



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106944720 B

(45) 授权公告日 2021.11.02

(21) 申请号 201610991583.8

(22) 申请日 2016.11.10

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106944720 A

(43) 申请公布日 2017.07.14

(30) 优先权数据  
14/943,285 2015.11.17 US

(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 达斯汀·瓦格纳 威廉·吉斯  
里克·哈奇森 埃里克·米勒  
詹姆斯·于克尔

(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 9/133 (2006.01)

B23K 9/12 (2006.01)

B23K 9/067 (2006.01)

B23K 9/32 (2006.01)

B23K 26/70 (2014.01)

B23K 10/02 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2013327749 A1, 2013.12.12

审查员 田倩

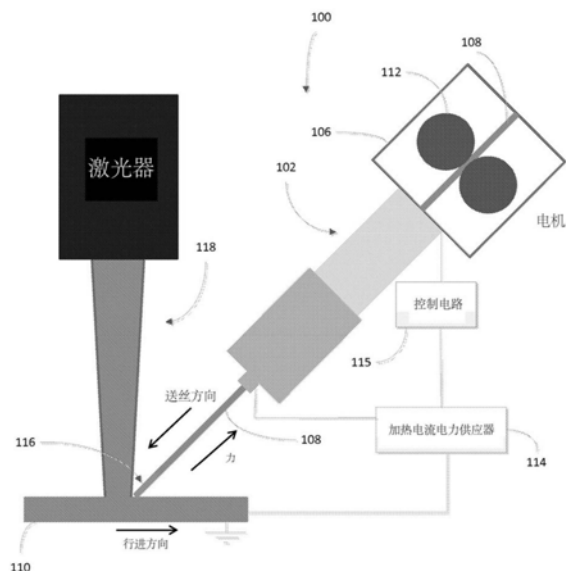
权利要求书4页 说明书9页 附图8页

### (54) 发明名称

具有力控制式送丝起动的金属加工系统

### (57) 摘要

一种用于控制金属加工操作的开始的方法。所述方法包含：检测正从焊接设备馈送的焊丝与工件之间的初始接触；以及响应于所述检测而暂停从焊接设备馈送焊丝。所述方法还包含：激活被配置成对焊丝的末端进行加热的高能热源；以及当焊丝的末端由高能热源加热到塑性状态时，恢复从焊接设备馈送焊丝。所述焊丝的馈送是通过测量来自与所述工件接触的所述焊丝的力反馈而恢复。还公开一种用于实施所述方法的设备。



1. 一种用于控制金属加工操作的开始的方法,包括:  
检测正从送丝设备馈送的焊丝与工件之间的初始接触,其中所述检测包括测量所述焊丝上的力;  
响应于所述检测,暂停从所述送丝设备馈送所述焊丝;  
在所述焊丝与所述工件接触的情况下,激活被配置成将所述焊丝的末端加热到软化状态的高能热源;  
通过控制电路确定所述焊丝上的被测量的力的力误差,其中所述力误差是基于预定力阈值范围的;  
当所述力误差处于所述预定力阈值范围之外时,通过所述控制电路至少部分地基于所述力误差来调整所述焊丝的加热和所述焊丝的馈送速率的一者或两者;以及  
在激活所述高能热源的施加之后,恢复从所述送丝设备馈送所述焊丝。
2. 根据权利要求1所述用于控制金属加工操作的开始的方法,其中在所述焊丝与所述工件的初始接触之后且在激活被配置成将所述焊丝的末端加热到所述软化状态的所述高能热源之前,所述焊丝经受用另一能源进行的初步加热。
3. 根据权利要求1所述用于控制金属加工操作的开始的方法,在所述焊丝与所述工件的初始接触之后且在激活被配置成将所述焊丝的末端加热到所述软化状态的所述高能热源之前,所述焊丝经受用另一能源进行的电阻性加热。
4. 根据权利要求2所述用于控制金属加工操作的开始的方法,其中当所述焊丝上的所述被测量的力减小到与所述初始接触的所述检测对应的力以下时,检测到所述软化状态。
5. 根据权利要求1所述用于控制金属加工操作的开始的方法,其中所述高能热源是激光器。
6. 根据权利要求1所述用于控制金属加工操作的开始的方法,其中所述高能热源是等离子体。
7. 根据权利要求1所述用于控制金属加工操作的开始的方法,还包括:在恢复所述焊丝的所述馈送之后维持恒定送丝速度。
8. 根据权利要求1所述用于控制金属加工操作的开始的方法,其中经由力测量装置来直接测量所述焊丝上的所述力。
9. 根据权利要求8所述用于控制金属加工操作的开始的方法,其中使用载荷元件或测力计来测量所述焊丝上的所述力。
10. 根据权利要求9所述用于控制金属加工操作的开始的方法,其中控制电路改变送丝电机电流以维持恒定送丝速度。
11. 根据权利要求1所述用于控制金属加工操作的开始的方法,其中所述预定力阈值范围包括上力阈值和下力阈值,所述下力阈值低于所述上力阈值,并且其中,所述方法还包括以下步骤:  
当所述力误差高于所述上力阈值时,增加对所述焊丝的加热;以及  
当所述力误差低于所述下力阈值时,减少对所述焊丝的加热。
12. 根据权利要求1所述用于控制金属加工操作的开始的方法,其中所述控制电路实施恒定转矩控制方案。
13. 根据权利要求1所述用于控制金属加工操作的开始的方法,其中,基于所述送丝设

备的送丝电机电流的变化的测量间接地测量所述焊丝上的所述力。

14. 根据权利要求1所述用于控制金属加工操作的开始的方法,其中所述焊丝上的所述被测量的力包括扭矩。

15. 一种金属加工设备,包括:

送丝机构,所述送丝机构被配置成将焊丝从焊枪馈送到工件上;

加热电力供应器,所述加热电力供应器被配置成将加热电流供应到所述焊丝;以及  
电路,所述电路被配置成:

基于所述焊丝上的被测量的力检测所述焊丝与所述工件之间的初始接触,

响应于所述检测,暂停从所述焊枪馈送所述焊丝,

激活被配置成对所述焊丝的末端进行加热的高能热源,

基于预定力阈值范围确定所述焊丝上的所述被测量的力的力误差;

当所述力误差处于所述预定力阈值范围之外时,至少部分地基于所述力误差调整对所述焊丝的所述加热;以及

当所述焊丝的所述末端由所述高能热源加热到软化状态时,恢复从所述焊枪馈送所述焊丝。

16. 根据权利要求15所述的金属加工设备,其中当所述焊丝的所述被测量的力减小到与所述初始接触的所述检测对应的力以下时,检测到所述软化状态。

17. 根据权利要求15所述的金属加工设备,其中所述高能热源是激光器。

18. 根据权利要求15所述的金属加工设备,其中所述高能热源是等离子体。

19. 根据权利要求15所述的金属加工设备,其中所述电路被进一步配置成在恢复所述焊丝的所述馈送之后,维持恒定送丝速度或恒定缓变速率。

20. 根据权利要求15所述的金属加工设备,还包括直接测量所述焊丝上的所述力的力测量装置。

21. 根据权利要求20所述的金属加工设备,其中所述力测量装置是载荷元件或测力计。

22. 根据权利要求15所述的金属加工设备,其中基于所述送丝机构的送丝电机电流的改变间接地测量所述焊丝上的所述被测量的力。

23. 根据权利要求22所述的金属加工设备,其中所述电路被进一步配置成改变所述送丝电机电流以维持恒定送丝速度。

24. 根据权利要求15所述的金属加工设备,其中所述预定力阈值范围包括上力阈值和下力阈值,所述下力阈值低于所述上力阈值,并且其中所述电路被进一步配置成:

当所述力误差高于所述上力阈值时,增大所述加热电流;并且

当所述力误差低于所述下力阈值时,减小所述加热电流。

25. 根据权利要求21所述的金属加工设备,其中所述电路实施恒定转矩控制方案。

26. 根据权利要求17所述的金属加工设备,其中所述焊丝上的所述被测量的力包括扭矩。

27. 一种用于控制金属加工操作的开始的方法,包括:

检测正从送丝设备馈送的焊丝与工件之间的初始接触;

响应于所述检测,暂停从所述送丝设备馈送所述焊丝;

