



(21) 申请号 202011022352.9

(22) 申请日 2020.09.25

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112570852 A

(43) 申请公布日 2021.03.30

(30) 优先权数据
16/585,628 2019.09.27 US

(73) 专利权人 林肯环球股份有限公司
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 J·B·亨利 D·P·弗莱明
S·R·彼得斯

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理
有限公司 11262
专利代理师 张少波 杨明钊

(51) Int.Cl.

B23K 9/04 (2006.01)

B33Y 30/00 (2015.01)

(56) 对比文件

US 2019201997 A1, 2019.07.04

CN 102448651 A, 2012.05.09

审查员 路远

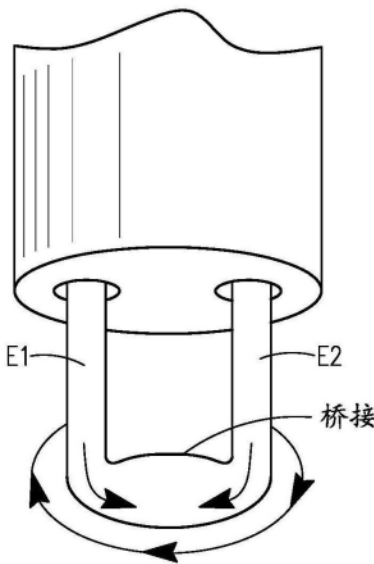
权利要求书3页 说明书11页 附图12页

(54) 发明名称

双焊丝焊接或增材制造系统和方法

(57) 摘要

一种焊接或增材制造系统包括具有第一出口孔口和第二出口孔口的接触尖端组件。焊丝给送器被配置用于将第一和第二焊丝电极递送穿过这些出口孔口。一种电弧产生电力供应器被配置用于通过所述接触尖端组件将电流波形同时输出至这些焊丝电极。所述电流波形包括桥接电流部分以及具有低于所述桥接电流部分的电流水平的基值电流部分。所述桥接电流部分具有的电流水平足以在熔敷操作期间、在桥接熔滴被过渡至熔融的熔池之前在这些焊丝电极之间形成桥接熔滴。在熔敷操作期间,这些焊丝电极的实心部分彼此不接触。在熔融的熔池与这些焊丝电极之间的短路事件期间,桥接熔滴被过渡至熔融的熔池。



1. 一种焊接或增材制造系统,包括:

具有第一出口孔口和第二出口孔口的接触尖端组件;

焊丝给送器,所述焊丝给送器被配置用于将第一焊丝电极递送穿过所述接触尖端组件的第一出口孔口、同时将第二焊丝电极递送穿过所述接触尖端组件的第二出口孔口;以及

电弧产生电力供应器,所述电弧产生电力供应器被配置用于通过所述接触尖端组件将电流波形同时输出至所述第一焊丝电极和所述第二焊丝电极,其中:

所述电流波形包括桥接电流部分以及具有低于所述桥接电流部分的电流水平的基值电流部分,

所述桥接电流部分具有的电流水平足以在熔敷操作期间、在所述桥接熔滴被过渡至熔融的熔池之前在所述第一焊丝电极与所述第二焊丝电极之间形成桥接熔滴,其中,在所述熔敷操作期间,所述第一焊丝电极的被递送穿过所述第一出口孔口的实心部分不接触所述第二焊丝电极的被递送穿过所述第二出口孔口的实心部分,并且

在所述熔融的熔池与所述第一和第二焊丝电极之间的短路事件期间,所述桥接熔滴被过渡至所述熔融的熔池;

其中,所述电流波形包括在所述短路事件期间出现的短路焊丝加热部分,其中,所述短路焊丝加热部分具有高于所述基值电流部分并且低于所述桥接电流部分的电流水平,并且其中,所述短路焊丝加热部分在短路清除之前减小至低于所述基值电流部分的低电流水平,并且所述低电流水平在短路清除之后切换成所述桥接电流部分。

2. 如权利要求1所述的焊接或增材制造系统,其中,在所述短路事件期间,所述焊丝给送器的给送方向颠倒,使得所述第一焊丝电极和所述第二焊丝电极初始地被驱动到所述熔融的熔池中、并且随后在所述短路事件期间被所述焊丝给送器从所述熔融的熔池拉离。

3. 如权利要求2所述的焊接或增材制造系统,其中,在所述给送方向背离所述熔融的熔池时,在所述熔融的熔池与所述第一焊丝电极和第二焊丝电极之间重新建立电弧。

4. 如权利要求1所述的焊接或增材制造系统,其中,在所述短路事件期间,减小所述焊丝给送器的焊丝给送速度。

5. 如权利要求4所述的焊接或增材制造系统,其中,所述焊丝给送器在所述短路事件期间停止将所述第一焊丝电极和所述第二焊丝电极朝向所述熔融的熔池给送,并且在所述短路事件被清除时重新开始将所述第一焊丝电极和所述第二焊丝电极朝向所述熔融的熔池给送。

6. 如权利要求4所述的焊接或增材制造系统,其中,所述焊丝给送器和所述电弧产生电力供应器中的一者或两者被配置用于监测所述熔敷操作的电压变化速率(dV/dt)、并且根据所述电压变化速率(dV/dt)来确定所述短路事件的清除。

7. 如权利要求6所述的焊接或增材制造系统,其中,所述电弧产生电力供应器被配置用于基于所述短路事件的清除来输出所述电流波形的桥接电流部分。

8. 如权利要求1所述的焊接或增材制造系统,其中,所述焊丝给送器在所述电流波形的桥接电流部分期间以第一焊丝给送速度来将所述第一焊丝电极和所述第二焊丝电极朝向所述熔融的熔池递送、并且在所述电流波形的基值电流部分期间以第二焊丝给送速度来将所述第一焊丝电极和所述第二焊丝电极朝向所述熔融的熔池递送,其中,所述第二焊丝给送速度小于所述第一焊丝给送速度。

9. 如权利要求1所述的焊接或增材制造系统,其中,所述第一出口孔口和第二出口孔口彼此分开一定距离,所述距离被配置成促进在所述第一焊丝电极与所述第二焊丝电极之间形成所述桥接熔滴。

10. 一种焊接或增材制造方法,包括以下步骤:

向具有第一出口孔口和第二出口孔口的接触尖端组件提供电流波形,其中,所述电流波形包括桥接电流部分、以及具有低于所述桥接电流部分的电流水平的基值电流部分;

将第一焊丝电极给送穿过所述接触尖端组件的第一出口孔口,并且同时将第二焊丝电极给送穿过所述接触尖端组件的第二出口孔口;

在所述电流波形的桥接电流部分期间形成桥接熔滴,所述桥接熔滴在熔敷操作期间在被过渡至熔融的熔池之前将所述第一焊丝电极联接至所述第二焊丝电极,其中,在所述熔敷操作期间,所述第一焊丝电极的被递送穿过所述第一出口孔口的实心部分不接触所述第二焊丝电极的被递送穿过所述第二出口孔口的实心部分;以及

在所述熔融的熔池与所述第一焊丝电极和第二焊丝电极之间的短路事件期间,将所述桥接熔滴过渡至所述熔融的熔池;

其中,所述电流波形包括在所述短路事件期间出现的短路焊丝加热部分,其中,所述短路焊丝加热部分具有高于所述基值电流部分并且低于所述桥接电流部分的电流水平,并且其中,所述短路焊丝加热部分在短路清除之前减小至低于所述基值电流部分的低电流水平,并且所述低电流水平在短路清除之后切换成所述桥接电流部分。

11. 如权利要求10所述的焊接或增材制造方法,进一步包括以下步骤:在所述短路事件期间将所述第一焊丝电极和第二焊丝电极的给送方向颠倒以使得所述第一焊丝电极和第二焊丝电极初始地被驱动到所述熔融的熔池中、并且随后在所述短路事件期间从所述熔融的熔池被拉离。

12. 如权利要求11所述的焊接或增材制造方法,进一步包括以下步骤:在所述第一焊丝电极和第二焊丝电极的给送方向背离所述熔融的熔池时,在所述熔融的熔池与所述第一焊丝电极和第二焊丝电极之间重新建立电弧。

13. 如权利要求10所述的焊接或增材制造方法,进一步包括以下步骤:在所述短路事件期间,减小所述第一焊丝电极和第二焊丝电极的焊丝给送速度。

14. 如权利要求13所述的焊接或增材制造方法,进一步包括以下步骤:在所述短路事件期间,停止给送所述第一焊丝电极和第二焊丝电极,并且在所述短路事件被清除时重新开始给送所述第一焊丝电极和第二焊丝电极。

15. 如权利要求13所述的焊接或增材制造方法,进一步包括以下步骤:监测所述熔敷操作的电压变化速率(dV/dt)、并且根据所述电压变化速率(dV/dt)来确定所述短路事件的清除。

16. 如权利要求15所述的焊接或增材制造方法,其中,所述电流波形的桥接电流部分的输出是基于确定所述短路事件的清除。

17. 如权利要求10所述的焊接或增材制造方法,其中,给送步骤包括在所述电流波形的桥接电流部分期间以第一焊丝给送速度来将所述第一焊丝电极和所述第二焊丝电极朝向所述熔融的熔池给送、并且在所述电流波形的基值电流部分期间以第二焊丝给送速度来将所述第一焊丝电极和所述第二焊丝电极朝向所述熔融的熔池给送,其中,所述第二焊丝给

送速度小于所述第一焊丝给送速度。

18. 如权利要求10所述的焊接或增材制造方法, 其中, 所述第一出口孔口和第二出口孔口彼此分开一定距离, 所述距离被配置成促进在所述第一焊丝电极与所述第二焊丝电极之间形成所述桥接熔滴。

双焊丝焊接或增材制造系统及方法

发明背景

[0001] 技术领域

[0002] 与本发明相符合的装置、系统和方法涉及具有双焊丝构型的材料熔敷。

[0003] 背景技术

[0004] 焊接时,经常期望增大焊道的宽度或增大焊接熔池的长度。对于这种期望可能有许多不同的原因,这在焊接工业中是广为人知的。例如,可能期望延长焊接熔池以使焊缝和填充金属熔融更长的时间,从而降低孔隙率。也就是说,如果焊接熔池熔融较长时间,则在焊道固化之前有更多时间使有害气体逸出焊道。进一步,可能期望增加焊道的宽度,以便覆盖更宽的焊缝间隙或增加焊丝熔敷率。在这两种情况下,通常使用增大的电极直径。即使可能仅期望增加焊接熔池的宽度或长度而不是同时增加二者,增大的直径也将导致焊接熔池同时加长和加宽。然而这并非没有缺点。确切地讲,由于采用更大的电极,所以在焊接电弧中需要更多的能量以有助于适当的焊接。这种能量的增加致使输入焊缝中的热量增加,并且由于所使用的电极的直径较大,这种能量的增加将导致在焊接操作中使用更多能量。进一步,这可能产生对于某些机械应用而言不理想的焊道轮廓或截面。可能期望同时使用至少两个较小的电极,而不是增加电极的直径。

发明内容

[0005] 下面的概述呈现了简化的概述,以提供对本文所讨论的装置、系统和/或方法的一些方面的基本理解。本概述不是对本文所讨论的装置、系统和/或方法的广泛综述。并不旨在指出关键的元件或划定这类装置、系统和/或方法的范围。唯一的目的是以简化的形式呈现一些概念,作为稍后呈现的更详细说明的序言。

