

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02818937. X

[51] Int. Cl.

C03C 10/02 (2006.01)

C09K 3/14 (2006.01)

B24D 3/14 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 1 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 100453486C

[22] 申请日 2002.8.2 [21] 申请号 02818937. X

[30] 优先权

[32] 2001.8.2 [33] US [31] 09/922,530

[32] 2001.8.2 [33] US [31] 09/922,526

[32] 2001.8.2 [33] US [31] 09/922,527

[32] 2001.8.2 [33] US [31] 09/922,528

[86] 国际申请 PCT/US2002/024456 2002.8.2

[87] 国际公布 WO2003/011785 英 2003.2.13

[85] 进入国家阶段日期 2004.3.26

[73] 专利权人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 A · Z · 罗森弗兰兹 A · 塞利卡亚

T · J · 安德森

[56] 参考文献

WO9716385A1 1997.5.9

CN1086201A 1994.5.4

CN1046926A 1990.11.14

US3881282A 1975.5.6

CN1090563A 1994.8.10

SU1455569A1 1996.7.27

CN1043490A 1990.7.4

审查员 刘桂英

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 周承泽

权利要求书 3 页 说明书 56 页 附图 6 页

[54] 发明名称

磨粒及其制备和使用方法

[57] 摘要

磨粒及其制备方法。可以使用本发明的实施方式来制备磨粒。所述磨粒可以加入各种磨具中，包括粘结研磨剂、涂覆研磨剂、非织造研磨剂和研磨刷。

1. 磨粒，其特征在于，所述磨粒具有指定标称等级，至少一部分磨粒是许多包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 ，还包含 SiO_2 和/或除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物，所述除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物选自 Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 、 HfO_2 、 Fe_2O_3 以及它们的复合金属氧化物，其中，当玻璃陶瓷中存在 SiO_2 时，以玻璃陶瓷的总重量计，所述玻璃陶瓷包含不超过 20 重量% 的 SiO_2 ；至少一部分 Al_2O_3 以 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 存在。

2. 一种制造磨粒的方法，所述方法包括：

提供许多具有指定标称等级的颗粒，其中，至少一部分颗粒是许多包含无定形材料的颗粒，所述无定形材料包含 Al_2O_3 ，还包含 SiO_2 和/或除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物，所述除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物选自 Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 、 HfO_2 、 Fe_2O_3 以及它们的复合金属氧化物，其中，当玻璃陶瓷中存在 SiO_2 时，以玻璃陶瓷的总重量计，所述玻璃陶瓷包含不超过 20 重量% 的 SiO_2 ；

热处理所述包含无定形材料的颗粒，使至少一部分无定形材料转化成玻璃陶瓷，并提供许多具有指定标称等级的磨粒，其中，至少一部分磨粒是权利要求 1 所述的磨粒。

3. 一种制造磨粒的方法，所述方法包括：

热处理包含无定形材料的颗粒，使至少一部分无定形材料转化成玻璃陶瓷，所述无定形材料包含 Al_2O_3 ，还包含 SiO_2 和/或除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物，所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 ，还包含 SiO_2 和/或除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物，所述除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物选自 Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 、 HfO_2 、 Fe_2O_3 以及它们的复合金属氧化物，其中，当玻璃陶瓷中存在 SiO_2 时，以玻璃陶瓷的总重量计，所述玻璃陶瓷包含不超过 20 重量% 的 SiO_2 ，至少一部分 Al_2O_3 以 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 存在，所述热处理的颗粒包含含有玻璃陶瓷的磨粒；

将所述包含玻璃陶瓷的磨粒进行分级，提供许多具有指定标称等级的磨粒，其中，至少一部分磨粒是权利要求 1 所述的磨粒。

4. 一种制造磨粒的方法，所述方法包括：

热处理包含无定形材料的颗粒，使至少一部分无定形材料转化成玻璃陶

瓷，所述无定形材料包含 Al_2O_3 ，还包含 SiO_2 和/或除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物，所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 ，还包含 SiO_2 和/或除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物，所述除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物选自 Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 、 HfO_2 、 Fe_2O_3 以及它们的复合金属氧化物，其中，当玻璃陶瓷中存在 SiO_2 时，以玻璃陶瓷的总重量计，所述玻璃陶瓷包含不超过 20 重量% 的 SiO_2 ，至少一部分 Al_2O_3 以 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 存在；

碾碎所述玻璃陶瓷，提供包含玻璃陶瓷的磨粒；

将所述包含玻璃陶瓷的磨粒进行分级，提供许多具有指定标称等级的磨粒，其中，至少一部分磨粒是权利要求 1 所述的磨粒。

5. 一种磨具，它包含粘结剂和许多磨粒，其中，至少一部分磨粒是权利要求 1 所述的许多磨粒。

6. 一种研磨表面的方法，所述方法包括：

提供包含粘结剂和许多磨粒的磨具，所述磨粒具有指定标称等级，其中，至少一部分磨粒是包含玻璃陶瓷的磨粒，所述陶瓷包含 SiO_2 和/或除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物和 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体，所述除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物选自 Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 、 HfO_2 、 Fe_2O_3 以及它们的复合金属氧化物，其中，当玻璃陶瓷中存在 SiO_2 时，以玻璃陶瓷的总重量计，所述玻璃陶瓷包含不超过 20 重量% 的 SiO_2 ，以所述玻璃陶瓷的总重量计，所述部分各颗粒中至少 80 重量% 玻璃陶瓷共同包含 Al_2O_3 ，还包含 SiO_2 和/或除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物；

将至少一部分包含玻璃陶瓷的磨粒接触工件表面；

移动至少一个包含玻璃陶瓷的接触磨粒或者接触表面，用包含所述玻璃陶瓷的接触磨粒研磨表面的至少一部分。

7. 磨粒，其特征在于，所述磨粒具有指定标称等级，至少一部分磨粒是许多包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含 SiO_2 和/或除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物和 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体，所述除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物选自 Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 、 HfO_2 、 Fe_2O_3 以及它们的复合金属氧化物，其中，当玻璃陶瓷中存在 SiO_2 时，以玻璃陶瓷的总重量计，所述玻璃陶瓷包含不超过 20 重量% 的 SiO_2 ，所述玻璃陶瓷中存在的晶体的平均晶体尺寸不大于 1 微米。

8. 一种磨具，它包含粘结剂和许多磨粒，其中，至少一部分磨粒是权利要求

7 所述的许多磨粒。

9. 一种研磨表面的方法，所述方法包括：

提供包含粘结剂和许多磨粒的磨具，所述磨粒具有指定标称等级，其中，至少一部分磨粒是包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含 SiO_2 和/或除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物和 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体，所述除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物选自 Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 、 HfO_2 、 Fe_2O_3 以及它们的复合金属氧化物，其中，当玻璃陶瓷中存在 SiO_2 时，以玻璃陶瓷的总重量计，所述玻璃陶瓷包含不超过 20 重量% 的 SiO_2 ，所述玻璃陶瓷中存在的晶体的平均晶体尺寸不大于 1 微米；

将至少一部分包含玻璃陶瓷的磨粒接触工件表面；

移动至少一个包含玻璃陶瓷的接触磨粒或者接触表面，用包含所述玻璃陶瓷的接触磨粒研磨表面的至少一部分。

10. 磨粒，其特征在于，所述磨粒具有指定标称等级，至少一部分磨粒是许多包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 ，还包含 SiO_2 和/或除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物，所述除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物选自 Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 、 HfO_2 、 Fe_2O_3 以及它们的复合金属氧化物，其中，当玻璃陶瓷中存在 SiO_2 时，以玻璃陶瓷的总重量计，所述玻璃陶瓷包含不超过 10 重量% 的 SiO_2 ；至少一部分 Al_2O_3 以 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 存在。

磨粒及其制备和使用方法

发明领域

本发明设计一种磨粒及其制备方法。所述磨粒可以加入各种磨具中，包括粘结研磨剂、涂覆研磨剂、非织造研磨剂和研磨刷。

发明背景

现已知大量的玻璃和玻璃陶瓷组合物。大部分的氧化物玻璃系统使用熟知的玻璃形成物质，如 SiO_2 、 B_2O_3 、 P_2O_5 、 GeO_2 、 TeO_2 、 As_2O_3 和 V_2O_5 ，以帮助玻璃的形成。一些使用这些玻璃形成物质形成的玻璃组合物可通过热处理来形成玻璃陶瓷。由这些玻璃形成物质形成的玻璃和玻璃陶瓷的使用温度的上限通常小于 1200°C ，一般约为 700 — 800°C 。玻璃陶瓷与形成它们的玻璃相比更耐高温。

另外，已知的玻璃和玻璃陶瓷的许多性能都受到玻璃形成物质本身的性能限制。例如，对 SiO_2 、 B_2O_3 和 P_2O_5 系玻璃和玻璃陶瓷而言，杨氏模量、硬度和强度都受到这些玻璃形成物质的限制。与例如 Al_2O_3 或 ZrO_2 相比，这些玻璃和玻璃陶瓷的机械性能较差。需要具有与 Al_2O_3 或 ZrO_2 机械性能类似的玻璃陶瓷。

虽然已知一些非常规的玻璃，如稀土氧化物-氧化铝系玻璃（参见，例如公布于 2001 年 4 月 19 日，公布号为 WO 01/27046 的 PCT 申请，以及公布于 2000 年 2 月 15 日的日本文献 JP 2000-045129），但是仍需要其它新的玻璃和玻璃陶瓷，以及已知的和新的玻璃和玻璃陶瓷的应用。

另一方面，本领域中已知许多磨粒，例如，金刚石磨粒、立方氮化硼颗粒、熔凝磨粒、和烧结的陶瓷磨粒（包括得自溶胶-凝胶的磨粒）。在一些研磨应用中，磨粒以松散的形式使用，而在其它应用中，是将颗粒装入磨具（例如，涂布磨具、粘合磨具、非织造磨具和研磨刷）中。在特殊研磨应用中选用磨粒的标准包括：研磨寿命、磨削速率、基材表面光洁度、研磨效率和生产成本。

从约 1900 年到 20 世纪 80 年代中期，研磨应用（如使用涂布的、粘合磨

具的那些应用)中, 主要使用的磨粒一般是熔凝磨粒。主要有两种类型的熔凝磨粒: (1) 熔凝的 α -氧化铝磨粒(参见, 例如美国专利 No.1,161,620 (Coulter)、No.1,192,709 (Tone)、No.1,247,337 (Saunders 等人)、No.1,268,533 (Allen) 和 No.2,424,645 (Baumann 等人)) ; (2) 熔凝的(有时称为“共熔凝的”) 氧化铝-氧化锆磨粒(参见, 例如美国专利 No.3,891,408 (Rowse 等人)、No.3,781,172 (Pett 等人)、No.3,893,826 (Quinan 等人)、No.4,126,429 (Watson)、No.4,457,767 (Poon 等人) 和 No.5,143,522 (Gibson 等人)) (还可参阅报道了某些熔凝氮氧化合物磨粒的美国专利 No.5,023,212 (Dubots 等人) 和 No.5,336,280 (Dubots 等人))。熔凝氧化铝磨粒一般通过如下步骤制得: 将氧化铝源(例如氧化铝矿或铝土矿)以及其它所需的添加剂装入熔炉中, 在高于其熔点的温度加热材料, 冷却熔体以得到固化的物质, 将固化的物质粉碎成颗粒, 然后研磨颗粒得到所需的磨粒尺寸分布。熔凝氧化铝-氧化锆磨粒一般用类似的方法制得, 除了在熔炉中同时加入氧化铝源和氧化锆源, 比冷却用来制造熔凝氧化铝磨粒的熔体更快的速度冷却熔体。对熔凝氧化铝-氧化锆磨粒而言, 氧化铝源的量一般约为 50-80 重量%, 氧化锆的量为 50-20 重量%。制造熔凝氧化铝和熔凝氧化铝磨粒的方法可以包括在冷却步骤前从熔体中除去杂质。

虽然熔凝氧化铝磨粒和熔凝氧化铝-氧化锆磨粒依然广泛地用于研磨应用(包括使用涂布的、粘合的磨具的那些应用, 从约 20 世纪 80 年代中期开始, 许多研磨应用中主要使用的磨粒得自溶胶-凝胶的 α -氧化铝磨粒(参见美国专利 No.4,314,827 (Leitheiser 等人)、No.4,518,397 (Leitheiser 等人)、No.4,623,364 (Cottringer 等人)、No.4,744,802 (Schwabel)、No.4,770,671 (Monroe 等人)、No.4,881,951 (Wood 等人)、No.4,960,441 (Pellow 等人)、No.5,139,978 (Wood)、No.5,201,916 (Berg 等人)、No.5,366,523 (Rowenhorst 等人)、No.5,429,647 (Larmie)、No.5,547,479 (Conwell 等人)、No.5,498,269 (Larmie)、No.5,551,963 (Larmie) 和 No.5,725,162 (Garg 等人))。

所述得自溶胶-凝胶的 α -氧化铝磨粒可以具有一个由非常细小的 α -氧化铝晶粒构成的显微结构, 可以存在也可以不存在添加的第二相。得自溶胶-凝胶的磨粒对金属的研磨性能, 例如通过测定由磨粒制得的磨具的寿命, 比由常规

的熔凝氧化铝磨粒制得的产品要长得多。

一般地，制造得自溶胶-凝胶的磨粒的方法要比制造常规的熔凝磨粒的方法复杂，且成本更高。一般而言，得自溶胶-凝胶的 α -氧化铝磨粒一般通过以下步骤制得：制备包含水、一水氧化铝（勃姆石）、以及可加的胶溶剂（例如，酸，如硝酸）的分散液或溶胶，使分散液凝胶化，干燥凝胶化的分散液，将干燥的分散液粉碎成颗粒，筛选颗粒得到所需的过筛的颗粒，煅烧颗粒除去挥发物质，在低于氧化铝的熔点的温度烧结煅烧过的颗粒，并将颗粒筛选并分级以得到所需的磨粒尺寸分布。经常地，将金属氧化物改性剂加入烧结的磨粒中，从而改变或以其它方式改变烧结的磨粒的物理性质和/或显微结构。在现有技术中已知有许多磨具。一般地，磨具包括粘合剂和用粘合剂固定在磨具内的磨粒。磨具的例子包括：涂布磨具、粘合磨具、非织造磨具和研磨刷。

粘合磨具的例子包括：砂轮、切割轮和镗磨油石。用于制造粘合磨具的粘合剂系的主要类型有：合成树脂、玻璃质金属。用合成树脂粘合的磨具利用有机粘合剂体系（例如，酚粘合剂体系），将磨粒粘合在一起形成一形体（参见，例如美国专利 No.4,741,743（Narayanan 等人）、No.4,800,685（Haynes 等人）、No.5,037,453（Narayanan 等人）和 No.5,110,332（Narayanan 等人））。另一种主要的类型是玻璃质砂轮，其中，使用玻璃粘合剂体系将磨粒粘合成一形体（参见美国专利 No.4,543,107（Rue）、No.4,898,587（Hay 等人）、No.4,997,461（Markhoff-Matheny 等人）和 No.5,863,308（Qi 等人））。这些玻璃粘合剂通常在 900-1300°C 的温度之间固化。现今，玻璃质砂轮利用熔凝氧化铝和得自溶胶-凝胶的磨粒。但是，部分地由于氧化铝-氧化锆的热稳定性的缘故，熔凝氧化铝通常无法加入玻璃质砂轮中。在固化玻璃粘合剂的升高的温度下，氧化铝-氧化锆的物理性能下降，导致其研磨性能的显著下降。

研磨工业一直以来需求容易制造、成本低、和/或性能优于常规的磨粒和磨具的磨粒和磨具。

发明概述

本发明的第一个方面是，提供一种磨粒，其特征在于，所述磨粒具有指定标称等级，至少一部分磨粒是许多包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 和除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物，至少一部分 Al_2O_3 以 α - Al_2O_3 存在。

本发明的第二个方面是提供一种制造磨粒的方法，所述方法包括：

提供许多具有指定标称等级的颗粒，其中，至少一部分颗粒是许多包含无定形材料的颗粒，所述无定形材料包含 Al_2O_3 和除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物；

热处理所述包含无定形材料的颗粒，使至少一部分无定形材料转化成玻璃陶瓷，并提供许多具有指定标称等级的磨粒，其中，至少一部分磨粒是上述第一个方面所述的磨粒。

本发明的第三个方面是，提供一种制造磨粒的方法，所述方法包括：

热处理所述包含无定形材料的颗粒，使至少一部分无定形材料转化成玻璃陶

瓷，所述无定形材料包含 Al_2O_3 和除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物，所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 和除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物，至少一部分 Al_2O_3 以 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 存在；

将所述包含玻璃陶瓷的磨粒进行分级，提供许多具有指定标称等级的磨粒，其中，至少一部分磨粒是上述第 1 个方面所述的磨粒。

本发明的第 4 个方面是，提供一种制造磨粒的方法，所述方法包括：

热处理所述包含无定形材料的颗粒，使至少一部分无定形材料转化成玻璃陶瓷，所述无定形材料包含 Al_2O_3 和除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物，所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 和除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物，至少一部分 Al_2O_3 以 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 存在；

碾碎所述玻璃陶瓷，提供包含玻璃陶瓷的磨粒；

将所述包含玻璃陶瓷的磨粒进行分级，提供许多具有指定标称等级的磨粒，其中，至少一部分磨粒是上述第 1 个方面所述的磨粒。

本发明的第 5 个方面是，提供一种磨具，它包含粘结剂和许多磨粒，其中，至少一部分磨粒是上述第 1 个方面所述的许多磨粒。

本发明的第 6 个方面是，提供一种研磨表面的方法，所述方法包括：

提供包含粘结剂和许多磨粒的磨具，所述磨粒具有指定标称等级，其中，至少一部分磨粒是包含玻璃陶瓷的磨粒，所述陶瓷包含除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物和 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体，以所述玻璃陶瓷的总重量计，所述部分各颗粒中至少 80 重量% 玻璃陶瓷共同包含 Al_2O_3 和除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物；

将至少一部分包含玻璃陶瓷的磨粒接触工件表面；

移动至少一个包含玻璃陶瓷的接触磨粒或者接触表面，用包含所述玻璃陶瓷的接触磨粒研磨表面的至少一部分。

本发明的第 7 个方面是，提供一种磨粒，其特征在于，所述磨粒具有指定标称等级，至少一部分磨粒是许多包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物和 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体，所述玻璃陶瓷中存在的晶体的平均晶体尺寸不大于 1 微米。

本发明的第 8 个方面是，提供一种磨具，它包含粘结剂和许多磨粒，其中，至少一部分磨粒是上述第 7 个方面所述的许多磨粒。

本发明的第 9 个方面是，提供一种研磨表面的方法，所述方法包括：

提供包含粘结剂和许多磨粒的磨具，所述磨粒具有指定标称等级，其中，至少一部分磨粒是包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物和 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体，所述玻璃陶瓷中存在的晶体的平均晶体尺寸不大于 1 微米；

将至少一部分包含玻璃陶瓷的磨粒接触工件表面；

移动至少一个包含玻璃陶瓷的接触磨粒或者接触表面，用包含所述玻璃陶瓷的接触磨粒研磨表面的至少一部分。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 ，(在一些实施方式中，以所述玻璃陶瓷总重量计，较好是至少 30、35、40、45、50、55、60、65 或者甚至至少 70 重量% Al_2O_3) 以及 Al_2O_3 以外的其它金属氧化

物(例如, Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物), 其中至少一部分的 Al_2O_3 以 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 存在。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒, 以所述玻璃陶瓷总重量计, 所述玻璃陶瓷包含至少 30 重量%(在一些实施方式中, 较好至少 35、40、45、50、55、60、65 或者甚至至少 70 重量%) Al_2O_3 。在一些实施方式中, 至少一部分的 Al_2O_3 是晶体(例如, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$)。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒, 所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物(例如, Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)以及 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体, 其中, 至少 80 重量%(在一些实施方式中, 以所述玻璃陶瓷总重量计, 较好是至少 85, 90, 95, 97, 98, 99 或者甚至 100 重量%)的玻璃陶瓷共同包含 Al_2O_3 和 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒, 所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物(例如, Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)以及 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体, 其中, 至少 60 重量%(在一些实施方式中, 以所述玻璃陶瓷总重量计, 较好是至少 65、70、75、80、85、90、95 或者 100 重量%)的玻璃陶瓷共同包含 Al_2O_3 、除 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物以及共同含量不超过 20 重量%(在一些实施方式中, 较好是不超过 15、10、5、4、3、2、1 或 0 重量%)的 As_2O_3 、 B_2O_3 、 GeO_2 、 P_2O_5 、 SiO_2 、 TeO_2 和 V_2O_5 。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒, 所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物(例如, Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)以及 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体, 其中, 所述玻璃陶瓷中存在的晶体, 其平均晶体大小不大于 1 微米(在一些实施方式中, 较好不大于 500 纳米、250 纳米、200 纳米、或者甚至不超过 150 纳米)。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒, 所述玻璃陶瓷包含复合金属氧化物(例如, 复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot$ 金属氧化物(例如, 复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Y}_2\text{O}_3$ 、复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{REO}$ 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO))以及除所述复合金属氧化物以外的金属氧化物(例如, Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物), 其中, 至少一部分复合金属氧化物是晶体, 且至少 80 重量%(在一些实施方式中, 以所述玻璃陶瓷总重量计, 较好至少 85、