在所述焊丝与所述工件接触的情况下,激活被配置成将所述焊丝的末端加热到软化状

态的高能热源；

通过包含控制电路的电路而基于预定力阈值来确定来自接触所述工件的所述焊丝的力反馈的力误差；以及

当所述力误差处于所述预定力阈值之外时，通过所述电路来至少部分地基于所述力误差而调整所述焊丝的加热、所述焊丝的馈送速率或前述两者；以及

在激活所述高能热源的施加之后，恢复从所述送丝设备馈送所述焊丝，

其中，

所述焊丝的所述馈送是通过测量来自与所述工件接触的所述焊丝的所述力反馈而恢复。

28. 根据权利要求27所述用于控制金属加工操作的开始的方法，其中，用于控制金属加工操作的开始的方法由焊接设备执行。

29. 根据权利要求27所述用于控制金属加工操作的开始的方法，其中在所述焊丝与所述工件的初始接触之后且在激活被配置成将所述焊丝的末端加热到所述软化状态的所述高能热源之前，所述焊丝经受用另一能源进行的初步加热。

30. 根据权利要求27所述用于控制金属加工操作的开始的方法，在所述焊丝与所述工件的初始接触之后且在激活被配置成将所述焊丝的末端加热到所述软化状态的所述高能热源之前，所述焊丝经受用另一能源进行的电阻性加热。

31. 根据权利要求27所述用于控制金属加工操作的开始的方法，其中基于所述力反馈而检测到所述初始接触。

32. 根据权利要求29所述用于控制金属加工操作的开始的方法，其中当来自所述焊丝的所述力反馈减小到与所述初始接触的所述检测对应的力以下时，检测到所述软化状态。

33. 根据权利要求27所述用于控制金属加工操作的开始的方法，其中所述高能热源是激光器。

34. 根据权利要求27所述用于控制金属加工操作的开始的方法，其中所述高能热源是等离子体。

35. 根据权利要求27所述用于控制金属加工操作的开始的方法，还包括：通过所述电路而在恢复所述焊丝的所述馈送之后维持恒定送丝速度。

36. 根据权利要求27所述用于控制金属加工操作的开始的方法，其中经由力测量装置来直接测量所述力反馈。

37. 根据权利要求36所述用于控制金属加工操作的开始的方法，其中使用载荷元件或测力计来测量所述力反馈。

38. 根据权利要求27所述用于控制金属加工操作的开始的方法，其中基于所述送丝设备的送丝电机电流的改变来推断所述力反馈。

39. 根据权利要求37所述用于控制金属加工操作的开始的方法，其中所述控制电路改变送丝电机电流以维持恒定送丝速度。

40. 根据权利要求27所述用于控制金属加工操作的开始的方法，还包括：

当所述力误差高于所述预定力阈值时，通过包含控制电路的电路来增大所述加热电流；以及

当所述力误差低于所述预定力阈值时，通过所述电路来减小所述加热电流。

41. 根据权利要求27所述用于控制金属加工操作的开始的方法, 其中所述控制电路实施恒定转矩控制方案。

42. 一种金属加工设备, 包括:

送丝机构, 所述送丝机构被配置成将焊丝从焊枪馈送到工件上;

加热电力供应器, 所述加热电力供应器被配置成将加热电流供应到所述焊丝;

高能热源, 所述高能热源被配置成加热所述焊丝的末端; 以及

电路, 所述电路被配置成: (a) 检测从所述焊枪馈送的所述焊丝与所述工件之间的初始接触, (b) 响应于所述检测, 暂停从所述焊枪馈送所述焊丝, (c) 激活被配置成对所述焊丝的所述末端进行加热的高能热源, (d) 基于预定力阈值来确定来自接触所述工件的所述焊丝的力反馈的力误差, (e) 当所述力误差处于所述预定力阈值之外时, 至少部分地基于所述力误差而调整对所述焊丝的所述加热以及 (f) 当所述焊丝的所述末端由所述高能热源加热到软化状态时, 恢复从所述焊枪馈送所述焊丝,

其中,

所述焊丝的所述馈送是通过测量来自与所述工件接触的所述焊丝的所述力反馈而恢复。

43. 根据权利要求42所述的金属加工设备, 其中, 所述金属加工设备包括力测量装置。

44. 根据权利要求42所述的金属加工设备, 其中基于所述力反馈而检测到所述初始接触。

45. 根据权利要求42所述的金属加工设备, 其中所述高能热源是激光器。

46. 根据权利要求42所述的金属加工设备, 其中所述高能热源是等离子体。

47. 根据权利要求42所述的金属加工设备, 其中所述电路被进一步配置成: 在恢复所述焊丝的所述馈送之后, 维持恒定送丝速度或恒定缓变速率。

48. 根据权利要求42所述的金属加工设备, 还包括直接测量所述力反馈的力测量装置。

49. 根据权利要求48所述的金属加工设备, 其中所述力测量装置是载荷元件或测力计。

50. 根据权利要求42所述的金属加工设备, 其中基于所述送丝机构的送丝电机电流的改变而推断所述力反馈。

51. 根据权利要求50所述的金属加工设备, 其中所述电路被进一步配置成: 改变所述送丝电机电流以维持恒定送丝速度。

52. 根据权利要求42所述的金属加工设备, 其中所述电路被进一步配置成:

当所述力误差高于所述预定力阈值时, 增大所述加热电流; 并且

当所述力误差低于所述预定力阈值时, 减小所述加热电流。

53. 根据权利要求42所述的金属加工设备, 其中所述电路实施恒定转矩控制方案。

## 具有力控制式送丝起动操作的金属加工系统

[0001] 相关申请案的交叉引用

[0002] 本申请与代理人档案号为09794624-000565并且名为“具有力控制的金属加工系统(Metalworking System With Force Control)”的同日提交并共同转让的第14/943,285号专利申请相关,所述专利申请全文以引用方式并入本文中。

### 技术领域

[0003] 本公开总的来说涉及金属加工设备和方法,并且更具体来说,涉及焊接、被覆与增材制造控制系统。

### 背景技术

[0004] 热丝焊接和被覆是金属填充焊丝通过使电流穿过其中而通常电阻性地加热到软化或塑性或半液相状态的过程。这减小被施加所加热的焊丝的工件的基底金属所需的来自另一来源的添加的热量。焊丝通常是在例如激光或等离子体等高功率能源前面或后面馈送,其中高功率能源进一步使焊丝材料(通常是与工件的基底金属一起)熔化以产生焊缝或被覆。此熔池也可被称为焊接或被覆点。

[0005] 送丝机用于各种焊接与被覆应用中以将焊丝馈送到焊接或被覆点。此焊丝可被称为填充焊丝、增材焊丝或自耗焊丝。

[0006] 在操作期间,焊丝被馈送到熔池中或熔池附近。以此方式,当工件相对于焊接或被覆布置移动(无论是工件移动还是焊接或被覆设备移动)时,熔池可被维持以产生连续的焊接或被覆层。

[0007] 在热丝焊接中,送丝的起动被非常精确地定序以在所述过程可稳定和处于稳态之前防止起弧或焊丝的过度馈送。通常,首先起动送丝。第二,焊丝接触工件。第三,将加热电力(例如,通过具有某电阻的焊丝而施加的电流)施加到焊丝。第四,焊丝在焊接/被覆点(即,焊接/被覆熔池)处加热到软化/塑性/半液相。第五,在稳态下发生焊丝的馈送和持续的高功率能量加热。

[0008] 例如钨极惰性气体焊接等热丝焊接的使用往往与部件和行业的相关程度更高。例如,热丝TIG广泛用于运输和发电行业中。这在造船中是重要的,并且用于改造大型发电厂的涡轮轴。热丝TIG还用于被覆极大阀体焊缝(例如,石油行业的阀体焊缝),其中焊机以高性能合金来被覆阀体焊缝的内部。

[0009] 当前热丝焊接与被覆机依赖于焊接电压和电流来控制对焊丝进行电阻性加热的过程。这些参数还可用于计算功率、电阻和广度。重要的是,控制电阻性加热过程,以使得焊丝被加热到足够的温度,但也使得焊丝与工件之间不产生电弧。焊丝的温度应足够高,以使得焊丝在其端部塑性变形。然而,如果温度过高,那么焊丝的端部将变为液体,并且电磁收紧力可导致电弧形成。起弧将中断在焊丝中进行的精确电阻性加热,可导致贯穿焊缝的不一致性,并且将需要保护眼睛不受弧光影响。起弧因导致大量基底金属熔化而对于被覆过程来说也是有害的,因此影响被覆的稀释。起动焊接或被覆操作的过程特别容易受起弧影

响。

[0010] 当通过依赖于电压和电流反馈来控制热丝过程以避免起弧时,关于正使用的特定类型的焊丝的信息是必要的。因为不同焊丝类型具有不同参数,例如,熔化温度、电阻率、热容量和热导率,所以每一焊丝类型需要其自身的特定参数编程或输入到焊接或被覆机中以便确保成功的操作。

