



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 97180258.0

[45] 授权公告日 2004 年 10 月 13 日

[11] 授权公告号 CN 1170657C

[22] 申请日 1997. 10. 2 [21] 申请号 97180258.0

[30] 优先权

[32] 1996. 12. 2 [33] US [31] 08/753,838

[86] 国际申请 PCT/US1997/018277 1997. 10. 2

[87] 国际公布 WO1998/024593 英 1998. 6. 11

[85] 进入国家阶段日期 1999. 6. 2

[71] 专利权人 诺顿公司

地址 美国马萨诸塞州

[72] 发明人 R·M·安德鲁斯 S·博伊尔

R·L·欧文 C·S·波利梅诺斯

R·W·华莱霍拉

审查员 冯宪萍

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

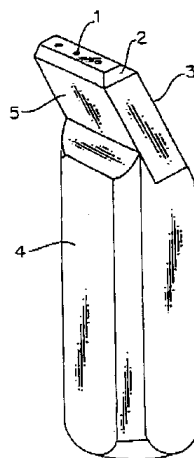
代理人 朱黎明

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 1 页

[54] 发明名称 研磨工具

[57] 摘要

本发明提供一种金属粘结的研磨工具，它具有更长的使用寿命以及改善的机械特性。本发明还包括能提高使用寿命以及机械特性的粘接组合物，尤其是用在金刚石刀具整形工具中的粘接组合物。



1. 一种包含超研磨颗粒以及活性金属粘结组合物的研磨工具，其中，所述活性金属粘结组合物含有 2-40 wt% 的活性材料，5-80 wt% 的硬材料，以及选自由钴、铁、镍及其合金和组合所组成的组的 15-90 wt% 的粘结材料；大部分的超研磨颗粒在烧结之后与至少部分的活性材料化学粘结以形成一种金属粘结料。

2. 如权利要求 1 所述的研磨工具，其特征在于，所述活性材料系一种适于以 700-1300℃ 的温度在非氧化气氛下与超研磨颗粒起反应以形成一种选自由碳化物及氮化物的复合物所组成的组的产物的复合物。

3. 如权利要求 1 所述的研磨工具，其特征在于，所述活性材料选自由钛、锆、铪、铬、它们的氢化物及其合金和组合所组成的组。

4. 如权利要求 1 所述的研磨工具，其特征在于，所述硬材料系一种具有至少 1000 努普硬度的陶瓷材料。

5. 如权利要求 4 所述的研磨工具，其特征在于，所述硬材料选自由碳化钨、硼化钛、碳化硅、氧化铝、碳化铬、硼化铬及其组合所组成的组。

6. 如权利要求 1 所述的研磨工具，其特征在于，所述金属粘结料还含有 0.5-20wt% 的浸渗剂。

7. 如权利要求 6 所述的研磨工具，其特征在于，所述浸渗剂选自由铜、锡、锌、磷、铝、银及其合金和组合所组成的组。

8. 如权利要求 1 所述的研磨工具，其特征在于，所述研磨工具系一种用于修整磨削工具的整形工具。

9. 如权利要求 8 所述的研磨工具，其特征在于，所述整形工具的活性金属粘结组合物大致上没有孔隙，并且其密度为理论值的至少 95%。

10. 如权利要求 8 所述的研磨工具，其特征在于，所述整形工具的活性金属粘结组合物含有 2-40 wt% 的活性材料、5-80 wt% 的硬材料以及 15-80 wt% 的粘结材料。

11. 如权利要求 8 所述的研磨工具，其特征在于，所述整形工具的活性金属粘结料含有 2-10 wt% 的活性材料、60-75 wt% 的硬材料以及 15-35 wt% 的粘结材料。

12. 如权利要求 8 所述的研磨工具，其特征在于，所述活性材料包含氢化钛，所述硬材料包含碳化钨，所述粘结材料包含钴，以及所述活性金属粘结组合物还包含 5-30 wt% 的铜浸渗剂。

