



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101304839 B

(45) 授权公告日 2012. 11. 28

(21) 申请号 200680042108. 0

B23Q 16/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2006. 10. 30

B23Q 15/14 (2006. 01)

(30) 优先权数据

审查员 朱振宇

11/274, 723 2005. 11. 15 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 05. 12

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2006/042171 2006. 10. 30

(87) PCT申请的公布数据

W02007/058758 EN 2007. 05. 24

(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 艾伦·B·坎贝尔 戴尔·L·埃内斯

丹尼尔·S·沃茨

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

有限公司 11112

代理人 顾红霞 彭会

(51) Int. Cl.

B23Q 15/013 (2006. 01)

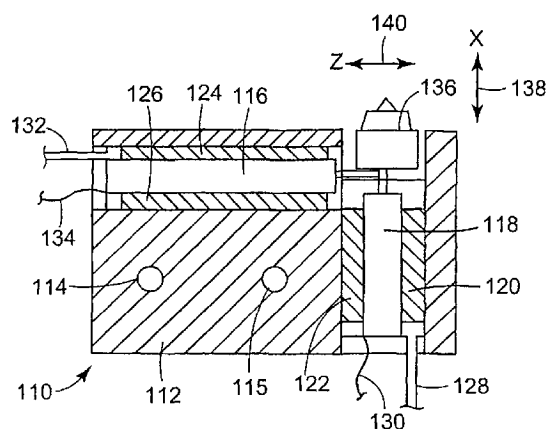
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 6 页

(54) 发明名称

在朝向工件的 X 方向和横向地沿着工件的 Z 方向上变速独立运动的加工微结构的刀具

(57) 摘要

一种具有刀架和致动器的刀具组件, 所述刀架能够沿待切削工件横向运动, 所述致动器带有刀头。所述致动器对所述刀头在朝向所述工件的 X 方向以及横向地沿着所述工件的 Z 方向上的运动提供独立和可变的控制, 以便有选择地切削所述工件, 从而在所述工件中制造微结构。



1. 一种用于加工工件的 X-Z 致动器,包括:

主体,其具有第一孔和第二孔,所述第一孔具有位于所述主体中的开口,所述第二孔具有位于所述主体中的开口,所述第一孔定位成在所述主体中与所述第二孔大致垂直;

第一压电堆,其固定在所述第一孔中并受到预加负荷;

第二压电堆,其固定在所述第二孔中并受到预加负荷;以及

浆状物,其具有第一部分和第二部分,所述第一部分与所述第二部分大致垂直;其中,

所述第一压电堆经由所述主体中的第一孔开口连接至刀头座并连接至所述浆状物的第一部分,并且所述第二压电堆经由所述主体中的第二孔开口连接至所述浆状物的第二部分,所述刀头座具有用于安装刀头的表面;

所述第一压电堆使所述刀头座沿着与待加工的工件的表面大致垂直的 X 方向移动,所述第二压电堆使所述刀头座沿着与所述工件的表面大致平行的 Z 方向移动。

2. 根据权利要求 1 所述的致动器,其中,刀头安装在所述刀头座的表面上。

3. 根据权利要求 1 所述的致动器,其中,所述第一压电堆和所述第二压电堆各自由下述材料之一制成:钛酸钡、锆酸铅、钛酸铅、或磁致伸缩材料。

4. 根据权利要求 1 所述的致动器,其中,所述刀头座具有安装在所述第一压电堆和所述浆状物的第一部分上的平坦后表面。

5. 根据权利要求 4 所述的致动器,其中,所述刀头座具有与所述平坦后表面相背对的楔形前表面。

6. 根据权利要求 1 所述的致动器,其中,所述主体包括口和通道,所述口用于在所述第一孔和所述第二孔中接纳冷却液,所述通道位于所述第一孔和所述第二孔中并用于引导冷却液流经所述第一压电堆和所述第二压电堆周围。

7. 根据权利要求 1 所述的致动器,还包括:用于为所述第一压电堆预加负荷的第一贝氏垫圈、以及用于为所述第二压电堆预加负荷的第二贝氏垫圈。

8. 根据权利要求 1 所述的致动器,其中,所述浆状物由钛制成。

9. 根据权利要求 1 所述的致动器,其中,所述主体由不锈钢制成。

10. 一种用于加工圆柱形工件的装置,包括:

驱动器,其与安装成做旋转运动的大致圆柱形的工件连接以使所述工件旋转;

刀架,其安装在轨道上以与待加工的工件的表面大致平行地移动;

刀头座,其具有用于安装刀头的表面;

致动器,其安装在所述刀架上,所述致动器包括:

主体,其具有第一孔和第二孔,所述第一孔具有位于所述主体中的开口,所述第二孔具有位于所述主体中的开口,所述第一孔定位成在所述主体中与所述第二孔大致垂直;

第一压电堆,其固定在所述第一孔中并受到预加负荷;

第二压电堆,其固定在所述第二孔中并受到预加负荷;

以及

浆状物,其具有第一部分和第二部分,所述第一部分与所述第二部分大致垂直;其中,

所述第一压电堆经由所述主体中的第一孔开口连接至所述刀头座并连接至所述浆状物的第一部分,并且所述第二压电堆经由所述主体中的第二孔开口连接至所述浆状物的第二部分;

