



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101340998 B

(45) 授权公告日 2011. 08. 10

(21) 申请号 200680047004. 9

(56) 对比文件

(22) 申请日 2006. 12. 12

JP 特开 2002-192359 A, 2002. 07. 10, 全文.

(30) 优先权数据

JP 特开平 11-197856 A, 1999. 07. 27, 全文.

102005060178. 2 2005. 12. 14 DE

US 5697544 A, 1997. 12. 16, 全文.

(85) PCT申请进入国家阶段日

CN 2175057 Y, 1994. 08. 24, 全文.

2008. 06. 13

JP 特开 2005205496 A, 2005. 08. 04, 全文.

审查员 周文聘

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2006/011976 2006. 12. 12

(87) PCT申请的公布数据

WO2007/068456 EN 2007. 06. 21

(73) 专利权人 空中客车公司

地址 法国布拉尼亚克

(72) 发明人 U·亨内伯勒 J·西尔瓦努斯

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 余全平

(51) Int. Cl.

B23K 20/12(2006. 01)

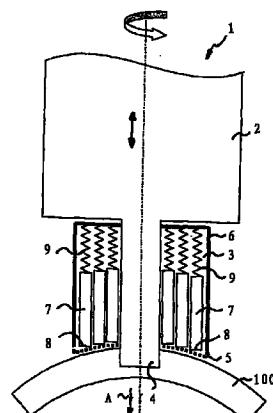
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 5 页

(54) 发明名称

具有可形状匹配的肩状体的搅拌摩擦工具

(57) 摘要

本发明涉及搅拌摩擦工具(1)，所述搅拌摩擦工具(1)包括可旋转驱动工具主体(2)，在面对远离所述驱动器的所述工具主体(2)的端部提供有肩状体(3；30)——从所述工具主体(2)在远离驱动器地朝向的所述工具主体(2)的端部方向上延伸，可旋转杆形凸出体(4)具有比所述肩状体(3；30)小的直径，并且，其特征在于，指向所述凸出体(4)方向的所述肩状体(3；30)的表面(5；50)是可形状匹配的。



1. 搅拌摩擦工具 (1), 其特征在于, 它包括可旋转驱动的工具主体 (2), 在所述工具主体远离驱动器地朝向的端部提供有肩状体 (3 ;30), 从所述工具主体 (2)、按所述工具主体 (2) 的远离驱动器地朝向的所述端部的方向延伸出可旋转的杆形凸出体 (4), 其具有比所述肩状体 (3 ;30) 更小的直径,

其特征在于, 所述肩状体 (3 ;30) 包括承载体 (6 ;60), 所述承载体 (6 ;60) 在所述凸出体 (4) 的方向上至少是部分开口的, 并且, 在承载体 (6 ;60) 中安置至少一个元件 (7 ;70), 所述元件 (7 ;70) 可轴向地移动, 和 / 或至少指向工件 (100) 方向的所述元件 (7 ;70) 的侧面 (80) 被弹性地设计, 从而, 所述肩状体 (3 ;30) 的指向工件 (100) 方向的表面 (5 ;50) 是形状可适应于要连接或要加工的工件的轮廓的。

2. 按照权利要求 1 所述的搅拌摩擦工具 (1), 其特征在于, 指向所述工件方向的所述肩状体表面 (5 ;50) 是可逆地可变形的。

3. 按照权利要求 1 或 2 所述的搅拌摩擦工具 (1), 其特征在于, 所述元件 (7 ;70) 被安置成同心地围绕所述凸出体 (4)。

4. 按照权利要求 1 所述的搅拌摩擦工具 (1), 其特征在于, 在所述承载体 (6) 内安置多个可轴向移动的所述元件 (7), 所述元件 (7) 的指向所述工件方向的侧面 (8) 形成所述指向所述工件方向的肩状体表面 (5)。

5. 按照权利要求 4 所述的搅拌摩擦工具 (1), 其特征在于, 所述元件 (7) 被设计为杆形段, 所述杆形段的纵向轴线基本按轴向方向取向, 所述杆形段的横截面围绕所述凸出体 (4) 以形成同心圆环。

6. 按照权利要求 4 或 5 所述的搅拌摩擦工具 (1), 其特征在于, 每一元件 (7) 通过在轴向方向有弹性的弹簧元件 (9) 被连接到所述承载体 (6)。

7. 按照权利要求 1 所述的搅拌摩擦工具 (1), 其特征在于, 至少一个可自由变形体, 作为侧面被弹性地设计的所述至少一个元件 (70), 是安置在所述承载体 (60) 内的流体衬垫。

8. 按照权利要求 7 所述的搅拌摩擦工具 (1), 其特征在于, 所述至少一个可自由变形体 (70) 的指向所述工件方向的所述侧面 (80) 是有弹性的, 并且形成所述的指向所述工件方向的肩状体表面 (50)。

9. 按照权利要求 7 所述的搅拌摩擦工具 (1), 其特征在于, 在所述承载体 (60) 内, 在所述至少一个可自由变形体 (70) 和所述承载体 (60) 的开口的端部之间安置有松散填充体 (71), 所述松散填充体 (71) 至少在轴向方向是可移动的, 并且形成所述指向所述工件方向的肩状体表面 (50)。

