[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B24B 41/06 (2006.01)
B24B 5/04 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580028466.1

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 100566941C

[22] 申请日 2005.8.11
[21] 申请号 200580028466.1
[30] 优先权
[32] 2004. 8.24 [33] US [31] 10/925,127
[86] 国际申请 PCT/US2005/028467 2005.8.11
[87] 国际公布 WO2006/023350 英 2006.3.2
[85] 进入国家阶段日期 2007.2.25
[73] 专利权人 圣戈本磨料股份有限公司
地址 美国马萨诸塞州
[72] 发明人 A·M·波纳 E·L·兰伯特
B·E·维让 E·布莱特
[56] 参考文献
US2002/0151265A1 2002.10.17
WO03/086703A1 2003.10.23
US5378697A 1998.4.14
US5912216A 1999.6.15
CN1224379A 1999.7.28
CN1079685A 1993.12.22
US6440185B2 2002.8.27
WO03/086702A1 2003.10.23
US2003/0194954A1 2004.10.16
US2003/0194947A1 2003.10.16
审查员 郭 帅
[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
代理人 朱黎明

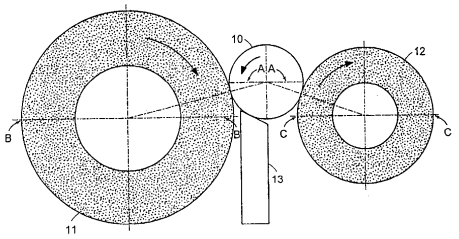
权利要求书 3 页 说明书 16 页 附图 1 页

[54] 发明名称

一种粘结磨料磨具和无心研磨的方法

[57] 摘要

具有控制的微结构的有机粘结磨料磨具，其包含较低体积百分数的磨料颗粒，硬度级别较低，但是该磨料磨具的特征是，具有堪与硬度级别高得多、孔隙率较低的工具相比的极佳机械强度和有效研磨性能，特别是在各种研磨方法如无心研磨中更是如此。 提供一种用这些工具进行的无心研磨的方法。 描述了利用团聚的磨料颗粒制造磨料磨具的方法。



1.一种粘结磨料磨具，其包含一种三维复合物，该三维复合物包括：

(a)第一相，其包含20-48体积%的用20-48体积%的有机粘结材料粘结的磨料颗粒和小于10体积%的孔隙，其中50-100体积%的磨料颗粒是通过与无机粘结剂材料一起烧结而团聚在一起的许多颗粒，第一相是该复合物的连续相；和

(b)第二相，由16-34体积%的孔隙组成；

其中粘结磨料磨具的特征在于硬度级别以Norton Company级别标准判断在J和S之间，最小爆裂速度为6000sfpm，即30.48米/秒。

2.如权利要求1所述的粘结磨料磨具，其特征在于，所述复合物的第一相包含24-44体积%的用28-38体积%的有机粘结材料粘结的磨料颗粒和小于10体积%的孔隙，所述第二相由18-28体积%的孔隙组成。

3.如权利要求1所述的粘结磨料磨具，其特征在于，所述复合物的第一相包含26-38体积%的用26-38体积%的有机粘结材料粘结的磨料颗粒，所述第二相由18-24体积%的孔隙组成。

4.如权利要求1所述的粘结磨料磨具，其特征在于，所述复合物的第一相包含最少1体积%的无机粘结剂材料。

5.如权利要求4所述的粘结磨料磨具，其特征在于，所述粘结磨料磨具的硬度级别比用未通过与无机粘结剂材料烧结而团聚在一起的磨料颗粒制成的同样常规磨具的硬度级别至少要低两个级别。

6.如权利要求4所述的粘结磨料磨具，其特征在于，所述复合物的第一相包含2-12体积%的无机粘结剂材料。

7.如权利要求1所述的粘结磨料磨具，其特征在于，所述无机粘结材料选自：玻璃、玻璃化粘结材料、陶瓷粘结材料、玻璃-陶瓷粘结材料、无机盐材料和金属粘结材料、和它们的组合。

8.如权利要求1所述的粘结磨料磨具，其特征在于，所述复合物的第一相还包含许多通过用有机粘结剂材料固化而团聚在一起的颗粒。

9.如权利要求1所述的粘结磨料磨具，其特征在于，所述复合物的第一相是磨料颗粒锚固在有机粘结材料中的网状结构。

10.如权利要求1所述的粘结磨料磨具，其特征在于，所述有机粘结材料选自：酚醛树脂材料、环氧树脂材料、聚酰亚胺树脂材料、橡胶材料、苯酚甲醛树脂材料、脲甲醛树脂材料、蜜胺甲醛树脂材料、丙烯酸树脂材料和它们的组合。

11.如权利要求1所述的粘结磨料磨具，其特征在于，所述磨料磨具的密度小于2.4克/立方厘米。

12.如权利要求1所述的粘结磨料磨具，其特征在于，所述磨料磨具的密度小于2.0克/立方厘米。

13.如权利要求1所述的粘结磨料磨具，其特征在于，所述磨料磨具的弹性模量小于20GPa。

14.如权利要求1所述的粘结磨料磨具，其特征在于，所述复合物的第一相还包含次要的未团聚磨料颗粒。

15.一种无心研磨方法，该方法包括以下步骤：

(a)提供粘结研磨轮，其包含一种三维复合物，该三维复合物包括：

(i)第一相，其包含20-48体积%的用20-48体积%的有机粘结材料粘结的磨料颗粒和小于10体积%的孔隙，其中50-100体积%的磨料颗粒是通过与无机粘结剂材料一起烧结而团聚在一起的许多颗粒，第一相是该复合物的连续相；和

(ii)第二相，由16-34体积%的孔隙组成；其中粘结磨料磨具的特征在于硬度级别以Norton Company级别标准判断在J和S之间，最小爆裂速度为6000sfpm，即30.48米/秒；