[0006] 根据本发明的一方面,提供了一种焊接或增材制造系统。所述系统包括具有第一出口孔口和第二出口孔口的接触尖端组件。焊丝给送器被配置用于将第一焊丝电极递送穿过所述接触尖端组件的第一出口孔口、同时将所述第二焊丝电极递送穿过所述接触尖端组件的第二出口孔口。电弧产生电力供应器被配置用于通过所述接触尖端组件将电流波形同时输出至所述第一焊丝电极和所述第二焊丝电极。所述电流波形包括桥接电流部分以及具有低于所述桥接电流部分的电流水平的基值电流部分。所述桥接电流部分具有的电流水平足以在熔敷操作期间、在桥接熔滴被过渡至熔融的熔池之前在所述第一焊丝电极与所述第二焊丝电极之间形成桥接熔滴。在熔敷操作期间,所述第一焊丝电极的被递送穿过所述第一出口孔口的实心部分不接触所述第二焊丝电极的被递送穿过所述第二出口孔口的实心部分。在所述熔融的熔池与所述第一和第二焊丝电极之间的短路事件期间,所述桥接熔滴被过渡至所述熔融的熔池。

[0007] 根据本发明的另一个方面,提供了一种焊接或增材制造方法。该方法包括以下步骤:向接触尖端组件提供电流波形,所述接触尖端组件具有第一出口孔口和第二出口孔口。所述电流波形包括桥接电流部分以及具有低于所述桥接电流部分的电流水平的基值电流部分。将第一焊丝电极给送穿过所述接触尖端组件的第一出口孔口,并且同时将第二焊丝

电极给送穿过所述接触尖端组件的第二出口孔口。在所述电流波形的桥接电流部分期间形成桥接熔滴,所述桥接熔滴在熔敷操作期间在被过渡至熔融的熔池之前将所述第一焊丝电极联接至所述第二焊丝电极。在熔敷操作期间,所述第一焊丝电极的被递送穿过所述第一出口孔口的实心部分不接触所述第二焊丝电极的被递送穿过所述第二出口孔口的实心部分。在所述熔融的熔池与所述第一和第二焊丝电极之间的短路事件期间,所述桥接熔滴被过渡至所述熔融的熔池。

附图说明

[0008] 在参考附图阅读以下描述后,本发明所涉及的领域的技术人员将明白本发明的上述和其他方面,在附图中:

[0009] 图1展示了焊接系统;

[0010] 图2展示了接触尖端组件;

[0011] 图3A至图3C展示了焊接操作的图解表示;

[0012] 图4A至图4B展示了熔敷操作中的电流和磁场相互作用的图解表示;

[0013] 图5是接触尖端组件的替代性实施例;

[0014] 图6示出了焊炬的一部分;

[0015] 图7是接触尖端和扩散管的透视图;

[0016] 图8是接触尖端的透视图;

[0017] 图9是接触尖端的透视图;

[0018] 图10是扩散管的透视图;

[0019] 图11是扩散管的透视图;

[0020] 图12是示例性驱动辊的透视图;

[0021] 图13展示了给送双焊丝的驱动辊的截面;

[0022] 图14展示了示例性焊接波形和焊丝给送速度的图解表示;

[0023] 图15展示了另外的示例性焊接波形和焊丝给送速度的图解表示;以及

[0024] 图16是示例性熔敷操作的流程图。

具体实施方式

[0025] 现在将参照附图来在下面描述本发明的示例性实施例。所描述的示例性实施例旨在帮助理解本发明,而不旨在以任何方式限制本发明的范围。贯穿全文,相同的附图标记表示相同的要素。

[0026] 在此使用的“至少一个”、“一个或多个”和“和/或”是在操作中既是合取性又是析取性的开放式表达。例如,表达“A、B和C中的至少一个”、“A、B或C中的至少一个”、“A、B和C中的一个或多个”、“A、B或C中的一个或多个”以及“A、B和/或C”中的每一个是指单独A、单独B、单独C、A和B一起、A和C一起、B和C一起、或A、B和C一起。给出两个或更多个替代性术语的任何析取性词语和/或短语,无论是在实施例、权利要求还是附图的描述中,都应理解为涵盖以下可能性:包括这些术语中的一者、这些术语中的任一者、或全部术语。例如,短语“A或B”应理解为包括以下可能性:“A”、或“B”、或“A和B”。

[0027] 虽然本文中所讨论的本发明的实施例是在GMAW类型的焊接的背景下讨论的,但本

发明的其他实施例不局限于此。例如,实施例可以在SAW和FCAW类型的焊接操作以及其他类似类型的焊接操作中使用。进一步,虽然本文中所描述的电极是实心电极,然而,本发明的实施例不限于使用实心电极,因为在不脱离本发明的精神或范围的情况下还可以使用有芯电极(药芯或金属芯)。进一步,本发明的实施例还可以用于手动、半自动、以及机器人焊接操作。由于这类系统是广为人知的,因此不在本文中对其进行详细描述。

[0028] 现在转到附图,图1描绘了根据本发明的示例性实施例的焊接系统100的示例性实施例。焊接系统100包含电弧产生电力供应器(例如焊接电源109),该电力供应器经由焊丝给送器105联接至焊炬111。电源109可以是能够递送电流和焊接波形(比如脉冲喷射、STT和/或短弧型焊接波形)的任何已知类型的焊接电源。由于这类电力供应器的构造、设计和操作是广为人知的,在此不需要对其详细描述。电源109在双焊丝焊接操作期间将焊接波形经由焊炬111中的接触尖端同时输出至焊丝电极E1和E2。电源109可以包括控制器120,该控制器被联接至用户接口以允许用户输入用于焊接操作的控制参数或焊接参数。控制器120可以具有有待用于控制本文中所描述的焊接工艺的操作的处理器、CPU、存储器等。焊炬111(该焊炬可以与已知的手动、半自动、或机器人焊炬类似地构造)可以联接至任何已知的或使用过的焊枪,并且可以是直线或鹅颈类型的。焊丝给送器105分别从电极源101和103拉出电极E1和E2,这些电极源可以是任何已知类型的,诸如卷轴、线轴、容器或类似物。焊丝给送器105具有已知的构造、并且采用驱动辊107来拉动电极E1和E2并且将电极推向焊炬111。在本发明的示例性实施例中,驱动辊107和焊丝给送器105被配置用于单电极操作。本发明的使用双焊丝构型的实施例可以与仅被设计用于单焊丝给送操作的焊丝给送器105和驱动辊107一起使用。例如,驱动辊107可以被配置成用于直径为0.045英寸的单电极,但将适合于驱动两个直径为0.030英寸的电极而不需修改焊丝给送器105或驱动辊107。替代性地,焊丝给送器105可以被设计成提供用于分别给送电极E1/E2的分开的小组,或具有特别被配置用于同时给送两个或更多个电极的驱动辊(例如,经由辊子周围的可容纳两个电极的梯形焊丝接纳凹槽)。在其他实施例中,还可以使用两个分开的焊丝给送器。如所示出的,(多个)焊丝给送器105与电源109处于连通,这与焊接操作的已知构型一致。

[0029] 一旦被驱动辊107驱动,电极E1和E2就被传送穿过衬管113以将电极E1和E2递送至焊炬111。衬管113被恰当地确定尺寸以允许电极E1和E2通向焊炬111。例如,对于两个直径为0.030英寸的电极,可以不加修改地使用标准的0.0625英寸直径的衬管113(其通常用于单个直径为0.0625英寸的电极)。

[0030] 尽管上面所引用的实例讨论了使用具有相同直径的两个电极,但本发明在这方面不受限制,因为实施例可以使用不同直径的电极。也就是说,本发明的实施例可以使用较大的第一直径的电极和较小的第二直径的电极。在这样的实施例中,可以更方便地焊接两个不同厚度的工件。例如,较大的电极可以被定向到较大的工件,而较小的电极可以被定向到较小的工件。进一步,本发明的实施例可以用于许多不同类型的焊接操作,包括但不限于金属惰性气体保护焊接、埋弧焊接、以及药芯焊接。进一步,本发明的实施例可以用于自动、机器人以及半自动焊接操作。另外,本发明的实施例可以与不同电极类型一起使用。例如,所设想的是,有芯电极可以与无芯电极联接。进一步,不同成分的电极可以用于实现最终焊道的期望的焊缝性能和成分。因此,本发明的实施例可以用于广泛的焊接操作。

[0031] 图2描绘了本发明的示例性接触尖端组件200。接触尖端组件200可以由已知的接

触尖端材料制成、并且可以在任何已知类型的焊枪中使用。如在这个示例性实施例中所示出的,接触尖端组件具有两个分开的通道201和203,这些通道沿接触尖端组件200的长度延伸。在焊接期间,第一电极E1被传送经过第一通道201,并且第二电极E2被传送经过第二通道203。通道201/203典型地针对将要被传送穿其而过的焊丝的直径来恰当地确定尺寸。例如,如果电极具有相同的直径,则通道将具有相同的直径。然而,如果使用不同的直径,那么这些通道应该被恰当地确定尺寸,以便将电流适当地传递至电极。此外,在所示出的实施例中,通道201/203被配置成使得电极E1/E2以平行的关系离开接触尖端200的远端面。然而,在其他示例性实施例中,通道可以被配置成使得电极E1/E2这样离开接触尖端的远端面,即,使得相应的电极的中心线之间存在 $\pm 15^\circ$ 范围内的角度。该角度可以基于焊接操作的所期望的性能特性来确定。应当进一步指出的是,在一些示例性实施例中,接触尖端组件可以是接触尖端与所示出的通道集成的单件,而在其他实施例中,接触尖端组件可以包括接近于彼此定位的两个接触尖端子组件,其中,电流被引导至每个接触尖端子组件。

[0032] 如在图2中所示出的,相应的电极E1/E2被间隔开距离S,该距离是这些电极的最靠近的边缘之间的距离。在本发明的示例性实施例中,这个距离是在这两个电极E1/E2的直径中较大的那个直径的0.25倍至4倍的范围内,而在其他示例性实施例中,距离S是在最大直径的2倍至3倍的范围内。例如,如果电极中的每一者都具有1mm的直径,则距离S可以在2mm至3mm的范围内。在其他示例性实施例中,距离S在焊丝电极中的一个(例如,两个电极中较大的那个)的直径的0.25倍至2.25倍的范围内。在手动或半自动焊接操作中,距离S可以是在最大电极直径的0.25倍至2.25倍的范围内,然而在机器人焊接操作中,距离S可以是在相同或另一范围内(例如在最大电极直径的2.5倍至3.5倍的范围内)。在示例性实施例中,距离S在0.2mm至3.5mm的范围内。