10. 按照权利要求 1 所述的搅拌摩擦工具 (1), 其特征在于, 所述承载体 (6 ;60) 的至少部分地开口的端部能够借助于柔韧材料 (61) 被封闭。

11. 按照权利要求 1 到 10 中任一项所述的搅拌摩擦工具用于搅拌摩擦焊接或搅拌摩擦工艺。

## 具有可形状匹配的肩状体的搅拌摩擦工具

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种搅拌摩擦 (friction-stir) 工具, 所述搅拌摩擦工具尤其被用于搅拌摩擦焊接中和公知的搅拌摩擦工艺中。

### 背景技术

[0002] 众所周知搅拌摩擦焊接 (FSW) 越来越多地被用于航空技术和空间工程技术、铁路技术和汽车结构技术中。这种简单、清洁和创新的装配方法因其巨大的自动化潜力和节省对铆钉的需求、产品成本被降低和所导致的结构重量被减小而引人注目。

[0003] 例如, 如在专利文献 WO 93/10935 中所描述的, 在搅拌摩擦焊接中, 公知的是, 两个要相互焊接的工件进入接触, 并保持在此位置。焊条或相应工具的杆形凸出体按旋转运动的方式被引导进入所述工件的连接区域, 直到安置在焊条上方的工具上的肩状体处于所述工件的表面为止。在本情形中, 由于所述工具和工件之间的相对运动, 产生摩擦热, 所以在连接区域中邻近的材料区域呈现出被塑化的状态。当转动的焊条与连接区域接触时, 所述工具沿着工件的连接线被向前移动, 从而, 位于焊条周围的材料被塑化并随后被固化。在所述材料完全硬化之前, 所述焊条从连接区域或工件被移开。由于所述肩状体在焊接过程中与工件表面接触, 所以产生额外的摩擦热, 并且可防止被塑化的材料溢出。

[0004] 例如, 诸如金属、金属合金、金属复合材料 (被称为 MCC) 或适当的塑料的材料在对焊接头连接、搭接接头连接或 T 型接头连接时按这种方法焊接。当然, 点焊连接也可能发生, 这样可省却与连接区域转动地接触的所述焊条的向前的移动或在转动焊条和工件之间的相对位移动作。

[0005] 然而, 所述搅拌摩擦技术也被用于工件的维修、加工和抛光, 并且通常被设计用作搅拌摩擦工艺。如上所述, 在本情形中, 杆形凸出体按旋转运动被引导进入至少一个工件 (也就是, 固体焊接发生), 以便至少在所述焊条的接触区域中改变工件的材料。为了维修目的, 所述转动焊条被插入例如工件的裂缝中, 以仅列举使用的一个例子。

[0006] 然而, 搅拌摩擦焊接和搅拌摩擦工艺两者的缺点是, 迄今为止, 弯曲组成件、尤其球形组成件的焊接或加工不可能超越特定的半径, 因为在凹形组成件表面的情况下, 所述肩状体不再可能被支撑或处于装配点上面。同样的缺点适用于环形接缝的产品, 例如发生于诸如管子、半壳体或半球体的连接。同样地, 至今为止, 不可能焊接或加工具有任何其它表面轮廓 (例如, 具有角度间隙) 的组成件。

### 发明内容

[0007] 因此, 本发明的目的是提供一种搅拌摩擦工具, 借助于所述工具甚至弯曲组成件或其它形状的组成件可以被高质量地焊接或加工, 环形或环绕的接缝可以简单的方式被可靠地生产。

[0008] 借助于本发明的装置达到这个目的。

[0009] 按照本发明的搅拌摩擦工具包括可旋转驱动工具主体, 在远离驱动器地朝向的所

述工具主体的端部被提供一肩状体，所述肩状体在远离驱动器地朝向的所述工具主体的端部的方向延伸，可旋转杆形凸出体具有比所述肩状体小的直径，并且，其特征在于，指向工件方向的所述肩状体的表面是形状可修改的设计。关于此点，术语“所述工具主体的远离驱动器地朝向的端部的方向”意义可被理解为：可旋转杆形凸出体从位于与所述工具主体相反的肩状体一侧延伸，或从远离所述工具主体地指向的肩状体一侧延伸。

[0010] 本发明的中心构思是提供具有肩状体的搅拌摩擦工具，所述肩状体的指向工件的方向的所述表面可适配于要连接或要加工的工件的轮廓，以这样一种方式，所述肩状体紧贴地配合于所述工件的表面，也就是，所述肩状体的指向所述工件方向的表面是形状可适应的。这种特性将由术语“形状可适应”来表示。

[0011] 为了此目的，指向工件方向的所述肩状体表面以这样的方式被灵活地设计：所述肩状体表面也就是由它本身按所述工件的形状的方式自动地贴合于与要连接或要加工的工件接触，或者它可接受控的方式活跃地被变形，也就是说，通过来自外部作用（例如机械地、液压地、电子地或气动地）来变形，以便适配于工件的相应形状，尤其适配于弯曲形状。

[0012] 本发明的优点在于，甚至在一维或二维弯曲组成件的连接或加工中，在可旋转杆形凸出体的前面、接近或后面的区域中，所述肩状体表面处于工件表面上，以便在每一方向上相对于可旋转杆形凸出体的旋转轴轴向地处于工件表面上，从而有效地防止整个肩状体表面上被塑化的材料的轴向溢出。

