



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101466492 B

(45) 授权公告日 2012. 04. 04

(21) 申请号 200780021953. 4

(22) 申请日 2007. 06. 13

(30) 优先权数据

60/804, 628 2006. 06. 13 US

60/816, 396 2006. 06. 23 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 12. 12

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/014004 2007. 06. 13

(87) PCT申请的公布数据

W02007/146402 EN 2007. 12. 21

(73) 专利权人 史密斯国际有限公司

地址 美国犹他州

专利权人 高级金属制品有限公司

布莱阿姆青年大学

(72) 发明人 斯科特·M·帕克

拉塞尔·J·斯蒂尔

乔纳森·A·巴布

迈克尔·P·迈尔斯 肯特·科科宁

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 田军锋 张文

(51) Int. Cl.

B23K 20/12 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 6843404 B2, 2005. 07. 18,

CN 1167024 A, 1997. 12. 10,

US 6742697 B2, 2004. 06. 01,

CN 1144499 A, 1997. 03. 05,

审查员 李莎莎

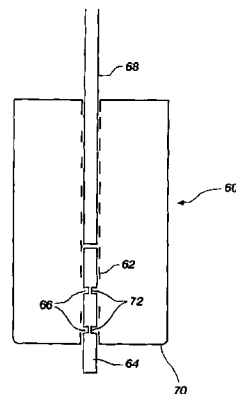
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

利用摩擦搅动处理技术的三体连接方法以及
摩擦搅动铆接工具

(57) 摘要

本发明提供一种摩擦搅动工具以利用能够部分自耗的销来进行摩擦搅动铆接, 其中所述销包括位于其底表面上的切削边缘, 其中所述工具以使得能够通过所述销切入到与第二材料叠置的第一材料中的第一速度旋转, 其中在所述销已经切入到足够的深度后, 工具的转速升高, 从而能够塑化所述自耗销、第一材料以及第二材料, 其中所述工具然后迅速降低速度直至停下来, 从而能够实现所述销、第一材料以及第二材料之间的扩散结合。



1. 一种利用设置在摩擦搅动铆接工具中的能够至少部分自耗的销将至少两个工件扩散结合在一起的方法,所述方法包括以下步骤:

(1) 将至少两个工件叠置起来;

(2) 提供具有能够至少部分自耗的销的摩擦搅动铆接工具,其中所述能够至少部分自耗的销包括位于其工作端上的切削装置,该切削装置适于切入到所述至少两个工件中的至少第一工件中;

(3) 使所述工具旋转,以使所述能够至少部分自耗的销的切削装置能够在所述至少第一工件中切入到由用户的应用所确定的期望的深度;

(4) 使所述摩擦搅动铆接工具以不同的速度旋转,从而能够塑化所述能够至少部分自耗的销和所述至少两个工件;以及

(5) 使所述摩擦搅动铆接工具以不同的速度旋转,从而能够实现所述能够至少部分自耗的销和所述至少两个工件的扩散结合。

2. 如权利要求1所述的方法,其中,切入到至少第一工件中的步骤进一步包括切入到第二工件材料中的步骤。

3. 如权利要求1所述的方法,其中,将所述至少两个工件叠置起来的步骤进一步包括将多个工件叠置起来的步骤。

4. 如权利要求1所述的方法,其中,所述方法进一步包括构造所述能够至少部分自耗的销的步骤,使其具有能够断裂的部分,所述能够断裂的部分的直径比所述至少部分自耗的销的直径小得多,从而将所述能够至少部分自耗的销的一部分留在所述至少两个工件中。

5. 如权利要求1所述的方法,其中所述方法进一步包括以下步骤:

(1) 沿着所述摩擦搅动铆接工具的中央轴线形成孔;以及

(2) 将所述能够至少部分自耗的销设置在所述孔内。

6. 如权利要求5所述的方法,其中所述方法进一步包括如下步骤:形成所述能够至少部分自耗的销,使得其形状防止所述能够至少部分自耗的销在所述摩擦搅动铆接工具旋转时旋转,其中,所述形状可具有从下列轮廓组中选出的轮廓,所述轮廓组包括锥形、六角形、正方形和圆形。

7. 如权利要求5所述的方法,其中所述方法进一步包括如下步骤:提供夹紧机构以防止所述能够至少部分自耗的销在所述摩擦搅动铆接工具旋转时旋转。

8. 如权利要求5所述的方法,其中所述方法进一步包括如下步骤:将所述能够至少部分自耗的销设置成通过直径比所述至少部分自耗的销的直径小得多的销节段联接起来的多个同轴的节段。

9. 如权利要求8所述的方法,其中所述方法进一步包括提供柱塞机构的步骤,其中在所述多个同轴节段中的各节段摩擦搅动铆接到所述至少两个工件中之后,所述柱塞机构推进所述多个同轴节段穿过所述孔。

10. 如权利要求1所述的方法,其中所述方法进一步包括以下步骤:使所述摩擦搅动铆接工具以第一速度旋转以进行对至少一个工件的切削;使所述摩擦搅动铆接工具以高于所述第一速度的第二速度旋转以进行摩擦搅动铆接;以及使所述摩擦搅动铆接工具以低于所述第一速度的第三速度旋转或停下来,从而实现扩散结合。