90、95、97、98、99 或甚至 100 重量%) 的玻璃陶瓷共同包含复合金属氧化物以及除所述复合金属氧化物以外的金属氧化物。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含复合金属氧化物(例如，复合 Al_2O_3 -金属氧化物(例如，复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Y}_2\text{O}_3$ 、复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{REO}$ 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO))以及除所述复合金属氧化物以外的金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)，其中，至少一部分复合金属氧化物是晶体，且至少 60 重量%(在一些实施方式中，以所述玻璃陶瓷总重量计，较好至少 65、70、75、80、85、90、95、97、98、99 或甚至 100 重量%) 的玻璃陶瓷共同包含复合金属氧化物、除所述复合金属氧化物以外的金属氧化物以及共同含量不超过 20 重量%(在一些实施方式中，较好是不超过 15、10、5、4、3、2、1 或甚至 0 重量%) 的 As_2O_3 、 B_2O_3 、 GeO_2 、 P_2O_5 、 SiO_2 、 TeO_2 和 V_2O_5 。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)以及 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体，其中，所述玻璃陶瓷中存在的晶体，其平均晶体大小不大于 200 纳米(在一些实施方式中，较好不大于 150 纳米)，且所述玻璃陶瓷的密度至少为理论密度的 90%(在一些实施方式中，较好至少 92、95、96、97、98、99、99.5 或甚至 100%)。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)以及 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体，所述玻璃陶瓷中，不超过 10 数量%(在一些实施方式中，较好不超过 5、4、3、2、1 或甚至 0 数量%)的晶体大于 200 纳米，且所述玻璃陶瓷的密度至少为理论密度的 90%(在一些实施方式中，较好至少 92、95、96、97、98、99、99.5 或甚至 100%)。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)以及 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体，所述玻璃陶瓷中，至少 20 数量%(在一些实施方式中，较好至少 25、30、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、95、96、97、98、99 或 100 数量%)晶体不大于 200 纳米，且所述玻璃陶瓷的密度至少为理论密度的 90%(在一些实施方式中，较好至少 92、95、96、97、98、99、99.5 或甚至 100%)。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)以及 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体，所述玻璃陶瓷中，至少一部分的晶体不大于 150 纳米，且所述玻璃陶瓷的密度至少为理论密度的 90%(在一些实施方式中，较好至少 92、95、96、97、98、99、99.5 或甚至 100%)。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)以及 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体，其中，所述陶瓷包含至少 75 体积%(在一些实施方式中，较好至少 80、85、90、95、96、97、98 或甚至 99 体积%)的陶瓷晶体，所述磨粒中存在的晶体，其平均晶体大小不超过 200 纳米，所述玻璃陶瓷的密度至少为理论密度的 90%(在一些实施方式中，较好至少 92、95、96、97、98、99、99.5 或甚至 100%)。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)以及 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体，其中，所述陶瓷包含至少 75 体积%(在一些实施方式中，较好至少 80、85、90、95、96、97、98 或甚至 99 体积%)的陶瓷晶体，在所述磨粒中，不超过 10 数量%(在一些实施方式中，较好不超过 5、4、3、2、1 或甚至 0 数量%)的晶体大于 200 纳米，且所述玻璃陶瓷的密度至少为理论密度的 90%(在一些实施方式中，较好至少 92、95、96、97、98、99、99.5 或甚至 100%)。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)以及 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体，其中，所述陶瓷包含至少 75 体积%(在一些实施方式中，较好至少 80、85、90、95、96、97、98 或甚至 99 体积%)的陶瓷晶体，其中，平均晶体大小不超过 150 纳米，所述玻璃陶瓷的密度至少为理论密度的 90%(在一些实施方式中，较好至少 92、95、96、97、98、99、99.5 或甚至 100%)。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 以外的其它金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)以及 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体，其中，所述陶瓷包含至少 75 体积%(在一些实施方式中，较好至少 80、85、90、95、96、97、98 或

甚至 99 体积%) 的陶瓷晶体，在所述磨粒中，平均晶体大小不超过 200 纳米，所述玻璃陶瓷的密度至少为理论密度的 90%(在一些实施方式中，较好至少 92、95、96、97、98、99、99.5 或甚至 100%)。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含复合金属氧化物(例如，复合 Al_2O_3 ·金属氧化物(例如，复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Y}_2\text{O}_3$ 、复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{REO}$ 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO))和除所述复合金属氧化物以外的金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)以及除所述复合金属氧化物以外的金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)，其中，至少一部分复合金属氧化物是晶体，所述玻璃陶瓷中的存在的晶体，其平均晶体大小不超过 200 纳米，所述玻璃陶瓷的密度至少为理论密度的 90%(在一些实施方式中，较好至少 92、95、96、97、98、99、99.5 或甚至 100%)。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含复合金属氧化物(例如，复合 Al_2O_3 ·金属氧化物(例如，复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Y}_2\text{O}_3$ 、复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{REO}$ 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO))以及除所述复合金属氧化物以外的金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)，其中，至少一部分复合金属氧化物是晶体，在所述玻璃陶瓷中，不超过 10 数量%(在一些实施方式中，较好不超过 5、4、3、2、1 或甚至 0 数量%)的晶体大于 200 纳米，且所述玻璃陶瓷的密度至少为理论密度的 90%(在一些实施方式中，较好至少 92、95、96、97、98、99、99.5 或甚至 100%)。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含复合金属氧化物(例如，复合 Al_2O_3 ·金属氧化物(例如，复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Y}_2\text{O}_3$ 、复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{REO}$ 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO))以及除所述复合金属氧化物以外的金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)，其中，至少一部分复合金属氧化物是晶体，所述玻璃陶瓷中，至少 20 数量%(在一些实施方式中，较好至少 25、30、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、95、96、97、98、99 或 100 数量%)晶体不大于 200 纳米，且所述玻璃陶瓷的密度至少为理论密度的 90%(在一些实施方式中，较好至少 92、95、96、97、98、99、99.5 或甚至 100%)。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含复合金属氧化物(例如，复合 Al_2O_3 ·金属氧化物(例如，复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Y}_2\text{O}_3$ 、复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{REO}$ 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO))以及除所述复合金属氧化物以外的金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)，其中，至少一部分复合金属氧化物是晶体，所述玻璃陶瓷中，至少一部分晶体不超过 150 纳米，所述玻璃陶瓷的密度至少为理论密度的 90%(在一些实施方式中，较好至少 92、95、96、97、98、99、99.5 或甚至 100%)。

本发明一些实施方式包括包含陶瓷的磨粒，所述陶瓷包含复合金属氧化物(例如，复合 Al_2O_3 ·金属氧化物(例如，复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Y}_2\text{O}_3$ 、复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{REO}$ 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO))以及除所述复合金属氧化物以外的金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)，其中，至少一部分复合金属氧化物是晶体，所述陶瓷包含至少 75 体积%(在一些实施方式中，较好至少 80、85、90、95、96、97、98 或甚至至少 99 体积%)晶体陶瓷，其中磨粒中存在的晶体，其平均晶体大小不超过 200 纳米，所述玻璃陶瓷的密度至少为理论密度的 90%(在一些实施方式中，较好至少 92、95、96、97、98、99、99.5 或甚至 100%)。

本发明一些实施方式包括包含陶瓷的磨粒，所述陶瓷包含复合金属氧化物(例如，复合 Al_2O_3 ·金属氧化物(例如，复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Y}_2\text{O}_3$ 、复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{REO}$ 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO))以及除所述复合金属氧化物以外的金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)，其中，至少一部分复合金属氧化物是晶体，所述陶瓷包含至少 75 体积%(在一些实施方式中，较好至少 80、85、90、95、96、97、98 或甚至至少 99 体积%)晶体陶瓷，其中，不超过 10 数量%(在一些实施方式中，较好不超过 5、4、3、2、1 或甚至 0 数量%)的晶体大于 200 纳米，且所述玻璃陶瓷的密度至少为理论密度的 90%(在一些实施方式中，较好至少 92、95、96、97、98、99、99.5 或甚至 100%)。

本发明一些实施方式包括包含陶瓷的磨粒，所述陶瓷包含复合金属氧化物(例如，复合 Al_2O_3 ·金属氧化物(例如，复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Y}_2\text{O}_3$ 、复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{REO}$ 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO))以及除所述复合金属氧化物以外的金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以

及它们的复合金属氧化物)，其中，至少一部分复合金属氧化物是晶体，所述陶瓷包含至少 75 体积%(在一些实施方式中，较好至少 80、85、90、95、96、97、98 或甚至至少 99 体积%)晶体陶瓷，其中，平均晶体大小不超过 150 纳米，所述玻璃陶瓷的密度至少为理论密度的 90%(在一些实施方式中，较好至少 92、95、96、97、98、99、99.5 或甚至 100%)。

本发明一些实施方式包括包含陶瓷的磨粒，所述陶瓷包含复合金属氧化物(例如，复合 Al_2O_3 ·金属氧化物(例如，复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Y}_2\text{O}_3$ 、复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{REO}$ 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO)以及除所述复合金属氧化物以外的金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)，其中，至少一部分复合金属氧化物是晶体，所述陶瓷包含至少 75 体积%(在一些实施方式中，较好至少 80、85、90、95、96、97、98 或甚至至少 99 体积%)晶体陶瓷，其中磨粒中存在的晶体，其平均晶体大小不超过 200 纳米，所述玻璃陶瓷的密度至少为理论密度的 90%(在一些实施方式中，较好至少 25、30、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、95、96、97、98、99、99.5 或甚至 100%)。

本发明一些实施方式包括包含玻璃陶瓷的磨粒，所述玻璃陶瓷包含复合金属氧化物(例如，复合 Al_2O_3 ·金属氧化物(例如，复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Y}_2\text{O}_3$ 、复合 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{REO}$ 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO)以及除所述复合金属氧化物以外的金属氧化物(例如， Y_2O_3 、 REO 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 MgO 、 NiO 、 CuO 以及它们的复合金属氧化物)，其中，至少一部分复合金属氧化物是晶体，所述玻璃陶瓷中，晶体的平均晶体大小不大于 1 微米(在一些实施方式中，较好不大于 500 纳米、250 纳米、200 纳米以及甚至不大于 150 纳米)。

任选地，若此处所述磨粒实施方式并没有指定本发明的磨粒实施方式，那么以所述玻璃陶瓷的总重量计，所述玻璃陶瓷较好包含共同含量不超过 10(在一些实施方式中，较好小于 5、4、3、2、1 或甚至 0)重量%的 As_2O_3 、 B_2O_3 、 GeO_2 、 P_2O_5 、 SiO_2 、 TeO_2 和 V_2O_5 。

任选地，若此处所述磨粒实施方式并没有指定本发明的磨粒实施方式，那么所述玻璃陶瓷中至少一部分 Al_2O_3 较好是 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (在一些实施方式中，至少 20、25、30、40、50、55、60、70、75、80、85、90、95 或甚至 100 重量%的 Al_2O_3 可以是 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$)。

任选地，若此处所述磨粒实施方式并没有指定本发明的磨粒实施方式，那

么以所述玻璃陶瓷的总重量计，所述玻璃陶瓷较好包含不超过 15、10、5、4、3、2、1 或甚至 0 重量% 的 SiO_2 。

任选地，若此处所述磨粒实施方式并没有指定本发明的磨粒实施方式，那么以所述玻璃陶瓷的总重量计，所述玻璃陶瓷较好包含不超过 15、10、5、4、3、2、1 或甚至 0 重量% 的 B_2O_3 。

任选地，若此处所述磨粒实施方式并没有指定本发明的磨粒实施方式，较好是至少一部分所述玻璃陶瓷具有互相垂直的 x、y 和 z 尺寸，其中，x、y 和 z 尺寸各自至少为 $10\mu\text{m}$ ，至少 $25\mu\text{m}$ ，至少为 $30\mu\text{m}$ 、 $35\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $45\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 、 $75\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ 、 $150\mu\text{m}$ 、 $200\mu\text{m}$ 、 $250\mu\text{m}$ 、 $500\mu\text{m}$ 、 $1000\mu\text{m}$ 、 $2000\mu\text{m}$ 、 $2500\mu\text{m}$ 、 1mm 、 5mm 或者甚至至少 10mm 。材料的 x、y 和 z 尺寸或者通过目测，或者使用显微镜，依据尺寸的大小确定。报道的 z 尺寸为，例如球的直径、涂层的厚度或者棱镜形状的最长长度。

在本申请中：

“无定形材料”指得自熔体和/或气相状态的材料，它在测定的 X 射线衍射图谱中没有远程结晶结构和/或它在 DTA（差热分析）曲线中有一个对应于无定形材料的结晶作用的放热峰，所述 DTA 曲线是通过下述的“差热分析”试验测定的；

“陶瓷”包括无定形材料、玻璃、结晶陶瓷、玻璃陶瓷、以及它们的组合；

“金属氧化物复合物”指包含两种或多种不同的金属元素和氧的金属氧化物（例如， $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{18}$ 、 $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、 MgAl_2O_4 和 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ）；

“ Al_2O_3 · 金属氧化物复合物”指理论上包含 Al_2O_3 和一种或多种 Al 以外的金属元素的金属氧化物复合物（例如， $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{18}$ 、 $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、 MgAl_2O_4 和 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ）；

“复合物 Al_2O_3 · Y_2O_3 ”指理论上包含 Al_2O_3 和 Y_2O_3 的金属氧化物复合物（例如， $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ）；

“ Al_2O_3 · REO 复合物”指理论上包含 Al_2O_3 和稀土元素氧化物的金属氧化物复合物（例如， $\text{CeAl}_{11}\text{O}_{18}$ 和 $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ）；

“玻璃”指具有玻璃转变温度的无定形材料；

“玻璃陶瓷”指包含通过热处理无定形材料形成的结晶的陶瓷；

“ T_g ”指本文中称为“差热分析”的试验测定的玻璃转变温度；

“ T_x ”指本文中称为“差热分析”的试验测定的结晶温度。

“稀土元素氧化物”指氧化铈(即 CeO_2)、氧化镝(即 DY_2O_3)、氧化铒(即 Er_2O_3)、氧化铕(即 Eu_2O_3)、氧化钆(即 Gd_2O_3)、氧化钬(即 HO_2O_3)、氧化镧(即 La_2O_3)、氧化镥(即 (Lu_2O_3))、氧化钕(即 Nd_2O_3)、氧化镨(即 Pr_6O_{11})、氧化钐(即 Sm_2O_3)、氧化铽(即 TB_2O_3)、氧化钍(即 Th_4O_7)、氧化铥(即 Tm_2O_3)和氧化镱(即 YB_2O_3)、以及它们的组合；

“REO”指稀土元素氧化物。

此外，应该明白，在本文中，例如在玻璃陶瓷中，除非特别说明金属氧化物(如 Al_2O_3 、 Al_2O_3 ·金属氧化物复合物等)是结晶的，否则金属氧化物可以是无定形的、结晶的或部分结晶部分无定形的。例如，如果玻璃陶瓷包含 Al_2O_3 和 ZrO_2 ，则 Al_2O_3 和 ZrO_2 可以各自呈无定形状态、结晶状态或部分无定形部分结晶状态，或者甚至作为与其它金属氧化物的反应产物(例如，除非特别说明，例如 Al_2O_3 以结晶 Al_2O_3 或特定结晶相的 Al_2O_3 (如 $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$) 存在，否则它可以是结晶 Al_2O_3 和/或作为一种或多种结晶 Al_2O_3 ·金属氧化物复合物的一部分)。

此外，应该明白，通过加热不显示 T_g 的无定形材料形成的玻璃陶瓷实际上可以不包含玻璃，但是最好包括结晶和没有 T_g 的无定形材料。

在使用之前，通常将磨粒分级，得到给定的粒径分布。这些分布一般具有一个粒径范围，从粗颗粒到细颗粒。在研磨技术中，这种范围有时称作“粗”、“对照”和“细”级。按工业上接受的分级标准进行分级的磨粒规定了数字限定的范围内各个标称级别的粒径分布。这些工业上接受的分级标准(即规定的标称级别)包括已知的美国国家标准研究院(ANSI)标准、欧洲磨具生产联合会(FEPA)标准、以及日本工业标准(JIS)。一方面，本发明提供了许多具有规定的标称级别的磨粒，其中至少部分磨粒是本发明的磨粒。在一些实施方式中，较佳地，至少 5、10、15、20、25、30、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、95 或者甚至 100 重量% 的磨粒是本发明的磨粒，以磨具中磨粒的总重量计。

所述磨粒可以加入到磨具中，或者以松散的形式使用。本发明的制件包含粘结剂和许多磨粒，其中，至少一部分磨粒是本发明所述的磨粒。研磨产品的例子包括涂覆磨具、粘结磨具(例如，砂轮)、非织造磨具和研磨刷。涂覆磨具通常包括具有第一和第二相对主表面的背衬，其中，所述粘结剂和许多磨粒在

第一主表面的至少一部分上形成研磨层。在一些实施方式中，较好是至少 5、10、15、20、25、30、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、95 或者甚至 100 重量% 的磨粒是本发明的磨粒，以磨具中磨粒的总重量计。

另一方面，本发明提供制造本发明磨粒的方法，所述方法包括：

加热无定形材料(例如，玻璃)，使至少一部分无定形材料转化成本发明的玻璃-陶瓷。

本发明的实施方式提供一种制造本发明磨粒的方法，所述方法包括热处理包含无定形材料的颗粒(例如，上述无定形材料的实施方式)，使至少一部分无定形材料转化成玻璃-陶瓷，形成包含玻璃陶瓷的磨粒。在热处理之后，通常将所述包含玻璃陶瓷的磨粒进行分级，提供许多具有指定标称等级的磨粒，其中，所述许多磨粒中至少一部分是包含玻璃陶瓷的磨粒。在热处理所述包含无定形材料的颗粒之前，任选地提供具有指定标称等级的许多颗粒，其中，至少一部分所述颗粒是包含要热处理的无定形材料的颗粒，且进行热处理，提供许多具有指定标称等级的磨粒，其中至少一部分磨粒是包含玻璃陶瓷的磨粒。

本发明的实施方式提供一种制造本发明磨粒的方法，所述方法包括热处理包含无定形材料的颗粒(包括上述无定形材料实施方式)，将至少一部分无定形材料转化成玻璃陶瓷，提供包含玻璃陶瓷的磨粒。在热处理前，通常将所述包含玻璃陶瓷的磨粒进行分级，提供许多具有指定标称等级的磨粒，其中，所述许多磨粒中至少一部分是许多包含玻璃陶瓷的磨粒。

任选地，在热处理所述包含无定形材料的颗粒前，提供许多具有指定标称等级的颗粒，其中，至少一部分颗粒是包含所述要热处理的无定形材料的颗粒，其中，进行所述热处理，提供许多具有标称等级的磨粒，其中所述磨粒中至少一部分是许多包含玻璃陶瓷的磨粒。

本发明的实施方式提供一种制备本发明磨粒的方法，所述方法包括：

热处理无定形材料(包括上述无定形材料实施方式)，使至少一部分无定形材料转化成玻璃陶瓷；

碾碎所述玻璃陶瓷，提供包含玻璃陶瓷的磨粒。通常，将所述包含玻璃陶瓷的磨粒进行分级，提供许多具有指定标称等级的磨粒，其中，所述许多磨粒中至少一部分是许多包含玻璃陶瓷的磨粒。

另一方面，本发明提供一种研磨表面的方法，所述方法包括：

提供包含粘结剂和许多磨粒的磨具，其中，至少一部分磨粒是本发明的磨

粒：

将本发明的至少一部分磨粒接触工件表面；

移动本发明所述至少一个接触的磨粒或者接触表面，用本发明所述接触的磨粒研磨表面的至少一部分。

附图简要说明

图 1 是本发明包含磨粒的涂覆磨具的片段截面示意图。

图 2 是本发明包含磨粒的粘结磨具的透视图。

图 3 是本发明包含磨粒的非织造磨具的放大示意图。

图 4 是实施例 1 所得材料的 DTA。

图 5 是实施例 22 所得材料的断裂表面的扫描电子显微图 (SEM)。

图 6 是实施例 24 所得材料的断裂表面的扫描电子显微图 (SEM)。

图 7 是实施例 30 所得材料的断裂表面的扫描电子显微图 (SEM)。

图 8 是实施例 30 所得材料的断裂表面的扫描电子显微图 (SEM)。

图 9 是实施例 31 所得材料的断裂表面的扫描电子显微图 (SEM)。

图 10 是实施例 32 所得材料的反向散射电子显微图

图 11 是热压材料的分段条 (2mm 厚) 的光学显微镜图，证实其透明度。

图 12 是热处理实施例 35 所述材料的抛光部分的扫描电子显微镜 (SEM) 图。

发明详述

例如，通过使无定形材料(例如，玻璃)或者包含所述无定形材料陶瓷中的无定形材料结晶，形成玻璃陶瓷，由此来制造本发明的玻璃陶瓷。

在一些实施方式中，本发明用于制造磨粒的玻璃陶瓷的无定形材料较好包含 Al_2O_3 和除 Al_2O_3 外的其它金属氧化物(在一些实施方式中，较好至少 80(在一些实施方式中，以所述无定形材料的总重量计，较好至少 85、90、95、97、98、99 或甚至 100)重量%的无定形材料共同包含 Al_2O_3 和除 Al_2O_3 外的其它金属氧化物)。

在一些实施方式中，本发明用于制造磨粒的玻璃陶瓷的无定形材料较好包含 Al_2O_3 和除 Al_2O_3 外的其它金属氧化物(在一些实施方式中，较好至少 60(在一些实施方式中，以所述无定形材料的总重量计，较好至少 85、90、95、97、98、99 或甚至 100)重量%的无定形材料共同包含 Al_2O_3 和除 Al_2O_3 外的其它金属氧化

物), 以及共同含量不超过 20(在一些实施方式中, 较好不超过 15、10、5、4、3、2、1 或 0)重量%的 As_2O_3 、 B_2O_3 、 GeO_2 、 P_2O_5 、 SiO_2 、 TeO_2 和 V_2O_5 。

在一些实施方式中, 本发明用于制造磨粒的玻璃陶瓷的无定形材料较好包含 Al_2O_3 和除 Al_2O_3 外的其它金属氧化物(在一些实施方式中, 以所述无定形材料的总重量计, 较好至少 30、35、40、45、50、55、60、65 或甚至至少 70 重量%的 Al_2O_3)。

