



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114654048 B

(45) 授权公告日 2025.02.25

(21) 申请号 202111588093.0

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2021.12.23

B23K 9/04 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

B23K 9/09 (2006.01)

申请公布号 CN 114654048 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2022.06.24

US 2013112676 A1, 2013.05.09

(30) 优先权数据

US 3475586 A, 1969.10.28

63/129,810 2020.12.23 US
17/503,447 2021.10.18 US

审查员 李佳琛

(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 马修·A·奥尔布赖特
S·R·彼得斯 托马斯·拉斯塔特

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理
有限公司 11262

专利代理人 陆建萍 杨明钊

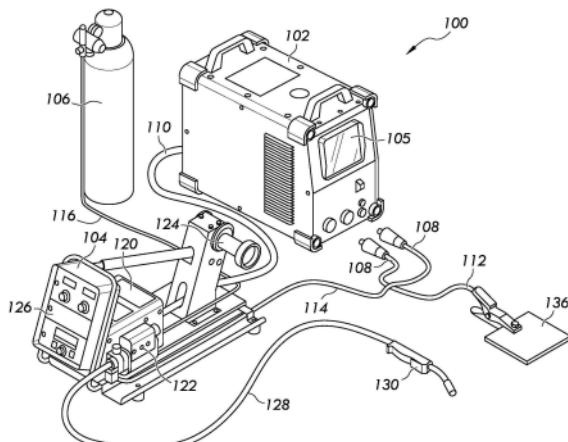
权利要求书2页 说明书9页 附图10页

(54) 发明名称

混合射出式和流式脉冲焊接

(57) 摘要

一种电弧焊接或增材制造系统，包括：焊丝给送器；焊炬；焊丝电极，该焊丝电极由该焊丝给送器驱动穿过该焊炬；以及电弧产生供电装置，该电弧产生供电装置操作性地连接到该焊炬以在熔敷操作期间将脉冲波形递送到该焊丝电极。该脉冲波形包括一系列电流脉冲和交错的基值电流部分，使得每个电流脉冲通过先前基值电流部分与先前电流脉冲分开并且通过后续基值电流部分与后续电流脉冲分开。在每个电流脉冲期间，在该后续基值电流部分出现之前，从该焊丝电极的端头射出熔融液滴，后面接着是熔融金属背离该焊丝电极的该端头的轴向喷射。



1. 一种电弧焊接或增材制造系统,包括:

焊丝给送器;

焊炬;

焊丝电极,该焊丝电极由该焊丝给送器驱动穿过该焊炬;以及

电弧产生供电装置,该电弧产生供电装置操作性地连接到该焊炬以在熔敷操作期间将脉冲波形递送到该焊丝电极,

其中,该脉冲波形包括一系列电流脉冲和交错的基值电流部分,使得每个电流脉冲通过先前基值电流部分与先前电流脉冲分开并且通过后续基值电流部分与后续电流脉冲分开,并且在每个电流脉冲期间,通过射出式喷射过渡模式以及与该射出式喷射过渡模式不同的后续第二喷射过渡模式使熔融金属从该焊丝电极过渡到工件,其中,在该射出式喷射过渡模式期间,从该焊丝电极的端头朝向该工件射出熔融液滴,并且在该后续第二喷射过渡模式期间,在下一基值电流部分之前发生熔融金属流从该焊丝电极的该端头朝向该工件的旋转喷射。

2. 如权利要求1所述的电弧焊接或增材制造系统,其中,每个电流脉冲包括使该熔融液滴从该焊丝电极的该端头射出的峰值电流水平、以及在其期间出现熔融金属的该旋转喷射的喷射电流水平,其中该喷射电流水平小于该峰值电流水平。

3. 如权利要求1所述的电弧焊接或增材制造系统,其中,该后续基值电流部分停止熔融金属的该旋转喷射过渡。

4. 如权利要求1所述的电弧焊接或增材制造系统,其中,该脉冲波形的频率在120 Hz至150 Hz的范围内,并且该熔敷操作的熔敷率大于16磅/小时。

5. 如权利要求4所述的电弧焊接或增材制造系统,其中,来自该焊丝电极的电弧在该熔敷操作期间覆盖熔融焊接池表面积的至少80%。

6. 一种电弧焊接或增材制造系统,包括:

焊丝给送器;

焊炬;

焊丝电极,该焊丝电极由该焊丝给送器驱动穿过该焊炬;以及

电弧产生供电装置,该电弧产生供电装置操作性地连接到该焊炬以在熔敷操作期间将脉冲波形递送到该焊丝电极,

其中,该脉冲波形包括一系列电流脉冲和交错的基值电流部分,使得每个电流脉冲通过先前基值电流部分与先前电流脉冲分开并且通过后续基值电流部分与后续电流脉冲分开,并且在每个电流脉冲期间,通过射出式喷射过渡模式以及与该射出式喷射过渡模式不同的后续第二喷射过渡模式使熔融金属从该焊丝电极过渡到工件,其中,在该射出式喷射过渡模式期间,从该焊丝电极的端头朝向该工件射出熔融液滴,并且在该后续第二喷射过渡模式期间,在下一基值电流部分之前发生熔融金属流从该焊丝电极的该端头朝向该工件的轴向喷射和旋转喷射。

7. 如权利要求6所述的电弧焊接或增材制造系统,其中,该后续基值电流部分停止熔融金属的该轴向喷射和该旋转喷射中的一者。

8. 如权利要求7所述的电弧焊接或增材制造系统,其中,每个电流脉冲包括使该熔融液滴从该焊丝电极的该端头射出的峰值电流水平、以及在其期间出现熔融金属的该轴向喷射

和该旋转喷射的喷射电流水平,其中,该喷射电流水平小于该峰值电流水平。

9. 如权利要求6所述的电弧焊接或增材制造系统,其中,在该后续基值电流部分出现之前,该轴向喷射后面接着是熔融金属的该旋转喷射。

10. 如权利要求6所述的电弧焊接或增材制造系统,其中,该脉冲波形的频率在120 Hz至150 Hz的范围内,并且该熔敷操作的熔敷率大于16磅/小时。

11. 如权利要求10所述的电弧焊接或增材制造系统,其中,来自该焊丝电极的电弧在该熔敷操作期间覆盖熔融焊接池表面积的至少80%。

12. 一种电弧焊接或增材制造系统,包括:

焊丝给送器;

焊炬;

焊丝电极,该焊丝电极由该焊丝给送器驱动穿过该焊炬;以及

电弧产生供电装置,该电弧产生供电装置操作性地连接到该焊炬以在熔敷操作期间将脉冲波形递送到该焊丝电极,

其中,该脉冲波形包括由相应的基值电流部分分开的一系列电流脉冲,并且在该系列电流脉冲中的每个电流脉冲期间,通过射出式喷射过渡模式以及与该射出式喷射过渡模式不同的后续第二喷射过渡模式使熔融金属从该焊丝电极过渡到工件,其中,在该射出式喷射过渡模式期间,从该焊丝电极的端头朝向该工件射出熔融液滴,并且在该后续第二喷射过渡模式期间,在下一基值电流部分之前发生熔融金属流从该焊丝电极的该端头朝向该工件的轴向喷射。

13. 如权利要求12所述的电弧焊接或增材制造系统,其中,该下一基值电流部分停止熔融金属的该轴向喷射。

14. 如权利要求13所述的电弧焊接或增材制造系统,其中,每个电流脉冲包括使该熔融液滴从该焊丝电极的该端头射出的峰值电流水平、以及在其期间出现熔融金属的该轴向喷射的较低电流水平,其中,该较低电流水平小于该峰值电流水平。

15. 如权利要求12所述的电弧焊接或增材制造系统,其中,该脉冲波形的频率在120 Hz至150 Hz的范围内,并且该熔敷操作的熔敷率大于16磅/小时。

16. 如权利要求15所述的电弧焊接或增材制造系统,其中,来自该焊丝电极的电弧在该熔敷操作期间覆盖熔融焊接池表面积的至少80%。

混合射出式和流式脉冲焊接

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2020年12月23日提交的美国临时专利申请序列号63/129,810的优先权,该美国临时专利申请的披露内容通过引用并入本文。

发明背景

[0003] 技术领域

[0004] 本发明涉及经由喷射过渡使熔融金属从焊丝电极过渡到工件的电弧焊接操作。

[0005] 背景技术

[0006] 重型制造焊接(比如焊接板以及大于0.25英寸厚的其他工件)涉及大的焊接熔池以及缓慢的焊炬行进速度。提高的生产率是通过更高的熔敷率或在常规熔敷率下制作更大焊件的提高的便利性来衡量的。通常,实心焊丝气体保护金属电弧焊接(GMAW)用于重型制造。当焊接熔池尺寸较大(在重型制造中是常见的)但电弧锥直径集中时,熔池将变得不稳定并且将尝试“吞噬”电弧且趋于晃荡。

[0007] 可以使用实心焊丝和混合保护气体执行半自动GMAW焊接操作,其可接受的结果高达16lb/hr(磅/小时)。在超过16lb/hr的情况下,由于电弧/熔池不稳定性,可能会产生不可接受的飞溅量。为了增大电弧锥的尺寸以改善熔池控制,较大焊丝是优选的。操作员通常会操纵电弧(例如,以某种方式穿行)以控制更大的熔池。金属芯焊丝和药芯焊丝可以用于进一步增加熔敷率和熔池控制,但这些替代方案导致较高的发烟速率,并且在药芯电弧焊接(FCAW)的情况下产生稍后必须切碎的熔渣。将令人期望的是以等于或超过16lb/hr的熔敷率稳定执行实心焊丝GMAW焊接同时使电弧/熔池不稳定性和飞溅减至最低程度。