13. 如权利要求 1 所述的研磨工具，其特征在于，所述研磨工具系一种磨削工具。

14. 如权利要求 13 所述的研磨工具，其特征在于，所述磨削工具包含最多占有 15% 体积的孔隙。

15. 如权利要求 13 所述的研磨工具，其特征在于，所述磨削工具的活性金属粘结组合物含有 2-40 wt% 的活性材料、5-30 wt% 的硬材料以及 50-90 wt% 的粘结材料。

16. 如权利要求 13 所述的研磨工具，其特征在于，所述磨削工具的活性金属粘结组合物含有 2-10 wt% 的活性材料、5-20 wt% 的硬材料以及 70-90 wt% 的粘结材料。

17. 如权利要求 13 所述的研磨工具，其特征在于，所述磨削工具的活性金属粘结组合物含有 2-10 wt% 的活性材料、10-20 wt% 的硬材料以及 70-80 wt% 的粘结材料。

18. 如权利要求 13 所述的研磨工具，其特征在于，所述活性材料包含氢化钛，所述硬材料包含碳化钨，以及所述粘结材料包含钴。

19. 如权利要求 13 所述的研磨工具，其特征在于，所述金属粘结料还包含一种铜浸渗剂。

20. 如权利要求 1 所述的研磨工具，其特征在于，所述活性金属粘结组合物还包含至少一种填料、润滑材料或者二次研磨料。

21. 一种制造整形工具的方法，包括下列工序：

a) 提供一种由 2-40 wt% 的活性材料、50-80 wt% 的硬材料以及选自由钴、镍、铁及其合金和组合所组成的组的 10-30 wt% 的粘结材料所组成的活性金属粘结组合物的粉末混合物；

b) 将部分的混合物压入到具有所述整形工具的形状的一模腔内；

c) 将超研磨颗粒以所需图案放入到所述被压制的混合物内；

d) 将剩余部分的混合物压入到所述模腔内，位于所述超研磨颗粒的上方；

e) 在 1.0 到 0.01 微米汞柱压力的真空状态下、以 1150 到 1200℃ 的温度烧结模腔内的粘结混合物以及超研磨颗粒，以形成一种组合结构；

f) 用粉末混合物重量基础上的 10-30% 的、选自由铜、锡、锌、磷、铝、银及其合金和组合所组成的组的浸渗剂在真空状态下渗透所述组合结构，直到用浸渗剂基本填满组合结构中所有的空闲体积；

从而在渗透以及所述整形工具大致上没有孔隙之前，所述活性材料与所述超研磨颗粒起化学反应。

研磨工具

技术领域

本发明涉及金属粘结的研磨工具，尤其涉及用于修整研磨砂轮的金剛石整形(dressing)工具，本发明还涉及用于提高机械强度以及提高研磨工具中研磨颗粒的保持性的一种新颖的粘结组合物。

背景技术

为了满足工业制造商的需求，有必要对金属粘接的超研磨工具的研磨保持性、粘接耐久性以及工具使用寿命不断地进行改进。为获得所需的磨削操作的效率和裕量(tolerance)，研磨磨削工具的质量，连同用于修整研磨磨削工具的整形工具的质量在一起均是至关重要的。

金剛石刀具(blade)整形器或者旋转整形砂轮被用来修整磨削砂轮的表面或者形成该磨削砂轮中的一种轮廓。旋转整形器主要用于形成或者维持具有一种所形成的轮廓的磨削面的研磨工具的形状。使用在整形工具中的金属粘结组合物对整形工具的质量具有巨大的冲击力。本技术领域已知的金属粘结的整形工具包括由含锌合金、铜-银合金、钴合金、铜或者铜合金所粘结的金剛石研磨颗粒。