## 发明内容

[0011] 本公开的实施例使用来自焊丝的力反馈以控制金属加工操作。力反馈是通过指示焊丝上的力的信号来提供。当馈送到空气时,即,当焊丝未遭遇到障碍物时,力应是零或空值。当焊丝遭遇到例如工件等固定障碍物时,在用于馈送焊丝的送丝机机构的运用无改变的情况下,该力将基本上是送丝机机构所施加的力的反力。力反馈可作为指示力反馈的力信号的改变或作为因预定力阈值之外的力的所致的力误差而被检测。

[0012] 如本文所使用的,金属加工操作意味并包含焊接操作、被覆操作和增材制造操作。热丝是在操作中在焊丝的涂覆期间被初步加热(通常电阻性地加热)到软化状态的焊丝。此后,高能源被施加到焊丝或焊丝和工件,以分别使焊丝熔化或使焊丝和工件的一部分熔化。增材制造操作使用熔融的焊丝以沉积金属来制造产品。增材制造过程的实例是可被称为3-D打印过程的过程。

[0013] 在金属加工操作的起动期间使用焊丝力反馈的实施例中,通过将焊丝的端部预热并代替电压和电流反馈来使用力反馈或除电压和电流反馈之外还使用力反馈,会实现受控制的起动并避免起弧。

[0014] 在实施例中,提供一种用于控制金属加工操作的起动的方法。所述方法包含:检测正从送丝机设备馈送的焊丝与工件之间的初始接触;以及响应于所述检测而暂停从送丝机设备馈送焊丝。所述方法还包含:激活被配置成对焊丝的末端进行加热的高能热源;以及当焊丝的末端被加热到软化状态时恢复从送丝机设备馈送焊丝。软化状态将从焊丝的初步加热、焊丝由于高功率能源开始熔化或前述两者的组合产生。焊丝的馈送是根据来自接触工件的焊丝的力反馈而恢复。

[0015] 在实施例中,提供一种用于控制金属加工操作的起动的方法,包括:检测正从送丝设备馈送的焊丝与工件之间的初始接触;响应于所述检测,暂停从送丝设备馈送焊丝;在焊丝与工件接触的情况下,激活被配置成将焊丝的末端加热到软化状态的高能热源;以及在激活高能量热源的施加之后,恢复从送丝设备馈送焊丝,其中焊丝的馈送是根据来自与工件接触的焊丝的力反馈而恢复。

[0016] 在实施例中,在焊丝与工件的初始接触之后且在激活被配置成将焊丝的末端加热到软化状态的高能热源之前,焊丝经受用另一能源进行的初步加热。

[0017] 在实施例中,在焊丝与工件的初始接触之后且在激活被配置成将焊丝的末端加热到软化状态的高能热源之前,焊丝经受用另一能源进行的电阻性加热。

[0018] 在实施例中,基于力反馈而检测到初始接触。

[0019] 在实施例中,当来自焊丝的力反馈减小到与初始接触的检测对应的力以下时,检测到塑性状态。

[0020] 在实施例中,高能热源是激光器。

[0021] 在实施例中,高能热源是等离子体。

[0022] 在实施例中,所述方法还包含:通过包含控制电路的电路来基于预定力阈值而确定力反馈的力误差;以及当力误差处于预定力阈值之外时,通过电路来至少部分基于力误差而调整焊丝的加热、焊丝的馈送速率或上述两者。

[0023] 在实施例中,控制电路实施恒定转矩控制方案。

[0024] 在实施例中,所述方法还包含:通过电路而在恢复焊丝的馈送之后维持恒定送丝速度。

[0025] 在实施例中,经由力测量装置来直接测量力反馈。

[0026] 在实施例中,基于送丝设备的送丝电机电流的改变而推断力反馈。

[0027] 在实施例中,控制电路改变送丝电机电流以维持恒定送丝速度。

[0028] 在实施例中,所述方法还包含:通过包含控制电路的电路而在力误差高于预定力阈值时增加对焊丝的加热;以及通过电路而在力误差低于预定力阈值时减少对焊丝的加热。

[0029] 在实施例中,提供一种非暂时性存储介质,其中存储程序指令,所述程序指令在由处理器执行时实现上文所述的方法实施例中的任一种。在实施例中,提供一种金属加工设备。所述设备包含:送丝机构,被配置成将焊丝从送丝机馈送到工件上;以及加热电力供应器,被配置成将加热电流供应到与工件接触的焊丝。所述设备还包含:控制电路,被配置成(a)检测正从送丝机馈送的焊丝与工件之间的初始接触,(b)响应于所述检测,暂停从送丝机馈送焊丝,(c)激活被配置成对焊丝的末端进行加热的高能热源,并且(d)当焊丝的末端由高能热源加热到软化状态时,恢复从焊枪馈送焊丝。在所公开的设备中,焊丝的馈送是根据来自与工件接触的焊丝的力反馈而恢复。

[0030] 在实施例中,提供一种金属加工设备,包括:送丝机构,被配置成将焊丝从焊枪馈送到工件上;加热电力供应器,被配置成将加热电流供应到焊丝;以及电路,被配置成(a)检测正从焊枪馈送的焊丝与工件之间的初始接触,(b)响应于所述检测,暂停从焊枪馈送焊丝,(c)激活被配置成对焊丝的末端进行加热的高能热源,并且(d)当焊丝的末端由高能热源加热到塑性状态时,恢复从焊枪馈送焊丝,其中焊丝的馈送是根据来自与工件接触的焊丝的力反馈而恢复。

[0031] 在设备的实施例中,基于力反馈而检测到初始接触。

[0032] 在设备的实施例中,当来自焊丝的力反馈减小到与初始接触的检测对应的力以下时,检测到软化状态。

[0033] 在设备的实施例中,高能热源是激光器。

[0034] 在设备的实施例中,电路被进一步配置成:基于预定力阈值而确定力反馈的力误差;并且当力误差处于预定力阈值之外时,至少部分基于力误差而调整用于对焊丝进行加热的加热电流。

[0035] 在设备的实施例中,电路被进一步配置成:结合恢复焊丝的馈送而维持恒定送丝速度或恒定缓变速率。

[0036] 在实施例中,所述电路实施恒定转矩控制方案。

[0037] 在设备的实施例中,力测量装置直接测量力反馈。

[0038] 在设备的实施例中,基于送丝机构的送丝电机电流的改变而推断力反馈。



[0039] 在设备的实施例中,电路被进一步配置成:改变送丝电机电流以维持恒定送丝速度。

[0040] 在设备的实施例中,电路被进一步配置成:当力误差高于预定力阈值时,增大加热电流;并且当力误差低于预定力阈值时,减小加热电流。

[0041] 下文在具体实施方式中参照附图而描述这些和其它特征与方面。

## 附图说明

[0042] 可参照下面的附图来更好地理解本公开。附图中的组件未必按照比例绘制,而是着重于说明本公开的原理。在附图中,附图标记贯穿不同视图而表示对应的部件。

[0043] 图1是图示本公开的实施例可在其中操作的示范性焊接系统环境的图。

[0044] 图2是图示本公开的实施例可在其中操作的另一示范性焊接系统环境的图。

[0045] 图3到图4是根据实施例更详细地图示图1的焊接系统的热焊丝操作的框图。

[0046] 图5是图示根据实施例的图1的焊接系统的力控制操作的方法的流程图。

[0047] 图6是图示图1的焊接系统的力控制操作的另一方法的流程图。

[0048] 图7是图示根据实施例的图1的焊接系统的力控制起动操作的方法的流程图。

[0049] 图8以框图形式图示一种控制布置。

[0050] 图9图示另一种控制布置。

## 具体实施方式

[0051] 在本文中参照附图所图示的实施例来详细地描述本公开,其中附图形成本公开的一部分。可使用其它实施例,和/或可进行其它改变,而不偏离本公开的精神或范围。具体实施方式中所述的说明性实施例不希望限制本文所呈现的主题。

[0052] 现将参考附图所图示的示范性实施例,并且将在本文中使用具体用语来描述示范性实施例。然而,应理解,不希望限制本发明的范围。本文所说明的创新性特征的更改和其它修改,以及拥有本公开的本领域的技术人员所清楚的如本文所说明的本发明的原理的额外应用应被视为处于本公开的范围。

[0053] 参照图1,示出热丝金属加工系统100。虽然在本文中主要称为焊接或被覆系统,但可理解,本文所公开的原理同样适用于增材制造过程,只要焊丝的类似馈送和被覆原理的应用能够建立来自焊丝的金属层以产生产品。