发明内容

[0008] 下面的发明内容呈现了简化的概述,以提供对本文所讨论的设备、系统和/或方法的一些方面的基本理解。本发明内容不是对本文所讨论的设备、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设备、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。

[0009] 根据本发明的一个方面,提供了一种电弧焊接或增材制造系统。该电弧焊接或增材制造系统包括:焊丝给送器;焊炬;焊丝电极,该焊丝电极由该焊丝给送器驱动穿过该焊炬;以及电弧产生供电装置,该电弧产生供电装置操作性地连接到该焊炬以在熔敷操作期间将脉冲波形递送到该焊丝电极。该脉冲波形包括一系列电流脉冲和交错的基值电流部分,使得每个电流脉冲通过先前基值电流部分与先前电流脉冲分开并且通过后续基值电流部分与后续电流脉冲分开。在每个电流脉冲期间,在该后续基值电流部分出现之前,从该焊丝电极的端头射出熔融液滴,后面接着是熔融金属背离该焊丝电极的该端头的轴向喷射。

[0010] 根据本发明的另一方面,提供了一种电弧焊接或增材制造系统。该电弧焊接或增材制造系统包括:焊丝给送器;焊炬;焊丝电极,该焊丝电极由该焊丝给送器驱动穿过该焊炬;以及电弧产生供电装置,该电弧产生供电装置操作性地连接到该焊炬以在熔敷操作期

间将脉冲波形递送到该焊丝电极。该脉冲波形包括一系列电流脉冲和交错的基值电流部分,使得每个电流脉冲通过先前基值电流部分与先前电流脉冲分开并且通过后续基值电流部分与后续电流脉冲分开。在每个电流脉冲期间,在该后续基值电流部分出现之前,从该焊丝电极的端头射出熔融液滴,后面接着是熔融金属背离该焊丝电极的该端头的流式喷射和旋转喷射中的一者或两者。

[0011] 根据本发明的另一方面,提供了一种电弧焊接或增材制造系统。该电弧焊接或增材制造系统包括:焊丝给送器;焊炬;焊丝电极,该焊丝电极由该焊丝给送器驱动穿过该焊炬;以及电弧产生供电装置,该电弧产生供电装置操作性地连接到该焊炬以在熔敷操作期间将脉冲波形递送到该焊丝电极。该脉冲波形包括由相应的基值电流部分分开的一系列电流脉冲。在该系列电流脉冲中的每个电流脉冲期间,通过射出式喷射过渡模式(*projected spray transfer mode*)以及与该射出式喷射过渡模式不同的后续第二喷射过渡模式使熔融金属从该焊丝电极过渡到工件。在该射出式喷射过渡模式期间,从该焊丝电极的端头朝向该工件射出熔融液滴,并且在该后续第二喷射过渡模式期间,在下一基值电流部分之前发生熔融金属从该焊丝电极的该端头朝向该工件的轴向喷射。

附图说明

[0012] 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:

- [0013] 图1是焊接系统的立体图;
- [0014] 图2是焊接系统的示意图;
- [0015] 图3是焊接系统的示意图;
- [0016] 图4a示出了在焊接操作期间的射出式喷射过渡模式;
- [0017] 图4b示出了在焊接操作期间的流式或轴向喷射过渡模式;
- [0018] 图4c示出了在焊接操作期间的旋转喷射过渡模式;
- [0019] 图5a示出了射出式过渡焊接操作的一部分;
- [0020] 图5b示出了射出式过渡焊接操作的一部分;
- [0021] 图5c示出了射出式过渡焊接操作的一部分;
- [0022] 图6a示出了混合射出式过渡、流式和旋转喷射焊接操作的一部分;
- [0023] 图6b示出了混合射出式过渡、流式和旋转喷射焊接操作的一部分;
- [0024] 图6c示出了混合射出式过渡、流式和旋转喷射焊接操作的一部分;
- [0025] 图6d示出了混合射出式过渡、流式和旋转喷射焊接操作的一部分;
- [0026] 图6e示出了混合射出式过渡、流式和旋转喷射焊接操作的一部分;
- [0027] 图7示出了示例焊接波形;
- [0028] 图8示出了另外的示例焊接波形;以及
- [0029] 图9示出了示例控制器。

具体实施方式

[0030] 本发明涉及经由喷射过渡使熔融金属从焊丝电极过渡到工件的电弧焊接操作。特别地,本发明涉及在每个电流脉冲期间经由至少两个不同的过渡模式使熔融金属过渡到该

工件的混合脉冲焊接工艺。例如,在该电流脉冲期间,熔融液滴可以经由射出式喷射过渡模式运送到该工件,并且该射出式喷射过渡模式后面可以接着是经由流式或轴向喷射过渡模式和/或旋转喷射过渡模式使附加的熔融金属过渡。

[0031] 现在将参照附图描述本发明,其中全文中相同的附图标记用来指代相同的要素。将理解的是,这些不同附图不必以彼此按比例的方式来绘制,在给定的附图内也同样是这样,并且特别地,部件的尺寸是任意绘制的,以便于对附图的理解。在以下描述中,出于解释的目的,阐述了多个具体的细节以便提供对本发明的全面理解。然而,可能明显的是,可以在没有这些具体细节的情况下实践本发明。此外,本发明的其他实施例是可能的并且能够以除了如所描述的方式之外的方式来实践和实施本发明。在描述本发明时使用的术语和短语是出于促进对本发明的理解的目的采用的,并且不应该被认为是限制性的。

[0032] 如本文所使用的,“至少一个”、“一个或多个”以及“和/或”为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中的至少一者”、“A、B或C中的至少一者”、“A、B和C中的一者或者”、“A、B或C中的一者或者”以及“A、B和/或C”中的每一者是指单独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”。

[0033] 虽然本文中所描述的本发明的实施例是在气体保护金属电弧焊接(GMAW)系统的背景下讨论的,但本发明的其他实施例不受限于此。例如,实施例可以在药芯电弧焊接(FCAW)或金属芯电弧焊接(MCAW)焊接操作以及其他类似类型的熔敷操作中使用。进一步,本发明的实施例可以用于手动、半自动、以及机器人焊接操作。本发明的实施例还可以用于类似于焊接的金属熔敷操作,比如增材制造、耐磨堆焊和镀覆。如本文所使用的,术语“焊接”旨在涵盖所有这些技术,因为这些技术全部都涉及用以结合或构建工件的材料熔敷。因此,为了效率起见,术语“焊接”在下面用于描述示例性实施例,但旨在包括所有这些材料熔敷操作,无论是否发生将多个工件结合在一起。

[0034] 现在参照附图,图1示出了示例GMAW焊接系统100。焊接系统100包括电弧产生供电装置(比如焊接供电装置102)、焊丝给送器104和保护气体供应器106。焊接供电装置102可以包括电力电缆108、控制电缆110和输入电力电缆(未示出)。电力电缆108可以包括连接到工件136的地线和夹具112、以及被配置成连接到焊丝给送器104的电力电缆114。控制电缆110可以被配置成连接到焊丝给送器104。在另一实施例(未示出)中,可以用焊丝给送器104与供电装置102之间的无线通信链路替换控制电缆110和/或可以经由电力电缆114发生通信。应当理解,焊接供电装置102、电力电缆108和控制电缆110可以具有适用于为焊接系统100供应电力和焊接控制的任何配置。供电装置102进一步包括用户界面105,用户可以通过该用户界面查看并且调整焊接工艺的各种设置和参数(例如,焊接波形参数、电压和/或电流水平、焊丝给送速度等)。用户界面105可以位于如图所示的供电装置102上,或位于远离该供电装置处。在某些实施例中,用户界面105可以位于与供电装置102通信的远程处理设备上,比如位于联网计算机、智能手机、控制示教器等上。

[0035] 在电弧焊接或熔敷操作期间,焊丝给送器104朝向工件136驱动焊丝电极。如图1中所示出的,焊丝给送器104可以包括壳体120、齿轮箱122、焊丝线轴组件124和用户接口126。

软管128从齿轮箱122延伸,该软管被配置成连接到焊炬或焊枪130。壳体120可以连接到用户接口126和齿轮箱122。此外,从焊接供电装置102延伸的控制电缆110和电力电缆114以及从保护气体供应器106延伸的管116被配置成连接到焊丝给送器104。齿轮箱122至少包括多个辊,这些辊在熔敷操作期间使焊丝电极前进以及任选地缩回。应当理解,焊丝给送器104可以具有适用于接收保护气体、来自供电装置102的焊接电力、以及焊接控制的任何配置。在某些实施例中,焊丝给送器104可以直接附接到焊接供电装置102。

[0036] 软管128在齿轮箱122与焊炬130之间延伸,该软管可以容纳电力导体、焊丝电极和焊丝导管或衬垫、气体管线、以及用于焊炬触发开关的控制电缆。软管128可以是被配置成容纳焊丝电极、气体管线和开关电缆的任何直径和长度。软管128由适用于焊接环境的任何材料制成。应当理解,软管128和焊炬130可以具有适用于将焊丝电极、保护气体和控制通过软管供应至焊炬的任何配置。

