化合物和/或铝化合物的硬质涂层涂覆氮化硅刀片材料, 以降低由于工件和氮化硅刀片材料间的黏附引起的损伤。在文件, 例如专利文献 11、8 和 12 中, 公开了用由涂有氮化钛或者氧化铝的氮化硅材料制成的刀片, 切削灰口铁或者延性铁制品。然而, 加入氮化钛或者氧化铝易于引起强度的降低。更准确地说, 由于在高温下氮化钛和氮化硅的热膨胀系数之间的差异, 前者的加入容易降低强度。另一方面, 由于其加入将氮化硅变成赛纶陶瓷, 后者的加入容易降低强度。因此它难以平衡刀片材料的性能。熟练技术人员在制备具有足够长寿命的刀具, 尤其是当将刀具用于高速切削难以切削的材料, 如延性铁时遇到了困难。

发明内容

[本发明解决的问题]

本发明的发明人发现下列内容作为他们的研究结果。如上所述，当使用由表面涂有硬质涂层的材料制备的刀片时，由于工件和刀片材料之间化学反应引起的磨损减轻了。另一方面，由于氮化硅刀片材料和氮化钛或者矾土间热膨胀系数的差异导致在涂层中产生残余应力。然后，从涂层开始刀片的切削刃可能折断和碎裂，这缩短了刀具的寿命。同时，虽然加入氮化钛控制了铸铁和氮化硅之间的化学反应，一般地，氮化钛和氮化硅之间热膨胀系数的较大差异有时可能在氮化硅颗粒和氮化钛颗粒间的界面中产生应力，这可能导致刀片本身的折断，尤其是当用刀片进行高速切削时。此外简单的加入铝化合物不能实现将铝化合物溶入氮化硅颗粒中，化合物以结晶相或者玻璃相的形式残留在晶粒间界中，这容易在高温下引起性能降低并受到机械磨损以及损伤。如果铝化合物没有完全地溶入氮化硅颗粒形成固溶体而是残留在晶粒间界中，与氮化硅相比，刀片材料将是一种具有较大热膨胀的材料，这将难以获得足够的抗热冲击性。此外，作为对形成赛纶陶瓷的不良影响，热传导率常常大幅度降低。

为了解决上述问题，本发明的目的是减轻由于工件和刀片间化学反应引起的磨损和研磨机械磨损，而不牺牲刀片材料的强度，以及提供一种具有长使用寿命的赛纶陶瓷刀片。

本发明另一个目的是解决上述问题，并提供一种赛纶陶瓷刀片。这种刀片显示出足够的强度、具有优良的耐磨性，不会引起工件材料与切削刃间损伤切削刃的粘着，不仅在高速切削由灰口铁制成的制品，而且在高速切削由那些难以切削的材料，例如延性铁制成的制品时，具有长的使用寿命。

[解决问题的方法]

本发明的发明人对这种刀片所用材料的分解反应磨损切削刃的机理进行了集中研究，并发现下列解决问题的方法。

依照本发明，解决上述问题的第一个方法如下。

在第一发明中，形成赛纶陶瓷烧结体晶粒间界相的成分含有一种来自烧结助剂的特定成分，即至少一种选自 Sc、Y、Dy、Yb 和 Lu 的成分，其中在赛纶陶瓷烧结体中，以其氧化物计，特定成分的摩尔总量为 0.5 到 5%。当烧结制备赛纶陶瓷烧结体的粉状原料时，烧结助剂中的特定成分实质上并没有消失，而是溶入到赛纶陶瓷烧结体中。

(1) 一种由赛纶陶瓷烧结体制成的赛纶陶瓷刀片，赛纶陶瓷烧结体包括含有 α -赛纶陶瓷和 β -赛纶陶瓷的赛纶陶瓷相，至少一种来自于烧结助剂，选自 Sc、Y、Dy、Yb 和 Lu 的成分，以氧化物计，含量为 0.5 到 5mol%，其中，表示赛纶陶瓷相中 α -赛纶陶瓷比例的 α 值为 10%到 40%； β -赛纶陶瓷的 Z 值为 0.2 到 0.7，其中 Z 是化学式 $\text{Si}_{6-Z}\text{Al}_Z\text{O}_Z\text{N}_{8-Z}$ ($0 < Z \leq 4.2$) 的变量；在室温到 1000°C 的温度下，烧结体的平均热膨胀系数为 3.5×10^{-6} /K 或者更低，在室温到 1000°C 的温度下热导率为 10W/m \square K 或更高。

(2) 依照项目(1)中的赛纶陶瓷刀片，其中在室温下，赛纶陶瓷烧结体的三点弯曲强度为 1000 MPa 或者更高。

(3) 依照项目(1)中的赛纶陶瓷刀片，其中在 1000°C 的温度下，赛纶陶瓷烧结体的三点弯曲强度为 900 MPa 或者更高。

依照本发明，解决上述问题的第二种方法如下。

在第二发明中，用刨切削下的本体中所包括的晶粒间界的面积与这部分面积的比值来限定赛纶陶瓷烧结体中所包括的晶粒间界相的数量。

一种由包括晶粒间界相的赛纶陶瓷烧结体制备的赛纶陶瓷刀片，晶粒间界相的数量是赛纶陶瓷烧结体中所包括的晶粒间界相的面积与这部分面积的比值，为 5 到 20%。其中表示 α -赛纶陶瓷在赛纶陶瓷相中比例的 α 值是 40% 或者更少； β -赛纶陶瓷所具有的 Z 值为 0.2 到 1.0，其中 Z 是化学式 $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}$ 的变量；固溶体中铝的比例 A 是 70% 或更多，其中，通过 $[(\beta\text{-赛纶陶瓷 Z 的测定值})/\text{从烧结体成分计算出来的 Z 的理论值}]$ 定义比例 A。

(5) 依照项目(4)的赛纶陶瓷刀片，其中烧结体包括至少一种选自 Sc、Y、Ce、Er、Dy、Yb 和 Lu 的成分，以氧化物计，其含量为 0.5 到 10 mol%。

(6) 依照项目(4)或者(5)的赛纶陶瓷刀片，其中烧结体包括至少一种选自碳化钛、氮化钛和碳氮化钛的硬质成分，其含量为 30 mol% 或者更少。

依照本发明，解决上述问题的第三种方法如下。

一种由包括赛纶陶瓷相和晶粒间界相的赛纶陶瓷制成的赛纶陶瓷刀片，该赛纶陶瓷相含有 α -赛纶陶瓷相和 β -赛纶陶瓷相，并且晶粒间界相呈现为玻璃相和/或结晶相，其中， β -赛纶陶瓷相由化学式 $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}$ 表示，Z 值从 0.2 到 1； α 值显示赛纶陶瓷相中 α -赛纶陶瓷的比例，从 10% 到 40%；并且这种赛纶陶瓷相包括至少一种选自 Sc、Y、Dy、Yb 和 Lu 的稀土元素，其总量以氧化物形式计为 2 到 5%，并且在 α -赛纶陶瓷相中存在 30 到 50 mol% 的这种稀土元素。

(7) 依照项目(6)的赛纶陶瓷刀片，其中赛纶陶瓷相包括至少一种选自碳化钛、氮化钛和碳氮化钛的硬质成分，其含量为 30 mol% 或者更少。

依照本发明，解决上述问题的第四种方法如下。

一种含有刀架的切削工具，刀架上装备有根据项目（1）—（7）的任何一种赛纶陶瓷刀片。

[本发明的优点]

根据第一发明的刀片由赛纶陶瓷制成。它们不仅具有高强度的切削刃，还能控制刀具材料由于工件和刀片间化学反应引起的分解和磨损。它们还能控制机械损伤，机械损伤的典型实例是当将赛纶陶瓷用作刀具材料时经常发生的磨粒磨损，这可以显著地延长刀具的使用寿命。尤其是第一发明的赛纶陶瓷刀片和第四发明中使用这种刀片的切削工具能够以高速加工难以切削的材料，例如延性铁和耐热合金以及常见的灰口铁，几乎没有切削刃的磨损和碎裂，这可以延长刀片和刀具的使用寿命。当用于粗切削时，它们在刀具切削刃的耐磨性方面表现优异，这将影响工件表面粗糙度和尺寸精度，这能将切削延长很长时间，并将粗糙度和精确度保持在优选的范围内。

依照第二发明的刀片由赛纶陶瓷制成。它们不仅具有高强度的切削刃，还能控制刀具材料由于工件和刀片间化学反应引起的分解和磨损。并且，通过限制固溶体中溶解铝的比例 A，对切削刃的机械损伤，典型实例为磨损可以减少，并且刀具的使用寿命可以得到充分地延长。尤其是第二发明的赛纶陶瓷刀片和第四发明中使用这些刀片的切削工具最适用于切削如 FC 材料的材料。当用于粗切削时，它们在刀具切削刃的耐磨性方面表现优异，这将影响工件表面和尺寸精度的粗度度，这能将切削延长很长时间，并将等级和精确度保持在优选的范围内。

第三发明的刀片是具有烧结体控制成分和结构的赛纶陶瓷刀片，其在高温下具有优良的强度和硬度以及耐磨性。还能控制刀片由于粘着引起的折断和最终的损伤。因此，即使当把它们用于切削难以切削的材料，如普通材料时，这种刀片和第四发明中使用这种刀片的切

削工具可具有很长的使用寿命。因此，可以高速切削难以切削的材料，例如延性铁和耐热合金，这将减少切削成本并提高切削效率。

附图说明

图 1 是依照本发明的刀片的实施例的透视图。

图 2 是用于加工外周面，具有刀架的切削工具的实施例的侧视图，其中刀架上装有刀片。这种刀片也是依照本发明的实施例。

图 3 是依照本发明的刀片的另一个实施例的透视图。

图 4 是图 3 的斜截刀片 (beveled insert) 的正视图。

图 5 是具有用于铣刀的刀架的切削工具的平面图，其中刀架上装有刀片，每个刀片都是依照本发明的实施例。

[参考数字的说明]

- 1, 1' ...刀片;
- 2... 用于加工外周面刀片的刀架;
- 3 ...夹钳;
- 5... 刀片的切削刃;
- 6... 铣刀刀架;
- 7 ...铣刀刀架的基座;
- 8 ...固定刀片的固定部件;
- 9 ...用于固定刀片的楔部件

具体实施方式

第一到第三发明的赛纶陶瓷刀片由含有赛纶陶瓷相主相的烧结体组成，赛纶陶瓷相包括 β -赛纶陶瓷和 α -赛纶陶瓷。

(依照第一发明的赛纶陶瓷刀片)