[0054] 如下文更详细地论述的,系统100贯穿整个过程地使用来自焊丝的力反馈以控制焊接或被覆操作。因为焊丝由末端处的塑性变形而产生的力在不同焊丝和焊丝类型之间实质上类似,所以使用来自焊丝的力反馈以控制所述过程会消除或显著地减少对改变用于管理焊接设备的操作的控制程序的需要以及对在更换焊丝时输入具体焊丝参数的需要。

[0055] 在所图示的实施例中,系统100包含具有焊枪104的焊接设备102(也代表被覆或增材制造设备)。设备102还包含将焊丝108馈送到工件110上的电机106。电机106操作主动辊112,所述主动辊112馈送焊丝108使其穿过焊枪104。焊丝108由电阻性加热电力供应器114加热,该电阻性加热电力供应器114将电阻性加热电流施加到与工件110接触的焊丝108。在各种实施例中,电阻性加热电力供应器114是由与焊接设备102相关联的控制电路115控制的AC或DC电力供应器。虽然电阻性加热电力供应器114和控制电路115被示意性地图示为处

于焊接设备102外部,但本领域的技术人员应认识到,电力供应器114和/或控制电路115可处于焊接设备102内部或外部。

[0056] 本领域的技术人员应理解,控制电路代表可实施例如比例控制、比例积分微分控制或使用反馈信号以调整操作参数的任何其它适当控制等控制逻辑的各种电路配置。此外,控制电路115代表用于实施此控制逻辑的不同电路结构,无论所述电路结构是模拟控制还是数字控制,并且无论是使用硬件、固件、软件还是前述各者的某一组合来实施。控制电路115可包含处理器以执行存储在单独的非暂时性存储器装置中或集成到处理器芯片自身中的程序代码。

[0057] 此外,本领域的技术人员还应理解,虽然描述了电阻性加热布置,但可使用例如热源等其它方法和布置。

[0058] 在实施例中,可由包含力测量装置(例如,构建到焊枪104中的载荷元件换能器)的各种装置确定或指示来自焊丝108的力,或通过直接测量力的独立设备来确定或指示来自焊丝108的力。测力计可附接到送丝机电机轴,并且送丝机电机所施加的转矩可被测量。此外,适当的速度传感器可用于测量电机轴或送丝机主动轮速度,该速度与电机所施加的转矩的量相关。

[0059] 在其它实施例中,可从间接测量力的另一测量值(例如,送丝机电流)推断来自焊丝108的力。在一个实施例中,被送到送丝机106的电机的电流变化以维持恒定送丝速度。如果在焊丝108的端部处存在沿焊丝行进的方向回推的较大力,那么送丝机106的电机将需要增大电流以能够保持以期望的恒定速度向前馈送焊丝108。基于供应到电机106的送丝电流的变化,可推断焊丝末端处的力。用于读取电机电流的方法和电路是众所周知的,这些是用于检测因例如对电机的轴的旋转上的反作用力所致的电机电流增大的方法和电路。

[0060] 在图2中,载荷元件140被图示为定位在送丝机106的一个端部与表面142之间。可了解,将允许送丝机进行一些移动以允许在送丝机106受力作用而向回抵靠表面142时由载荷元件140记录力。

[0061] 力测量,无论是直接的还是间接的,都用于确定与预定力设定点的误差。基于该力误差,供应到焊丝108的电阻性加热电流被调整。可选择地,电阻性加热电流的调整将预定的系统增益因子考虑在内。在实施例中,增益因子表示与系统响应时间相关联的校正值。如图3到图4中进一步示出的,电阻性加热电流的增大提高焊丝108中的温度,并且较容易在焊丝末端116处造成塑性变形120,这导致较低的力读数。电阻性加热电流的减小降低焊丝108中的温度,并且使塑性变形120变得较困难,这导致较大的力读数。

[0062] 为了实现焊接或被覆操作的受控的起动,焊丝108的端部116通过例如激光器118等高能热源来预热。如下文更详细地描述的,作为电压和电流反馈的替代或附加,接着使用焊丝力反馈来实现受控的起动并防止起弧。

[0063] 因此,根据本文所公开的原理,焊枪104和激光器118对准以使得焊丝108将刚好在激光器118将击中工件的前缘之前或就在前缘之内接触工件,接着热丝过程情况下开始,此时焊丝108朝向工件馈送。当通过力反馈(直接的或间接的)、电压反馈或两者感测到焊丝108正接触工件时,那么停止送丝,并施加一定电平的电流以使得焊丝108的绝大部分未加热到失去其硬度的点。接着,开启激光器118(或另一高强度能源)。焊丝保持固定达给定的时间段以令焊丝的端部加热到塑性状态。在使焊丝的端部进入塑性状态的时间段期满之

后,将送丝速度加大到最终稳态送丝速度。在送丝速度的加大期间,如果所检测的力高于阈值或极限,那么减慢送丝速度缓变率或增大焊接电流以恢复到期望的力。所述力设定为与焊丝的端部塑性变形相关的水平。

[0064] 参照图5,示出使用焊丝力反馈来进行热丝焊接和被覆的方法的实施例。在步骤400中,焊接设备控制电路115获得来自焊丝108的力反馈的测量值。如上文所论述,可经由力测量装置(例如,测力计或构建到焊接设备102中或以其它方式连接到焊接设备102的载荷元件换能器)来直接测量来自焊丝108的力反馈,或可基于电机106为保持送丝速度恒定所需的送丝电流的变化来推断来自焊丝108的力反馈。在步骤402中,控制电路115确定力反馈读数相对于预定力反馈设定点或阈值范围的误差,所述预定力反馈设定点或阈值范围例如对应于焊丝末端116处的塑性变形的状态。在步骤404中,如果力误差处于预定力误差阈值范围内,那么方法返回到步骤400。否则,在步骤404到406中,如果力误差处于预定阈值之外,那么控制电路115增大或减小施加到焊丝的电阻性加热电流,以便对应地提高或降低焊丝温度而在防止焊丝108的末端116变为液体的同时确保末端116处的塑性变形。例如,高于预定阈值的力误差确定结果指示焊丝108的温度需要提高以利于末端116处的塑性变形。另一方面,低于预定阈值的力误差确定结果指示焊丝温度需要降低以防止末端116变为液体。作为替代或附加,控制电路115改变送丝速度和激光器118的功率输出中的一个或更多个,以便在防止焊丝末端116变为液体的同时确保焊丝末端116的塑性变形。

[0065] 参照图6,示出使用焊丝力反馈来进行热丝焊接和被覆的方法的另一实施例。在图6中,取决于反馈系统的校准,每一总循环大约是在数微秒或更短时间内发生。在步骤420中,焊接设备控制电路115获得来自焊丝108的力反馈的测量值。如上文所论述的,可经由力测量装置(例如,测力计或构建到焊接设备102中或以其它方式连接到焊接设备102的载荷元件换能器)来直接测量来自焊丝108的力反馈,或可基于电机106为保持送丝速度恒定所需的送丝电流的变化来推断来自焊丝108的力反馈。在步骤422中,控制电路115确定力反馈相对于过往的测量值是否已增大或正在增大。虽然未说明,但也可例如使用一系列测量值以及所述测量值之间的差异来确定增大的速率。在步骤424中,如果力反馈正在增大,那么焊丝加热电流增大以抵消增大的电阻。接着,所述过程返回到步骤420以进行另一次测量。

[0066] 然而,如果力反馈尚未增大或没有正在增大,那么所述过程前进到步骤426以确定力反馈是否已减小或正在减小。虽然未说明,但也可例如使用一系列测量值以及所述测量值之间的差异来确定减小的速率。在步骤426中,如果力反馈正在减小,那么焊丝加热电流减小以抵消减小的电阻。接着,所述过程返回到步骤420以进行另一次测量。

[0067] 如果力反馈既尚未增大/正在增大,也尚未减小/正在减小,那么所述过程返回到步骤420以进行另一次测量。

[0068] 同样,此过程对应地提高或降低焊丝温度以在防止焊丝108的末端116变为液体的同时确保末端116处的塑性变形。作为替代或附加,控制电路115可改变送丝速度和激光器118的功率输出中的一个或更多个,以便在防止焊丝末端116变为液体的同时确保焊丝末端116的塑性变形。

