



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104419975 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 18

(21) 申请号 201310400103. 2

(22) 申请日 2013. 09. 05

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 胡登基 李鹏 徐文龙 武颖娜

L. B. 库尔 小罗伯特 . G. 齐默尔曼

T. E. 曼特可夫斯基 M. K. 梅耶

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 封新琴

(51) Int. Cl.

G25F 5/00(2006. 01)

G25F 7/00(2006. 01)

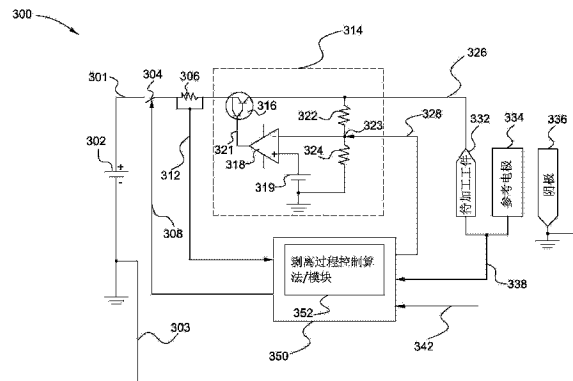
权利要求书2页 说明书14页 附图8页

(54) 发明名称

控制电化学剥离过程的系统和方法

(57) 摘要

本发明揭示一种电化学剥离方法,其包括如下步骤:从电源施加电流至可导电的待加工工件,其中该施加的电流被设置成选择性地剥离依附于该可导电的待加工工件的至少一部分涂层;接收代表从该电源流向该可导电的加工工件的实际电流的多个测量电流值,该多个测量电流值构成电流-时间变化曲线;至少根据该多个测量电流值识别出该电流-时间变化曲线上的交叉点,其中,该交叉点定义电化学剥离过程的第一剥离时间;至少基于该识别的交叉点以及预设的常数计算期望的总剥离时间,其中,该预设的常数定义该涂层的剥离深度,以及在判断出已经达到该计算的总剥离时间时,停止或暂停从该电流提供电流至该待加工工件。本发明还揭示一种电化学剥离系统。



1. 一种电化学剥离方法,其特征在于:该方法至少包括如下步骤:

从电源施加电流至可导电的待加工工件,其中该施加的电流被设置成选择性地剥离依附于该可导电的待加工工件的至少一部分涂层;

接收代表从该电源流向该可导电的加工工件的实际电流的多个测量电流值,该多个测量电流值构成电流-时间变化曲线;

至少根据该多个测量电流值识别出该电流-时间变化曲线上的交叉点,其中,该交叉点定义电化学剥离过程的第一剥离时间;

至少基于该识别的交叉点以及预设的常数计算期望的总剥离时间,其中,该预设的常数定义该涂层的剥离深度;以及

在判断出已经达到该计算的总剥离时间时,停止或者暂停从该电源提供电流至该待加工工件。

2. 如权利要求1所述的电化学剥离方法,其特征在于:其中,识别该交叉点的步骤包括如下子步骤:

至少根据该多个测量的电流值计算微分电流值;

判断该微分电流值是否小于零;

经判断该微分电流值小于零时,至少根据测量的电流值计算平均电流值;

将该计算的平均电流值与相对应的测量电流值相减;以及

当该计算的平均电流值与相对应的测量电流值之间的差值等于零时,识别出该电流-时间变化曲线上的交叉点。

3. 如权利要求1所述的电化学剥离方法,其特征在于:该预设的常数在0.05和0.1之间。

4. 如权利要求1所述的电化学剥离方法,其特征在于:计算该期望的总剥离时间的步骤包括如下子步骤:

至少根据该识别的交叉点以及预设的时间常数识别出期望的终止点,其中,该期望的终止点和该交叉点定义该电化学剥离过程的第二剥离时间;以及

将该第一剥离时间和该第二剥离时间相加,以得到该期望的总剥离时间。

5. 如权利要求1所述的电化学剥离方法,其特征在于:该方法还包括如下步骤:

至少根据该测量的多个电流值计算与该电化学剥离过程相关的电荷量;

判断该计算的电荷量是否满足预设的电荷量;以及

经判断该计算的电荷量满足该预设的电荷量时,停止或者暂停将该电源提供的电流施加至该可导电的待加工工件。

6. 一种系统,该系统被配置成选择性地基底至少一部分涂层剥离,其特征在于:该系统包括:电源和控制器;该电源与该基底以及电极可导电地连接,该电源被配置成施加电流至该基底,以在该基底和电极之间建立电场;该控制器包括交叉点识别单元,总剥离时间计算单元以及剥离过程控制单元;该交叉点识别单元被配置成至少根据多个测量的电流值识别出电流-时间变化曲线上的交叉点,其中该交叉点定义电化学剥离过程的第一剥离时间;该总剥离时间计算单元被配置成至少根据该识别出的交叉点以及预设的时间常数计算出期望的总剥离时间,其中该预设的时间常数与该涂层的剥离深度有关;该剥离过程控制单元被配置成在该电化学剥离过程实际进行的时间达到该期望的总剥离时间时,停止

或者暂停提供电流。

7. 如权利要求 6 所述的系统,其特征在于:该系统还包括电连接在该电源和该基底之间的开关;该开关被配置成在该期望的总剥离时间到达时,根据该控制器发送的第一控制信号而被关断,该开关还被配置成在该期望的总剥离时间未到达时,根据该控制器发送的第二控制信号而被开通。