11. 一种利用自耗销将多个工件摩擦搅动铆接在一起的方法,所述方法包括以下步骤:

(1) 提供具有自耗销的摩擦搅动铆接工具,其中所述自耗销包括位于其工作端上的切削装置;

(2) 使所述自耗销靠着所述多个工件旋转,以形成穿过工件的孔;

(3) 使所述自耗销以不同的速度旋转,从而能够塑化所述自耗销和所述多个工件;以及

(4) 停止所述自耗销的旋转,从而实现所述自耗销与所述多个工件的扩散结合。

12. 一种摩擦搅动铆接工具,所述工具包括:

具有非自耗肩的柄部;

自耗销,该自耗销设置在沿着所述非自耗肩的中央轴线的孔内,其中所述自耗销包括直径比所述自耗销的直径小得多的销部,所述销部使所述自耗销的一部分能够在所述销部处断开;

其中,防止所述自耗销在所述柄部旋转时在所述非自耗肩中的孔内旋转;并且

其中,所述自耗销包括位于其工作端上的切削装置。

13. 如权利要求 12 所述的摩擦搅动铆接工具,其中,所述摩擦搅动铆接工具进一步包括由适于与所述自耗销所铆接的工件材料扩散结合的材料构成的自耗销。

14. 如权利要求 12 所述的摩擦搅动铆接工具,其中,所述摩擦搅动铆接工具进一步包括:

完全穿过所述柄部设置到所述非自耗肩的孔;和

柱塞机构,该柱塞机构设置在所述柄部的与所述非自耗肩相反的一端处,其中所述柱塞机构将所述自耗销推向所述摩擦搅动铆接工具的工作端。

15. 如权利要求 12 所述的摩擦搅动铆接工具,其中,所述摩擦搅动铆接工具进一步包括形成具有非圆形横截面的自耗销,从而防止所述自耗销在所述摩擦搅动铆接工具旋转时旋转。

16. 如权利要求 12 所述的摩擦搅动铆接工具,其中,所述摩擦搅动铆接工具进一步包括位于所述摩擦搅动铆接工具上的夹紧机构,从而防止所述自耗销在所述摩擦搅动铆接工具旋转时旋转。

17. 如权利要求 12 所述的摩擦搅动铆接工具,其中,所述自耗销进一步由多个自耗节段构成,其中所述多个自耗节段被所述销部分开,所述销部能够断开,从而将所述多个自耗节段的节段留在工件中。

利用摩擦搅动处理技术的三体连接方法以及摩擦搅动铆接工具

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求 2006 年 6 月 13 日提交的美国专利申请 No. 60/804628 以及 2006 年 6 月 23 日提交的美国专利申请 No. 60/816396 的所有主题的优先权,并通过参考的方式将其并入。

技术领域

[0003] 本发明总的来说涉及摩擦搅动连接方法。更具体而言,本发明是一种利用具有能够至少部分自耗的销的自耗摩擦搅动工具将金属工件连接在一起的方法,其中所述销具有在以第一速度旋转时切入第一工件材料的切削边缘。在至少切入第一工件材料足够的深度后,工具的转速发生变化,以引起销自身塑化,并使第一工件材料和第二工件材料连接起来。在第一工件材料、第二工件材料以及销被充分加热后,工具的旋转迅速减速或完全停止,以使销和第一工件材料以及第二工件材料能够结合起来。在本文中将该过程称作摩擦搅动铆接。

背景技术

[0004] 存在多种用于将金属工件连接在一起的方法;这些方法中的一些包括焊接、点焊、紧固件(如螺钉和螺栓)和摩擦搅动焊接等。支配所有连接方法的三个基本原理包括机械连接、熔接(熔焊)以及固态连接(摩擦焊接)。每种原理技术都具有优点;然而,针对应用场合而通常选择的方法由具有最少的可容许缺点的技术决定。机械式工件连接方法的例子包括螺钉、螺栓和螺母、燕尾榫、模锻、铆接以及过盈连接等。因此螺纹的承载能力有限、多个部件和组件的成本高、必须设置在工件中的孔和/或紧固件所需的空间的成本,很多场合都不能使用螺钉或螺栓。燕尾榫和其它工件锁定方法在特定的方向上锁定,但在其它的方向上则能够滑动或旋转分离。在任何机械紧固件中,铆钉或许具有单位面积和体积上的最大连接强度,但是铆钉头的机械变形降低了吸能能力和延展性。