所述第一压电堆使所述刀头座沿着与待加工的工件的表面大致垂直的 X 方向移动,所述第二压电堆使所述刀头座沿着与所述工件的表面大致平行的 Z 方向移动 ;以及

控制器,其与所述驱动器和所述致动器连接,以经由所述驱动器控制所述工件的旋转并且经由所述第一压电堆和所述第二压电堆控制所述刀头座的移动。

在朝向工件的 X 方向和横向地沿着工件的 Z 方向上变速独立运动的加工微结构的刀具

[0001] 相关专利申请的参考

[0002] 本专利申请与以下专利申请有关:Alan Campbell、Dale Ehnes 和 Daniel Wertz 提交的、名称为“Cutting Tool Having Variable Movement at Two Simultaneously Independent Speeds in an X-Direction Into a Work Piece for Making Microstructures”(在朝向工件的 X 方向以两个并存的独立的速度作变速运动的加工微结构的刀具)的美国专利申请;Dale Ehnes、Alan Campbell 和 Daniel Wertz 提交的、名称为“Cutting Tool Having Variable Movement in a Z-Direction Laterally Along a Work Piece for Making Microstructures”(在横向地沿着工件的 Z 方向上做变速运动的加工微结构的刀具)的美国专利申请;以及 Dale Ehnes、Alan Campbell 和 Daniel Wertz 提交的、名称为“Cutting Tool Having Variable Rotation About a Y-Direction Transversely Across a Work Piece for Making Microstructures”(围绕横过工件的 Y 方向变速旋转的加工微结构的刀具)的美国专利申请,上述申请均于 2005 年 11 月 15 日提交。

技术领域

[0003] 本发明涉及用于制造微复制结构的微复制工具的金金刚石加工。

背景技术

[0004] 加工技术可用于制造诸如微复制工具之类的各种各样的工件。微复制工具通常用于挤出工艺、注塑成型工艺、压花工艺、浇注工艺等,从而形成微复制结构。微复制型结构可能包括光学膜、研磨膜、粘合剂膜、具有自配合外形的机械紧固件、或具有尺寸相对较小(例如小于约 1000 微米的尺寸)的微复制特征的任何模制部件或挤出部件。

[0005] 也可以采用其它各种方法制成所述微结构。例如,可通过浇铸和固化工艺将母模工具的结构从母模工具转移到诸如聚合材料带材或织物之类的其它介质上以形成生产工具;然后使用这一生产工具制造微复制结构。可使用诸如电铸之类的其它方法复制该母模工具。制造导光薄膜的另一备选方法是直接切削或加工透明材料以形成适当的结构。

[0006] 其它技术包括化学蚀刻、喷砂处理、或其它随机表面改性技术。然而,这些技术通常不能形成获得合适光漫射特性所需的轮廓清晰的、精确的微结构和特征宽度,而使用本发明方法的刀具可以获得这种合适的光漫射特性。具体地讲,由于化学蚀刻、喷丸处理和其它随机表面改性技术固有的不精确性和不可重复性,所以这些方法不能生产高精度的重复结构。

发明内容

[0007] 第一刀具组件包括刀架和致动器,该致动器被构造为连接到刀架上,并且与控制器进行电通信。连接到致动器上的刀头被安装为相对于待切削的工件运动。该致动器对刀头在朝向工件的 X 方向以及横向地沿着工件的 Z 方向上的运动提供独立和可变的控制,以

便有选择地切削工件。

[0008] 第二刀具组件包括刀架和致动器,所述刀架能够沿待切削的工件横向运动,所述致动器被构造为连接到刀架上并且与控制器电通信,所述致动器包括压电堆。连接到压电堆上的刀头被安装为相对于待切削的工件运动。该致动器对刀头在朝向工件的 X 方向以及横向地沿着工件的 Z 方向上的运动提供独立和可变的控制,以便有选择地切削工件,从而在工件中形成微结构。

附图说明

[0009] 附图被并入本说明书并且构成其一部分,并且与具体实施方式一起阐明本发明的优点和原理。在附图中:

[0010] 图 1 为在工件中制成微结构的刀具系统的示意图;

[0011] 图 2 为示出用于刀具的坐标系的示意图;

[0012] 图 3 为用于刀具的示例性 PZT 堆的示意图;

[0013] 图 4A 为刀头座的透视图;

[0014] 图 4B 为用于保持刀头的刀头座的前视图;

[0015] 图 4C 为刀头座的侧视图;

[0016] 图 4D 为刀头座的俯视图;

[0017] 图 5A 为刀头的透视图;

[0018] 图 5B 为刀头的前视图;

[0019] 图 5C 为刀头的仰视图;

[0020] 图 5D 为刀头的侧视图;

[0021] 图 6A 为用于刀具中的 X-Z 致动器的俯视剖视图;

[0022] 图 6B 为示出 PZT 堆在 X-Z 致动器内的位置的侧面剖视图;

[0023] 图 6C 为 X-Z 致动器的前视图;

[0024] 图 6D 为 X-Z 致动器的后视图;

[0025] 图 6E 为 X-Z 致动器的俯视图;

[0026] 图 6F 和 6G 为 X-Z 致动器的侧视图;

[0027] 图 6H 为 X-Z 致动器的透视图;

[0028] 图 7A 为用于安装 X-Z 致动器的两个 PZT 堆的桨状物的透视图;

[0029] 图 7B 为用于安装 X-Z 致动器的两个 PZT 堆的桨状物的俯视图;

[0030] 图 7C 为用于安装 X-Z 致动器的两个 PZT 堆的桨状物的前视图;

[0031] 图 7D 为用于安装 X-Z 致动器的两个 PZT 堆的桨状物的侧视图;

[0032] 图 7E 为示出两个 PZT 堆安装在 X-Z 致动器的桨状物上的透视图;和

[0033] 图 8 为概念性示出可使用包括 X-Z 致动器的刀具系统制成的微结构的示意图。

具体实施方式

[0034] 刀具系统

[0035] 在已公开的 PCT 专利申请 WO 00/48037 中描述了常规金刚石车削技术。在这些方法中使用的用于制成光学薄膜或其它薄膜的装置可包括快速伺服刀架。如 WO 00/48037 中