[0013] 优选地，指向所述工件方向的所述肩状体表面是可逆地可变形的；也就是说，所述肩状体表面也可再次返回进入其通常的非载荷初始状态，例如，具有平直的非变形表面的状态。例如，如果按照本发明的搅拌摩擦工具的凸出体按旋转运动和力作用的方式被插进一个工件或被插进处于相互靠紧的两个工件的连接区域，指向所述工件方向的所述肩状体表面将首先具有初始形状，但是，一旦指向所述工件方向的所述肩状体表面与所述工件进入接触就将适配于所述工件的形状，从而所述肩状体表面连续地、紧密地配合于所述工件的形状，也就是说，没有狭缝、间隙或波纹。当所述工具或所述凸出体再次被拔出所述工件材料时，所述肩状体表面恢复其初始形状。如上所述，当然也可能的是，指向所述工件方向的所述肩状体表面以受控的方式活跃地变形，也就是说，当所述凸出体与所述工件表面进入接触时或进入接触之前，通过外部控制，所述肩状体表面被变形是可能的。

[0014] 按照一个优选实施例，所述肩状体(3,30)包括承载体(6,60)，所述承载体(6,60)在所述凸出体(4)的方向上至少是部分开口的，并且，在所述承载体(6,60)中安置至少一个元件(7;70)，所述元件(7;70)可轴向地移动，和/或至少指向所述工件方向的所述元件(7;70)的侧面(80)被弹性地设计。因此，上面介绍的形状-适应性被实现，并且术语“轴向移动”被理解为这样的意义：在纵向方向上移动，也就是说，沿所述搅拌摩擦工具的旋转轴的方向移动。这样确保所述肩状体表面的不同区域如所需要的、在相对于所述肩状体表面的垂直方向上不同地被偏转。

[0015] 典型地，在所述承载体中，所述元件(7;70)被安置成同心地围绕所述杆形突出体(4)。一种旋转对称的布置增加了对所述肩状体表面的整个横截面的可靠的适应性。

[0016] 按照一个特定优选的第一实施例，在所述承载体(6)内安置多个可轴向移动的元件(7)，所述元件(7)的指向所述工件方向的侧面(8)形成所述指向所述工件方向的肩状体表面(5)。从而，要改变所述肩状体表面的轮廓，每一独立元件能够被轴向地移动，所述元件

由例如金属、陶瓷或稳定的复合材料组成，也就是说，由具有非弹性的外部轮廓的上述材料组成。当然，另外不排除柔韧地设计指向工件方向的所述元件的所述侧面。然而，这需要额外的费用。

[0017] 在本发明的第一实施例中，所述元件(7)典型地被设计为杆形段，所述杆形段的纵向基本按轴向方向取向。在此情形中，所述杆形段的横截面优选地形成圆形环，所述圆形环同心地包围在凸出体周围，一个几乎连续的表面由杆形段的指向工件的方向的所述侧面来形成。在此情形中，这个几乎连续的表面构成所述肩状体表面，由于在所述肩状体表面上的任何点的轴向方向上所述肩状体表面都可以被偏转，因此这保证了很好的形状适应性。

[0018] 为了此目的，有利的是，每一元件可以单独地被活动，也就是说，个别地被活动，以便造成所述元件的轴向移动。这可以机械地、液压地、气动地、电子地或以其它任何适当的方式发生。优选地，每一元件(7)通过在轴向方向有弹性的弹簧元件(9)被连接到所述承载体(6)。在每一独立元件与所述工件表面进入接触时，由于每一独立元件在轴向方向屈服，由此使得所述肩状体表面——其由所述优选为杆形的元件的指向工件方向的独立侧面组成——适配所述工件表面的形状，因此，以一种简单方式确保所述肩状体的被动形状适应性。

[0019] 按照本发明的一个可选的第二实施例，至少一个可自由变形体被安置在所述承载体(60)内。特别地，所述可自由变形体是流体衬垫，但也可以是其它球形体或弹性的或有弹力的材料，然而，这些材料确保了所述肩状体将足够的压力施加在要连接或要加工的工件上，以防止在 FSW 工艺过程中所述肩状体和工件表面之间的间隙形成，从而被塑化的材料（例如在径向方向上）不能溢出。然而，一种布置也是可能的，其中，两个设计成具有不同半径的环形形状的可自由变形体同心地被安置在所述凸出体的周围。当然，也可以考虑许多其它可能性。

[0020] 在第二实施例中，特别有利的是，所述至少一个可自由变形体(70)的指向所述工件方向的所述侧面(80)形成所述指向所述工件方向的肩状体表面(50)。由于所述可自由变形体的弹性，特别由于其指向所述工件方向的侧面的弹性，在所述肩状体表面的整个区域上改变所述肩状体表面的形状或轮廓是可能的。

[0021] 此外，所述第二实施例可以以这样一种方式被变型：在所述承载体(60)内，在所述至少一个可自由变形体(70)和所述承载体(60)开口端部之间安置有松散填充体(71)，所述松散填充体(71)至少在轴向方向是可移动的，并且形成所述指向所述工件方向的肩状体表面(50)。在此情形中，所述松散填充体被可移动地安置在所述承载体内，从而，当所述松散填充体与所述工件进入接触时，它们适配于所述工件，以便复制所述工件表面的轮廓。特别地，此类型的松散填充体是坚硬金属的、陶瓷的或塑胶的球体，并且典型地具有0.1mm 到 5mm 的直径。

[0022] 此外，方便的是，在本发明的第一和第二实施例中，借助于柔韧材料例如柔韧的金属薄片封闭所述承载体的至少部分的开口端。另外，至少在所述柔韧材料的指向工件方向的侧面，所述柔韧材料配备有涂层，所述涂层减少摩擦或增加耐磨性。当然，这样的涂层也被直接地应用于所述特定的杆形元件的指向工件（见第一实施例）的所述侧面和所述可自由变形体的至少指向所述工件（见第二实施例）方向的所述侧面。

