



(10)授权公告号 CN 105008079 B

(45)授权公告日 2017. 11. 17

(21)申请号 201480013188.1

(22)申请日 2014.02.22

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105008079 A

(43)申请公布日 2015.10.28

(30)优先权数据
13/828,040 2013.03.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.09.09

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2014/017864 2014.02.22

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/158531 EN 2014.10.02

(73)专利权人 伊利诺斯工具制品有限公司
地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 布莱恩·达斯汀·马施克
阿曼达·吉恩·达西

(74)专利代理机构 上海脱颖律师事务所 31259
代理人 脱颖

(51)Int.Cl.
B23K 9/09(2006.01)
B23K 9/095(2006.01)

(56)对比文件
US 6515259 B1,2003.02.04,
CN 1298778 A,2001.06.13,
审查员 罗莎

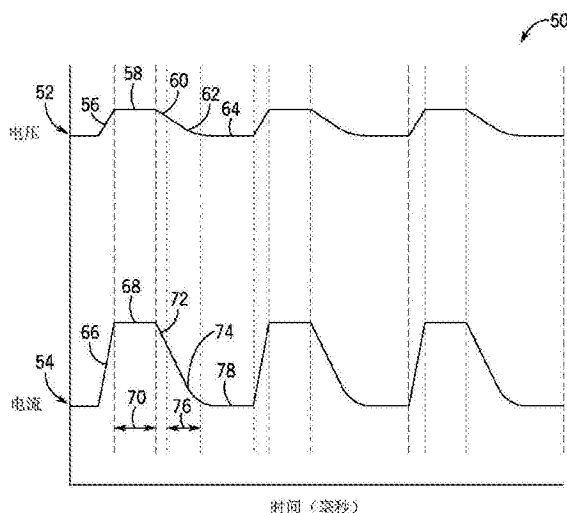
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

正接脉冲焊接系统和方法

(57)摘要

一种焊接系统包括电源,该电源被配置成产生功率并且将所述功率输送给焊炬。根据正接脉冲焊接制度提供功率,所述正接脉冲焊接制度包括循环峰值,随后是稳定阶段,然后返回到背底水平。所述稳定阶段具有大体上抛物线型电流形状,并且以电流闭合回路方式执行直到过渡点,其中控制变成电压闭合回路,直到达到背底水平。提高了所得的焊接性能,实现了球状过渡模式、减少的短路和增强的电弧稳定性。



1. 一种焊接系统,包括:

电源,被配置成产生焊接功率并且将所述焊接功率输送到焊炬,其中所述焊炬与所述电源的负输出端子耦接上;

焊接送丝机,被配置成使金属芯电极以一定的前进速率进入到所述焊炬中;以及

控制电路,被配置成实施正接脉冲焊接制度,所述正接脉冲焊接制度包括在峰值阶段期间对所述焊接功率的电压闭合回路控制、从在所述峰值阶段期间对所述焊接功率的电压闭合回路控制到所述峰值阶段之后的稳定阶段期间对所述焊接功率的大体上抛物线型的电流闭合回路控制的过渡、以及从在所述稳定阶段期间对所述焊接功率的大体上抛物线型的电流闭合回路控制到所述稳定阶段之后的返回阶段期间对所述焊接功率的电压闭合回路控制的过渡。

2. 根据权利要求1所述的焊接系统,其中所述稳定阶段包括由每平方单位时间电流的关系定义的电流的下降斜坡。

3. 根据权利要求1所述的焊接系统,其中所述返回阶段包括仅成比例的焊接电压增益。

4. 根据权利要求1所述的焊接系统,其中所述峰值阶段的前沿包括到预定过渡点的线性电流闭合回路控制斜坡。

5. 根据权利要求1所述的焊接系统,其中所述焊接功率在所述峰值阶段期间的电压命令在18V至28V之间。

6. 根据权利要求1所述的焊接系统,其中所述稳定阶段与所述返回阶段之间的过渡在25A至325A之间可编程。

7. 根据权利要求6所述的焊接系统,其中所述稳定阶段与所述返回阶段之间的过渡在50A以上。

8. 根据权利要求6所述的焊接系统,其中所述稳定阶段与所述返回阶段之间的过渡在100A以上。

9. 根据权利要求1所述的焊接系统,其中所述正接脉冲焊接制度产生从所述电极到熔池的熔融金属的大体上熔滴过渡。

10. 一种焊接方法,包括:

建立到所需峰值过渡的线性电流闭合回路控制斜坡;

在峰值阶段期间通过电压闭合回路调节焊接功率;

从对所述焊接功率的电压闭合回路调节过渡到对所述焊接功率的电流闭合回路调节;

在稳定阶段建立到所需返回过渡的所述焊接功率的非线性电流闭合回路斜坡;并且

建立到背底功率水平的所述焊接功率的电压闭合回路返回;

其中在具有正接极性的整个焊接操作期间循环地执行上述步骤。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中所述稳定阶段包括由每平方单位时间电流的关系定义的电流的下降斜坡。