8. 如权利要求 6 所述的系统,其特征在于:该控制器还包括:微分电流计算单元,平均电流计算单元以及求和单元;该微分电流计算单元被配置成至少根据该多个测量的电流值计算微分电流值;该平均电流计算单元被配置成在该计算的微分电流值小于零时,至少根据该多个测量的电流值计算平均电流值;该求和单元被配置成将该计算的平均电流值与对应的测量电流值相减,以得到电流差值;其中,该交叉点识别单元被配置成在该电流差值等于零时识别出该电流-时间变化曲线上的交叉点。

9. 如权利要求 6 所述的系统,其特征在于:该控制器还包括电量计算单元;该电量计算单元被配置成至少根据该多个测量的电流值计算出与该电化学剥离过程相关的总电荷量;其中,该剥离过程控制单元还被配置成在该计算的总电流量达到预设的电荷量时,停止或者暂停从该电源提供电流给该基底。

10. 如权利要求 6 所述的系统,其特征在于:该预设的常数在 0.05 和 0.1 之间。

控制电化学剥离过程的系统和方法

技术领域

[0001] 本发明公开的实施方式涉及电化学剥离(electrochemical stripping)过程控制系统和方法,特别涉及一种自动终止或者暂停电化学剥离过程的系统和方法。

背景技术

[0002] 电化学剥离技术可以被用来选择性地对待加工工件(例如,涡轮叶片)上所形成的涂层(例如,铝化合物型合金)剥离或者移除。通常,电化学剥离过程包括如下步骤:将待加工工件浸没于溶液中,通过溶液在该待加工工件和电极之间导通电流,使得该待加工工件上的涂层可以在电化学反应下被剥离或者移除。传统上,为了避免电化学反应程度不够而造成涂层的不完全剥离,或者过度的电化学反应而造成基底金属的不当剥离,在加工的过程中,一种做法是不时地将该待加工工件从溶液中取出来,通过焰色反应来观察涂层的剥离深度或者剥离程度。然而,反复地从溶液中取放加工工件比较不方便,需要许多的人工操作,并且会造成电化学剥离过程加工周期的延长。

[0003] 因此,需要提供改进的系统和方法来更好地控制该电化学剥离过程。

发明内容

[0004] 有鉴于上文提及之技术问题或者技术需求,本发明的一个方面在于提供一种电化学剥离方法,该方法至少包括如下步骤:从电源施加电流至可导电的待加工工件,其中该施加的电流被设置成选择性地剥离依附于该可导电的待加工工件的至少一部分涂层;接收代表从该电源流向该可导电的加工工件的实际电流的多个测量电流值,该多个测量电流值构成电流-时间变化曲线;至少根据该多个测量电流值识别出该电流-时间变化曲线上的交叉点,其中,该交叉点定义电化学剥离过程的第一剥离时间;至少基于该识别的交叉点以及预设的常数计算期望的总剥离时间,其中,该预设的常数定义该涂层的剥离深度,以及在判断出已经达到该计算的总剥离时间时,停止或者暂停从该电源提供电流至该待加工工件。

[0005] 在提供的电化学剥离方法中,其中,识别该交叉点的步骤包括如下子步骤:至少根据该多个测量的电流值计算微分电流值;判断该微分电流值是否小于零;经判断该微分电流值小于零时,至少根据测量的电流值计算平均电流值;将该计算的平均电流值与相对应的测量电流值相减;以及当该计算的平均电流值与相对应的测量电流值之间的差值等于零时,识别出该电流-时间变化曲线上的交叉点。

[0006] 在提供的电化学剥离方法中,其中,该预设的常数大于0小于1。

[0007] 在提供的电化学剥离方法中,其中,该预设的常数在0.05和0.1之间。

[0008] 在提供的电化学剥离方法中,其中,计算该期望的总剥离时间的步骤包括如下子步骤:至少根据该识别的交叉点以及预设的时间常数识别出期望的终止点,其中,该期望的终止点和该交叉点定义该电化学剥离过程的第二剥离时间;以及将该第一剥离时间和该第二剥离时间相加,以得到该期望的总剥离时间。

[0009] 在提供的电化学剥离方法中,该方法还包括如下步骤:至少根据该测量的多个电

流值计算与该电化学剥离过程相关的电荷量；判断该计算的电荷量是否满足预设的电荷量；以及经判断该计算的电荷量满足该预设的电荷量时，停止或者暂停将该电源提供的电流施加至该可导电的待加工工件。

[0010] 本发明的另一个方面在于提供一种系统，该系统被配置成选择性地从基底中至少一部分涂层剥离。该系统包括：电源和控制器。该电源与该基底以及电极可导电地连接，该电源被配置成施加电流至该基底，以在该基底和电极之间建立电场。该控制器包括交叉点识别单元，总剥离时间计算单元以及剥离过程控制单元。该交叉点识别单元被配置成至少根据多个测量的电流值识别出电流-时间变化曲线上的交叉点，其中该交叉点定义电化学剥离过程的第一剥离时间。该总剥离时间计算单元被配置成至少根据该识别出的交叉点以及预设的时间常数计算出期望的总剥离时间，其中该预设的时间常数与该涂层的剥离深度有关。该剥离过程控制单元被配置成在该电化学剥离过程实际进行的时间达到该期望的总剥离时间时，停止或者暂停提供电流。

[0011] 在提供的系统中，该系统还包括电连接在该电源和该基底之间的开关。该开关被配置成在该期望的总剥离时间到达时，根据该控制器发送的第一控制信号而被关断，该开关还被配置成在该期望的总剥离时间未到达时，根据该控制器发送的第二控制信号而被开通。