[0033] 焊丝电极E1/E2从接触尖端200的端面上的出口孔口突出。出口孔口的直径略微大于焊丝电极E1/E2的直径。例如,对于0.035英寸的焊丝来说,出口孔口的直径可以为0.043英寸(1.09mm);对于0.040英寸的焊丝来说,出口孔口的直径可以为0.046英寸(1.17mm);对于0.045英寸的焊丝来说,出口孔口的直径可以为0.052英寸(1.32mm)。通道201、203和出口孔口被合适地间隔开,以有助于在熔敷操作期间在焊丝电极E1/E2之间形成单一桥接熔滴。对于针对具有0.045英寸以下的直径的电极来确定尺寸的出口孔口来说,出口孔口之间的距离(内圆周至内圆周,类似于距离S)可以小于3mm,以有助于形成桥接熔滴。然而,出口孔口之间的间隔可以是3mm或更大,这取决于焊丝尺寸、磁力、通道201、203的取向(例如,角度)等。在某些实施例中,出口孔口之间的距离在出口孔口之一或二者的直径的20%至200%的范围内,该距离还可以与焊丝电极之间的距离S相对应,焊丝电极之间的距离在电极的直径的0.25倍至2.25倍的范围内。

[0034] 如以下进一步解释的,距离S应被选择成确保在熔敷操作期间、在熔滴被过渡至熔融的熔池之前在电极E1/E2之间形成单一桥接熔滴,同时还防止电极E1/E2的被递送穿过出口孔口的实心部分彼此接触,而不是通过桥接熔滴彼此接触。

[0035] 图3A描绘了本发明的示例性实施例,同时示出了来自相应的电极E1和E2的磁力的相互作用。如所示出的,由于电流的流动,围绕电极产生磁场,该磁场趋向于产生将焊丝拉向彼此的箍缩力。这个磁力趋向于在两个电极之间产生熔滴桥接,这将在以下更详细地讨论。

[0036] 图3B示出了在两个电极E1/E2之间产生的桥接熔滴。也就是说,随着穿过每个电极的电流使电极的末端熔融,磁力趋向于将电极E1/E2的末端处的熔融熔滴拉向彼此直到它们彼此连接。距离S是足够远的,而使得在熔敷操作期间,电极的实心部分不被拉成接触彼此,但是是足够近的,而使得在熔融熔滴被过渡至由焊接电弧所产生的焊接熔池之前在电极之间产生桥接熔滴。在图3B中可以看到,可以在电极E1/E2之间形成大的桥接熔滴;但是,在熔滴与电极之间存在相对小的截面积。即,这些电极沿着熔滴的小截面积接触桥接熔滴。在某些实施例中,在熔融的熔池与焊丝电极E1/E2之间的短路事件期间,桥接熔滴被过渡至熔融的熔池。该过程被称为短弧焊。图3C中描绘为了短路事件。电极E1/E2被焊丝给送器以一定焊丝给送速度(WFS)朝向工件W驱动,该焊丝给送速度足以确保在桥接熔滴和电极短接至工件W上的熔融的熔池之前熔滴不脱离(例如,从电极上脱落)。如图所示,当电极E1/E2的给送力克服了电弧的加热并且桥接熔滴接触熔融的熔池时,大的桥接熔滴被拉入焊池中,并且表面张力和夹挤力使熔滴从电极过渡至焊池。桥接熔滴的大小显著地大于常规的单电极短弧焊中形成的熔滴。这使得每个短弧周期的熔敷速率超过常规的短弧焊,但是在电极与熔滴之间的截面积相对小,需要少的夹挤力来使熔滴过渡。在桥接熔滴短接至熔融的熔池之后,电极E1/E2可以继续被驱动到熔融的熔池中持续间断的时间、同时被焊接电流电阻式加热。在熔融的熔池中将存在足够的热量,与电阻式加热结合来熔化电极E1/E2,并且允许它们作为额外的填充金属被消耗到焊池中。

[0037] 图4A描绘了本发明的实施例中的电流流动的示例性表示。如图所示,焊接电流被分开而流经每个相应的电极、并且在桥接熔滴形成时传送至并且经过桥接熔滴。电流然后从桥接熔滴传送至熔池和工件。在电极具有相同的直径和类型的示例性实施例中,电流基本上将被均匀地分开经过电极。在电极具有不同电阻值(例如由于不同的直径和/或成分/构造)的实施例中,由于焊接电流以类似于已知方法的方式被施加至接触尖端,并且由于接触尖端经由电极与接触尖端的通道之间的接触部而将焊接电流提供到相应的电极,相应的电流将由于 $V=I \cdot R$ 的关系而被分配。图4B描绘了帮助产生桥接熔滴的磁力。如所示出的,磁力趋向于将电极的相应的熔融部分拉向彼此,直到熔融部分彼此接触。

[0038] 图5描绘了接触尖端700的替代性示例性实施例,该接触尖端可以用于本发明的实施例。如先前所描述的,在一些实施例中,电极可以由单一焊丝引导件/衬管被引导至焊炬。当然,在其他实施例中,可以使用分开的焊丝引导件/衬管。然而,在使用单焊丝引导件/衬管的实施例中,接触尖端可以被设计成使得电极在接触尖端内彼此分开。如在图5中所示出的,这个示例性接触尖端700具有单一入口通道710,该单一入口通道在接触尖端700的上游末端处具有单一孔口。电极中的每一者经由这个孔口进入接触尖端并且沿通道710传送,直到它们到达接触尖端的分离部分720,其中分离部分将一个电极引导到第一出口通道711中、并且将第二电极引导到第二出口通道712中,使得电极被分别引导至它们分立的出口孔口701和702。当然,通道710、711、和712应针对有待使用的电极的尺寸来恰当地确定尺寸,并且分离部分720应被确定形状以便不刮伤或刮擦电极。如在图5中所示,出口通道711和712相对于彼此成角度,然而,如在图2中所示,这些通道还可以被定向成彼此平行。

[0039] 如上面所讨论的,用于多焊丝熔敷操作(例如,焊接、增材制造、耐磨堆焊等)的焊丝电极可以被间隔开一定距离S,该距离有助于在焊丝电极之间形成桥接熔滴。在接触尖端中,桥接熔滴的尺寸由焊丝电极之间的间隔以及出口孔口之间的间隔确定。桥接熔滴的尺

寸确定在熔敷操作期间存在的电弧的宽度,并且出口孔口之间以及焊丝电极之间减小的间隔使电弧宽度变窄。对于较大的焊缝,较大的桥接熔滴可以是优选的,而对于较小的焊缝,较小的桥接熔滴是优选的。熔敷率受电弧宽度影响,并且可以通过减小出口孔口之间以及焊丝电极之间的间隔(例如,从约2mm减小至1mm)来提高小规格焊丝的熔敷率。

[0040] 当由电流波形(例如,在峰值电流水平下)发展出的磁力仍然允许形成桥接熔滴时,达到出口孔口之间以及焊丝电极之间的最大间隔,并且当不再可能进行桥接时超过该最大间隔。最小间隔是在桥接点处使焊丝的实心部分保持分开的间隔。磁力趋向于将焊丝电极拉动到一起,并且焊丝在某种程度上是柔性的。因此,出口孔口之间以及焊丝电极之间的最小间隔将取决于电极的刚度,该刚度比如受焊丝直径、构造材料等参数的影响。

[0041] 图6描绘了根据本发明的示例性焊炬的末端部分。因为焊炬的构造和操作一般是已知的,所以本文中不详细讨论这类构造和操作的细节。如所示出的,焊炬包括多个部件并且用于将至少两个焊丝电极和保护气体递送至工件,以进行焊接或增材制造操作。焊炬包括扩散管205,该扩散管有助于适当地引导和分配保护气体,以进行焊接操作。接触尖端200联接至扩散管205的下游末端,该接触尖端用于使焊接电流传送到在焊接过程中同时经过接触尖端的至少两个焊丝电极中。接触尖端200被配置成有助于在被递送穿过接触尖端中的孔或通道的焊丝电极之间形成桥接熔滴。所述桥接熔滴在接触由所述熔敷操作产生的熔融的熔池之前将所述第一焊丝电极与所述第二焊丝电极联接,如以上所讨论的。

[0042] 绝缘体206以螺纹方式连接到扩散管205的外侧上。绝缘体206使焊嘴204与焊炬内的带电部件电隔离。焊嘴204用于在焊接期间将来自扩散管205的保护气体引导至焊炬的远端和工件。

[0043] 常规接触尖端在接触尖端的上游末端或近端具有旋拧到扩散管中的螺纹。通过将接触尖端拧入到扩散管中来连接接触尖端和扩散管。对于以单一焊丝进行焊接,这种紧固系统很好地工作。焊接焊丝可以穿过接触尖端,并且接触尖端可以围绕焊丝旋转多次并拧入到扩散管中。然而,当以同时穿过接触尖端的多个焊接焊丝进行焊接时,这种紧固系统将导致焊接焊丝的不期望的扭转。例如,如果两个焊接焊丝被传送经过接触尖端,则随后通过多次转动(需要大于 360° 的旋转)将接触尖端以螺纹方式连接到扩散管上将导致焊接焊丝扭转并且不能给送穿过接触尖端。

[0044] 图6中的接触尖端200通过将接触尖端旋转小于 360° (例如 270° (四分之三圈)、 180° (二分之一圈)、 90° (四分之一圈)、小于 90° 等)而附接至扩散管205。将接触尖端200附接至扩散管205而必需的接触尖端的旋转可以根据需要是任何角度,该角度优选地小于 360° 并且使得穿过接触尖端的多个焊丝电极在接触尖端的安装期间不会过度地扭转。如果在接触尖端的安装期间焊接焊丝被过度地扭转,则将引起焊丝给送问题,并且焊接焊丝可能“成鸟巢状”。

[0045] 参照图6至图11,通过将接触尖端在扩散管内顺时针旋转四分之一圈,接触尖端200被附接至扩散管205。接触尖端200具有前部或下游远侧部分,该远侧部分具有锥形形状并且包括平坦部215,以适应被比如钳子等工具夹握。接触尖端200具有后部或上游近侧部分208,该近侧部分总体上是圆柱形的、但是包括径向突出的凸出部210,该凸出部接合扩散管205的内壁中的插槽212,以将接触尖端固定地连接至扩散管。当接触尖端安装到扩散管上时接触尖端200的后部部分208位于扩散管205内、并且用作接触尖端的安装柄。可以看

出,接触尖端的后部部分208的直径小于邻近的下游部分,这引起从接触尖端的圆柱形后部部分208径向地突出的肩部211。当接触尖端200安装到扩散管205的终端端面安置。

[0046] 接触尖端200可以由已知的接触尖端材料制成、并且可以在任何已知类型的焊枪中使用。接触尖端可以包括从其后部近端延伸至其前部远端的导电本体(例如铜)。如在这个示例性实施例中所示出的,接触尖端200具有两个分开的焊丝通道或孔214和216,这些通道或孔沿接触尖端的长度延伸。通道214/216可以在安装柄208的近端面上的焊丝入口孔口与接触尖端的远端面上的焊丝出口孔口之间延伸。在焊接期间,第一焊丝电极被递送经过第一通道214,并且第二焊丝电极被递送经过第二通道216。通道214/216典型地针对将要被给送经过通道的焊丝的直径来恰当地确定尺寸。例如,如果电极具有相同的直径,那么通道将具有相同的直径。然而,如果不同尺寸的焊丝一起使用,那么这些通道应被恰当地确定尺寸,以便将电流适当地传递至不同尺寸的电极。此外,在所示出的实施例中,通道214/216被配置成使得电极以平行的关系离开接触尖端200的远端面。然而,在其他示例性实施例中,通道可以被配置成使得电极这样离开接触尖端的远端面,即,使得相应的电极的中心线之间存在 $\pm 15^\circ$ 范围内的角度。该角度可以基于焊接操作的所期望的性能特性来确定。示出了本文中所讨论的具有两个电极孔的示例性接触尖端。然而,应当了解的是,接触尖端可以具有用于多于两个电极的孔、例如三个或更多个孔。