12. 根据权利要求10所述的方法,其中所述电压闭合回路返回包括仅成比例的电压增益。

13. 根据权利要求10所述的方法,其中所述步骤用金属芯焊丝电极执行。

14. 根据权利要求10所述的方法,其中所述焊接功率在所述峰值阶段期间的电压命令在18V至28V之间。

15. 根据权利要求10所述的方法, 其中所述稳定阶段与所述电压闭合回路返回之间的过渡在25A至325A之间可编程。

16. 根据权利要求10所述的方法, 其中所述焊接操作产生从电极到熔池的熔融金属的大体上熔滴过渡。

17. 一种非瞬变计算机可读介质, 上面存储有计算机可执行代码, 所述代码包括用于以下步骤的指令:

建立到所需峰值过渡的线性电流闭合回路控制斜坡;

在峰值阶段期间通过电压闭合回路调节焊接功率;

从对所述焊接功率的电压闭合回路调节过渡到对所述焊接功率的电流闭合回路调节;

在稳定阶段期间建立到所需返回过渡的非线性电流闭合回路斜坡; 并且

建立到背底功率水平的电压闭合回路返回;

其中在具有正接极性的整个焊接操作期间循环地执行上述步骤。

18. 根据权利要求17所述的非瞬变计算机可读介质, 其中所述稳定阶段包括由每平方单位时间电流的关系定义的电流的下降斜坡。

19. 根据权利要求17所述的非瞬变计算机可读介质, 其中所述电压闭合回路返回包括仅成比例的电压增益。

20. 根据权利要求17所述的非瞬变计算机可读介质, 其中所述步骤用金属芯焊丝电极执行。

21. 根据权利要求17所述的非瞬变计算机可读介质, 其中所述焊接功率在所述峰值阶段期间的电压命令在18V至28V之间。

22. 根据权利要求17所述的非瞬变计算机可读介质, 其中所述稳定阶段与所述电压闭合回路返回之间的过渡在25A至325A之间可编程。

正接脉冲焊接系统和方法

背景技术

[0001] 本发明总体上涉及焊接工艺,并且更具体地讲,涉及在平衡喷射气体保护金属电弧焊接(poised spray gas metal arc welding,GMAW-P)工艺中控制电极过渡的方法和系统。

[0002] 焊接已经成为各行业中无所不在的工艺,并且可以用于方便许多金属构造和组装应用。例如,一通常称为气体保护金属电弧焊接(gas metal arc welding,GMAW)的工艺是最普遍的具体焊接工艺,这种焊接工艺使用连续填充金属电极与工件之间的焊接电弧。某些GMAW衍生工艺或过渡模式,例如,喷射过渡和脉冲喷射过渡(例如,GMAW-P)可以包括较高的电压水平、较高的电流水平和较高的送丝速度(wire feed speed,WFS)以使金属电极材料的液滴越过焊接电弧过渡到较薄的金属工件上。遗憾的是,当使用正接极性焊接电弧时,金属电极很难越过焊接电弧过渡材料。

[0003] 因此,尽管可能有利的是在许多应用中利用脉冲正接焊接制度,但是常规的技术会给焊缝增加太多能量,造成桥接短路、不一致的金属过渡和不稳定的电弧长度,并且可能导致不期望的飞溅。本领域的改进将允许利用这种波形,同时提高焊接性能,将会是本领域的进步。

发明内容

[0004] 在一个实施例中,一种焊接系统包括电源,被配置成产生焊接功率并且将所述焊接功率输送到焊炬,其中所述焊炬与所述电源的负输出端子耦接上;焊接送丝机,被配置成使金属芯电极以一定的前进速率进入到所述焊炬中;以及控制电路,被配置成实施正接脉冲焊接制度,所述正接脉冲焊接制度包括在峰值阶段期间对所述焊接功率的电压闭合回路控制、从在所述峰值阶段期间对所述焊接功率的电压闭合回路控制到所述峰值阶段之后的稳定阶段期间对所述焊接功率的大体上抛物线型的电流闭合回路控制的过渡、以及从在所述稳定阶段期间对所述焊接功率的大体上抛物线型的电流闭合回路控制到所述稳定阶段之后的返回阶段期间对所述焊接功率的电压闭合回路控制的过渡。

[0005] 在另一个实施例中,一种焊接方法,包括:建立到所需峰值过渡的线性电流闭合回路控制斜坡;在峰值阶段期间通过电压闭合回路调节焊接功率;从对所述焊接功率的电压闭合回路调节过渡到对所述焊接功率的电流闭合回路调节;在稳定阶段建立到所需返回过渡的所述焊接功率的非线性电流闭合回路斜坡;并且建立到背底功率水平的所述焊接功率的电压闭合回路返回;其中在具有正接极性的整个焊接操作期间循环地执行上述步骤。

[0006] 在另一个实施例中,一种非瞬变计算机可读介质,上面存储有计算机可执行代码,所述代码包括用于以下步骤的指令:建立到所需峰值过渡的线性电流闭合回路控制斜坡;在峰值阶段期间通过电压闭合回路调节焊接功率;从对所述焊接功率的电压闭合回路调节过渡到对所述焊接功率的电流闭合回路调节;在稳定阶段期间建立到所需返回过渡的非线性电流闭合回路斜坡;并且建立到背底功率水平的电压闭合回路返回;其中在具有正接极性的整个焊接操作期间循环地执行上述步骤。

附图说明

[0007] 当结合附图阅读以下详细说明时,会更明白本发明的这些和其他特征、方面和优点,附图中相似的附图标记代表在整个附图中相似的零件,其中:

[0008] 图1是根据本公开的示例性GMAW系统的框图;

[0009] 图2是在改进的脉冲焊接工艺中使用直流正接(direct current electrode negative, DCEN)极性的图1的GMAW系统的焊接电极的示例性正视图;

[0010] 图3是图2所示的电极的示例性正视图,示出了在脉冲焊接工艺的峰值阶段期间的材料过渡;

[0011] 图4是脉冲焊接工艺电压和电流波形的示例性计时图;并且

[0012] 图5是脉冲焊接工艺的某些阶段的详细图示。

具体实施方式

[0013] 焊接工艺已经变得在各行业中无所不在,并且可以用于方便金属构造和组装应用。GMAW是最普遍的具体焊接工艺,这种焊接工艺使用连续填充金属电极与工件之间的焊接电弧。某些GMAW衍生工艺或过渡模式,例如,喷射过渡和脉冲喷射过渡(GMAW-P)可以包括较高的电压水平、较高的电流水平和较高的送丝速度(wire feed speed, WFS)以使金属电极材料的液滴越过焊接电弧以在较薄的金属工件上执行焊接任务。遗憾的是,当使用正接极性焊接电弧时,金属电极很难越过焊接电弧过渡材料。

[0014] 因此,本实施例涉及可用于调节电压和电流输出水平的一个或多个特性以改善金属电极越过DCEN脉冲焊接电弧过渡以及电弧稳定性的系统和方法。具体地讲,减小脉冲焊接制度的各峰值脉冲的下降沿过渡在峰值阶段与背底阶段之间建立“稳定阶段”,从而允许在电流闭合回路输出时有充足的时间和缓慢的响应性用于沉积物沉淀,同时避免或减少需要清除的“硬短路”。在现有技术中,在峰值阶段之后有力的电流控制往往造成电压迅速变化、电弧不稳定、飞溅和频繁短路。电压和电流输出水平的其他特性,例如,脉冲频率、背底周期和脉冲宽度,也可以经过调节以改善电弧控制。如本文所用“稳定阶段”可以指的是在过渡到电压(和电流)返回到背底水平的阶段之前在脉冲焊接制度的峰值阶段之后的电流(和电压)控制。稳定阶段通常可以使用并且结合直流正接脉冲焊接技术一起使用,并且其特征在于焊接功率输出中的抛物线型电流闭合回路下降。稳定阶段可以在比常规的脉冲焊接制度更高的编程电流终止。然后,在稳定阶段之后的“返回背底”阶段中,仅成比例的增益用于电压闭合回路控制。然而,应当理解的是,本文所述的技术可以不限于喷射过渡和脉冲喷射过渡GMAW工艺,但是也可以扩展到其他的GMAW工艺。实际上,如以下所述,不是喷射型过渡,稳定阶段往往促进更多填充金属熔滴过渡到熔池,特别是当使用正接极性时。

[0015] 由于考虑到上述内容,所以可用于描述例如图1所示的示例性GMAW系统10的焊接系统的实施例。图示的系统通常可以作为自动或半自动(例如,机器人)焊接系统,尽管图示的构造可以以多种方式变化,并且这些技术也可以用于手持式焊接工艺。如图所示,焊接系统10可以包括焊接电源12、焊接送丝机14、气源系统16和焊炬18。焊接电源12通常可以为焊接系统10供应焊接功率。例如,电源12可以通过电源电缆20耦接到焊接送丝机14上,并且通过引线电缆22耦接到工件24上,例如穿过夹钳26。在图示的实施例中,焊接送丝机14通过焊

接电缆28耦接到焊炬18上,以便在焊接系统10工作期间供应例如金属芯焊接电极和功率到焊炬18。在一些构造中,送丝机可以整合在电源中。来自气源系统16的气体通常也通过焊接电缆28路由。关于工件,据信本技术可以特别好地适用于包括较薄的镀锌(镀层)钢的工件,尽管可以按照公开的方式焊接其他材料和其他大小的材料。此外,各种行进速度可以适应手工移动(或者更典型,机器人移动)焊炬或工件或焊炬和工件二者,例如行进速度至少30英寸/分钟,尽管也可以利用其他速度。

[0016] 焊接电源12通常可以进一步包括功率转换电路(未单独示出),该功率转换电路接收来自电源30(例如,交流电网、发动机/发电机组或它们的组合)的输入功率,调节输入功率,并且提供直流或交流输出功率用于焊接。焊接电源12还包括用于提供焊接功率输出的输出端子,并且这些输出端子可以允许根据反接或正接极性焊接制度进行连接。具体地讲,焊接电源12可以根据焊接系统10的需求给焊接送丝机14供电,并且通过延伸,可以给焊炬18供电。在本公开设想到的某些实施例中,焊炬18可以与电源和送丝机耦接上以实施正接焊接制度,并且特别是脉冲焊接工艺。也就是说,电源12可以用于提供直流正接输出,其中电流从负方向流到正方向而流过整个电路,并且因此影响焊接电弧和/或焊接工艺。除直流正接之外,电源12也可以包括能将交流输入功率转换成直流反接(direct current electrode positive,DCEP)输出、直流可变极性、脉冲直流或可变平衡(例如,平衡或不平衡)交流输出以执行一种或多种焊接工艺的电路元件(例如,变压器、整流器、开关等)。