[0012] 在提供的系统中，该基底为涡轮叶片的至少一部分。

[0013] 在提供的系统中，该涂层包括铝化合物型合金或者铂铝化合物。

[0014] 在提供的系统中，该系统还包括滤波单元，该滤波单元被配置成滤除包含在测量的电流信号中的噪声信号。

[0015] 在提供的系统中，该控制器还包括：微分电流计算单元，平均电流计算单元以及求和单元。该微分电流计算单元被配置成至少根据该多个测量的电流值计算微分电流值。该平均电流计算单元被配置成在该计算的微分电流值小于零时，至少根据该多个测量的电流值计算平均电流值。该求和单元被配置成将该计算的微分电流值与对应的测量电流值相减，以得到电流差值。其中，该交叉点识别单元被配置成在该电流差值等于零时识别出该电流-时间变化曲线上的交叉点。

[0016] 在提供的系统中，该控制器还包括电量计算单元。该电量计算单元被配置成至少根据该多个测量的电流值计算出与该电化学剥离过程相关的总电荷量。其中，该剥离过程控制单元还被配置成在该计算的总电流量达到预设的电荷量时，停止或者暂停从该电源提供电流给该基底。

[0017] 在提供的系统中，该预设的常数在 0.05 和 0.1 之间。

[0018] 本发明的再一个方面在于提供一种电化学剥离系统，该电化学剥离系统至少包括如下步骤：从电源施加电流至可导电的待加工工件的模块，其中该施加的电流被设置成选择性地剥离依附于该可导电的待加工工件的至少一部分涂层；接收代表从该电源流向该可导电的待加工工件的实际电流的多个测量电流值的模块，该多个测量电流值构成电流-时间变化曲线；至少根据该多个测量电流值识别出该电流-时间变化曲线上的交叉点模块，其中，该交叉点定义电化学剥离过程的第一剥离时间；至少基于该识别出的交叉点以及预设的常数计算期望的总剥离时间的模块，其中，该预设的常数定义该涂层的剥离深度，以及在判断出已经达到该计算的总剥离时间时，停止从该电源提供电流至该待加工工件的模块。

[0019] 本发明的再一个方面在于提供一种非暂态电脑可读存储介质,该存储介质存储有多个指令,该多个指令被至少一个处理器处理,以执行如下动作:接收代表从电源流向可导电的加工工件的实际电流的多个测量电流值,该多个测量电流值构成电流-时间变化曲线;至少根据该多个测量电流值识别出该电流-时间变化曲线上的交叉点,其中,该交叉点定义电化学剥离过程的第一剥离时间;至少基于该识别的交叉点以及预设的常数计算期望的总剥离时间,其中,该预设的常数定义该涂层的剥离深度,以及在判断出已经达到该计算的总剥离时间时,停止从该电流提供电流至该待加工工件。

[0020] 在提供的非暂态电脑可读存储介质中,该存储介质存储还存储多个指令,该多个指令被该至少一个处理器,以执行如下动作:至少根据该多个测量的电流值计算微分电流值;判断该微分电流值是否小于零;经判断该微分电流值小于零时,至少根据测量的电流值计算平均电流值;将该计算的平均电流值与相对应的测量电流值相减;以及当该计算的平均电流值与相对应的测量电流值之间的差值等于零时,识别出该电流-时间变化曲线上的交叉点。

[0021] 在提供的非暂态电脑可读存储介质中,该存储介质存储还存储多个指令,该多个指令被该至少一个处理器,以执行如下动作:至少根据该识别的交叉点以及预设的时间常数识别出期望的终止点,其中,该终止点和该交叉点定义该电化学剥离过程的第二剥离时间;以及将该第一剥离时间和该第二剥离时间相加,以得到该期望的总剥离时间。

[0022] 在提供的非暂态电脑可读存储介质中,该存储介质存储还存储多个指令,该多个指令被该至少一个处理器,以执行如下动作:至少根据该测量的多个电流值计算与该电化学剥离过程相关的总电荷量;判断该计算的总电荷量是否满足预设的电荷量;以及经判断该计算的总电荷量满足该预设的电荷量时,停止将该电源提供的电流施加至该可导电的待加工工件。

[0023] 本发明提供的改进的电化学剥离系统和方法,通过实时检测电化学剥离过程相关的电流参数,并根据电流参数计算出与涂层剥离深度相关的期望的总剥离时间,以实现对该电化学剥离过程的自动控制,解决了现有技术中遇到的耗费较多人工或者加工效率低下的技术问题,也即取得了提升加工效率的技术效果。

附图说明

[0024] 通过结合附图对本发明的实施方式进行了描述,可以更好地理解本发明,在附图中:

[0025] 图 1 所示为本发明提出的电化学剥离系统的一种实施方式的示意图;

[0026] 图 2 所示为由图 1 所示的电化学剥离系统处理的涡轮叶片的一种实施方式的截面示意图;

[0027] 图 3 所示为图 1 所示的电化学剥离系统的一种实施方式的电路配置结构图;

[0028] 图 4 所示为由图 1 或者图 3 所示的控制器执行的电化学剥离控制算法或者模块的一种实施方式的具体模块架构示意图;

[0029] 图 5 所示为由图 1 或者图 3 所示的控制器执行的电化学剥离控制算法或者模块的另一种实施方式的具体模块架构示意图;