[0023] 按照本发明的搅拌摩擦工具尤其被用于搅拌摩擦焊接中或称为搅拌摩擦工艺

(也就是说,用于工件的维修、加工或抛光的搅拌摩擦工艺)中。

## 附图说明

[0024] 结合附图,从下面按照本发明的各个实施例的有代表性的描述中可以获得本发明的进一步特征和优点,其中:

[0025] 图1示出了按照本发明的第一实施例的搅拌摩擦工具的概略截面图。

[0026] 图2示出了图1中所示的搅拌摩擦工具的变型。

[0027] 图3示出了初始状态中按照本发明的第二实施例的搅拌摩擦工具的概略截面图。

[0028] 图4示出了图3中所示的搅拌摩擦工具处于焊接或加工状态中。

[0029] 图5示出了图4中所示的搅拌摩擦工具的变型。

[0030] 图6示出了图3-5中所示的搅拌摩擦工具的进一步变型。

[0031] 图7示出了结合图1和2或图6描述的所述工具肩状体的横截面图。

[0032] 在上述图中,类似的组成件由同样的参考数字来标明。相互对应的组成件按10的因数增加的参考数字来标明。

## 具体实施方式

[0033] 图1以概略图形式示出了按照本发明的第一实施例的旋转对称搅拌摩擦工具1的纵向方向的截面图。正如公知的,所述搅拌摩擦工具1包括可旋转驱动的工具主体2,在工具主体2的远离驱动器地朝向的端部提供有肩状体3,所述肩状体在远离驱动器地朝向的所述工具主体2的端部的方向延伸,也就是说,在由“A”标注的箭头所示方向上延伸,所述可旋转的杆形凸出体4具有比所述肩状体3小的直径。换句话说,杆形凸出体4从位于与所述工具主体2相反的肩状体3侧延伸,或从指向远离所述工具主体2的肩状体3侧延伸。

[0034] 典型地,杆形凸出体4被制成与工具主体2为一体构件,并且,在图1中所示的实施例中,所述肩状体3可旋转对称地被安置在杆形凸出体4周围,所述肩状体3被设计成独立的组成件。因此,所述搅拌摩擦工具1的简单装配是可能的,例如,通过将所述肩状体3按与标有“A”的方向相反的方向推到杆形凸出体4上。这也保证了所述肩状体3的简单更换。此外,所述肩状体3可独立地被开动,也就是说,独立于杆形凸出体4的旋转或所述工具主体2的旋转。在此情形中,按照本发明的搅拌摩擦工具能够与静定的肩状体一起被操作(也就是说,旋转速度n=0),或按典型的在5rpm和5000rpm之间的旋转速度被操作。

[0035] 图1所示的所述肩状体3以这样的方式被设计:所述肩状体表面5——其指向工件100的方向并且在图1中由虚线来概略地表示——自动适配于工件100的形状、特别是其表面轮廓,也就是说,当所述肩状体表面5和所述工件表面进入接触时,所述肩状体表面5自动地适配于工件100的表面轮廓。为了此目的,多个元件7被安置在承载体6内,所述承载体6由例如金属、陶瓷、复合材料或类似材料构成,每一独立的元件7在轴向方向是可移动的,所述轴向方向在图1中由双向箭头来标注。在此情形中,所述独立元件7的侧面8——其指向工件100的方向——形成所述肩状体表面5。所述元件7应被安置成相互尽可能地靠近,从而获得几乎连续的、也就是不间断的肩状体表面5。如果太大的间隙或狭缝存在于所述独立的元件7之间,被塑化的材料可能逃溢进入这些间隙和狭缝,这是一个缺点。

[0036] 优选地,所述独立元件7由坚硬的、也就是非弹性的或可变形的材料(例如,金属、

陶瓷或复合材料)组成。所述独立元件 7 的可轴向移动性以一种特别简单的方式来实现,其中,通过在轴向方向上有弹性的弹簧元件 9,每一独立元件 7 被安置在所述承载体 6 的上部侧上,也就是说,被安置在指向所述工具主体 2 的方向的所述承载体的一侧上。当所述搅拌摩擦工具 1 用旋转凸出体 4 插入工件 100 直到所述肩状体表面 5 和工件表面进入相互接触时,所述肩状体表面 5 适配于所述工件表面的形状或轮廓,其中,每一独立元件 7 以这样一种方式在轴向方向被移动,所述方式为,指向工件 100 方向的每一独立元件 7 的所述侧面 8 支靠着工件 100 的表面,以便形成贴合于工件 100 表面的连续的肩状体表面 5。在此情形中,通常,指向工件 100 方向的所述元件 7 的所述侧面 8 的形状不变化,但是,这基本上不被排除。原则上,类似于第二实施例的具有弹性元件侧面 8 的变型是可能的,但这需要额外的费用。

[0037] 所述元件 7 典型地被设计成杆形段,所述杆形段的纵向展幅基本上在所述轴向方向上延伸。正如从图 7——它示出了图 1 中所示的所述肩状体 3 的横截面图——的左侧上的描述可以获得的,所述元件 7 以这样一种方式同心地被安置在所述凸出体 4 的周围,即所述元件 7 的横截面形成圆环形状(由图 7 中阴影所示)的片段,所述圆环同心地围绕所述凸出体 4。