在一些实施方式中, 本发明用于制造磨粒的玻璃陶瓷的无定形材料较好包含复合金属氧化物和除复合金属氧化物以外的其它金属氧化物(在一些实施方式中, 较好至少 80(在一些实施方式中, 以所述无定形材料的总重量计, 较好至少 85、90、95、97、98、99 或甚至 100)重量%的无定形材料共同包含复合金属氧化物和除复合金属氧化物以外的其它金属氧化物)。

在一些实施方式中, 本发明用于制造磨粒的玻璃陶瓷的无定形材料较好包含复合金属氧化物和除复合金属氧化物以外的其它金属氧化物(在一些实施方式中, 较好至少 80(在一些实施方式中, 以所述无定形材料的总重量计, 较好至少 65、70、75、80、85、90、95 或 100)重量%的无定形材料共同包含复合金属氧化物和除复合金属氧化物以外的其它金属氧化物, 以及共同含量不超过 20(在一些实施方式中, 较好不超过 15、10、5、4、3、2、1 或 0)重量%的 As_2O_3 、 B_2O_3 、 GeO_2 、 P_2O_5 、 SiO_2 、 TeO_2 和 V_2O_5)。

任选地, 若本文所述用于制造本发明磨粒的玻璃陶瓷的无定形材料实施方式没有指定, 则所述无定形材料实施方式包含共同含量不超过 10(在一些实施方式中, 以所述无定形材料的总重量计, 较好小于 5、4、3、2、1 或甚至 0)重量%的 As_2O_3 、 B_2O_3 、 GeO_2 、 P_2O_5 、 SiO_2 、 TeO_2 和 V_2O_5 。

任选地, 若本文所述用于制造本发明磨粒的玻璃陶瓷的无定形材料实施方式没有指定, 则以所述无定形材料的总重量计, 所述无定形材料实施方式较好包含不超过 15、10、5、4、3、2、1 或甚至 0 重量%的 SiO_2 。

任选地, 若本文所述用于制造本发明磨粒的玻璃陶瓷的无定形材料实施方式没有指定, 则以所述无定形材料的总重量计, 所述无定形材料实施方式较好包含不超过 15、10、5、4、3、2、1 或甚至 0 重量%的 B_2O_3 。

任选地, 若本文所述用于制造本发明磨粒的玻璃陶瓷的无定形材料实施方式没有指定, 则至少一部分所述无定形材料具有互相垂直的 x、y 和 z 尺寸, 其中, x、y 和 z 尺寸各自至少为 10 μm , 至少 25 μm , 至少为 30 μm 、35 μm 、40 μm 、

45 μm 、50 μm 、75 μm 、100 μm 、150 μm 、200 μm 、250 μm 、500 μm 、1000 μm 、2000 μm 、2500 μm 、1mm、5mm 或者甚至至少 10mm。

例如，通过使无定形材料(例如，玻璃)或者包含所述无定形材料陶瓷中的无定形材料结晶，形成玻璃陶瓷，由此来制造本发明的磨粒。在一些实施方式中，用于制造玻璃陶瓷的无定形材料以及由此制造的玻璃陶瓷较好包含不超过 30(在一些实施方式中，以所述无定形材料或玻璃陶瓷的总重量计，较好是共同含量不超过 20、15、10、5、4、3、2、1 或甚至 0)重量%的 As_2O_3 、 B_2O_3 、 GeO_2 、 P_2O_5 、 SiO_2 、 TeO_2 和 V_2O_5 。

以所述无定形材料或玻璃陶瓷的总重量计，一些用于制造所述玻璃陶瓷的无定形材料以及由此制造的玻璃陶瓷包含 20 到至少 70 重量%(在一些实施方式中，30 到至少 70 重量%、40 到至少 70 重量%、50 到至少 70 重量%或甚至 60 到至少 70 重量%)的 Al_2O_3 、0-50 重量%(在一些实施方式中，0 到至少 25 重量%或甚至 0 到至少 10 重量%)的 Y_2O_3 、以及 0-50 重量%(在一些实施方式中，0 到至少 25 重量%或甚至 0 到至少 10 重量%)的 ZrO_2 或 HfO_2 中至少一种。在一些实施方式中，以所述无定形材料或玻璃陶瓷的总重量计，这种无定形材料以及由此制得的玻璃陶瓷包含至少 30 重量%、至少 40 重量%、至少 50 重量%、至少 60 重量%或甚至至少 70 重量%的 Al_2O_3 。在一些实施方式中，以所述无定形材料或玻璃陶瓷的总重量计，这种无定形材料以及由此制造的玻璃陶瓷包含共同含量小于 40(在一些实施方式中，小于 35、30、25、20、15、10、5、4、3、2、1 或甚至 0)重量%的 SiO_2 、 B_2O_3 和 P_2O_5 。

以所述无定形材料或玻璃陶瓷的总重量计，用于制造所述玻璃陶瓷的无定形材料以及由此制造的玻璃陶瓷包含 20 到至少 70 重量%(在一些实施方式中，30 到至少 70 重量%、40 到至少 70 重量%、50 到至少 70 重量%或甚至 60 到至少 70 重量%)的 Al_2O_3 、0-50 重量%(在一些实施方式中，0 到至少 25 重量%或甚至 0 到至少 10 重量%)的 REO、以及 0-50 重量%(在一些实施方式中，0 到至少 25 重量%或甚至 0 到至少 10 重量%)的 ZrO_2 或 HfO_2 中至少一种。在一些实施方式中，以所述无定形材料或玻璃陶瓷的总重量计，这种无定形材料以及由此制得的玻璃陶瓷包含至少 30 重量%、至少 40 重量%、至少 50 重量%、至少 60 重量%或甚至至少 70 重量%的 Al_2O_3 。在一些实施方式中，以所述无定形材料或玻璃陶瓷的总重量计，这种无定形材料以及由此制造的玻璃陶瓷包含共同含量小于 40(在一些实施方式中，小于 35、30、25、20、15、10、5、4、3、2、1

或甚至 0)重量%的 SiO_2 、 B_2O_3 和 P_2O_5 。在一些实施方式中，以所述无定形材料或玻璃陶瓷的总重量计，这种玻璃以及由此制得的玻璃陶瓷包含小于 20(在一些实施方式中，小于 15、10、5 或甚至 0)重量% SiO_2 以及小于 20(在一些实施方式中，小于 15、10、5 或甚至 0)重量% B_2O_3 。

以所述无定形材料或玻璃陶瓷的总重量计，用于制造所述玻璃陶瓷的无定形材料以及由此制造的玻璃陶瓷包含 20 到至少 70 重量%(在一些实施方式中，30 到至少 70 重量%、40 到至少 70 重量%、50 到至少 70 重量%或甚至 60 到至少 70 重量%)的 Al_2O_3 、0-50 重量%(在一些实施方式中，0 到至少 25 重量%或甚至 0 到至少 10 重量%)的 Y_2O_3 、0-50 重量%(在一些实施方式中，0 到至少 25 重量%或甚至 0 到至少 10 重量%)的 REO、以及 0-50 重量%(在一些实施方式中，0 到至少 25 重量%或甚至 0 到至少 10 重量%)的 ZrO_2 或 HfO_2 中至少一种。在一些实施方式中，以所述无定形材料或玻璃陶瓷的总重量计，这种无定形材料以及由此制得的玻璃陶瓷包含至少 30 重量%、至少 40 重量%、至少 50 重量%、至少 60 重量%或甚至至少 70 重量%的 Al_2O_3 。在一些实施方式中，以所述无定形材料或玻璃陶瓷的总重量计，这种无定形材料以及由此制造的玻璃陶瓷包含共同含量小于 40(在一些实施方式中，小于 35、30、25、20、15、10、5、4、3、2、1 或甚至 0)重量%的 SiO_2 、 B_2O_3 和 P_2O_5 。在一些实施方式中，以所述无定形材料或玻璃陶瓷的总重量计，这种玻璃以及由此制得的玻璃陶瓷包含小于 20(在一些实施方式中，小于 15、10、5 或甚至 0)重量% SiO_2 以及小于 20(在一些实施方式中，小于 15、10、5 或甚至 0)重量% B_2O_3 。

例如，通过加热(包括在火焰中)合适的金属氧化物源，形成熔融物，较好是均质熔融物，然后迅速冷却所述熔融物，形成无定形材料，由此可以制得无定形材料(如，玻璃)、包含无定形材料的陶瓷、包含无定形材料的颗粒等。例如，通过在合适的熔炉(例如，电感加热炉、燃气炉或者电炉)中或者通过等离子体熔化所述金属氧化物源来制造无定形材料的实施方式。将所得熔融物冷却成金属盘(包括冷硬金属盘)、金属辊(包括冷硬金属辊)、金属球(包括冷硬金属球)等。

如在美国专利 No.6,254,981(Castle)中所述的，使用火焰熔化可以制造无定形材料的实施方式。在这一方法中，将所述金属氧化物原料(以颗粒形式，有时称为“进料颗粒”)直接加入燃烧室(例如，甲烷-空气燃烧室、乙炔-氧气燃烧室、氢气-氧气燃烧室等)，然后在例如水、冷却油、空气等中淬火。通过研磨、团

聚(例如，喷雾干燥)、熔化、或者烧结所述氧化物源来形成进料颗粒。加入火焰中的进料颗粒大小通常确定了包含颗粒的无定形材料的大小。

无定形材料实施方式也可以通过其它技术获得，例如，自由下落冷却的激光螺旋熔化、Taylor 导线技术、等离子体发生器技术、锤和砧技术、离心淬火、空气喷枪急冷、单辊和双辊技术、辊-板淬火以及下垂熔融挤出(可见，例如 Rapid Solidification of Ceramics, Brockway 等人，Metals And Ceramics Information Center, A Department of Defense Information Analysis Center, Columbus, OH, 1984 年 1 月)。无定形材料的实施方式也可以通过其它技术制得，如合适前体的热解(包括火焰、激光或等离子体辅助)、金属前体的物理蒸气合成(PVS)和机械化学加工。

有用的无定形材料配方包括为共晶成分或者接近共晶组合物的那些(例如，二元或三元共晶组合物)。通观本文所述，除了本文所述的组合物外，其它组合物，包括四元以及其它更高级共晶组合物对本领域技术人员来说是显而易见的。

以理论氧化物为基准， Al_2O_3 来源(包括商业来源)包括铁铝氧石(包括天然存在的铁铝氧石以及合成铁铝氧石)、煅烧铁铝氧石、水合氧化铝(例如，勃姆石和水铝矿)、铝、Bayer 工艺铝、铝矿、 γ -氧化铝、 α -氧化铝、铝盐、硝酸铝以及它们混合物。所述 Al_2O_3 源可以包含或者仅提供 Al_2O_3 。或者，所述 Al_2O_3 源可以包含或提供 Al_2O_3 以及一种或多种除 Al_2O_3 外的其它金属氧化物(包括包含复合 Al_2O_3 ·金属氧化物的材料(例如，Dy₃Al₅O₁₂、Y₃Al₅O₁₂、CeAl₁₁O₁₈ 等))。

稀土氧化物的来源(包括商业来源)包括稀土氧化物粉末、稀土金属、包含稀土的矿石(例如，氟碳铈镧矿和独居石)、稀土盐、稀土硝酸盐和稀土碳酸盐。所述稀土氧化物源可以包含或仅提供稀土氧化物。或者所述稀土氧化物源可以包含或提供稀土氧化物以及一种或多种除稀土氧化物外的其它金属氧化物(包括包含复合稀土氧化物·其它金属氧化物的材料(例如，Dy₃Al₅O₁₂、CeAl₁₁O₁₈ 等))。

以理论氧化物为基准， Y_2O_3 的来源(包括商业来源)包括氧化钇粉末、钇、含钇的矿石以及钇盐(例如，钇的碳酸盐、硝酸盐、氯化物、氢氧化物以及它们的混合物)。所述 Y_2O_3 来源可以包含或仅提供 Y_2O_3 。或者，所述 Y_2O_3 来源可以包含或提供 Y_2O_3 以及一种或多种除 Y_2O_3 外的其它金属氧化物(包括包含复合 Y_2O_3 ·金属氧化物的材料(例如，Y₃Al₅O₁₂))。

以理论氧化物为基准, ZrO₂ 的来源(包括商业来源)包括氧化锆粉末、锆沙、锆、含锆的矿石以及锆盐(例如, 锆的碳酸盐、乙酸盐、硝酸盐、氯化物、氢氧化物以及它们混合)。此外, 或任选地, 所述 ZrO₂ 来源可以包含或提供 ZrO₂ 以及其它金属氧化物如二氧化铪。以理论氧化物为基准, HfO₂ 的来源(包括商业来源)包括氧化铪粉末、铪、含铪的矿石和铪盐。此外, 或者任选地, 所述 HfO₂ 源可以包含或提供 HfO₂, 以及其他金属氧化物如 ZrO₂。

以理论氧化物为基准, 其它有用的金属氧化物也可以包括 BaO、CaO、Cr₂O₃、CoO、Fe₂O₃、GeO₂、Li₂O、MgO、MnO、NiO、Na₂O、Sc₂O₃、SrO、TiO₂、ZnO 以及它们的混合物。来源(包括商业来源)包括氧化物本身、复合氧化物、矿石、碳酸盐、乙酸盐、硝酸盐、氯化物、氢氧化物等。加入这些金属氧化物用于改变所得磨粒的物理性质和/或提供加工性。这些金属氧化物通常可以在任何地方加入, 例如根据所需的性质, 为所述玻璃陶瓷的 0-50 重量%, 在一些实施方式下, 较好是 0-25 重量%, 更好是 0-50 重量%。

具体选择金属氧化物来源和其它添加剂来制造本发明的陶瓷通常要考虑到例如所得陶瓷的所需组成和微结构、所需的结晶度(若有的话)、所得陶瓷的所需物理性质(例如, 硬度或韧性)、避免出现或者使杂质最少、所得陶瓷的所需特性和/或用于制备所述陶瓷的具体工艺(包括设备、在熔融和/或固化之前和/或过程中原料的纯化)。

在一些情况下, 优选加入限制量的选自 Na₂O、P₂O₅、SiO₂、TeO₂、V₂O₃、以及它们的组合的金属氧化物。源(包括市售)包括氧化物本身、复合氧化物、矿石、碳酸盐、乙酸盐、硝酸盐、盐酸盐、氢氧化物等。例如, 可加入这些金属氧化物来改变所得的磨粒的物理性能和/或改进操作。根据, 例如所需的性能, 这些金属氧化物的加入量通常大于所述玻璃陶瓷的 0-20 重量%, 较佳的是大于 0-5 重量%, 更好的是大于 0-2 重量%。

在一些实施方式中, 对至少一部分金属氧化物源(在一些实施方式中, 优选 10、15、20、25、30、35、40、45、或者甚至 50 重量%)而言, 通过将包括至少一种金属 M(如 Al、Ca、Cu、Cr、Fe、Li、Mg、Ni、Ag、Ti、Zr、以及它们的组合)(其负氧化物形成焓是负的)或其合金的颗粒状金属材料, 或者混有其它原料的金属加入到熔体中来制得是有利的。尽管并不希望受到理论的限制, 可以确信由金属氧化的放热反应产生的热有利于形成均匀的熔体和最终的无定形材料。例如, 可以确信由原料的氧化反应产生的额外热量消除或减

小了热传递不充分的缺陷，因此容易形成熔体并且使熔体均匀，尤其在形成 x、y 和 z 尺寸大于 150 微米的无定形颗粒时。也可以确信利用额外的热量有助于驱动各种化学反应和物理过程（例如，致密化和球化）的完成。此外，可以确信对一些实施方式而言，实际上是由于氧化反应产生的额外的热量的存在使得熔体得以形成，否则对于高熔点材料来说这很难或根本就不可能实现。另外，实际上是由于氧化反应产生的额外的热量的存在使得无定形材料得以形成，否则它就无法形成，或者是无法以所需的尺寸形成。本发明的另一个优点是，在形成无定形材料的过程中，许多化学和物理过程（如熔凝、致密化和球化）能在短时间内完成，这样就可以得到非常高的淬冷速率。对于其它的细节，请参见共同申请的美国专利申请 10/211639，该申请的申请日与本申请相同，其公开的内容引用作为参考。

加入某些的金属氧化物可以改变本发明陶瓷的性质和/或结晶结构或显微结构，以及制造陶瓷过程中原料和中间体的加工方法。例如，观察到加入如 MgO、CaO、Li₂O 和 Na₂O 这样的氧化物改变了玻璃的 T_g 和 T_x（其中 T_x 是结晶温度）。尽管不希望受到理论的限制，但是可以确信加入这些物质影响了玻璃的形成。此外，例如，加入这些氧化物可降低整个体系的熔制温度（即，驱动体系在更低的温度共熔），并且使玻璃的形成方便。在多组分（双组分等）体系中的复合共熔体可以产生更好的玻璃成形的能力。在其“工作”范围内液态熔体的粘度和玻璃的粘度也可通过加入某些金属氧化物如 MgO、CaO、Li₂O 和 Na₂O 来调节。将卤素(例如，氟和氯)、或硫属化物(例如，硫化物、硒化物和碲化物)中至少一种加入无定形材料和由此制得的玻璃陶瓷中也在本发明的范围内。

无定形材料和包含无定形材料的陶瓷形成玻璃陶瓷的结晶化也受材料加入的影响。例如，某些金属、金属氧化物（如钛酸盐和锆酸盐）和氟化物可用作成核剂，产生有益的各种结晶的均匀成核作用。而且，加入这些氧化物可以改变亚稳定相的性质，所述亚稳定相会在再加热过程中使玻璃发生析晶。另一方面，对本发明的包含结晶 ZrO₂ 的陶瓷来说，需要加入金属氧化物（如 Y₂O₃、TiO₂、CaO 和 MgO），已知这些金属氧化物可以稳定 ZrO₂ 的正方晶系/立方晶系结构。

所述金属氧化物源和其它添加剂可以呈适合用来生产本发明陶瓷的方法

和设备的任何形式。原料可以使用制备氧化物玻璃和无定形金属的领域中已知的技术和设备来进行熔制和淬冷。理想的冷却速率是 50K/s 或更高。在本领域中已知的冷却技术包括辊淬冷。例如，辊淬冷可以是这样进行的，即在通常高于熔点 20—200°C 的温度下熔化金属氧化物，然后在高压下（例如，使用气体如空气、氩气、氮气等）将其喷射到高速旋转的辊上进行冷却/淬冷。通常，辊由金属做成，是水冷却的。金属盒式模具也可用来冷却/淬冷熔体。

其它用来形成熔体、冷却/淬冷熔体、和/或以其它方式形成玻璃的技术包括：蒸气淬冷、等离子体喷射、熔融挤出、以及气体或离心喷雾。例如，可通过溅射进行蒸气相淬冷，此时用金属合金或金属氧化物源形成所使用的溅射靶。靶固定在溅射装置中固定的位置上，要涂覆的基材置于与靶相对的位置。通常，氧气和氩气的压力为 10^{-3} torr，在靶和基材之间产生放电，并且氩或氧离子撞击靶引起溅射反应，从而在基材上沉积一层组合物膜。有关等离子体喷射的其它细节，可参见，例如待批的美国专利申请 10/211640，该申请的申请日与本申请相同，将其公开的内容引用作为参考。

气体喷雾包括将原料颗粒熔化转化为熔体。该熔体的细流通过与分裂性喷气口接触产生雾化（即，所述流体分为细小的液滴）。然后回收最终的基本离散的、大致为椭圆形的玻璃颗粒（即，玻璃珠）。玻璃珠的尺寸的例子包括直径约为 5μm-3mm。可以按美国专利 5,605,870 (Strom-Olsen 等人) 所述进行熔凝挤出。在制备本发明的玻璃时，可以使用利用激光束加热的无容器玻璃形成技术，该技术公开在国际公开号为 WO 01/27046 A1 的 PCT 申请中。

认为冷却速率会影响淬冷的无定形材料的性能。例如，玻璃的玻璃转变温度、密度和其它性能通常会随着冷却速率的改变而改变。

通常，优选所述整块材料包含至少 50、60、75、80、85、90、95、98、99 或甚至 100 重量% 无定形材料。

也可以在受控的气氛（如还原性、中性、或氧化性气氛）中进行快速冷却，以便在冷却过程中保持和/或影响所需的氧化状态等。通过影响过冷液体的结晶动力学，气氛也能影响玻璃的形成。例如，已经报道了与在空气中相比，在氩气氛中对 Al_2O_3 熔体可进行更高程度的过度冷却而不产生结晶。

材料的显微结构或相组成（玻璃质的/无定形的/结晶的）可使用许多方法来测定。例如，各种信息可通过使用光学显微镜、电子显微镜、差热分析 (DTA)

和 X 射线衍射 (XRD) 来获取。

如果使用光学显微镜，无定形材料通常基本上是透明的，因为其中缺少光散射中心（如晶粒间界），而结晶材料表现出了一种结晶结构，并且是不透明的，因为其中存在光散射效应。

可以使用-100+120 粒度级分（即， $150\mu\text{m}$ 和 $125\mu\text{m}$ 开口尺寸的两个筛之间收集的级分）计算玻璃珠的无定形产率的百分比。按以下方法进行测定。将一单层玻璃珠散布在玻璃片上。使用光学显微镜观察这些玻璃珠。使用光学显微镜目镜中的十字准线作为导向，根据玻璃珠的光学清晰度，统计沿直线排列的（无定形的或结晶的）玻璃珠的个数。统计出总共 500 个玻璃珠，并由无定形玻璃珠的量除以总的玻璃珠的量确定无定形产率的百分比。

使用 DTA，如果材料的相应 DTA 曲线包含结晶放热现象 (T_x)，那么该材料就归类为无定形材料。如果相同的曲线在低于 T_x 的温度还包含吸热现象 (T_g)，那么可以认为它是由玻璃相构成的。如果材料的 DTA 曲线不包含这些现象，那么可以认为它包含结晶相。