[0030] 图 6 所示为执行图 4 或者图 5 所示的电化学剥离控制算法所产生的测量电流值和

计算电流值随时间变化的曲线示意图；

[0031] 图 7 所示为电化学剥离控制方法一种实施方式的流程图；以及

[0032] 图 8 所示为电化学剥离控制方法另一种实施方式的流程图。

具体实施方式

[0033] 基本而言,本发明揭示的实施方式涉及自动化电化学剥离方法和执行电化学剥离方法的系统,以及包含该电化学剥离方法并以计算机或者处理器可执行的指令方式存储的非暂态电脑可读存储介质,以用来根据一个或者多个标准(例如,期望的涂层剥离深度或者期望的从待加工工件或者基底上移除的涂层量),来自动终止或者暂停该电化学剥离过程。更具体而言,本发明通过提出一种新的电化学剥离过程控制算法或者方法来取得对电化学剥离过程的自动控制。在一些实施方式中,在执行该电化学剥离过程控制算法或者方法的过程中,与该电化学剥离过程相关的一个或者多个电参数(例如,电流信号或者数值)可以被实时地测量或者监控,并被进一步处理,以根据期望的涂层剥离深度或者期望的涂层剥离量,来预测或者计算得到期望的总剥离时间。在一些更具体的实施方式中,该总剥离时间可以通过将第一剥离时间和第二剥离时间相加而得到。其中,该第一剥离时间与该电化学剥离过程的第一阶段相关,并且该第一剥离时间从电化学剥离过程启动时开始,直至交叉点。在一种实施方式中,该交叉点可以通过观察至少两条电流随时间变化的曲线而得到,其中,第一条电流-时间变化曲线代表从电源流向待加工工件或者基底的电流的实际值,第二条电流-时间变化曲线代表在线测量或者监控得到的电流的移动平均值。上述的第二剥离时间与该电化学剥离过程的第二阶段相关,并且,该第二剥离时间从该交叉点开始,直至该电化学剥离过程的终止点。在一些实施方式中,该终止点可以通过上述已经识别到的交叉点以及预设的常数计算得到,其中,该预设的常数可以表征期望的涂层深度或者期望的从该待加工工件或者基底上移除的涂层量。因此,在得到该期望的总剥离时间之后,当实际进行的剥离时间达到该期望的总剥离时间时,该电化学剥离过程可以被自动终止或者暂停。

[0034] 在一些实施方式中,除去上文描述的,以该期望的总剥离时间是否已经达到为判定条件而触发的电化学剥离过程自动终止方案,还可以结合考虑一个或者多个其他判定条件。举例而言,在一种实施方式中,在电化学剥离过程中,还可以计算代表从该待加工工件或者基底上移除的实际涂层的总电荷量。当与实际移除的涂层相关的电荷量达到预设的数值时,该电化学剥离过程即被自动终止。在一些具体的实施方式中,该总电荷量判定条件可以被设置成比总剥离时间判定条件具有更高的优先级。也即,一旦该计算的总电荷量达到预设的电荷量值时,该电化学剥离过程即被强制终止,而不管此时实际的剥离时间是否达到期望的总剥离时间。

[0035] 执行本发明提出的自动化电化学剥离过程控制算法或者方法技术方案可以解决一个或者多个技术问题,取得一个或者多个技术优点或者有益效果。其中一个技术优点或者有益效果为从电解质溶液中重复取放待加工工件的动作被减少或者被避免,因此,相应地,该电化学剥离过程的加工时间可以被缩短,从而使得生产或者加工效率得到提升。另一个技术优点或者有益效果为对涂层的不充分剥离或者对基底材料的过度剥离可以被减轻或者避免。对于本领域具有通常知识的人员而言,通过阅读下文结合附图所作之详细描述,

很容易可以明白本发明具体实施方式还可以产生其他技术优点或者技术效果。

[0036] 以下将描述本发明的一个或者多个具体实施方式。首先要指出的是,在这些实施方式的具体描述过程中,为了进行简明扼要的描述,本说明书不可能对实际的实施方式的所有特征均作详尽的描述。应当可以理解的是,在任意一种实施方式的实际实施过程中,正如在任意一个工程项目或者设计项目的过程中,为了实现开发者的具体目标,或者为了满足系统相关的或者商业相关的限制,常常会做出各种各样的具体决策,而这也会从一种实施方式到另一种实施方式之间发生改变。此外,还可以理解的是,虽然这种开发过程中所作出的努力可能是复杂并且冗长的,然而对于与本发明公开的内容相关的本领域的普通技术人员而言,在本公开揭露的技术内容的基础上进行的一些设计,制造或者生产等变更只是常规的技术手段,不应当理解为本公开的内容不充分。

[0037] 除非另作定义,在本说明书和权利要求书中使用的技术术语或者科学术语应当为本发明所属技术领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本说明书以及权利要求书中使用的“第一”或者“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性,而只是用来区分不同的组成部分。“一个”或者“一”等类似词语并不表示数量限制,而是表示存在至少一个。“或者”包括所列举的项目中的任意一者或者全部。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现在“包括”或者“包含”前面的元件或者物件涵盖出现在“包括”或者“包含”后面列举的元件或者物件及其等同元件,并不排除其他元件或者物件。“连接”或者“相连”等类似的词语并非限定于物理的或者机械的连接,而是可以包括电性的连接,不管是直接的还是间接的。此外,“电路”或者“电路系统”以及“控制器”等可以包括单一组件或者由多个主动元件或者被动元件直接或者间接相连的集合,例如一个或者多个集成电路芯片,以提供所对应描述的功能。

[0038] 首先请参阅图 1,其所示为电化学剥离系统 100 的一种实施方式的示意图。如图 1 所示,在一种实施方式中,该电化学剥离系统 100 包括电解质溶液收容器 126,该电解质溶液收容器 126 至少部分填充有电解质溶液 124,例如,携带一种或者多种添加剂的水溶液。该电解质溶液收容器 126 可以通过任意合适的材料制成,特别地,该材料不和电解质溶液收容器的其他元件发生反应。该电解质溶液收容器 126 的形状及容量可以根据实际的应用加以变更,但是应当确保其被设置成具有足够的尺寸,以将一个或者多个电极,待加工工件以及电解质溶液 124 收容于其内。