[0038] 另外,借助于柔韧材料例如弹性可弯曲金属片体,指向工件方向的所述承载体 6 的开口端可以被封闭。这个在图 1 中未示出,但在下面结合图 5 更详细地被说明。至少在指向所述工件 100 方向的承载体的侧面上,所述柔韧材料另外可配备有减少摩擦或增加耐磨性的涂层。

[0039] 当然,结合图 1 说明的所述元件 7 也可以有另外的结构或以另外的方式例如通过压力的作用沿轴向被移动。图 2 中由标有“P”的箭头所示,压力的作用可能例如电子地、液压地、气动地或以另外的适当方式发生。这里,有利的是,独立于其它元件 7 操作每一独立元件 7。因而,在所述 FSW 工艺过程中或之前,所述肩状体表面 5 可活跃地被设置成一种特定的形状或轮廓,也就是说,通过外部控制被设置成一种特定的形状或轮廓。另外,运转形式和运行方式结合图 1 所示。

[0040] 图 3 示出了按照本发明的第二实施例的搅拌摩擦工具 1 的纵向方向的概略截面图。图 3 图示出一种初始状态,其中所述杆形凸出体 4 还没有与所述工件 100 接触。所述搅拌摩擦工具 1 包括工具主体 2,在其远离驱动器地朝向的端部处提供有肩状体,所述肩状体被标有参考数字 30,以区别于按照图 1 的实施例。在所述工具主体 2 的远离所述驱动器地朝向的所述端部方向,从所述肩状体 30 延伸出可旋转杆形凸出体 4,所述凸出体 4 具有比所述肩状体 30 更小的直径,正如结合所述第一实施例(图 1 和 2)已经说明的。此外,所述肩状体 30 的运转类型和运行方式相应于第一典型实施例。

[0041] 正如从图 3 可以得到,所述肩状体 30 具有承载体 60,所述承载体 60 在所述凸出体 4 的方向是至少部分地开口的,并且,其中安置至少一个可自由变形体 70,尤其是流体衬垫。代替流体衬垫,其它材料也可被使用,一方面,所述材料是有弹性的或可变形的,但是,另一方面,所述材料确保所述肩状体 30 可以施加足够的压力在所述工件 100 上,以便确保所述肩状体 30 可靠地保持在所述工件表面上。所述流体衬垫 70 可以被设计成例如环状形式,并且同心地被安置在凸出体 4 的周围。在此情形中,指向工件 100 方向的可自由变形体 70 的所述侧面 80 形成所述肩状体表面 50,所述肩状体表面 50 在图 3 中再次由虚线来图示。

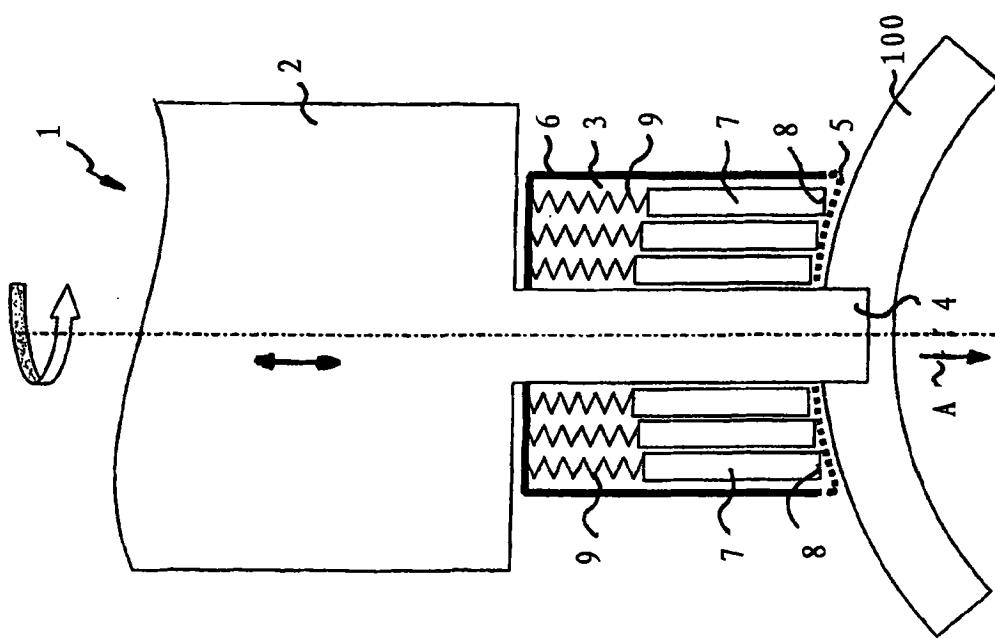
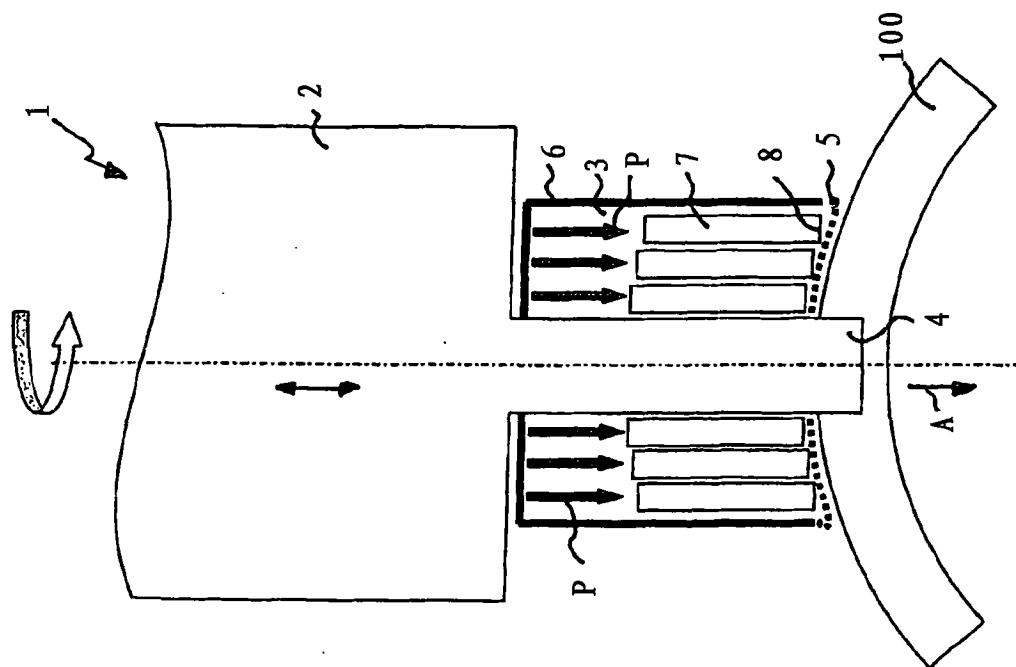
当然,甚至多个可自由变形体可以各种方式被安置在承载体 60 内。