可使用下述方法进行差热分析 (DTA)。DTA 试验可使用-140 + 170 粒度级分（即，在 10_5 和 90 微米开口尺寸的两个筛网间收集的级分）进行（使用一种仪器，例如商品名为“NETZSCH STA 409 DTA/TGA”，得自德国 Selb 的 Netzscht Instruments 公司）。将一定量的各个过了筛的试样（通常约 400 毫克 (mg)）放入 100 微升的 Al_2O_3 试样容器中。以 $10^\circ\text{C}/\text{分钟}$ 的速率，在静态空气中将各个试样从室温（约 25°C ）加热到 1100°C 。

如果使用粉末 X 射线衍射 XRD(使用 X 射线衍射仪，如得自 NJ 州 Mahwah 的 Phillips 公司的商品名为“PHILLIPS XRG 3100”的产品，其具有铜 $K\alpha 1$ 辐射/ 1.540_50 埃)，则可以通过比较结晶材料的 XRD 图谱中的峰与 JCPDS (粉末衍射标准联合委员会) 数据库 (衍射数据国际中心出版) 中的结晶相的 XRD 图形得到材料中存在的相。而且，XRD 也可以用来定性地测定相的类型。宽漫射强度峰的存在说明材料的无定形性质。宽峰以及清晰的峰的存在说明在无定形基质中存在结晶物质。

初始形成的无定形材料或陶瓷（包括结晶之前的玻璃）的尺寸可大于所需的尺寸。可使用本领域已知的粉碎和/或研磨技术（包括辊式破碎机破碎、金丝雀 (canary) 研磨、颚式破碎、锤碎、球磨、气流研磨、冲击式研磨等）将无

定形材料或陶瓷转变成较小的块。在一些情况下，需要有两步或多步粉碎步骤。例如，陶瓷形成（固化）后，其尺寸会大于所需的尺寸。第一粉碎步骤可包括粉碎这些较大的物质或“大块”，以形成较小的块。这些大块的粉碎可使用锤碎、冲击式研磨或颚式破碎来完成。然后，粉碎这些较小的块，以得到所需的粒径分布。为了生产所需的粒径分布（有时候称为磨粒尺寸或等级），必须进行多步粉碎步骤。通常，对粉碎条件进行最优化以得到所需的颗粒形状和粒径分布。如果它们太大的话，可以将所得的具有所需尺寸的颗粒进行再粉碎，或者如果它们太小的话，可以“循环”用作再次熔制的原料。

例如，颗粒的形状取决于陶瓷的组成和/或显微结构、冷却时的几何形式、以及陶瓷粉碎的方式（即，使用的粉碎方法）。通常，当优选“块状”的形状时，可使用更多的能量来得到这种形状。相反地，当优选“尖锐”形状时，可使用较少的能量来得到这种形状。也可使用不同的破碎技术来得到所需的不同形状。对某些颗粒而言，通常需要 1:1-5:1 的平均长宽比，在一些实施方式中，为 1.25:1 至 3:1，或者甚至 1.5:1 至 2.5:1。

直接将陶瓷(包括结晶前的玻璃)形成所需形状的制品也在本发明的范围内。例如，所述陶瓷(包括结晶前的玻璃)可通过将熔体倒入模具中形成（包括模制）。

例如通过聚结制造所述陶瓷(包括结晶前的玻璃)也在本发明的范围内。该聚结步骤主要是从两个或多个较小的颗粒形成较大尺寸的物体。例如，包含颗粒(包括珠和微球体)和纤维等的无定形材料(例如通过碾碎获得的)可以形成更大的粒度。例如，可以通过将包含无定形材料的颗粒和/或纤维等加热到 T_g 以上，使所述颗粒等聚结形成一定形状，并冷却所述聚结的形状，由此提供陶瓷(包括结晶前的玻璃)。聚结所用的温度和压力，根据例如无定形材料的组成和所得材料所需的密度来确定。对玻璃而言，聚结温度应大于玻璃转变温度。在一些实施方式中，加热可以在约 850-1100°C (在一些实施方式中，优选 900-1000 °C) 中的至少一个温度下进行。无定形材料通常在压力（例如，大于 0-1Gpa 或更大）下聚结，这样有助于无定形材料的聚结。在一个实施方式中，将颗粒等的料装入模具，并在高于玻璃转变温度的温度下进行热压，这样玻璃的粘性流动就会使之聚结形成较大的制品。一般的聚结技术的例子包括：热压、热等静压、热挤出等。例如，包含颗粒（例如通过粉碎得到）、纤维等的无定形材料（包括玻璃珠和微球）可形成为较大的粒径。一般而言，总是优选在进一步

热处理之前冷却所得的聚结体。在热处理之后，如果需要，可将聚结体粉碎成较小的粒径或者所需的粒径分布。

进行附加的热处理以进一步改善材料所需的性能，也在本发明的范围之内。例如，可进行热等静压（例如，在约 900-1400°C 的温度）除去残余的孔隙，增加材料的密度。还可以对聚结的制品进行热处理以得到玻璃陶瓷、结晶陶瓷、或包含结晶陶瓷的陶瓷。

无定形材料和/或玻璃陶瓷（例如，颗粒）的聚结可使用各种方法完成，包括无压和有压烧结（例如，烧结、等离子体辅助烧结、热等静压、热锻、热挤压等）。

可通过各种方法（包括现有技术已知的热处理玻璃的方法）来进行热处理，以提供玻璃陶瓷。例如，使用电阻、感应或燃气加热炉批量地进行热处理。或者，例如使用旋转炉连续进行热处理。在使用旋转炉的情况下，将材料直接送入在高温下工作的旋转炉中。在高温中的时间范围可以从几秒钟（在一些实施方式中，甚至小于 5 秒）到几分钟、几小时。温度范围为 900-1600°C，通常为 1200-1500°C。以批量方式（如对于成核步骤）和其它连续方式（例如，用于结晶生长步骤并且为了达到所需的密度）进行一些热处理，也包含在本发明的范围内。对于成核步骤，温度通常为约 900-1100°C，在一些实施方式中，优选的范围为约 925-1050°C。同样地，对于致密步骤，温度通常为约 1100-1600°C，在一些实施方式中，优选范围为约 1200-1500°C。例如，可直接把材料装入处于高温的炉子中来开始这种热处理。或者，例如，材料可装入温度较低（如室温）的炉子中，然后以预定的加热速率加热到所需的温度。在气氛而不是空气中进行热处理也包含在本发明的范围内。在某些情况下，甚至需要在还原性气氛中进行热处理。而且，例如，需要在例如热等静压或者气体压力炉中的气体压力下进行热处理。将所得的制品或热处理的制品转化（例如，粉碎）为颗粒（例如，磨粒），也包括在本发明的范围内。

热处理无定形材料以至少部分地使所述无定形材料结晶，得到玻璃陶瓷。对某些玻璃进行热处理形成玻璃陶瓷在本领域中是已知的。成核以及玻璃陶瓷中晶体生长的加热条件对于许多玻璃来说是已知的。或者，本领域技术人员可使用本领域已知的技术由对玻璃的时间-温度-转变 (TTT) 研究来确定适当的条件。在阅读本发明的内容后，本领域技术人员应该能够得到本发明玻璃的 TTT 曲线，确定适当的成核和/或结晶生长条件以得到本发明的玻璃陶瓷。

通常，玻璃陶瓷要强于形成它们的无定形材料。因此，材料的强度可通过，例如无定形材料转变成结晶陶瓷相的程度来调节。两者择一地，或者另外地，也可以通过产生的成核点的数目（它用来依次影响结晶相中结晶的数量和尺寸）来影响材料的强度。关于形成玻璃陶瓷的其它细节，可参见，例如《玻璃—陶瓷》（P. W. McMillan， Academic 出版公司，第二版，1979 年）。

例如，在热处理一些例举的用来生产本发明的玻璃陶瓷的无定形材料的过程中，形成了一些相，如 $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ ，并且，如果存在 ZrO_2 ，则能够在高于约 900 °C 的温度观察到立方晶系/四方晶系 ZrO_2 （在某些条件下是单斜晶系 ZrO_2 ）。尽管并不希望受到理论的限制，但是可以认为，有关氧化锆的相是从无定形材料成核的第一相。认为 Al_2O_3 、 ReAlO_3 （其中 Re 是至少一种稀土元素阳离子）、 $\text{ReAl}_{11}\text{O}_{18}$ 、 $\text{Re}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 等相的形成通常发生在高于约 925 °C 的温度。一般地，成核步骤中的晶粒尺寸约几纳米。例如，可观察到小至 10—15 纳米的结晶。对至少一些实施方式而言，在约 1300 °C 热处理约 1 小时提供了完全的结晶化。一般而言，成核和结晶生长步骤各自的热处理时间可以从几秒钟（在一些实施方式中，甚至小于 5 秒）到几分钟、1 小时或更长。

所得晶体的大小通常至少部分通过成核和/或结晶时间和/或温度来控制。虽然它通常优选具有小的晶体（例如，不大于微米级，或者甚至不大于纳米级），但是所述玻璃陶瓷可以具有更大的晶体大小（例如，至少 1-10 微米，至少 10-25 微米，至少 50-100 微米、或甚至大于 100 微米）。虽然并不拘泥于理论解释，但是通常认为在本领域中晶体大小越细（对相同密度而言），则陶瓷的机械性能（例如，硬度和强度）越高。

本发明磨粒玻璃陶瓷的实施方式中存在的结晶相例子包括： Al_2O_3 （例如， $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ）、 Y_2O_3 、 REO 、 HfO_2 、 ZrO_2 （例如，立方 ZrO_2 和四方 ZrO_2 ）、 BaO 、 CaO 、 Cr_2O_3 、 CoO 、 Fe_2O_3 、 GeO_2 、 Li_2O 、 MgO 、 MnO 、 Na_2O 、 P_2O_5 、 Sc_2O_3 、 SiO_2 、 SrO 、 TeO_2 、 TiO_2 、 V_2O_3 、 Y_2O_3 、 ZnO ，“复合金属氧化物”（包括“ Al_2O_3 ·金属氧化物复合物（例如， $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{REO}$ 复合物（如 ReAlO_3 （如 GdAlO_3 、 LaAlO_3 ）、 $\text{ReAl}_{11}\text{O}_{18}$ （如 $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$ ）和 $\text{Re}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ （如 $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ））、 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Y}_2\text{O}_3$ 复合物（如 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ）和 $\text{ZrO}_2\cdot\text{REO}$ 复合物（例如 $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ ）以及它们的混合物。

用其它阳离子取代 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot$ 金属氧化物复合物（例如， $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Y}_2\text{O}_3$ 复合物（例如，铝酸钇显示石榴石的结晶结构））中的一部分钇和/或铝阳离子，也在本发明的范围内。例如， $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Y}_2\text{O}_3$ 复合物中的一部分铝阳离子可用至少一

种选自 Cr、Ti、Sc、Fe、Mg、Ca、Si、Co、以及它们的组合的元素的阳离子取代。例如， $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ 复合物中的一部分钇阳离子可用至少一种选自 Ce、Dy、Er、Eu、Gd、Ho、La、Lu、Nd、Pr、Sm、Th、Tm、Yb、Fe、Ti、Mn、V、Cr、Co、Ni、Cu、Mg、Ca、Sr、以及它们的组合的元素的阳离子取代。类似地，取代氧化铝中的一部分铝阳离子也在本发明的范围之内。例如，Cr、Ti、Sc、Fe、Mg、Ca、Si 和 Co 可以取代氧化铝中的铝。上述阳离子的取代会影响熔凝材料的性能（例如，硬度、韧度、强度、热导率等）。

用其它阳离子取代 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot$ 金属氧化物复合物（例如， $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ 复合物）中的一部分稀土元素和/或铝阳离子，也在本发明的范围内。例如， $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ 复合物中的一部分铝阳离子可用至少一种选自 Cr、Ti、Sc、Fe、Mg、Ca、Si、Co、以及它们的组合的元素的阳离子取代。例如， $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ 复合物中的一部分 Y 阳离子可用至少一种选自 Y、Fe、Ti、Mn、V、Cr、Co、Ni、Cu、Mg、Ca、Sr、以及它们的组合的元素的阳离子取代。类似地，取代氧化铝中的一部分铝阳离子也在本发明的范围之内。例如，Cr、Ti、Sc、Fe、Mg、Ca、Si 和 Co 可以取代氧化铝中的铝。上述阳离子的取代会影响熔凝材料的性能（例如，硬度、韧度、强度、热导率等）。

可以根据 ASTM E 112-96 “测定平均晶粒径的标准测试方法”，通过直线截取法测定平均晶粒尺寸。将试样镶嵌在通常位于直径约 2.5cm、高约 1.9cm 的树脂圆块中的镶嵌树脂（如商品名为“TRANSOPTIC POWDER”，得自 IL 州 Lake Bluff 的 Buehler 公司）中。使用抛光机（如商品名为“ECOMET 3”，得自 IL 州 Lake Bluff 的 Buehler 公司），用常规的抛光技术制备镶嵌截面。用金刚石砂轮抛光试样约 3 分钟，然后用 45、30、15、9、3 和 $1\mu\text{m}$ 的浆液各自抛光 5 分钟。用一薄层金-钯喷溅镶嵌及抛了光的试样，并用扫描电子显微镜（如 JEOL SEM 型号：JSM 840A）观察。试样中所见的显微结构的一般背散射电子（BSE）显微照片用来测定平均晶粒尺寸，具体如下。统计显微照片上一随机直线的每单元长度截取的晶粒数量 (N_L)。使用以下方程式从该数值中确定平均晶粒尺寸。

$$\text{平均晶粒尺寸} = 1.5 / (N_L \cdot M)$$

式中， N_L 是每单元长度截取的晶粒数目， M 是显微照片的放大倍数。

本发明一些实施方式包括包含 α -氧化铝的玻璃陶瓷，所述 α -氧化铝的至少

一个平均晶体大小不大于 150 纳米。

本发明一些实施方式包括包含 α -氧化铝的玻璃陶瓷，其中，至少 90(在一些实施方式中，95 或甚至 100)数量% α -氧化铝的晶体大小不大于 200 纳米。

本发明一些实施方式包括包含 α -氧化铝、晶体 ZrO_2 和第一复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 的玻璃陶瓷，其中， α -氧化铝、晶体 ZrO_2 和第一复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 中至少一种的平均晶体大小不大于 150 纳米。在一些实施方式中，所述玻璃陶瓷还包含不同的第二复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 。在一些实施方式中，所述玻璃陶瓷较好包含复合 $Al_2O_3 \cdot REO$ 。

本发明一些实施方式包括包含第一复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 、不同的第二复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 、和晶体 ZrO_2 的玻璃陶瓷，其中，对第一复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 、不同的第二复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 、和晶体 ZrO_2 中至少一种来说，其中至少 90(在一些实施方式中，95 或 100)数量%的平均晶体大小不大于 200 纳米。在一些实施方式中，所述玻璃陶瓷还包含不同的第二复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 。在一些实施方式中，所述玻璃陶瓷较好包含复合 $Al_2O_3 \cdot REO$ 。

本发明一些实施方式包括包含 α -氧化铝、晶体 ZrO_2 和第一复合 $Al_2O_3 \cdot REO$ 的玻璃陶瓷，其中， α -氧化铝、晶体 ZrO_2 或第一复合 $Al_2O_3 \cdot REO$ 中至少一种的平均晶体大小不大于 150 纳米。在一些实施方式中，所述玻璃陶瓷还包含不同的第二复合 $Al_2O_3 \cdot REO$ 。在一些实施方式中，所述玻璃陶瓷较好包含复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 。

本发明一些实施方式包括包含第一复合 $Al_2O_3 \cdot REO$ 、不同的第二复合 $Al_2O_3 \cdot REO$ 和晶体 ZrO_2 的玻璃陶瓷，其中，对第一复合 $Al_2O_3 \cdot REO$ 、不同的第二复合 $Al_2O_3 \cdot REO$ 和晶体 ZrO_2 中至少一种来说，其中至少 90(在一些实施方式中，95 或 100)数量%的平均晶体大小不大于 200 纳米。在一些实施方式中，所述玻璃陶瓷较好包含复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 。

本发明一些实施方式包括包含第一复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 、不同的第二复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 、和晶体 ZrO_2 的玻璃陶瓷，其中，第一复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 、不同的第二复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 或晶体 ZrO_2 中至少一种的平均晶体大小不大于 150 纳米。在一些实施方式中，所述玻璃陶瓷还包含不同的第二复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 。在一些实施方式中，所述玻璃陶瓷较好包含复合 $Al_2O_3 \cdot REO$ 。

本发明一些实施方式包括包含第一复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 、不同的第二复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 、和晶体 ZrO_2 的玻璃陶瓷，其中，对第一复合 $Al_2O_3 \cdot Y_2O_3$ 、不同

的第二复合 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ 或晶体 ZrO_2 中至少一种来说，其中至少 90(在一些实施方式中，95 或 100)数量%的平均晶体大小不大于 200 纳米。在一些实施方式中，所述玻璃陶瓷较好包含复合 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ 。

本发明一些实施方式包括包含第一复合 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ 、不同的第二复合 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ 、和晶体 ZrO_2 的玻璃陶瓷，其中，第一复合 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ 、不同的第二复合 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ 或晶体 ZrO_2 中至少一种的平均晶体大小不大于 150 纳米。在一些实施方式中，所述玻璃陶瓷还包含不同的第二复合 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ 。在一些实施方式中，所述玻璃陶瓷较好包含复合 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ 。

本发明一些实施方式包括包含第一复合 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ 、不同的第二复合 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ 、和晶体 ZrO_2 的玻璃陶瓷，其中，对第一复合 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ 、不同的第二复合 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ 或晶体 ZrO_2 中至少一种来说，其中至少 90(在一些实施方式中，95 或 100)数量%的平均晶体大小不大于 200 纳米。在一些实施方式中，所述玻璃陶瓷较好包含复合 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ 。

在一些实施方式中，本发明磨粒的玻璃陶瓷包含至少 75、80、85、90、95、97、98、99、或者甚至 100 体积%的晶粒，其中晶粒的平均尺寸小于 $1\mu\text{m}$ 。在一些实施方式中，本发明磨粒的玻璃陶瓷不大于至少 75、80、85、90、95、97、98、99、或者甚至 100 体积%的晶粒，其中晶粒的平均尺寸不大于 $0.5\mu\text{m}$ 。在一些实施方式中，本发明磨粒的玻璃陶瓷包含小于 75、80、85、90、95、97、98、99、或者甚至 100 体积%的晶粒，其中晶粒的平均尺寸不大于 $0.3\mu\text{m}$ 。在一些实施方式中，本发明磨粒的玻璃陶瓷包含小于至少 75、80、85、90、95、97、98、99、或者甚至 100 体积%的晶粒，其中晶粒的平均尺寸小于 $0.15\mu\text{m}$ 。

通过热处理无定形材料形成的，提供本发明玻璃陶瓷实施方式的晶体可以是例如等轴、柱状或变平板状的。

本发明磨粒的(真)密度至少为理论密度的 85%、90%、92%、95%、96%、97%、98%、99%、99.5% 或甚至 100%。

本发明材料的平均硬度可按如下方法确定。将材料的截面镶嵌在通常位于直径约 2.5cm、高约 1.9cm 的树脂圆块中的镶嵌树脂(如商品名为“TRANSOPTIC POWDER”，得自 IL 州 Lake Bluff 的 Buehler 公司)中。使用抛光机(如商品名为“ECOMET 3”，得自 IL 州 Lake Bluff 的 Buehler 公司)，用常规的抛光技术制备镶嵌截面。用金刚石砂轮抛光试样约 3 分钟，然后用 45、30、15、9、3 和 $1\mu\text{m}$ 的浆液各自抛光 5 分钟。用配置了使用 100g 压痕负重的维氏压头的

常规显微硬度测试仪（商品名为“MITUTOYO MVK-VL”，得自日本东京 Mitutoyo 公司）测定显微硬度。显微硬度的测定根据 ASTM 测试方法 E384（材料的显微硬度的测试方法）（1991）规定的规则进行。

本发明磨粒的平均硬度至少为 15Gpa，在一些实施方式中，至少 16Gpa，至少 17 Gpa 或甚至至少 18 Gpa。

其它关于无定形材料、玻璃陶瓷，包括制法、用途和性质的细节可以在 2001 年 8 月 2 日提交的美国专利申请 09/922527、09/922528 和 09/922530，以及美国专利申请 10/211598、10/211630、10/211639、10/211034、10/211044、10/211628、10/211640 和 10/211684，将其公开的内容引用作为参考。

本发明的磨粒通常包含结晶陶瓷（在一些实施方式中，较好是至少 75、80、85、90、91、92、93、94、95、96、97、98、99、99.5 或者甚至 100 体积% 的结晶陶瓷）。

可以使用现有技术中熟知的技术对本发明的磨粒进行筛选和分级，包括使用工业上接受的分级标准，如 ANSI（美国国家标准研究院）、FEPA（欧洲磨具生产联合会）和 JIS（日本工业标准）。本发明的磨粒可以宽范围的粒径使用，一般粒径约为 0.1-5000 μm ，更一般的约为 1-2000 μm ，理想的约为 5-1500 μm ，更理想的约为 100-1500 μm 。