[0039] 在图示的实施方式中,该电解质剥离系统 100 还包括一个电极 116,该电极 116 被设置成浸没于电解质溶液 124 中。在其他实施方式中,该电解质剥离系统 100 所使用的电极数量并不限于一个,其可以根据实际的其他因素(例如,待加工工件的形状和尺寸等)进行改变。该电极 116 可以由任意合适的导电材料制成,例如石墨,其被配置成导通电流,以用于移除待加工工件上的一种或者多种涂层。

[0040] 如图 1 所示,在一种实施方式中,由该电化学剥离系统 100 进行涂层剥离的待加工工件 118 可以被整体或者部分放置于电解质溶液收容器 126 内。该待加工工件 118 至少部分覆盖有一种或者多种涂层(coating)。关于该待加工工件 118 的一种实施方式可以参阅图 2,其示出了一种待加工工件 200 的截面示意图,该待加工工件 200 可以代替图 1 所示的待加工工件 118,而被电化学剥离系统 100 进行涂层剥离。在一种实施方式中,该待加工工件 200 可以为在燃气轮机或者蒸汽轮机中使用的涡轮叶片的至少一部分。在另外一种实施

方式中,该待加工工件 200 也可以为在飞行设备中使用的翼片的至少一部分。如图 2 所示,该待加工工件 200 包括基底 202,其可以包括基底金属(例如,镍基超合金),并且可以导通电流。该待加工工件 200 通常还可以进一步包括涂层或者结合层 206,其通过一层或者多层扩散层 204 而被设置在基底 202 的上方。在其他实施方式中,该涂层或者结合层 206 也可以直接覆盖基底 202,而没有中间的扩散层 204。该涂层或者结合层 206 也包括可以导电的材料,例如,铝化合物型合金或者铂铝化合物。在一种实施方式中,在使用图 1 所示的电化学剥离系统 100 进行处理时,可以将该涂层或者结合层 206 全部地或者部分地从该待加工工件 200 剥离/移除。进一步,在一些方式中,还可以全部地或者部分地将扩散层 204 从该待加工工件 200 剥离/移除。

[0041] 请返回参阅图 1,其所示的待加工工件 118 被安排成与电极 116 相邻设置,并且其放置的位置可以使得在系统 100 启动后,可以在该电极 116 和待加工工件 118 的特定涂层表面之间建立电场。在一种实施方式中,足够量的电解质溶液 124 被投放到电解质溶液收容器 126 中,以将待加工工件 118 和电极 116 浸没其内。可以理解的是,该电解质溶液 124 可以通过各种方式投放到电解质溶液收容器 126 内,例如,作为非限制性的实施方式,该电解质溶液 124 可以被倒入该电解质溶液收容器 126 内,或者可替换地,该电解质溶液 124 也可以通过公知的运输设备(例如,泵等)被输入该电解质溶液收容器 126 内。

[0042] 请进一步参阅图 1,该电化学剥离系统 100 还可以包括电源装置 102,该电源装置 102 被设置成与该电极 116 和待加工工件 118 进行电连接。在一种实施方式中,该电源装置 102 可以包括直流供电装置,其被配置成通过正连接线 106 和负连接线 104 提供直流电压和/或直流电流,以在该电极 116 和该待加工工件 118 之间建立电场,从而使得该待加工工件 118 的至少一部分涂层可以在电化学反应的作用下从该待加工工件 118 的基底上被剥离或者移除。在一种实施方式中,该电源装置 102 输送直流电压和或直流电流给电极 116 的方式可以是连续的(continuous),也可以是脉冲式的或者断续的(pulsating)。

[0043] 请进一步参阅图 1,该电化学剥离系统 100 还可以包括控制器 130,该控制器 130 与电源装置 102 电连接。虽然未作图示,该控制器 130 可以与一个或者多个传感器进行通信连接,以获取与电化学剥离过程相关的各种运行参数。并且,该控制器 130 也可以与输入用户界面(图未示,例如键盘或者触摸显示设备)相连接,以接收用户输入的指令,来控制或者调节与该电化学剥离过程相关的各种运行参数。举例而言,在一种实施方式中,系统启动后,控制器 130 可以发送控制信号(或者启动信号)136 给电源装置 102,以将该电源装置 102 开启而导通电流,从而可以进行电化学剥离过程。正如在下文所作之详细描述,在执行本发明提出的电化学剥离过程控制算法或者方法时,该控制器 130 还可以被配置成发送更新的控制信号(或者停止信号),以将该电源装置 102 关闭而暂停或者停止提供电流,从而该电化学剥离控制过程可以被终止或者暂停。进一步,在一些实施方式中,该控制器 130 还可以被配置成以实时方式调整发送给电源装置 102 的控制信号 106,以使得该待加工工件 128 和参考电极 128 之间的电势或者电压差(以标号 V_p 标示)维持在基本恒定的数值。该参考电极 128 可以与加工电极 116 一样,由相同的导电材料制成,例如石墨。在其他实施方式中,该参考电极 128 也可以用与加工电极 116 不一样的导电材料制成。在一种实施方式中,如图 1 所示,该参考电极 128 被放置在该待加工工件 118 和加工电极 116 之间。在其他实施方式中,该参考电极 128 也可以被放置在其他位置,例如,放置在该待加工工件 118 的右侧。