[0042] 当所述搅拌摩擦工具 1 借助于旋转凸出体 4 被插入所述工件 100,如图 4 所示,所述肩状体表面 50 与所述工件表面进入接触时,所述肩状体表面 50 被变形。由于所述流体衬垫 70 的弹性,所述衬垫 70 被变形,特别是其指向工件方向的所述衬垫的侧面 80 被变形,并且连续地发生与所述工件 100 的表面贴合。

[0043] 至于在所述承载体 60 内没有提供独立安置或固定的所述流体衬垫 70 的情况,指向下方的、也就是指向所述工件 100 的方向的所述承载体 60 的所述端部也可借助于柔韧材料 61 来封闭,所述柔韧材料 61 特别是可变形金属片体(见图 5)。

[0044] 在图 6 中图示出第二实施例的一种变型。在所述承载体 60 中另外安置有松散的填充体 71,所述松散的填充体 71 被安置在可自由变形体 70 和所述承载体 60 的开口端之间。这种类型的松散的填充体是例如坚硬金属的、陶瓷的或塑胶的球体,所述材料至少在轴向方向上是可移动的。在此情形中,所述肩状体表面 50 由所述松散的填充体 71 来形成。同样,按照图 6 的布置确保:当旋转凸出体 4 被插入时,所述肩状体 60 的所述表面 50 自动地适配于工件 100 的形状,并且连续地支靠着工件 100 的表面。此外,如图 5 中已经描述的,所述承载体 60 的开口端可借助于柔韧材料来封闭,然而,所述柔韧材料在图 6 中未示出。

[0045] 图 7 在右侧描述地示出用松散的填充体 71 填充的肩状体 30 的横截面图。优选地,松散球体被布置成同心地围绕杆形凸出体 4,从而,以便确保对弯曲组件的最佳适配。在此情形中,所述松散的填充体 71 根据位置可以具有不同的强度,和 / 或由不同的压力作用其上。参考符号列表 1. 搅拌摩擦工具 2. 工具主体 3. 肩状体 4. 杆形凸出体 5. 肩状体表面 6. 承载体 7. 独立元件 8. 独立元件表面 9. 弹簧元件 30. 肩状体 50. 肩状体表面 60. 承载体 61. 柔韧材料 70. 流体衬垫 71. 填充体 80. 流体衬垫表面 100. 工件