一般地，通过烧结包括粉状原料和添加剂，例如烧结助剂的粉状混合物制备赛纶陶瓷，粉状原料，如氮化硅、矾土、氮化铝和硅石提供了组成元素，例如 Si、Al、O 和 N。赛纶陶瓷一般地包括由 β -赛纶

陶瓷和 α -赛纶陶瓷组成的混合物， β -赛纶陶瓷由化学式 $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}$ 表示，其中 z 的范围是 $0 < z \leq 2$ ，和 α -赛纶陶瓷由化学式 $\text{M}_x(\text{Si}, \text{Al})_{12}(\text{O}, \text{N})_{16}$ 表示，其中 x 的范围是 $0 < x \leq 2$ ， M 表示在形成固溶体时的填隙元素，例如 Ca 、 Sc 、 Y 、 Dy 、 Er 、 Yb 和 Lu 。由于具有卷针 (entangled needles) 结构， β -赛纶陶瓷具有高的韧性。另一方面，由于其颗粒的形状为等轴晶体， α -赛纶陶瓷具有高硬度，但是其韧性要低于 β -赛纶陶瓷。

赛纶陶瓷颗粒之间的晶粒间界具有玻璃相和结晶相。当烧结这种粉状混合物时，烧结助剂与氮化硅和氮化硅中所含的杂质硅石组分一起变成液相，这有助于赛纶陶瓷颗粒的形成、赛纶陶瓷颗粒的重排、颗粒的生长和稠化。经过这种作用后，当液相冷却时固化成玻璃相或者结晶相，成为在赛纶陶瓷晶粒间界中形成的晶粒间界相。与赛纶陶瓷颗粒相比较，晶粒间界相具有低熔点、低韧性和低硬度。因此，为了改善赛纶陶瓷烧结体的耐热性、韧性和硬度，必须将这种晶粒间界相的数量控制在不超过某一数量。这种对赛纶陶瓷颗粒相和晶粒间界相的控制要求控制烧结助剂的量。

基于前面的讨论，依照第一发明的赛纶陶瓷刀片包括用作烧结助剂的稀土元素，优选地至少一种选自 Sc 、 Y 、 Dy 、 Yb 和 Lu 的成分，以氧化物计，其在赛纶陶瓷烧结体中的含量为 0.5 到 5 mol%。换句话说，制备赛纶陶瓷刀片的赛纶陶瓷烧结体的粉状制备原料中包括 0.5 到 5 mol% 的上述稀土元素的氧化物。通过限制这些成分的种类和数量，有助于制备针状的赛纶陶瓷结构，控制赛纶陶瓷烧结体具有较为优良的赛纶陶瓷结构。当所用的烧结助剂低于 0.5 mol% 时，赛纶陶瓷没有充分地形成针状结构，这导致烧结体强度的降低，或者甚至使得稠化困难。另一方面，烧结助剂超过 5 mol% 将降低耐热性、韧性、赛纶陶瓷烧结体本身的硬度。结果，机械磨损和损伤，通常为磨粒磨损，缩短了赛纶陶瓷刀片的使用寿命，这是令人不满意的。

用下列方式计算赛纶陶瓷烧结体中所含特定稀土元素氧化物数量

的摩尔百分率：

(a)通过 X 射线荧光分析或者化学分析测量赛纶陶瓷烧结体中除非金属元素之外各个成分的含量，以计算各个成分的重量比例。

(b) 将各个成分看作是其氧化物或者氮化物，计算化合物的分子量。例如，将 Si 看作 Si_3N_4 ，Al 看作 Al_2O_3 ，和 Y 看作 Y_2O_3 ，并计算这些化合物的分子量。

(c) 将步骤 (a) 中的各个成分按步骤 (b) 中计算的相应分子量分摊比例。分摊的份额就是烧结体中化合物的摩尔比。计算这些份额的总数，并计算各个化合物相对总量的摩尔百分比。

依照第一发明的赛纶陶瓷刀片，其表示在赛纶陶瓷颗粒中 α -赛纶陶瓷比例的 α 值为 10%到 40%。获得用于刀片的理想赛纶陶瓷烧结体的关键是，部分赛纶陶瓷颗粒是 α -赛纶陶瓷。当制备 α -赛纶陶瓷时，它溶解这些来自特定稀土元素氧化物的特定稀土元素，这些稀土元素氧化物作为烧结助剂添加到晶格中以形成固溶体。 α -赛纶陶瓷结构减少了在赛纶陶瓷晶粒间界中结晶相或者玻璃相的数量，这降低了机械磨损和损伤。如果没有充分地形成 α -赛纶陶瓷，并且这些来自稀土元素氧化物的元素没有充分地溶入 α -赛纶陶瓷晶格中，最终烧结体的晶粒间界中将包括许多这些元素，具有较大的热膨胀系数，不能获得充分的热冲击阻力。表示赛纶陶瓷中 α -赛纶陶瓷比例的 α 值可以按方程式 $\{(\alpha_1 + \alpha_2) / (\beta_1 + \beta_2 + \alpha_1 + \alpha_2)\} \times 100$ 计算，其中 β_1 是 β -赛纶陶瓷(101)衍射峰的强度比， β_2 是 β -赛纶陶瓷(210)衍射峰的强度比， α_1 是 α -赛纶陶瓷(102)衍射峰的强度比， α_2 是 α -赛纶陶瓷(210)衍射峰的强度比。当 α 值小于 10%时，大量晶粒间界相残留烧结体中，这降低了耐磨性和抗热冲击性。另一方面，如果 α 值超过 40%，本体含有更多的等轴 α -赛纶陶瓷晶体，即韧性较差并容易碎裂，令人不满意。

形成第一发明中赛纶陶瓷刀片的赛纶陶瓷烧结体中所含的 β -赛纶陶瓷由化学式 $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_2\text{O}_z\text{N}_{8-z}$ 表示，Z 值为 0.2 到 0.7。包含 Z 值在该范围内的 β -赛纶陶瓷的赛纶陶瓷烧结体，与氮化硅相比，能够提供不

易与工件发生化学反应和强度不易降低的赛纶陶瓷刀片。更准确地说，当 Z 值小于 0.2 时，不能充分地控制赛纶陶瓷刀片和工件间的反应。当该值超过 0.7 时，赛纶陶瓷刀片的强度显著降低。按常见方法用 X 射线衍射测量，从赛纶陶瓷烧结体中 β -赛纶陶瓷的 a 轴晶格常数与为 7.60442\AA 的 β -氮化硅的 a 轴晶格常数之间的差异计算出 Z 值。这种计算方法参看专利文献 5。

温度在室温到 1000°C 下，依照第一发明的赛纶陶瓷刀片中的赛纶陶瓷烧结体热膨胀系数不超过 $3.5\times 10^{-6}/\text{K}$ 。由于在切削操作期间产生的热量，刀片反复地经受热膨胀和热收缩。这种膨胀和收缩的反复有时可能引起刀片裂纹。降低热膨胀系数对减轻刀片因热量导致的膨胀和收缩、防止刀片中裂纹的出现和发展以及预防刀片碎裂很重要。发明人对赛纶陶瓷相和晶粒间界相的成分和数量进行多方面的研究表明，当晶粒间界相减少时，可以降低热膨胀系数。热膨胀系数和由热量所引起的折断刀片切削刃的碎裂之间关系的进一步研究表明，当热膨胀系数大于 $3.5\times 10^{-6}/\text{K}$ 时，在赛纶陶瓷刀片的切削操作期间容易发生热量引发的折断，这将显著地导致碎裂。基于这些发现，当将热膨胀系数小于上述值的赛纶陶瓷烧结体用于刀片时，依照本发明的赛纶陶瓷刀片的切削刃可以显著地防止碎裂。

依照第一发明的赛纶陶瓷刀片中的赛纶陶瓷烧结体在室温到 1000°C 的温度下，热导率为 $10\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 或更多。从室温到高温热传导率都应该是高的，因为高热传导率能使赛纶陶瓷刀片迅速而容易地传导热量，防止刀片过热，并有效地缓解热冲击。如果热传导率是 $10\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 或更多，将显著地减少由于由热量所引起裂缝的出现和生长所导致的赛纶陶瓷刀片碎裂。尤其当赛纶陶瓷刀片用于温度容易升高的高速切削时，高热导率显著地防止赛纶陶瓷刀片碎裂。

依照第一发明用于赛纶陶瓷刀片的赛纶陶瓷烧结体中，优选的是室温下三点弯曲强度为 1000MPa 或更高的烧结体。三点弯曲强度在室

温下有时可以叫"室温强度"。

当将依照本发明的赛纶陶瓷刀片用于切削工具时，具有上述三点弯曲强度的赛纶陶瓷刀片尤其适用，这是因为强度较高、性能优良的赛纶陶瓷烧结体不仅仅是因为其具有强度，还因为其具有能稳定切削的抗热冲击性。总之，依照本发明，室温强度为 1000 MPa 或更高的赛纶陶瓷刀片提供稳定的加工。

在依照第一发明用于赛纶陶瓷刀片的赛纶陶瓷烧结体中，尤其优选的是在 1000℃ 下三点弯曲强度为 900 MPa 或更高的赛纶陶瓷烧结体。

当本发明的赛纶陶瓷刀片用于切削工具时，由于刀片和工件之间的摩擦及其他因素，刀具的温度升高。因此本发明的赛纶陶瓷烧结体尤其在高温下具有较高的强度，可以提供更稳定的高速加工。

本发明的切削工具包括本发明的赛纶陶瓷刀片和固定抛射型刀片的刀架，并且刀具被用作高性能切削工具。本发明的赛纶陶瓷刀片和切削工具包含几乎不会磨损和碎裂的切削刃，尤其是将它们不仅仅用于切削由灰口铁制成的工件，还用于以高速切削难以切削的材料，如延性铁或者耐热合金时，延长了刀具的使用寿命。即使当用于粗切削时，刀具切削刃的耐磨性方面表现优异，这将影响工件表面的粗糙度和尺寸精度，刀具能连续切削很长时间，并保持优良的粗糙度和精度。本发明的切削工具是指广义上的刀具，或常见的进行车削和铣削的普通刀具。

下面将详细说明一种优选的制备依照第一发明的赛纶陶瓷刀片的方法。一种包含赛纶陶瓷组分元素的粉末，例如 Si_3N_4 粉末、 Al_2O_3 粉末和 AlN 粉末与烧结助剂，具体地说是一种稀土元素氧化物的粉末，例如 Sc_2O_3 粉末、 Y_2O_3 粉末、 CeO_2 粉末、 Dy_2O_3 粉末、 Er_2O_3 粉末、