[0005] 当机械方法不是可以接受的连接技术时,使用熔焊方法,除非认为工件是不可焊接的。例如,由 7000 系铝制成的航空器部件被认为是不可焊接的,因为产生的焊接强度低达基底金属属性的 50%。诸如钢、不锈钢和镍基合金的高熔点材料(HMTM)是能够焊接的,但是连接强度受限于与熔焊相关的问题。这些问题包括但不限于固化缺陷、焊接宏观结构内的硬区/软区、从液相到固相的转变产生的残余应力、多孔性、开裂、不均匀性和不可预测的微观结构、易腐蚀性、工件变形以及工件基底材料属性的损失。通常需要焊后操作来修补变形或非破坏性地评价焊接,并增加了工艺成本。此外,如果没有遵循适当的安全步骤的话,则存在与六价铬和锰的暴露以及潜在的对操作员的视网膜伤害相关的健康问题。在很多场合中,必须增大工件的尺寸,以使用低强度的基底材料,与被认为不可焊接的强度较高的材料相比,该强度较低的基底材料被认为是可焊接的。当前的由低强度钢制造的汽车车身就是这种情况。在框架构造中可使用高级的高强度钢(两相钢和 trip 钢),以显著地降

低车重,但是这些材料由于可熔焊性问题而没有被使用。

[0006] 摩擦搅动焊接 (FSW) 是相比于熔焊方法具有很多优点的固态焊接工艺。图 1 是用于摩擦搅动焊接的工具的立体图,该工具的特征在于大体圆柱形的工具 10,工具 10 具有肩部 12 和从肩部 12 向外延伸的销 14。销 14 靠着工件 16 旋转,直到产生足够的热,此时将工具的销塞入塑化的工件材料中。工件 16 通常为在结合线 18 处对接在一起的两个片材或板材。销 14 在结合线 18 处塞入工件 16 中。尽管这种工具已经公开在现有技术中,但要说明的是,该工具能够用于新的用途。还应注意,在本文中可将可互换地使用术语“工件”和“基底材料”。

[0007] 销 14 靠着工件材料 16 的旋转运动所引起的摩擦热使工件材料软化而不达到熔点。工具 10 沿着结合线 18 横向移动,从而随着塑化材料在销周围从前沿流到后沿而产生焊缝。结果在结合线 18 产生固相结合 20,与其它焊缝相比,固相结合 20 基本上与工件材料 16 本身区分不出来。

[0008] 发现当肩部 12 接触工件的表面时,肩部 12 的旋转产生附加的摩擦热,该摩擦热使插入的销 14 周围较大的圆柱形材料塑化。肩部 12 提供容纳由工具销 14 引起的向上的金属流的锻造力。

[0009] 在摩擦搅动焊接过程中,待焊接的区域和工具相对于彼此运动,使得工具横向移过期望长度的焊接接缝。旋转的摩擦搅动焊接工具提供连续的热加工作用,在沿着基底金属横向移动时使金属在狭窄区域内塑化,同时将金属从销的前沿面运送到其后沿面。在焊缝区域冷却时,通常不存在固化,因为在工具经过时没有液体产生。通常情况是产生的焊缝是没有缺陷的、再次结晶的、并且在焊缝区域中形成细晶粒微观结构,但不总是这样。

[0010] 在旋转速度为 200rpm 至 2000rpm 的情况下,行进速度通常为 10mm/min 至 500mm/min。所达到的温度通常接近但低于固相线温度。摩擦搅动焊接参数是材料的热属性、高温流动应力以及穿入深度的函数。

[0011] 一些发明人先前的专利如美国专利 No. 6,648,206 和 6,779,704 已经给出了以下有益效果的教导:即能够利用以前被认为在功能性上不能进行焊接的材料来进行摩擦搅动焊接。这些材料中的一些是不可熔焊的,或者完全难以进行焊接。这些材料包括例如金属基复合物、如钢和不锈钢的铁合金,以及不含铁材料。另一类同样能够利用摩擦搅动焊接的材料是超级合金。超级合金可以是具有熔点较高的青铜或铝的材料,并可具有此外混入的其它元素。超级合金的一些例子为镍、铁-镍以及通常在 1000 华氏度以上的温度下使用的钴基合金。在超级合金中通常含有的附加元素包括但不限于铬、钼、钨、铝、钛、铌、钽和铯。

[0012] 还应注意,短语“摩擦搅动处理”也可与固态处理互换地使用。固态处理在这里定义为暂时地转变为通常不包括液相的塑化状态。然而,应当注意,一些实施例允许一种或多种元素经历液相,并仍然获得本发明的有益效果。

[0013] 在摩擦搅动处理中,使工具销旋转并将其塞入待处理的材料中。该工具横向移动跨过材料的处理区域。这是使材料在固态处理中经历塑化的作用,该固态处理能够使正被改变的材料具有不同于原始材料的属性。

[0014] 摩擦搅动焊接的主要缺点是在焊缝端部处留在工件中的剩余孔。这在很多场合都不是问题,因为可在焊缝的端部处使用脱落片 (run off tab) 并在随后将其移除。随着焊接的进行,能够使用可收回的销以消除端部孔;然而,工具和设备的需求是广泛的且耗费高

的。也能够使用使得工具在摩擦搅动焊接期间能够从焊缝处逐渐抽回来的工具几何形状，但对已有的焊缝增加的处理时间及增加的热循环增加了成本并降低了基底金属的属性。

[0015] 当前正试验性地使用摩擦搅动点焊 (FSSW) 以搭接焊构造来连接先进的高强度钢。如美国专利申请 20050178817 所述，摩擦搅动点焊正商业性地用来搭接焊接铝部件。当前有两种方法正在使用。