[0047] 扩散管205的内壁中的插槽212包括轴向部分218和螺旋部分220。插槽212的轴向部分218延伸到扩散管205的下游终端端面,接触尖端200的肩部211抵靠该下游终端端面安置。在焊接电极被给送穿过接触尖端200之后,安装柄208上的径向突出的凸出部210插入到插槽212的轴向部分218中,并且接触尖端被推入扩散管205中。当凸出部210到达插槽的螺旋部分220时,旋转接触尖端200,以将凸出部移动至螺旋部分的末端。螺旋部分220具有少量的向上游的螺距,在旋转接触尖端时,该螺距将接触尖端200向内拉,使得接触尖端的肩部211抵靠扩散管205的下游终端端面安置。安装柄208上的凸出部210可以具有锥形边缘217,该锥形边缘与扩散管205中的插槽212的螺距匹配,以帮助确保这两个部件之间的紧密连接。在所示出的示例性实施例中,插槽212的螺旋部分220允许接触尖端200转动四分之一圈,以将接触尖端固定至扩散管205。然而,应当了解的是,其他旋转角度(例如,大于或小于四分之一圈或 90°)是可以的。例如,插槽的螺旋部分220可以围绕扩散管205的内部腔室的内圆周延伸小于 360° 。

[0048] 图12展示了用于双焊丝焊接系统中的焊丝给送器中的示例性驱动辊107。驱动辊107具有中心孔。孔的内表面可以包括用于接纳比如驱动齿轮等驱动机构上的突起的成形凹部131,以将驱动转矩传递至驱动辊107。驱动辊107包括一个或多个环形或周向焊丝接纳槽133、135。焊丝接纳槽133、135沿着驱动辊107的圆周轴向间隔开。焊丝接纳槽133、135被设计为接纳两根焊丝。与驱动辊107一起使用的示例性标准焊丝直径包括0.030英寸、0.035英寸、0.040英寸、0.045英寸等。焊丝接纳槽133、135可以具有彼此相同的宽度和深度,或者具有不同的宽度和深度以容纳不同尺寸或组合的双焊丝。如果每个焊丝接纳槽133、135具有相同的宽度和深度,则当一个槽被磨损时,通过简单地翻转驱动辊并将其重新安装在焊丝给送器上,就可以重新使用驱动辊107。焊丝接纳槽133、135可以被构造为同时驱动具有相同直径的两根焊丝或具有不同直径的两根焊丝。焊丝接纳槽133、135可以具有总体上梯

形形状,该梯形形状具有直线的、成角度的或向内渐缩的侧壁以及在侧壁之间延伸的平坦底部。然而,焊丝接纳槽133、135可以具有除了梯形之外的其他形状,比如具有弯曲的凹形槽底部。在某些实施例中,槽133、135可以包括滚花或其他摩擦表面处理,以帮助夹持焊丝。

[0049] 图13示出在熔敷操作期间,两个驱动辊107在其安装在用于供应双焊丝的焊丝给送器上时的局部截面。驱动辊107被偏置而在一起,以在第一焊丝E1和第二焊丝E2上提供夹紧力。焊丝E1、E2均位于上驱动辊和下驱动辊107的环形槽中。由于施加到驱动辊107的偏置力,焊丝E1、E2在环形槽中被夹紧在形成槽的上下侧壁150与相邻焊丝之间。焊丝E1、E2经由三个接触点被稳定地固持在环形槽内。此夹紧系统可以使两根焊丝以一致的方式给送穿过焊丝给送器。这两根焊丝E1、E2在给送期间相互支撑,并且经由摩擦相互拉动。因为环形槽的侧壁150是成角度的,所以它们在焊丝E1、E2上施加竖直夹紧力和水平夹紧力二者。水平夹紧力将焊丝E1、E2推到一起,使它们彼此接触。焊丝E1、E2被夹紧在环形槽内而径向地偏离两个凹形槽底部152。即,焊丝E1、E2在彼此与槽的成角度的侧壁150之间被固定住,从而在每个焊丝与槽底部152之间存在间隙。在实例实施例中,侧壁150与驱动辊107的外圆周之间的角度为约 150° ,但是其他角度也是可能的并且可以依照合理的工程判断来确定。

[0050] 驱动辊107提供的焊丝夹紧允许焊丝E1、E2的直径(例如,由于制造公差)有一些变化。如果每根焊丝E1、E2在驱动辊107中具有其自己的专用环形槽,并且这些焊丝中的一根焊丝稍大于另一根,则较小的焊丝可能无法充分地夹紧在驱动辊之间。在这种情况下,较大的焊丝将限制驱动辊107朝向彼此的径向位移,从而防止对较小的焊丝的适当夹紧。这可能导致在给送期间导致较小的焊丝的给送问题和所谓的结团。因为夹紧系统是自调节的,所以上面讨论的夹紧系统可以适应不同尺寸的焊丝。当一根焊丝E1大于另一根焊丝E2时,焊丝之间的接触点从环形槽内的中心位置朝着较小的焊丝轴向移位。槽的侧壁150和相邻的焊丝在每根焊丝E1、E2上维持三个接触点。

[0051] 图14和图15提供了如上文描述的使用桥接熔滴的短弧焊操作的示例性电流波形300和电压波形320。图14和图15还示出了在短弧焊操作期间焊丝给送速度(WFS)340、360的示例性变化以及在焊接操作期间焊丝电极和桥接熔滴的移动。发生桥接熔滴被过渡至熔融的焊接熔池并且焊丝电极短接至工件的周期性短路事件在图14和图15中被指示为“短路”与“清除”之间的间隔。在短路事件被清除之后,在电极与焊接熔池和工件分开时,在焊丝电极之间形成新的桥接熔滴。这些电极和新形成的桥接熔滴被焊丝给送器朝向焊接熔池驱动,以经由另一个短路事件来将另一个桥接熔滴过渡至焊接熔池。该循环在短弧熔敷操作的持续时间上重复。

[0052] 电流波形300包括桥接电流部分302。桥接电流部分302具有波形的高电流部分、并且足以在焊丝电极之间形成桥接熔滴。桥接电流部分302的示例性电流范围为200A-1000A。在桥接电流部分302之后,可以将电流降低至基值电流部分304。基值电流部分的示例性电流水平是小于100A、小于50A、以及为约20A。较低的基值电流部分304减小了桥接熔滴周围的磁力,并且有助于在短路事件发生之前(即,在桥接熔滴短接至熔融的熔池之前)保持桥接熔滴不从电极上脱离。在桥接电流部分302和基值电流部分304期间,WFS为正(即,焊丝电极朝向熔融的熔池被驱动),如图所示。在桥接电流部分302和基值电流部分304期间可以将焊丝给送速度保持恒定,或者在焊接波形的这些部分期间调整WFS。例如,WFS在桥接电流部分302期间可以较高并且接着随着电流波形300过渡为基值电流304而减小。随着桥接熔滴

短接至熔融的熔池,WFS也可以减小(例如,具有负斜率),以在短路发生时进行柔软的或缓和的接触。与在电极和桥接熔滴朝向熔融的熔池被驱动时将WFS保持恒定还是改变无关,WFS应足够高以确保桥接熔滴在与电极分开之前被快速地推入熔融的熔池中。

[0053] 电流波形300可以包括短路焊丝加热部分306。短路焊丝加热部分306可以具有比基值电流部分304更高的电流水平和比桥接电流部分302更低的电流水平。短路焊丝加热部分306的示例性电流水平为约100A,但是更高或更低的电流水平是可能的。例如,短路焊丝加热部分306可以与基值电流部分304为大致相同的水平。在短路事件期间,在桥接熔滴短接至熔融的熔池中之后,出现短路焊丝加热部分306。短路焊丝加热部分306用于在电弧熄灭时将电极电阻式加热,这些电极也短接至熔融的熔池。电阻式加热与熔融的熔池中存在的热量相结合允许随着被焊丝给送器驱动到熔融的熔池,电极在池中作为填充焊丝被消耗。由于短路的低电压,短路焊丝加热部分306的总热量输入低。WFS可以在大部分短路焊丝加热部分306期间保持为正或向前,但是如果期望的话可以在短路焊丝加热部分期间减慢、停止或甚至颠倒。可以在短路事件期间的预定持续时间上应用电流波形300的短路焊丝加热部分306,并且接着可以在短路清除之前将电流水平减小至低水平308以减少飞溅。不是在预定持续时间上应用短路焊丝加热部分306,可以维持这个中间电流水平,直至很显然短路即将被清除,如通过焊接电源或焊丝给送器确定的,此时电流水平可以被减小至低水平308。短路焊丝加热部分306还可以调节为加热功率水平,该加热功率水平被维持一段足以通过电极来供应期望量的能量(例如,焦耳)的持续时间。可以将该功率水平积分以确定在短路焊丝加热部分308期间供应的能量总量。当已经供应了期望量的加热能量时,电流水平可以被减小至低水平308。在焊接电源或焊丝给送器确定短路已经清除之后,或者在已经应用低电流水平308持续一段持续时间(在此期间,预期短路被清除)之后,电源从将飞溅最小化的低电流水平308切换成形成桥接熔滴的桥接电流水平302。

[0054] 焊接电源和/或焊丝给送器可以通过监测熔敷操作的电压(例如,焊接电压)来检测短路事件的发生。在某些实施例中,焊接电源可以在发生短路事件时将焊接电流减小以减少飞溅。图14的电流迹线上的虚线示出了这样的电流减小。例如,焊接电源和/或焊丝给送器还可以比如通过监测焊接电压(dV/dt)的变化速率(dV/dt)来决定短路何时将消除。基于焊接电压的变化速率(dV/dt),可以响应于短路被清除来调整WFS并且向电极输出桥接电流水平302。

[0055] 在熔敷操作的电弧放电部分期间,WFS为正并且相对高,以在桥接熔滴从电极上脱离之前将其推入熔融的熔池中。然而,在短路事件期间,可以减小WFS,以允许来自电流的夹挤力将电极与熔融的熔池分开,并且从电极重新建立电弧。在某些实施例中,在短路事件期间可以停止焊丝给送,如图15示意性所示,其中在短路事件期间WFS达到零。在短路事件期间还可以将焊丝给送器的给送方向颠倒(图14)以将电极从熔融的熔池中拉出。在这种情况下,在短路事件期间,焊丝给送器将电极初始地驱动到熔融的熔池中以将额外的填充金属添加到熔池中,并且随后接着将电极从熔融的熔池拉离以帮助重新建立电弧。减慢、停止、和/或颠倒电极的正时可以是基于检测到短路事件的发生。例如,电源可以监测焊接电压并且控制焊丝给送器,以在焊接电压降低至短路水平时减慢/停止/颠倒电极、或者在短路发生之后的预定时间段时减慢/停止/颠倒电极。在焊丝给送被减慢或停止或者给送方向被颠倒(背离熔融的熔池)时,如图14和图15的底部所示,可以重新建立电极与熔融的熔池之间

的焊接电弧。接着,焊丝给送器可以在短路清除之后重新将电极朝向熔融的熔池递送,并且重新建立电弧,如图所示。对WFS和方向的改变可以通过对短路期间的电流水平和熔敷操作的电弧放电部分的改变来协调。