Yb₂O₃ 粉末和 Lu₂O₃ 粉末混合，从而制备粉状原料。粉状原料包括平均粒径为 10 μm 或者更小的颗粒，优选为 5 μm 或者更小，更优选地为 3 μm 或者更小。粉状原料各个组分的含量由烧结后刀片的成分确定。一般地，粉状原料包含 95 到 50 mol% 的 Si₃N₄ 粉末，0.5 到 20 mol% 的 Al₂O₃ 粉末，0 到 40 mol% 的 AlN 粉末，和 0.5 到 5 mol% 的烧结助剂。将制备的粉状原料放置在例如球磨机或者具有 Si₃N₄ 球的 Si₃N₄ 球磨机的混合研磨机上，加入不能充分溶解粉状原料的液体，例如乙醇。然后，将混合物研磨并混合 1 到 300 小时，生成浆液。如果由原料组成的颗粒粒径较大，研磨的周期应该延长以充分地研磨混合物。

当浆液包含较大的颗粒时，应该用 200 到 500 目的细筛去掉这些颗粒。向制备的浆液中加入有机粘结剂，例如微晶石蜡粘合剂，基于粉状原料的重量，其加入量为 1 到 30 重量%。通过适当的方法，例如喷雾干燥对产物进行造粒。基于对烧结后本体形状的估计，将获得的粒化粉末压制成理想的形状。还可以通过使用其他方法，例如注塑、挤塑或者浇铸进行铸模。铸模后，对铸模体脱脂。一般地，在惰性气体，例如氮气气氛下，在加热设备中进行脱脂。在 400 到 800° C 下，30 到 120 分钟脱脂完全。在 1500 到 1900° C 的温度下，优选地从 1650 到 1800° C，烧结该脱脂铸模体。优选地，烧结分成两个步骤进行。第一步，将铸模体保存在由适合材料如金刚砂、氮化硼或者氮化硅制成的容器中，在 1500 到 1600° C 的温度下，保存大约 1 到 4 小时，优选地在氩气气氛下，然后在 1 到 9 大气压的氮气或者氩气中，加热到 1650 到 1800° C，并保持该温度 1 到 5 小时。第二步，通过缩写为 HIP 的热等静压进行烧结。例如，预烧结后的铸模体在 100 到 5000 大气压的氮气气氛中，在 1650 到 1800° C 的温度下加热 1 到 5 小时。

（依照第二发明的赛纶陶瓷刀片）

第二发明的赛纶陶瓷刀片由包含赛纶陶瓷相的烧结体组成，赛纶陶瓷相含有 β-赛纶陶瓷和 α-赛纶陶瓷，或者赛纶陶瓷相含有 β-赛纶陶瓷，其烧结体是通过向粉状原料添加烧结助剂并烧结获得的混合物

制备的，该方法与第一发明制备赛纶陶瓷刀片的方法类似。第一发明和第二发明的赛纶陶瓷刀片之间的差异在于下列特点：后者的赛纶陶瓷刀片具有包含晶粒间界相的赛纶陶瓷烧结体，其含量是赛纶陶瓷烧结体部分中晶粒间界相面积与这部分面积的面积比为 5 到 20%； α 值是 40% 或者更少；Z 值是 0.2 到 1.0；固溶体中所含铝的比例 A 是 70% 或更多，其中通过测量烧结体中 β -赛纶陶瓷的 Z 值和由烧结体的成分计算出来的理论 Z 值的比来定义比例 A，或者 $A = (\text{测量的 Z 值} / \text{理论的 Z 值}) \times 100$ 。

与第一发明的方法类似，第二发明的赛纶陶瓷是通过向粉状原料中添加辅助剂，例如烧结助剂并烧结最终混合物制成的。粉状原料含有如氮化硅、矾土、氮化铝和硅石这些包含组成元素，例如 Si、Al、O 和 N 的原料。在第二发明的赛纶陶瓷烧结体中，一般地存在赛纶陶瓷，一种由化学式 $\text{Si}_{6-Z}\text{Al}_2\text{O}_2\text{N}_{8-Z}$ 表示的 β -赛纶陶瓷，其中 Z 在零以上并且不超过 4.2，或者 $0 < Z \leq 4.2$ ，和一种由化学式 $\text{M}_x(\text{Si}, \text{Al})_{12}(\text{O}, \text{N})_{16}$ 表示的 α -赛纶陶瓷，其中 X 在零以上并且不超过 2，或者 $0 < X \leq 2$ ，并且 M 表示填隙溶入固溶体的元素，例如 Mg、Ca、Sc、Y、Dy、Er、Yb 和 Lu。一般地，类似于氮化硅的 β -赛纶陶瓷具有高韧性，这是因为 β -赛纶陶瓷具有相互缠绕的针状晶体结构。另一方面，与 β -赛纶陶瓷相比，由于 α -赛纶陶瓷的形状是等轴晶体， α -赛纶陶瓷具有更高的硬度，但是由于它的形状， α -赛纶陶瓷的韧性较差。

赛纶陶瓷颗粒之间的晶粒间界相是由例如烧结助剂、氮化硅和氮化硅中作为杂质存在的硅石组分制成的玻璃相或者结晶相。这些物质在烧结中转换为液相，这有助于赛纶陶瓷颗粒的形成、赛纶陶瓷颗粒的重排和颗粒的生长，然后在冷却中固化并形成玻璃相或者结晶相。与赛纶陶瓷颗粒相比较，晶粒间界相具有较低的熔点、较低的韧性和较低的硬度，因此必须将晶粒间界相的数量限于适当的范围内，以改善赛纶陶瓷烧结体的耐热性、韧性和硬度。可以通过例如减少一定量的烧结助剂，降低晶粒间界玻璃相和结晶相的数量。然而，当晶粒间

界相的数量减少到小于 5%时，将引起赛纶陶瓷烧结体强度降低。另一方面，当晶粒间界相的数量增加到超过 20%时，将降低赛纶陶瓷烧结体的耐热性、韧性和硬度；如上所述，晶粒间界相在熔点、韧性和硬度方面低于赛纶陶瓷制品。从而，赛纶陶瓷刀片由于机械损伤，典型的例子是磨粒磨损，导致其使用寿命缩短。总之，第二发明的赛纶陶瓷烧结体必须具有 5 到 20%的晶粒间界相，其含有晶粒间界结晶相和/或晶粒间界玻璃相。

赛纶陶瓷烧结体部分中的晶粒间界相的面积与这部分面积的面积比 (%) 通过下列方式计算。由通常缩写为 SEM 的扫描电子显微镜从本体的烧结表面起，不低于 1mm 的深度拍摄赛纶陶瓷烧结体的横截面，用图像处理软件测量获得照片的预先确定区域中晶粒间界相的面积的比例，并计算该地区晶粒间界相面积的比例 (%)。

在 5000 倍的放大倍数下 SEM 照片的预定区域完全可视，实际区域的尺寸是 $15\ \mu\text{m} \times 12\ \mu\text{m}$ 。除了可见区内观察到的赛纶陶瓷颗粒，用图像处理软件测量晶粒间界相的面积比例。当赛纶陶瓷烧结体的横截面面积比可见区的面积大很多时，该面积比例可能依靠部分观察降低。然而，由于可视部分，比例的分散平均约为 $\pm 10\%$ 。

对于包含硬质组分颗粒，如碳化钛的烧结体来说，硬质组分颗粒不包含晶粒间界相。

当赛纶陶瓷颗粒包含具有很高的韧性的 β -赛纶陶瓷时，第二发明的赛纶陶瓷刀片具有优良的切削性能。然而，即使有一部分赛纶陶瓷是 α -赛纶陶瓷时，也可以确定切削性能没有降低。直至表示 α -赛纶陶瓷在赛纶陶瓷颗粒中数量的 α 值为 40%时，可确保优良的切削性能。如果 α 值超过 40%，等轴 α -赛纶陶瓷晶体增加到使最终的刀片容易碎裂的程度，这是不理想的。总之，当 α 值是 40%或者更小，刀片将具有足够的包括耐磨性和耐碎裂性的理想切削性能。

第二发明的刀片含有由化学式 $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}$ 表示的 β -赛纶陶瓷， Z 从 0.2 到 1.0。与由氮化硅制成的刀片相比较， Z 值测定值在 0.2 到 1.0 的刀片，降低了由于刀片和工件之间化学反应导致的分解，并且因为氮化硅转换为赛纶陶瓷，减少了强度的下降。此外，第二发明的赛纶陶瓷刀片的 Al 在固溶体中的溶解度是 70% 或更多，这使提供烧结体，只在晶粒间界中残存少量的铝组分并控制机械损伤成为可能，典型机械损伤的例子就是由于刀片和工件之间的摩擦导致的磨粒磨损。测量 Z 值是由位于赛纶陶瓷烧结体烧结表面 1mm 深度或更深，通过 X 射线衍射测量的 β -赛纶陶瓷轴的晶格常数与 β -氮化硅轴的晶格常数差异计算出来的，该值为 7.60442\AA 。用于计算的方法参看，例如，WO02/44104 公开的 28 页。通过下列公式计算理论 Z 值：

$$\text{理论的 } Z = 6x(\text{Al}/26.98) / \{ (\text{Al}/26.98) + (\text{Si}/28.09) \}$$

其中，"Al" 和 "Si" 表示由位于赛纶陶瓷烧结体烧结表面至少 1 毫米深度的结构中 Si 和 Al 的量，分别计算出硅和铝的重量百分数，通过化学分析例如，X 射线荧光分析进行测量。

第二发明的刀片由(测量 Z 值/理论 Z 值)表示的 Al 溶解度是 70% 或更多，这降低了残存在晶粒间界中的铝组分的含量，并降低对刀片的机械损伤，其典型实例是刀片和工件之间的磨粒磨损。注意到可以通过调节本体烧结时的烧结温度、温度升高周期、进行烧结的气氛和/或通过改变烧结体中氮原子与氧原子数量的比例来控制铝的溶解度。

用于烧结赛纶陶瓷刀片的烧结助剂优选地是至少一种选自 Sc、Y、Ce、Er、Dy、Yb 和 Lu 的稀土元素。基于烧结体的摩尔数，烧结助剂的量以氧化物计为 0.5 到 10mol%。上述对稀土元素数量和种类的限制有助于本发明刀片的赛纶陶瓷形成针状颗粒结构。当含量小于 0.5mol% 时，赛纶陶瓷的颗粒结构不能充分生长成针状结构，这将导致赛纶陶瓷刀片材料的强度降低。另一方面，如果含量超过 10mol%，赛纶陶瓷烧结体本身的耐热性、韧性和硬度会降低。由机械损伤，典型的实