(b)将所述粘结研磨轮安装在无心研磨器上；

(c)使所述研磨轮旋转；以及

(d)使旋转的研磨轮的研磨表面与在调节轮作用下正在旋转且由工作架固定件支承的工件接触一段足以研磨该工件的时间；

研磨轮由此以有效的材料去除速率去除工件材料，研磨轮的研磨表面

保持基本上不含有研磨碎片，在研磨完成后，工件基本上没有受到热破坏。

16.如权利要求 15 所述的无心研磨方法，其特征在于，所述粘结研磨轮的最小爆裂速度为 7500sfpm，即 38.10 米/秒。

17.如权利要求 15 所述的无心研磨方法，其特征在于，所述粘结研磨轮以 5500-9600 sfpm，即 27.94-48.96 米/秒的速度旋转。

18.如权利要求 15 所述的无心研磨方法，其特征在于，所述粘结研磨轮是具有两个圆面、一个安装孔和径向圆周的圆柱体，所述研磨轮的研磨表面是该圆柱体的径向圆周。

一种粘结磨料磨具和无心研磨的方法

发明背景

本发明涉及一种无心研磨的方法，一种用于无心研磨和其它圆柱表面研磨方法的磨料磨具，该工具被设计成在生产许多种不同部件的过程中可以允许选择较小或较大体积的切削量。

无心研磨是一种快速、准确的对难以固定的部件进行表面研磨的方法。待研磨的部件即工件被严格直接支承在切割工具下方，而不对部件施加端压力，使得可以造成更大或更深的切口，使得可以研磨较长、易碎或易变形的部件。在通过无心研磨制造的部件中包括由各种不同金属、塑料、陶瓷和复合材料制成的直的锥形轴承、辊子、杆、滚针、衬套、螺栓、紧固件、活塞、活塞环、炮筒、棒、轴、壳、挺杆、笔部件、皮下注射器针头、锻件和许多其它部件。

无心研磨与其它类型研磨的不同之处在于，工件不是悬挂在中心之间或者通过其它固定件与工件的端部或表面连接。而是将工件静置在刀片或支承体上，使通常由橡胶材料制成的调节轮与工件接触，迫使其抵靠支承体且抵靠研磨轮。在最常用的系统中，研磨轮旋转还会带动工件旋转，由研磨轮产生的切削压力迫使工件抵靠调节轮和支承体，调节轮控制工件旋转的速度。因此，研磨轮和工件可以每分钟不同的转数(rpms)旋转。例如，研磨轮的表面速度可以是每分钟 7500 英尺(sfpm)，调节轮的速度与工件速度匹配)可以是 36-900spfm。无心研磨可以用于连续或半自动研磨方法，因为只要研磨轮保持在规格内，部件可以连续加入到系统中。

因此，在研磨操作中一直存在着对用于无心研磨的改善的研磨轮的需求，其中研磨轮的全部轮廓在其研磨过程中保持一致，该研磨轮能够抵抗剧烈的磨擦，并且该研磨轮能有效地从工件上除去物料以留下平整、均一的部件尺寸、形状和精整。

过去，通常通过减小研磨轮的孔隙度以提高该轮的硬度、增大磨料粒

度和粘结剂含量和/或提高制成研磨轮的磨料复合物的密度来改善用于无心研磨的研磨轮。一般而言，这些步骤将任何给定方法的研磨效率即 G-比值(物料除去速率/轮磨损速率或 MRR/WWR)提高到一定程度，此时这些较硬的研磨轮的研磨力开始干扰部件质量或者超出机器的功率容量，或者特别是在有机粘结轮的情况中，由于粘结剂的过份热降解导致轮磨损速率升高，并且使未使用的磨料颗粒过早地从磨料复合物中释放出来。

目前已经发现了某些具有较低硬度级别的磨料磨具在无心研磨方法和其它研磨方法中表现出改善的研磨效率，这是因为磨料复合物的材料性质和微结构，特别是磨料颗粒固定在复合物内的方式造成的。这些磨料磨具的运行方式的效率显著高于现有的最佳磨料磨具，特别是当根据从工件上除去等量物料所需的磨料颗粒的体积来考虑时更是如此。该工具可用于铸造研磨和打磨，以及使用高密度磨料磨具的轨迹研磨、棒研磨和针研磨，以及无心研磨中。

发明概述

本发明是用于无心研磨的方法，包括以下步骤：

(a)提供粘结研磨轮，其包含一种由以下成分构成的三维复合物：

(i)第一相，其包含 20-48 体积％的用 20-48 体积％的有机粘结材料粘结的磨料颗粒和小于 10 体积％的孔隙，其中 50-100 体积％的磨料颗粒是多个颗粒通过将其与无机粘结剂材料一起烧结而团聚在一起的形式，第一相是该复合物的连续相；和

(ii)第二相，由 16-34 体积％的孔隙组成；其中粘结磨料磨具的特征在于硬度级别以 Norton Company 级别标准判断在 J 和 S 之间，最小爆裂速度为 6000sfpm(30.48 米/秒)；

(b)将粘结研磨轮安装在无心研磨器上；

(c)使该研磨轮旋转；以及

(d)使旋转的研磨轮的研磨表面与在调节轮作用下正在旋转且由工作架固定件支承的工件接触一段足以研磨工件的时间；

因此，研磨轮以有效的材料去除速率去除工件材料，研磨轮的研磨表面基本上保持不含有研磨碎片，在研磨完成后，工件基本上没有受到热破坏。

可用于本发明方法的有效研磨轮可选自包含一种三维复合物的粘结磨料磨具，该三维复合物由以下成分组成：

(a)第一相，其包含 20-48 体积％的用 20-48 体积％的有机粘结材料粘结的磨料颗粒和小于 10 体积％的孔隙，其中 50-100 体积％的磨料颗粒是多个颗粒通过将其与无机粘结剂材料一起烧结而团聚在一起的形式，第一相是该复合物的连续相；和