[0016] 第一种方法涉及到将销工具（由销和肩部构成的摩擦搅动点焊工具）塞入工件中，直至工件被摩擦点焊在一起。该方法的缺点在于如图 2 所示由销留下的孔 26。工件 28 之间的结合是在工具肩部的下方实现的，而销孔则降低了焊缝的强度。

[0017] 第二种方法涉及到迫使材料回到销孔中的设备的设计（美国专利 6,722,556）。由于大的心轴头、固定需要以及进行点焊所需的载荷，该方法是非常有问题的。

[0018] 能够提供使用部分自耗的工具来利用铆钉以迅速而经济的方式进行摩擦搅动点焊的系统和方法，对连接金属工件的领域的现状将会是一个优点。

发明内容

[0019] 在本发明的第一方面，提供一种摩擦搅动工具以利用能够至少部分自耗的销来进行摩擦搅动铆接，其中所述销包括位于其底表面上的切削边缘，其中所述工具以使所述销能够切入到与第二材料叠置的第一材料中的第一速度旋转，其中在所述销已经切入到足够的深度后，工具的转速升高，从而能够塑化所述自耗销、第一材料以及第二材料，其中所述工具然后迅速降低速度直至停下来，从而能够实现所述销、第一材料以及第二材料之间的扩散结合。

[0020] 在对下面的结合附图的详细描述进行了审阅之后，对本领域普通技术人员，本发明的这些和其它目的、特征、优点及替代方面将变得显而易见。

附图说明

[0021] 图 1 是现有技术的能够在高熔点材料上进行摩擦搅动焊接的已有摩擦搅动焊接工具的立体图。

[0022] 图 2 是如在现有技术中利用摩擦搅动点焊 (FSSW) 完成的三个焊缝的轮廓图。

[0023] 图 3 是根据本发明的一个实施例的原理构建的能够进行摩擦搅动铆接的旋转工具的立体图。

[0024] 图 4 是图 3 中的工具的轮廓图，其中自耗销完全穿透两个工件。

[0025] 图 5 是具有中央孔的工具的切开轮廓图，该中央孔用于多节段销，以用于进行迅速的摩擦搅动铆接。

[0026] 图 6 是根据本发明的一个实施例的原理制造的多节段自耗销的立体图。

具体实施方式

[0027] 现在将参照附图，在附图中对本发明的各种元件给定数字标号并对本发明进行论述，以使本领域的普通技术人员能够作出并使用本发明。应当理解，下面的描述仅仅是对本发明原理的示例，且不应被视为使权利要求的范围变窄。

[0028] 在本发明的第一方面，使用一种新颖的方法来解决很多前面提到的连接问题。一

种旋转摩擦搅动铆接工具形成本发明的摩擦搅动铆接连接方法的基础,该旋转摩擦搅动铆接工具具有非自耗肩,该非自耗肩与能够拆卸且能够至少部分自耗的销相结合。该销能够全部消耗或部分消耗。图 3 示出了如何构建所述工具的示例。

[0029] 图 3 示出了具有肩部区域 32 和能够拆卸且能够至少部分自耗的销 34 的摩擦搅动铆接工具 30。在该特定实施例中,所述能够拆卸且能够至少部分自耗的销 34 包括小的间隙 36。该小间隙 36 是通过销 34 的销径小得多的部分 42 形成的。销 34 的该小销径部分 42 将会断裂。小间隙 36 使得销 34 的能够拆卸的部分 38 能够保持嵌入在工件内作为铆钉。还应注意的是,销 34 的非拆卸部分 40 还可以是另一个销节段的顶部,这将在后面进行说明。

[0030] 利用图 4 作为示例,对于利用本发明的该第一实施例的工具的摩擦铆接钢或其它金属,使工具 30 在使得该工具的销 34 能够将第一工件材料 50 加工掉、从而在其中形成孔 54 的速度下旋转。能够对销 34 的端部增设装置,以便于加工出期望的孔。例如,在该第一实施例中示出了切削装置 44。

[0031] 优选但不是必需的,孔 54 的深度 56 完全延伸穿过第一工件材料 50 并至少部分地进入第二工件材料 52 中。

[0032] 应当理解的是,根据应用场合,孔 54 可以:仅仅部分延伸到第一工件材料 50 中;完全穿过第一工件材料 50 但不进入第二工件材料 52 中;完全穿过第一工件材料 50 但仅仅部分地进入第二工件材料 52 中;或者基本穿过第一工件材料 50 和第二工件材料 52 两者。一旦制出了初始孔 54 之后,工具 30 然后可根据所理解的摩擦搅动铆接的原理使销 34 产生期望的穿透水平。销 34 可完全延伸穿过第一工件材料 50 和第二工件材料 52 两者,或者可完全延伸穿过第一工件材料但仅仅部分地延伸到第二工件材料中。同样,这取决于用户的应用。