ANSI 级别名称包括：ANSI 4、ANSI 6、ANSI 8、ANSI 16、ANSI 24、ANSI 36、ANSI 40、ANSI 50、ANSI 60、ANSI 80、ANSI 100、ANSI 120、ANSI 150、ANSI 180、ANSI 220、ANSI 240、ANSI 280、ANSI 320、ANSI 360、ANSI 400 和 ANSI 600。优选的包含本发明磨粒的 ANSI 级别是 ANSI 8-220。FEPA 级别名称包括：P8、P12、P16、P₂4、P36、P40、P50、P60、P80、P100、P120、P150、P180、P₂20、P320、P400、P500、P600、P800、P1000 和 P1200。优选的包含本发明磨粒的 FEPA 级别为 P12-P₂20。JIS 级别名称包括：JIS8、JIS12、JIS16、JIS24、JIS36、JIS46、JIS54、JIS60、JIS80、JIS100、JIS150、JIS180、JIS220、JIS240、JIS280、JIS320、JIS360、JIS400、JIS600、JIS800、JIS1000、JIS1500、JIS2500、JIS4000、JIS6000、JIS8000 和 JIS10000。优选的包含本发明磨粒的 JIS 级别为 JIS8-220。

在粉碎和过筛后，一般有许多不同的磨粒尺寸分布或级别。这许多级别也许在某个具体的时间不符合生产商或供应商的需求。为了减少库存，可以将不

需要的级别返回熔体以形成玻璃。当尚未筛选为具体分布的颗粒呈大块或小块（有时称作“细块”）时，这种再利用可以是在粉碎步骤以后。

一方面，本发明提供了一种生产磨粒的方法，所述方法包括热处理包含颗粒的无定形材料(例如，玻璃)，使至少一部分无定形材料转化成玻璃陶瓷，以得到包含玻璃陶瓷的磨粒。本发明也提供了一种生产磨粒的方法，所述方法包括热处理无定形材料，使至少一部分无定形材料转化成玻璃陶瓷，并且粉碎所得热处理的材料，以得到所述磨粒。在粉碎时，玻璃会形成尖的颗粒而不是粉碎程度很高的结晶玻璃陶瓷或结晶材料。

另一方面，本发明提供了聚集的磨粒，它们各自包含许多经粘合剂粘合起来的本发明的磨粒。另一方面，本发明提供的磨具（例如，涂布磨具、粘合磨具（包括玻璃质合成树脂、以及金属粘合的砂轮、切割轮、镶装点和镗磨油石的金属）、非织造磨具和研磨刷）包含粘合剂和许多磨粒，其中至少一部分磨粒是本发明的磨粒（包括聚集的磨粒）。生产这些磨粒的方法以及它们的用途是本领域技术人员所熟知的。此外，本发明的磨粒可用于利用磨粒的用途，如研磨化合物（例如，抛光化合物）的浆液、研磨介质、喷砂介质、振动研磨介质等。

涂布磨具一般包括一个背衬、磨粒、以及至少一种粘合剂将磨粒保持在背衬上。上述背衬可以是任何适宜的材料，包括布料、聚合物膜、纤维、非织造布、纸、以及它们的组合，以及经处理的这些材料。上述粘合剂可以是任何适宜的粘合剂，包括无机或有机粘合剂（包括热固树脂和辐射固化树脂）。磨粒可以存在于涂布磨具的一层或两层中。

图 1 示出了本发明一个涂布磨具的例子。参看该图，本发明的涂布磨具 1 具有背衬（基片）2 和研磨层 3。研磨层 3 包括通过初始结合(make)涂层 5 和胶结涂层 6 固定在背衬 2 的主表面上的本发明磨粒 4。在一些实施方式中，使用了上胶结的涂层（未示出）。

粘合磨具通常是通过有机、金属或玻璃质粘合剂固定在一起的许多磨粒的成形块。该成形块可以，例如呈轮子的形式，如砂轮或切割轮。砂轮的直径一般约为 1cm 至 1m 以上；切割轮的直径约为 1cm 至 80cm 以上（更一般的是 3cm 至约 50cm）。切割轮的厚度一般约为 0.5mm 至约 5cm，更一般的是约 0.5mm 至约 2cm。成形块也呈，例如镗磨油石、片段、镶装点、圆盘（例如，双圆盘

研磨机)的形式，或者其它常规的研磨形状。粘合磨具一般包含约 3-50 体积% 的粘合材料、约 30-90 体积% 的磨粒(或者磨粒的混合物)、50 体积% 的添加剂(包括研磨助剂)、以及 70 体积% 的孔隙，以粘合磨具的总体积计。

优选的形式是砂轮。参看图 2，描述了本发明砂轮 10，它包括本发明的磨粒 11，所述磨粒模制在砂轮中，砂轮则镶嵌在轮轴 12 上。

非织造磨具一般包括敞开多孔稀疏的聚合物纤维结构，该结构具有遍布在结构中并通过有机粘合剂附着在其中的本发明磨粒。纤维的例子包括聚酯纤维、聚酰胺纤维和芳族聚酸胺纤维。在图 3 中，提供了扩大约 100 倍的典型非织造磨具的示意图。该非织造磨具包含纤维垫 50 作为基片，本发明的磨粒 52 通过粘合剂 54 附着在其上。

有用的研磨刷包括与背衬一体的许多硬毛的那些研磨刷(参见，例如美国专利 No.5,427,595(Pihl 等人)、No.5,443,906(Pihl 等人)、No.5,679,067(Johnson 等人) 和 No.5,903,951(Ionta 等人))。这些刷子较好通过聚合物和磨粒的模制而成形制得。

用于生产磨具的适宜的有机粘合剂包括热固性有机聚合物。适宜的热固性有机聚合物的例子包括：酚醛树脂、尿素甲醛树脂、密胺甲醛树脂、聚氨酯树脂、丙烯酸酯树脂、聚酯树脂、具有侧位 α ， β -不饱和羧基的氨基塑料树脂、环氧树脂、丙烯酸化环氧树脂、以及它们的组合。粘合剂和/或磨具还可以包括添加剂，如纤维、润滑剂、湿润剂、触变材料、表面活性剂、颜料、染料、抗静电剂(例如，碳黑、氧化钒、石墨等)、偶联剂(例如，硅烷、钛酸盐、铝酸锆等)、增塑剂、悬浮剂等。选择这些可用添加剂的用量以得到理想的性能。偶联剂可以改善对磨粒和/或填料的粘合性。粘合剂的化学性质可以是热固化、辐射固化、或者两者的组合。对粘合剂的化学性质的其它详细描述可在美国专利 No.4,588,419(Caul 等人)、No.4,751,138(Tumey 等人)和 No.5,436,063(Follett 等人) 中找到。

对玻璃质粘合磨具、玻璃质粘合材料的更具体的描述(它们显示无定形结构，并且通常是硬的)是本领域所熟知的。在某些情况下，玻璃质粘合材料包括结晶相。本发明的玻璃质粘合磨具可以呈轮子(包括切割轮)、镗磨油石、镶嵌点的形状或者其它常规粘合磨具的形状。一个优选的本发明的玻璃质粘合磨具是研磨轮。

用来形成玻璃质粘合材料的金属氧化物的例子包括：氧化硅、硅酸盐、氧化铝、苏打、氧化钙、氧化钾、氧化钛、氧化铁、氧化锌、氧化锂、氧化镁、氧化硼、硅酸铝、硅酸硼玻璃、硅酸铝锂、以及它们的组合等。一般地，玻璃质粘合材料可由包含 10-100% 的玻璃粉的组合物形成，虽然更一般的是该组合物包含 20-80% 的玻璃粉，或者 30-70% 的玻璃粉。该玻璃质粘合材料的剩余部分可以是非粉末材料。或者，该玻璃质粘合可以得自含有非玻璃料的组合物。玻璃质粘合材料一般在约 700-1500°C，通常约为 800-1300°C，有时约为 900-1200°C，或者甚至在约 950-1100°C 的温度范围内固化。粘合固化的实际温度根据，例如具体的粘合材料的化学性质确定。

优选的玻璃质粘合材料可以包括包含氧化硅、氧化铝（理想地，至少 10 重量% 的氧化铝）和氧化硼（理想地，至少 10 重量% 的氧化硼）的那些材料。在大多数情况下，玻璃质粘合材料还包含碱金属氧化物（例如，Na₂O 和 K₂O）（在某些情况下，至少 10 重量% 的碱金属氧化物）。

粘合剂材料可以含有通常呈颗粒材料形式的填料或研磨助剂。一般地，颗粒材料是无机材料。本发明中使用的填料的例子包括：金属碳酸盐（例如，碳酸钙（例如，白垩、方解石、泥灰土、石灰华、大理石和石灰石）、碳酸镁钙、碳酸钠、碳酸镁）、氧化硅（例如，石英、玻璃珠、玻璃泡和玻璃纤维）、硅酸盐（例如，滑石、粘土、（蒙脱石）长石、云母、硅酸钙、偏硅酸钙、硅酸铝钠、硅酸钠）、金属硫酸盐（例如，硫酸钙、硫酸钡、硫酸钠、硫酸钠铝、硫酸铝）、石膏、蛭石、木材粉、三水合铝、碳黑、金属氧化物（例如，氧化钙（石灰）、氧化铝、二氧化钛）、以及金属亚硫酸盐（例如，亚硫酸钙）。

通常，研磨助剂的加入会增加磨具的使用寿命。研磨助剂是一种对研磨的化学和物理过程产生显著影响的材料，导致性能的改善。虽然不想受到理论的限制，但是可以认为研磨助剂将（a）减小磨粒与被研磨的工件之间的摩擦力，（b）防止磨粒“盖帽”（即，防止金属颗粒熔接在磨粒的顶部），或者至少减少磨粒盖帽的趋势，（c）降低磨粒与工件之间的界面温度，或者（d）减小研磨力。

研磨助剂可以是各种不同的材料，可以是无机的或有机的。研磨助剂的化学基团的例子包括：蜡、有机卤化物、卤化物盐、金属及其合金。有机卤化物

一般在研磨过程中分解，释放氢卤酸或卤化物气体。这些材料的例子包括氯化的蜡，如四氯化萘、五氯化萘和聚氯乙烯。卤化物盐的例子包括：氯化钠、钾冰晶石、钠冰晶石、铵冰晶石、四氟硼酸钠、氟化硅、氯化钾和氯化镁。金属的例子包括：锡、铅、铋、钴、锑、镉和铁钛。其它研磨助剂包括：硫、有机硫化合物、石墨和金属硫化物。使用不同研磨助剂的组合也在本发明的范围内，在某些情况下，这样可以产生协同效果。优选的研磨助剂是冰晶石；最优选的研磨助剂是四氟硼酸钾。

研磨助剂对涂布磨具和粘合磨具特别有用。在涂布磨具中，研磨助剂一般用在上胶结涂层中，该涂层施加在磨粒的表面上。但是，有时研磨助剂加入胶结涂层中。一般地，加入涂布磨具中的研磨助剂的量约为 50-300g/m²（理想地，约为 80-160g/m²）。在玻璃质粘合磨具中，研磨助剂一般浸渍进磨具的孔隙中。

磨具可以含有 100% 的本发明的磨粒，或者这些磨粒与其它磨粒和/或稀释颗粒的混合物。但是，所述磨具中至少约 2 重量%，理想的是至少约 5 重量%，更理想的是约 30-100 重量% 的磨粒应为本发明的磨粒。在某些情况下，本发明的磨粒可与其它磨粒和/或稀释颗粒以 5-75 重量%、约 25-75 重量%、约 40-60 重量%、或者约 50-50 重量%（即，以相等的重量）的比例混合。适宜的常规磨粒的例子包括：熔凝氧化铝（包括白色熔凝氧化铝、热处理氧化铝和褐色氧化铝）、碳化硅、碳化硼、碳化钛、金刚石、立方氮化硼、熔凝氧化铝-氧化锆和得自溶胶-凝胶的磨粒等。得自溶胶-凝胶的磨粒可以是加了晶种或不加晶种的。同样地，所述得自溶胶-凝胶的磨粒可以是混乱形状的或者具有一定形状，如杆形或三角形。溶胶-凝胶磨粒的例子包括描述在美国专利 No.4,314,827 (Leitheiser 等人)、No.4,518,397 (Leitheiser 等人)、No.4,623,364 (Cottringer 等人)、No.4,744,802 (Schwabel)、No.4,770,671 (Monroe 等人)、No.4,881,951 (Wood 等人)、No.5,011,508 (Wald 等人)、No.5,090,968 (Pellow 等人)、No.5,139,978 (Wood)、No.5,201,916 (Berg 等人)、No.5,227,104 (Bauer)、No.5,366,523 (Rowenhorst 等人)、No.5,429,647 (Larmie)、No.5,498,269 (Larmie)、No.5,551,963 (Larmie) 和 No.5,551,963 (Larmie) 中的例子。有关通过使用氧化铝粉末作为原料制备烧结的氧化铝磨粒的其它细节可以在，例如美国专利 No.5,259,147 (Falz)、No.5,593,467 (Monroe) 和 No.5,665,127 (Moltgen) 中

找到。有关熔凝磨粒的其它细节可以在，例如美国专利 No.1,161,620 (Coulter)、No.1,192,709 (Tone)、No.1,247,337 (Saunders 等人)、No.1,268,533 (Allen) 和 No.2,424,645 (Baumann 等人)、No.3,891,408 (Rowse 等人)、No.3,781,172 (Pett 等人)、No.3,893,826 (Quinan 等人)、No.4,126,429 (Watson)、No.4,457,767 (Poon 等人)、No.5,023,212 (Dubots 等人)、No.5,143,522 (Gibson 等人) 和 No.5,336,280 (Dubots 等人)，以及提交于 2000 年 2 月 2 日的美国专利申请 No.09,495,978、09/496,422、09/496,638 和 09/496,713，提交于 2000 年 7 月 19 日的美国专利申请 No.09/618,876、09/618,879、09/619,106、09/619,191、09/619,192、09/619,215、09/619,289、09/619,563、09/619,729、09/619,744 和 09/620,262，以及提交于 2001 年 1 月 30 日的美国专利申请 No.09/772,730 中找到。在某些情况下，磨粒的混合物可以导致磨具显示与包含 100% 任一类型磨粒的磨具相比改善的研磨性能。

如果用磨粒的混合物，形成混合物的磨粒类型可以具有相同的尺寸。或者，不同类型磨粒可以具有不同的尺寸。例如，较大尺寸的磨粒可以是本发明的磨粒，较小尺寸的磨粒可以是另一种磨粒类型。相反地，例如，较小尺寸的磨粒可以是本发明的磨粒，较大尺寸的磨粒可以是另一种磨粒类型。

适宜的稀释颗粒的例子包括：大理石、石膏、燧石、氧化硅、氧化铁、硅酸铝、玻璃（包括玻璃泡和玻璃珠）、氧化铝泡、氧化铝珠和稀释的聚集体。本发明的磨粒也可以结合进入磨粒聚集体中或与之结合。磨粒聚集体颗粒一般包含许多磨粒、粘合剂和可用的添加剂。粘合剂可以是有机和/或无机的。磨粒聚集体可以是混乱形状或具有一定形状。形状可以是块状、圆柱状、棱形、锥形、正方柱形等。磨粒聚集体颗粒的粒径一般约为 100-5000 μm ，通常约为 250-2500 μm 。有关磨粒聚集体颗粒的其它细节可以在，例如美国专利 No.4,311,489 (Kressner)、No.4,652,275 (Bloecher 等人)、No.4,799,939 (Bloecher 等人)、No.5,549,962 (Holmes 等人) 和 No.5,975,988 (Christianson 等人)，以及提交于 2000 年 10 月 16 日的美国专利申请 No.09/688,444 和 No.09/688,484 中找到。

磨粒可以均匀地分布在磨具中或集中在磨具的选定区域或部分中。例如，在涂布磨具中，有两层磨粒。第一层包含不是本发明磨粒的磨粒，第二层（外

层)包含本发明磨粒。同样地,在粘合磨具中,有两个不同的砂轮截面。外部截面可以包含本发明的磨粒,而内部截面不包含。或者,本发明的磨粒可以均匀地遍布在整个粘合磨具中。

有关涂布磨具的进一步的细节可以在,例如美国专利 No.4,734,104 (Broberg)、No.4,737,163(Larkey)、No.5,20₃,884(Buchanan 等人)、No.5,152,917 (Pieper 等人)、No.5,378,251 (Culler 等人)、No.5,417,726 (Stout 等人)、No.5,436,063(Follett 等人)、No.5,496,386(Broberg 等人)、No.5,609,706(Benedict 等人)、No.5,520,711 (Helmin)、No.5,594,844 (Law 等人)、No.5,961,674 (Gagliardi 等人) 和 No.5,975,988 (Christinason 等人) 中找到。有关粘合磨具的进一步的细节可以在,例如美国专利 No.4,543,107 (Rue)、No.4,741,743 (Narayanan 等人)、No.4,800,685 (Haynes 等人)、No.4,898,587 (Hay 等人)、No.4,997,461 (Markhoff-Matheny 等人)、No.5,0₃7,453 (Narayanan 等人)、No.5,110,332 (Narayanan 等人) 和 No.5,863,308 (Qi 等人) 中找到。有关玻璃质粘合磨具的进一步的细节可以在,例如美国专利 No.4,543,107 (Rue)、No.4,898,597(Hay 等人)、No.4,997,461(Markhoff-Matheny 等人)、No.5,094,672 (Giles Jr.等人)、No.5,118,326 (Sheldon 等人)、No.5,131,926 (Sheldon 等人)、No.5,20₃,886 (Sheldon 等人)、No.5,282,875 (Wood 等人)、No.5,738,696 (Wu 等人) 和 No.5,863,308 (Qi 等人) 中找到。有关非织造磨具的进一步的细节可在,例如美国专利 No.2,958,593 (Hoover 等人) 中找到。

本发明提供了对表面研磨的方法,它包括将至少一种本发明的磨粒与工件的表面接触;移动至少一种磨粒或接触表面,用磨粒研磨至少一部分表面。用本发明的磨粒进行研磨的方法从打磨(即,高压高磨削量)到抛光(即,用涂布研磨带对医学植入物进行抛光),其中后者一般用较细级别(例如,小于 ANSI 220 及更细)的磨粒进行。磨具还可用于精密研磨用途,如用玻璃质粘合砂轮对凸轮轴进行研磨。用于具体的研磨用途的磨粒的尺寸对本领域技术人员而言是显而易见的。

用本发明的磨粒可以进行干磨或湿磨。对湿磨而言,液体可以以轻喷雾直至完全溢流的形式引入,以形成完整的液流。普遍使用的液体的例子包括:水、水溶性油、有机润滑剂和乳液。所述液体可用来减少研磨产生的热量,和/或作

为润滑剂。所述液体可以含有少量的添加剂，如杀菌剂、抗起泡剂等。

本发明的磨粒可用来研磨工件，如铝金属、碳钢、软钢、工具钢、不锈钢、硬化钢、钛、玻璃、陶瓷、木材、类似木材的材料、油漆、上漆的表面、有机涂布的表面等。在研磨过程中施加的力通常约为 1-100kg。

本发明的优点和实施方式将通过以下一些实施例进一步说明，但是这些实施例中所采用的具体的材料及其用量，以及其它条件和细节，不应解释为对本发明的不恰当的限制。除非另有说明，所有的份和百分数是重量的。除非另有说明，所有实施例不包含大量的 SiO_2 、 B_2O_3 、 P_2O_5 、 GeO_2 、 TeO_2 、 As_2O_3 和 V_2O_5 。

实施例

实施例 1-20

将 50g 各种粉末的混合物(如表 1 所示，在表 2 中列出了原料来源)、75g 异丙醇和 200g 氧化铝研磨介质(柱状，高度和直径均为 0.635cm, 99.9% 氧化铝，从 Coors Golden CO 购得)加入 250ml 聚乙烯瓶中。以 60 转每分钟(rpm)研磨聚乙烯瓶中的物质 16 小时。在研磨之后，除去所述研磨介质，并将浆液倒入热(约 75°C)的玻璃(“PYREX)盘上，并干燥。通过 70 目的丝网(212 微米孔径大小)筛分所述干燥的混合物，并用研磨刷辅助。

在研磨和过筛之后，将研磨的进料颗粒混合物缓慢加入(0.5g/分钟)到氢/氧火炬焰中，熔化所述颗粒。用来熔化颗粒，由此生成熔融液滴的火炬是 Bethlehem 台式燃烧器 PM2D 之型号 B，得自 PA 州 Hellertown 的 Bethlehem 设备公司，以下列速率通入氢和氧。对内环而言，氢气的流量为 8 标准升/分钟 (SLPM)，氧气的流量为 3.5 SLPM。对外环而言，氢气的流量为 23 SLPM，氧气的流量为 12SLPM。将干燥并过筛的颗粒缓慢加入(0.5g/分钟)火炬焰中，熔化所述颗粒，并让其输送到 19 升(5 加仑)圆柱容器内(30cm 直径，34cm 高)，进行连续循环，湍流水迅速冷却所述熔融液滴。所述火焰接触水的角度约为 45°，且火焰长度，从燃烧器到水面约为 18cm。收集所得熔融和迅速冷却的颗粒，并在 110°C 下干燥。所述颗粒的形状为球形，大小从几微米到 250 微米之间变化。

可以使用-100+120 粒度级分(即，150μm 和 125μm 开口尺寸的两个筛之间收集的级分)计算玻璃珠的无定形产率的百分比。按以下方法进行测定。将一单层玻璃珠散布在玻璃片上。使用光学显微镜观察这些玻璃珠。使用光学显

微镜目镜中的十字准线作为导向，根据玻璃珠的光学清晰度，统计沿直线排列的（无定形的或结晶的）玻璃珠的个数。统计出总共 500 个玻璃珠，并由无定形玻璃珠的量除以总的玻璃珠的量确定无定形产率的百分比。

在实施例 12-20 中制备的材料是通过肉眼观察来确定的无定形材料，但是并没有进行上述步骤的定量分析。无定形材料通常是透明的，因为其中缺少光散射中心（如晶粒间界），而结晶材料表现出了一种结晶结构，并且是不透明的，因为其中存在光散射效应。