(b)第二相，由 16-34 体积％的孔隙组成；

其中粘结磨料磨具的特征是硬度级别以Norton Company级别标准判断在 J 和 S 之间，最小爆裂速度为 6000sfpm(30.48 米/秒)。

发明详述

本发明的无心研磨方法是用于精整工件外部直径或内部直径的柱形研磨方法，该方法用选择的具有常规轮结构和物理性质的研磨轮进行。与使用常规研磨轮的现有技术的无心研磨方法相比，这些研磨轮可以使部件得到更迅速和更有效的表面精整。

典型的无心研磨系统构造示于图 1 中。在例举的构造中，工件或部件(10)的中心线(A)设置在研磨轮(11)和调节轮(12)的中心线(B,C)上方。这样可以生产圆形精整的部件，诸如轴承。将工件(10)放置在中心(B,C)上方越高的位置，其成圆形的速度越快。根据所需的部件(10)的精整形状，支承体(13)可以是平整的或有角度的。如果工件(10)、研磨轮(11)和调节轮(12)的中心线(A,B,C)在同一平面内，则研磨部件可以具有恒定的直径，但是不一定是圆柱形。也可以是各种三弧三角形的，这具体取决于放置工件的支承体(13)是平整的还是有角的。还可以将工件(10)设置在研磨轮(11)和调节轮(12)的中心(B,C)的下方。在此情况下，如棒或杆之类的长工件可以在无抖动或颤动的情况下进行研磨，工件(10)可以非常牢固地抵靠在支承体(13)上。

可以通过贯穿进给磨削、横向进给磨削、纵向定程进刀磨削或这些技术的组合来处理工件。因此，通过纵向定程进刀磨削法制造锥形部件，通过横向进给磨削法制造具有可变直径并带有帽罩或轴肩的部件，通过贯穿进给磨削法制造小或大的直圆柱形部件。

优选用于无心研磨的一类粘结研磨轮是具有两个圆面、一个安装孔和径向圆周的圆柱体，研磨轮的研磨表面是该圆柱体的径向圆周。粘结研磨轮的最小爆裂速度为6000sfpm(30.6米/秒)，优选爆裂速度为7500sfpm(38.10米/秒)。

在本发明的方法中，将选择的研磨轮安装在无心研磨机器的心轴上，优选以约5500-9600sfpm(27.94-48.96米/秒)、更优选6000-9000sfpm (30.6-45.9米/秒)的速率旋转。当选择的研磨轮取代现有技术的轮时，研磨操作更有效，这是因为本发明的研磨轮的使用寿命更长，每个轮可以研磨更多的部件，并且制造相同体积的部件需要进行的研磨机器调换更少。该方法可以在运作中的无心研磨机器上以任意设定速度进行，前提是该速度不超过选择的研磨轮的安全限度(即，轮爆裂速度限值)。

合适的无心机器可以从美国俄亥俄州，辛辛那提的Cincinnati Grinders, Inc.(例如，0号，2号，3号，4号，Cinco15, 230-10 Twin grip, 300系列，等)，日本Koyo Machine Industries Co., Ltd.(型号KC-200, KC-33, KC-400)，瑞典Lidkoping, (型号2C, 3B, 520, 630, 740, 等)，美国宾夕法尼亚州Waynesboro的Litton Industrial Automation, (Landis Tool Co.), (Landis 12号，$12^1/_2$号，Landis 12R, 14R和24CR)和许多其它机械制造厂购得。

特别用于进行本发明的无心研磨方法的粘结研磨轮的特征是之前未知的轮结构和物理性质的组合。文中所用的术语“轮结构”是指研磨轮中含有的磨料颗粒、粘结剂(如果使用了任何填料，则包括填料)和孔隙的相对体积百分数。轮硬度“级别”指对研磨操作中轮性能给出的字母指示。对于给定的粘结类型，级别取决于轮孔隙度、磨料颗粒含量和某些物理性质如固化密度、弹性模量和喷砂渗透性(后者对于玻璃化粘结轮更常用)。轮的“级别”预示着该轮在研磨过程中耐磨擦性如何，使用该轮进行研磨的难度如

何，即在给定的研磨操作中使用该轮需要多少能量。根据本领域中已知的Norton Company级别标准对研磨轮给予字母指示，其中最软的级别用A表示，最硬的级别用Z表示(参见，例如美国专利第A-1983082号，Howe等)。通过调配轮级别，本领域技术人员通常可以用一个新轮规格来取代已知的轮，并预知新轮将以与已知轮相似或更优越的方式运行。

与已知的有机粘结轮性能不同，特别用于进行文中所述的无心研磨方法的轮的特征是比已知的能够表现出相当的性能功效的轮的级别更低，即更软。优选的是酚醛树脂粘结标准中Norton级别约J-S的轮，最优选的是M-R级别的轮。可用于本发明的轮与具有相同孔隙体积的已知轮相比，本发明的轮表现出更低的弹性模量，但却出乎意料地表现出更高的G-比值(材料去除速率/轮磨损速率的比值)。这些值超过了使用相同材料制成的但硬度级别为T-Z的对比轮在相同研磨方法中所实现的数值。

所述粘结磨料磨具的密度小于2.4克/立方厘米，优选密度小于2.2克/立方厘米，更优选密度小于2.0克/立方厘米。

可用于本发明的粘结磨料磨具是包含约20-48体积%、优选24-44体积%、最优选26-38体积%磨料颗粒的研磨轮。总共50-100体积%的磨料颗粒为多个颗粒通过将其与无机粘结剂材料一起烧结而团聚在一起的形式。

在一个优选的实施方式中，有机粘结磨料磨具包含约20-48体积%、更优选28-38体积%、最优选26-38体积%的有机粘结剂。

首先，这些磨料磨具的连续相包括磨料颗粒、粘结剂和小于10体积%的孔隙的复合物。这些工具还包括第二相，该相由约16-34体积%、优选18-28体积%、最优选18-24体积%的孔隙组成。对于给定的轮，用于组成第一相和第二相的磨料颗粒、粘结剂和孔隙的总体积百分数等于100%。