例是磨料磨损导致的不理想结果是刀片的使用寿命缩短。

在第一发明相关的描述中已经说明了赛纶陶瓷烧结体中所包含的稀土元素以氧化物计的摩尔百分比。

第二发明的赛纶陶瓷刀片包括 30mol%或者更少，优选地 0.1 到 25mol%，更优选地 1 到 20mol%选自钛的碳化物、氮化物和碳氮化物的硬质组分。一般地，上述硬质组分以独立粒子的形式分散在赛纶陶瓷烧结体中。与氮化硅相比较，钛化合物以及矾土与工件主要组分的铁和碳的反应活性很小。因此，在烧结体中钛化合物的存在可以降低烧结体与工件的反应活性。钛化合物没有溶入，而是以颗粒的形式独立地分散在烧结体的晶格中。即使钛化合物的量超过上述上限，也没有发现切削性能的降低。然而，由于钛化合物与赛纶陶瓷相比较具有较大的热膨胀系数，刀片可能受到加工期间产生的热量的影响，并且刀具的切削刃可能由于加热所引起的裂纹而碎裂，这是令人不满意的。可以通过光学显微镜或者电子显微镜观测检查钛化合物是否以独立粒子的形态分散。并且，钛化合物的摩尔百分比可以用与氧化物计的稀土元素同样的方法计算。

上述说明的第二发明的赛纶陶瓷刀片作为可抛型刀片安装在刀架上，并且用作高性能切削工具的一部分。第二发明的产品最适用于高速切削材料，尤其是铸铁的使用寿命长的刀片。

下面将说明第二发明的赛纶陶瓷刀片的优选制备方法。包含形成赛纶陶瓷元素原料的第一粉末，例如 Si_3N_4 粉末和 Al_2O_3 粉末，以及 AlN 粉末的混合物，与作为烧结助剂的稀土元素氧化物的第二粉末混合。第二粉末的实例可以包括 Sc_2O_3 粉末、 Y_2O_3 粉末、 CeO_2 粉末、 Dy_2O_3 粉末、 Er_2O_3 粉末、 Yb_2O_3 粉末、 Lu_2O_3 粉末等。如果选自 TiN 粉末、 TiC 粉末和 TiCN 粉末的硬质组分粉末被进一步地加入到第一粉末和第二粉末的混合物中，则是更优选的。由此制备出粉状原料。粉状原料

由平均粒径为 $5\ \mu\text{m}$ 或者更低, 优选地 $3\ \mu\text{m}$ 或者更低, 或者更优选地 $2\ \mu\text{m}$ 或者更低的颗粒组成。粉状原料各个组分的成分由烧结后刀片组分的成分确定。一般地, 粉状原料包含 95 到 30mol% 的 Si_3N_4 粉末, 0.5 到 20mol% 的 Al_2O_3 粉末, 0 到 20mol% 的 AlN 粉末, 和 0.5 到 10mol% 的烧结助剂, 和 0 到 30mol% 的硬质组分。用与第一发明制备赛纶陶瓷刀片用的浆液同样的方法从粉状原料制备浆液。

通过从浆液制备粒化粉末、将粒化粉末压模具有理想的形状的铸模体、将铸模体脱脂, 和烧结该脱脂铸模体来制备赛纶陶瓷刀片。制备的详细步骤与第一发明制备刀片的那些步骤相同。获得的烧结体是赛纶陶瓷烧结体。通过将烧结体磨成如图 1 所示的形状, 制备第二发明用于刀具的刀片 1。如图 2 所示, 将刀片 1 安装在刀架上得到切削工具。

(第三发明的赛纶陶瓷刀片)

第三发明的赛纶陶瓷刀片, 与第一和第二发明类似, 由包含赛纶陶瓷相作为主相的赛纶陶瓷烧结体形成, 赛纶陶瓷相主相含有 α -赛纶陶瓷相和 β -赛纶陶瓷相, 二者都是通过将铝化合物溶解在氮化硅中, 与烧结助剂粘合制得的。赛纶陶瓷烧结体中的 β -赛纶陶瓷相具有缠绕的微针状晶体结构, 该结构与氮化硅的结构类似。与用于传统工具的原料例如矾土相比, 晶体本身具有较高的强度, 这可防止刀具的切削刃碎裂太快并使刀具的使用寿命更长。然而, 如果溶解铝化合物的量太多, 赛纶陶瓷的强度会降低, 这使得刀片弱化, 从而切削刃容易碎裂。必须调节铝化合物的加入量, 使铝化合物能降低与工件间的反应活性而不会降低烧结体的强度。铝化合物还有帮助控制赛纶陶瓷烧结体和工件之间反应的作用, 即使铝化合物没有溶入氮化硅而只是存在于晶粒间界相中。与氮化硅相比较, 赛纶陶瓷化学性质稳定, 即使高温下也不会与工件的主要成分铁和碳发生化学反应。因此, 为了使强度和化学稳定性两者都令人满意, 保持铝化合物适当的添加量非常重要。铝化合物具体的加入量由以 $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}$ 表示的 β -赛纶陶瓷的

Z 值决定，在赛纶陶瓷烧结体中为不小于 0.2 到不超过 1。当 Z 值小于 0.2 时，容易发生赛纶陶瓷烧结体和工件之间的粘着反应，这抵消了延长刀片使用寿命的作用。另一方面，当 Z 值超过 1 时，铝的含量提高使烧结体中赛纶陶瓷含量相应升高，这导致刀片的强度相应地明显降低。结果，刀具刀片的强度降低，并观察到明显的磨损和碎裂。上面已经说明 Z 值的测量方法。

在第三发明中，控制 α -赛纶陶瓷的成分和赛纶陶瓷相中的含量很重要。 α -赛纶陶瓷由化学式 $MX (Si, Al)_{12} (O, N)_{16}$ 表示，其中 M 是填隙溶入颗粒的元素，例如 Mg、Ca、Sc、Y、Dy、Er、Yb 或者 Lu，X 是满足公式： $0 < x \leq 2$ 的值。 α -赛纶陶瓷的形状是等轴晶体颗粒，这使 α -赛纶陶瓷与 β -赛纶陶瓷相比具有较低的韧性，而前者具有较高的硬度。通过在赛纶陶瓷烧结体同时形成预定量具有高强度的 α -赛纶陶瓷，最优化溶入 α -赛纶陶瓷的元素和其含量，与仅有 β -赛纶陶瓷组成的赛纶陶瓷烧结体相比较，该赛纶陶瓷烧结体与工件的抗反应性和耐磨性得到改善。

如果溶入 α -赛纶陶瓷的稀土元素 Sc、Y、Dy、Yb 和 Lu 的总量设定为全部赛纶陶瓷烧结体中所包含的全部稀土元素摩尔数的 30 到 50%，将改善赛纶陶瓷烧结体的化学稳定性并控制赛纶陶瓷烧结体和工件之间的反应。此外，赛纶陶瓷烧结体至少包括一种上述稀土元素，总摩尔量为 2 到 5%，并且上述摩尔范围内的稀土元素应该溶入 α -赛纶陶瓷中。这减少晶粒间界相而确保赛纶陶瓷烧结体具有良好的可烧结性，并有效地降低由于晶粒间界相引起的机械磨损和损伤。

第三发明的赛纶陶瓷刀片的 α 值为 10 到 40%，含有至少一种选自 Sc、Y、Dy、Yb 和 Lu 的稀土元素，以氧化物计，其含量为 2 到 5mol%，其中有 30 到 50mol% 的稀土元素在 α -赛纶陶瓷晶格中。当 α 值小于 10% 和溶入到 α -赛纶陶瓷中的稀土元素小于全部稀土元素的 30mol% 时，没有充分形成与工件抗反应性优良的 α -赛纶陶瓷，这使

赛纶陶瓷烧结体与工件的抗反应性降低，这反过来又导致刀片容易受到因工件与刀具的切削刃间的化学反应而引起的粘着和损伤。另一方面，如果 α 值超过40%，低韧性的等轴 α -赛纶陶瓷晶体含量增加，降低了耐碎裂性能。此外，当超过其总量50 mol%的稀土元素溶入 α -赛纶陶瓷时， α -赛纶陶瓷颗粒本身的强度降低，而对赛纶陶瓷烧结体和工件间反应的抗性是足够的。这些也是令人不满意的。

赛纶陶瓷颗粒间的晶粒间界相以下列方式形成。当被烧结时，烧结助剂、氮化硅和氮化硅中所含有的杂质硅石组分变成液态。这有助于赛纶陶瓷颗粒的形成、重排和生长，当冷却时固化为玻璃相或者结晶相。与赛纶陶瓷颗粒相比较，晶粒间界相具有低熔点、低韧性和低硬度。因此，为了改善赛纶陶瓷烧结体的耐热性、韧性和硬度，烧结体包含少量界面晶粒相。界面晶粒相可能通过例如减少烧结助剂的量而减少。然而，如果使用的烧结助剂太少，赛纶陶瓷相不能完全地烧结，这会降低赛纶陶瓷烧结体的强度。在本发明中，上述以氧化物计的稀土元素的摩尔百分比可以通过我们已经说明的方式计算。

第三发明的赛纶陶瓷刀片包含至少一种选自钛的碳化物、氮化物和碳氮化物的硬质组分，其含量不超过30mol%，优选地0.1到25mol%，更优选地1到20mol%。一般地，硬质组分以粒子形式独立地分散在赛纶陶瓷烧结体中。与氮化硅相比较，类似于矾土的上述钛化合物与工件主要组分的铁和碳的反应活性低。因此，它们在赛纶陶瓷烧结体中的存在可以控制刀片与工件的反应。当热膨胀系数比赛纶陶瓷大的钛化合物含量超过上限时，在切削操作期间产生的热量就会导致切削刃上的裂缝，这进一步使刀具的切削刃容易碎裂。可以通过光学显微镜或者电子显微镜观测检查钛化合物是否以颗粒的形态独立分散。并且，钛化合物的摩尔百分比可以用与氧化物计的稀土元素同样的方法计算。