[0044] 如图 1 所示,该控制器 130 可以包括一个或者多个处理器 132 以及一个或者多个存储装置 134,该一个或者多个存储装置 134 与该一个或者多个处理器 132 连接。在一种实施方式中,该一个或者多个存储装置 134 与该一个或者多个处理器 132 一起可以被设置在该控制器 130 内部。在其他实施方式中,该一个或者多个存储装置 134 也可以与该一个或者多个处理器 132 分离设置,或者与该一个或多个处理器 132 进行远程通信。该控制器 140 可以包括任何合适的可编程电路或者装置,包括数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP)、现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array, FPGA)、可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC) 以及专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit, ASIC) 等。该存储装置 134 可以包括易失性存储器(例如,寄存器,缓存,以及随机存储器等),非易失性存储器(例如,只读存储器,电可擦只读存储器,闪存存储器等),或者上述易失性存储器和非易失性存储器的合理组合。在一种实施方式中,该存储装置 134 被配置成存储由多条计算机指令构成的计算机程序,并且该多条计算机指令可以被该一个或者多个处理器 132 执行。

[0045] 图 3 所示为电化学剥离系统 300 的一种实施方式的电路配置结构图。该电化学剥离系统 300 可以在图 1 所示的电化学剥离系统 100 中执行。如图 3 所示,电源装置 302 的正极通过开关装置 304,电流传感器 306 以及电压调节装置 314 与待加工工件 332 电连接。也即,该开关装置 304,电流传感器 306 和电压调节装置 314 串联连接在该电源装置 302 和待加工工件 332 之间。该电源装置 302 的负极通过负连接线 303 与加工电极(也称作阴极) 336 电连接,并且,在一种实施方式中,该阴极 336 接地。在一种实施方式中,该电源装置 302 可以为直流电源装置,例如电池,其在运作时可以提供直流电压和 / 或直流电流给该待加工工件 332 以及加工电极或者阴极 336。在其他实施方式中,该电源装置 302 也可以为电能变换装置,例如交流转直流变换器(例如,整流器),其可以接收从合适的电源(例如,交流电网)提供的交流电能,并将该接收的交流电能转换成直流电能,以提供给待加工工件 332 和加工电极或者阴极 336。

[0046] 请进一步参阅图 3,该开关装置 304 可以为任何合适的器件(例如,基于半导体的开关器件),其可以在控制器 350 执行本发明提出的自动电化学剥离控制算法或者模块 352 所产生的控制信号 308 的作用下,被开通或者关断。虽然在图 3 中示作单一分离的元件,该开关装置 304 也可以与电源装置 303 集成在一起。在一种更具体的实施方式中,当该开关装置 304 在控制器 305 所发送的控制信号 308 的作用下被开通时,将建立一个闭合的电传输路径,使得从该电源装置 302 提供的直流电压或者直流电流被输送给该待加工工件 332 和加工电极或者阴极 336,从而使得该待加工工件 332 的至少一部分涂层可以在涂层和电解质溶质之间发生的电化学反应的作用下被移除或者剥离。另一方面,当该开关装置 304 在控制器 350 所提供的更新控制信号 308 的作用下被关断时,上述形成的闭合电传输路径被切断,以禁止(disable)或者停止将该电源装置 302 提供的直流电压或者直流电流输送给该待加工工件 332 和加工电极或者阴极 336,从而将该电化学剥离过程终止或者暂停。

[0047] 请进一步参阅图 3,在一种实施方式中,该电连接在电源装置 302 和待加工工件 332 之间的电流传感器 306 包括电阻元件,该电阻元件被配置成测量沿着正连接线路 301 在该电源装置 302 和待加工工件 332 之间流动的实际电流值。在其他实施方式中,该电流传感器 306 并不限于电阻元件,其也可以包括其他合适的感测器件或者传感器件,以实现在

此描述的电流测量功能。在图示的实施方式中,该电流传感器 306 被图示成连接在该开关装置 304 和电压调节装置 314 之间。在其他实施方式中,该电流传感器 306 也可以设置在沿着正连接线 301 的其他任意合适的位置,例如,该电流传感器 306 可以连接在该电源装置 302 的正极和开关装置 304 之间,或者设置在该电压调节装置 314 和待加工工件 312 之间。在一种更具体的实施方式中,该电流传感器或者电阻元件 306 在运作时提供电压信号 312,该电压信号代表从电源装置 302 流向待加工工件 332 的实际电流值,并将该电压信号 312 提供给控制器 350,以供控制器 350 进行进一步的运算,处理或者控制。在一些实施方式中,在将该电压信号 312 提供给该控制器 350 之前,或者在控制器 350 之中,可以将该电压信号 312 进行其他处理,例如,模数转换,放大,滤波等操作。如下文所作的详细描述,该控制器 250 可以至少根据该获得的电压信号 312,处理或者计算出该电化学反应过程相关的各种参数,包括计算平均电流值和 / 或微分电流值等。

[0048] 请进一步参阅图 3,电连接在该电源装置 302 和待加工工件 332 之间的电压调节装置 314 被配置成接收从该电源装置 302 提供的直流电压或者直流电流,并提供调节的直流电压或者直流电流给该待加工工件 332。在一些实施方式中,该电压调节装置 314 输出的直流电压或者直流电流可以以特定的方式进行调节,以使得该电化学反应过程可以被控制成运行在恒电压或者恒电势模式,在此所谓的“恒电压或者恒电势模式”是指该待加工工件 332 进而参考电极 334 之间的电势差或者电压差被控制成维持在某一电压值或者电势值保持不变,或者在可以接受或者忽略的波动范围内变化。将该电化学反应过程控制成运作在恒电压或者恒电势模式的好处是,可以允许在电化学反应发生时,该涂层可以电解质溶液之间有最大程度的电荷交换,而该待加工工件的基底金属和电解质溶液之间有最小程度的电荷交换。