所公开的,快速伺服刀架 (FTS) 为被称为 PZT 堆的固态压电 (PZT) 装置,PZT 堆快速调整连接到所述 PZT 堆上的刀具的位置。如下面详细描述的,FTS 使刀具可以在坐标系内的多个方向上做高精度度的高速运动。

[0036] 图 1 为在工件中制造微结构的刀具系统 10 的示意图;微结构可包括位于制品表面上的、凹入制品表面的或从制品表面凸起的任何类型、形状以及尺寸的结构。例如,使用本说明书描述的致动器和系统制造的微结构可具有 1000 微米节距、100 微米节距、1 微米节距、或甚至约 200 纳米的亚光学波长 (nm) 节距。提供这些尺寸仅为示例性目的,使用本说明书描述的致动器和系统制成的微结构可以具有使用该系统可加工的范围内的任何尺寸。

[0037] 利用计算机 12 控制系统 10。计算机 12 包括例如下列元件:存储一个或多个应用程序 16 的存储器 14;提供非易失性信息存储的第二存储器 18;接收信息或命令的输入装置 20;运行存储在存储器 16 或第二存储器 18 中、或来自另一个来源的应用程序的处理器 22;输出视频信息的显示装置 24;以及以用于音频信息的扬声器或用于信息硬拷贝的打印机之类的其它形式输出信息的输出装置 26。

[0038] 利用刀头 44 对工件 54 执行切削加工。在工件 54 通过诸如计算机 12 控制的电动机之类的驱动器和编码器 56 转动的同时,致动器 38 控制刀头 44 的运动。在此实例中,示出的工件 54 为诸如硬铜辊之类的辊形式的;然而,工件也可以是平面形式的和利用其它材料加工的。例如,作为选择,工件可由铝、镍、钢或塑料(例如,丙烯酸树脂)制成。例如,使用的具体材料可以取决于所需的具体应用,例如使用已加工的工件制成各种薄膜。致动器 38 和下文所述的致动器可由例如不锈钢或其它材料制成。

[0039] 致动器 38 可拆卸地连接到刀架 36 上,刀架又被安装在轨道 32 上。刀架 36 和致动器 38 被构造成在轨道 32 上可沿箭头 40 和 42 所示的 X 方向和 Z 方向运动。计算机 12 经由一个或多个放大器 30 与刀架 36 和致动器 38 电连接。当用作控制器时,计算机 12 控制刀架 36 在轨道 32 上的运动并通过致动器 38 控制刀头 44 的运动,以便加工工件 54。如果致动器包括多个 PZT 堆,那么它可以使用分开的放大器独立控制每个 PZT 堆,所述 PZT 堆用于独立地控制连接在堆上的刀头的运动。如下面详细描述的,计算机 12 可利用函数发生器 28 向致动器 38 提供波形,以便在工件 54 中加工各种微结构。

[0040] 通过不同部件的协调运动完成工件 54 的加工。具体地讲,在计算机 12 的控制下,该系统可以通过刀架 36 的运动协调并控制致动器 38 的运动,同时协调并控制工件在 C 方向的运动以及刀头 44 在 X 方向、Y 方向和 Z 方向中一个或多个方向的运动,这些坐标将在下面说明。所述系统通常使刀架 36 在 Z 方向做匀速运动,但也可以使刀架 36 做变速运动。通常刀架 36 和刀头 44 的运动均与工件 54 在 C 方向的运动(如线条 53 表示的旋转运动)同步。可以利用例如在计算机 12 的软件、硬件或其组合中执行的数字控制技术或数字控制器 (NC) 控制所有那些运动。

[0041] 工件 54 加工完之后可用于制成在多种用途中使用的具有相应微结构的薄膜。这些薄膜的实例包括光学薄膜、摩擦控制薄膜以及微型紧固件或其它机械微结构化部件。通常使用涂层工艺制成所述薄膜,在涂层工艺中,将粘稠状态的材料涂布在工件上,使其至少部分固化,然后移除。固化材料构成的薄膜将具有与工件中的结构基本上相反的结构。例如,工件中的凹进部产生所得薄膜中的凸起部。

[0042] 通过管线 48 和 50 利用冷却液 46 控制刀架 36 和致动器 38 的温度。温度控制单

元 52 可以使冷却液在流经刀架 36 和致动器 38 循环的同时保持基本恒定的温度。温度控制单元 52 可以是提供流体温度控制的任何装置。冷却液可以是油产品,例如低粘度油。温度控制单元 52 和冷却液贮箱 46 可包括使流体流过刀架 36 和致动器 38 循环的泵,并且通常还包括使流体散热的冷却系统以使流体基本上保持恒温。使流体循环并提供流体温度控制的冷却和泵系统在本领域是已知的。在某些实施例中,为了使工件中要加工的材料表面温度保持基本恒定,也可以将冷却液施加于工件 54。

[0043] 图 2 为示出用于诸如系统 10 之类的刀具的坐标系的示意图。该坐标系示出刀头 62 相对于工件 64 的运动。刀头 62 可以与刀头 44 相对应,并且通常被连接到刀头座 60 上,所述刀头座连接到致动器上。在该示例性实施例中,坐标系包括 X 方向 66、Y 方向 68 和 Z 方向 70。X 方向 66 指沿基本上垂直于工件 64 的方向的运动。Y 方向 68 指沿横过工件 64 的方向的运动,例如沿基本上平行于工件 64 的旋转平面的方向上的运动。Z 方向 70 指在横向地沿着工件 64 的方向上的运动,例如在基本上垂直于工件 64 的旋转平面的方向上的运动。也如图 1 所示,工件的旋转方向被称为 C 方向。如果工件不是辊形式,而是平面形式的,那么 Y 方向和 Z 方向就指在沿基本上垂直于 X 方向的方向横过工件的互相垂直的方向上的运动。