[0017] 对于GMAW实施例,焊接系统10还包括气源系统16以从一个或多个保护气源供应保护气体或保护气体混合物到焊炬18。保护气体可以是能够提供给焊接电弧和/或熔池以便提供特定的局部气氛(例如,保护焊接电弧,提高电弧的稳定性,限制金属氧化物的形成,改善金属表面的润湿,改变焊缝熔敷的化学成分等)的任何气体或气体的混合物。例如,保护气体可以包括氩气(Ar)、氦气(He)、二氧化碳(CO₂)、氧气(O₂)和氮气(N₂)之一或它们的混合物。

[0018] 因此,如上所述,焊炬18通常接收来自焊接送丝机14的金属焊接电极,以及来自气源系统16的保护气流,以便在工件24上执行焊接操作。在操作期间,焊炬18可以带到工件22附近,使得焊接电极32接近工件并且建立焊接电弧34。进一步据信,本技术可以特别结合特定类型的电极焊丝使用。例如,电极34可以是适用于与直流正接焊接极性一起使用的金属芯焊丝。在这种情况下,电极将包括外皮,外皮由围绕一个或多个金属芯的金属构成。焊接电极也可以包括焊剂或合金成分,这些焊剂或合金成分可以充当电弧稳定剂并且可以进一步变成至少部分地整合到焊缝中。可用于根据本技术的直流正接脉冲焊接的一种金属芯焊丝公开于Barhorst等人在2013年1月16日提交的题为“用于焊接电极的系统和方法”的美国专利申请第13/743,178号,该专利申请通过引用的方式由此并入本公开中。

[0019] 在某些实施例中,焊接电源12、焊接送丝机14以及气源系统16均可由控制电路36控制并命令。控制电路36将包括一个或多个处理器38并且配合数据处理及感测电路,该数据处理及感测电路可以通信地耦接到存储器40上以执行存储在用于实施当前公开的技术的存储器中的指令。这些指令可以编码成存储在有形的非瞬变计算机可读的介质(例如,存储器40和/或其他存储设备)中的程序或代码。脉冲焊接技术通常可以针对具体的焊丝类型和尺寸进行预编程,并且所需的特定工艺可以由焊接操作员通过界面(未单独示出)进行选择。处理器38可以是通用处理器、片上系统(system-on-chip,SoC)设备、专用集成电路

(application-specific integrated circuit, ASIC)或其他处理配置。处理器38也可以支持操作系统,该操作系统能支持应用,例如,可得自Illinois Tool Works, Inc的Pro-Pulse[™]、Accu-Pulse[™]、Accu-Curve[™]和Profile Pulse[™]。类似地,存储器40可以包括例如随机存取存储器(random-access memory, RAM)、只读存储器(read-only memory, ROM)、闪存(例如, NAND)等。应当进一步理解的是,在一个实施例中,控制电路36的存储器40可以闪速更新(例如,通过有线和/或无线数据传输、编程等)以包括指令来改变焊接输出功率的一个或多个参数特性,并且通过延伸,改变焊接电弧34的特性。应当指出的是,在许多配置中,可以给电源和送丝机设置单独的处理及控制电路。电源通常执行用于控制产生所需输出的功率电子器件(例如, SCR、IGBT等)的控制信号的处理。在当前设想到实施例中,利用稳定阶段限定直流正接脉冲焊接工艺的代码存储在存储器40中并且由电源中的处理电路来执行。

[0020] 如上所述,控制电路36的元件通信地耦接至(或者嵌入)焊接电源12、焊接送丝机14和气源系统16,并且如上所述,提供与上述各元件相关的一个或多个参数(例如,电压和电流输出、送丝速度、自动化应用的行进速度等)的控制。

[0021] 图2示出了使用直流正接极性焊接电弧34的焊接工艺的实施例。如上所述,焊接电极32,一旦通电并且位于工件附近,就建立焊接电弧34以执行工件22的焊接。具体地讲,当使用直流正接极性焊接电弧34时,特别在焊丝电极处产生加热,从而得到比直流反接工艺更小的熔深。在这种工艺中,电极被称为“正接”,而工件为“反接”。电子流,由箭头42表示,从电极32到达工件,并且主要到达熔池44。这种技术有时候称为“正极性”。一般而言,电弧长度46维持在电极尖端与熔池44之间。电弧长度可以在一定程度上确定,并且在许多方面由输入到电极并且由此穿过电弧、熔池和工件的功率来控制。尽管在许多现有技术中,人们做出了许多技术努力来严格控制电弧长度,本技术,通过使用脉冲峰值之后的稳定阶段,趋向于比严格控制电弧长度更强调电弧稳定性。

[0022] 此外,在常规的GMAW-P工艺中,从电极的金属过渡趋向于以喷射模式过渡。在这些技术中,焊接电源使焊接输出以高峰值电流脉冲,该峰值电流设置在形成喷射过渡的水平并且维持电弧但是太低而不足以使任何金属过渡的低背底电流水平。因为金属在循环的背底阶段期间过渡,所以熔池会稍微凝固。