[0033] 在该第一实施例中,一旦孔 54 的深度 56 已经如图 4 所示延伸到第二工件 52 中,则工具 30 的转速降低,以在销 30 和正被连接在一起的第一工件材料 50 和第二工件材料 52 之间产生热。可使保持住工具 30 并使其旋转的心轴(未示出)立即停下来,或降低速度直至使工具旋转所需的扭矩超过较小销径部分 42 的剪切强度。较小销径部分 42 被设计成在指定的扭矩下将销 34 的可拆卸部分 38 从工具 30 上剪切下来。

[0034] 在该第一实施例中,一旦销 34 的可拆卸部分 38 已经从工具 30 剪切下来,那么工具便收回,且能够用新的销 34 来进行更换。留在第一工件材料 50 和第二工件材料 52 中的销 34 或铆钉的可拆卸部分 38 是摩擦焊接到工件中的。不仅在第一工件材料 50 和第二工件材料 52 之间的工具肩部下方存在结合,在销 34 或铆钉周围也存在结合。

[0035] 在如图 5 所示的本发明的替代性实施例中,工具 60 具有穿过中央轴线设置的孔 62。孔 62 使得多节段销 64(这里示出具有被较小直径销部 72 分开的三个节段)能够根据需要插入和穿过孔 62。多节段销 64 包括具有较小直径销部 72 的多个间隙 66。然后可使用一些类型的柱塞机构 68 来推动多节段销 64 穿过工具 60 并穿出工作端 70。当多节段销 64 的各个节段断裂时,柱塞机构 68 向下推动多节段销 64 穿过孔 62,直至销 64 暴露出足够部分以用于下一个摩擦搅动铆接过程。这样,能够将多个铆钉插入工件中而无需使多节段销 64 停下来并重新进行装载。

[0036] 多节段销 64 中能够使用的节段的数目不应被认作限于三个。图 5 仅仅是用于示例的目的。在多节段销 64 上能够设置更多个节段。节段的数目也可取决于工具 60 的长度

和柱塞机构 68 的长度。

[0037] 提供图 6 以显示出能够用于自动和迅速的摩擦搅动铆接工艺的多节段销 64。多节段销 64 的节段是同轴的,使得这些节段能够设置在穿过摩擦搅动铆接工具 60 的中央轴线的孔中。

[0038] 用于形成具有能够在本发明中使用的肩部的工具的材料可从一些发明人制造的工具中找到,这些工具能够用来在摩擦搅动焊接的固态连接过程期间将诸如钢和不锈钢的高熔点材料连接在一起。

[0039] 该技术涉及到使用特殊的摩擦搅动焊接工具。可利用诸如多晶立方氮化硼 (PCBN) 和多晶钻石 (PCD) 的材料来形成肩部。可包括的其它材料为诸如钨、铌、铪、钽、钼等的耐火材料。

[0040] 能够利用本发明的原理连接起来的工件包括其熔点比青铜和铝高的材料。这类材料包括但不限于金属基复合物、如钢和不锈钢的铁合金、不含铁材料、超级合金、钛、通常用于表面硬化的钴合金、空气硬化钢或高速钢。然而,本发明也可以使用在被认为是不包括在上述较高熔点的定义内的所有其它熔点较低材料的材料上。

[0041] 工具 30 的肩部 32 可由多晶立方氮化硼或类似描述的能够防止该肩部附着于第一工件 50 并提供优良的热稳定性和抗磨损性能的材料制成。可使用数种肩部构造来形成铆钉头的形状,或者甚至在销 34 已经摩擦焊接到工件 50、52 中之后将铆钉头切掉。

[0042] 用于销 34 的材料通常为能够在摩擦搅动铆接过程中消耗掉的材料。这些材料优选地加强第一工件材料和第二工件材料之间的结合,并且对摩擦搅动焊接领域的普通技术人员来说是熟知的。

[0043] 本发明的替代性实施例包括应当同样被认为是重要要素的多个方面。第一,可在销 34 将被插入作为铆钉的一端上使用多种切削结构或轮廓。可使用螺旋切口轮廓代替如图 3 所示的装置作为替代的切削结构。

[0044] 在另一个替代性实施例中,可使诸如氩或二氧化碳的惰性气体流过工具 30 的中央,以防止摩擦搅动铆接期间的氧化。

[0045] 在另一个替代性实施例中,可利用本发明的摩擦搅动铆接工艺将多于两个的工件连接起来。因此,将相应地调整销 34 的节段长度。

[0046] 在另一个替代性实施例中,应当注意到,根据应用场合,被连接起来的工件可以是相同的或不同的材料。

[0047] 与此类似,在销中使用的材料可以是与工件不同的材料,与工件中至少一个相同的材料,或者是与所有工件都相同的材料。

[0048] 销的轮廓可以大为不同。销轮廓可以是锥形、六角形,或将执行切削加工和摩擦搅动铆接过程的任何期望形状。所述形状很可能取决于多个方面,如期望的结合特性或使用的各种材料的强度。