[0037] 图2提供了电弧焊接系统100的示意图。供电装置102通过电力电缆108将焊接信号或焊接波形提供给焊炬130和工件136。焊接信号具有电流和电压,并且可以是需要电流从一个水平变化到另一个水平的焊接信号类型。例如,信号可以是在焊接期间从基值变化到峰值水平的脉冲焊接信号、或者是以已知速率从一个极性变化到另一个极性的交变极性波形。来自供电装置102的电流经由接触端头148递送到焊丝电极134,以在电极134与工件136之间产生电弧132。如在GMAW焊接操作中常见的那样,可以将正极电源引线联接到焊丝给送器140,该焊丝给送器然后通过软管128中的焊接电缆将焊接电流传递到接触端头148。供电装置102可以包括将电力电缆108连接到供电装置的电力输出的端子或输出接线柱115、117。

[0038] 图3示出了示例GMAW焊接供电装置102的示意图。供电装置102可以被配置成生成用于各种金属过渡模式(比如短路过渡(GMAW-S)、表面张力过渡(STT)、轴向喷射过渡和脉冲式喷射过渡)的焊接波形。特别地,焊接供电装置102可以产生用于混合脉冲焊接工艺的脉冲焊接波形,该混合脉冲焊接工艺在每个电流脉冲期间经由至少两个不同的过渡模式使熔融金属过渡到工件136。例如,在该电流脉冲期间,熔融液滴可以经由射出式喷射过渡模式运送到该工件,并且该射出式喷射过渡模式后面可以接着是经由流式或轴向喷射过渡模式和/或旋转喷射过渡模式使附加的熔融金属过渡。

[0039] 焊接供电装置102操作性地连接到焊炬130,以在焊接或其他熔敷操作期间将脉冲波形递送到焊丝电极134。焊接供电装置102在焊丝电极134与工件136之间产生电弧132,以执行熔敷操作。焊接供电装置102从电源138(比如商用电源或发电机)接收用于产生电弧132的电能。电源138可以是单相或三相电源。在某些实施例中,电弧焊接系统可以是包括一个或多个电池(未示出)的混合系统,该一个或多个电池也向焊接供电装置102供应能量。焊接供电装置102包括用于根据期望的焊接波形产生电弧132的开关型功率转换器(比如逆变器140)。替代性地或另外地,焊接供电装置102可以包括用于产生焊接波形的DC斩波器(未示出)或升压转换器(未示出)。来自电源138的AC功率由输入整流器142进行整流。来自整流器142的DC输出被供应到逆变器140。逆变器140向变压器144供应高频率AC功率,并且通过输出整流器146将变压器的输出转换回DC。输出整流器146向焊炬130供应焊接电流,该焊炬操作性地连接到供电装置102(例如,经由焊丝给送器)。焊炬130可以具有用于将由供电装置102供应的电能传输到焊丝电极134的接触端头148。

[0040] 电极134是实心或有芯可消耗焊丝焊接电极。电极134可以由焊丝给送器104从线轴150给送,该焊丝给送器被配置成在焊接操作期间使电极朝向焊接熔池前进。如图3中示意性地示出的,焊丝给送器104可以包括用于驱动焊丝电极134穿过焊炬130的电动夹送辊。

[0041] 电弧焊接系统可以被配置用于直流电极正极性 (DC+) 或“反接 (reverse)”极性,其中,接触端头148和电极134连接到来自供电装置102的正极引线,而工件136连接到负极引线。替代性地,电弧焊接系统可以被配置用于直流电极负极性 (DC-) 或“正接 (straight)”极性,其中,工件136连接到正极引线,而接触端头148和电极134连接到负极引线。进一步,电弧焊接系统可以被配置用于AC焊接,在该AC焊接中,AC波形被提供给接触端头148、电极134和工件136。

[0042] 供电装置102包括控制器152,该控制器操作性地连接到逆变器140,以便控制由该供电装置产生的焊接波形。控制器152可以向逆变器140提供波形控制信号以控制该逆变器的输出。控制器152经由波形控制信号控制逆变器140的输出,以实现期望的焊接波形、焊接电压、焊接电流等。波形控制信号可以包括用于控制在逆变器140内的各种开关(例如,晶体管开关)的操作的多个单独的控制信号。供电装置102进一步包括用户界面105,用户可以通过该用户界面查看并且调整焊接工艺的各种设置和参数(例如,焊接波形参数、电压和/或电流水平、焊丝给送速度等)。控制器152与用户界面105双向通信以在用户界面处提供用户输入和用户输出两者。控制器152经由反馈信号监测焊接工艺的各个方面。例如,电流传感器(比如,电流互感器 (CT) 或分流器154)可以向控制器152提供焊接电流反馈信号,并且电压传感器156可以向控制器提供焊接电压反馈信号。

[0043] 控制器152可以是电子控制器,并且可以包括处理器。控制器152可以包括微处理器、微控制器、数字信号处理器 (DSP)、专用集成电路 (ASIC)、现场可编程门阵列 (FPGA)、离散逻辑电路系统等等中的一者或多者。控制器152可以包括存储器部分(例如, RAM或ROM),该存储器部分存储致使控制器提供在本文中赋予它的功能的程序指令。控制器152可以包括多个物理上分开的电路或电子设备,比如与单独的比较器、逻辑电路等结合的处理器。然而,为了便于解释,控制器152被示出为单体设备。

[0044] 图4a至图4c展示了用于熔敷操作的三个不同的喷射过渡模式。图4a示出了射出式喷射过渡模式,图4b示出了流式或轴向喷射过渡模式,并且图4c示出了旋转喷射过渡模式。在射出式喷射过渡模式(图4a)中,熔融液滴通过超过喷射过渡转变电流水平的相应的电流脉冲而从焊丝电极134的端头射出。流式或轴向喷射过渡模式(图4b)与射出式喷射过渡模式的不同之处在于:更恒定的熔融金属流而不是不同的熔融液滴从焊丝电极134的端头朝向工件136射出。旋转喷射过渡模式(图4c)与流式或轴向喷射过渡模式类似,但添加了赋予熔融金属流的一些旋转。图5a至图5c进一步示出了常规脉冲焊接、GMAW操作的射出式喷射过渡模式。可以在图5a中看到在电极134的端部上生长的液滴200。电流脉冲使液滴200过渡到熔融焊接池或熔池202。在图5b中示出了液滴的过渡。随着电流从脉冲水平降低到基值水平,熔融材料朝向电极134缩回,并且在电极的端部上形成新液滴。在射出式喷射过渡模式中,每个电流脉冲过渡一个液滴。在图5a至图5c中可以看出,电弧132覆盖焊接池202表面的相对小的百分比(例如,50%或更小)。在高熔敷率(例如,161b/hr)下,常规脉冲焊接可能具有小且集中的电弧,该电弧不希望地搅动焊接池202,从而导致不稳定性。

[0045] 本发明采用了脉冲焊接波形。在每个电流脉冲期间,通过以下方式使熔融金属过

渡到工件:熔融液滴的射出式喷射,然后后面接着是熔融金属的轴向喷射和/或旋转喷射。在单个电流脉冲期间顺序地发生这两个或三个不同的喷射过渡模式,从而产生混合脉冲焊接工艺。图6a至图6e示出了混合脉冲焊接工艺,该工艺采用了射出式喷射过渡(图6a、图6b),其后是流式或轴向喷射过渡(图6c),此外后面接着是熔融金属的旋转喷射(图6d)。混合过渡在一个电流脉冲期间组合了至少两个不同的金属过渡模式。混合过渡是通过使用脉冲焊接波形来完成的,其中,峰值电流水平以及波形的峰值电流部分的频率和持续时间足以在峰值电流部分期间将熔融液滴从电极的端部朝向焊接区带射出并且使熔融液滴后面接着是熔融金属的流式喷射和/或旋转喷射过渡。对于给定的高金属熔敷率(例如,161b/hr至251b/hr)以及焊丝给送速度(例如,400至1000英寸/分钟),本发明的脉冲波形的频率比每个脉冲仅过渡一个液滴的常规脉冲式气体保护金属电弧焊接(GMAW-P)波形慢。例如,在具有大致161b/hr的金属熔敷率的熔敷操作中,常规脉冲焊接波形可能具有在200Hz至400Hz的范围内的频率,然而在本混合脉冲焊接工艺中使用的波形较慢并且可能具有在120Hz至150Hz的范围内的频率。

[0046] 与其中每个脉冲使一个液滴过渡到焊接区带的常规重型制造GMAW-P焊接模式相比较,图6a至图6e中所示的混合脉冲焊接工艺使用较慢的脉冲速率或频率以及较长的脉冲。因此,电弧132变得不太集中且更宽,并且其使施加到焊接池202的压力均匀,这提高了稳定性并且允许更好地控制焊接池。也就是说,与常规脉冲焊接工艺相比较,混合脉冲焊接工艺的电弧132覆盖熔融焊接池202的表面的更大部分。两种工艺都将在焊接期间对焊接池202施加类似的压力,但这些力在混合脉冲焊接工艺中分散在焊接池的更大区域上。施加到焊接池202的较低压力与较慢脉冲频率结合使得混合脉冲焊接工艺比常规脉冲焊接工艺更小程度地搅动焊接池。这提高了焊接工艺在高熔敷率下的稳定性。另外,混合脉冲焊接工艺的脉冲频率越慢,就越容易影响到操作员的感官,从而允许操作员慢下来并且精确地制作更大的焊接件。