[0023] 尽管本技术一般可以归类为GMAW-P工艺,但是它在几个重要方面往往不同于常规的工艺。例如,常规的GMAW-P工艺基于电流与时间之间的线性关系(例如, A/ms)来控制从峰值的电流水平下降。它们还往往使控制回路(依据电流和/或电压)闭合以更严格地维持电弧长度,以及过渡到在本技术中电流水平更低的电压阶段。此外,这种现有的技术通常使用比例/积分增益用于对脉冲峰值之后的斜坡的背底部分的返回进行电压闭合回路控制。这些因素的结果是电压和电流有力地下降,这会导致在随后的峰值之前可能需要清除的频繁短路。

[0024] 本技术,特别是当与正接极性一起使用时,产生“更软”的下降斜坡,从而强调电弧稳定性并且避免或减少短路风险。此外,如图4所示,过渡模式往往比常规的GMAW-P工艺更全球化。尽管在峰值阶段期间发生过渡,此后材料持续从电极融化,并且一个或多个小珠48往往保持靠近或者在一定程度上悬挂在电极与熔池之间。电弧长度46可以发生变化,或者难以严格限制,尽管通常避免了短路,特别是“硬短路”,并且电弧往往更稳定。

[0025] 再者,尽管波形可以与反接极性一起使用,但是据信,当使用反接极性和工艺进行焊接时特别有用。为了控制,电源控制电路可以通过在电压闭合回路控制与电流闭合回路控制之间循环过渡来调节功率输出。在此期间,焊接功率输出很低(例如,在脉冲波形的背底阶段),焊接电弧保持建立,但是几乎不增加电极和工件上的能量,尽管会继续加热电极和熔池。在此背底阶段期间,允许在一定程度上冷却电极和熔池,并且在峰值阶段与背底阶段之间实施以下更全面地讨论的稳定阶段。再者,从电极过渡的大部分金属将在各脉冲的峰值阶段过渡。在各峰值阶段之后的稳定阶段减小熔池的不稳定性和飞溅,减小输入到焊缝的能量(至少部分地通过避免“硬短路”),减轻多孔性,并且减少工件的“烧穿”。

[0026] 图4示出了示例性的直流正接脉冲焊接工艺50,图示了在脉冲焊接的几个连续循环中的示例性电压轨迹52和电流轨迹54。在各循环期间,电压斜坡56是电压峰值58的前沿,随后是稳定阶段的下降斜坡60(是电流闭合回路),电压闭合回路斜坡62,返回到背底电压水平64。在电流波形54中可以看到对应的阶段。也就是说,实施电流闭合回路斜坡66,从而上升到电压闭合回路控制峰值68。在此峰值期间,控制器可以改变电流以维持电压在所需水平。在实践中,在峰值阶段期间发出所需的电压命令,尽管实际电压会根据电弧的动态特性、可能发生的偶尔短路等而变化。此后,电流闭合回路,通常是抛物线型稳定阶段斜坡72驱动电流下降到电压闭合回路斜坡74的过渡,从而返回到背底水平78。在整个焊接操作期间重复相同的循环。

[0027] 举例来说,在一个实施例中,电流波形54的上升沿部分66可以被控制成大约600 A/ms的斜坡速率。在达到峰值电流68时,控制电路将在峰值周期70维持所需的电压峰值,例如大约200V。将在时间76实施电流闭合回路控制的大体上抛物线型稳定阶段72,直到电流达到编程的过渡点。这里,并且在整个本公开中,应当记住,特定的电压、电流、斜坡速率等通常可以提前编程(“训练”),针对特定的焊丝和焊丝大小优化等。此外,在一些系统中,可以给操作员或程序员提供对参数的一定程度的控制。

[0028] 图5在一定程度上更详细地示出了电流波形的峰值、稳定和返回阶段。如图所示,电流峰值80在背底水平78开始。然后,在过渡点82,启动线性斜坡66,例如以450A/ms至650A/ms的速率达到例如在210A至400A之间的峰值电流过渡点84。当然,这些范围仅仅是示例性的,并且通常对于不同的焊丝大小和送丝速度可以不同,在当前设想的实施例中,可以基于这两个考量之一实际上在这个点过渡。也就是说,电流可以达到如上所述的编程水平,或者电压可以在电流达到该水平之前达到编程峰值,从而在达到电流极限之前引起过渡。此后,在峰值阶段期间,电流“浮动”从而以电压闭合回路方式维持电压在所需水平。在此峰值周期之后,如过渡点86所示,稳定阶段开始,该稳定阶段包括通过电流闭合回路控制的电流下降。

[0029] 电流波形在稳定阶段期间的大体上抛物线型形状是由于在电流的斜坡下降期间实施每平方单位时间电流(i/t^2)关系造成的。一旦电流达到过渡点88,例如,在25A与325A之间,那么控制再次过渡到电压闭合回路控制,并且电流波形表现出由于控制尝试维持所需的电压下降到背底水平引起的形状。然而,应当指出的是,退出稳定阶段的过渡点可以针对不同的焊丝大小和等级而变化,并且可以编程在一个或多个范围内。例如,对于0.045”的焊丝,退出点可以编程在100A至325A之间;对于0.040”的焊丝,退出点可以编程在50A至275A之间;并且对于0.035”的焊丝,退出点可以编程在25A至225 A之间。编程值往往比现有