[0049] 在另一实施例中,销也可以是中空的。该销可以呈杆或丝线的形式,并穿过工具的中央自动地进给。当销使用正方形形状时,便允许来自工具的扭矩被传递到销或铆钉。然而,其它的扭矩传递轮廓也是可以使用的。即便是圆形也可以用于销,只要销材料的外径上的夹紧力或夹紧机构足以当施加旋转力时防止销在工具内滑动。

[0050] 销或铆钉可以具有多种硬度或硬度分布,以有助于穿过工件。

[0051] 工具能够在 1RPM 至 10,000RPM 范围内的 RPM 值下运行到特定的位置或载荷值。

[0052] 工具可以与熔焊点焊相同的构造运行。例如,胜于使用焊接尖端呈 C 形夹具构造的夹紧,可在机器人端部的 C 形夹具中放置小直径的旋转工具(图 3)。该 C 形夹具构造也可手动使用。

[0053] 所述销可在“头部”上具有紧固件,因此可在该位置使用机械连接。例如,摩擦铆钉的端部可具有螺纹杆,在工件已经结合起来后,该螺纹杆留下来,伸出工件之上。然后可使用螺母将另一部件连接到工件上。

[0054] 摩擦搅动铆接工艺的一些优点包括但并不应被视为限于:迅速的固态连接工艺;低的能量输入工艺要求;由于固态工艺而具有低残余应力;不像传统铆接那样必须要预钻孔;减少或消除了工件的变形;不像在摩擦搅动电焊中那样在工件中留有孔;能够在有限的区域中使用该工艺;z 轴力与当前抵抗点焊所需的力相当;肩部与销的比值大小可以设定成产生特定的热分布,以使连接强度最优化;能够使用抗腐蚀的销材料;由于该工艺是在升高的温度下完成的,所以销或铆钉的构造未发生屈服,并将具有更强的吸能特性;为了更大的强度,销或铆钉材料可以优于工件材料;以及铆钉或销能够使用在开裂的端头处,以防止裂纹在工件中进一步扩散。

[0055] 通常情况是使用比结合在一起的材料硬的材料来制造销。然而,销可以较软,但被施以足够大的力被足够快地推动;可使用它来连接较硬的工件材料。

[0056] 本发明的另一方面是选择将从工件中的孔中切出的和由销形成的材料清除。一种清除所述材料的方法是使用啄食运动。工具的啄食运动也可与流体流相结合以清除材料。所述流体可以是可压缩的或不可压缩的,包括气体、空气、薄雾和水。

[0057] 如前所述,本发明能够用来将不同的材料连接起来,而限于三体(两个工件和一个销)构造。能够同时将多层材料连接在一起。任何数量的材料都可结合,只要这些材料经受的温度梯度比结合在一起的材料熔点小。

[0058] 工具的表面行进速度的范围应当被认为从每分钟 0.1mm 至每分钟 10m。工具的转速可在 1rpm 至 100,000rpm 范围内变化。

[0059] 可在工具上、被连接的工件上或者工具和工件两者上使用涂层。

[0060] 本发明的工具可以是复合式工具,如具有立方氮化硼肩部,或具有比被结合材料高或低的模量的不同材料的工具。

[0061] 被结合的材料硬度应当被认为包括洛氏硬度 A 标、B 标和 C 标上的所有材料。

[0062] 本发明的销的切削边缘可具有任何合适的切削几何形状。因此,可在销上包括任何装置,这些装置使得意在引起结合的切削、加热、以及切削并加热能够进行。销也还可是带螺纹的。因此,销不必具有切削的几何形状。替代性实施方式使用对销进行加热而在其它工件材料中或穿过这些其它的工件材料形成孔或孔隙。

[0063] 本发明能够在多个平面上进行扩散结合,包括沿轴向以及在所产生的孔的侧部处扩散结合。

[0064] 应当理解,上述设置仅仅是对本发明原理的应用的示例。本领域普通技术人员能够在不偏离本发明的精神和范围的情况下作出大量的修改和替代设置。所附权利要求意在涵盖这些修改和设置。

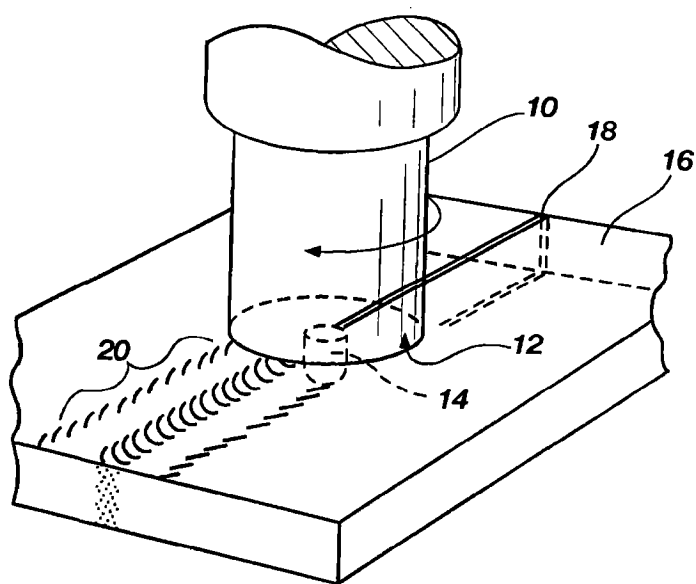


图 1 (现有技术)