通过下述差热分析(DTA)确定所述相组成(玻璃/无定形/结晶)。如果材料的相应 DTA 曲线包含结晶放热现象 (T_x)，那么该材料就归类为无定形材料。如果相同的曲线在低于 T_x 的温度还包含吸热现象 (T_g)，那么可以认为它是由玻璃相构成的。如果材料的 DTA 曲线不包含这些现象，那么可以认为它包含结晶相。

可使用下述方法进行差热分析 (DTA)。DTA 试验可使用-140 + 170 粒度级分（即，在 10₅ 和 90 微米开口尺寸的两个筛网间收集的级分）进行（使用一种仪器，例如商品名为“NETZSCH STA 409 DTA/TGA”，得自德国 Selb 的 Netzschi Instruments 公司）。将一定量的各个过了筛的试样（通常约 400 毫克 (mg)）放入 100 微升的 Al₂O₃ 试样容器中。以 10°C/分钟的速率，在静态空气中将各个试样从室温（约 25°C）加热到 1100°C。

参见图 4, 线 123 是实施例 1 材料的标绘出的 DTA 数据。参见图 4, 线 123，所述材料在约 872°C 的温度下呈现出放热现象，如线 123 的向下曲线所示，认为这种现象是由于玻璃材料的玻璃化转变温度(T_g)引起的。在约 958°C 下，观察到放热现象，如线 123 中的尖峰所示。认为这种现象是由于材料的结晶(T_x)。其它实施例的 T_g 和 T_x 值也记录在下表 1 中，除实施例 15-20 以外。

表 1

实施例	批量, g	组分的重量百分数	氧化铝的最终百分数%	来自铝金属的最终氧化铝百分数	无定形产率百分数	玻璃化转变温度/结晶温度
实施例 1 ALZ	Al ₂ O ₃ : 19.3	Al ₂ O ₃ : 38.5	38.5	0	98	882°C
	La ₂ O ₃ : 21.3	La ₂ O ₃ : 42.5				932°C
	ZrO ₂ : 9.5	ZrO ₂ : 19.0				
实施例 2 AYZ	Al ₂ O ₃ : 16.7	Al ₂ O ₃ : 33.3	57.5	50	89	900°C
	Al: 8.8	Al: 17.6				935°C
	Y ₂ O ₃ : 16	Y ₂ O ₃ : 31.9				
实施例 3 AGdZ	ZrO ₂ : 8.6	ZrO ₂ : 17.2				
	Al ₂ O ₃ : 20.5	Al ₂ O ₃ : 41.0	41.0	0	94	872°C
	Gd ₂ O ₃ : 20.5	Gd ₂ O ₃ : 41.0				
实施例 4 AY	ZrO ₂ : 9	ZrO ₂ : 18				
	Al ₂ O ₃ : 19.5	Al ₂ O ₃ : 39.1	66	50	93	894°C
	Al: 10.3	Al: 20.7				943°C
实施例 5 AYMg	Y ₂ O ₃ : 20.1	Y ₂ O ₃ : 40.3				
	Al ₂ O ₃ : 18.8	Al ₂ O ₃ : 37.7	62.7	50	93	848°C
	Al: 10.0	Al: 19.9				996°C
	MgO: 0.0	MgO: 0.0				
	Mg: 1.8	Mg: 3.6				
	Y ₂ O ₃ : 19.4	Y ₂ O ₃ : 38.8				

实施例	批量, g	组分的重量百分数	氧化铝的最终百分数%	来自铝合金的最终氧化铝百分数	无定形产率百分数	玻璃化转变温度/结晶温度
实施例 6 AYMg	Al ₂ O ₃ : 18.1 Al: 9.6 MgO: 0.0 Mg: 3.7 Y ₂ O ₃ : 18.6	Al ₂ O ₃ : 36.2 Al: 19.2 MgO: 0.0 Mg: 7.3 Y ₂ O ₃ : 37.3	59.4 50	50	81	832°C 884°C
实施例 7 AZ	Al ₂ O ₃ : 17.0 Al: 9.0 ZrO ₂ : 24.1	Al ₂ O ₃ : 33.9 Al: 18.0 ZrO ₂ : 48.1	58.5 50	63	无	959°C
实施例 8 AZ-Ti	Al ₂ O ₃ : 15.5 Al: 8.2 ZrO ₂ : 22.0 TiO ₂ : 4.3	Al ₂ O ₃ : 31.0 Al: 16.2 ZrO ₂ : 44.0 TiO ₂ : 8.6	54 50	79	无	936°C
实施例 9 AZ-La	Al ₂ O ₃ : 12.3 Al: 6.5 ZrO ₂ : 17.4 La ₂ O ₃ : 13.8	Al ₂ O ₃ : 24.5 Al: 13.0 ZrO ₂ : 34.8 La ₂ O ₃ : 27.7	44 50	94	889°C 918°C	
实施例 10 AZ-La	Al ₂ O ₃ : 9.1 Al: 4.8 ZrO ₂ : 13.0 La ₂ O ₃ : 23.1	Al ₂ O ₃ : 18.2 Al: 9.6 ZrO ₂ : 25.9 La ₂ O ₃ : 46.2	34 50	96	868°C 907°C	

实施例	批量, g	组分的重量百分数	氧化铝的最终百分数%	来自铝金属的最终氧化铝百分数	无定形产率百分数	玻璃化转变温度/结晶温度
实施例 11	Al ₂ O ₃ ; 7.5 Al: 4.0	Al ₂ O ₃ : 15.0 Al: 8.0	28	50	93	870°C 898°C
	ZrO ₂ ; 17.0	ZrO ₂ : 34.0				
	La ₂ O ₃ ; 21.4	La ₂ O ₃ : 42.8				
实施例 12 ACZ	Al ₂ O ₃ ; 20.3	Al ₂ O ₃ : 40.6	40.6	0	NA	838°C 908°C
	ZrO ₂ ; 9.0	ZrO ₂ : 18.0				
	La ₂ O ₃ ; 20.7	La ₂ O ₃ : 41.4				
实施例 13 ALZ/ CaF ₂	Al ₂ O ₃ ; 15.6	Al ₂ O ₃ : 31.2	37.04	0	NA	无 676°C
	La ₂ O ₃ ; 17	La ₂ O ₃ : 34				
	ZrO ₂ ; 7.4	ZrO ₂ : 14.8				
实施例 14 ALZ/ P ₂ O ₅	CaF ₂ ; 10	CaF ₂ : 20				
	Al ₂ O ₃ ; 17.87	Al ₂ O ₃ : 35.73	35.73	0	NA	857°C 932°C
	La ₂ O ₃ ; 21.08	La ₂ O ₃ : 42.17				
实施例 15 ALZ/ NB ₂ O ₅	ZrO ₂ ; 8.55	ZrO ₂ : 17.1				
	P ₂ O ₅ ; 2.5	P ₂ O ₅ : 5				
	Al ₂ O ₃ ; 17.87	Al ₂ O ₃ : 35.73	35.73	0	NA	
	La ₂ O ₃ ; 21.08	La ₂ O ₃ : 42.17				
	ZrO ₂ ; 8.55	ZrO ₂ : 17.1				
	NB ₂ O ₅ ; 2.5	NB ₂ O ₅ : 5				

实施例	批量, g	组分的重量百分数	氧化铝的最终百分数%	来自铝金属的最终氧化铝百分数	无定形产率百分数	玻璃化转变温度/结晶温度
实施例 16 ALZ/ Ta_2O_5	Al ₂ O ₃ ; 17.87	Al ₂ O ₃ ; 35.73	35.73	0	NA	NA
	La ₂ O ₃ ; 21.08	La ₂ O ₃ ; 42.17				
	ZrO ₂ ; 8.55	ZrO ₂ ; 17.1				
实施例 17 ALZ/ SrO	Ta ₂ O ₅ ; 2.5	Ta ₂ O ₅ ; 5				
	Al ₂ O ₃ ; 17.87	Al ₂ O ₃ ; 35.73	35.73	0	NA	NA
	La ₂ O ₃ ; 21.08	La ₂ O ₃ ; 42.17				
实施例 18 ALZ/ Mn_2O_3	ZrO ₂ ; 8.55	ZrO ₂ ; 17.1				
	SrO; 2.5	TsrO; 5				
	Al ₂ O ₃ ; 17.87	Al ₂ O ₃ ; 35.73	35.73	0	NA	NA
实施例 19 ALZ/ Fe_2O_3	La ₂ O ₃ ; 21.08	La ₂ O ₃ ; 42.17				
	ZrO ₂ ; 8.55	ZrO ₂ ; 17.1				
	Mn ₂ O ₃ ; 2.5	Mn ₂ O ₃ ; 5				
实施例 20 ALZ/ Cr_2O_3	Al ₂ O ₃ ; 18.25	Al ₂ O ₃ ; 36.5	36.5	0	NA	NA
	La ₂ O ₃ ; 21.52	La ₂ O ₃ ; 43.04				
	ZrO ₂ ; 8.73	ZrO ₂ ; 17.46				
	Fe ₂ O ₃ ; 1.5	Fe ₂ O ₃ ; 3				
	Al ₂ O ₃ ; 18.25	Al ₂ O ₃ ; 36.5	36.5	0	NA	NA
	La ₂ O ₃ ; 21.52	La ₂ O ₃ ; 43.04				
	ZrO ₂ ; 8.73	ZrO ₂ ; 17.46				
	Cr ₂ O ₃ ; 1.5	Cr ₂ O ₃ ; 3				

表 2

原料	来源
氧化铝颗粒(Al_2O_3)	从 Alcoa Industrial Chemicals, Bauxite, AR 以商标"Al6SG"购得
铝颗粒(Al)	从 Alfa Aesar, Ward Hill, MA 购得
氧化铈颗粒	从 Rhone-Poulence, France 购得
氧化钆颗粒	从 Molycorp Inc., Mountain Pass, CA 购得
氧化镧颗粒(La_2O_3)	从 Molycorp Inc., Mountain Pass, CA 购得, 在分配混合前在 700 °C 下煅烧 6 小时
镁颗粒(Mg)	从 Alfa Aesar, Ward Hill, MA 购得
氧化镁颗粒(MgO)	从 BDH Chemicals Ltd, Poole, England 购得
氧化钛颗粒(TiO_2)	从 Kemira, Savannah, GA 以商标"Unitane 0-110"购得
氧化钇颗粒(Y_2O_3)	从 H.C. Stark Newton, MA 购得
氧化锆颗粒(ZrO_2)	从 Zirconia Sales, Inc. of Marietta, GA 以商标"DK-2"购得
氟化钙颗粒(CaF_2)	从 Aldrich, Milwaukee, WI 购得
氧化磷颗粒(P_2O_5)	从 Aldrich, Milwaukee, WI 购得
氧化铌颗粒(Nb_2O_5)	从 Aldrich, Milwaukee, WI 购得
氧化钽颗粒(Ta_2O_5)	从 Aldrich, Milwaukee, WI 购得
氧化锶颗粒(Ta_2O_5)	从 Aldrich, Milwaukee, WI 购得
氧化锰颗粒(Mn_2O_3)	从 Aldrich, Milwaukee, WI 购得
氧化铁颗粒(Fe_2O_3)	从 Aldrich, Milwaukee, WI 购得
氧化铬颗粒(Cr_2O_3)	从 Aldrich, Milwaukee, WI 购得

实施例 21

将约 25g 来自实施例 1 的珠置于石墨模具中，并使用单轴挤压设备(从 Thermal Technology Inc. , Brea, CA 以商标"HP- 50"购得)进行热压。所述热压在氩气气氛和 13.8MPa(2000 磅/平方英寸或者 2ksi)压力下进行。以 25°C/分钟的速度将热压炉的温度升至最高 970°C。得到一圆盘状直径为 3.4cm，厚 0.6cm 的透明块材料。如实施例 1-20 所述，获得 DTA 曲线。所述曲线表明在约 885°C 的温度下出现放热现象，如所述曲线中向下改变所述。应认为，这种现象是由于玻璃材料的玻璃化转变温度(T_g)所致。相同的材料在约 928°C 的温度下出现放热现象，如曲线中尖峰所示。认为这种现象是由于材料的结晶(T_x)所致。

实施例 22

将 50g 混合物(19.3g 氧化铝颗粒(从 Alcoa Industrial Chemicals, Bauxite, AR 以商标"Al6SG"购得)、9.5g 氧化锆颗粒(从 Zirconia Sales, Inc. of Marietta, GA 以商标"DK-2"购得)和 21.2g 氧化镧颗粒(从 Molycorp Inc., Mountain Pass, CA 购得))、75g 异丙醇和 200 氧化铝研磨介质(柱状，高度和直径均为 0.635cm, 99.9% 氧化铝，从 Coors Golden CO 购得)加入 250ml 聚乙烯瓶(7.3cm 直径)中。以 60 转每分钟(rpm)研磨聚乙烯瓶中的物质 16 小时。在原料中氧化铝和氧化锆的比例为 2:1，且所述氧化铝和氧化锆共占约 58 重量%%。在研磨之后，除去所述研磨介质，并将浆液倒入热(约 75°C)的玻璃("PYREX)盘上，并干燥。通过 70 目的丝网(212 微米孔径大小)筛分所述干燥的混合物，并用研磨刷辅助。

在研磨和过筛之后，将研磨的进料颗粒混合物缓慢加入(0.5g/分钟)到氢/氧火炬焰中，熔化所述颗粒。用来熔化颗粒，由此生成熔融液滴的火炬是 Bethlehem 台式燃烧器 PM2D 之型号 B，得自 PA 州 Hellertown 的 Bethlehem 设备公司，以下列速率通入氢和氧。对内环而言，氢气的流量为 8 标准升/分钟 (SLPM)，氧气的流量为 3.5 SLPM。对外环而言，氢气的流量为 23 SLPM，氧气的流量为 12SLPM。将干燥并过筛的颗粒缓慢加入(0.5g/分钟)火炬焰中，熔化所述颗粒，并让其输送到倾斜的不锈钢表面(约 51cm (20 英寸) 宽，倾斜角为 45°)，用冷水浇该表面(约 8 升/分钟)，迅速淬火所述熔融的液滴。收集所得熔融和迅速冷却的颗粒，并在 110°C 下干燥。所述颗粒的形状为球形，大小从几微米到 250 微米之间变化。

随后，使所述火焰形成的直径小于 125 微米的珠经过等离子体喷枪，并沉

积在以下不锈钢基材上。

按以下所述方式准备四个 304 不锈钢基材(76.2mm×25.4mm×3.175mm 尺寸)和两个 1080 碳钢基材(76.2mm×25.4mm×1.15mm)。将要涂覆的面进行喷砂处理，并在超声波浴中洗涤，然后用异丙醇擦拭干净。将四个不锈钢和一个 1080 碳钢基材置于所述等离子体喷枪(从 Praxair Surface Technologies, Concord, NH 以"Praxair SG-100 Plasma Gun"购得)的喷嘴前约 10cm 处。将另一个 1080 碳钢置于所述等离子体喷枪的喷嘴前 18cm 处。所述在等离子体喷枪喷嘴前 18cm 处的另一 1080 碳钢样品上制得的涂层没有什么别的特征。

所述等离子体单元的功率为 40kW。所述等离子体气体为氩气(50 磅/平方英寸(psi), 0.3MPa)，并以氦气所谓辅助气(150psi, 1MPa)。通过使用氩气作为载体气(50psi, 0.3MPa)，并使用 Praxair 1270 型 电脑控制的粉末进料器 (从 Praxair Surface Technologies, Concord, NH 购得)使所述珠经过所述等离子体喷枪。在沉积过程中，施加约 40V 的电压和约 900 安培的电流，所述等离子体喷枪从左到右，从上到下均匀的涂覆所述基材。当达到所需厚度时，停止等离子体喷射，回收所述样品。弯曲所述 1080 碳钢基材，由此将涂层和基材分开，形成独立的块材料。所述沉积的材料具有 z 尺寸(厚度)，约为 1350 微米，如使用光学显微镜所测得的。

通过下述差热分析(DTA)确定所述相组成(玻璃/无定形/结晶)。如果材料的相应 DTA 曲线包含结晶放热现象 (T_x)，那么该材料就归类为无定形材料。如果相同的曲线在低于 T_x 的温度还包含吸热现象 (T_g)，那么可以认为它是由玻璃相构成的。如果材料的 DTA 曲线不包含这些现象，那么可以认为它包含结晶相。

可使用下述方法进行差热分析 (DTA)。DTA 试验可使用-140+170 粒度级分 (即，在 10₅ 和 90 微米开口尺寸的两个筛网间收集的级分) 进行 (使用一种仪器，例如商品名为“NETZSCH STA 409 DTA/TGA”，得自德国 Selb 的 Netzscht Instruments 公司)。将一定量的各个过了筛的试样 (通常约 400 毫克 (mg)) 放入 100 微升的 Al₂O₃ 试样容器中。以 10°C/分钟的速率，在静态空气中将各个试样从室温 (约 25°C) 加热到 1100°C。

所述涂覆的材料(在 304 不锈钢基材)在约 880°C 的温度下表现出吸热现象，如曲线中向下变化所示。认为这种现象是由于玻璃材料的玻璃化转变温度(Tg)

所致。相同的材料在约 931°C 的温度下表现出放热现象，如曲线中尖峰所示。认为这种现象是由于材料的结晶(T_x)所致。因此，所述涂覆的材料(在 304 不锈钢基材上)和独立的块材料像玻璃一样，如 DTA 曲线所测的。

然后，在 1300°C 下热处理一部分分类玻璃的独立块材料 48 小时。使用粉末 X 射线衍射 XRD (使用 X 射线衍射仪，如得自 NJ 州 Mahwah 的 Phillips 公司的商品名为“PHILLIPS XRG 3100”的产品，其具有铜 K α 1 辐射/1.540₅0 埃)，则可以通过比较结晶材料的 XRD 图谱中的峰与 JCPDS (粉末衍射标准联合委员会) 数据库 (衍射数据国际中心出版) 中的结晶相的 XRD 图形得到材料中存在的相。所得结晶材料包括 LaAlO_3 、 ZrO_2 (立方、四方)、 $\text{LaAl}_1\text{O}_{18}$ 和过渡 Al_2O_3 相。

另一部分分类玻璃的独立块材料在电加热炉(从 CM Furnaces, Bloomfield, NJ 以商标"Rapid Temp Furnace"购得)中在 1300°C 下结晶 1 小时。所述结晶的涂层用锤子碾碎成-30+35 目大小的颗粒(即，在 600 微米到 500 微米孔径大小的筛子中收集的组分)。所述颗粒通过在超声波浴(从 Cole-Parmer, Vernon Hills, IL 以商标"8891"购得)中进行洗涤来清洗碎片 15 分钟，在 100°C 下干燥，并使用复写带将其中几个固定在金属圆柱(3cm 直径，2cm 高)上。用金-铂薄层溅射涂布所述固定的样品，并使用 JEOL 扫描电子显微镜(SEM)(JSM 型 840A)进行观察。所述断裂的表面粗糙，在 SEM 中没有观察到任何粗过 200nm 的晶体(图 5)。

实施例 23

使用以下 50g 混合物，如实施例 22 所述制造进料颗粒：21.5g 氧化铝颗粒(从 Alcoa Industrial Chemicals, Bauxite, AR 以商标"Al6SG"购得)、9g 氧化锆颗粒(从 Zirconia Sales, Inc. of Marietta, GA 以商标"DK-2"购得)和 19.5g 氧化铈颗粒(从 Rhone-Poulence, France 购得)。在原料中氧化铝和氧化锆的比例为 2.4:1，且所述氧化铝和氧化锆共占约 61 重量%。如实施例 22 所述，将进料颗粒火焰成形为珠(大小从几微米到 250 微米)。随后，将直径为 180-250 微米的火焰成形珠经过等离子体喷枪，并如实施例 22 所述沉积在不锈钢和碳钢基材上。

弯曲所述 1080 碳钢基材，由此将涂层和基材分开，形成独立的块材料。所述沉积的材料具有 z 尺寸(厚度)，约为 700 微米，如使用光学显微镜所测得的。所述显微结构也可以使用光学显微镜来观察。所述材料由主要为无定形的透明基质中通常为球形且不透明的单斜晶颗粒组成。无定形材料通常是不透明的，

这是由于缺乏光散射中心如晶粒间界，而所述晶粒显示出晶体结构，并且由于光散射效应是不透明。如实施例 22 中所述的粉末 XRD 分析所示，所述结晶相由 Zr_{0.4}Ce_{0.6}O₂(立方)和过渡 Al₂O₃组成。

使用直径小于 125 微米的火焰成形的珠，进行第二沉积试验。所得涂层的 z 尺寸(厚度)约为 1100 微米，如光学显微镜所确定的。也可以使用光学显微镜来观察所述显微结构。这种材料具有类似的特征(即，由主要为无定形的透明基质中通常为球形且不透明的单斜晶颗粒组成)，如由直径 180-250 微米的珠所形成的材料。如实施例 22 中 XRD 分析所示，所述结晶相由 Zr_{0.4}Ce_{0.6}O₂(立方)和过渡 Al₂O₃组成。

该实施例所述喷涂形成的材料的平均硬度可按如下方法确定。将材料的截面镶嵌在通常位于直径约 2.5cm、高约 1.9cm 的树脂圆块中的镶嵌树脂（如商品名为“TRANSOPTIC POWDER”，得自 IL 州 Lake Bluff 的 Buehler 公司）中。使用抛光机（如商品名为“ECOMET 3”，得自 IL 州 Lake Bluff 的 Buehler 公司），用常规的抛光技术制备镶嵌截面。用金刚石砂轮抛光试样约 3 分钟，然后用 45、30、15、9、3 和 1μm 的浆液各自抛光 5 分钟。用配置了使用 100g 压痕负重的维氏压头的常规显微硬度测试仪（商品名为“MITUTOYO MVK-VL”，得自日本东京 Mitutoyo 公司）测定显微硬度。显微硬度的测定根据 ASTM 测试方法 E384（材料的显微硬度的测试方法）（1991）规定的规则进行。该实施例材料的平均显微硬度为 15Gpa。