虽然已知含锌合金可用于金属粘结的金剛石整形器中而获得较高的粘结质量，然而同时也已知它们在制造操作中存在着缺点。锌会在制造粘结的研磨工具期间所处的温度时过量挥发，从而导致粘结料中锌的损耗。这样就升高了金属粘结料的液线(liquidus)温度，从而需要较高的制造温度。较高的温度会导致炉衬过早地损坏、较高的能量成本以及潜在地对环境产生不利影响。

美国专利号 A-5, 505, 750 中所描述的一种接近共晶体(near-eutectic)的铜磷组合物是使用在整形工具的金属粘结料中的。该粘结料还包含硬材料(hard phase)粒子，诸如钨、碳化钨、钴、钢、溶胶(sol gel)α型氧化铝研磨颗粒以及斯特莱特硬质合金(stellite)。

美国专利号 A-3, 596, 649 中所描述的旋转整形器是用一种金属粉末粘结组合物来制成的，该组合物包含涂有碳化钨的、粘结在钴基块(matrix)中的金剛石磨料。从理论上讲，已发现此工具的进步之处在于，接近金剛石磨料的材料在使用中相对易于磨耗以露出用于整形的新的金剛石晶体平面。先前已知的碳化钨/钴的 50/50 混合物的特征在于，会紧挨着金剛石产生一种刚性基块，从而造成低效的切削动作。

美国专利号 A-5, 385, 591 中所描述的研磨磨削工具是用一种包含具有特定硬度值的一种填料的金属粘结料来制成的。该填料由一定等级的钢或陶瓷组成。该

填料与研磨颗粒以及铜、钛、银或者碳化钨一同烧结在粘结料之中。较佳的粘结组合物含有银、铜及钛，其中钛用于在烧结的粘结料中形成铜-钛相。

美国专利号 A-5, 492, 771 中描述了一种用于单层研磨工具的金属钎焊 (brazing) 组合物，该组合物包含银、铜及钨与钛或其它活性金属的合金或者混合物，以便将研磨颗粒润湿。

美国专利号 A-5, 011, 511 中描述了既可用于单层研磨工具、又可用于金属基块粘结研磨工具的一种金属粘结料，它包含铜-银-钛合金、或者铜-钛合金、抑或铜-钨合金、铜-钛共晶体以及铜-钨共晶体。在粘结期间，研磨颗粒与粘结组分反应以形成碳化物或者氮化物。

美国专利号 A-4, 685, 440 中描述了一种通过电解电镀 (electrolytic plating) 工艺所形成的、用于旋转整形器的镍合金粘结料。

尽管这些用于研磨工具的金属粘结系统已有所发展，但是仍旧需要一种有更长的使用寿命、更佳的耐磨性以及更佳的研磨颗粒粘结性的更好的粘结料。

发明内容

本发明系一种包含超研磨颗粒和活性金属粘结组合物的研磨工具，该活性金属粘结组合物含有 2-40 wt% 的活性材料，5-80 wt% 的硬材料，以及选自由钴、铁、镍、它们的合金及其组合 (combination) 所组成的组的 15-90 wt% 的粘结材料；其中大部分的超研磨颗粒在烧结之后与至少部分的活性材料化学粘结以形成一种金属粘结料。该金属粘结料还可包含 0.5 到 20 wt% 的浸渗剂 (infiltrant phase) 以使该金属粘结料密实。该浸渗剂选自由铜、锡、锌、磷、铝、银及其合金和组合所组成的组。

该研磨工具可为一种整形工具或者研磨磨削工具。

一种用于制造本发明整形工具的方法包括第一烧结工序和第二工序，在第一烧结工序中，超研磨颗粒与活性金属粘结组合物中的活性材料起反应以形成一种烧结的组合物，在第二工序中，将一种浸渗剂真空渗透到烧结的组合物中以形成一种大致上没有孔隙的研磨工具。