[0047] 在混合脉冲焊接工艺的每个电流脉冲之后并且在跟在熔融液滴200的射出式喷射后面的流式喷射过渡或旋转喷射过渡之后,焊接电流减小到基值电流水平,以停止喷射过渡并允许另一熔融液滴在电极134的端部上生长。在每个电流脉冲期间通过至少两个不同的喷射模式使金属过渡;一个大的射出液滴,后面紧接着是较小的轴向喷射或旋转喷射液滴。喷射过渡被紧接在每个电流脉冲后面出现的低电流循环基值电流部分中断,这些低电流循环基值电流部分在熔融金属失去控制且不稳定之前破坏熔融金属的旋转。

[0048] 图6a和图6b示出了初始液滴通过超过喷射过渡转变电流水平的电流脉冲被射出到焊接区带。图6c和图6d示出了在同一电流脉冲期间的轴向喷射过渡和旋转喷射过渡。熔融流204在图6d中刚刚开始旋转。焊接波形的基值电流部分使轴向/旋转喷射过渡中断,如在图6e中可以看出。基值电流水平低于喷射过渡转变电流水平,并且停止熔融金属的过渡、同时维持电弧132。在较高的熔敷率下,可能发生一些旋转喷射过渡,这可能导致不稳定性和飞溅。然而,旋转喷射过渡可以通过以下进行控制:在朝向焊接区带射出液滴200之后,限制焊接波形的峰值电流部分的持续时间。

[0049] 图6a至图6e中所示的混合脉冲焊接工艺作为正常的射出液滴过渡来开始,但通过使脉冲频率慢下来并且允许电弧比在常规脉冲焊接中更大程度地分散在焊接池的表面上来继续允许液滴的流经由轴向喷射和/或旋转喷射来过渡。混合脉冲焊接工艺使用单个电

流脉冲将GMAW-P类型过渡模式(大液滴)的液滴过渡与轴向和/或旋转喷射过渡模式组合。

[0050] 当焊接池202的表面积与被电弧132覆盖的焊接池表面积的比率接近1(即,覆盖焊接池的电弧面积几乎是焊接池的尺寸)时,电弧向焊接池施加均匀压力。图6a至图6e中所示的混合脉冲焊接工艺可以将电弧面积放大到几乎为焊接池202的尺寸,以与常规GMAW-P操作相比较在焊接池上提供更均匀的压力。例如,在混合脉冲焊接熔敷操作期间,来自焊丝电极134的电弧132可以覆盖熔融焊接池表面积的至少80%(例如,80%至100%)。这样可以允许操作员更好地控制焊接池。在常规GMAW-P焊接中,焊接池的表面积与被电弧覆盖的面积的比率增加到1以上(例如,电弧基本上小于焊接池的尺寸),并且随着熔敷率增大,熔池倾向于变得湍流并且将围绕电弧从一侧晃荡到另一侧,从而导致不稳定性和飞溅。图6a至图6e中所示的较大电弧锥132倾向于将比常规重型制造GMAW-P焊接中使用的较窄电弧锥更小程度地搅动焊接池202。

[0051] 图7示出了示例混合脉冲焊接电压波形300和电流波形302、以及常规GMAW-P电压波形304和电流波形306。可以看出,用于混合脉冲焊接工艺的焊接波形300、302具有峰值电压和电流部分308、以及基值电压和电流部分310。基值部分310可以包括从峰值电流水平到预设定基值电流水平的收尾(tail-out)。与常规脉冲焊接波形304、306相比较,混合脉冲焊接波形300、302中的峰值部分308和基值部分310的持续时间要长得多。如上所述,混合脉冲焊接波形的示例频率范围是120Hz至150Hz,尽管在120Hz以下和150Hz以上的其他频率也是可能的,并且混合脉冲焊接工艺的熔敷率可以超过16磅/小时。

[0052] 可以看出,混合脉冲焊接波形300、302包括一系列电流脉冲308和交错的基值电流部分310,使得每个电流脉冲通过先前基值电流部分与先前电流脉冲分开并且通过后续基值电流部分与后续电流脉冲分开。在每个电流脉冲期间,在后续基值电流部分出现之前,从焊丝电极的端头射出熔融液滴,并且后面接着是熔融金属背离焊丝电极的端头的流式或轴向喷射。混合脉冲焊接波形300、302的较长峰值部分308(与常规的脉冲波形304、306相比较)在电流脉冲期间发生轴向喷射过渡,后面紧接着是熔融液滴的射出式过渡。在每个电流脉冲期间,在下一基值电流部分出现之前,通过射出式喷射过渡模式并且然后通过与该射出式喷射过渡模式不同的后续第二喷射过渡模式(例如,流式或轴向喷射过渡模式或者旋转喷射过渡模式)使熔融金属从焊丝电极过渡到工件。在电流脉冲期间,旋转喷射过渡模式可以跟在流式或轴向喷射过渡模式后面。因此,在每个电流脉冲期间,在后续基值电流部分出现之前,射出的熔融液滴后面可以接着是熔融金属背离焊丝电极的端头的流式/轴向喷射和旋转喷射中的一者或两者。在某些实施例中,在电流脉冲期间并且在后续基值电流部分出现之前,熔融金属的流式/轴向喷射后面接着是熔融金属的旋转喷射。在此类实施例中,在每个电流脉冲期间发生三种不同的过渡模式(射出式喷射过渡模式,后面接着是流式/轴向喷射过渡模式,后面接着是旋转喷射过渡模式)。跟在电流脉冲后面的后续或下一基值电流部分停止喷射过渡模式(例如,停止流式/轴向喷射模式或旋转喷射模式),并且在下一过渡周期允许液滴积聚并允许焊丝电极被推动到适当位置。从基值电流部分310到电流峰值308的转变在混合脉冲焊接波形300、302中可能比在常规脉冲焊接波形304、306中慢。在基值部分310和转变到电流峰值308期间均发生液滴生长。在转变到电流峰值308期间,电流并非高到足以促进喷射过渡,而是焊丝电极的加热显著高于基值部分310期间的加热。焊丝电极的端部在转变到电流峰值308期间将进一步熔融,并且将由于表面张力而增加

熔融液滴的尺寸。减慢从基值电流部分310转变到电流峰值308的速度会促进较大液滴的生长,这是令人期望的。在混合脉冲焊接工艺中使用的电流水平下,射出式喷射过渡模式倾向于比流式/轴向或旋转喷射过渡模式更稳定,并且因此,射出式喷射过渡模式的较大液滴形成可能是令人期望的。

[0053] 如上文所讨论,与在常规GMAW-P操作中产生的电弧相比较,混合脉冲波形跨越焊接池产生较大的电弧面积。在高熔敷率(例如,161b/hr或更大)下,更大的电弧覆盖面积在熔融焊接池上更平缓。常规GMAW-P脉冲焊接波形在如此高的熔敷率下产生具有短电弧长度的较小的更集中的电弧。当在大约高于161b/hr执行常规GMAW-P焊接时,在焊接熔池中形成的凹陷部变得过大并且焊接池开始将电弧几乎包裹成埋弧,并且熔池随着液态金属(焊接池)从一侧晃荡到另一侧而开始变得不稳定。上面讨论的混合脉冲焊接工艺可以通过放大电弧来减小熔融焊接池的搅动和不稳定性,该电弧跨越焊接池施加更均匀的压力。此外,混合脉冲焊接工艺中使用的脉冲频率越慢,就越容易影响到操作员的感官(例如,视觉和/或听力),从而允许操作员慢下来并且精确地制作更大的焊接件。

[0054] 图8示出了用于执行混合金属过渡的另外的示例混合脉冲焊接电压波形312和电流波形314。高峰值电流部分316具有大于600A的峰值电流水平。高峰值电流部分316使熔融液滴从焊丝电极的端头朝向工件上的焊接区带射出。第二较低峰值电流部分318(例如,大约400A)跟在高峰值电流部分后面。第二峰值电流部分318提供了比部分316的峰值电流水平低的喷射电流水平。第二峰值电流部分318引起熔融金属朝向焊接区带的流式喷射和旋转喷射中的一者或两者。具有小于300A的电流水平的基值电流部分320例如跟在第二峰值电流部分318后面。基值电流部分320可以包括从第二峰值电流部分318的喷射电流水平到预设定基值电流水平的收尾。基值电流部分320停止第二峰值电流部分318期间发生喷射过渡,并且在下一过渡周期允许液滴积聚且允许焊丝电极被推动到适当位置。

[0055] 图9展示了操作性地连接到供电装置以控制输出电流波形的示例控制器152控制器的实施例。控制器152包括至少一个处理器414,该至少一个处理器可以经由总线子系统412与若干个外围设备通信。这些外围设备可以包括存储子系统424,该存储子系统包括例如存储器子系统428和文件存储子系统426、用户接口输入设备422、用户接口输出设备420以及网络接口子系统416。输入和输出设备允许用户与控制器152交互。网络接口子系统416提供到外网的接口并且联接到其他计算机系统中的对应接口装置。