[0044] 系统 10 可用于高精度的高速加工。这一类型的加工必须考虑诸如部件的协调速度和工件材料之类的多种参数。例如,通常必须与工件材料的热稳定性和特性一起考虑给定体积待加工金属的比能。在下列参考文献中描述了有关加工的切削参数: Machining Data Handbook, Library of Congress Catalog Card No.66-60051, Second Edition(1972);Edward Trent and Paul Wright, Metal Cutting, Fourth Edition, Butterworth-Heinemann, ISBN 0-7506-7069-X(2000);Zhang Jin-Hua, Theory and Technique of Precision Cutting, Pergamon Press, ISBN 0-08-035891-8(1991);以及 M.K.Krueger 等人, NewTechnology in Metalworking Fluids and Grinding Wheels AchievesTenfold Improvement in Grinding Performance, Coolant/Lubricantsfor Metal Cutting and Grinding Conference, Chicago, Illinois, U.S.A., June 7, 2000。

[0045] PZT 堆、刀头座和刀头

[0046] 图 3 为用于刀具的示例性 PZT 堆 72 的示意图。PZT 堆用于使与其相连的刀头运动和根据 PZT 效应运行,这在本领域是已知的。根据 PZT 效应,施加到某类材料的电场将使其沿一个轴线伸展,并沿另一轴线收缩。PZT 堆通常包括包封在壳体 84 内并且安装在基板 86 上的多个材料 74、76 和 78。在这一示例性实施例中,材料是具有 PZT 效应的陶瓷材料。仅出于示例性目的而示出三个盘状物 74、76 和 78,可以根据例如具体实施例的需要使用任何数目的盘状物或其它材料、以及任何类别的形状的材料。柱 88 粘附在盘状物上,并从壳体 84 伸出。例如,可以利用任何 PZT 材料制造所述盘状物,诸如混合的、压制的和烧结的钛酸钡、锆酸铅或钛酸铅材料以及以所列材料为基体的材料。其中一种 PZT 材料可得自 KineticCeramics, Inc., 26240 Industrial Blvd., Hayward, CA94545, U.S.A。例如,也可以利用磁致伸缩材料制造所述盘状物。

[0047] 如线条 80 和 82 所示的盘状物 74、76 和 78 的电连接为这些盘状物提供电场,以使柱 88 运动。由于 PZT 效应以及根据施加的电场类型,可以使柱 88 进行精确和微小的运动,例如几微米以内的运动。另外,包括柱 88 的 PZT 堆 72 的端部可紧靠一个或多个贝氏垫圈安

装,所述垫圈用于为 PZT 堆预加负荷。贝氏垫圈具有一定的柔韧性,以使柱 88 及与其连接的刀头可以运动。位于下述致动器中的每个 PZT 堆也可以装有用于预加负荷的贝氏垫圈,或者作为另外一种选择,装有安装在每个 PZT 堆上的用于为 PZT 堆预加负荷的任何装置。

[0048] 图 4A-4D 为示例性刀头座 90 的视图,如下文所述,所述刀头座将被安装在 PZT 堆的柱 88 上,以接受致动器的控制。图 4A 为刀头座 90 的透视图。图 4B 为刀头座 90 的前视图。图 4C 为刀头座 90 的侧视图。图 4D 为刀头座 90 的俯视图。

[0049] 如图 4A-4D 所示,刀头座 90 包括平坦的后表面 92、楔形的前表面 94 和具有倾斜或楔形侧面的凸出表面 98。孔 96 用于将刀头座 90 安装在 PZT 堆的柱上。楔形表面 98 用于安装加工工件的刀头。在这一示例性实施例中,刀头座 90 包括平坦表面,从而在安装到 PZT 堆上时,通过提供更大的接触表面积而增强其安装稳定性;并且该刀头座包括楔形的前表面,从而减轻其质量。利用粘合剂、硬钎焊、软钎焊、诸如螺栓之类的紧固件,或用其它方法将刀头座 90 安装在 PZT 堆的柱 88 上。

[0050] 例如根据具体实施例的要求,也可使用其它的刀头座构造。术语“刀头座”旨在包括用于保持加工工件的刀头的任何类型的结构。可以采用例如下列一种或多种材料制造刀头座 90:烧结的碳化物、氮化硅、碳化硅、钢或钛。优选将刚性和轻质材料用于刀头座 90。

[0051] 图 5A-5D 为示例性刀头 100 的视图,通过使用诸如粘合剂、硬钎焊、软钎焊或其它方式将所述刀头固定到刀头座 90 的表面 98 上。图 5A 为刀头 100 的透视图。图 5B 为刀头 100 的前视图。图 5C 为刀头 100 的仰视图。图 5D 为刀头 100 的侧视图。如图 5A-5D 所示,刀头 100 包括侧面 104、楔形或倾斜的前表面 106 和用于将刀头固定到刀头座 90 的表面 98 上的底面 102。在致动器控制下,利用刀头 100 的前部 105 加工工件。可以利用例如金刚石块作为刀头 90。