[0069] 虽然在附图中未明确地描绘,但可希望将一些滞后包含在反馈和调整过程中,以避免不必要的或有害的持续微调或适应调整反应时间。

[0070] 参照图7,示出用于控制热丝焊接或被覆操作的开始的方法的实施例。在步骤500

中,将焊枪104与例如激光器118等高能热源装置对准。在步骤502到506中,控制电路115引导电机106以开始朝向工件110馈送焊丝108,直到确定焊丝108正在接触工件110为止。在实施例中,当检测到预定的最小焊丝力反馈或电压信号时,控制电路115确定焊丝108与工件110的初始接触。此时,在步骤508到510中,控制电路115设定施加到焊丝的电阻性加热电流,以使得从接触末端延伸的焊丝的绝大部分保持硬直,并激活激光器118。在步骤512中,焊丝108保持固定,直到末端116加热到塑性状态为止。在实施例中,当末端116容易变形时,实现了塑性状态,也称为塑性变形的状态。在一个实施例中,当来自焊丝的力反馈从对应于初始接触的检测的力减小到预定的较低力阈值时,检测到末端116的塑性状态。最终,一旦焊丝末端116加热到塑性状态,控制电路115便引导电机106以加大送丝速度,直到用于焊接或被覆操作的稳态速度为止,并经由上文结合图4所论述的力反馈方法来控制焊接或被覆过程。

[0071] 在图8中,图示电路布置,其中控制电路800与至少一个传感器换能器802、初步焊丝加热器控制器804、高功率能源控制器806和送丝机电机控制器808互连。控制电路800如上所述而操作,以从换能器802接收指示焊丝上的力的力信号并根据本文所论述的原理来控制各种控制器的操作,即,经由到控制器804的适当信号而起动和/或调整对焊丝的初步加热,经由到控制器806的适当信号而起动和/或调整高功率能量到焊丝的施加,并经由到控制器808的适当信号而起动、停止和/或调整送丝机电机的馈送速度。

[0072] 如图所示,在实施例中,控制电路800包含耦接到输入/输出部812的处理器810,信号经由所述输入/输出部812而从换能器和控制器输入以及输出到换能器和控制器。处理器所执行的逻辑存储在耦接到处理器810的存储器814中。应了解,逻辑可呈软件、固件或硬件的形式。

[0073] 在图9中,图示另一控制方案。在此方案中,可在控制送丝机和/或送丝机上的焊丝所施加的力时,将输送到焊丝用于加热(例如,电阻性加热)的能量维持在恒定水平。送丝机电机电流用作力反馈循环中的控制变量。出于此目的,使用以下关系式:

$$F_{\text{wire}} = \frac{T}{r_{\text{driveroll}}} = \gamma * I_{\text{motor}}$$
 其中 $T$ 是送丝电机所施加的转矩, $r_{\text{driveroll}}$ 是送丝机的驱动辊的半径, $\gamma$ 是一常数, $F_{\text{wire}}$ 是焊丝上的力,并且 $I_{\text{motor}}$ 是送丝机电机电流。基本上,这提供恒定转矩送丝系统。

[0074] 因此,将力设定点 $F_{\text{wire set point}}$ 与力反馈信号 $F_{\text{fbk}}$ 进行比较,所述力反馈信号 $F_{\text{fbk}}$ 是从传感器(例如,载荷元件或测力计)或从送丝机电机电流 $I_{\text{motor}}$ 导出。力反馈 $F_{\text{fbk}}$ 与电机电流 $I_{\text{motor}}$ 成比例。在图9中,比较是由求和函数 $F$ 实现。

[0075] 求和函数 $F$ 的输出变成力反馈误差 $\Sigma_{\text{force}}$ ,其中 $\Sigma_{\text{force}}$ 等于 $F_{\text{fbk}} - F_{\text{wire set point}}$ 。将此输出 $\Sigma_{\text{force}}$ 馈送到具有适当滤波器和增益的比例积分微分(PID)控制器 $C$ 中,以产生电流差输出 $\Delta I$ 。此输出 $\Delta I$ 用于通过调整送丝电机命令信号 $I_{\text{motor}}$ 来控制电机,该送丝电机命令信号 $I_{\text{motor}}$ 进而用于控制馈送到电机的电流的量。此调整是通过取决于信号 $I_{\text{motor}}$ 中所反映的求和的结果来增大或减小馈送到电机的电流来实现。因此,关系式是 $I_{\text{motor (new)}} = I_{\text{motor (old)}} + \Delta I$ 。

[0076] 虽然已公开各方面和实施例,但预期有其它方面和实施例。所公开的各方面和实施例是出于说明的目的,并且不希望是限制性的,其中真实范围和精神由随附权利要求书

指示。

[0077] 前述方法描述和过程流程图仅是作为说明性实例来提供,并且不旨在要求或暗示必须以所呈现的次序来执行各种实施例的步骤。如本领域的技术人员所了解的,可按任何次序执行前述实施例的步骤。例如“接着”、“然后”等用词不旨在限制步骤的次序;这些用词仅用于贯穿方法的描述来引导读者。虽然过程流程图可将操作描述为依序过程,但许多所述操作可并行地或同时地执行。此外,操作的次序可被重新布置。过程可对应于方法、函数、进程、子例程、子程序等。当过程对应于函数时,其终止可对应于函数到调用函数或主函数的返回。

[0078] 本文中结合所公开的实施例而描述的各种说明性逻辑块、模块、电路和算法步骤可被实施为电子硬件、计算机软件或前述两者的组合。为了清楚地说明硬件和软件的此可互换性,上文已大体上就其功能方面来描述各种说明性组件、块、模块、电路和步骤。此功能被实施为硬件还是软件取决于施加在整个系统上的特定应用和设计约束。本领域的技术人员可针对每一特定应用以不同的方式来实施所描述的功能,但这些实施决策不应解释为导致偏离本发明的范围。

[0079] 以计算机软件实施的实施例可以软件、固件、中间件、微代码、硬件描述语言或其任何组合中实现。代码段或机器可执行指令可代表进程、函数、子程序、程序、例程、子例程、模块、软件包、类,或指令、数据结构或程序语句的任何组合。代码段可通过传递和/或接收信息、数据、自变量、参数或存储器内容而耦接到另一代码段或硬件电路。信息、自变量、参数、数据等可经由包括存储器共享、消息传递、令牌传递、网络传输等任何适当手段来传递、转发、或传输。

[0080] 用于实施这些系统和方法的实际软件代码或专用控制硬件不受本发明限制。因此,没有参照具体软件代码来描述系统和方法的操作和行为,应理解,可以将软件和控制硬件设计为基于本文中的描述来实施这些系统和方法。

[0081] 当以软件实施时,功能可作为一个或多个指令或代码存储在非暂时性计算机可读存储介质或处理器可读存储介质上。本文所公开的方法或算法的步骤可体现在处理器可执行软件模块中,所述处理器可执行软件模块可驻留在计算机可读或处理器可读存储介质上。非暂时性计算机可读介质或处理器可读介质包含计算机存储介质与有利于将计算机程序从一处传送到另一处的有形存储介质两者。非暂时性处理器可读存储介质可以是可由计算机存取的任何可用介质。举例来说且并非限制,这些非暂时性处理可读介质可包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其它光盘存储器、磁盘存储器或其它磁性存储装置,或可以指令或数据结构的形式存储期望程序代码且可由计算机或处理器存取的任何其它有形存储介质。如本文中所使用的盘和碟包括压缩盘(CD)、镭射盘、光盘、数字多功能盘(DVD)、软盘和蓝光盘,其中磁盘通常磁性地再现数据,而光盘用激光光学地再现数据。上述各项的组合也应包含在计算机可读介质的范围内。此外,方法或算法的操作可作为代码和/或指令的一个或任何组合或集合而存储在非暂时性处理器可读介质和/或计算机可读介质上,所述非暂时性处理器可读介质和/或计算机可读介质可纳入到计算机程序产品中。

[0082] 提供所公开的实施例的前文描述以使本领域的技术人员能够制作和使用本发明。对这些实施例的各种修改对于本领域的技术人员来说是容易清楚的,并且本文所定义的通用原理可应用到其它实施例而不偏离本发明的精神或范围。因此,本发明不希望限于本文