[0056] 用户接口输入设备422可以包括键盘、定点设备(比如鼠标、轨迹球、触摸板或图形输入板)、扫描仪、并入显示器中的触摸屏、音频输入设备(比如语音识别系统、麦克风)和/或其他类型的输入设备。总体上,使用的术语“输入设备”旨在包括将信息输入到控制器152中或输入到通信网络上的所有可能类型的设备和方式。

[0057] 用户接口输出设备420可以包括显示子系统或非视觉显示器(比如音频输出设备)。显示子系统可以包括阴极射线管(CRT)、平板设备(比如液晶显示器(LCD))、投影设备、或者用于创建可见图像的某种其他机构。显示子系统还可以比如经由音频输出设备来提供非视觉显示。总体上,使用的术语“输出设备”旨在包括将来自控制器152的信息输出给用户或者输出到另一个机器或计算机系统的所有可能类型的设备和方式。

[0058] 存储子系统424提供存储编程和数据构造的非暂时性计算机可读存储介质,这些编程和数据构造提供了在本文中所描述的一些或所有控制算法和软件模块的功能。这些软

件模块一般是由处理器414单独地或与其他处理器组合地执行的。存储子系统中使用的存储器828可以包括多个存储器,该多个存储器包括:主随机存取存储器(RAM)430,其用于在程序执行期间存储指令和数据;以及只读存储器(ROM)432,其中存储有固定指令。文件存储子系统426可以为程序和数据文件提供持久存储区,并且可以包括硬盘驱动器、快闪存储器、软盘驱动器以及相关联的可移除介质、CD-ROM驱动器、光驱或可移除介质盒。实施某些实施例的功能的模块可以通过文件存储子系统426存储在存储子系统424中,或者存储在(多个)处理器414可访问的其他机器中。

[0059] 总线子系统412提供了一种用于让控制器152的多个不同的部件和子系统按预期彼此通信的机制。尽管总线子系统412被示意性地示出为单根总线,但是总线子系统的替代性实施例可以使用多根总线。

[0060] 控制器152的许多其他配置(具有比图9所描绘的控制器更多或更少的部件)是可能的。

[0061] 应该清楚的是,本披露内容是通过举例的方式,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、修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。