有机粘结磨料磨具优选包含20-44体积%的烧制磨料颗粒团聚体、20-48体积%的有机粘结剂和16-34体积%的孔隙。优选的是与无机粘结材料(例如，玻璃化粘结材料或陶瓷粘结材料)一起制成的多孔烧制磨料颗粒团聚体，这是因为该材料可以让有机粘结剂树脂在粘结磨料磨具热固化的过程中通过毛细作用进入多孔团聚体内部，从而强化锚柱或粘结柱，由此可

以使磨料颗粒保持在研磨复合物内。尽管这些颗粒团聚体所具有的孔隙度和在团聚体中固定磨料颗粒的无机粘结剂的最小量(至少 1 体积%，优选 2-12 体积%)，但是这些轮都保持与硬度级别更高的研磨轮相当的高机械强度、轮耐磨擦性和强效的研磨性能。

可用于本发明的轮的弹性模量小于 20GPa，优选小于 18GPa，最优选小于 16GPa。在其它特征中，用有效量的(例如，占磨料颗粒至少 50 体积%的，或者占固化后轮总体积的至少 20 体积%的)磨料颗粒团聚体制成的轮表现出比不使用磨料颗粒团聚体制成的常用无心研磨轮更低的弹性模量。本发明的粘结磨料磨具具有烧结的团聚的颗粒微结构，其中对于 46-100(508-173 微米)粒度的研磨砂粒，烧结团聚体的平均粒度优选约为 200-850 微米(约 20-100 目，美国标准筛分粒度)。在一个优选的实施方式中，烧结团聚体的平均粒度大约等于孔隙的平均尺寸，孔隙的尺寸是在最大开口处测得，团聚体的粒度是在最大直径处测得。

研磨轮内的孔隙是由于工具组分、特别是磨料聚集体的自然填充密度提供的开放空间所产生的，任选地，可以加入常规的孔诱导介质来实现。合适的孔诱导介质包括，但不限于，空心玻璃球、空心塑料球或珠、空心有机化合物球或珠、泡沫玻璃粒、起泡富铝红柱石和起泡氧化铝、和它们的组合。可通过开放单元孔隙诱导剂如萘珠或其它有机颗粒来制造所述工具，这些诱导剂可以在模制工具后除去，在工具基质中留下空间，或者通过闭合单元空心孔诱导介质(例如，空心玻璃球)来制造所述工具。优选的本发明的磨料磨具或者不含有添加的孔诱导介质，或者含有少量添加的孔诱导介质，以有效地产生孔隙含量为 17-33 体积%的磨料磨具。

完成的工具任选含有添加的次要磨料颗粒、填料、研磨助剂和孔诱导介质和这些材料的组合。当磨料颗粒与磨料团聚体组合使用时，团聚体在工具的磨料颗粒总量中占 50-100 体积%，优选约为 70-100 体积%。工具可任选地含有通过用有机粘结剂材料(例如，酚醛树脂或其它用于制造磨料磨具的有机粘结材料)固化而团聚在一起的多个颗粒。当使用这类次要磨料颗粒时，这些磨料颗粒在工具中磨料颗粒总量中约占 0.1-50 体积%，更优选

约占 0.1-30 体积%。合适的次要非团聚磨料颗粒包括，但不限于，各种氧化铝、溶胶凝胶氧化铝、烧结铝土矿、碳化硅、氧化铝-氧化锆、铝氧氮化物(aluminoxynitride)、二氧化铈、低氧化硼、立方氮化硼、金刚石、燧石和石榴石颗粒和它们的组合。

本发明的磨料磨具优选用有机粘结剂进行粘结。可选择磨料磨具制造领域中已知的各种热固性有机树脂粘结剂中任何一种用于本发明。有机粘结材料可选自下组：酚醛树脂材料、环氧树脂材料、聚酰亚胺树脂材料、橡胶材料、苯酚甲醛树脂材料、脲甲醛树脂材料、蜜胺甲醛树脂材料、丙烯酸树脂材料和它们的组合。在这些常用于制造研磨轮的有机粘结剂中，从强度、成本、可行性和制造方面考虑，优选的是酚醛树脂粘结剂。

合适的粘结剂和用于制造此类粘结剂的技术的例子可见于例如美国专利第 6251149B1、6015338、5976204、5827337 和 3323882 号中，其内容通过参考结合于此。Simon 的美国专利申请第 10/060982 号和美国专利第 3323885 号中描述的粘结剂和制备方法优选用于本发明，上述文献通过参考结合于此。如本领域中已知的，可根据各种处理方法将有机粘结工具混合、模制和固化或烧结，并且使该工具含有不同比例的磨料颗粒或团聚体、粘结剂和孔隙组分。

可通过测试密度、弹性模量、机械强度(表示为相对“爆裂速度”，即离心力导致轮飞离破碎时的旋转速度)和轮寿命或轮在研磨过程中的耐磨擦性来表征研磨轮质量。

通过选择团聚体、粘结剂和其它工具组分的类型、孔含量、模具尺寸和类型以及选择的压制方法来控制磨料磨具的密度和硬度。

可通过本领域任何已知的方法来模制和压制研磨轮，这些方法包括热压、温压和冷压技术。必须小心选择用于形成生坯轮的模制压力，以避免将过多的磨料颗粒团聚体(例如，超过 50 体积%的团聚体)压碎，保持团聚体的三维结构。用于制造本发明研磨轮的合适的最大施加压力取决于研磨轮的形状、尺寸、厚度和粘结剂组分以及模制温度。本发明的团聚体具有足够的机械强度，能够承受工业上常用于制造磨料磨具的方法中进行的模