与第一和第二发明一样，将第三发明的赛纶陶瓷刀片固定到切削

刀具刀架上，该组件可用作高性能的切削工具。赛纶陶瓷刀片尤其适用于高速、粗略而又精确地切削材料，如延性铁的切削工具，而又享有长的使用寿命。注意使用第一到第三发明的赛纶陶瓷刀片的第四发明的切削工具是一种广义上的切削工具，或者包含各种用于粗切削和抛光的刀具，其具体实例是车削、铣削和开槽。

第三发明制备赛纶陶瓷刀片的优选方法与第一和第二发明制备赛纶陶瓷刀片的方法基本相同。

在第三发明赛纶陶瓷刀片的优选制备方法中，包括形成赛纶陶瓷元素的材料的第一粉末，如 Si_3N_4 粉末和 Al_2O_3 粉末，以及进一步的 AlN 粉末，与作为烧结助剂的稀土元素氧化物的第二粉末混合。第二粉末的实例可以包括 Sc_2O_3 粉末、 Y_2O_3 粉末、 Dy_2O_3 粉末、 Yb_2O_3 粉末、 Lu_2O_3 粉末等。第二粉末可能单独使用或者混合使用。如果选自 TiN 粉末、 TiC 粉末和 TiCN 粉末的硬质组分粉末被进一步地加入到第一粉末和第二粉末的混合物中，则是更优选的。从而，制备出粉状原料。用与第一发明制备赛纶陶瓷刀片用的浆液同样的方法从粉状原料制备浆液。

用与第一发明制备烧结体同样的方法从浆液制备烧结体。如此获得的烧结体是赛纶陶瓷烧结体。通过将烧结体加工成图 1 所示的刀片 1 或者图 3 所示的刀片 1' 的形状，可以制备用于第三发明刀具的赛纶陶瓷刀片。如图 2 和 5 所示，通过将刀片安装到切削工具或者铣刀 6 所用的刀架上制得加工外周面的切削工具或者铣刀。

实施例

A. 第一发明的工作实施例 A-U 和对比例*1-*11

(1) 刀片的制备

通过将平均粒径为 $0.5\ \mu\text{m}$ 的 $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$ 粉末、选自平均粒径 $1.0\ \mu\text{m}$ 的 Sc_2O_3 粉末、平均粒径 $1.3\ \mu\text{m}$ 的 Y_2O_3 粉末、平均粒径为 $1.7\ \mu\text{m}$ 的 CeO_2 粉末、平均粒径为 $0.9\ \mu\text{m}$ 的 Dy_2O_3 粉末、平均粒径为 $1.0\ \mu\text{m}$ 的

Er₂O₃ 粉末、平均粒径为 1.1 μm 的 Yb₂O₃ 粉末、平均粒径为 1.0 μm 的 Lu₂O₃ 粉末的烧结助剂；和进一步平均粒径为 0.4 μm 的 Al₂O₃ 粉末，平均粒径为 1.3 μm 的 AlN 粉末混合在一起，含量分别如表 1 所示，以使粉状原料具有如同表所示的成分。然后，将各种粉状原料放在内壁由 Si₃N₄ 制成、带有 Si₃N₄ 球的球磨机中，然后向球磨机中加入乙醇。球磨机中的成分混合 96 小时，然后即获得粉状原料的浆液。用 325 目的细筛除去各浆液中的大颗粒。向各细筛浆液添加溶于乙醇的 5.0 重量%的微晶石蜡型有机粘合剂。然后，将产物喷雾干燥，制成颗粒。如图 1 所示，将颗粒压制成 ISO 标准的 SNGN120412 刀片形状。压制的颗粒在烘箱中，600℃下，氮气气氛中，1 大气压下脱脂 60 分钟。预烧结以下列方式进行：将脱脂模具放在由氮化硅制成的容器中。环境温度升高到 1600℃，然后将该容器中的脱脂模具在该温度下保持 60 到 240 分钟。然后，温度升到 1700 到 1800℃，容器中的模具在 1 到 9 大气压的氮气气氛中，保持该升高的温度 120 分钟。最后，通过热等静压（HIP）进行第二烧结。具体地说，将预烧结后的本体在 1700 到 1800℃下，低于 1000 大气压的氮气气氛中加热 180 分钟。将获得的赛纶陶瓷烧结体研磨并形成 ISO 标准的 SNGN120412 形状。从而，从各粉状原料制成了切削工具用的刀片。表 1 显示了各工作实施例和对比例的刀片的成分和性能以及切削性能的评定结果。在该表中，“实施例”栏中带有“*”的编号表示是对比例的编号。依照上述说明的方法，各赛纶陶瓷烧结体的成分用“mol%”表示。

（2）刀片性能的测定

下面将说明刀片性能的测定方法。通过上述说明的方法测量赛纶陶瓷颗粒的 α 值和 β -赛纶陶瓷的 Z 值。考虑到热膨胀系数，将各个工作实施例和对比例的赛纶陶瓷烧结体研磨并形成三维尺寸为 5 mmx5 mmx10 mm 的试样，并按照 JIS R1618，在氮气气氛中，室温到 1000℃的温度下测定试样的平均热膨胀系数。通过将各烧结体研磨成直径 10mm，厚度为 2mm 的圆盘形试样获得各个刀片的热传导率，按照通常被称为“激光闪烁法”的 JIS R1611 在室温到 1000℃的温度下测定热传

导率，并取显示出的最小热传导率值。

对于强度，将各个实施例的赛纶陶瓷烧结体研磨并形成三维尺寸为 3 mmx4 mmx36 mm 或更大的试样。每次用试样，按照 JIS R1601 进行五次或更多次三点弯曲测试，平均结果如表所示。

用 Archimedes 方法测定各实施例烧结体的密度。测定值除以理论密度，计算测量密度与理论密度的比值。全部工作实施例的样品都达到高的比值，这意味着烧结体中没有微孔残留。

(3) 切削性能的评定

如图 4 所示，各个实施例刀片的切削刃分别被斜截。各个斜面的宽度是 0.3 毫米，并且其角度是 25 度。如图 5 所示，将刀片固定到六刀片平面铣刀的刀架上。按如下条件进行切削。直到各个刀片切削刃的齿侧面磨损 (VB) 达到 0.3mm 时切削工件的数量认为是使用寿命的标志。当切削刃在齿侧面磨损 (VB) 达到 0.3 mm 之前碎裂时，认为直到切削刃碎裂，刀具所切削的工件数目是该标志。

(切削条件)

- 工件：符合 JIS FCD600 带有铸造表面的延性铁
- 尺寸：长度为 130 mm，宽度为 700 mm，厚度为 30 mm
- 切削速度：700 m/min
- 进料速度：0.15 mm/片
- 切削深度：2.0 mm
- 冷却剂：未使用(干式)
- 所用刀具：Φ100,用单个刀片切削

表 1 (1/2)

实施例	烧结温度 [°C]	组分 [mol%]			稀土元素在 烧结体中的 含量 [mol%]
		Si ₃ N ₄	稀土元素	Al 组分	
*1	1800	83.9	0.1Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +15AlN	0.1Y ₂ O ₃
A	1800	83.5	0.5Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +15AlN	0.5Y ₂ O ₃
B	1750	82.5	1.5Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +15AlN	1.3Y ₂ O ₃
C	1700	81.0	3Sc ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +15AlN	3Sc ₂ O ₃
D	1750	81.0	3Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +15AlN	2.8Y ₂ O ₃
*2	1750	81.0	3CeO ₂	1Al ₂ O ₃ +15AlN	3CeO ₂
*3	1750	91.0	5Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +3AlN	4.8Y ₂ O ₃
E	1750	81.0	3Dy ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +15AlN	3Dy ₂ O ₃
*4	1750	81.0	3Er ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +15AlN	3Er ₂ O ₃
F	1750	81.0	3Yb ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +15AlN	3Yb ₂ O ₃
G	1700	81.0	3Lu ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +15AlN	3Lu ₂ O ₃
H	1710	79.0	5Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +15AlN	5Y ₂ O ₃
*5	1700	74.0	10Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +15AlN	9.5Y ₂ O ₃
*6	1730	91.5	3Y ₂ O ₃	0.5Al ₂ O ₃ +5AlN	3Y ₂ O ₃
I	1740	87.5	3Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +8.5AlN	3Y ₂ O ₃
J	1750	71.0	3Y ₂ O ₃	2.5Al ₂ O ₃ +23.5AlN	3Y ₂ O ₃
*7	1800	64.0	3Y ₂ O ₃	3Al ₂ O ₃ +30AlN	2.9Y ₂ O ₃
*8	1800	64.0	3Y ₂ O ₃	3Al ₂ O ₃ +22AlN	3Y ₂ O ₃
*9	1800	83.0	3Y ₂ O ₃	5Al ₂ O ₃ +9AlN	3Y ₂ O ₃
K	1700	80.5	3Y ₂ O ₃	3Al ₂ O ₃ +13.5AlN	3Y ₂ O ₃
L	1730	79.0	3Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +17AlN	2.9Y ₂ O ₃
*10	1740	79.5	3Y ₂ O ₃	0.5Al ₂ O ₃ +17AlN	3Y ₂ O ₃
M	1800	92.0	0.5Y ₂ O ₃	1.5Al ₂ O ₃ +6AlN	0.5Y ₂ O ₃
N	1740	88.0	5Y ₂ O ₃	1.5Al ₂ O ₃ +5.5AlN	4.7Y ₂ O ₃
O	1740	72.0	0.5Y ₂ O ₃	1.5Al ₂ O ₃ +26AlN	0.5Y ₂ O ₃
P	1740	68.5	5Y ₂ O ₃	1.5Al ₂ O ₃ +25AlN	5Y ₂ O ₃
Q	1740	90.0	0.5Y ₂ O ₃	0.5Al ₂ O ₃ +9AlN	0.5Y ₂ O ₃
R	1740	86.0	5Y ₂ O ₃	0.5Al ₂ O ₃ +8.5AlN	4.9Y ₂ O ₃
S	1800	76.5	0.5Y ₂ O ₃	6.5Al ₂ O ₃ +16.5AlN	0.5Y ₂ O ₃
T	1700	73.0	5Y ₂ O ₃	6.5Al ₂ O ₃ +15.5AlN	5Y ₂ O ₃
U	1800	73.0	5Y ₂ O ₃	6.5Al ₂ O ₃ +15.6AlN	4.7Y ₂ O ₃
*11	1800	81.0	3Y ₂ O ₃	3Al ₂ O ₃ +13AlN	3Y ₂ O ₃

表 1 (2/2)