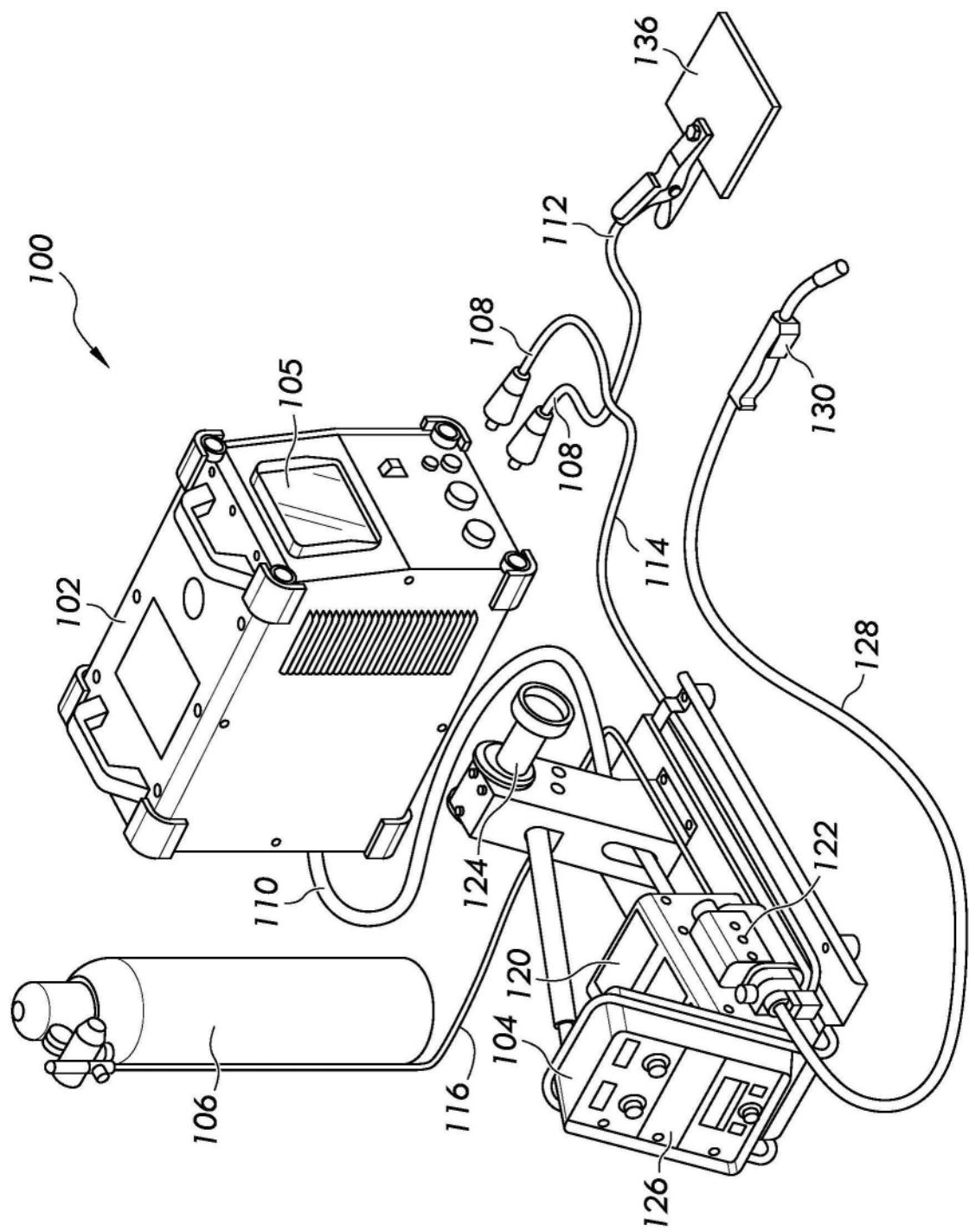


图1

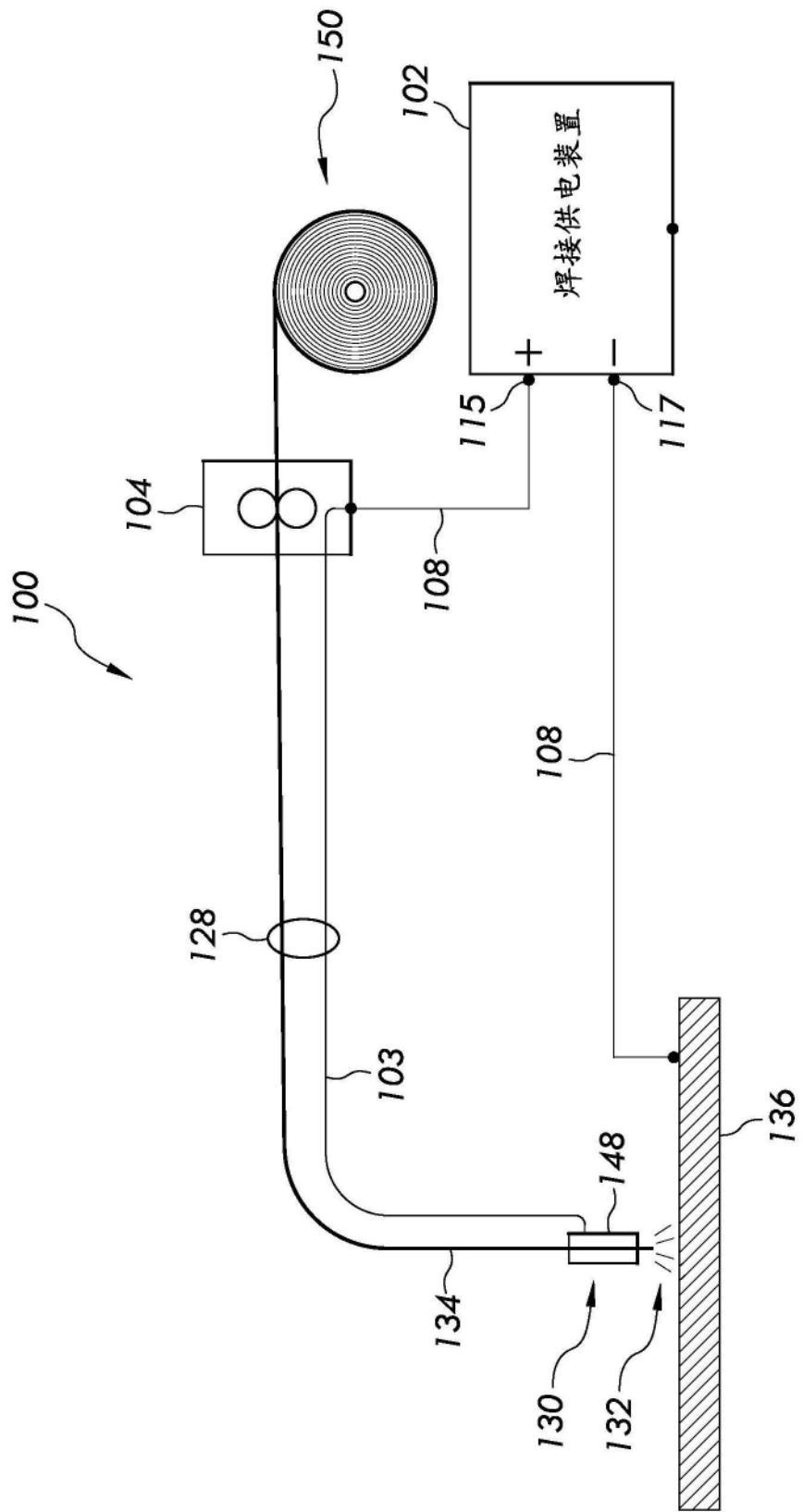


图2

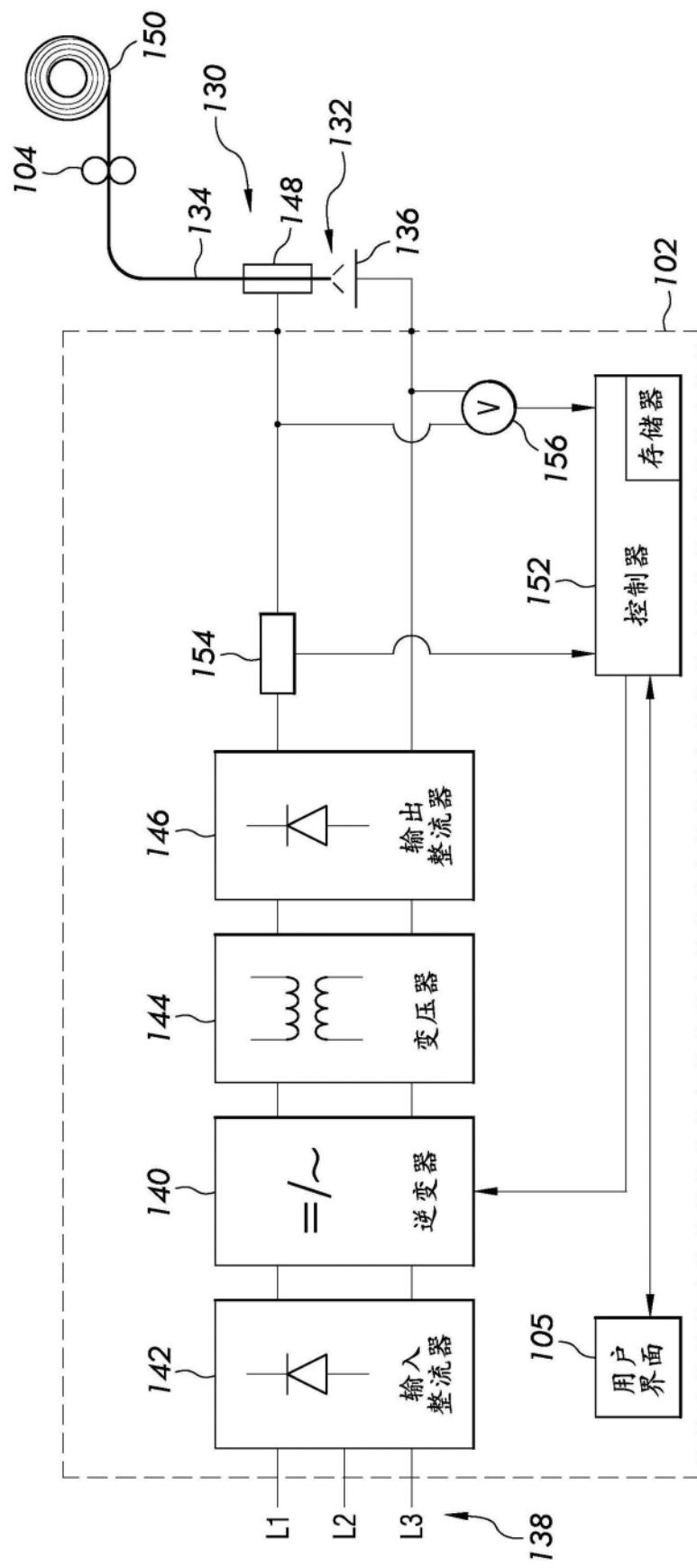


图3

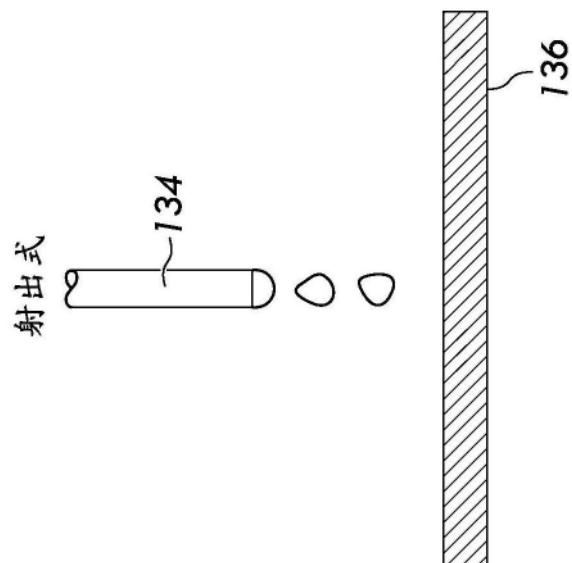


图4A

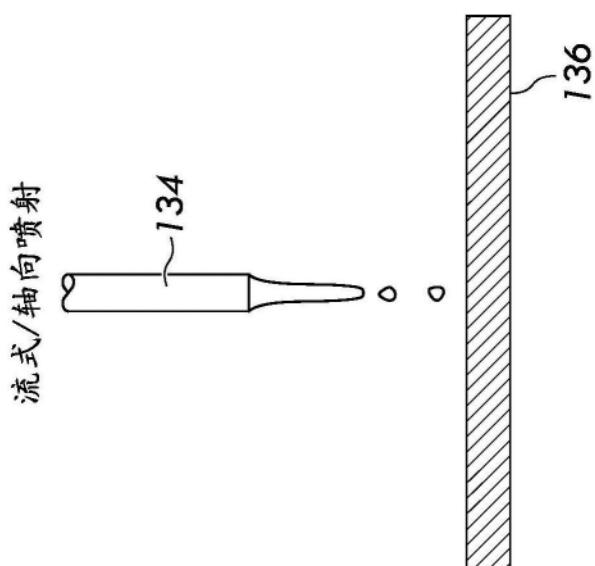


图4B

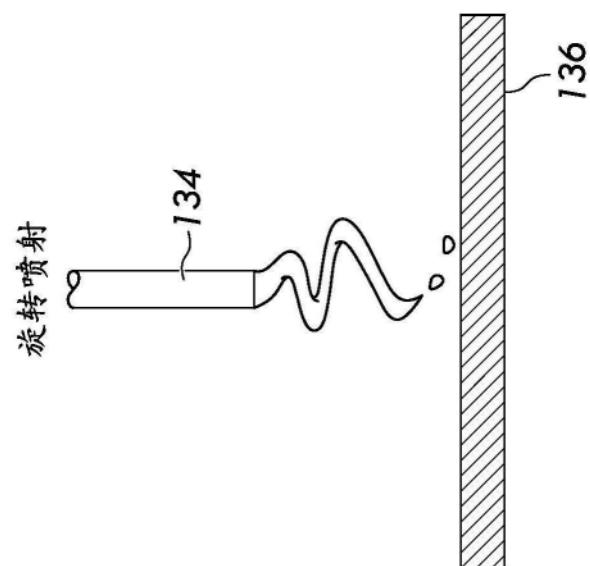