制和压制步骤。

可通过本领域技术人员已知的方法来固化研磨轮。固化条件主要由实际所用的粘结剂和磨料、以及磨料颗粒团聚体中含有的粘结材料的类型来决定。根据选择的粘结剂的化学组成，有机粘结剂可以在 120-250℃、优选 160-185℃烧制，提供研磨金属或其它材料所需的机械性质。

可用于本发明的磨料颗粒团聚体是三维结构或颗粒，包括磨料颗粒和粘结材料的烧结多孔复合物。团聚体的疏松填充密度(LPD)优选≤2.0 克/立方厘米，更优选≤1.6 克/立方厘米，平均尺寸是平均研磨颗粒粒度的 2-20 倍，孔隙度约为 30-88 体积％。磨料颗粒团聚体的最小压碎强度值优选为 0.2MPa。

所述磨料颗粒可包括一种或多种已知用于磨料磨具的磨料颗粒，诸如氧化铝颗粒(包括熔融氧化铝、烧结和溶胶凝胶烧结氧化铝、烧结铝土矿等)、碳化硅、氧化铝-氧化锆、铝氧氮化物、二氧化铈、低氧化硼、石榴石、燧石、金刚石(包括天然金刚石和合成金刚石)、立方氮化硼(CBN)和它们的组合。可使用任何尺寸或形状的磨料颗粒。例如，所述磨料颗粒可包括细长形状的烧结溶胶凝胶氧化铝颗粒，其纵横比与美国专利第 5129919 号中所揭示的类型相同。

适用于本发明的颗粒尺寸在常规的研磨颗粒尺寸范围内(例如，大于 60 微米，最高 7000 微米)。对于给定的磨料研磨操作，希望其磨粒粒度小于通常选择用于该磨料研磨操作的磨料颗粒(未团聚)的砂粒粒度的磨料颗粒发生团聚。例如，团聚的粒度为 80 的磨料可以取代粒度为 54 磨料，团聚的粒度为 100 的磨粒可以取代粒度为 60 的磨料，团聚的粒度为 120 的颗粒可以取代粒度为 80 磨料。

对于典型磨料颗粒，优选的烧结团聚体尺寸范围是平均直径约为 200-3000 微米，更优选为 350-2000 微米，最优选为 425-1000 微米。

以烧结的团聚体的总体积为基准计，磨料颗粒的含量约为 10-65 体积％，更优选为 35-55 体积％，最优选为 48-52 体积％。

可用于制备团聚体的粘结材料优选包括陶瓷材料和玻璃化材料，优选

是作为粘结剂体系用于玻璃化粘结磨料磨具的种类。这些玻璃化粘结材料可以是研磨成粉末(砂粒)的预烧制玻璃，或各种原料如粘土、长石、石灰、硼砂和苏打的混合物，或者是烧结材料和原料的组合。这类材料在约500-1400℃的温度熔化，形成液体玻璃相，浸润磨料颗粒的表面，在冷却后产生粘结柱，从而使磨料颗粒保持在复合结构内。下表1-1中给出了用于团聚体的合适的粘结材料的例子。优选的粘结材料的特征是1180℃时粘度约为345-55300泊，熔化温度约为800-1300℃。

在一个优选的实施方式中，粘结材料是一种玻璃化粘结剂组合物，其包含由71重量%的SiO_2和B_2O_3、14重量%的Al_2O_3、小于0.5重量%的碱土金属氧化物和13重量%的碱金属氧化物组成的烧制氧化物组合物。

粘结材料还可以是陶瓷材料，包括但不限于二氧化硅、碱金属硅酸盐、碱土金属硅酸盐、混合的碱金属和碱土金属硅酸盐、硅酸铝、硅酸锆、水合硅酸盐、铝酸盐、氧化物、氮化物、氧氮化物、碳化物、氧碳化物、和它们的组合和衍生物。一般来说，陶瓷材料与玻璃状或玻璃化材料的不同之处在于陶瓷材料包括晶体结构。一些玻璃相可与晶体结构一起存在，特被是在未精制的陶瓷材料中会出现这种情况。本文中可以使用原料状态的陶瓷材料，诸如粘土、水泥和矿物。适用于本发明的特定陶瓷材料的例子包括，但不限于，二氧化硅、硅酸钠、富铝红柱石和其它铝硅酸盐、氧化锆-富铝红柱石、铝酸镁、硅酸镁、硅酸锆、长石和其它碱金属铝硅酸盐、尖晶石、铝酸钙、铝酸镁和其它碱金属铝酸盐、氧化锆、氧化钇稳定的氧化锆、氧化镁、氧化钙、氧化铈、二氧化钛、或其它稀土添加剂、滑石、氧化铁、氧化铝、勃姆石(bohemite)、氧化硼、氧化铈、氧化铝-氧氮化物、氮化硼、氮化硅、石墨和这些陶瓷材料的组合。

粘结材料可以粉末形式使用，可加入到液体介质中，以确保在制备团聚体的过程中粘结材料和磨料颗粒的混合物保持均匀、一致。

优选将有机粘结剂的分散体作为模制助剂或操作助剂加入粉末化的粘结材料组分中。这些粘结剂可包括糊精、淀粉、动物蛋白胶和其它类型的胶体；液体组分，诸如水、溶剂、粘度调节剂或pH调节剂；和混合助剂。

使用有机粘结剂可以改进团聚体均一性(特别是粘结材料分散在磨料颗粒上的均一性)和预烧制或生坯团聚体的结构品质，以及经过烧制的含有团聚体的磨料磨具的结构品质。因为粘结剂在烧制团聚体的过程中烧掉，所以它们不会成为最终团聚体的一部分，也不会成为最终磨料磨具的一部分。

可以按照需要向混合物中加入无机增粘剂，以提高粘结材料对磨料颗粒的粘结性，从而提高混合质量。在制备团聚体时，无机增粘剂可以与有机粘结剂一起使用，也可以单独使用。

尽管高温熔化粘结材料优选用于本发明的团聚体，但是粘结材料还可以包含其它无机粘结剂、有机粘结剂、有机粘结材料、金属粘结材料和它们的组合。磨料磨具工业中作为粘结剂用于有机粘结的磨料、涂布磨料、金属粘结的磨料等的粘结材料是优选的。