[0056] 上文讨论的焊接波形的频率可以低于常规的焊接波形,同时维持高熔敷速率。常规的焊接波形可以具有例如约100Hz的频率,而本发明的波形可以小于100Hz、比如在20Hz与60Hz之间。

[0057] 图16描绘了示例性熔敷操作的流程图,该熔敷操作可以是焊接、增材制造等。向接触尖端组件提供电流波形400,该接触尖端组件具有第一出口孔口和第二出口孔口。电流波形至少包括桥接电流部分以及具有低于桥接电流部分的电流水平的基值电流部分。将第一焊丝电极给送穿过接触尖端组件的第一出口孔口并且同时将第二焊丝电极给送穿过接触尖端组件的第二出口孔口402。这些电极被一个或多个焊丝给送器给送,并且给送速度可以改变。在电流波形的桥接电流部分期间,在熔敷操作期间在桥接熔滴被过渡至熔融的熔池之前,形成桥接熔滴404。桥接熔滴将第一焊丝电极联接至第二焊丝电极,并且第一焊丝电极的被递送穿过第一出口孔口的实心部分不接触第二焊丝电极的被递送穿过第二出口孔口的实心部分。在熔融的熔池与第一和第二焊丝电极之间的短路事件期间,桥接熔滴过渡至熔融的熔池406。减小第一和第二焊丝电极的给送速度,和/或在短路事件期间将给送方向颠倒408。在某些实施例中,将第一和第二焊丝电极初始地被驱动到熔融的熔池、并且随后在短路事件期间从熔融的熔池被拉离。第一和第二焊丝电极的给送还可以在短路事件期间停止、并且在短路清除后重新开始。可以监测熔敷操作的电压变化速率(dV/dt),以根据电压变化速率(dV/dt)来确定短路事件的清除410。在熔融的熔池与第一和第二焊丝电极之间重新建立电弧412。可以在电极的给送被减慢或停止时或者在电极的给送方向颠倒(即,背离熔融的熔池)时重新建立电弧。

[0058] 与已知的焊接操作相比,使用本文中所描述的实施例可以在稳定性、焊缝结构和性能方面提供显著的改进。然而,除焊接操作之外,可以在增材制造操作中使用实施例。实际上,可以在增材制造操作以及焊接操作中使用以上描述的系统100。在示例性实施例中,在使用上文描述的双焊丝短弧技术熔敷的增材制造操作中可以实现改善的速率。因为增材制造工艺和系统是已知的,因此此类工艺和系统的细节不需要在本文中描述。

[0059] 应指出的是,示例性实施例并不限于使用以上所讨论的和本文中所描述的波形,因为其他焊接类型的波形可以用于本发明的实施例。例如,其他实施例可以使用可变极性波形或AC波形等,而不脱离本发明的精神和范围。例如,在可变极性实施例中,焊接波形的桥接电流部分可以在负极性中完成,使得桥接熔滴产生,同时减少输入到焊接熔池中的总热量。

[0060] 本发明的实施例可以用于包括药芯耗材在内的不同类型的耗材及其组合。实际上,当使用药芯电极时,本发明的实施例可以提供更稳定的焊接操作。确切地讲,使用桥接熔滴可以帮助稳定药芯熔滴,药芯熔滴在单一焊丝焊接操作中可能趋向于不稳定。进一步,本发明的实施例允许以更高的熔敷速率(比如超过10lb/hr的那些)获得改善的焊缝和电弧稳定性。

[0061] 此外,如以上所表明的,耗材可以具有不同的类型和/或成分,这可以优化给定的焊接操作。也就是说,可以组合使用两种不同但兼容的耗材以产生所期望的焊接接头。例

如,可以组合兼容的耗材,所述耗材包括不同成分的耐磨堆焊焊丝、不锈钢焊丝、镍合金和钢焊丝。作为一个特定实例,低碳钢焊丝可以与过熔合焊丝(overalloyed wire)组合而制成309不锈钢成分。当所期望的类型的单一耗材不具有所期望的焊缝性能时,这可能是有利的。例如,一些针对专用焊接的耗材提供所期望的焊缝化学成分,但非常难以使用,并且难以提供令人满意的焊缝。然而,本发明的实施例允许使用更容易焊接的两种耗材,通过组合以产生所期望的焊缝化学成分。本发明的实施例可以用于产生合金/熔敷化学成分,所述的产生合金/熔敷化学成分在商业上不能以其他方式获得或者通过其他方式制造非常昂贵。因此,两种不同的耗材可以用于消除对于昂贵的或不可获得的耗材的需要。进一步,实施例可以用于产生稀合金。例如,第一焊丝可以是普通的廉价合金,而第二焊丝可以是特种焊丝。所期望的熔敷物可以是在形成桥接熔滴时良好混合的两根焊丝的平均,与昂贵的特种焊丝相比,两根焊丝的平均成本更低。进一步,在一些应用中,由于缺乏合适的耗材化学成分,可能无法获得期望的熔敷物,但是可以通过混合两根标准合金焊丝来实现,这两根标准焊丝在桥接熔滴内混合、并且被熔敷为单一熔滴。进一步,在一些应用(诸如耐磨性金属的应用)中,所期望的熔敷物可以是来自一根焊丝的碳化钨颗粒与来自另一根焊丝的碳化铬颗粒的组合。在又一种应用中,将其内容纳有较大颗粒的较大焊丝与包含较少颗粒或较小颗粒的较小焊丝混合,以熔敷这两根焊丝的混合物。在此,假定焊丝给送速度相同,焊丝中的每一者的预期贡献与焊丝的尺寸成比例。在又一个实例中,焊丝的焊丝给送速度不同,以允许所生产的合金基于所期望的熔敷物而变化,但焊丝进行混合仍然是通过焊丝之间产生的桥接熔滴进行。

[0062] 应清楚的是,本披露内容是以举例的方式,并且在不脱离本披露内容中所包含的传授内容的合理范围的情况下,可以通过添加、更改或去除细节来作出各种改变。因此,本发明不限于本披露内容的具体细节,除非所附权利要求被必要地如此限定。