一种制造整形工具的方法，包括下列工序：

- a) 提供一种由 2-40 wt% 的活性材料、50-80 wt% 的硬材料以及选自由钴、镍、铁及其合金和组合所组成的组的 10-30 wt% 的粘结材料所组成的活性金属粘结组合物的粉末混合物；
- b) 将部分的混合物压入到具有所述整形工具的形状的一模腔内；
- c) 将超研磨颗粒以所需图案放入到所述被压制的混合物内；
- d) 将剩余部分的混合物压入到所述模腔内，位于所述超研磨颗粒的上方；

e) 在 1.0 到 0.01 微米汞柱压力的真空状态下、以 1150 到 1200℃ 的温度烧结模腔内的粘结混合物以及超研磨颗粒, 以形成一种组合结构;

f) 用粉末混合物重量基础上的 10-30% 的、选自由铜、锡、锌、磷、铝、银及其合金和组合所组成的组的浸渗剂在真空状态下渗透所述组合结构, 直到用浸渗剂基本填满组合结构中所有的空闲体积;

从而在渗透以及所述整形工具大致上没有孔隙之前, 所述活性材料与所述超研磨颗粒起化学反应。

附图说明

图 1 简略地示出了本发明的一种金刚石刀具整形工具。

具体实施方式

本发明系一种包含通过金属粘结料所粘结的研磨粒子的研磨工具, 该金属粘结料含有硬材料, 选自钴、铁、镍及其合金和组合的粘结材料, 以及由适于分别结合金刚石或氮化硼立方体研磨料来形成碳化物或者氮化物组合物的化学反应物组成的活性材料。该研磨工具通常包括一金属芯体或柄体以及通过本技术领域已知的钎焊、渗透、粘结、金属粘结或者其它方法固定到金属芯体或柄体上的金属粘结的研磨组合物。在本发明的一附加方面中, 还可用金属、例如铜、锡、银、锌、磷、铝及其合金和组合的浸渗剂来使该金属粘结料密实。

研磨工具较佳地作为一种用于形成一种轮廓并可维持研磨磨削工具的自由切削状态的整形工具。图 1 示出了一种典型的整形工具。金刚石颗粒(1)粘结在一金属基块(2)之中以形成整形工具的研磨部分(3)。该研磨部分(3)固定在一芯体或者柄体(4)上, 沿着研磨部分(3)的一侧或者两侧上提供有由钢或者其它金属制成的一背衬件(5)。芯体或柄体(4)被用来将整形工具安装在机器上、或者以人工操作的方式保持该工具。整形工具的金属芯体可由钢、较佳地为碳素钢或者不锈钢制成; 或者由渗透的粉末金属制成, 此时用作为浸渗剂的金属粘结料与研磨组合物中的金属粘结料是相同的, 该粉末金属可为例如钨、铁、钢、钴或者其组合; 或由适于在使用时向整形工具的研磨部分提供机械支承的任何其它材料制成。

对于本发明的工具, 研磨颗粒的粒度一般大于 325 筛目(mesh), 并且较佳地大于大约 140 筛目。研磨颗粒系诸如金刚石或者氮化硼立方体(CBN)之类的超研磨物质。对于整形工具而言, 金刚石更好一些。

术语“粘结组合物”是指包围并粘附至磨料的诸组分的粉末混合物的组合物。术语“粘结料”是指在对粘结组合物进行加热或者其它处理、以便将研磨颗粒固定在金属基块内之后的密实的金属粘结料。

通常，粘结组合物的组分是以粉末形式提供的。粉末粒度并不关键，但小于大约 325US 筛目 (44 μm 粒度) 的粉末是较佳的。该粘结组合物是通过例如用滚筒混和诸成分、直到诸组分被分散成为具有均匀的密度 (concentration) 来进行制备的。

粘结组合物的硬材料给研磨工具提供了耐磨性。耐磨性维持了金属粘结料的寿命，因此该金属粘结料不会在通过整形或者磨削操作来消耗研磨颗粒之前失效。在研磨磨削工具的修整期间遭受到研磨力的整形工具中需要较大密度的硬材料物质。该硬材料较佳地含有碳化钨、硼化钛、碳化硅、氧化铝、硼化铬、碳化铬及其组合。该硬材料系一种金属碳化物或硼化物、或者系一种较佳地具有至少 1000 努普 (Knoop) 硬度的陶瓷材料。