[0052] X-Z 致动器

[0053] 图 6A-6H 为示例性 X-Z 致动器 110 的视图。术语“X-Z 致动器”指使刀头大致在 X 方向和 Z 方向两个方向上运动以加工工件的任何类型的致动器或其它装置。图 6A 为 X-Z 致动器 110 的俯视图。图 6B 为示出 PZT 堆在 X-Z 致动器 110 内的位置的侧面剖视图。图 6C 为 X-Z 致动器 110 的前视图。图 6D 为 X-Z 致动器 110 的后视图。图 6E 为 X-Z 致动器 110 的俯视图。图 6F 和 6G 为 X-Z 致动器 110 的侧视图。图 6H 为 X-Z 致动器 110 的透视图。为了清楚起见,在图 6C-6H 中移除了 X-Z 致动器 110 的一些细节。

[0054] 如图 6A-6H 所示,X-Z 致动器 110 包括主体 112,所述主体能够保持 X 方向的 PZT 堆 118 和 Z 方向的 PZT 堆 116。PZT 堆 118 和 116 连接到具有刀头的刀头座 136 上,用于使刀头分别在如箭头 138 和 140 所示的 X 方向和 Z 方向运动。PZT 堆 118 和 116 可以是如图 3 所示的示例性 PZT 堆 72。刀头座 136 和位于刀头座 136 上的刀头可以是如图 4A-4D 所示的刀头座和如图 5A-5D 所示的刀头。主体 112 还包括两个孔 114 和 115,所述孔用于例如利用螺栓将主体安装到刀架 36 上,从而在计算机 12 控制下加工工件 54。

[0055] PZT 堆 118 和 116 牢固地安装在主体 112 中,以获得精确控制刀头的运动所需的稳定性。通过诸如导轨 120 和 122 之类的导轨将 PZT 堆 118 固定在主体 112 中,通过诸如导轨 124 和 126 之类的导轨将 PZT 堆 116 固定在主体 112 中。优选可以通过沿导轨滑动 PZT 堆 118 和 116 的方法从主体 112 取出 PZT 堆,并可以利用螺栓或其它紧固件将 PZT 堆在主体 112 中固定在位。PZT 堆 118 和 116 分别包括用于从计算机 12 接收信号的电连接 130 和

134。PZT 堆 118 和 116 的端盖分别包括口 128 和 132, 这些口用于从贮存器 46 接收诸如油之类的冷却液, 使冷却液围绕 PZT 堆循环并将冷却液送回贮存器 46, 从而保持对冷却液的温度控制。主体 112 可包括引导冷却液流经 PZT 堆 118 和 116 周围的合适的通道, 并且可以利用温度控制单元 52 内的泵或其它装置循环冷却液。

[0056] 图 6B 为示出 PZT 堆 118 在主体 112 中的位置的侧面剖视图, 图中未示出 PZT 堆 118 的端盖。主体 112 的每个孔内均可包括用于 PZT 堆的多根导轨, 以将 PZT 堆牢固地保持在位。例如, 为了在将 PZT 堆 118 安装在主体 112 中时将 PZT 堆牢固地保持在位, 导轨 120、122、142 和 144 环绕在 PZT 堆 118 周围。连接到 PZT 堆 118 上的端盖可容纳螺栓或其它紧固件, 以将 PZT 堆固定到导轨 120、122、142 和 144 中的一个或多个上, 并且端盖还可将 PZT 堆 118 密封在主体 112 中, 以便使冷却液围绕 PZT 堆 118 循环。可采用类似的方式安装 PZT 堆 116。PZT 堆 116 和 118 都可以包括一个或多个贝氏垫圈, 所述垫圈位于 PZT 堆和刀头座 136 之间, 用于对 PZT 堆预加负荷。

[0057] 图 7A-7D 示出了用于将致动器 116 和 118 固定到刀头座 136 上的桨状物 150。图 7A 为桨状物 150 的透视图。图 7B 为桨状物 150 的俯视图。图 7C 为桨状物 150 的前视图。图 7D 为桨状物 150 的侧视图。图 7E 为示出两个 PZT 堆安装在桨状物 150 上的透视图。如图 7A-7D 所示, 桨状物 150 包括环形部分 156 和 152, 其中, 环形部分 156 的一个表面固定在用于 Z 方向控制的 PZT 堆 116 上; 环形部分 152 的一个表面固定在用于 X 方向控制的 PZT 堆 118 上。在这一实施例中, 环形部分 152 和 156 分别包括孔 154 和 158。孔 154 可用于通过例如紧固件将桨状物 150 固定到 PZT 堆 118 和刀头座 136 上。优选地由钛制成桨状物 150, 作为另外一种选择, 也可以由其它材料制成桨状物 150。例如, 作为另外一种选择, 可由铝制成桨状物 150。选择用于制造桨状物 150 的材料考虑因素包括例如材料的强度与重量比。如图 7E 所示, 可通过使用粘合剂、硬钎焊、软钎焊或其它方式将致动器 116 和 118 固定到桨状物 150 上。

[0058] 图 8 为概念性示出可使用具有 X-Z 致动器的刀具系统制成的微结构的示意图。如图 8 所示, 制品 160 包括顶面 162 和底面 164。顶面 162 包括如线条 166 所示的微结构, 并且可以用如下方法制成那些微结构, 即: 使用上述致动器加工工件, 然后使用该工件采用涂层技术制成薄膜或制品。

[0059] 虽然已结合示例性实施例描述本发明, 但应当理解, 对本领域的技术人员来说, 许多修改形式是显而易见的, 本专利申请旨在涵盖其任何修改或变化。例如, 在不脱离本发明范围的前提下, 刀架、致动器和刀头可以使用各种类型的材料和构造。本发明应当仅受限于权利要求书及其等同物。