[0049] 在一种实施方式中,该电压调节装置 314 根据控制器 350 所产生的调节信号 328 进行运作,并且该控制器 350 根据从待加工工件 332 和参考电极 334 所测量的实际电压值和设定的电压值 342 来产生该调节信号 328。该设定的电压值 342 可以由用户或者操作人员或者计算机软件进行设定。在稳态运行时,该电压调节装置 314 提供的输出电压 326 应当被控制成使得该实际的电压值 338 可以跟随该设定的电压值 342 或者具有较小的可以接受的波动。

[0050] 在图示的实施方式中,该电压调节装置 314 包括阻抗调节元件 316 和运算放大器 318,该运算放大器 318 与该阻抗调节元件 316 电连接。在一种实施方式中,该阻抗调节元件 316 包括级联的两个半导体器件(例如,双极结型晶体管或者场效应晶体管等),该阻抗调节元件 316 可以在运算放大器 318 提供的控制信号 321 的作用下表现出变化的阻抗值或者电阻值,从而可以改变输出电压值 326。该运算放大器 318 具有同相输入端(以“+”号标示),该同相输入端与参考电压源 319 相连接,该参考电压源 319 提供参考电压给该同相输入端。该运算放大器 318 还包括反相输入端(以“-”号标示),该反相输入端与第一电阻 322 和第二电阻 324 之间的连接点 323 相连接。在实际运行时,当实际测量的电压值 338 偏离该设定电压值 342 时,该控制器 350 发送调节信号 328,以调节该连接点 323 处所出现的电压,然后该运算放大器 318 转而可以发送控制信号 321 给阻抗条件元件 316,以调节器阻抗值或者电阻值,从而使得输出电压 326 可控。需要注意的是,图 3 所示的该电压调节装置 314 不应当对本发明保护范围构成限制,实际上,类似的装置(例如,双向直流转直流变换器,升

降压直流转直流变换器)也可以被用来取得调节输出电压的功能。

[0051] 图 4 所示为由图 1 或者图 3 所示的控制器执行的电化学反应控制算法或者模块 400 的一种实施方式的具体模块架构示意图。在一种实施方式中,该电化学反应控制算法或者模块 400 可以实施为包括非暂态的多条计算机指令的计算机程序,并且该多条计算机指令可以被如图 1 或者图 3 所示的控制器 130,350 执行,以实现电化学反应过程的自动控制,或者更具体而言,自动终止或者暂停电化学反应过程。在其他实施方式中,该电化学反应控制算法或者模块 400 也可以由硬件的方式实施或者以软件结合硬件的方式实施。

[0052] 需要指出的是,在此描述的电化学反应控制算法或者模块可以包括或者代表硬件以及与其相关的指令(例如,存储在有形的(tangible)或者非暂态以及计算机可读的存储介质,例如,计算机硬盘,只读存储器,随机存储器以及类似的存储装置上的软件)。在此所述的硬件可以包括电子电路,包括一个或者多个逻辑装置,例如微处理器,处理器,控制器,以及类似的装置,或者与上述各种装置电连接的装置。上述的各种装置可以为现成的装置,这些现成的装置可以执行如上描述的各种指令所体现的功能。另外或者可替换地,这些装置中的一者或者多者也可以为通过电线路相互连接的逻辑电路,以执行这些功能。

[0053] 如图 4 所示,该电化学反应控制算法或者模块 400 可以选择性地包括滤波单元 404,该滤波单元 404 可以接收电流信号 402。在一种实施方式中,该电流信号 402 可以通过图 3 所示的一个或者多个电流传感器或者电阻元件 306 进行测量。在其他实施方式中,该电流信号 402 也可以取自存储装置,其预先存储测量的电流信号或者数值。在一种实施方式中,该滤波单元 404 可以包括低通滤波器,其被配置成滤除包含在测量的电流信号 402 中的噪声信号,并提供滤波后的电流信号 406 给微分计算单元 408,在其他实施方式中,该滤波单元 404 也可以被省去。

[0054] 请进一步参阅图 4,该微分计算单元 408 被配置成根据该滤波单元 404 提供的滤波电流信号 406 计算微分电流值 412。在其他实施方式中,该微分计算单元 408 也可以可替换地被配置成根据未滤波的电流信号或者由一个或者多个电流传感器或者电阻元件 336 (如图 3 所示)直接测量的电流信号计算该微分电流信号 406。在电化学反应过程进行时的任意一个时刻点,该计算得到的微分电流信号 406 可以为正值也可以为负值。更具体而言,当该计算得到的微分电流信号 406 为正值时,此意味着从电源装置 302 流向待加工工件 332 的实际电流正在增加。在一种实施方式中,实际电流逐渐增加代表着实际的涂层剥离率足够大,并且该电化学反应过程正在正常运行。

[0055] 关于该电化学反应过程的电流增加阶段可以更好地参阅图 6,其示出了在 t_0-t_1 时间范围内的任意一个时刻,其对应的微分电流值均为正值。另一方面,当该计算得到的微分电流值为负值时,此意味着从电源装置 302 流向待加工工件 322 的实际电流值正在逐渐减小或者降低,也即,该待加工工件 322 的很大一部分涂层已经被剥离或者移除掉,并且该电化学反应过程正在趋向结束。关于该电化学反应过程的电流减小阶段也可以更好地参阅图 6。举例而言,在时间点 t_1 之后的任意一个时刻,其对应的微分电流中均为负值。

[0056] 请进一步参阅图 4,在一种实施方式中,该电化学反应控制算法或者模块 400 也可以包括平均电流计算单元 414,该平均电流计算单元 414 与该滤波单元 414 的输出端相连接。在一种实施方式中,该平均电流计算单元 414 被配置成至少根据该滤波后的电流信号或者数值 406 计算移动平均电流值 416。在其他实施方式中,该平均电流计算单元 414 也可