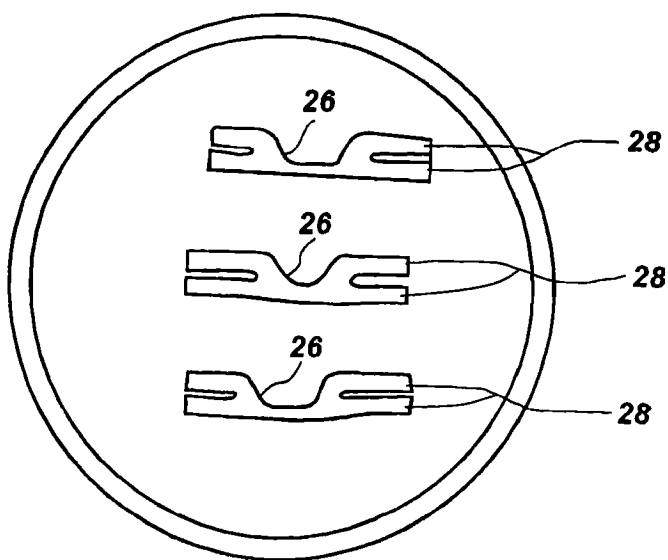


图 2 (现有技术)

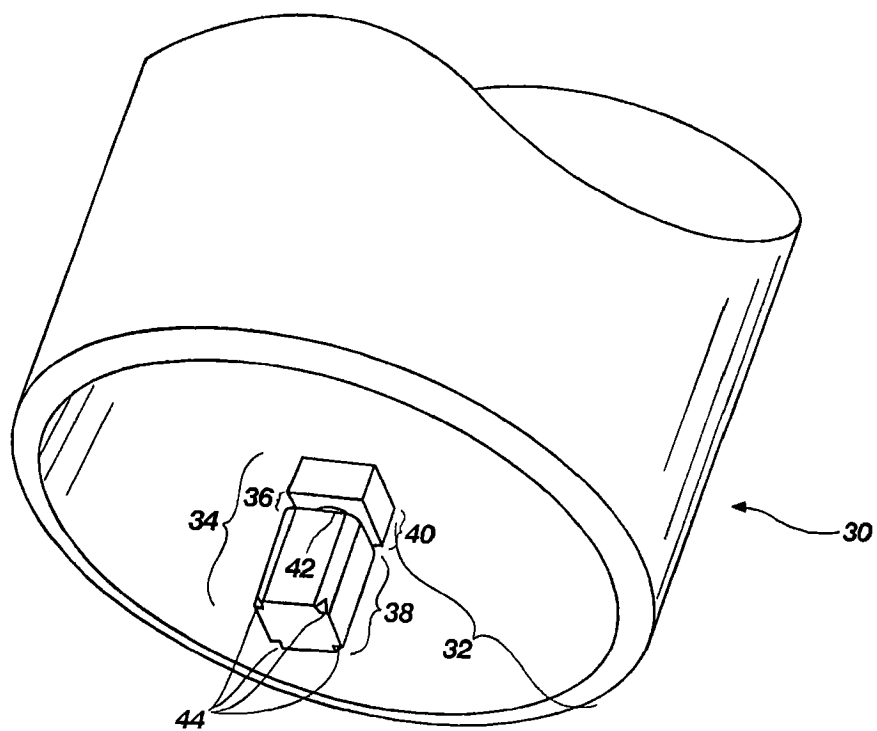


图 3