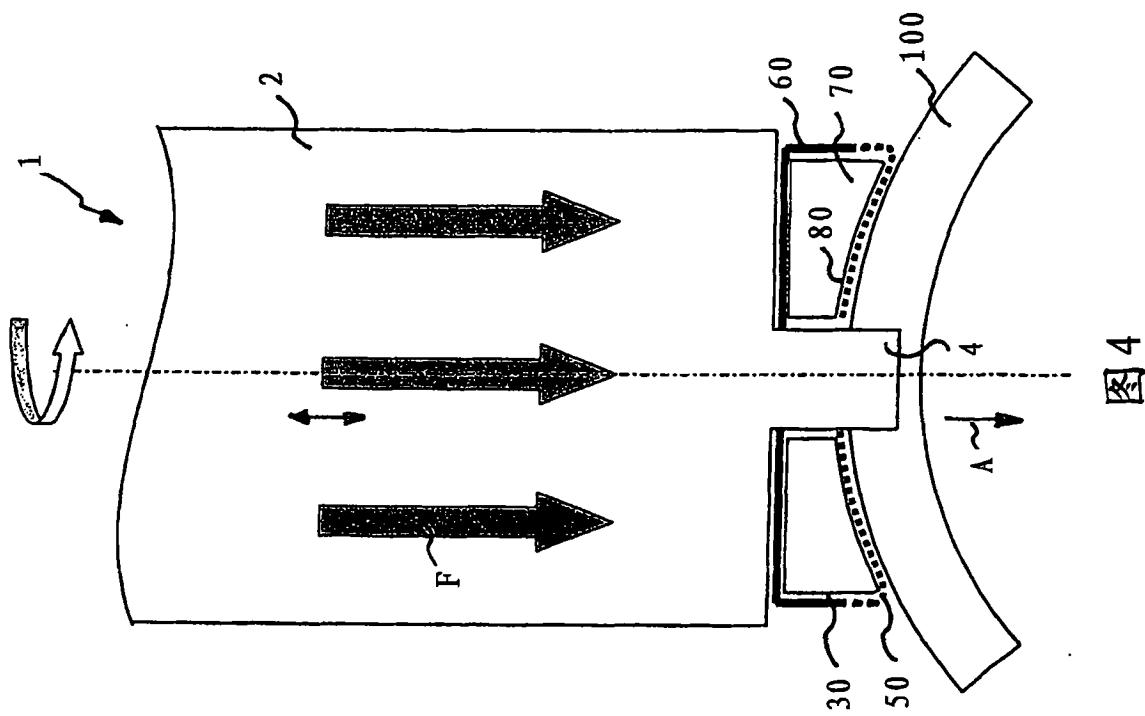


图 4

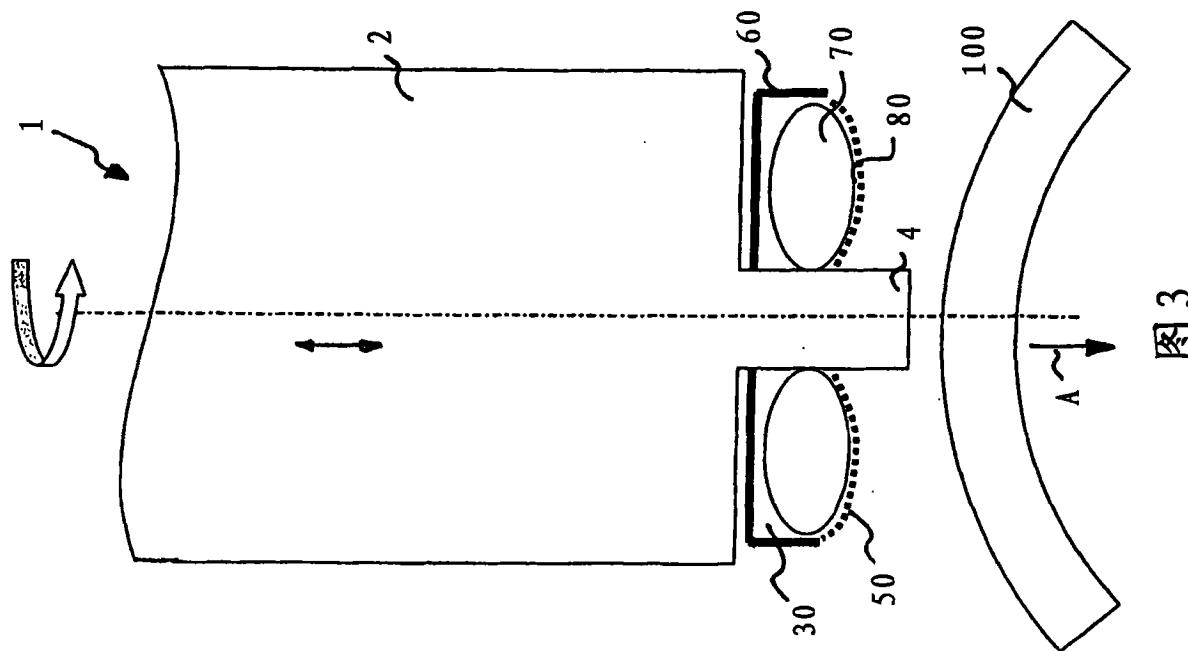


图 3

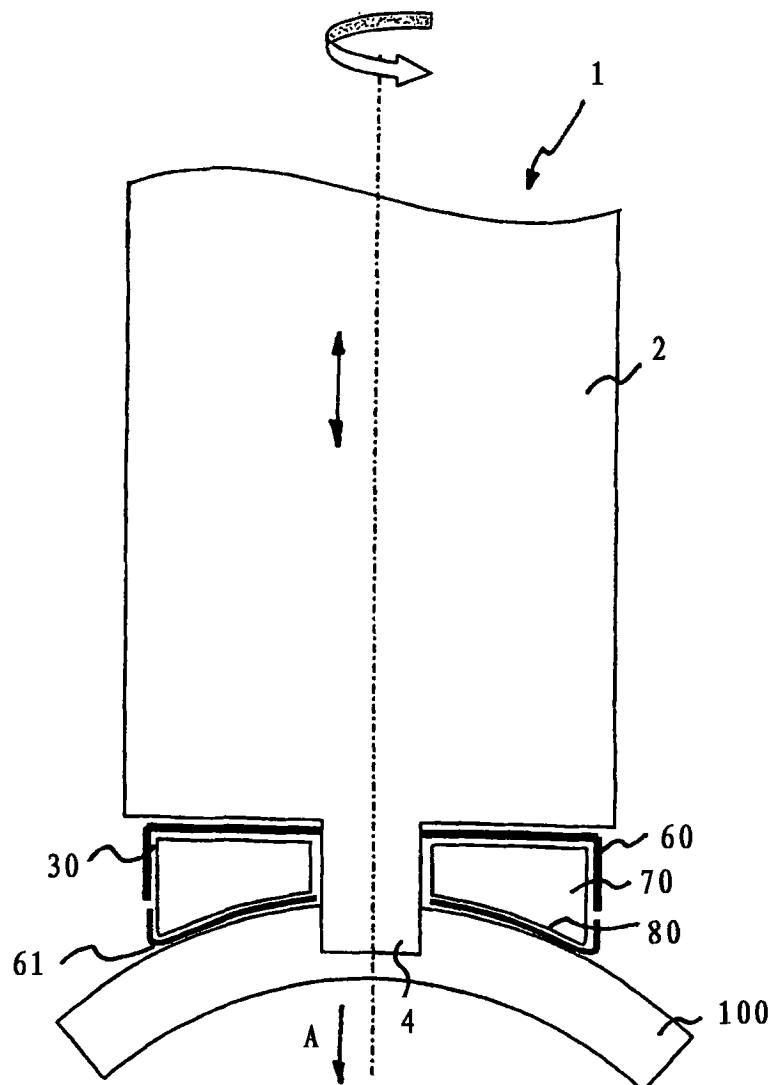