粘结材料在团聚体中的含量约为 0.5-15 体积%，更优选为 1-10 体积%，最优选为 2-8 体积%。

团聚体中，优选的孔隙体积百分数最高可以达到制造磨料磨具并用它进行研磨所需的团聚体机械强度范围内技术上可行的上限。孔隙度的范围是 30-88 体积%，优选为 40-80 体积%，最优选为 50-75 体积%。团聚体内的一部分(例如，最多约 75 体积%)孔隙优选为互相连接的孔隙，或者为在轮固化过程中可渗透流体流的孔隙，流体包括液体(例如研磨冷冻剂和切屑)、空气和熔融树脂粘结材料。据信在轮进行热固化的过程中，有机粘结材料迁移到烧结磨料颗粒团聚体的孔隙中，从而加强颗粒之间的粘结，并使轮结构具有以前未能实现的孔体积，而不出现预期的机械强度的损失。

团聚体的密度可以许多方式表示，团聚体的体积密度(bulk density)可以表示为 LPD。团聚体的相对密度可以表示为初始相对密度的百分数，或者表示为团聚体的相对密度与用于制备团聚体的组分的相对密度的比值，此情况中考虑团聚体中相互连接的孔隙的体积。

以百分数表示的初始平均相对密度可以通过 LPD(ρ)除以团聚体理论密度(ρ_0)(假设 0 孔隙)来计算。可以根据混合物的体积规则方法由团聚体中含有的粘结材料和磨料颗粒的重量百分数和比重来计算理论密度。对于本

发明的烧结团聚体，最大相对密度百分数是 50 体积%，更优选的最大相对密度百分数是 30 体积%。

可通过流体置换体积技术来测量相对密度，从而包括相互连接的孔隙，而排出闭合的单元孔隙。相对密度是通过流体置换测量的烧结团聚体体积与用于制备烧结团聚体的材料的体积的比值。用于制备团聚体的材料的体积是根据用于制备团聚体的磨料颗粒和粘结剂材料的量和体积密度测量的表观体积。对于本发明的烧结团聚体，烧结团聚体的最大相对密度优选为 0.7，更优选最大相对密度为 0.5。

用于本发明的粘结磨料磨具的团聚体可根据共同拥有的美国专利第 6679758 号中揭示的方法来制备，该文献通过参考结合于此。如该文献中所揭示的，将磨料颗粒和粘结材料(任选含有有机粘结剂)的简单混合物加入到旋转焙烧设备中，烧制粘结剂(例如，约 650℃至 1400℃)，形成将磨料颗粒在团聚体中保持在一起的玻璃或玻璃化粘结剂。当用低温固化(例如约 145-500℃)粘结材料使磨料颗粒团聚时，可以使用该旋转炉设备的其它实施方式。在另外的实施方式中，安装旋转干燥器，对管的排放端提供热空气以加热磨料颗粒混合物，使粘结材料固化，使粘结材料与磨料颗粒粘结，从而使磨料颗粒在从设备中收集出来的时候团聚。文中所用的术语“旋转焙烧炉”包括这类旋转干燥设备。

在制备磨料颗粒团聚体的另一种方法中，可由粘结材料和磨料颗粒与有机粘结剂溶液制备糊料，并通过美国专利 A-4393021 中揭示的设备和方法挤出形成细长制品，然后进行烧制。

在干燥粒化方法中，对使用嵌在粘结材料分散体或浆料中的磨料颗粒制成的片或块进行干燥，然后可以使用辊轧机使颗粒和粘结材料的复合物破碎，然后进行烧制步骤。

在制备生坯或前体团聚体的另一种方法中，将粘结材料和磨料颗粒的混合物加入到模塑设备中，按照例如美国专利第 6217413 B1 中揭示的方法对混合物进行模制，形成精确的形状和尺寸。

在本发明中可用于制备团聚体的另一种方法中，将磨料颗粒、粘结材

料和有机粘结剂体系的混合物在不经过预团聚和加热的情况下加入到烘箱中。将该混合物加热到足以使粘结材料熔化、流动和粘着在颗粒上的高温，然后冷却，制成复合物。将该复合物压碎，筛分，制成烧结团聚体。

通过以下非限制性实施例说明本发明。

实施例 1

磨料颗粒/玻璃化粘结剂团聚体

使用玻璃化粘结材料(见表 1-1，注释 b 和 c)制备团聚的磨料颗粒。根据美国专利序列号 10/120969 中实施例 1 描述的旋转焙烧法，使用下述材料制备团聚体。用 3 重量%的粘结剂 A 制备团聚体。焙烧温度设定在 1250℃，管角度为 2.5 度，旋转速度为 5rpm。磨料颗粒是熔融的氧化铝 38A 磨料颗粒，粒度 80，从 Saint-Gobain Ceramics & Plastics, Inc., Worcester, MA，USA 购得。

测试玻璃化颗粒团聚体的疏松填充密度、相对密度和尺寸。测试结果示于下表 1-1 中。通过玻璃化粘结材料在颗粒与颗粒的接触点以及可见的空洞区域使由多个单独的磨粒(例如 2-40 个磨粒)组成的团聚体粘结在一起。大部分团聚体足以抵抗挤压，以在经受研磨轮混合和模制操作后保持三维结构。