粘结组合物的粘结材料必须在烧结的情况下对活性材料几乎不呈现反应能力。该粘结材料含有诸如钴、镍、铁及其合金和组合之类的金属。

活性材料必须在非氧化烧结的情况下与研磨颗粒起反应以形成碳化物或者氮化物，从而将研磨颗粒牢牢地粘结到金属粘结料内。该活性材料较佳地含有诸如钛、锆、铬和钨和它们的氢化物、以及其合金和组合。

呈与金刚石或者 CBN 起反应的形式钛系一种较佳的活性材料组分，并且已被证明可增加研磨料与金属粘结料之间的粘结强度。可将钛以单体或者复合物的形式添加到混合物中。单体钛会与氧起反应而形成二氧化钛，于是在烧结期间变得无法与金刚石起反应。因此，在存在氧的情况下添加单体钛不是最好。倘若以复合物的形式添加钛，则该复合物能够在烧结工序期间进行分解，以使钛与超研磨料起反应。较佳地，钛以氢化钛 TiH_2 的形式添加到粘结材料中，它可稳定直到大约 600 $^{\circ}\text{C}$ 。在大约 600 $^{\circ}\text{C}$ 以上，在惰性气氛 (atmosphere) 中或者真空情况下，氢化钛分解成钛和氢。

钴是粘结组合物的粘结材料的一种较佳组分。由于钴与一种较佳的硬材料 (例如，碳化钨) 一起成形，因此它有助于基块的韧度，并且几乎不会与活性材料起反应。当制得钴粘结材料时，研磨颗粒、硬材料及活性材料的烧结组合结构具有较优的机械强度与刚度。

本发明的研磨工具、尤其是整形工具的一较佳方面在于使用一种浸渗剂来填充烧结组合结构的孔隙。虽然有多种材料能满足此目的，但铜是较佳的。已发现，在烧结之前就将铜或者其它较佳的浸渗剂材料添加到粘结组合物中有害于将研磨颗粒保持在粘结料中。从理论上讲，铜或者其它浸渗剂与活性材料起反应，阻碍了与大部分研磨颗粒形成碳化物或者氮化物。因此，较佳地，在活性材料反应发生之后 (即，在为了将研磨颗粒固定在粘结料中而进行烧结或者其它热处理之后) 再将诸如铜、锡、锌、磷、铝、银及其合金和混合物之类的金属添加到粘结

组合物中。

如以下将说明的那样，打算通过真空渗透使铜流入到烧结组合物内，以获得金属粘结的研磨工具中的真密度。因此，将铜成分以易于渗透的形式进行添加是很重要的。倘若以作为具有诸如铝、锡及银之类的稀释剂的铜合金进行添加的话，则该合金的熔化温度范围可能将过于宽大而无法以在多数熔炉的操作中所见到的加热速率来使之均匀地流动。铜成分较佳地为单体铜。

对于具有比研磨磨削工具更需要的粘结密度及性能要求的整形工具，粘结组合物较佳地是大约 5-80 wt% 的硬材料、大约 15-80 wt% 的粘结材料以及大约 2-40 wt% 的活性材料，更佳地是大约 60-75 wt% 的硬材料、大约 15-35 wt% 的粘结材料以及大约 2-10 wt% 的活性材料硬材料粘结材料活性材料。

在一较佳实施例中，整形工具的粘结组合物含有碳化钨硬材料、钴粘结材料以及氢化钛活性材料。该粘结组合物较佳地是大约 5-80 wt% 的碳化钨、大约 15-80 wt% 的钴以及大约 2-40 wt% 的氢化钛，更佳地是大约 60-75 wt% 的碳化钨、大约 15-35 wt% 的钴以及大约 2-10 wt% 的氢化钛，最佳地是大约 60-75 wt% 的碳化钨、大约 20-30 wt% 的钴以及大约 2-5 wt% 的氢化钛。当该整形工具的粘结组合物与一种浸渗剂一起使用时，该浸渗剂较佳地含有大约 5-30 wt% 的铜，更佳地含有大约 10-20 wt% 的铜，最佳地含有大约 10-15 wt% 的铜。