实施例	α 值 [%]	测定 Z 值	热膨胀系数 [$\times 10^{-6}/K$]	热导率 [$W/m \cdot K$]	强度 [Mpa]		(a)
					室温	1000°C	
*1	无法压实						
A	24.2	0.29	3.18	13.2	1080	950	7
B	28.8	0.32	3.19	13.0	1050	910	8
C	10.0	0.38	3.20	13.0	1100	950	9
D	20.0	0.38	3.18	14.5	1100	900	10
*2	0	0.4	3.34	22.5	920	500	4
*3	15.0	0.12	3.20	18.2	1050	700	3
E	24.5	0.4	3.18	14.1	1040	920	10
*4	19.1	0.41	3.20	12.1	900	620	(b)
F	24.4	0.45	3.19	13.1	1090	930	9
G	25.1	0.41	3.18	13.1	1120	980	7
H	23.3	0.39	3.20	19.0	1100	940	8
*5	20.1	0.4	3.62	23.4	960	800	(c)
*6	31.9	0.17	3.11	23.2	1000	690	4
I	23.6	0.22	3.13	16.0	1140	910	8
J	26.1	0.7	3.16	13.2	1080	920	9
*7	21.3	0.95	3.30	9.1	900	640	(d)
*8	20.1	0.65	3.30	9.5	1000	820	4
*9	5.1	0.44	3.18	18.5	1010	780	4
K	10.4	0.44	3.14	17.0	1060	930	8
L	40.0	0.44	3.16	14.1	1050	910	8
*10	45.8	0.42	3.14	13.7	950	900	(e)
M	13.2	0.21	3.11	20.5	1020	930	7
N	10.0	0.2	3.13	21.8	1070	950	7
O	39.9	0.68	3.19	13.3	1060	920	9
P	39.7	0.7	3.20	13.0	1000	910	7
Q	40.0	0.21	3.14	21.0	1080	930	7
R	37.5	0.21	3.19	20.0	1020	940	7
S	10.2	0.68	3.20	13.0	1120	900	9
T	14.0	0.68	3.18	13.5	1100	920	8
U	14.0	0.68	3.42	10.8	1050	930	8
*11	22.5	0.44	3.55	10.5	1030	800	(f)

注：

(a) 刀具能够切削制品的数量 (片数)

(b) 切削四个制品后碎裂的刀片

(c)、(e)、(f)切削三个制品后碎裂的各个刀片。

(d) 切削第一个制品时就碎裂的刀片。

如表 1 所示, 作为工作实施例的实施例 A-U 的切削刀片能够切削很多工件, 直到各个刀片切削刃的齿侧面磨损 (VB) 达到 0.3 mm。而且, 没有观察到工作实施例中刀片的各个切削刃的碎裂。另一方面, 装有作为对比例的实施例* 1、* 3 和* 7-11 刀片的刀具基本上只能切削少量的工件, 并且容易迅速碎裂。对比例刀片的使用寿命短于工作实施例刀片的使用寿命。

尤其是, 当将 Z 值小于 0.2 的实施例*3 的结果与工作实施例的结果比较时, 可以清楚地看到由于切削工件和刀片基体材料之间的化学反应引起的切削刃的分解和磨损被本发明的赛纶陶瓷刀片所抑制。当将 α 值小于 10% 的实施例*2 和*9 的结果与工作实施例的结果相比时, 很清楚本发明的赛纶陶瓷刀片受到了更少的机械损伤, 其典型例子是磨料磨损。总之, 当本发明的赛纶陶瓷刀片用于粗切削时, 影响工件表面糙度和尺寸精度的耐磨性能优良, 并且它们能切削工件很长时间, 同时保持工件的表面糙度和其尺寸精度优良。

B. 用于第二发明的工作实施例 1-23 和对比例 1-7

(1) 刀片的制备

分别以如表 2 所示的数量, 通过混合平均粒径为 $0.5 \mu\text{m}$ 的 $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$ 粉末; 选自由平均粒径为 $1.0 \mu\text{m}$ 的 Sc_2O_3 粉末, 平均粒径为 $1.1 \mu\text{m}$ 的 Y_2O_3 粉末, 平均粒径为 $1.7 \mu\text{m}$ 的 CeO_2 粉末, 平均粒径为 $0.9 \mu\text{m}$ 的 Dy_2O_3 粉末, 平均粒径为 $1.0 \mu\text{m}$ 的 Er_2O_3 粉末, 平均粒径为 $1.1 \mu\text{m}$ 的 Yb_2O_3 粉末, 和平均粒径为 $1.0 \mu\text{m}$ 的 Lu_2O_3 粉末组成的烧结助剂; 和进一步平均粒径为 $0.4 \mu\text{m}$ 的 Al_2O_3 粉末, 平均粒径为 $1.3 \mu\text{m}$ 的 AlN 粉末, 平均粒径为 $1.5 \mu\text{m}$ 的 TiN 粉末, 平均粒径为 $1.0 \mu\text{m}$ 的 TiC 粉末, 和平均粒径为 $1.0 \mu\text{m}$ 的 TiCN 来制备粉状原料粉末。然后, 与第一发明的项目(1)“刀片的制备”所说明的同样方法, 将各个粉状

原料被压制到图 1 所示的刀片形状的磨具中。将模具在烘箱中，600 °C 下，1 大气压的氮气气氛中脱脂 60 分钟。预烧结以下列方式进行：将脱脂模具放在由氮化硅制成的容器中。然后，将温度升到 1700 到 1800 °C，并且容器里的模具在 1 到 9 大气压的氮气气氛中保持该升高的温度 120 分钟。最后，通过热等静压（HIP）进行第二烧结。具体地说，预烧结后的本体在低于 1000 大气压的氮气气氛中，1700 到 1800°C 的温度下加热 180 分钟。第二烧结的温度比预烧结的温度低。将获得的赛伦陶瓷烧结体研磨并形成 ISO 标准的 SNGN120408 形状。从而，从各粉状原料制成了切削工具用的刀片。表 2 所示的是由各种成分的粉状原料在各种烧结温度下制备的工作实施例和对比例刀片的特性和切削性能。通过计算原料成分的摩尔百分比的方法计算烧结体组分的成分。

(2) 刀片性能的测定

下面将说明刀片性能的测定方法。用 Archimede 方法测定各实施例烧结体的密度。测定值除以理论密度，计算测量密度与理论密度的比值。全部工作实施例的样品都达到高的比值，这意味着烧结体被压实，其中没有微孔残留。晶粒间界相面积的百分比，测定 Z 值的测定和计算，理论 Z 值的计算，溶解比例的计算， α 值的测定和计算以与第一发明实施例相同的方法进行。

(3) 切削性能的评定

下列切削性能测试以上述项目(1)中制备的工作和对比例的刀片进行。结果在表 2 中显示。

□ 切削距离

在下列以及干燥条件下进行切削操作。当各个刀片的侧面最大磨损(VBmax)达到 0.3 mm 时计算切削距离。

刀片的几何形状: SNGN120408

斜面的宽度: 0.2 mm

工件:铸铁(FC200)

切削速度: 500 mm/min

切削深度: 0.3 mm

冷却剂:未使用(干式)

进料速度: 0.3 mm/min

齿侧面磨损的评定

在下列以及干燥条件下进行切削操作。测定侧面的最大磨损，该值认为表示评定的齿侧面磨损(单位: mm)。

刀片的几何形状: SNGN120408

斜面的宽度: 0.2 mm

工件:在其表面上残存型砂的铸铁 (FC200)

切削速度: 300 mm/min

切削深度: 1.5 mm

冷却剂:未使用(干式)

进料速度: 0.2 mm/min

耐碎裂性

在下列以及干燥条件下进行切削操作。以 0.6 mm/rev 开始，对于每次切削路线，进料速度以 0.05 mm/rev 增加。刀片碎裂时的进料速度用于评定刀片的耐碎裂性。

刀片的几何形状: SNGN120408

斜面的宽度: 0.085 mm

工件:铸铁(FC200)

切削速度: 150 mm/min

切削深度: 2.0 mm

冷却剂:未使用(干式)

初始进料速度: 0.6 mm/rev

表 2 (1/2)

	预烧结温度 [°C]	成分[mol%]			
		Si ₃ N ₄	Al 成分	稀土化合物	Ti 成分
W. Ex. 1	1750	92	5Al ₂ O ₃	3Y ₂ O ₃	0
W. Ex. 2	1800	67	15Al ₂ O ₃ +15AlN	3Y ₂ O ₃	0
W. Ex. 3	1750	67	15Al ₂ O ₃ +15AlN	3Y ₂ O ₃	0
W. Ex. 4	1700	67	15Al ₂ O ₃ +15AlN	3Y ₂ O ₃	0
W. Ex. 5	1750	81	6Al ₂ O ₃ +10AlN	3Y ₂ O ₃	0
W. Ex. 6	1750	73	12Al ₂ O ₃ +12AlN	3Y ₂ O ₃	0
W. Ex. 7	1750	71	3Al ₂ O ₃ +12AlN	3Y ₂ O ₃	0
W. Ex. 8	1750	81	1Al ₂ O ₃ +15AlN	3Y ₂ O ₃	0
W. Ex. 9	1750	69	1Al ₂ O ₃ +17AlN	3Y ₂ O ₃	0
W. Ex. 10	1800	85.5	7Al ₂ O ₃ +7AlN	0.5Y ₂ O ₃	0
W. Ex. 11	1700	78	9Al ₂ O ₃ +3AlN	10Y ₂ O ₃	0
W. Ex. 12	1730	81	8Al ₂ O ₃ +4AlN	7Y ₂ O ₃	0
W. Ex. 13	1740	80	6Al ₂ O ₃ +10AlN	4Y ₂ O ₃	0
W. Ex. 14	1740	80	6Al ₂ O ₃ +10AlN	4Sc ₂ O ₃	0
W. Ex. 15	1740	80	6Al ₂ O ₃ +10AlN	4CeO ₂	0
W. Ex. 16	1740	80	6Al ₂ O ₃ +10AlN	4Er ₂ O ₃	0
W. Ex. 17	1740	80	6Al ₂ O ₃ +10AlN	4Dy ₂ O ₃	0
W. Ex. 18	1740	80	6Al ₂ O ₃ +10AlN	4Yb ₂ O ₃	0
W. Ex. 19	1740	80	6Al ₂ O ₃ +10AlN	4Lu ₂ O ₃	0
W. Ex. 20	1750	66	6Al ₂ O ₃ +10AlN	3Y ₂ O ₃	15TiN
W. Ex. 21	1750	51	6Al ₂ O ₃ +10AlN	3Y ₂ O ₃	30TiN
W. Ex. 22	1750	66	6Al ₂ O ₃ +10AlN	3Y ₂ O ₃	15TiCN
W. Ex. 23	1750	66	6Al ₂ O ₃ +10AlN	3Y ₂ O ₃	15TiC
Co. Ex. 1	1700	94	3Al ₂ O ₃	3Y ₂ O ₃	0
Co. Ex. 2	1710	63	17Al ₂ O ₃ +17AlN	3Y ₂ O ₃	0
Co. Ex. 3	1700	67	15Al ₂ O ₃ +15AlN	3Y ₂ O ₃	0
Co. Ex. 4	1730	83	14Al ₂ O ₃	3Y ₂ O ₃	0
Co. Ex. 5	1740	75	10Al ₂ O ₃ +12AlN	3Y ₂ O ₃	0
Co. Ex. 6	1750	79.5	0.5Al ₂ O ₃ +17AlN	3Y ₂ O ₃	0
Co. Ex. 7	1800	79	18AlN	3Y ₂ O ₃	0