的脉冲焊接制度(在电压闭合回路控制下,电流在返回到背底水平期间开始调节)中的峰值下降斜坡的电流控制-电压控制过渡高大致25A至50A。此外,在当前设想到的实施方式中,在电压闭合回路控制的“返回”阶段期间施加的增益在当前设想到的实施例中仅是成比例的(尽管可以使用其他增益关系)。据信,将抛物线型稳定阶段、较早的退出点以及使用用于返回到背底水平的仅成比例的增益单独地并且/或者共同地结合能更好地控制电弧稳定性(优先于电弧长度),并且导致更低频率的短路以及避免“硬短路”的倾向。

[0030] 尽管本文中已经图示并描述了本发明的仅仅某些特征,但是本领域的技术人员将做出许多修改和变化。因此,应当理解的是,所附权利要求旨在涵盖落入本发明的真正精神范围内的所有这种修改和变化。

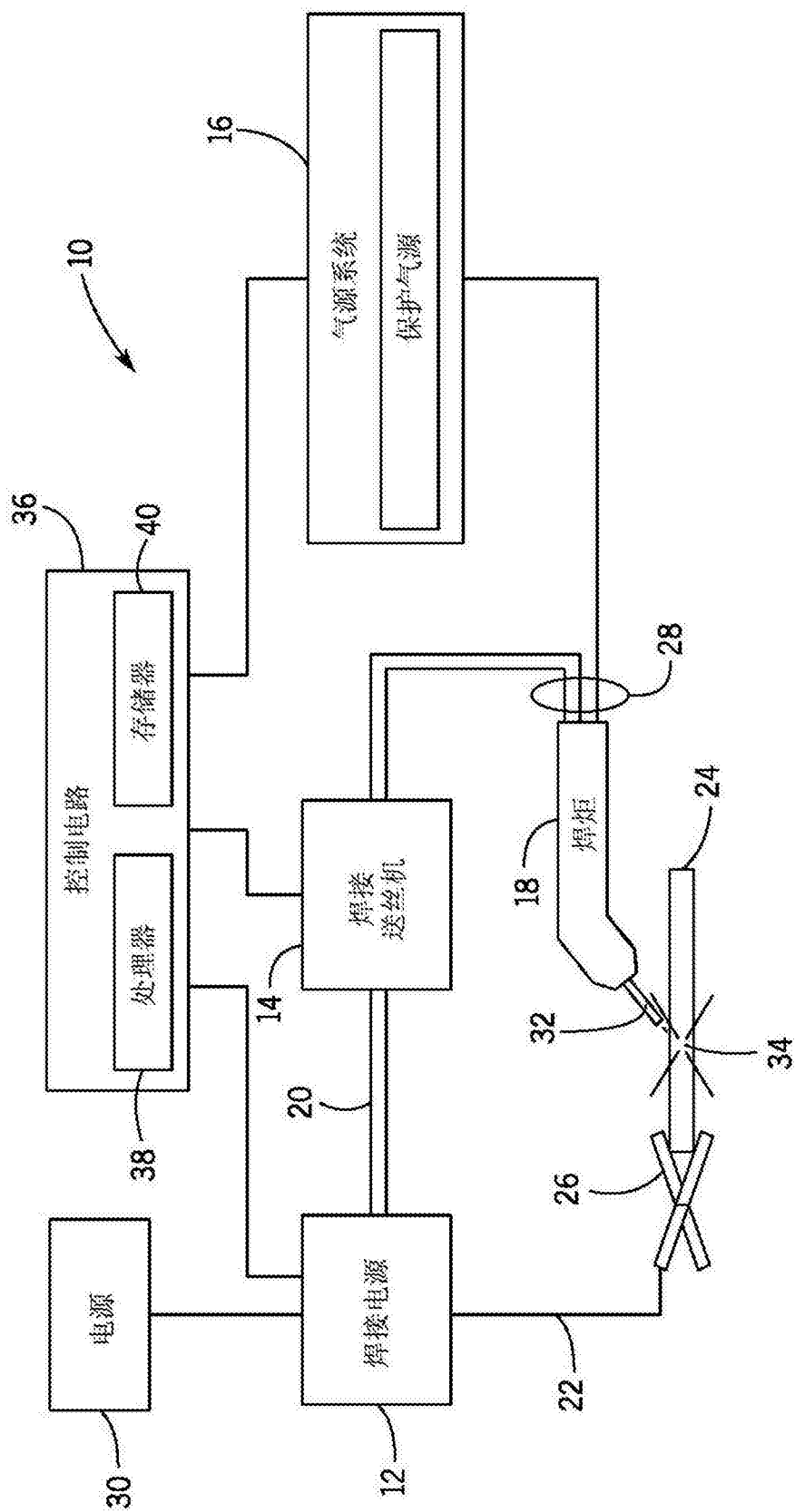