对于研磨磨削工具，一种较佳的粘结组合物含有大约 5-30 wt% 的硬材料、大约 50-90 wt% 的粘结材料以及大约 2-40 wt% 的活性材料，更佳地含有大约 5-20 wt% 的硬材料、大约 70-90 wt% 的粘结材料以及大约 2-10 wt% 的活性材料，最佳地含有大约 10-20 wt% 的硬材料、大约 70-80 wt% 的粘结材料以及大约 2-10 wt% 的活性材料。按体积百分比计，研磨磨削工具可包含 0-15 % 的孔隙率，10-50 % 的研磨颗粒和 50-90 % 的金属粘结料。在整形工具的情况下，具有铜浸渗剂的、含有碳化钨、钴、铜及氢化钛的粘结组合物是较佳的。

用于各种类型的工具的粘结组合物还可包含少量的附加组分，诸如润滑材料（例如，蜡）、或者二次研磨料或填料、或者少量的本技术领域已知的其它粘结材料。通常，这些附加组分可占据粘结组合物的大约 5 wt%。

在制造整形工具的过程中，混合粘结组合物粉末，例如碳化钨、钴及氢化钛粉末以形成粉末混合料，然后将该混合料与研磨颗粒压入到一模腔内进行冷压，以便从粉末与金刚石研磨颗粒模制出一未烧结(green)的组合物，然后在避免钛和金刚石的氧化并允许氢化钛热分解、以便形成含有可将金刚石牢牢地粘结在金属相中的碳化钛相的组合物所选定的条件下进行烧结。烧结工序通常是在真空或者 0.01 微米到 1 微米汞柱的非氧化气氛下、以及在 1150℃ 到 1200℃ 的温度下进行的。在第二工序中，用浸渗剂真空渗透该烧结的组合物，以便使研磨工具完全

密实，并且基本消除所有的孔隙。在一较佳工具中，该密度是用于金属粘结的研磨组合物的理论密度值的至少 95%。

在制造整形工具的过程中，一部分干燥的粉末粘结组合物被添加到随后再加入(followed by)研磨颗粒的一模具中并被压制，然后，可将余下的组合物添加到该模具中以使研磨颗粒嵌在粘结料之中。可将研磨颗粒设置成一单层，即大致上一个颗粒的厚度，并可将它们间隔布置成由整形工具明细规格所规定的图案。

也可采用本技术领域其它已知的方法来制造研磨工具。例如，可采用热压设备以使物质固结及密实来替代冷压固结及烧结工序。倘若热压是在真空状态下进行的，则通常无需通过渗透组合物来获得真密度。

本技术领域中的一名熟练人员将意识到的是，由于组合中的这些物质的相对反应性，因此当粘结 CBN 而不是金刚石时应当增加活性材料中的钛的量。可以类似的方式来调节粘结料中的其它相的量以提供研磨工具组合物中的各种组分。因此，本发明并不受这里所提供的具体实例的限制。

当在一石墨模具中以传统方式制造旋转整形器时，难以获得使活性材料直接与金刚石相接触以使粘结成形达到最大的最优压力。于是，本发明的方法较佳地用于制造形状简单且平坦的整形工具、例如整形刀或者钻尖(nib)，而不适用于制造圆形或者复杂形状的整形工具。