表 1-1 磨料颗粒/玻璃化粘结剂团聚体

样品号 混合： 颗粒， 粘结材料	混合物的重量磅(千克)	磨料颗粒的重量%	粘结材料的重量%	粘结材料的体积%[a]	LPD 克/厘^3 -20/+45 目部分(fraction)	平均粒度微米(目)	平均相对密度%
AV2 80 砂粒 38A 粘结剂 A[b]	84.94 (38.53)	94.18	2.99	4.81	1.036	500μ -20/+45	26.67
AV3 80 砂粒 38A 粘结剂 E[c]	338.54 (153.56)	88.62	6.36	9.44	1.055	500μ -20/+45	27.75

a.该百分数是以只包括玻璃化粘结材料和磨料颗粒而不包括团聚体内

孔隙的总固体为基准。暂时性有机粘结材料用于使玻璃化粘结剂与磨料颗粒粘结(对于 AV2，使用 2.83 重量%的液体蛋白质粘结剂，而对于 AV3，使用 3.77 重量%液体蛋白质粘结剂的混合物)。暂时性有机粘结剂材料在旋转锻烧炉内烧制团聚体的过程中烧掉，最终的粘结材料重量百分数中不包括它们。

b.粘结剂 A(US 6679758 的实施例 1 中所描述的)是常用于制备磨料研磨轮所用的玻璃化粘结剂的原料(例如粘土和矿物)的混合物。在团聚后，该经过烧结的粘结剂 A 的玻璃组合物包含以下氧化物(重量%)：69%的玻璃形成剂(SiO_2+B_2O_3)；15%的 Al_2O_3；5-6%的碱土金属氧化物 RO(CaO，MgO)；9-10%的碱金属氧化物 R_2O(Na_2O、K_2O、Li_2O)，比重为 2.40 克/立方厘米，1180℃时的估计粘度为 25590 泊。

c.粘结剂 E(US 6679758 的实施例 1 中所描述的)是常用于制备磨料研磨轮所用的玻璃化粘结剂的原料(例如粘土和矿物)的混合物。在团聚后，该经过烧结的粘结剂 E 的玻璃组合物包含以下氧化物(重量%)：64%的玻璃形成剂(SiO_2+B_2O_3)；18%的 Al_2O_3；6-7%的碱土金属氧化物 RO(CaO，MgO)；11%的碱金属氧化物 R_2O(Na_2O、K_2O、Li_2O)，比重为 2.40 克/立方厘米，1180℃时的估计粘度为 55300 泊。

研磨轮

使用团聚体来制备实验磨料研磨轮(类型 1)(最终尺寸为 24×8×12 英寸(61.0×20.3×8.08 厘米))。

通过以下步骤来制备实验研磨轮：将团聚体加入到旋转的桨式混合机中，并使团聚体与液体酚醛树脂(V-1181 树脂，来自 Honeywell International Inc., Friction Division, Troy NY)(24 重量%的树脂混合物)混合。将这些湿团聚体加入到粉末化的酚醛树脂中(Durez Varcum®树脂 29-717，从 Durez Corporation, Dallas TX 购得) (76 重量%的树脂混合物)。下表 1-2 中列出了用于制备这些研磨轮的磨料团聚体和树脂粘结剂的重量百分数和最终的研磨轮的组成(包括固化轮中磨料、粘结剂和孔隙的体积百分数)。

将这些材料混合足够长的一段时间，得到均匀的混合物，并最大程度地减少了释放的粘结剂的量。在混合后，使团聚体筛选通过 10 目的筛子进行筛分，以粉碎任何树脂大团块。将团聚体和粘结剂的均匀混合物放置在模具中，施加压力，形成生坯级(未固化)的轮。将这些生坯轮从模具中移出，包裹在涂布纸中，通过加热到最高温度 160℃进行固化，根据本领域中已知的商品研磨轮的制造技术进行分级、精整和检测。

表 1-2 轮组成

轮样品(团聚体)级别	固化密度克/厘米 ^{3}	轮组成体积% 磨料颗粒	全部粘结剂 ^{c}(有机)	孔隙	团聚体的重量%	粘结剂的重量%
实验轮						
1-1 N 级别	1.928	26	38(36.2)	26	75.9	24.1
对比轮 ^{a}	固化密度克/厘米 ^{3}	颗粒体积%	粘结剂体积%	孔隙体积%	磨料重量%	粘结剂重量%
C-1 U 级别	2.574	48	40	12	78.7	21.3

a.用酚醛树脂粘结剂制备 C-1 轮，这些轮是可从 Saint- Gobain Abrasives, Inc., Worcester, MA 商购的代表性的无心研磨产品。它们含有特级氧化铝磨料颗粒，即 Norton SG®烧结溶胶凝胶 α -氧化铝颗粒，该产品与实验轮 1-1 中使用的熔融氧化铝颗粒相比，具有明显更高的研磨效率。

c.粘结剂的“总”体积%是用于团聚颗粒的玻璃化粘结剂材料的量和用于制备研磨轮的有机树脂粘结剂的量之和。粘结剂的“(有机)”体积%是由加入到团聚体中以制备研磨轮的有机树脂组成的粘结剂占总体积%的部分。

研磨测试

在无心研磨测试中测试实验轮，并与用酚醛树脂粘结的对比标准轮(C-1)和 Saint-Gobain Abrasives, Inc.,Worcester, MA 出品的作为工业无心研磨操作中使用的最佳产品的一类轮的代表进行比较。选择对比例是因为它们具有与工业无心研磨操作中使用的轮相当的组成、结构和物理性质。

研磨机器：Cincinnati 230-12 Twin Grip Centerless

类型：贯穿进给(thru-feed)

冷却剂：Trim e210 水溶性油，浓度 5%

工件：52100 钢，直径 1.2”，长 1”

研磨轮速度：1313rpm

调节轮速度：130rpm

调节轮规格：57A80RR-51

调节轮进料角度：1 度

切削深度：对于直径，0.0025 英寸(0.064 毫米)、0.004 英寸(0.102 毫米)或 0.006 英寸(0.152 毫米)