图4C

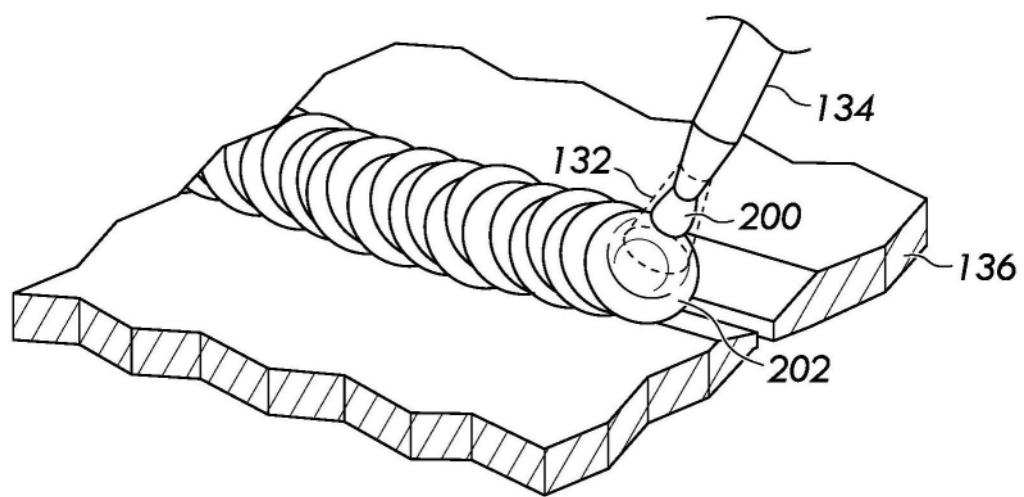


图5A

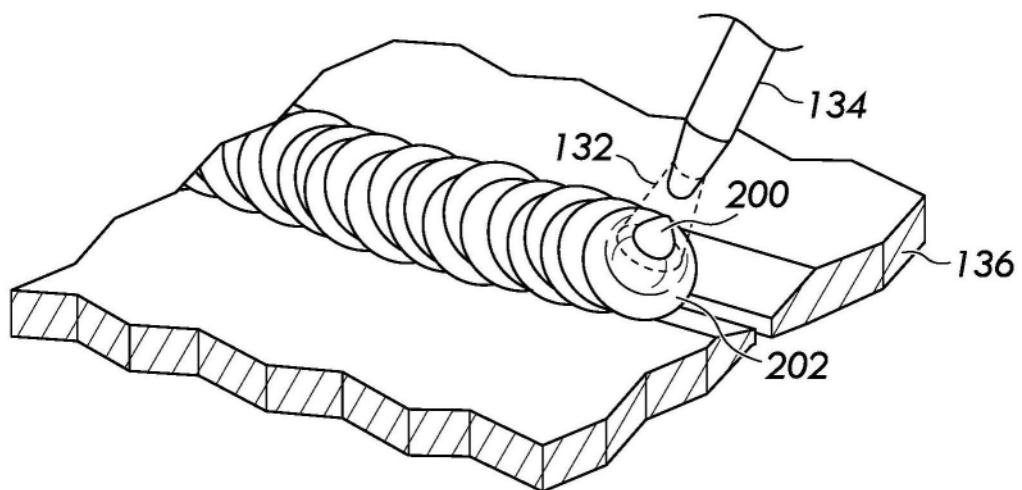


图5B

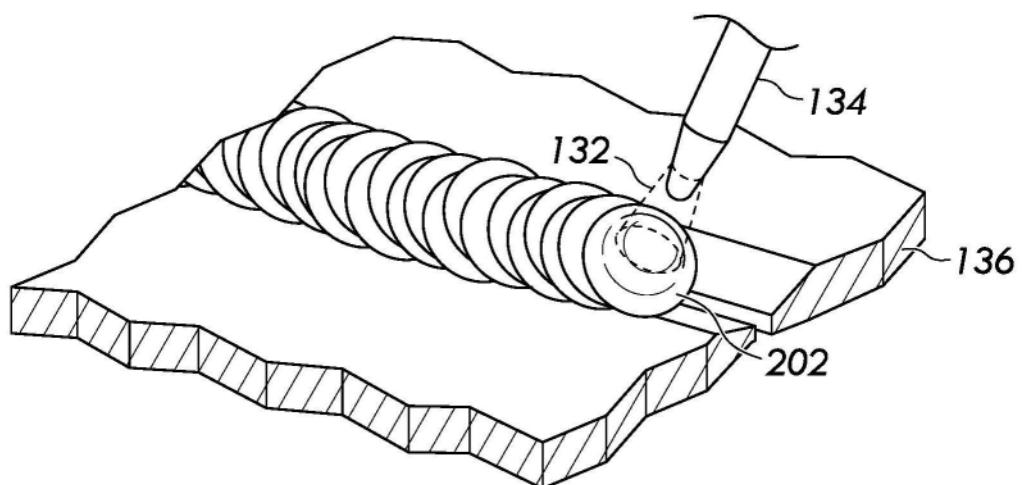


图5C

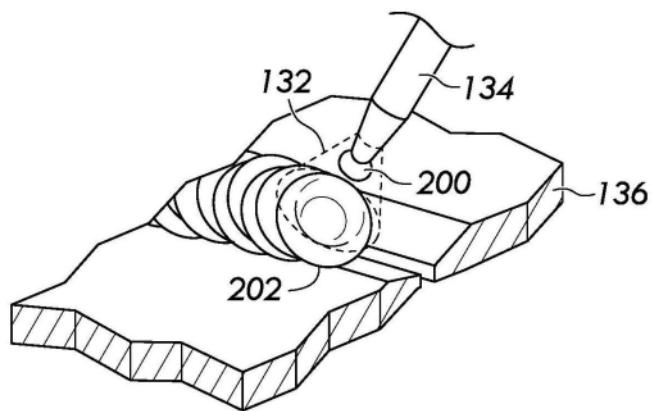


图 6A

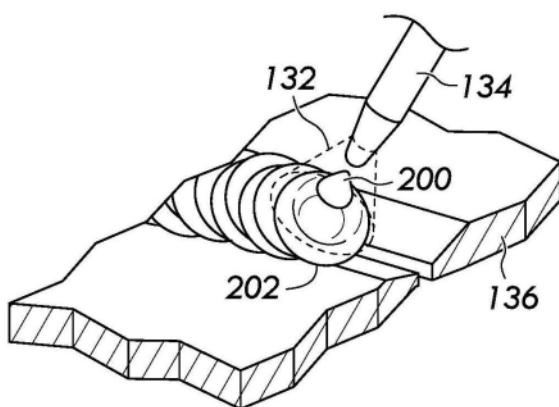


图 6B