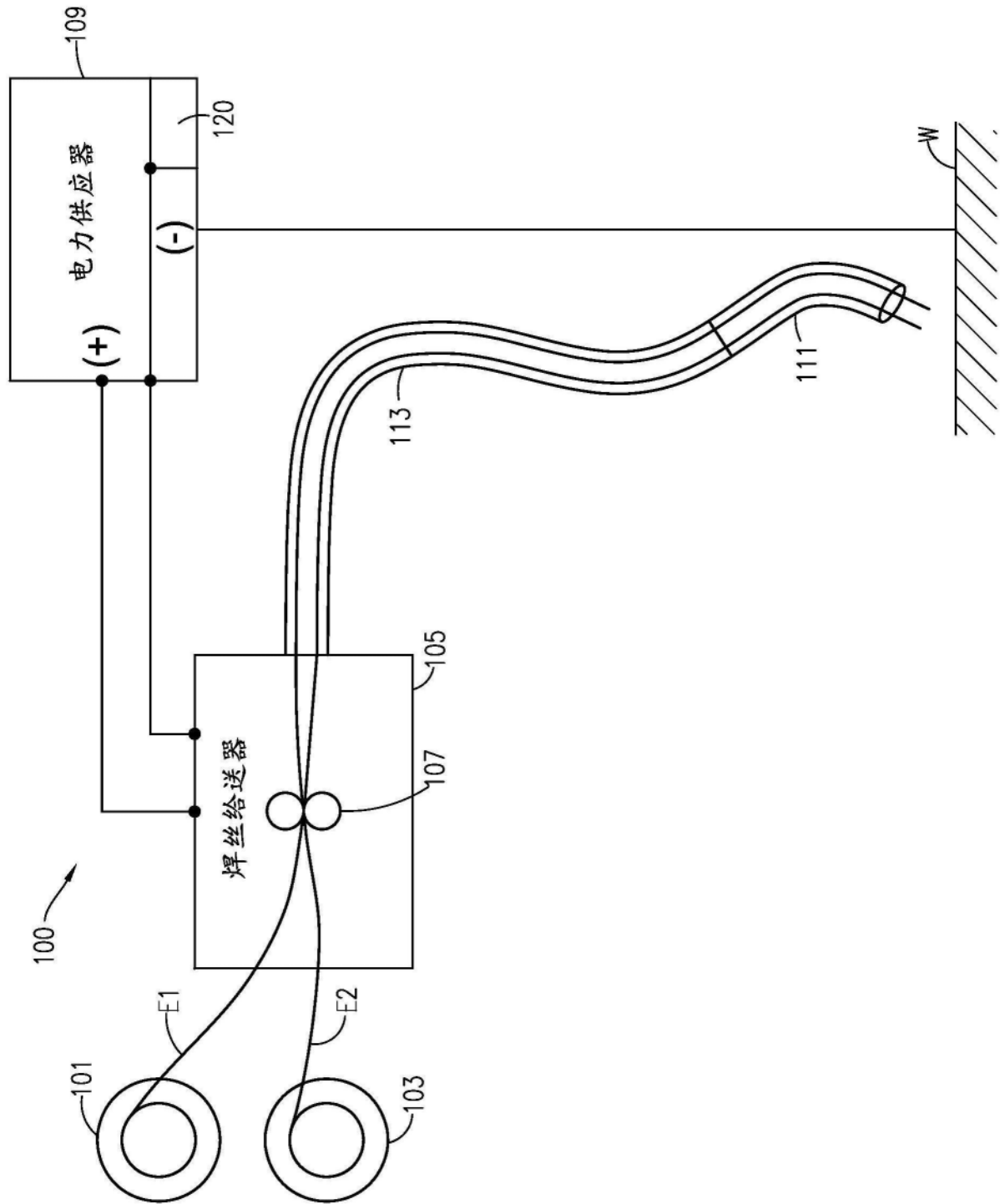


图1

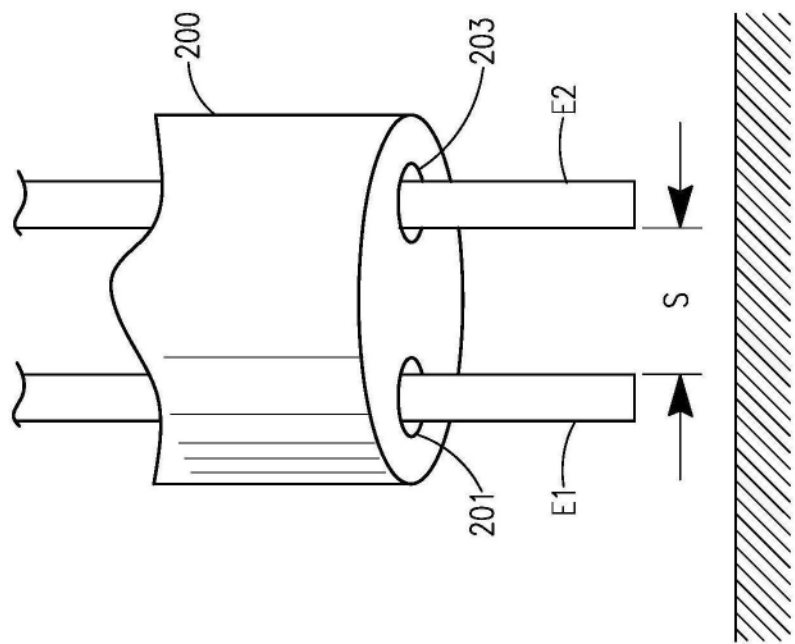


图2

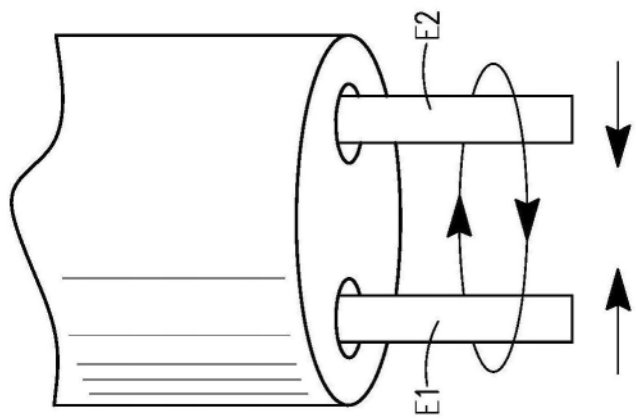


图3A

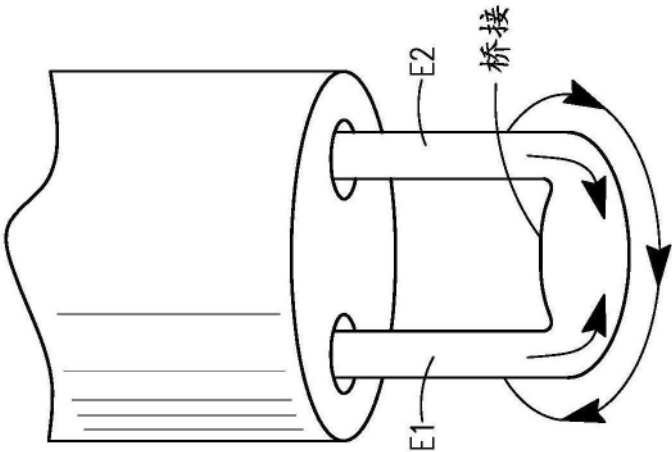


图3B

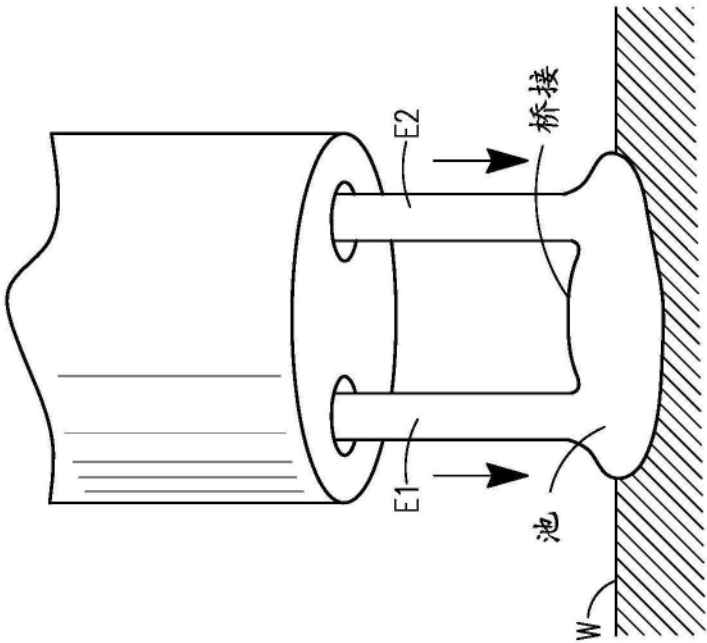


图3C

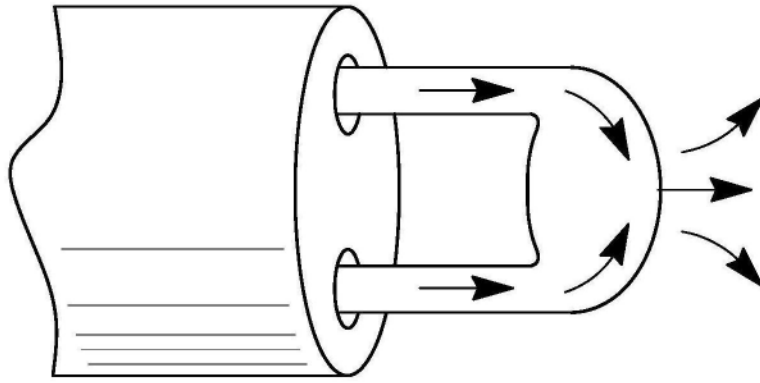


图4A