研磨轮精整：多点金刚石，在横贯速率为每分钟 12 英寸时，径向比较为 0.0005 英寸。

调节轮精整：单点金刚石，在横贯速率为每分钟 6 英寸时，径向比较为 0.0005 英寸。

在研磨进行过程中记录轮磨损速率(WWR)、材料去除速率(MRR)和其它研磨变量。这些数据示于下表 1-3 中。

表 1-3 研磨测试结果

轮样品(团聚体)级别	原料去除(毫米)	SGE J/mm^3	WWR’ (mm^3/s/mm)	G-比值 MRR/WWR	MPA 比值 [a]
实验轮					
1-1 N 级别	0.152	74.5	0.097	17.7	49.2
1-1 N 级别	0.102	97.5	0.032	49.6	137.7
1-1 N 级别	0.064	118.8	0.012	64.2	178.4
对比轮					
C-1 U 级别	0.152	75.7	0.151	9.8	20.5
C-1 U 级别	0.101	62.4	0.086	13.2	27.5
C-1 U 级别	0.064	95.7	0.034	21.5	44.7

a.MPA 是每个磨料颗粒去除的材料。用 G-比值除以测试中轮的磨料颗粒相对体积百分含量来得到该值，以确定在研磨过程中每单位磨料颗粒除去的金属的数量。因为实验轮含有 26 体积％的磨料颗粒，而对比轮含有 48 体积％的磨料颗粒，所有其它因素相同，研磨技术领域的技术人员预计用体积百分数较高的磨料颗粒制成的轮的 G-比值较高。从 MPA 值可以看出实验轮比对比轮对磨料颗粒的利用效果更佳。

可以看出实验轮表现出最高 MPA 比值和最低轮磨擦速率。用优等研磨 Norton SG®氧化铝颗粒制成的工业类型的轮出乎意料地具有较低的 MPA(材料去除/研磨颗粒)比值和较高的轮磨擦速率。相反，实验轮优于所有对比轮，前者的原料除去量比后者多 0.064-0.152 毫米，并且实验轮表现出优越的 MPA 比值，表明其效率极佳。

非常出乎意料，观察到实验轮比磨料颗粒体积百分含量较高且轮硬度级别更高的轮的研磨效率更高。尽管将实验轮构建成硬度级别较软(即根据 Norton Company 的研磨轮硬度标准的级别 N)，但是与硬度级别值明显更高(即，根据 Norton Company 研磨轮硬度标准，级别 U，硬度高 7 级)的对比轮相比，实验轮研磨的更为剧烈，轮磨损较少，产生更高的 MPA 比值。这些明显且出乎意料的结果是因为在实验轮中磨料颗粒在无机粘结剂作用下发生团聚，并且由该团聚颗粒制成的有机粘结磨料磨具的强度和弹性增加(例如，弹性模量提高)。

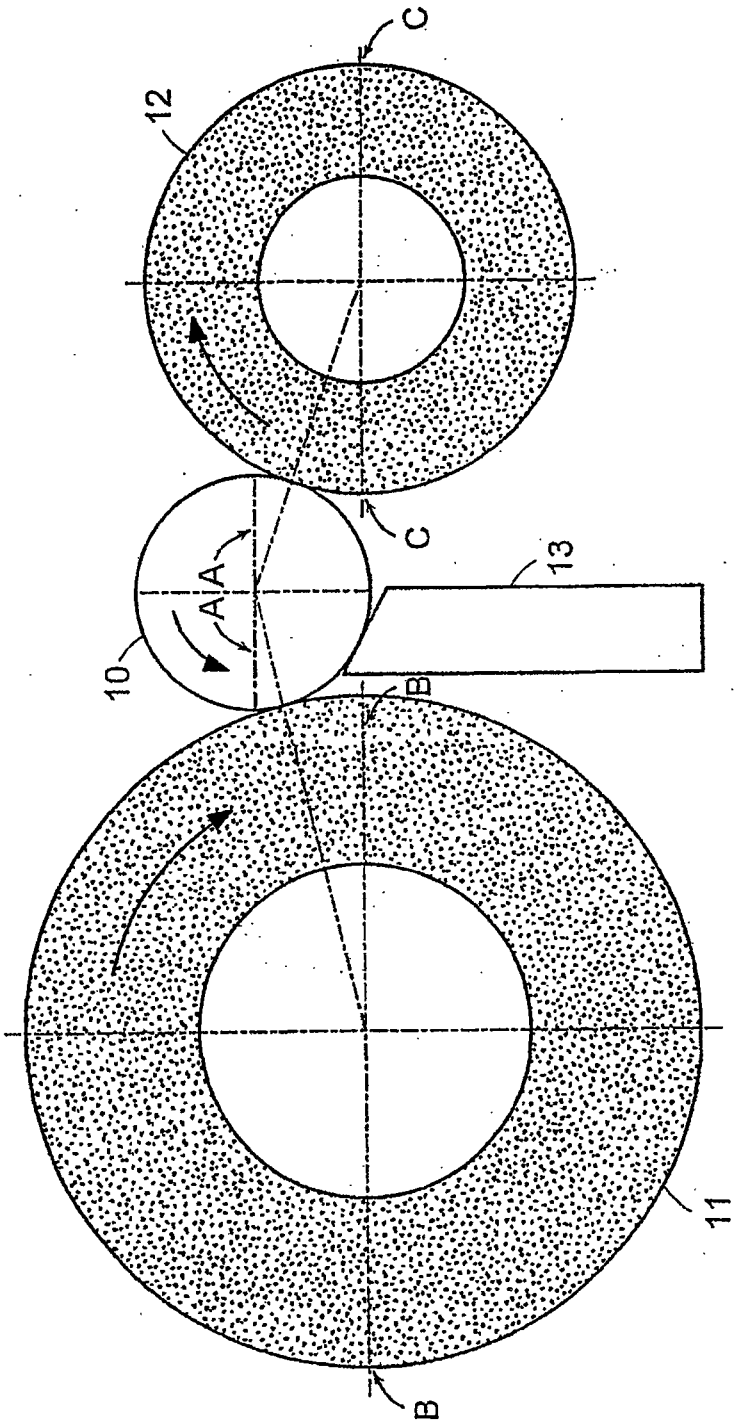


图 1