所示出的实施例,而是应符合与随附权利要求书和本文所公开的原理和新颖特征一致的最广范围。

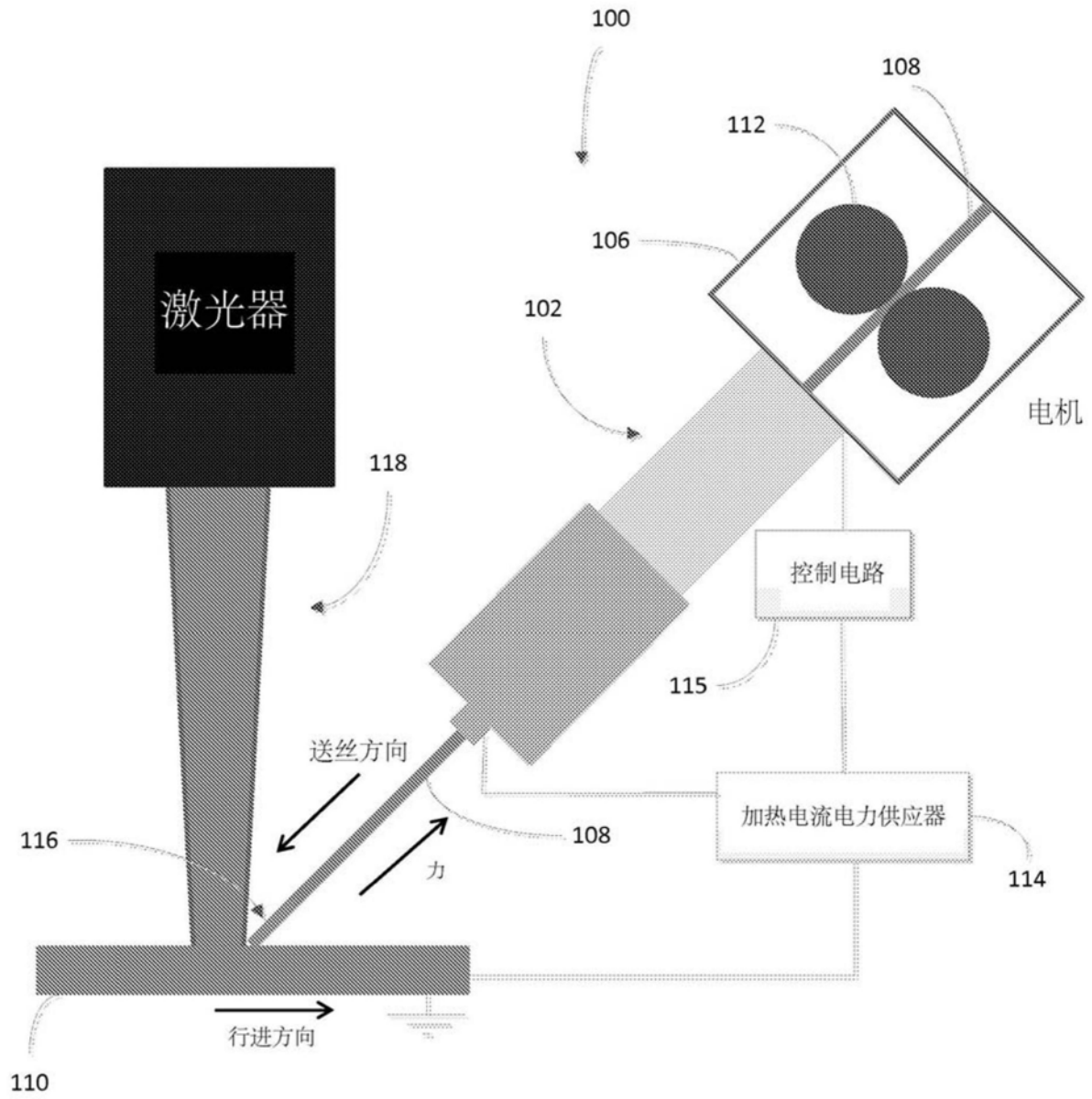


图1

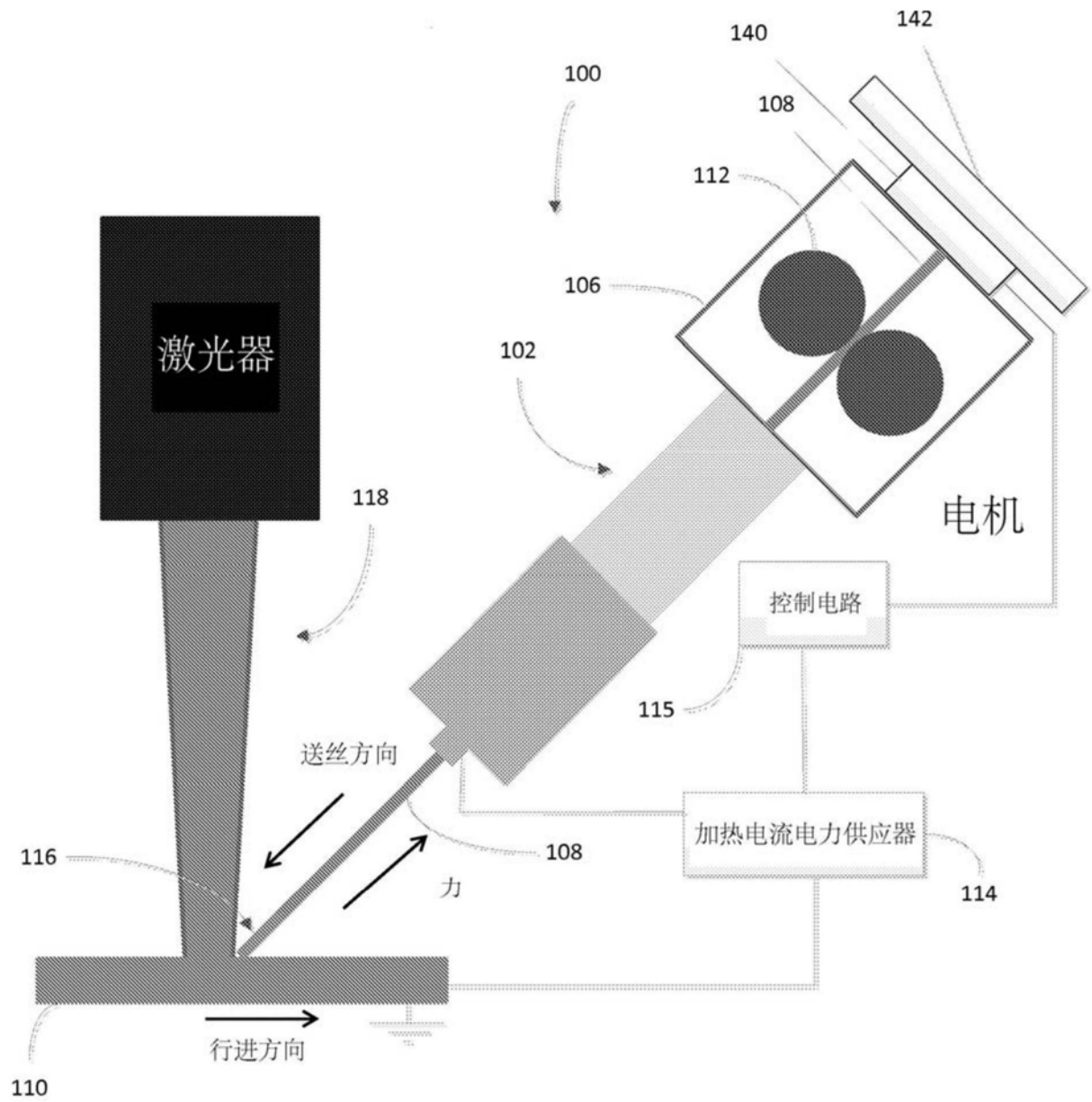


图2