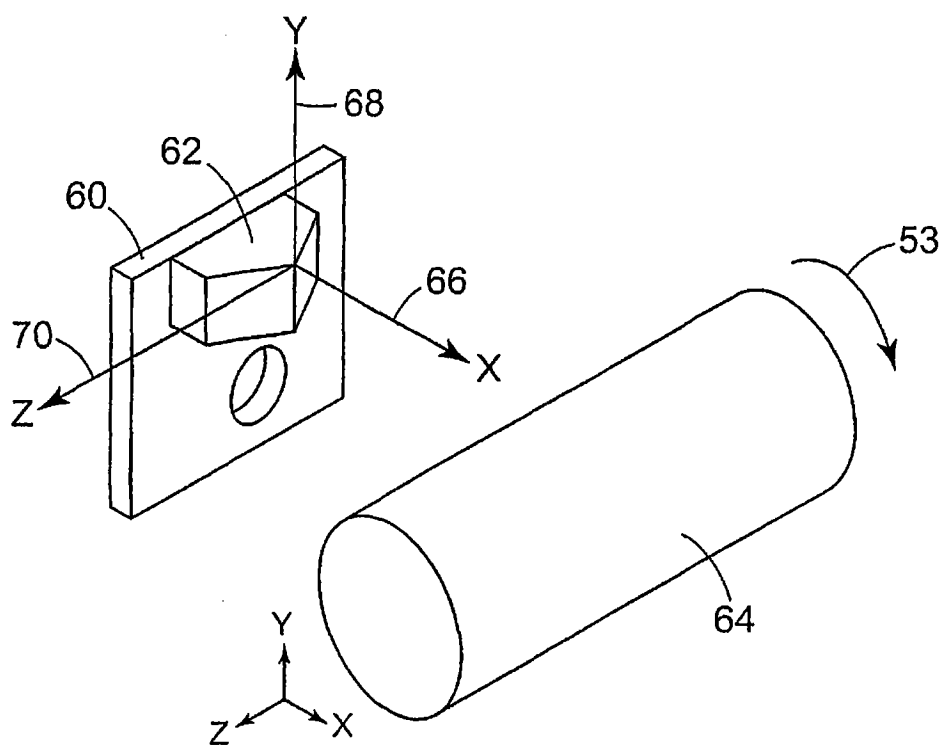


图 2

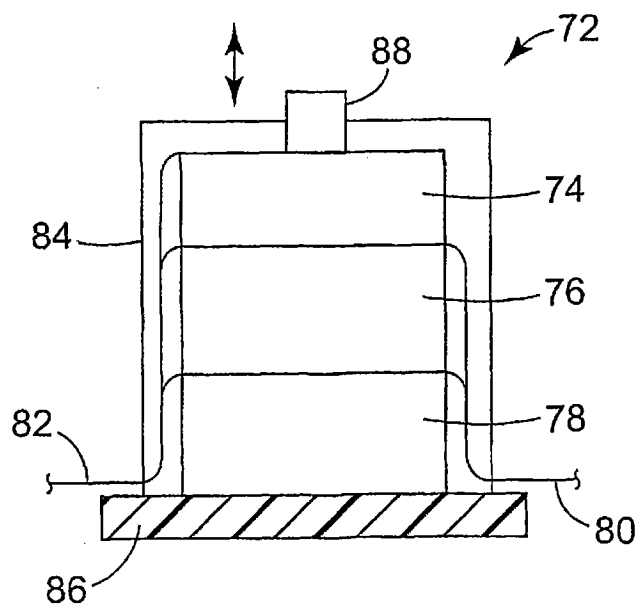


图 3

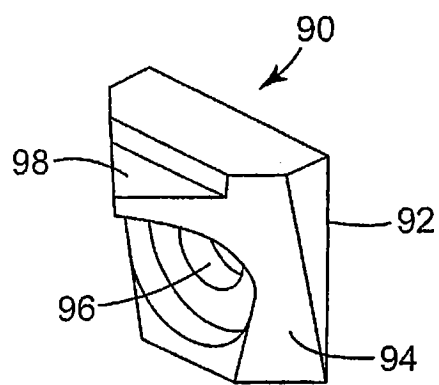


图 4A

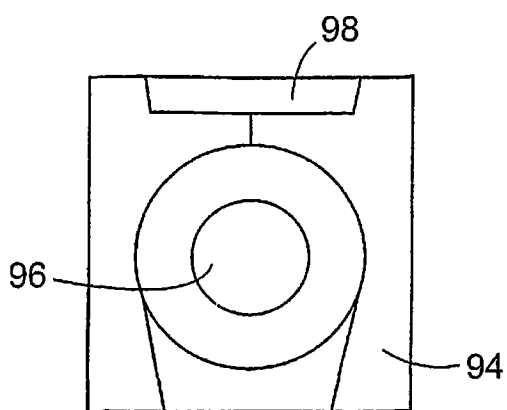


图 4B

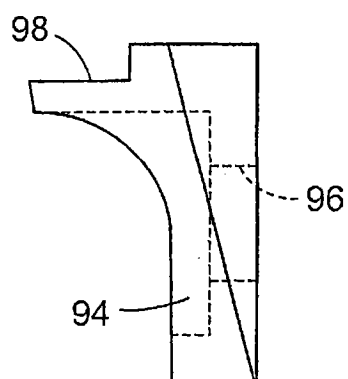


图 4C

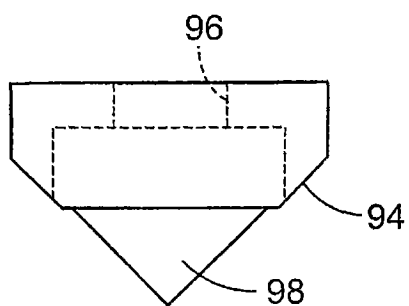


图 4D

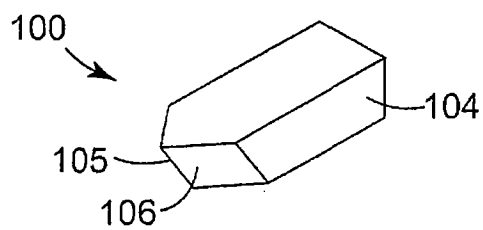


图 5A

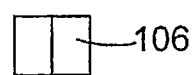


图 5B