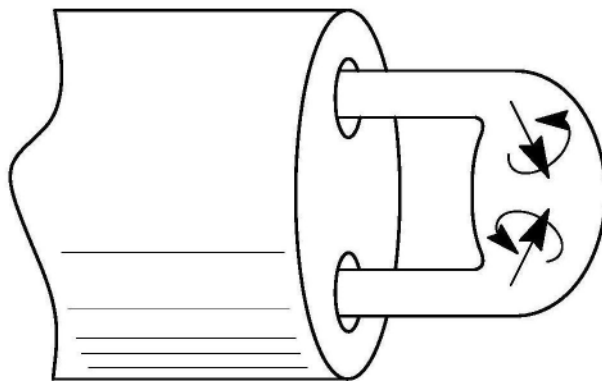


图4B

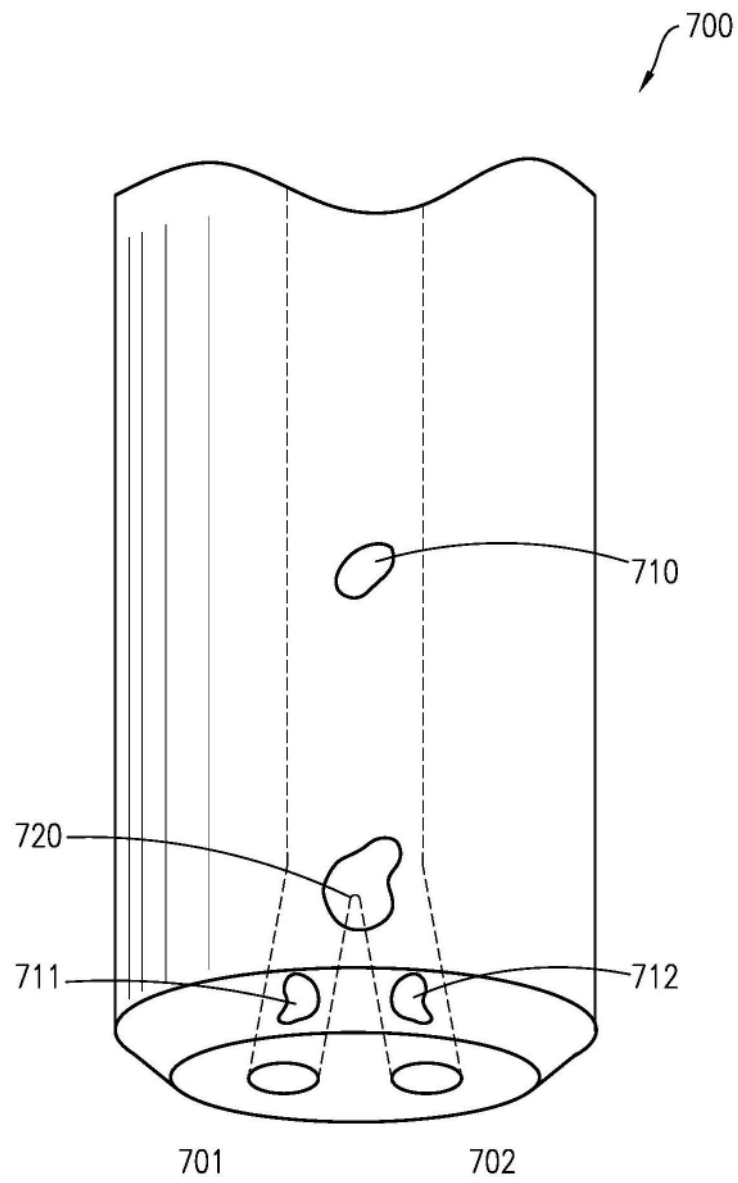


图5

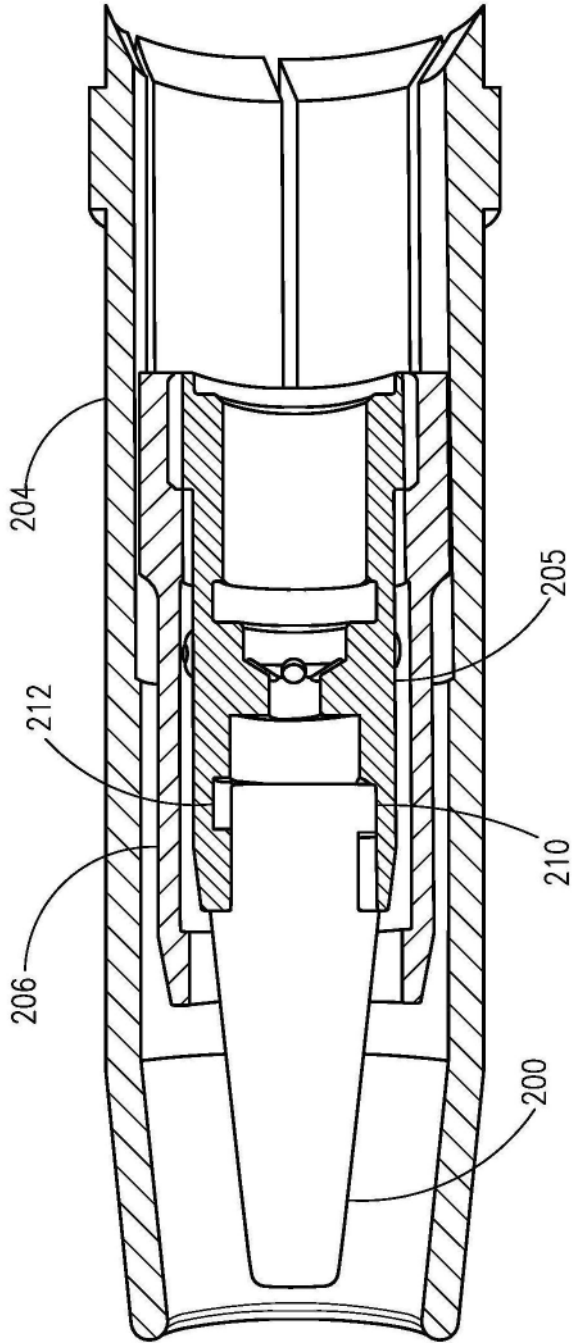


图6

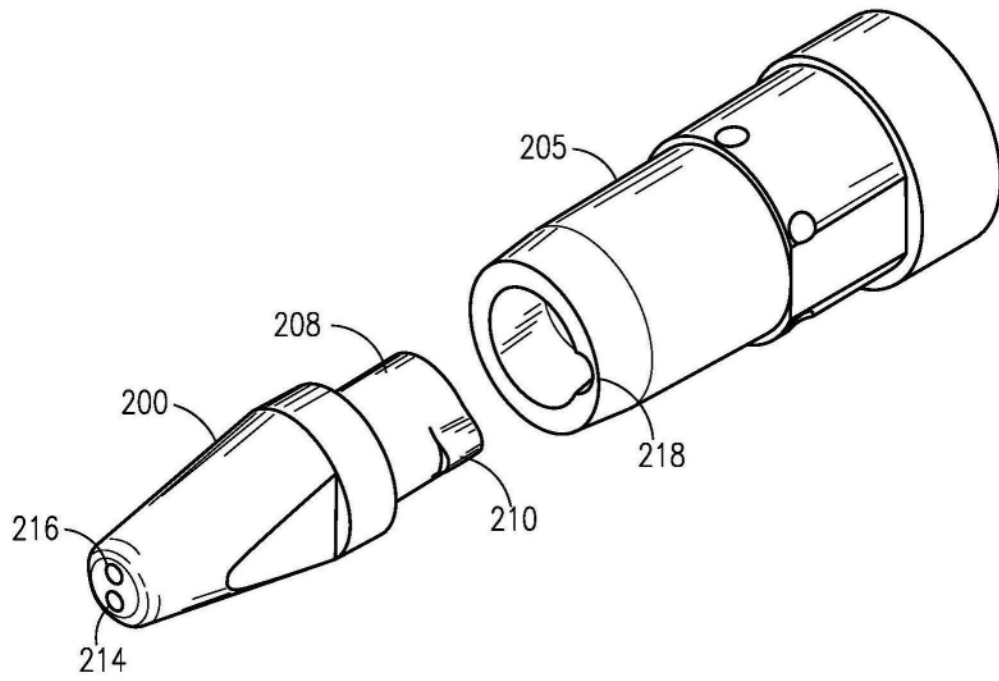


图7

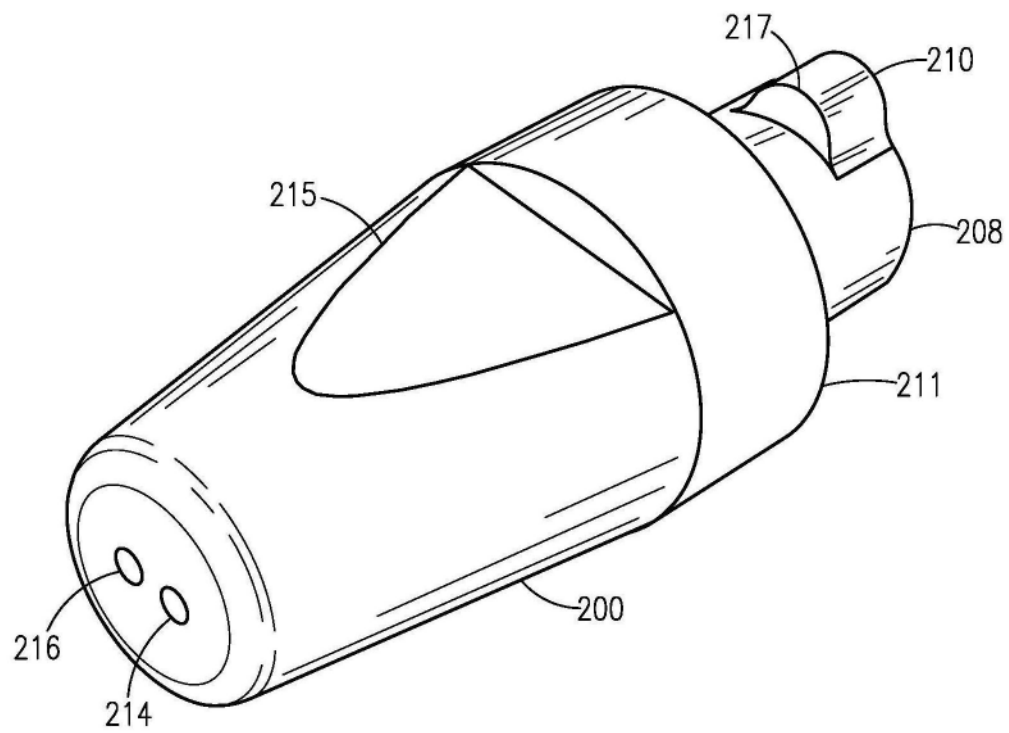


图8

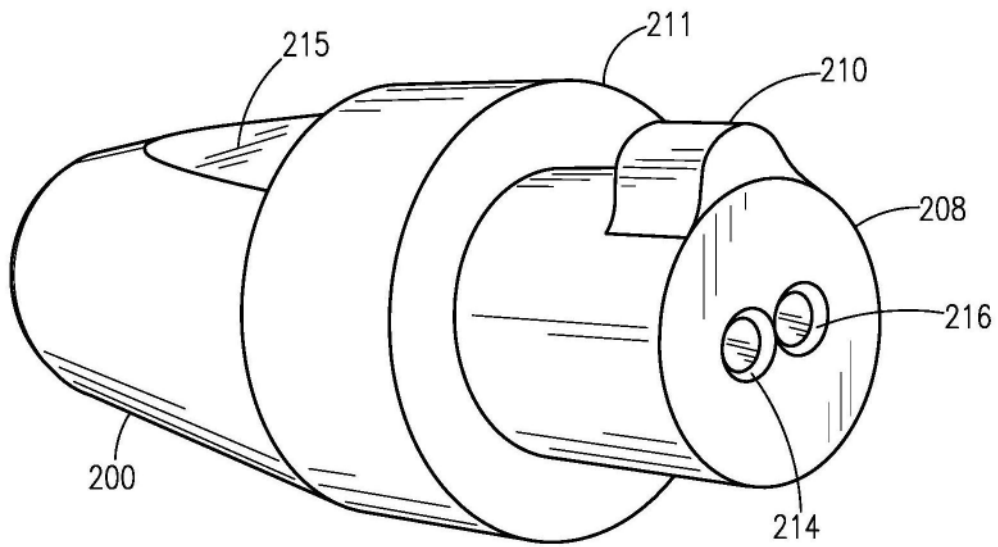


图9

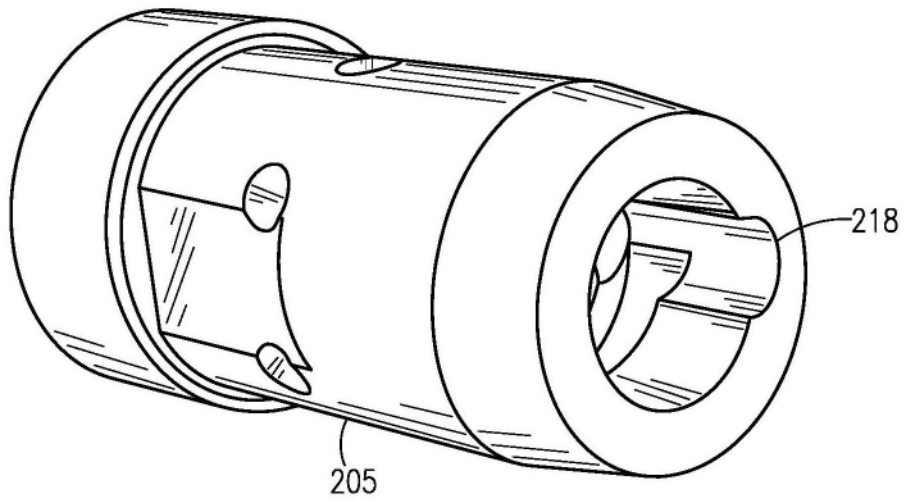