图 5

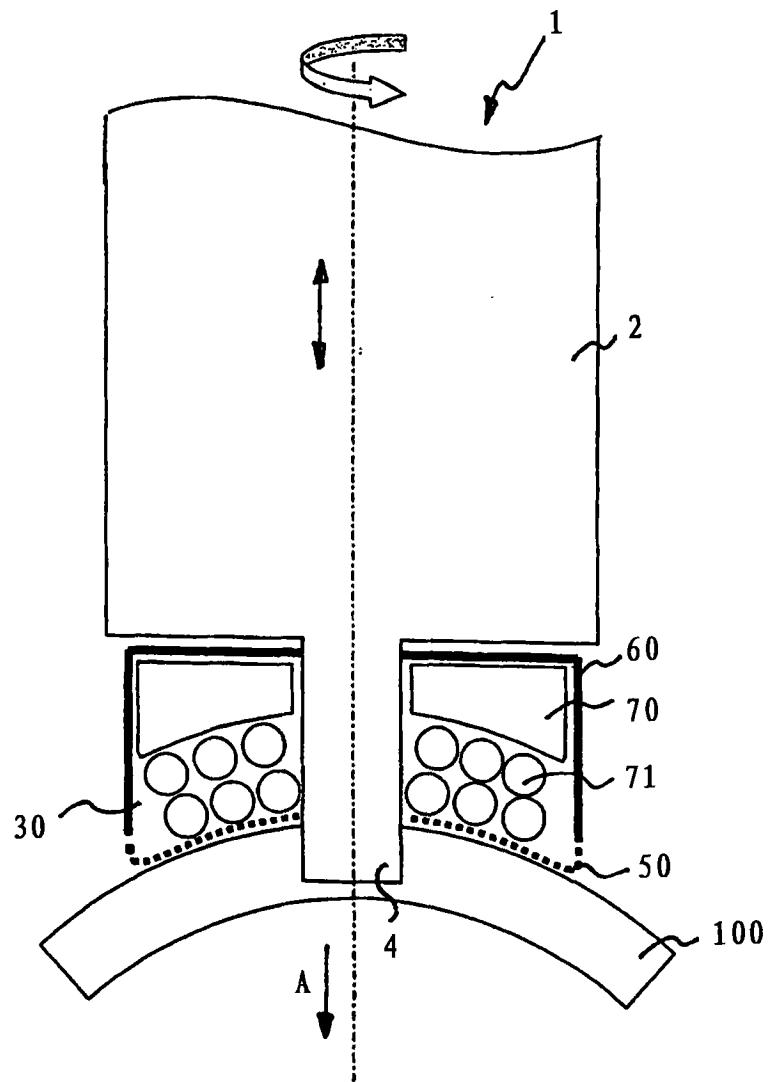


图 6

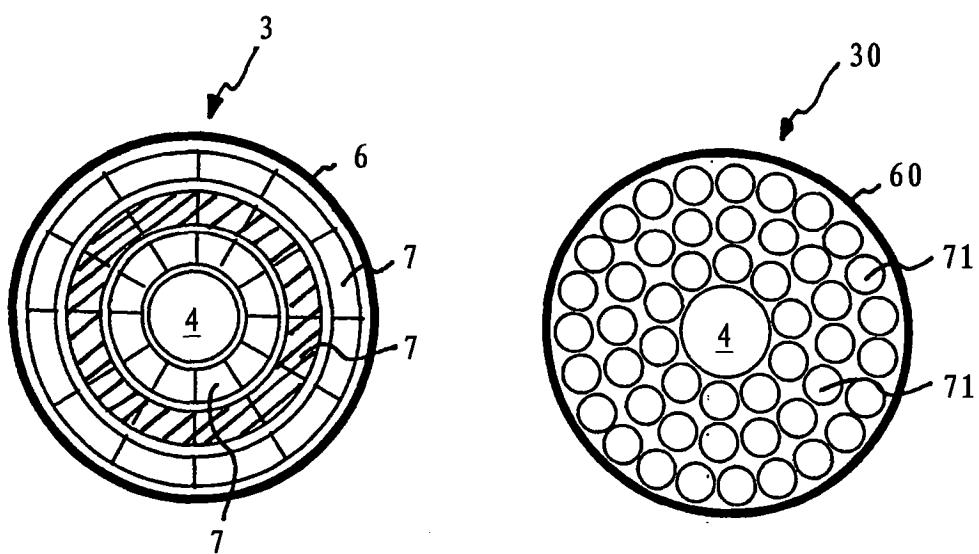


图 7