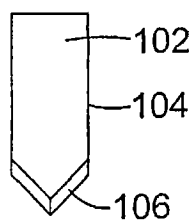


图 5C

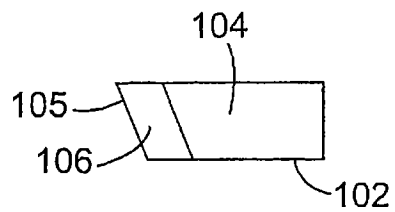


图 5D

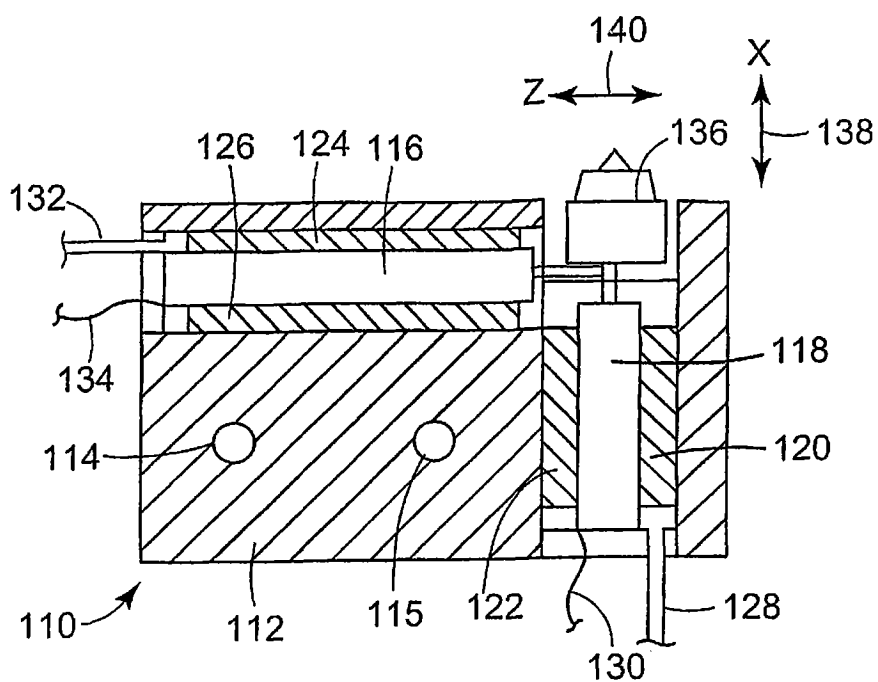


图 6A

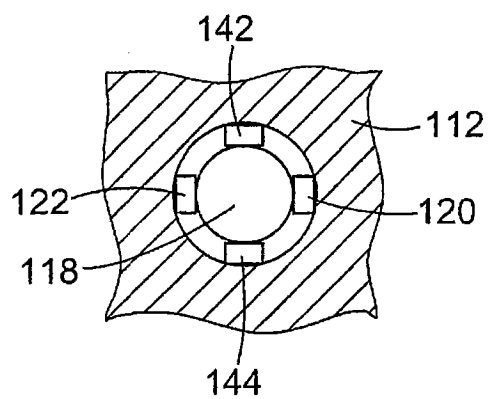


图 6B

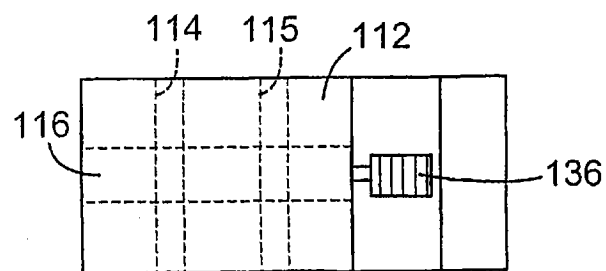


图 6C

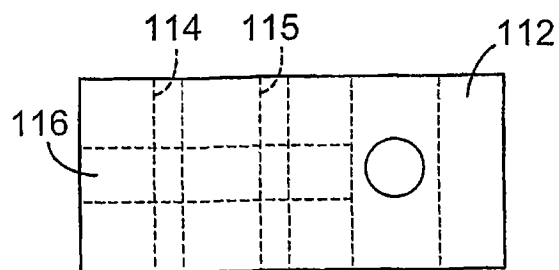


图 6D

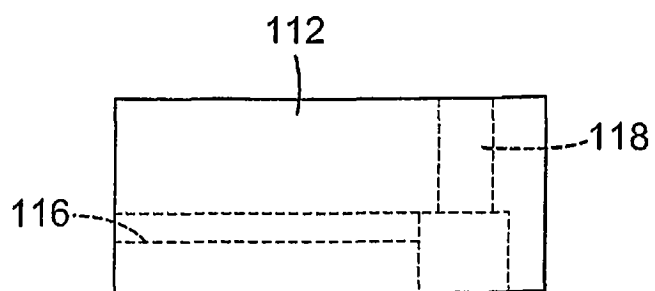


图 6E

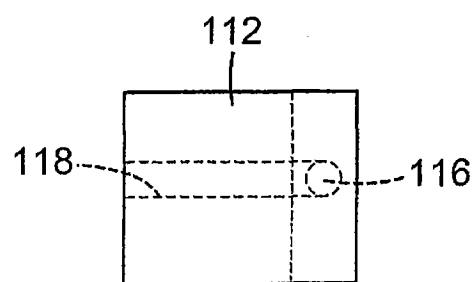