表 2 (2/2)

	测定 Z 值	掺入比例 [%]	晶粒间界相的量[%]	α -值 [%]	切削距离 [km]	齿侧面磨损的计算	耐碎裂性
W. Ex. 1	0.2	95	10	0	29	0.7	1.4
W. Ex. 2	1.0	92	10.5	0	50	1.2	1.2
W. Ex. 3	0.9	83	15	0	38	1.5	1.6
W. Ex. 4	0.8	75	19.5	0	32	1.6	1.5
W. Ex. 5	0.4	90	11	0	35	1.0	1.8
W. Ex. 6	0.7	80	9.4	0	40	0.9	1.2
W. Ex. 7	0.4	91	10.3	15	30	1.3	1.1
W. Ex. 8	0.4	93	6	28	30	0.6	1.8
W. Ex. 9	0.4	90	7.4	40	35	0.7	1.1
W. Ex. 10	0.4	85	6.2	0	33	1.3	1.2
W. Ex. 11	0.4	86	10.1	0	31	1.4	1.5
W. Ex. 12	0.4	90	9.7	0	35	1.1	1.3
W. Ex. 13	0.4	92	8	0	38	1.0	1.5
W. Ex. 14	0.4	86	10	0	30	1.0	1.3
W. Ex. 15	0.4	90	8	0	36	1.1	1.3
W. Ex. 16	0.4	84	11	0	32	0.9	1.3
W. Ex. 17	0.4	80	13	0	33	0.8	1.1
W. Ex. 18	0.4	92	8	0	35	1.2	1.3
W. Ex. 19	0.4	90	10	0	32	0.7	1.0
W. Ex. 20	0.5	91	12	0	38	1.6	1.2
W. Ex. 21	0.5	88	10.6	0	40	1.7	1.3
W. Ex. 22	0.5	85	11.3	0	41	1.7	1.3
W. Ex. 23	0.5	89	10.8	0	37	1.7	1.2
Co. Ex. 1	0.1	86	10.7	0	12	1.5	1.2
Co. Ex. 2	1.2	90	12	0	51	2.2	0.8
Co. Ex. 3	0.7	64	18	0	39	3.3	1.3
Co. Ex. 4	0.5	84	23	0	40	3.8	1.4
Co. Ex. 5	0.6	90	3	0	42	0.7	0.7
Co. Ex. 6	0.4	84	8.5	45	45	1.6	0.7
Co. Ex. 7	0.4	89	9.9	58	46	1.5	0.6

如表 2 所示，第二发明的刀片或者工作实施例的刀片，所具有的刀片切削距离长、评定齿侧面磨损少，耐碎裂性能优良。相反，对比例的刀片至少在切削距离、评定齿侧面磨损和耐碎裂性要逊色，这是

令人不满意的。

C. 用于第三发明的实施例 24-41 和对比例 8-16

(1) 抛射型刀片的制备

如表 3 所示, 通过分别混合平均粒径为 $0.5\ \mu\text{m}$ 的 $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$ 粉末; 选自由平均粒径为 $1.0\ \mu\text{m}$ 的 Sc_2O_3 粉末, 平均粒径为 $1.3\ \mu\text{m}$ 的 Y_2O_3 粉末, 平均粒径为 $1.7\ \mu\text{m}$ 的 CeO_2 粉末, 平均粒径为 $0.9\ \mu\text{m}$ 的 Dy_2O_3 粉末, 平均粒径为 $1.0\ \mu\text{m}$ 的 Er_2O_3 粉末, 平均粒径为 $1.1\ \mu\text{m}$ 的 Yb_2O_3 粉末, 和平均粒径为 $1.0\ \mu\text{m}$ 的 Lu_2O_3 粉末组成的烧结助剂; 和进一步平均粒径为 $0.4\ \mu\text{m}$ 的 Al_2O_3 粉末, 平均粒径为 $1.3\ \mu\text{m}$ 的 AlN 粉末, 平均粒径为 $1.5\ \mu\text{m}$ 的 TiN 粉末制备粉状原料。然后, 将各种粉状原料放在球磨机中, 其内壁由 Si_3N_4 制成, 带有 Si_3N_4 球, 然后向球磨机中加入乙醇。球磨机中的成分混合 24 小时, 然后即获得粉状原料的浆液。从以与第一发明实施例中的项目“(1) 刀片的制备”所说明的同样方法, 从各浆液制备图 1 所示刀片的几何形状的压模。将模具在烘箱中 1 大气压的氮气气氛中, 600°C 下脱脂 60 分钟。预烧结以下列方式进行: 将脱脂模具放在由氮化硅制成的容器中。然后, 将温度升高到 1800°C , 容器中的模具在 6 大气压的氮气气氛中保持该温度 120 分钟。为了除去残存在第一烧结体中的气孔, 通过热等静压力 (HIP) 进行第二烧结。具体地说, 预烧结后的本体在低于 1000 大气压的氮气气氛中, 1700°C 的温度下加热 120 分钟。将获得的赛纶陶瓷烧结体研磨并形成 ISO 标准 SNGN120408 的几何形状的刀片。从而, 从各粉状原料制成了切削工具用的刀片。

(2) 刀片性能的测定

下面将说明刀片性能的测定方法。用 Archimede 方法测定各实施例烧结体的密度。理论密度除以测定值, 计算测量密度与理论密度的比值。除了对比例 8 的样品外, 所有样品都达到了高的比值, 这意味着除了对比例 8 的烧结体以外的烧结体被压实, 并且没有微气孔残存。测定压实烧结体的性能。Z 值和 α 值的相关测定和计算用与上述实施例

中同样的方法进行。通过用透射电子显微镜观察结构测定 α -赛纶陶瓷颗粒中 Sc、Ce、Y、Dy、Er、Yb 和 Lu 的溶解量，并通过与其连接的 EDX 分析器对其化学成分进行分析。计算溶入 α -赛纶陶瓷颗粒的烧结助剂与添加烧结助剂的摩尔比（单位：mol%）。在 50,000 倍的放大倍数下进行观测。表 3 显示的是，从各种成分的粉状原料制备的工作实施例和对比例的刀片的成分和性能。

(3) 刀片切削性能的评定

对项目(1)下制备的工作实施例和对比例的刀片性能作如下测试。结果如表 3 所示。

斜截各个实施例刀片的切削刃，使各个斜面的宽度为 0.3 mm，其角度是 25 度。然后将刀片固定到铣刀上。(参见图 4 和 5))按如下条件进行切削。直到各个刀片切削刃的齿侧面磨损(VB)达到 0.3mm 时，认为切削工件数量是使用寿命的标志。当切削刃在齿侧面磨损 (VB) 达到 0.3 mm 之前碎裂时，认为直到切削刃碎裂，刀具所切削的工件数目是该标志。

(切削条件)

工件：符合 JIS FCD600 具有铸造表面的延性铁，测量其长度、宽度、厚度为 130 mm，700 mm，30 mm

切削速度：1000 m/min

进料速度：0.15 mm /片

切削深度：2.0 mm

冷却剂：未使用(干式)

使用的刀具： $\Phi 100$ ，以单个刀片切削

表 3 (1/2)

	试验序号	成分 [mol%]				
		Si ₃ N ₄	烧结助剂	Al 成分	TiN	
1. 作实施例	24	81	2Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +16AlN		
	25	79	4Sc ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +16AlN		
	26	79	4Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +16AlN		
	27	79	4Dy ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +16AlN		
	28	79	4Yb ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +16AlN		
	29	79	4Lu ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +16AlN		
	30	78	5Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +16AlN		
	31	86.5	4Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +8.5AlN		
	32	70	4Y ₂ O ₃	2.5Al ₂ O ₃ +23.5AlN		
	33	63	4Y ₂ O ₃	3Al ₂ O ₃ +30AlN		
	34	79.5	4Y ₂ O ₃	3Al ₂ O ₃ +13.5AlN		
	35	78	4Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +17AlN		
	36	65	2Y ₂ O ₃	3Al ₂ O ₃ +30AlN		
	37	80	2Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +17AlN		
	38	78.5	5Y ₂ O ₃	3Al ₂ O ₃ +13.5AlN		
	39	85.5	5Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +8.5AlN		
	40	61.5	4Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +8.5AlN	25	
	41	75.5	5Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +8.5AlN	10	
	对比例	8	82	1Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +16AlN	
		9	79	4CeO ₂	1Al ₂ O ₃ +16AlN	
		10	79	4Er ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +16AlN	
11		77	6Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +16AlN		
12		74	10Y ₂ O ₃	1Al ₂ O ₃ +15AlN		
13		90.5	4Y ₂ O ₃	0.5Al ₂ O ₃ +5AlN		
14		59.5	4Y ₂ O ₃	3.5Al ₂ O ₃ +33AlN		
15		82	4Y ₂ O ₃	5Al ₂ O ₃ +9AlN		
16		78.5	4Y ₂ O ₃	0.5Al ₂ O ₃ +17AlN		

表 3 (2/2)

	试验 序 号.	α -值[%]	Z 值	烧结助剂的溶解比例 [%]	(a)	
工作实施例	24	27.1	0.32	30.1	10	
	25	11	0.38	30.7	11	
	26	23.2	0.38	42	13	
	27	24.4	0.4	38.9	13	
	28	24.5	0.45	43.5	14	
	29	24.9	0.41	41.1	13	
	30	22.5	0.39	50	16	
	31	25.4	0.22	31.5	9	
	32	26.4	0.7	34.8	20	
	33	20	0.95	30.3	19	
	34	10.3	0.44	33	9	
	35	40	0.44	42.1	16	
	36	21	0.97	30.2	13	
	37	38.7	0.39	40	17	
	38	12.1	0.38	39.5	11	
	39	26	0.22	50	15	
	40	24.4	0.22	32.2	11	
	41	25.7	0.21	48	17	
	对比例	8	不能压实			-
		9	0	0.4	0	4
10		17.7	0.41	21.2	5	
11		25.4	0.4	54.4	(b)	
12		23.5	0.4	60.9	(c)	
13		30.1	0.17	42.5	5	
14		14.4	1.1	24.1	(d)	
15		5.1	0.44	22.1	3	
16		45.8	0.42	54.1	(e)	