实施例 24

使用以下 50g 混合物，如实施例 22 所述制造进料颗粒：27.9g 氧化铝颗粒(从 Alcoa Industrial Chemicals, Bauxite, AR 以商标"Al6SG"购得)、7.8g 氧化锆颗粒(从 Zirconia Sales, Inc. of Marietta, GA 以商标"DK-2"购得)和 14.3g 氧化钇颗粒(从 H.C. Stark Newton, MA 购得)。在原料中氧化铝和氧化锆的比例为 3.5:1，且所述氧化铝和氧化锆共占约 72 重量%。然后，所述进料颗粒通过 30 目筛网(600 微米孔径大小)进行筛分，并在电加热炉(从 CM Furnaces, Bloomfield, NJ 以商标"Rapid Temp Furnace"购得)中在 1400°C 下热处理 2 小时。如实施例 22 所述，将所述热处理的颗粒进一步筛分，分离出直径为 125-180 微米的颗粒，然后经过等离子体喷枪，并沉积到不锈钢基材上。

弯曲所述 1080 碳钢基材，由此将涂层和基材分开，形成独立的块材料。所

述沉积的材料具有 z 尺寸(厚度)，约为 700 微米，如使用光学显微镜所测得的。所述显微结构也可以使用光学显微镜来观察。所述材料由主要为无定形的透明基质中通常为不透明的单斜晶颗粒(保持其原有形状)组成。如实施例 22 中所述的粉末 XRD 分析所示，所述结晶相由 Al₅Y₃O₁₂ 和 Y_{0.15}Zr_{0.85}O_{1.93} 组成。

另一部分独立块材料在 1300°C 下结晶 1 小时，如实施例 22 所述，用金-铂薄层溅射涂布所述断裂的表面，并使用 JEOL 扫描电子显微镜(SEM)(JSM 型 840A)进行观察。所述断裂的表面粗糙，没有观察到任何粗过 200nm 的晶体(图 6)。

使用直径小于 125 微米的火焰成形的珠，进行第二沉积试验。所得涂层约为 1100 微米厚(z 尺寸)。也可以使用光学显微镜来观察所述显微结构。这种材料具有类似的特征(即，由主要为无定形的透明基质中通常为球形且不透明的单斜晶颗粒组成)，如由直径 180-250 微米的珠所形成的材料。如实施例 22 中 XRD 分析所示，所述结晶相由 Al₅Y₃O₁₂ 和 Y_{0.15}Zr_{0.85}O_{1.93} 组成。

实施例 25

使用实施例 22-24 所得进料颗粒对由以上三个实施例的各层组成的厚涂层进行等离子体喷涂。所述第一层如实施例 23 所述，第二层如实施例 22 所述，而第三层如实施例 24 所述进行涂覆。

在涂覆前，所述基材没有进行喷砂处理，使得用手就很容易将其分离，形成独立的块材料，约 75mm × 25mm × 7.5mm。使用金刚石锯从所述材料上经过各层横截一部分。将截面部分镶装在镶装树脂（如商品名为“TRANSOPTIC POWDER”，得自 IL 州 Lake Bluff 的 Buehler 公司）中，使得可以看见不同的层。所得树脂圆块直径约 2.5cm、高约 1.9cm。使用抛光机（如商品名为“ECOMET 3”，得自 IL 州 Lake Bluff 的 Buehler 公司），用常规的抛光技术制备镶装截面。用金刚石砂轮抛光试样约 3 分钟，然后用 45、30、15、9、3 和 1μm 的浆液各自抛光 5 分钟。

第一层的 z 尺寸(厚度)约 2.5mm，如使用光学显微镜所测得的。使用光学显微镜观察所述微结构。这种材料具有类似于实施例 23 所述材料的特征(即，由主要为无定形的透明基质中通常为球形且不透明的单斜晶颗粒组成)。所述第二层的 z 尺寸(厚度)约为 2mm，如使用光学显微镜所测得的。也可以使用光学显微镜观察所述微结构。这种材料具有类似于实施例 22 所述材料的特征(即，透

明，建议为无定形的)。第三次的 z 尺寸(厚度)约为 3mm，如使用光学显微镜所测得的。也可以使用光学显微镜观察所述微结构。这种材料具有类似于实施例 24 所述材料的特征(即，由主要为无定形的透明基质中通常为不透明的单斜晶颗粒(保持其原有形状)组成)。

实施例 26

使用“Chipmunk”颚式粉碎机(类型：VD，由 CA 州 Burbank 的 BICO 公司生产)将实施例 21 中制得的合并材料粉碎成为磨粒，且分级以保留-30+35 目的级分(即，在 600 μm 和 500 μm 孔径尺寸的筛之间收集的级分)和-35+40 目的级分(即，在 500 μm 和 425 μm 孔径尺寸的筛之间收集的级分)。这两个目的级分结合起来提供一个 50/50 的混合物。

使用 Zeiss 成像分析系统(Zeiss Stemi SV11 显微镜和装载在电脑上的软件)和照相机(3CCD 相机，330 型(从 Dage MTI [INC.] Michigan City, IN 购得))。所得纵横比为 1.86。

使用 gas pycnometer AccyPyc1330, Micromeritics, Norcross, GA 测量所述颗粒的密度。所得密度为 4.65g/cm³。

在电加热炉(从 CM Furnaces, Bloomfield, NJ 以商标“Rapid Temp Furnace”购得)中，在 1300°C 下热处理所述碾碎的颗粒 45 分钟。所得晶粒保持其原有的碾碎形状。发现颗粒的密度为 5.24 g/cm³。如实施例 22 中所述通过 XRD 分析来确定，所述结晶玻璃陶瓷相包含 LaAlO₃、立方/四方 ZrO₂、LaAl₁₁O₁₈、 α -Al₂O₃、单斜晶 ZrO₂ 和微量的无定形相。

实施例 27-28

将 19.3g 氧化铝颗粒(从 Alcoa Industrial Chemicals, Bauxite, AR 以商标“Al6SG”购得)、9.5g 氧化锆颗粒(从 Zirconia Sales, Inc. of Marietta, GA 以商标“DK-2”购得)和 21.2g 氧化镧颗粒(从 Molycorp Inc., Mountain Pass, CA 购得)、75g 异丙醇和 200g 氧化铝研磨介质(柱状，高度和直径均为 0.635cm，99.9% 氧化铝，从 Coors Golden CO 购得)加入 250ml 聚乙烯瓶(7.3cm 直径)中。以 60 转每分钟(rpm)研磨聚乙烯瓶中的物质 16 小时。在研磨之后，除去所述研磨介质，并将浆液倒入热(约 75°C)的玻璃(“PYREX”)盘上，并在 3 分钟内干燥。将所述干燥的混合物通过 14 目筛子(1400 微米孔径大小)进行筛分，并用研磨刷辅助，

在空气中，在 1400°C 下预先烧结 2 小时。

在石墨棒(约 60cm 长，直径 15mm)的末端钻孔(直径约 13mm，深 8cm)。将约 20g 预先烧结的颗粒插入所述中空末端。将所述石墨棒的中空末端插入电阻加热炉(从 Astro Industries, Santa Barbara, CA 购得)的热区中。改变所述炉，将其变为具有内径约为 18mm 的石墨管的管式炉中。将所述热区保持在 2000°C 的温度下，并将炉倾斜约 30°，使熔融物不会溢出所述棒。将所述棒的末端固定在热区中 10 分钟，确保均匀熔化。10 分钟之后，从所述炉中迅速取出所述棒，并将熔融物倾斜倒到淬火表面上。

对实施例 27 而言，所述淬火表面是两个相对不锈钢盘。将所述盘(17.8cm × 5cm × 2.5cm)沿其相互平行的长边缘放置，其中留下约 1mm 的缝隙。将所述熔融物倒入所述缝隙中，再次它迅速固化成 z 尺寸(厚度)约 1mm 的盘。所述淬火的熔融物基本上透明，且无定形，其玻璃化转变温度(T_g)为 885°C，结晶温度(T_x)为 930°C，如实施例 1-20 所得 DTA 曲线所确定的。

对实施例 28 而言，所述淬火表面是两个相反旋转的辊。辊的直径为 5cm，由电机驱动，速度为 80rpm。辊之间的缝隙约为 0.8mm。将熔融物倒入缝隙中，再次所述辊迅速固化成盘，具有显著的 x 和 y 尺寸，其 z 尺寸(厚度)为 0.8mm。所述淬火的熔融物基本上透明，且无定形，其玻璃化转变温度(T_g)为 885°C，结晶温度(T_x)为 930°C，如实施例 1-20 所得 DTA 曲线所确定的。

实施例 29

使用“Chipmunk”颚式粉碎机(类型：VD，由 CA 州 Burbank 的 BICO 公司生产)将实施例 21 中制得的合并材料粉碎成为磨粒，且分级以保留 -30+35 目的级分(即，在 600μm 和 500μm 孔径尺寸的筛之间收集的级分)和 -35+40 目的级分(即，在 500μm 和 425μm 孔径尺寸的筛之间收集的级分)。这两个目的级分结合起来提供一个 50/50 的混合物。

使用如实施例 26 所述的方法测量纵横比。所得纵横比为 1.83。

使用实施例 26 中所述的方法测量颗粒的密度。所得密度为 4.61g/cm³。

实施例 30-31

如实施例 21 所述制备热压圆盘，并使用金刚石锯(从 Buehler, Lake Bluff, IL 以商标"ISOMET 1000"购得)将其截成两个棒(约 2cm × 0.5cm × 0.5cm)。将两个

棒在电加热炉(从 CM Furnaces, Bloomfield, NJ 以商标"Rapid Temp Furnace"购得)中在 800°C 下退火 2 小时。在退火过程中不存在结晶。

对实施例 30 而言, 使用锤子将一个棒碾碎成-30+35 目的级分(即, 在 600μm 和 500um 孔径尺寸的筛之间收集的级分)。在电加热炉(从 CM Furnaces, Bloomfield, NJ 以商标"Rapid Temp Furnace"购得)中在 1300°C 下热处理所述碾碎的颗粒 1 小时, 使它们结晶。所述颗粒通过在超声波浴(从 Cole-Parmer, Vernon Hills, IL 以商标"8891"购得)中进行洗涤来清洗碎片 15 分钟, 在 100°C 下干燥, 并使用复写带将其中几个固定在金属圆柱(3cm 直径, 2cm 高)上。用金-铂薄层溅射涂布所述固定的样品, 并使用 JEOL 扫描电子显微镜(SEM)(JSM 型 840A)进行观察。

在实施例 30 的材料中, 典型的玻璃特征是显而易见的, 即使在发生结晶之后。图 7 中所示断裂表面是 Wallner 线的良好例子, 在大多数玻璃断裂处是普遍存在的。图 8 中所示断裂表面显示为锯齿状, 玻璃断裂处常见的另一中特征。Wallner 线和锯齿状的定义可从文献《无机玻璃基本原理》Arun K Varshneya, 第 425-27 页, 1994 中获知。

实施例 30 的材料的平均硬度可按如下方法确定。将几个颗粒镶嵌在镶嵌树脂(如商品名为“TRANSOPTIC POWDER”, 得自 IL 州 Lake Bluff 的 Buehler 公司)中。所得树脂圆块直径约 2.5cm、高约 1.9cm。使用抛光机(如商品名为“ECOMET 3”, 得自 IL 州 Lake Bluff 的 Buehler 公司), 用常规的抛光技术制备镶嵌截面。用金刚石砂轮抛光试样约 3 分钟, 然后用 45、30、15、9、3 和 1μm 的浆液各自抛光 5 分钟。用配置了使用 100g 压痕负重的维氏压头的常规显微硬度测试仪(商品名为“MITUTOYO MVK-VL”, 得自日本东京 Mitutoyo 公司)测定显微硬度。显微硬度的测定根据 ASTM 测试方法 E384(材料的显微硬度的测试方法)(1991)规定的规则进行。所述显微硬度是 20 次测量的平均值。实施例 30 中材料的平均硬度为 16.4Gpa。

对实施例 31 而言, 在电加热炉(从 CM Furnaces, Bloomfield, NJ 以商标"Rapid Temp Furnace"购得)中在 1300°C 下热处理另一半的所述棒 1 小时。使用锤子将所述热处理的棒碾碎成-30+35 目的级分(即, 在 600μm 和 500um 孔径尺寸的筛之间收集的级分)。镶嵌所述颗粒, 并使用上述方法进行观察。

相比较实施例 30 中材料的玻璃断裂表面, 实施例 31 的材料呈现出多晶材料中常见的断裂表面。图 9 中所示的断裂表面显示了具有大小类似于晶体大小的

特征的粗糙表面，通常为晶内断裂。

实施例 32

在电加热炉中在 1300°C 下热处理实施例 4 的珠 30 分钟。镶嵌所述结晶的珠，并如实施例 30-31 所述进行抛光，用金-铂薄层涂覆，并使用 JEOL SEM(JSM 840A 型)进行观察。图 10 是在结晶珠中发现的显微结构的典型的反向散射电子(BSE)显微图。所述结晶样品是晶体大小分布很窄的纳米晶体，通过显微镜肉眼观察，没有发现任何大于 200nm 的晶体。

可以根据 ASTM E 112-96 “测定平均晶粒径的标准测试方法”，通过直线截取法测定平均晶粒尺寸。将试样镶嵌在通常位于直径约 2.5cm、高约 1.9cm 的树脂圆块中的镶嵌树脂（如商品名为“TRANSOPTIC POWDER”，得自 IL 州 Lake Bluff 的 Buehler 公司）中。使用抛光机（如商品名为“ECOMET 3”，得自 IL 州 Lake Bluff 的 Buehler 公司），用常规的抛光技术制备镶嵌截面。用金刚石砂轮抛光试样约 3 分钟，然后用 45、30、15、9、3 和 1μm 的浆液各自抛光 5 分钟。用一薄层金-钯喷溅镶嵌及抛了光的试样，并用扫描电子显微镜（如 JEOL SEM 型号：JSM 840A）观察。试样中所见的显微结构的一般背散射电子(BSE) 显微照片用来测定平均晶粒尺寸，具体如下。统计显微照片上一随机直线的每单元长度截取的晶粒数量 (N_L)。使用以下方程式从该数值中确定平均晶粒尺寸。

$$\text{平均晶粒尺寸} = 1.5 / (N_L \cdot M)$$

式中， N_L 是每单元长度截取的晶粒数目，M 是显微照片的放大倍数。样品中平均晶体大小为 140nm，如线截取方法所测得的。

实施例 33

在电加热炉(从 CM Furnaces, Bloomfield, NJ 以商标"Rapid Temp Furnace" 购得)中，在 1300°C 下热处理实施例 21 所得合并材料 45 分钟。使用“Chipmunk”颚式粉碎机（类型：VD，由 CA 州 Burbank 的 BICO 公司生产）将所得结晶材料粉碎成为磨粒，且分级以保留 -30+35 目的级分（即，在 600μm 和 500um 孔径尺寸的筛之间收集的级分）和 -35+40 目的级分（即，在 500μm 和 425um 孔径尺寸的筛之间收集的级分）。这两个目的级分结合起来提供一个 50/50 的混

合物。

使用如实施例 26 所述的方法测量纵横比。所得纵横比为 1.84。

使用实施例 26 中所述的方法测量颗粒的密度。所得密度为 5.19g/cm³。

实施例 34

将约 150g 实施例 1 中制得的珠置于 5cm×5cm×5cm 的钢罐中，然后排空并密封隔绝。随后，使用 HIP 设备(从 American Isostatic Pressing, OH 以 "IPS Eagle-6" 购得)热等静压(HIPed)所述钢罐。所述热等静压在氩气气氛中在 207MPa(30ksi)压力下进行。所述热等静压炉以 25°C/分钟的速度升至 970°C，并保持在该温度下 30 分钟。在热等静压后，切割所述钢罐，并除去填充材料。观察到所述珠聚结成大块透明的，类玻璃材料。如实施例 1 所示，DTA 显示玻璃化转变温度(T_g)为 879°C，结晶温度(T_x)为 931°C。

实施例 35

将 819.6g 氧化铝颗粒（“APA-0.5”）、818g 氧化镧颗粒（得自 Molycorp 公司）、362.4g 氧化钇稳定的氧化锆颗粒(标称组分为 94.6 重量% 的 ZrO₂(+HfO₂) 和 5.4 重量% 的 Y₂O₃，商品名为“HSY-3”，得自 GA 州 Marietta 的 Zirconia Sales 公司）、1050g 蒸馏水、以及约 2000g 氧化锆研磨介质（商品名为“YTZ”，得自 NJ 州 Bound Brook 区的 Tosoh 陶瓷公司）加入聚氨酯衬里的研磨机中。以 120 转/分钟(rpm)将所述混合物研磨，充分混合物所述成分。在研磨后，除去所述研磨介质，并将所述浆液倒入玻璃(“PTREX”)盘中，再次使用加热枪进行干燥。使用研钵和研杵来研磨所述干燥的混合物，并经过 70 目筛子(212 微米孔径)进行筛分，在研磨和筛分之后，将一些颗粒加入氢气/氧气火炬焰中，如实施例 22 所述。

将约 50g 玻璃珠放置在石墨模中，用单轴压机（商品名为“HP-50”，得自 CA 州 Brea 的热技术公司）进行热压。热压在 960°C、于氩气气氛和 13.8MPa (2000 磅/平方英寸 (2ksi)) 的压力下进行。热压得到的半透明圆盘直径约 48mm，厚约 5mm。另外进行一些热压以试验制得另外一些圆盘。图 11 是热压材料的截取棒 (2mm 厚) 的光学显微照片，证明了其透明性。

使用阿基米德法测定所得的热压玻璃材料的密度，约为 4.1-4.4g/cm³。使

用超声波测试系统（商品名为“NDT-140”，得自 WA 州 Richland 的 Nortek 公司）测定所得的热压玻璃材料的杨式模量（E），约为 130-150Gpa。

所得的热压材料的平均显微硬度测定结果如下。热压材料块（尺寸约为 2-5mm）镶嵌在镶嵌树脂（商品名为“ECOMET 3”，得自 IL 州 Lake Bluff 的 Buehler 有限公司）中。所得的树脂圆块的直径约为 2.5cm（1 英寸），高约 1.9cm（0.75 英寸）。使用常规的研磨机/抛光机（商品名为“ECOMET 3”，得自 Buehler 有限公司）和常规的金刚石浆液（使用 1μm 的金刚石浆液（商品名为“METADI”，得自 Buehler 有限公司）进行最后的抛光步骤）对镶嵌的试样进行抛光，以得到试样的抛光截面。

用配置了使用 500g 压头负重的维氏压头的常规显微硬度测试仪（商品名为“MITUTOYO MVK-VL”，得自日本东京 Mitutoyo 公司）测定显微硬度。显微硬度的测定根据 ASTM 测试方法 E384（材料的显微硬度的测试方法）（1991）规定的规则进行。显微硬度值为 20 次测定结果的平均值。所述热压材料的平均显微硬度约为 8.3Gpa。

热压材料的平均压痕韧度通过使用显微硬度测试仪（商品名为“MITUTOYO MVK-VL”，得自日本东京 Mitutoyo 公司）测定延伸自维氏压痕的顶点的由 500g 负重导致的裂缝的长度来计算。压痕韧度（ K_{IC} ）根据以下方程式来计算：

$$K_{IC} = 0.016 (E/H)^{1/2} (P/c)^{3/2}$$

式中：E=材料的杨式模量；

H=维氏硬度；

P=作用于压头的力（牛顿）；

c=从压痕的中心到其末端的裂缝长度。

如同进行显微硬度测试一样，按上述方法制备韧度试样。报道的压痕韧度值为 5 次测定的平均值。裂缝（c）用数字测量仪测定，并使用扫描电子显微镜（“JEOL SEM”（型号：JSM 6400））拍摄显微照片。热压材料的平均压痕韧度为 $1.4 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 。

使用热分析仪（商品名“PERKIN ELMER 热分析仪”，得自 CT 州 Shelton 的 Perkin Elmer 公司）测定热压材料的热膨胀系数。平均热膨胀系数为 $7.6 \times 10^{-6}/$

°C。

根据 ASTM 标准 “D 5470-95, 测试方法 A” (1995) 测定热压材料的导热系数。平均导热系数为 1.15W/m*K。

按如下方法在炉子（电子加热炉（商品名为“型号 KSK-666-3100”，得自 CA 州 Pico Rivera 的 Keith Furnaces 公司））中对热压的 $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ 玻璃的半透明圆盘进行热处理。首先，以约 10°C/min 的速率将圆盘从室温（约 25°C）加热至约 900°C，并保持在 900°C 约 1 小时。接着，在切断炉子电源冷却回室温前，以约 10°C/min 的速率将圆盘从约 900°C 加热至约 1300°C，并保持在 1300°C 约 1 小时。用同样的热处理程序另外进行处理，以制得另外的圆盘。

图 12 是实施例 35 的经热处理的材料的抛光截面的扫描电子显微镜(SEM)照片，显示了材料的细晶粒特性。该抛光截面是使用常规的镶嵌和抛光工艺制备的。使用一种抛光器（商品名“ECOMET 3 型抛光器-研磨器”，得自 IL 州 Lake Bluff 的 Buehler 公司）进行抛光。使用金刚石砂轮抛光试样约 3 分钟，然后用 45、30、15、9 和 3μm 的金刚石浆液各抛光 3 分钟。用一薄层金-钯层涂覆该抛光试样，并使用 JEOL SEM（型号：JSM 840A）进行观察。

如实施例 22 所述，根据一部分实施例 35 的热处理材料的粉末 X 射线衍射，以及以背散射模式使用 SEM 对抛光试样的观察，可以认为显微照片中的阴暗部分为结晶 $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$ ，灰色部分为结晶 LaAlO_3 ，白色部分为结晶立方/四方 ZrO_2 。