图 6F

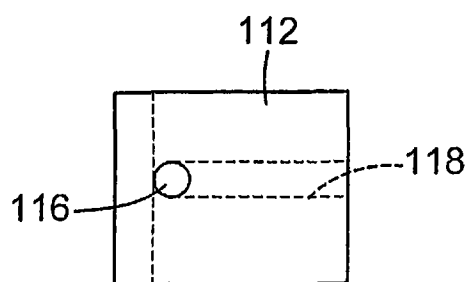


图 6G

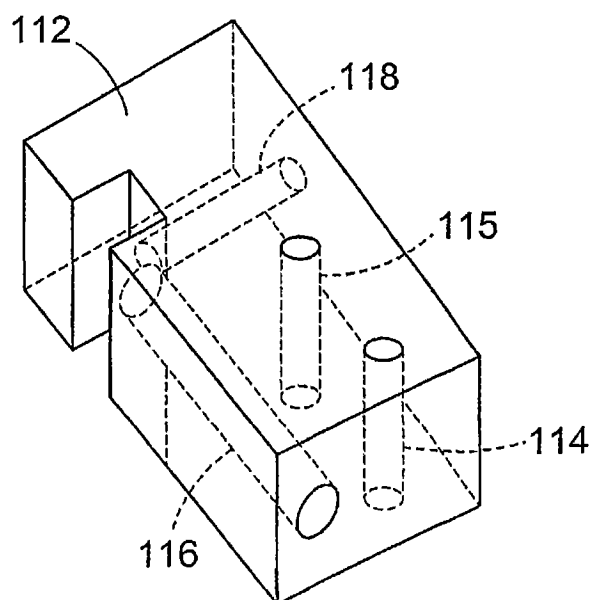


图 6H

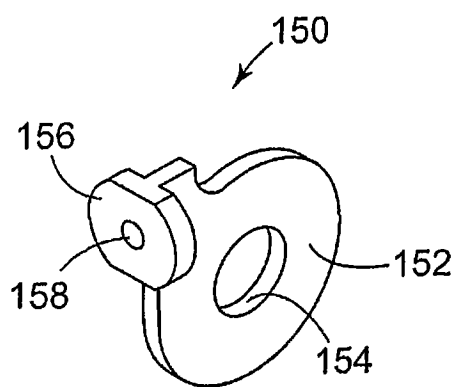


图7A

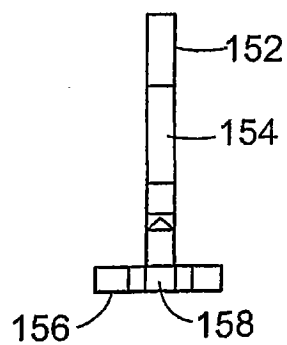


图7B

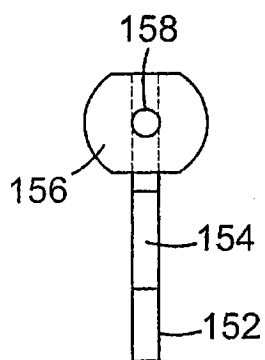


图7C

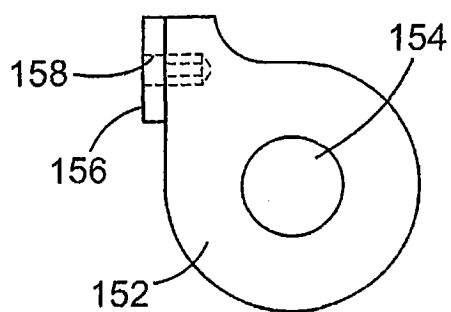


图7D

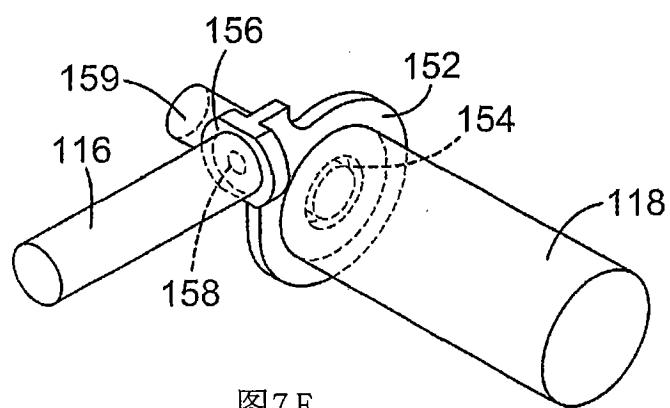


图7E

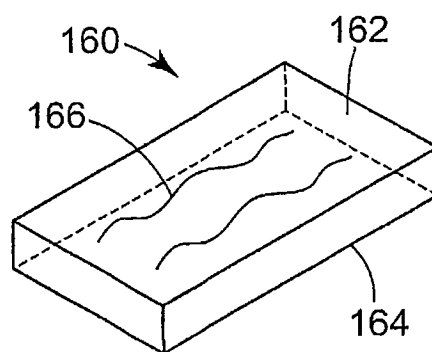


图8