图10

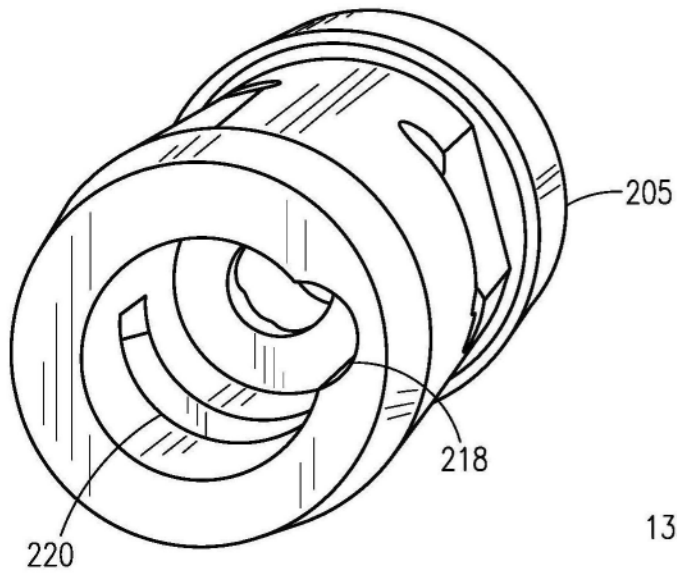


图 11

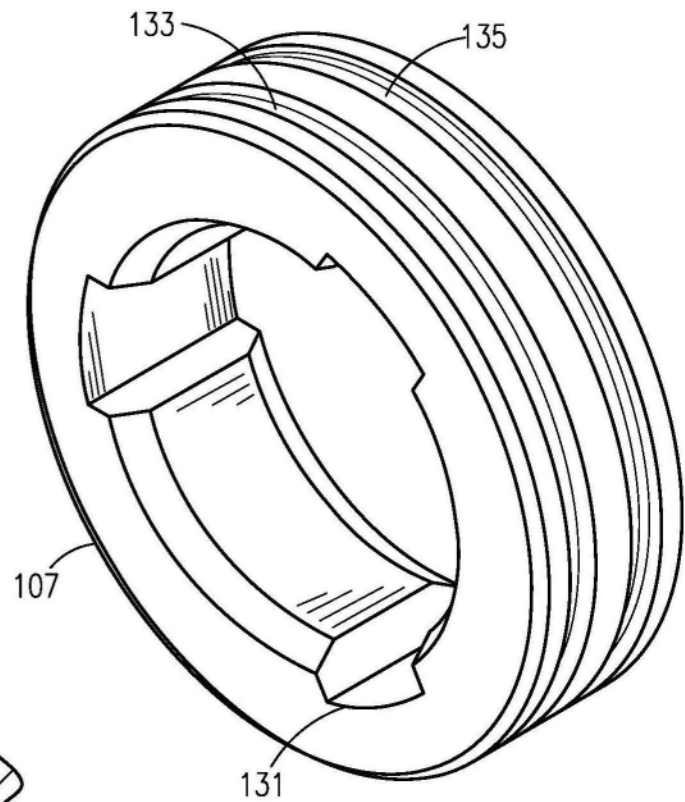


图 12

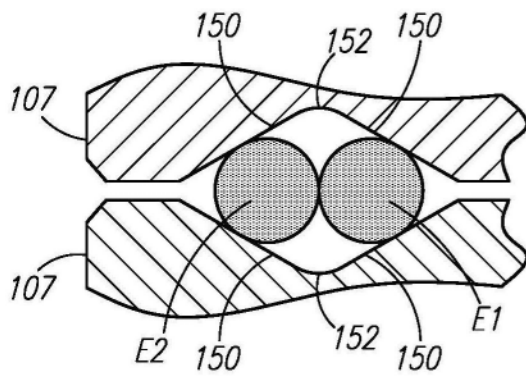


图 13

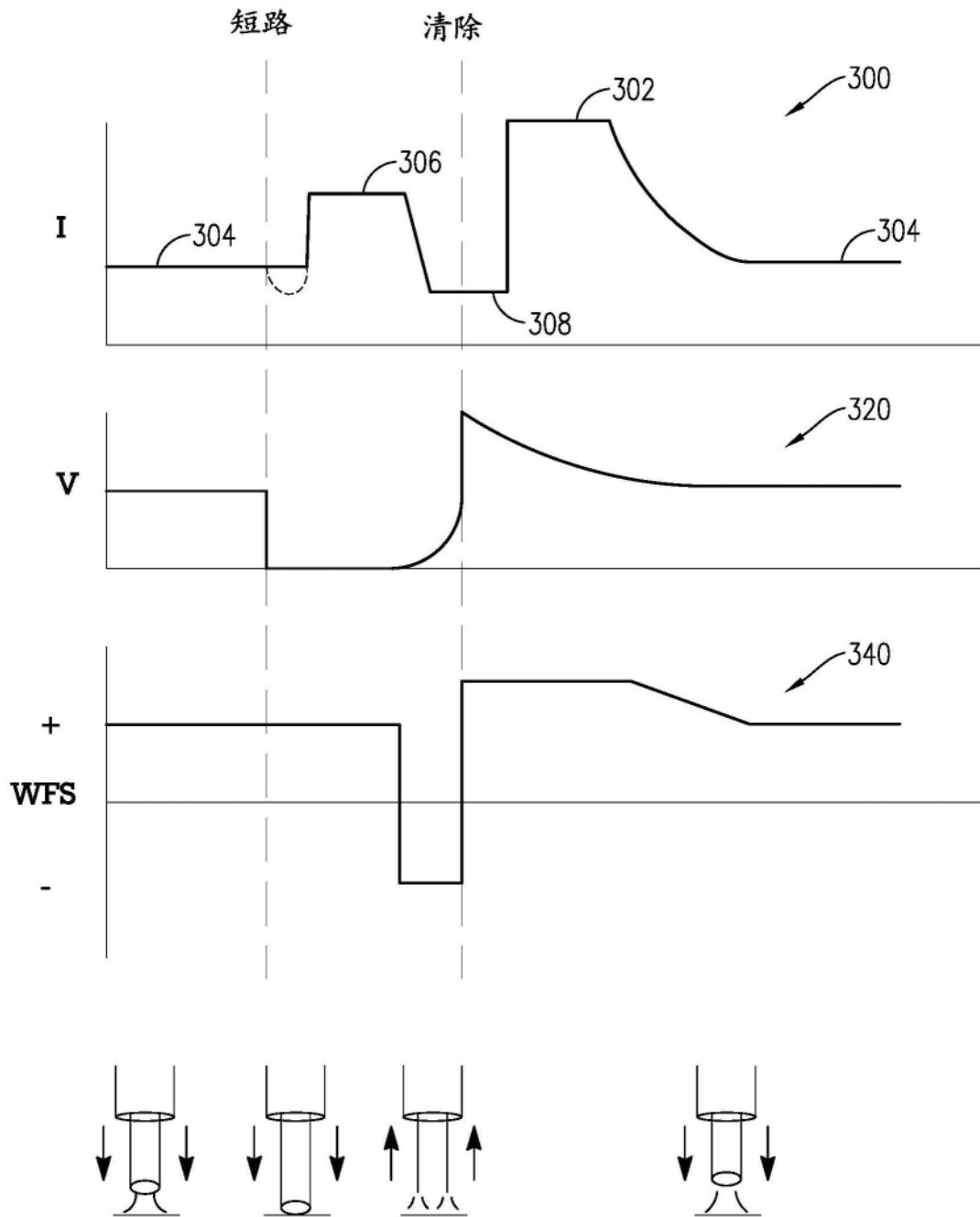


图14

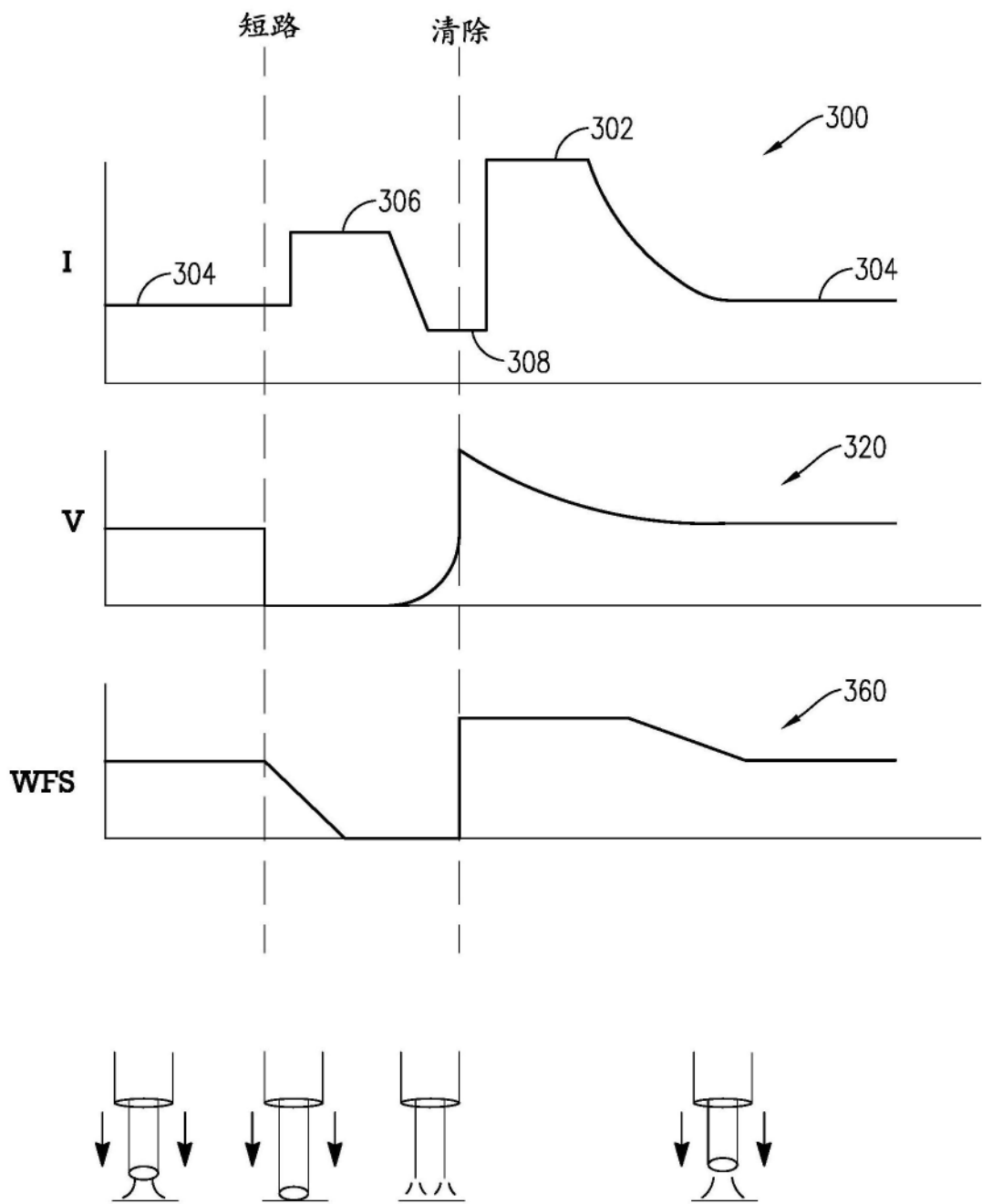


图15

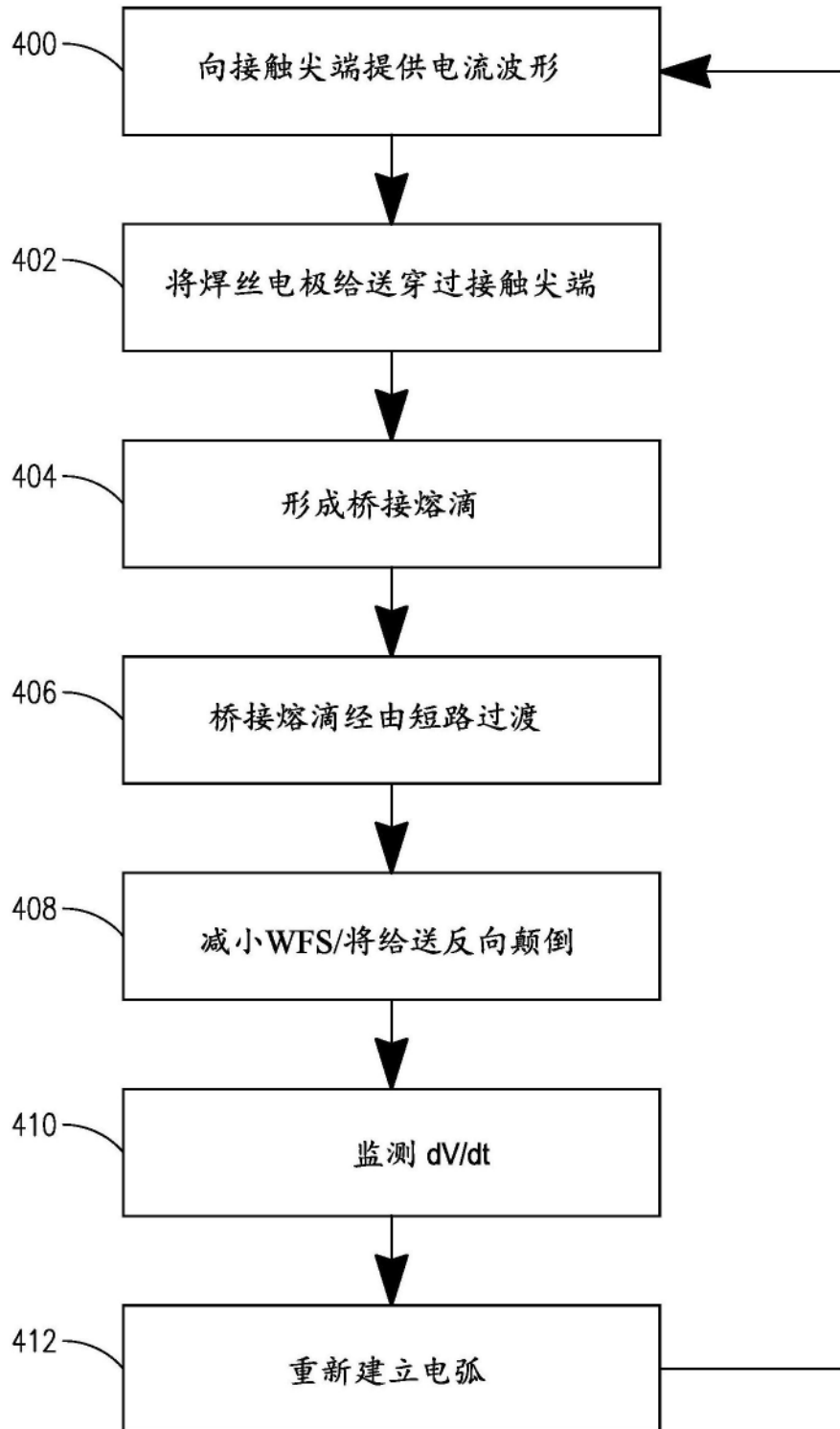


图16