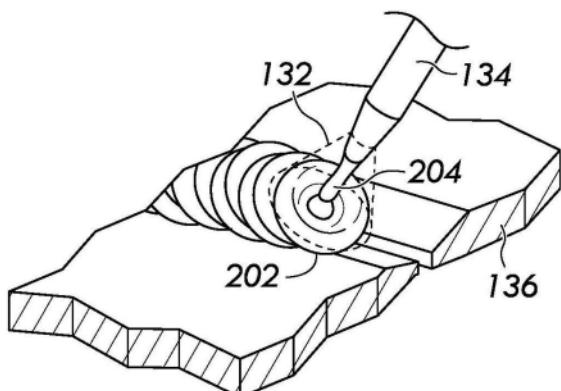


图 6C

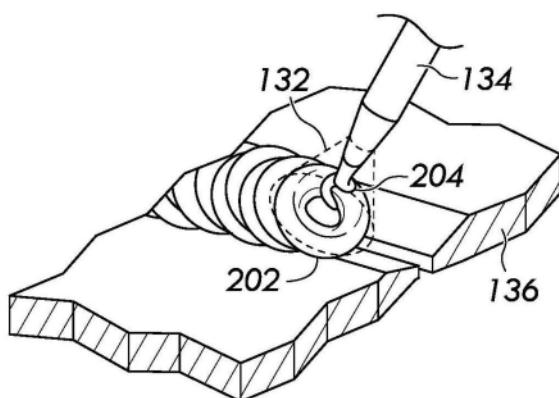


图 6D

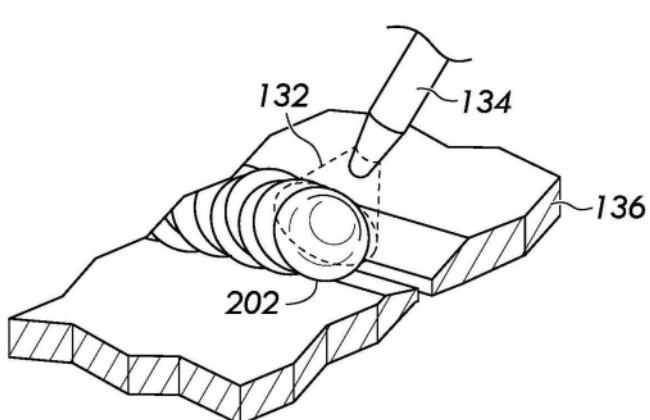


图 6E

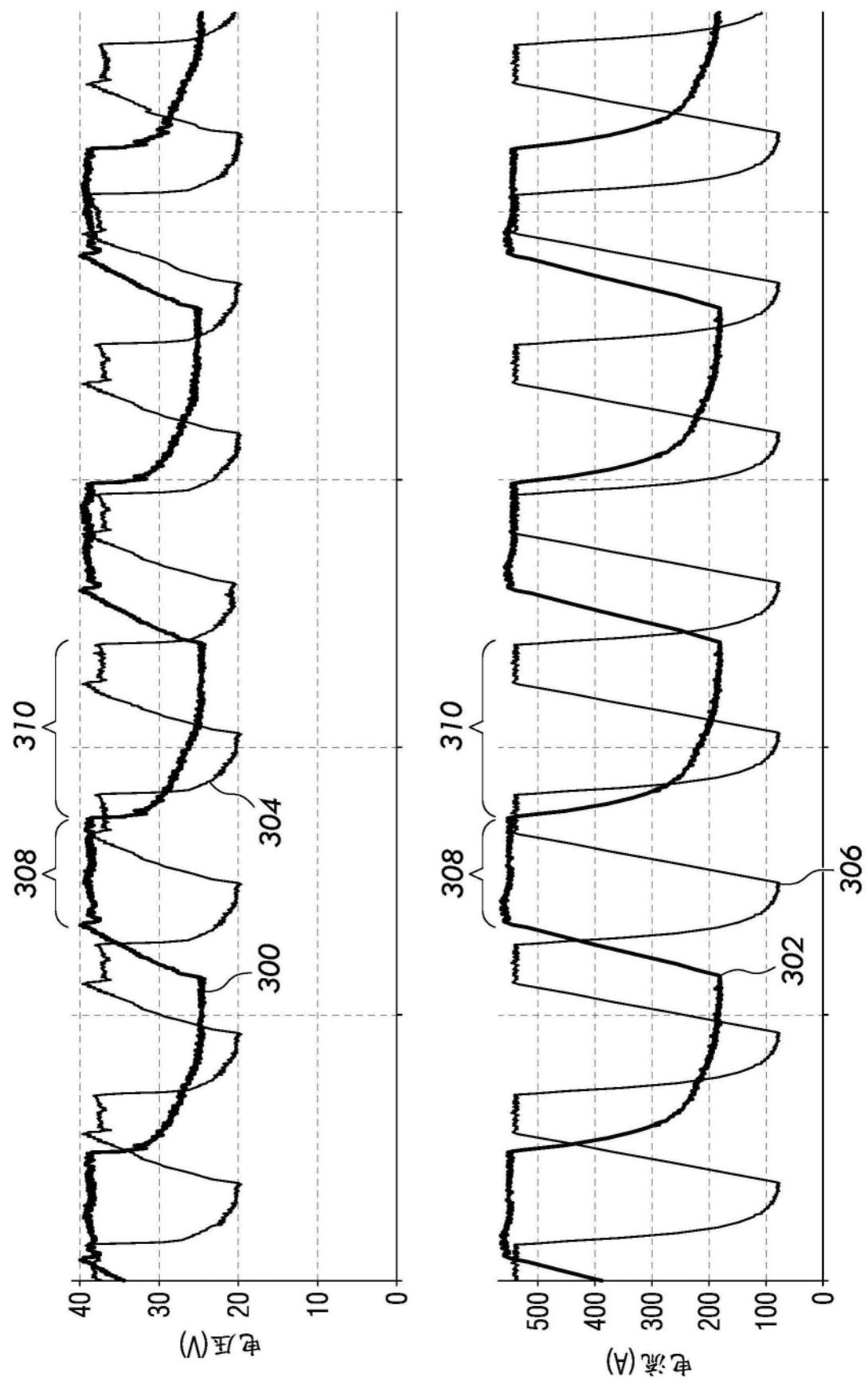


图7

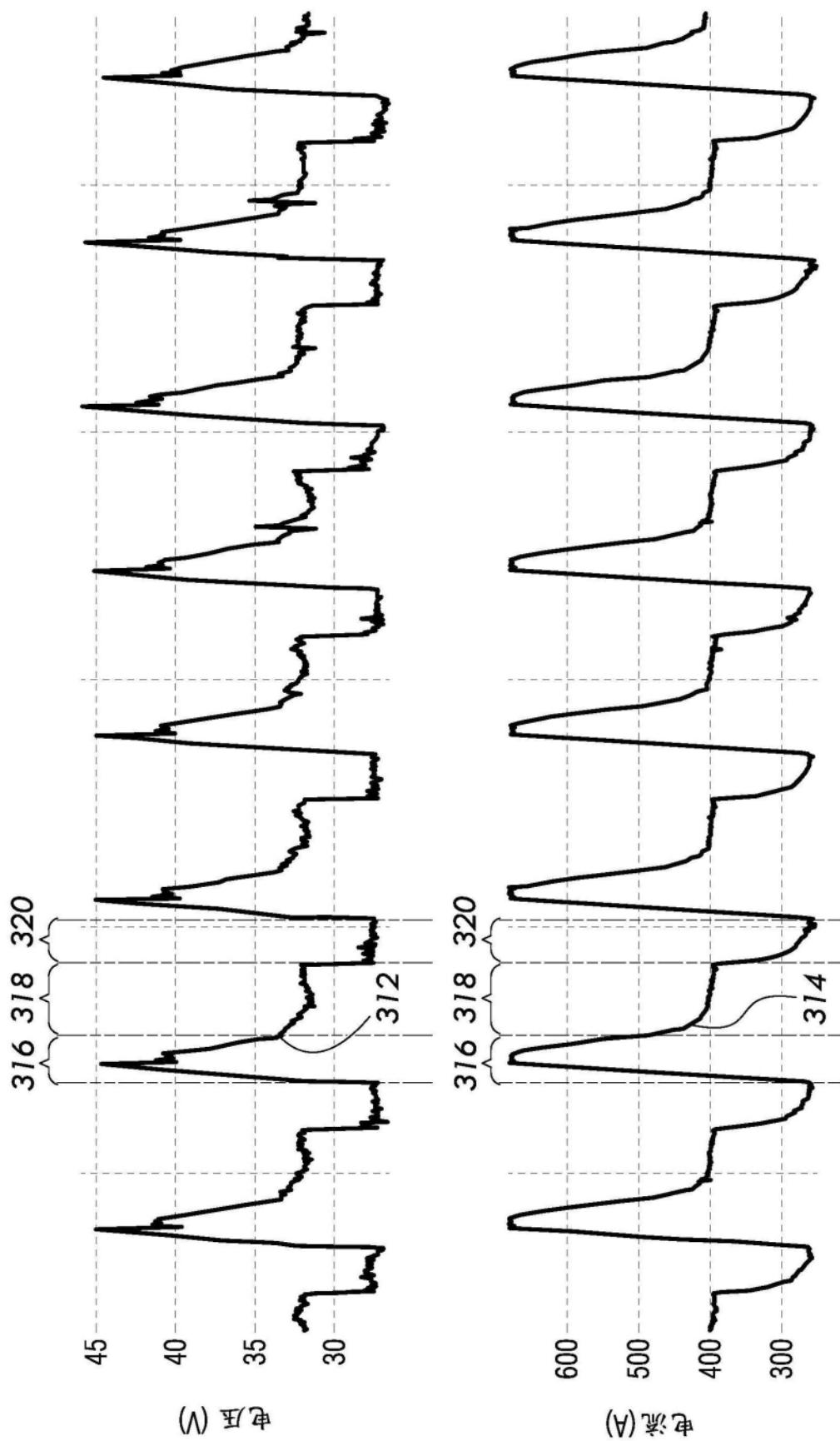
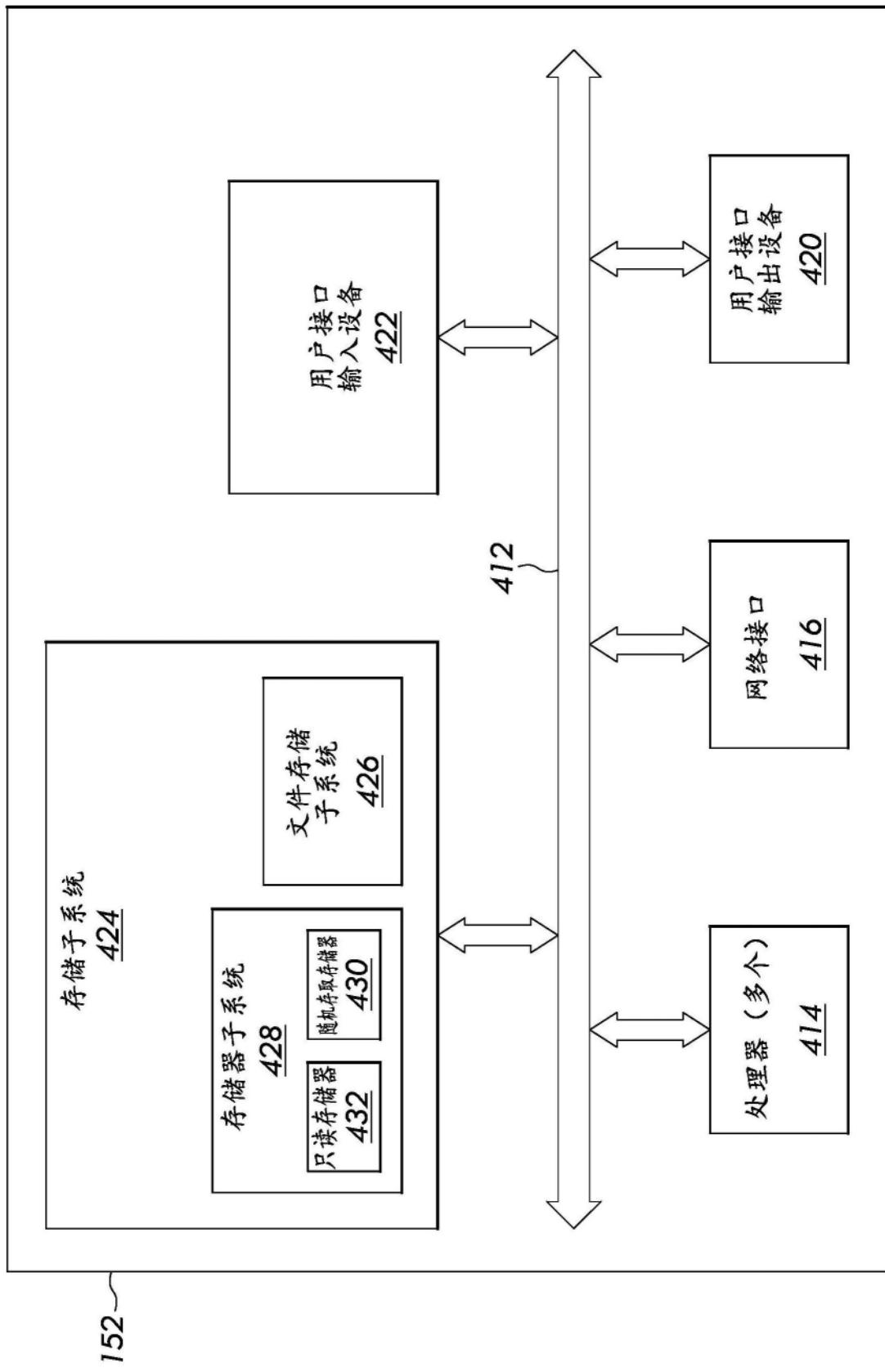


图8



冬9