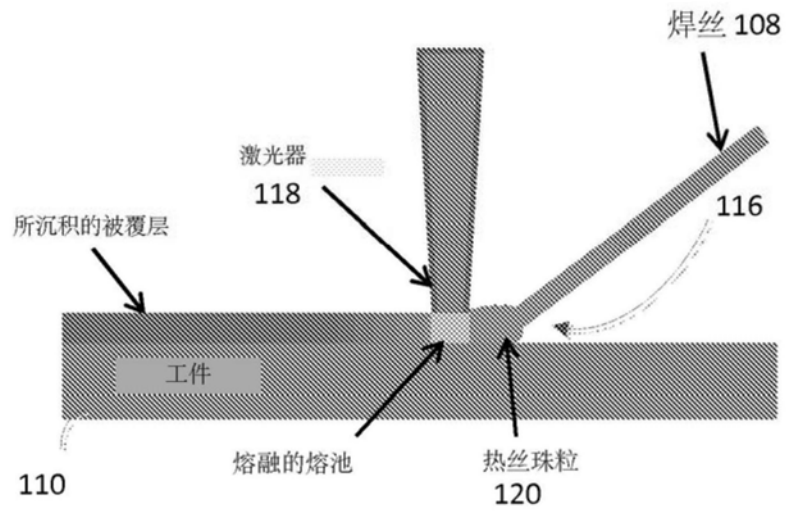


图3

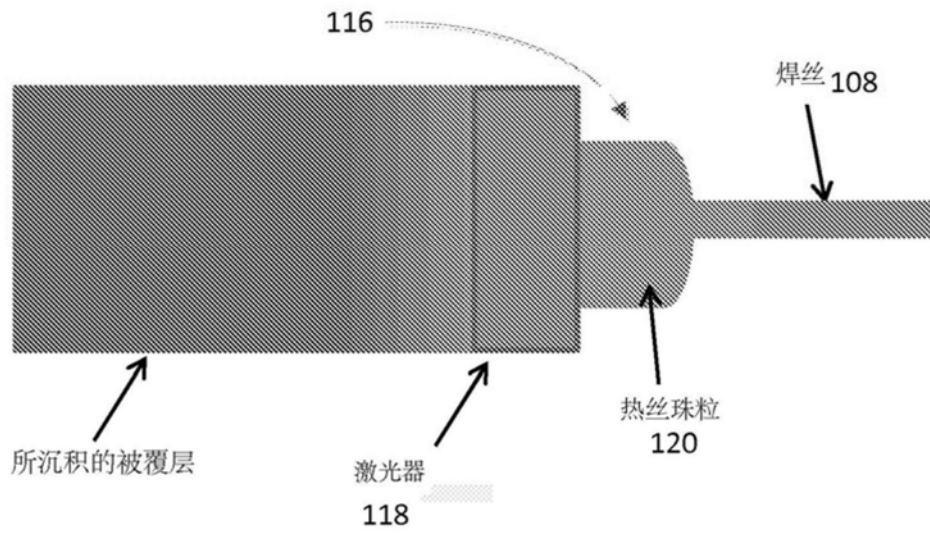


图4

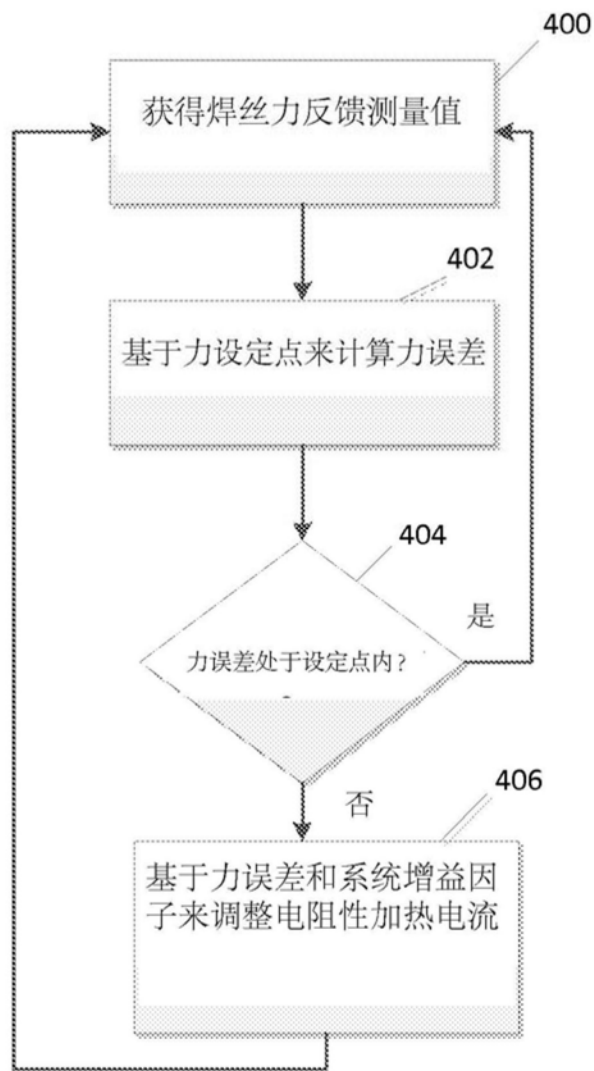


图5

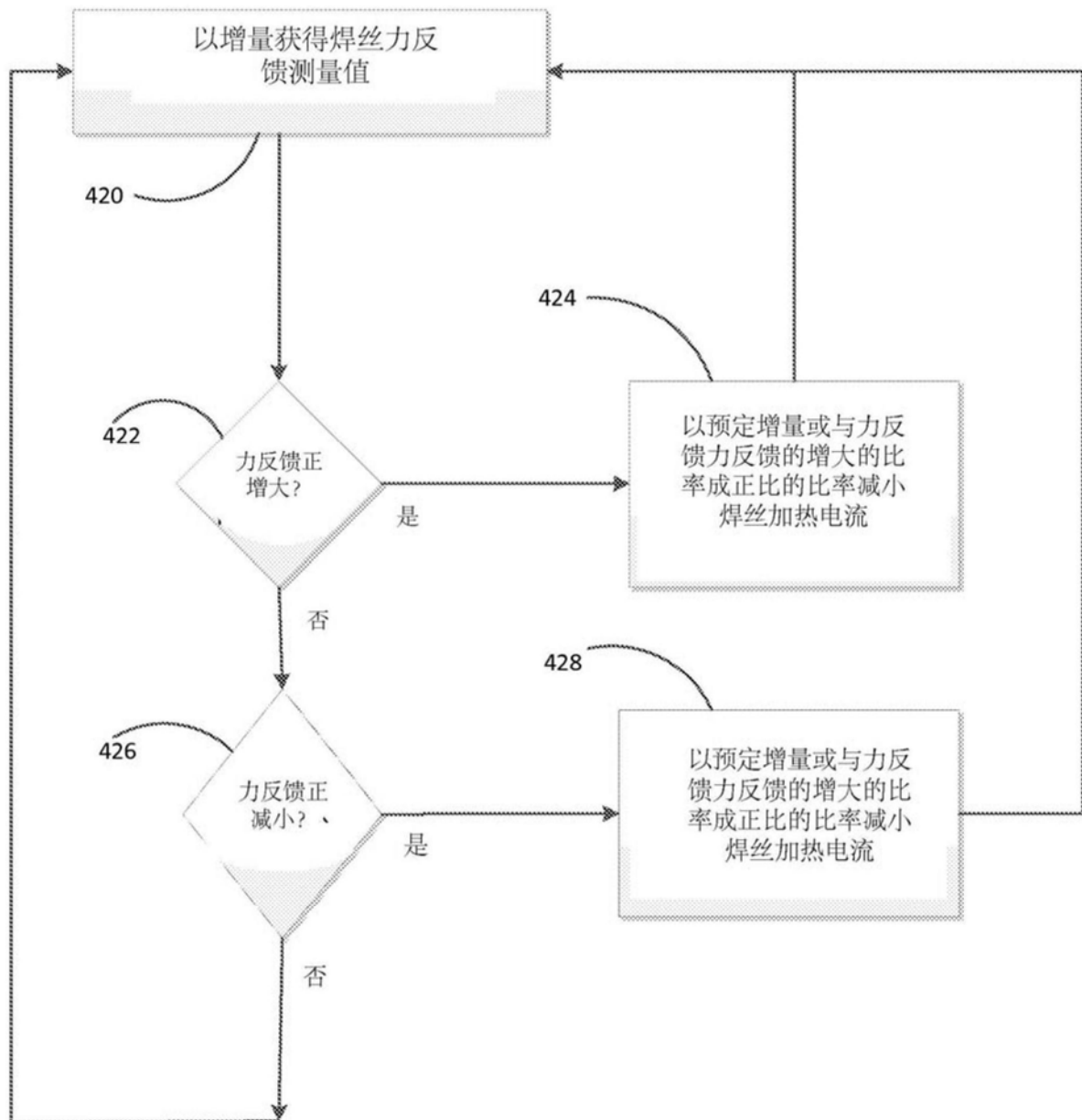