- (a) 刀具能够切削制工件的数量（片数）
- (b)、(e)、(f)切削三个工件后碎裂的各个刀片。
- (c) 切削四个工件后碎裂的刀片
- (d) 当在切削两个工件时碎裂的刀片。

如表 3 所示，工作实施例 24-41 的刀片是依照本发明的刀片，能够切削很多工件，具体地说，直到各个刀片切削刃的齿侧面磨损（VB）达到 0.3 mm，能切削 9 个或更多。而且，没有观察到工作实施例中制备的刀片的各个切削刃的碎裂。相反，装备不符合本发明必要条件的对比例刀片的刀具至多只能切削五件。此外，有的刀片切削刃碎裂，并且压模无法压实。

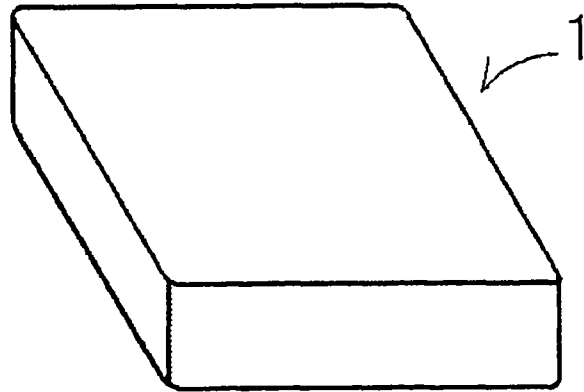


图1

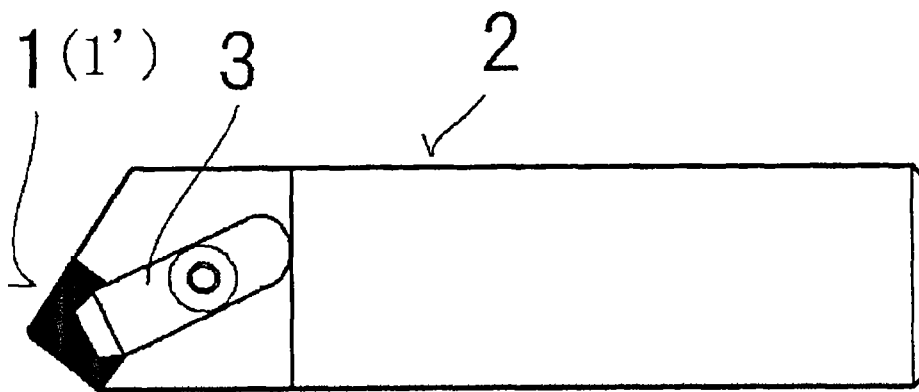


图2

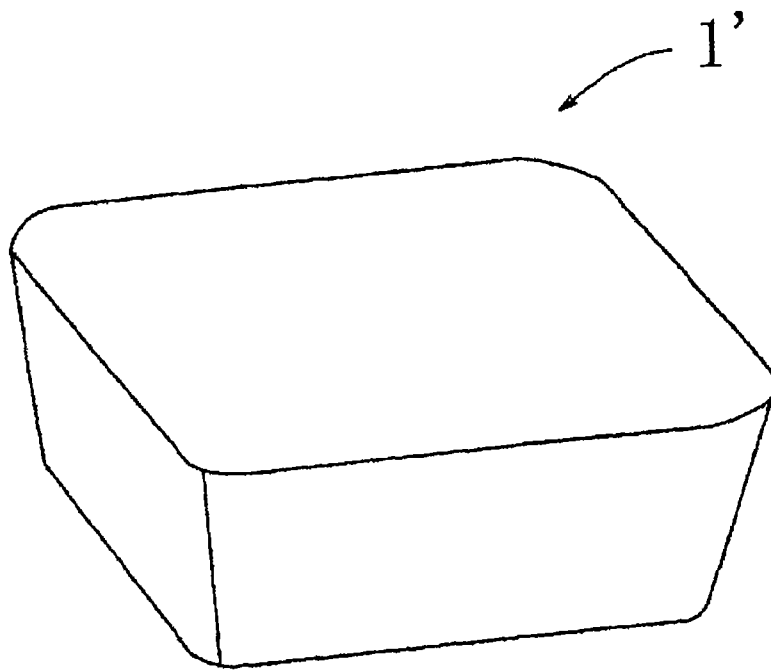


图3

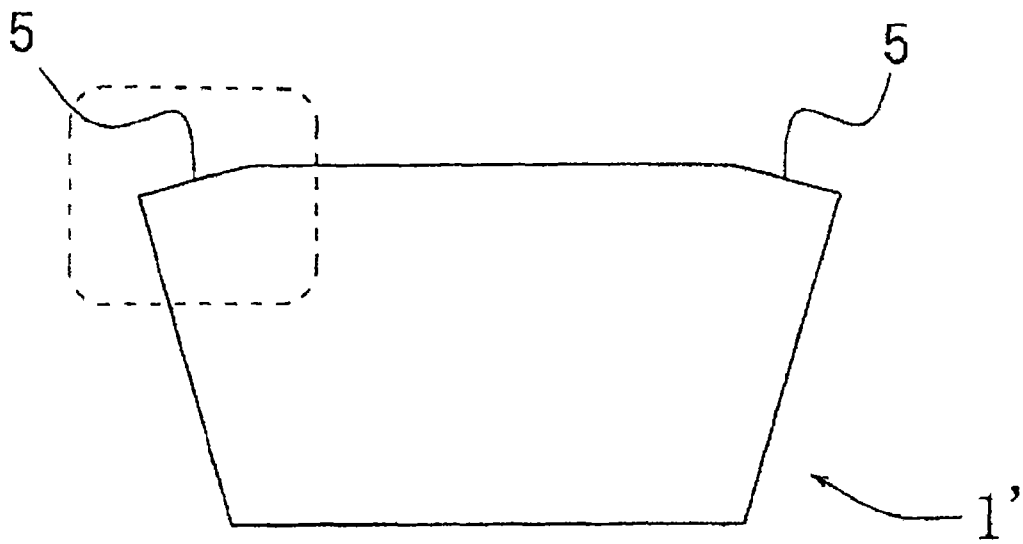


图4

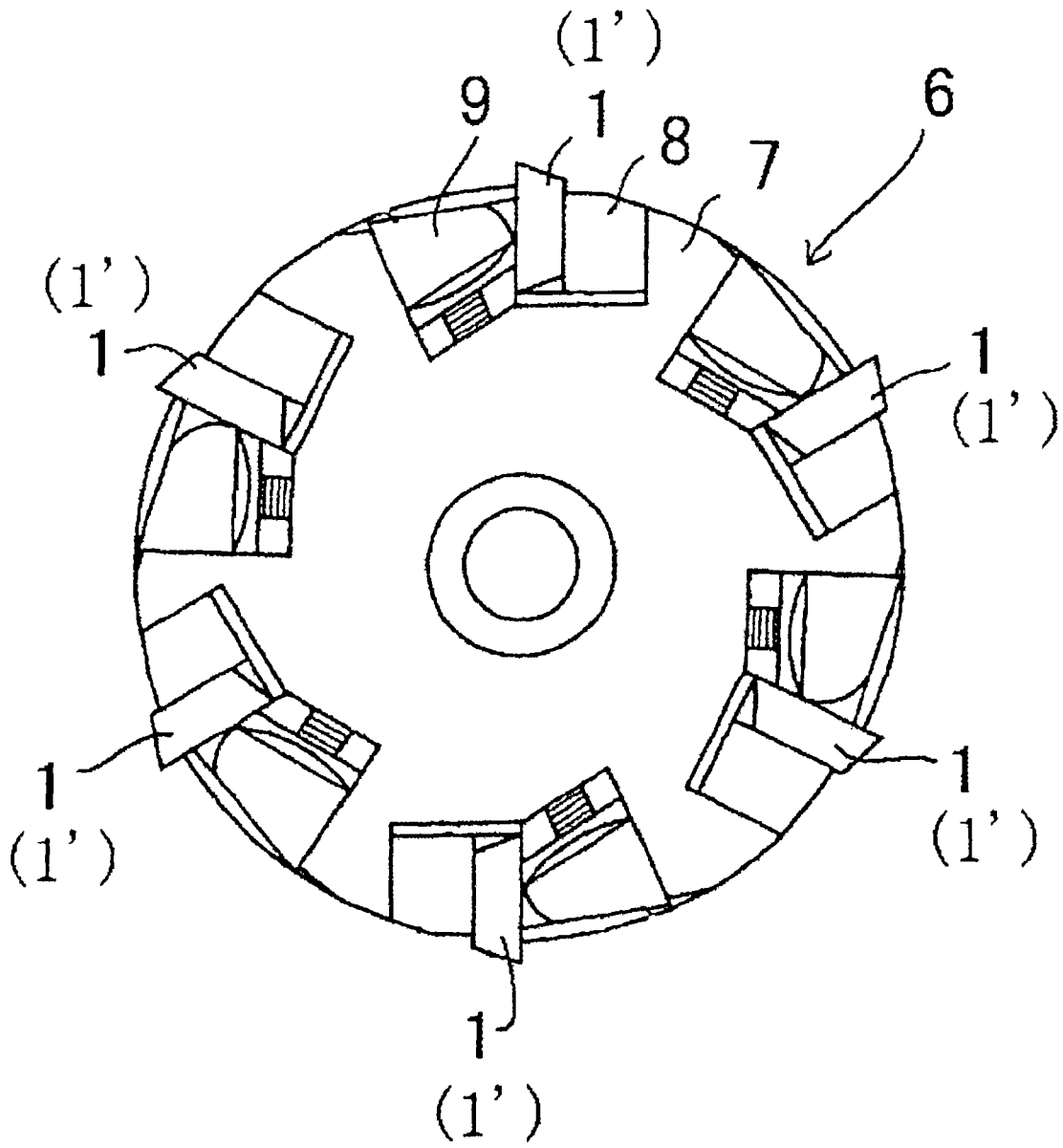


图5