图1

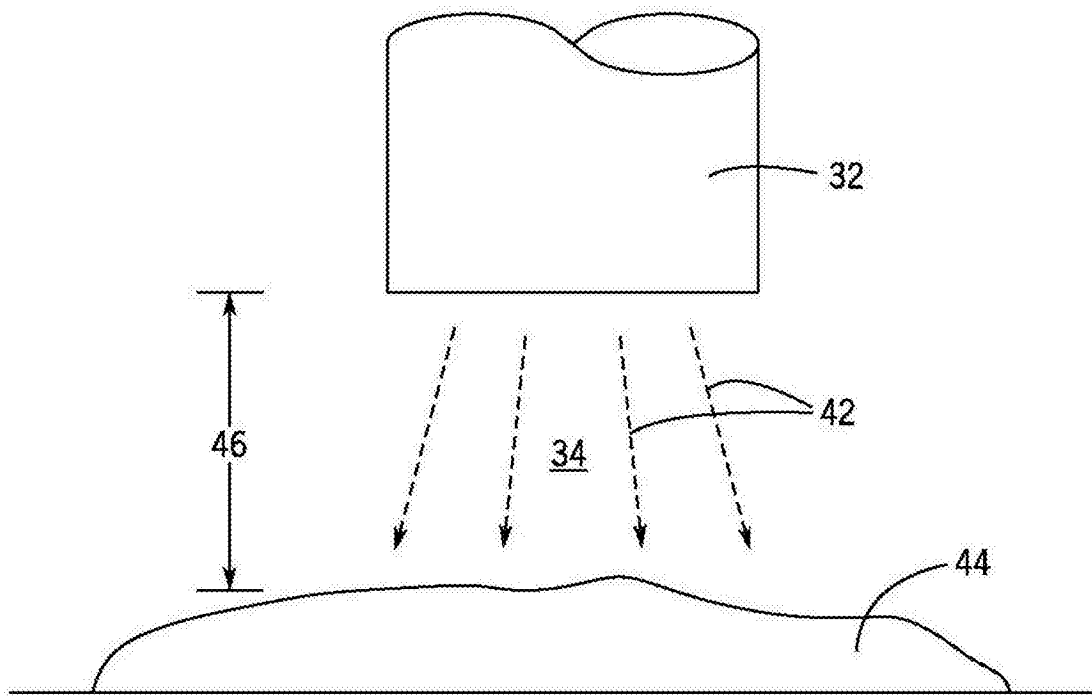


图2

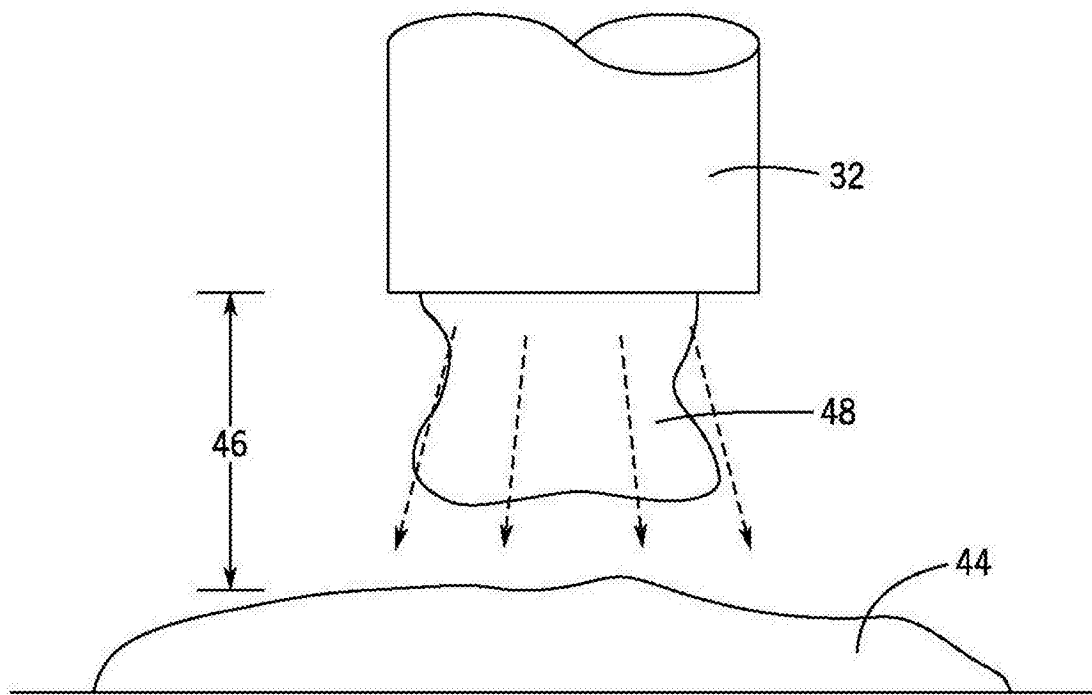


图3

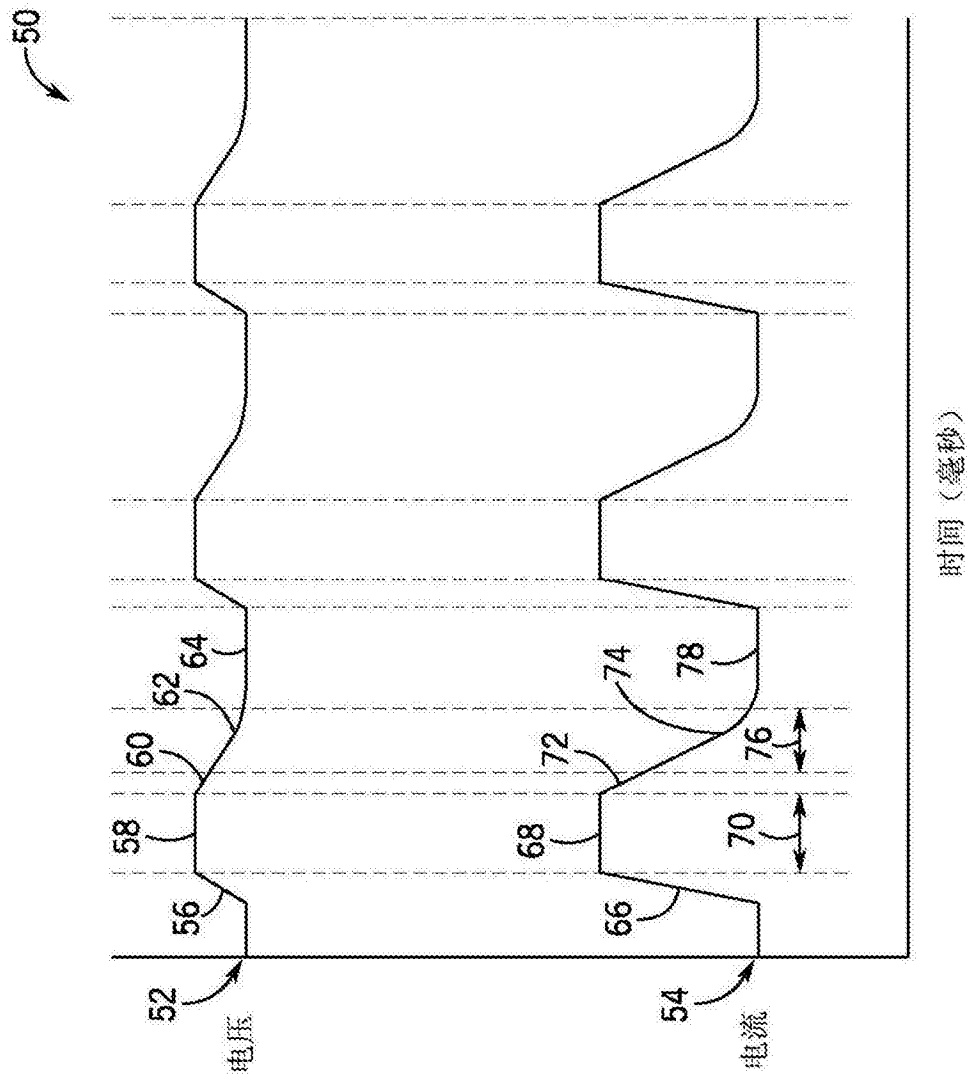


图4

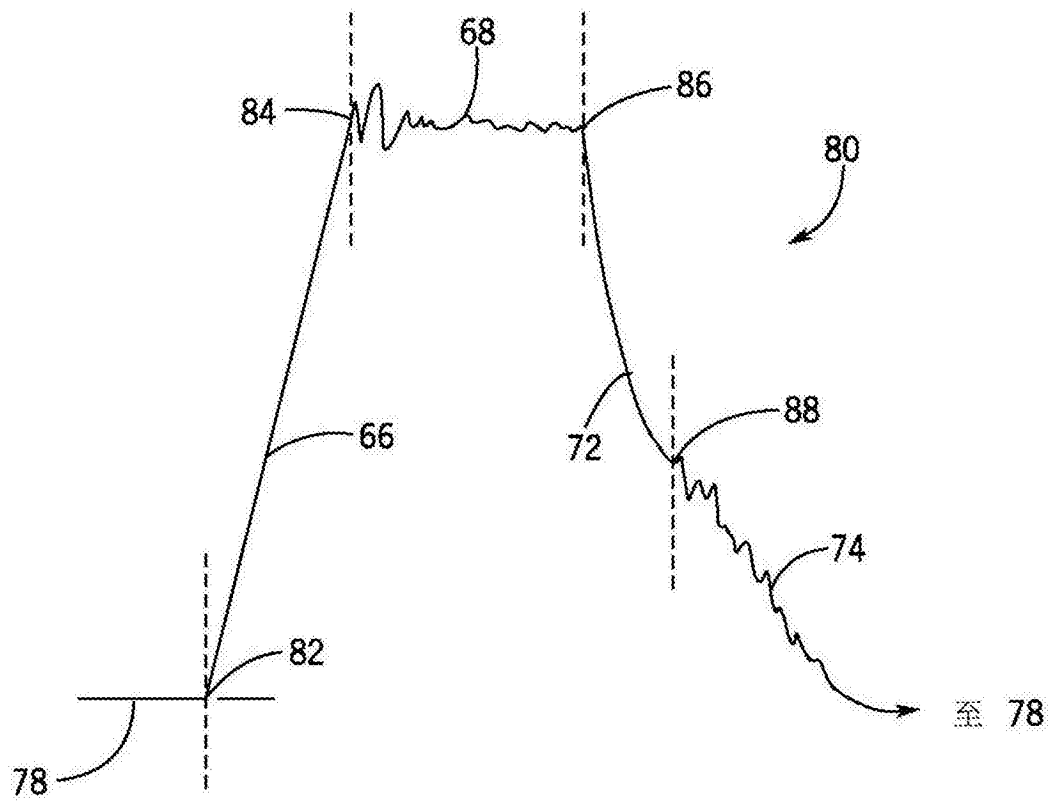


图5