图6

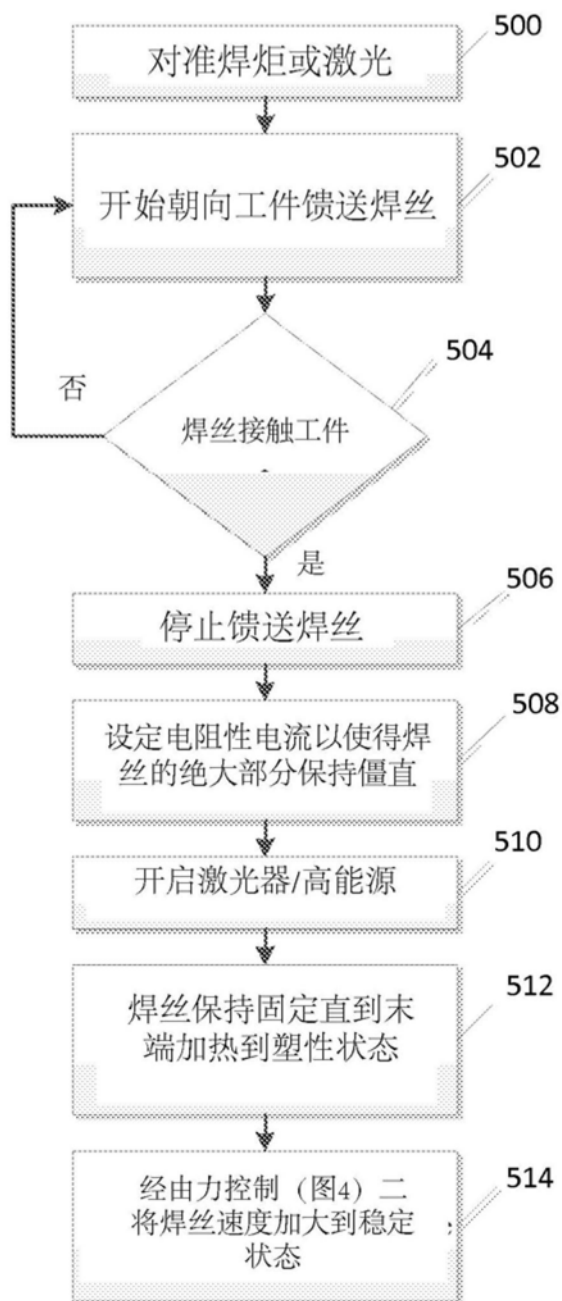


图7

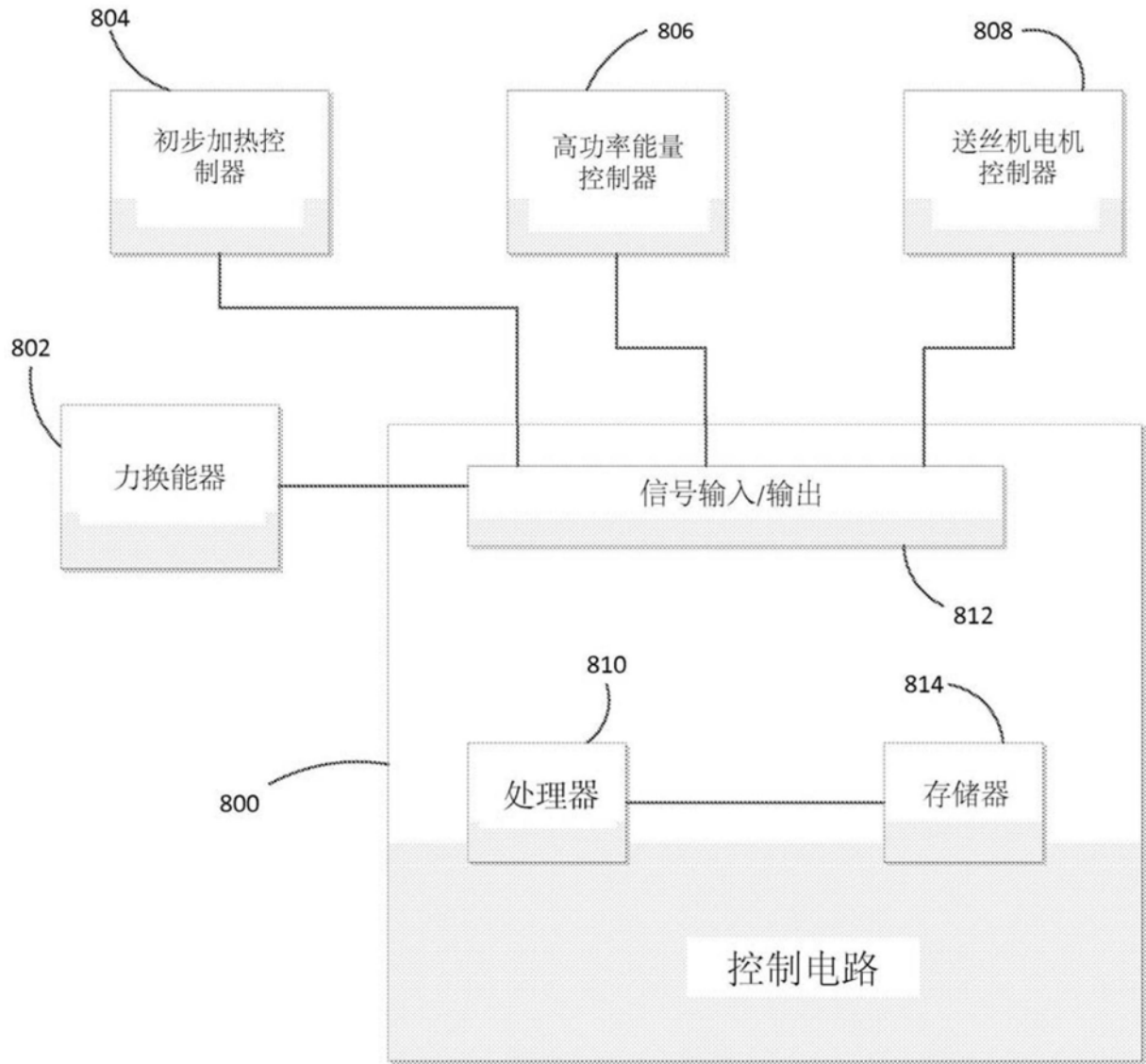


图8

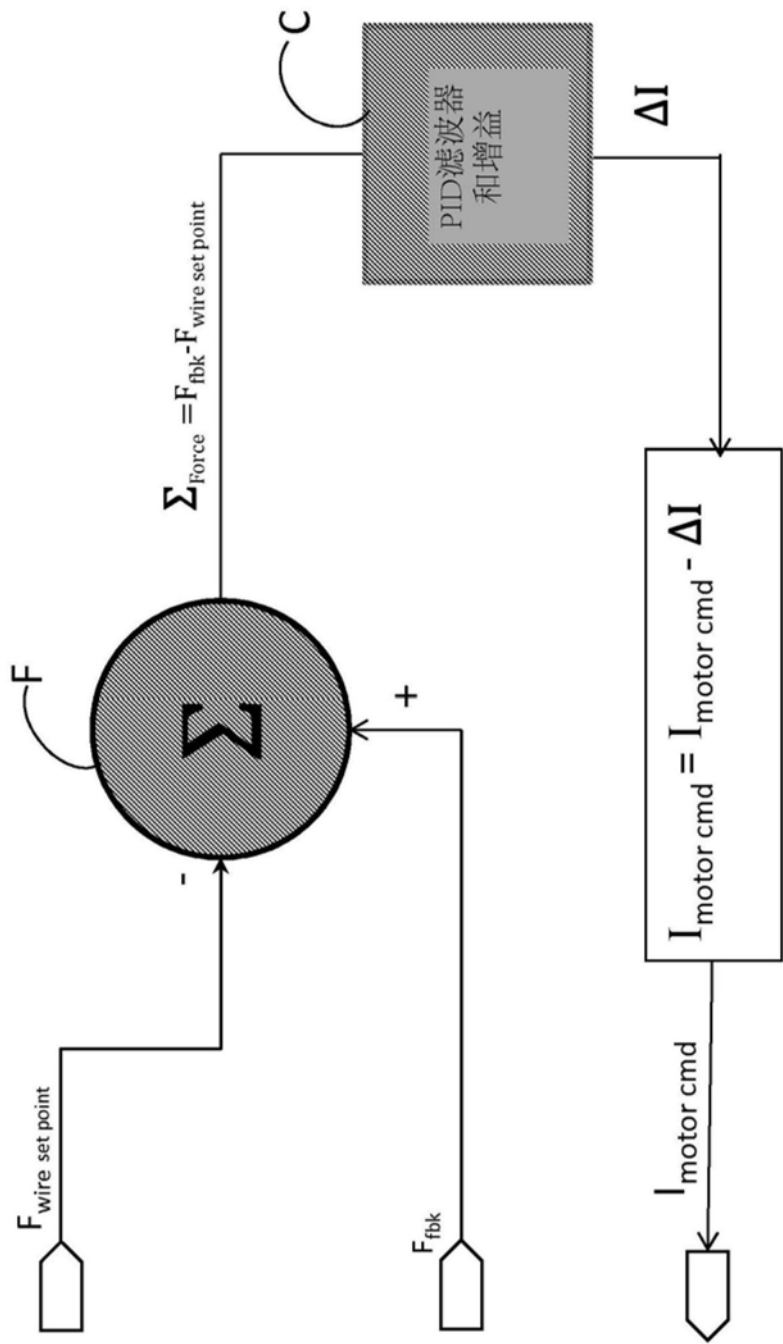


图9