实例

实例 1

根据本发明来制造整形刀的样品，用以在制造定型中进行试验并与商业用(commercial)整形刀作比较。

含有 72 wt%的碳化钨、24 wt%的钴(由 Kennametal Inc. 提供的 DM75)以及 4 wt%的氢化钛(由 Cerac Inc. 提供)的金属粉末的混合物被分为两部分。用手将 65 克的混合物在室温下引入到一其尺寸为 10 mm×10mm 的刀形模腔内。然后将中线(median)直径为 0.029''的西非圆形金刚石以八行八列、单层的形式放置到经松散地压制的粉末上，其中金刚石行偏离垂直于刀具侧面的一条线 11 度。其余的 80 克粉末粘结混合物在室温和 870 MPa(63tsi)压力下在模腔中的金刚石层上进行压制。将由此所获得的未烧结的金刚石与粘结混合物的组合物在一石墨装置(fixture)中在真空(10^{-4} Torr)状态下以 1200℃的温度烧结 30 分钟。烧结之后，在 400-500 微米汞柱的氮局部(partial)压力状态下以 1130℃的温度向该组合物真空渗透铜(粘结混合物的 8-12 wt%)30 分钟。于是，研磨刀的成品被完全密实，基本不含有孔隙，且具有良好的金刚石粘结特性和 25-30HRc 硬度。将研磨刀的成品钎焊到一钢柄上以形成其构造在磨削工业中被普遍使用的整形工具。这样制

得的研磨刀具有足够的机械强度，以至于可省去一般用于构造本技术领域中已知的金刚石整形工具刀的钢衬层。

本发明的金刚石刀具整形工具用于修整设置在一商业用金属零件磨削操作中的陶瓷粘结溶胶矾土(alumina)砂轮(5SG60-KVS)。通过使用相同商业用金属零件磨削操作中的相同的砂轮将两种具有相同大小的金刚石磨料以及相同大小的刀具的商业用金刚石刀具整形工具与本发明的工具作比较。其结果如下：

表 1			
工具磨损率			
样值	本发明	商业用 刀具 1	商业用 刀具 2
刀具磨损	0.221	0.384	0.246
cm (in)	(0.087)	(0.151)	(0.097)
砂轮磨损	5129	2179	2950
cm ³ (in ³)	(313)	(133)	(180)
磨损比	3600	880	1856

当在相同的制造条件下用于修整研磨砂轮时，本发明的工具寿命为商业用刀具 1 的工具寿命的大约 4.0 倍，为商业用刀具 2 的工具寿命的大约 1.9 倍。本发明的磨损比(在整形期间所消耗的每英寸刀具所去除的砂轮体积(in³))明显地优于商业用刀具的磨损比。

要明白的是，在不脱离本发明范围与精神的条件下，本技术领域中的那些熟练人员将很清楚还有并还能方便地进行各种其它的变型。因此，所附权项的范围不受上述描述的限制，相反该权项包含所有的属于本发明的可获专利的新颖特点，包括被本技术领域中的那些熟练人员看作是本发明有关的等效物的所有特点。

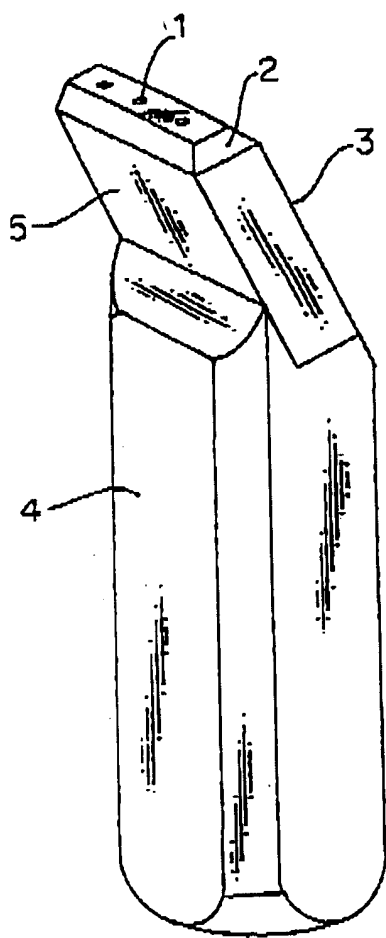


图 1