使用阿基米德法测定热处理材料的密度，约为 5.18g/cm³。使用超声波测试系统（商品名为“NDT-140”，得自 WA 州 Richland 的 Nortek 公司）测定热处理材料的杨氏模量 (E)，约为 260Gpa。按上述测定实施例 6 的玻璃珠的方法测定热处理材料的平均显微硬度，为 18.3Gpa。按上述测定实施例 6 的热压材料的方法测定热处理材料的平均断裂韧度 (K_{ic})，为 3.3MPa*m^{1/2}。

实施例 36

除了下述例外条件外，如实施例 35 所述的相同方式制备实施例 36 所述的材料：所述原料为 240g 氧化镧颗粒（得自 Molycorp 公司）、260g 氧化铝颗粒（“APA-0.5”），形成包含 48 重量% 氧化镧和 52 重量% 氧化铝组合物；实施例 36 的类玻璃材料的 Tg 为 840°C，Tx 为 925°C，如实施例 1-20 中进行的 DTA

曲线所确定的：如实施例 35 所述测量实施例 36 材料的平均硬度，为 $16.0 \pm 0.4 \text{ Gpa}$ 。

实施例 35、35A、36 以及对比例 A-C 的研磨性能

使用“Chipmunk”颚式粉碎机（类型：VD，由 CA 州 Burbank 的 BICO 公司生产）将实施例 35 和 36 的热压材料粉碎成为磨粒，并且分级以保留-25+30 粒度级分（即， $25\mu\text{m}$ 和 $30\mu\text{m}$ 开口尺寸的筛之间收集的级分）和-30+35 粒度级分（即， $30\mu\text{m}$ 和 $35\mu\text{m}$ 开口尺寸的两个筛之间收集的级分）（美国标准试验筛）。这两个粒度级分结合起来提供一个 50/50 的混合物。按实施例 35 中所述热处理该混合材料。将 30g 所得的玻璃陶瓷磨粒制成一个涂布研磨圆盘。该涂布研磨圆盘根据常规的工序制造。使用常规的充有碳酸钙的酚醛树脂（48% 可溶性酚醛树脂，52% 碳酸钙，用水和乙二醇醚稀释为 81% 的固体）的初始接合涂层和常规的充有冰晶石的酚醛树脂（32% 可溶性酚醛树脂，2% 氧化铁，66% 冰晶石，用水和乙二醇醚稀释为 78% 的固体）的胶结涂层，将玻璃陶瓷磨粒粘结在直径为 17.8cm、厚 0.8mm 的硫化纤维背衬上。潮湿树脂初始接合涂层的重量约为 185g/m^2 。在施加了初始接合涂层后，立即对玻璃陶瓷磨粒进行静电涂布。在 88°C 预固化初始接合涂层树脂 120 分钟。然后，将充有冰晶石的酚醛树脂涂布在初始接合涂层树脂和磨粒上成为胶结涂层。潮湿胶结涂层的重量约为 850g/m^2 。在 99°C 固化胶结涂层树脂 12 小时。在试验前对此涂布研磨圆盘进行弯曲。

按实施例 35 中所述制备实施例 35A 的涂布研磨圆盘，不同的是通过粉碎热压和热处理的实施例 35 材料，而不是先粉碎后热处理，得到实施例 35A 的磨粒。

除了使用热处理的熔凝氧化铝磨粒（商品名为“ALODUR BFRPL”，得自澳大利亚 Villach 的 Triebacher 公司）代替实施例的玻璃陶瓷磨粒以外，按实施例 35 中所述制备比较例 A 的涂布研磨圆盘。

除了使用氧化铝-氧化锆磨粒（具有 $53\% \text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $47\% \text{ZrO}_2$ 的共晶组成，商品名为“NORZON”，得自 MA 州 Worcester 的 Norton 公司）代替实施例的玻璃陶瓷磨粒以外，按实施例 35 中所述制备比较例 B 的涂布研磨圆盘。

除了用得自溶胶-凝胶的磨粒（商品名为“321 CUBITRON”，得自 MN 州

St.Paul 的 3M 公司) 代替实施例 35 的玻璃陶瓷磨粒以外, 按上述方法制备比较例 C 的涂布研磨圆盘。

按如下方法测定实施例 35、35A、36 和比较例 A-C 的涂布的研磨圆盘的研磨性能。将各个涂布的研磨圆盘安装在有斜面的铝支撑垫上, 用来研磨预称重的 1.25cm×18cm×10cm 的 1018 软钢工件的表面。以 5000rpm 驱动圆盘, 同时覆盖支撑垫的有斜面的边缘圆盘部分以 8.6kg 的负重与工件接触。各个圆盘依次(间隔 1 分钟) 研磨一个工件。总磨削量是在试验阶段从工件上除去的材料量之和。下表 3 中列出了研磨了 12 分钟后各个试样的总磨削量以及第 12 分钟时的磨削量(即, 最终一次磨削量)。实施例 35 和 36 的结果是两个圆盘的平均值, 而每个圆盘都用于实施例 35A 和比较例 A-C 中的试验。

表 3

实施例		
35	1163	92
35A	1197	92
36	1094	91
对比例 A	514	28
对比例 B	689	53
对比例 C	1067	89

不偏离本发明的范围和精神对本发明进行各种修改和改变对本领域技术人员而言是显而易见的, 应当明白, 本发明不应不恰当地限定于本文中列出的说明性的实施例。

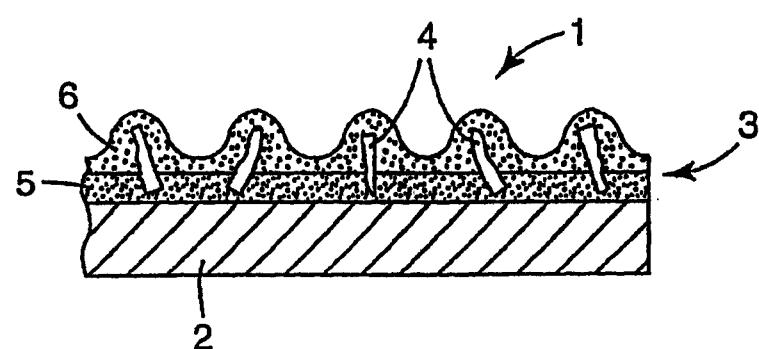


图 1

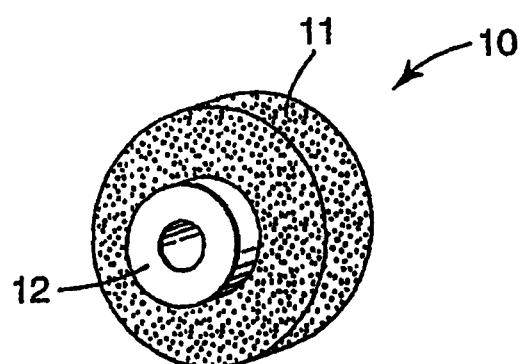


图 2

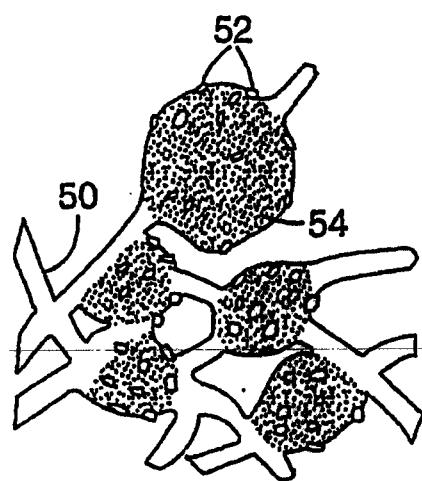


图 3

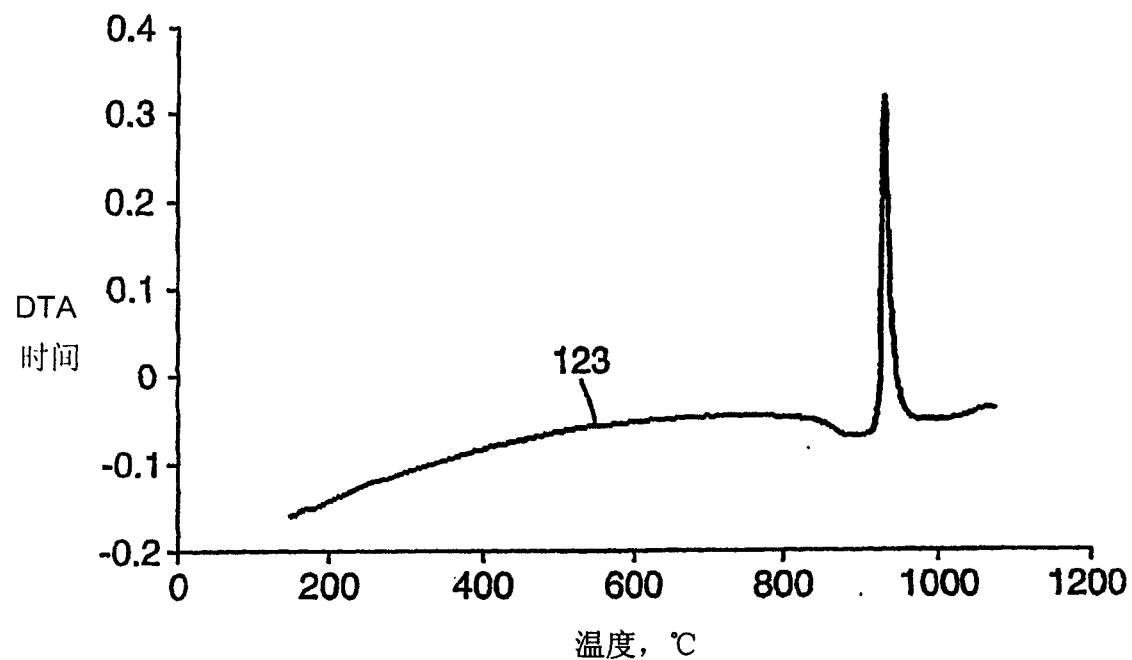


图 4



图 5

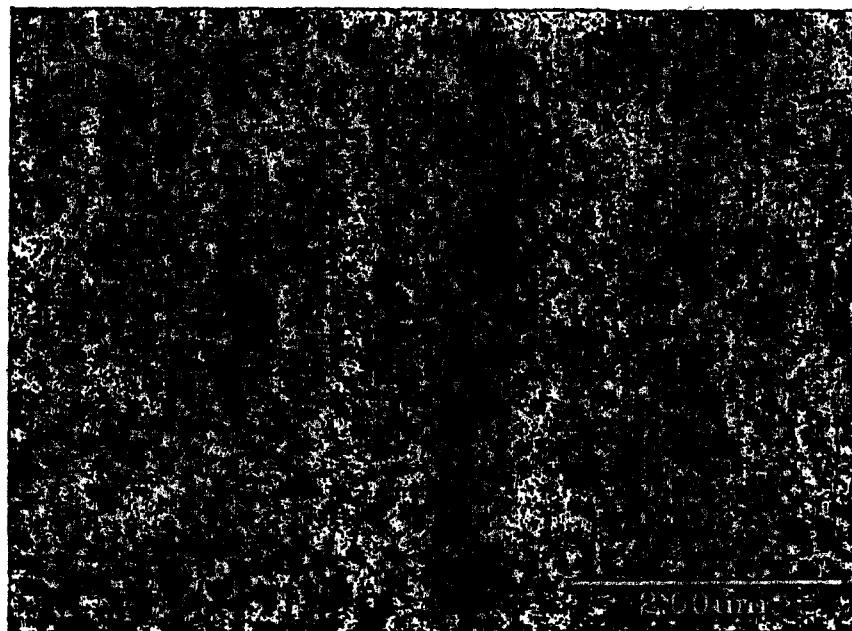


图 6

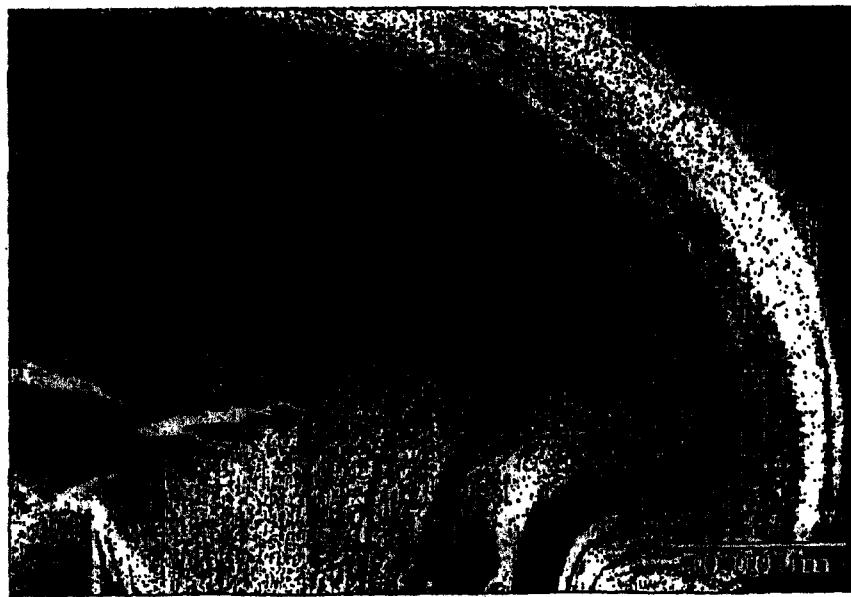


图 7

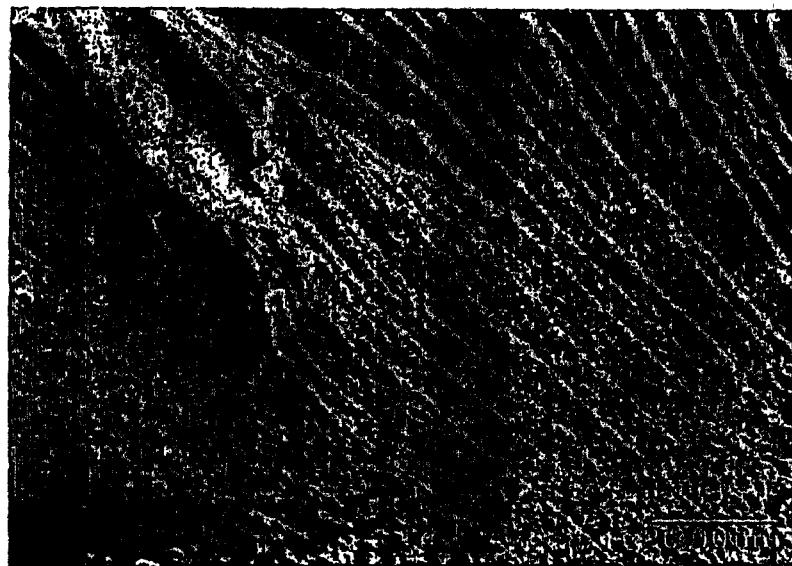


图 8

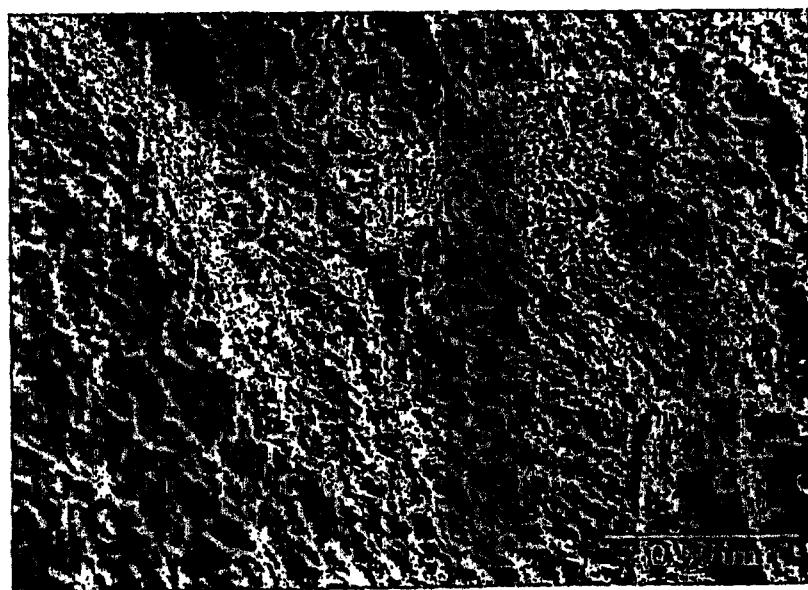


图 9

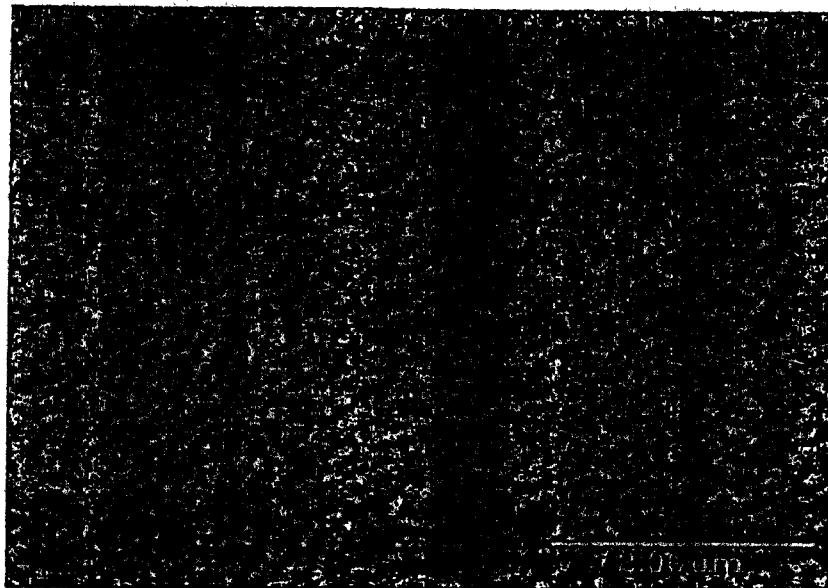


图 10

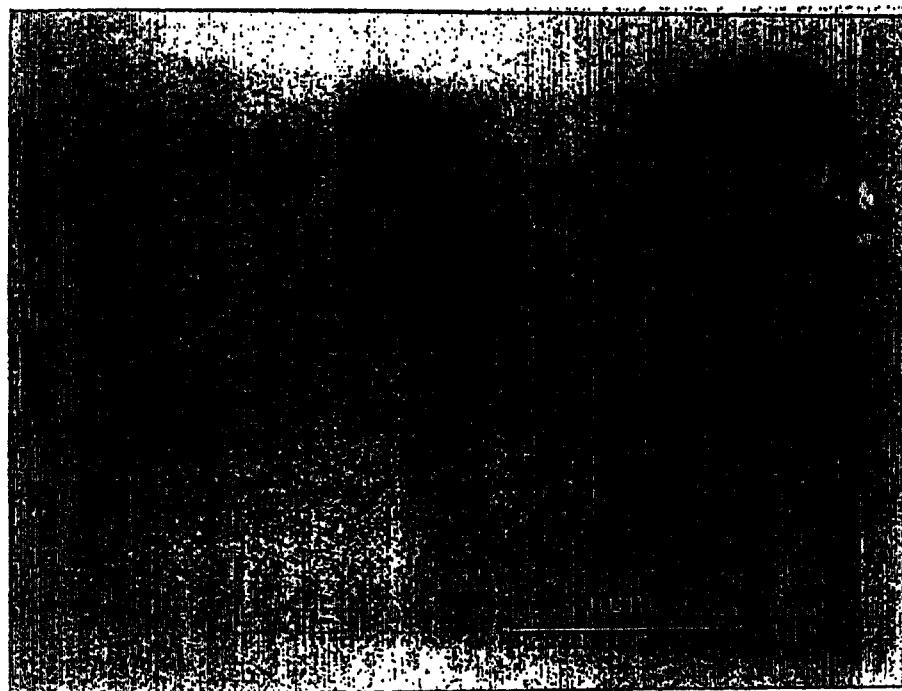


图 11

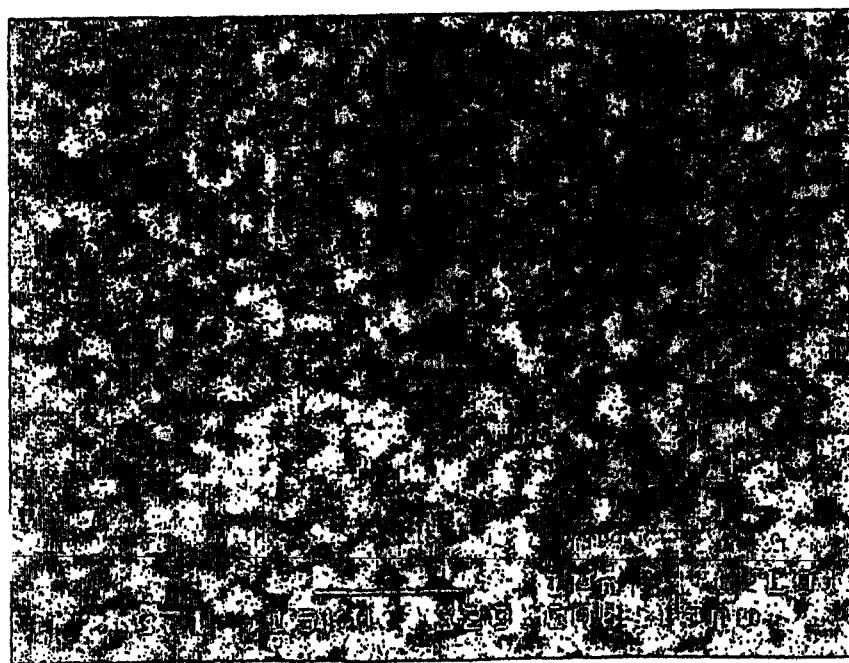


图 12