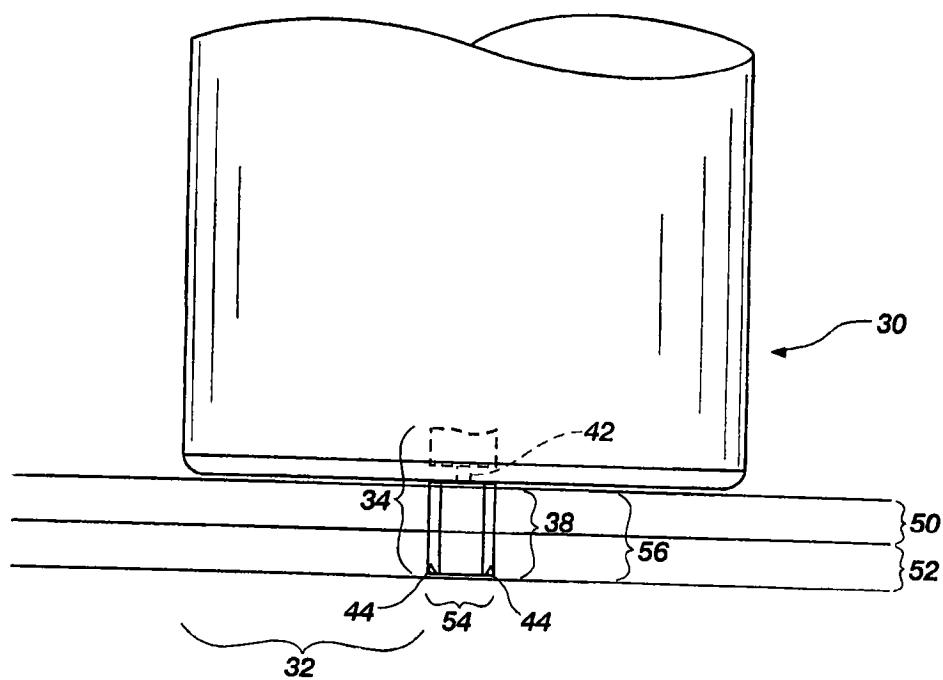


图 4

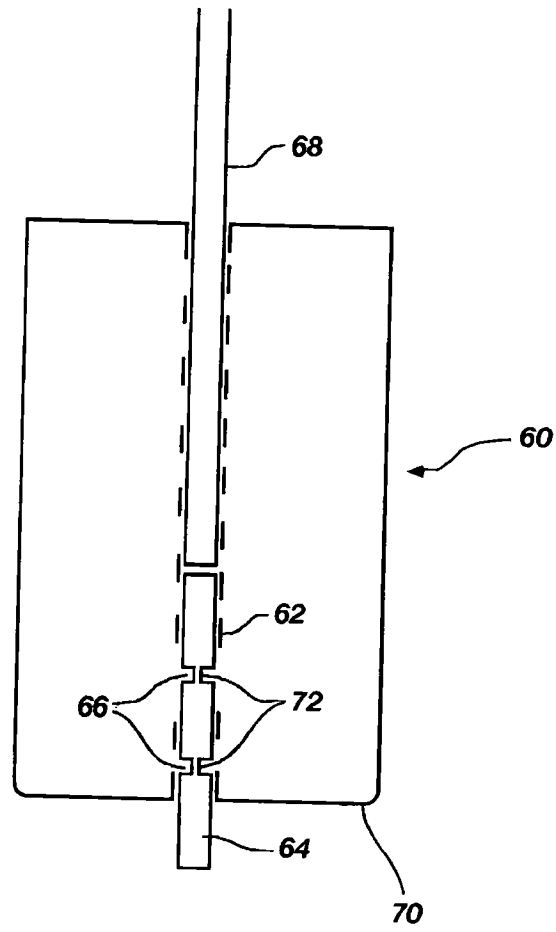


图 5

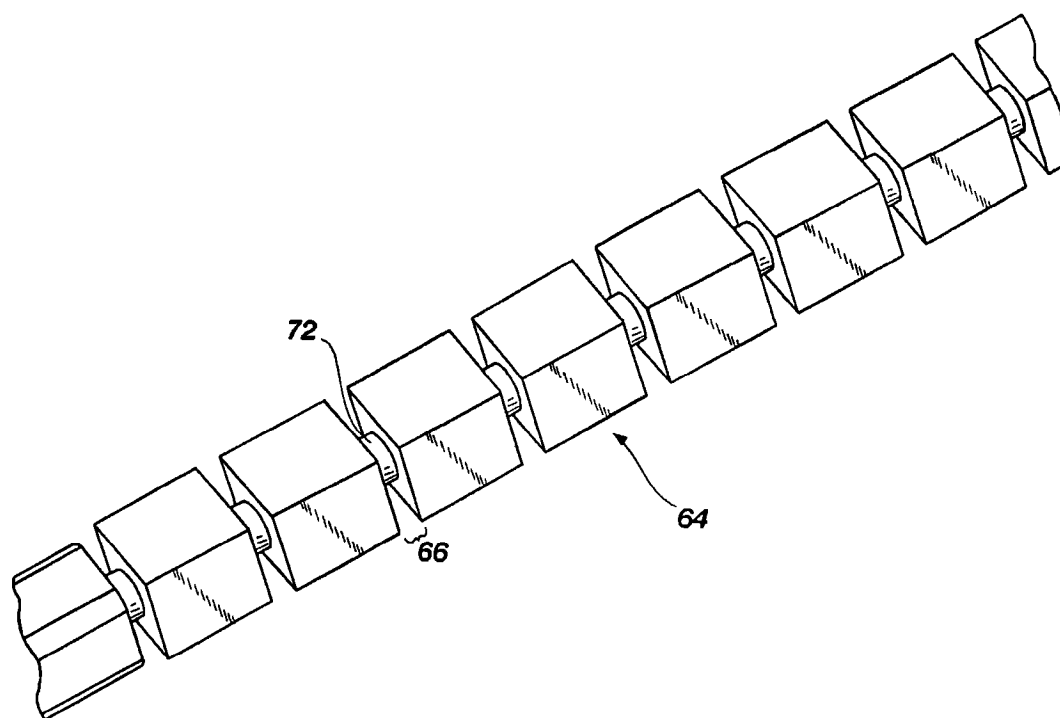


图 6