以被配置成至少根据未滤波或者滤波前的电流信号或者数值,例如,由图 3 所示的一个或者多个电流传感器或者电阻元件 306 测量获得电流信号或者数值计算该移动平均电流值 416。

[0057] 请进一步参阅图 4,该计算得到的移动平均电流值 416 被发送给计算单元(求和元件或者减法元件)418,该计算单元 418 还与滤波单元 404 的输出端相连接,以接收该滤波单元 404 提供的滤波后的电流信号或者数值 406。在一种实施方式中,该计算单元 418 被配置成将该滤波后的电流数值 406 与该移动平均电流值 416 相减,以提供电流差值 422。

[0058] 可以在图 6 看出,在时间范围 t_0-t_1 内或者在正常的电化学剥离过程中,在该实际测量的电流曲线 602 上的在任一时刻的电流值始终大于移动平均电流曲线 604 上对应的电流值,也即,通过计算单元 418 计算获得的电流差值 422 在该段时间范围 t_0-t_1 内始终大于零或者为正值。然而,在时间点 t_1 之后,该两条电流曲线 602,604 呈现相交的趋势,其中,在该时间点 t_1 ,该实际测量的电流曲线 602 达到峰值电流,也即,通过计算单元 418 计算得到的电流差值 422 逐渐变为零。

[0059] 请进一步参阅图 4,在一种实施方式中,该电化学剥离控制算法或者模块 400 也可以包括交叉点识别单元 424,该交叉点识别单元 424 与该计算单元 418 相连。该交叉点识别单元 424 被配置成识别出该实际测量的电流曲线 602 和移动平均电流曲线 604 二者相互交叉的时间点。更具体而言,该交叉点识别单元 424 被配置成在电流差值 422 的数值为零时提供该交叉点值 426。在一些实施方式中,该交叉点识别单元 424 可以与微分计算单元 408 相连,以从该微分计算单元 408 接收微分电流值 412。在一种实施方式中,该交叉点识别单元 424 可以被进一步被设置成根据该微分电流值 422 的符号来寻找交叉点。更具体而言,当该微分电流值 412 为正值时,此时意味着该电化学剥离过程正在正常进行,因而可以将该交叉点识别单元 424 禁止掉。另一方面,当该微分电流值为负值时,此表示该电化学剥离过程行将结束,并且在电化学剥离过程经过一段时间之后应当被停止或者暂停。在此情形下,即该微分电流值 422 为负值时,该交叉点识别单元 424 被启动,以从该两条电流曲线 602,604 上识别出交叉点 606 (如图 6 所示)。在一些实施方式中,如图 6 所示,为了更清楚地显示出该交叉点,可以对电流差值作对数,通过描绘对应的对数函数曲线来观察。

[0060] 进一步,在一些实施方式中,为了防止对电流下降阶段的误判,该交叉点识别单元 424 还被配置成在该计算得到的微分电流值 412 被判断为持续为负值或者负号,并且保持一定时间(例如 3 至 5 分钟)之后,才识别该交叉点 606。例如,如图 6 所示,在电化学剥离过程的起始阶段,该交叉点识别单元 424 在时间点 t_0 附近,由于微分电流值持续为负的时间很短,小于 3 至 5 分钟,因此,并不作交叉点的识别。

[0061] 请进一步参阅图 4,在一种实施方式中,该电化学剥离控制算法或者模块 400 可以进一步包括总剥离时间计算单元 428,该总剥离时间计算单元 428 与该交叉点识别单元 424 相连接。该总剥离时间计算单元 428 被配置成至少根据该识别出的交叉点值 426 和预设的常数 425 来计算期望的总剥离时间值 432。更具体而言,在一种实施方式中,该总剥离时间计算单元 428 可以被配置成使用下述公式来计算该期望的总剥离时间值 432:

$$[0062] \quad T = \frac{T_v}{1-C} \quad (1),$$

[0063] 其中, T 代表期望的总剥离时间, T_v 代表由交叉点定义的第一剥离时间, C 为预设

的常数,该常数定义了从待加工工件上移除或者剥离的涂层的剥离深度或者剥离量。在一些实施方式中,该预设的常数 C 可以通过经验数据获得,并且可以由用户或者操作员进行设定。举例而言,该预设的常数 C 可以为大于 0 小于 1 之间的数值。在一种更加具体的实施方式中,该预设的常数 C 也可以为在 0.05 和 0.1 之间的数值。

[0064] 在一些实施方式中,该总剥离时间计算单元 428 也可以被配置成通过将第一剥离时间和第二剥离时间相加以得到该期望的总剥离时间,其中,该第一剥离时间起始于该电化学剥离过程的开始时刻终止于该交叉点,该第二剥离时间起始于该交叉点而终止于期望的终止点。也即,该总剥离时间计算单元 428 可以被配置成使用下述公式来计算该期望的总剥离时间值 432:

$$[0065] \quad T = T_v + T_t \quad (2),$$

$$[0066] \quad T_t = \frac{T_v}{1-C} \quad (3),$$

[0067] 其中,T 代表期望的总剥离时间, T_v 代表定义在电化学过程起始点和交叉点之间的第一剥离时间, T_t 代表定义在交叉点和期望的终止点之间的第二剥离时间,C 为预设的常数,该常数定义了从待加工工件上移除或者剥离的涂层的剥离深度或者剥离量。

[0068] 请进一步参阅图 4,在一种实施方式中,该电化学剥离控制算法或者模块 400 可以进一步包括剥离过程控制单元 434,该剥离过程控制单元 434 与总剥离时间计算单元 428 相连接。该剥离过程控制单元 434 被配置成判断实际进行的电化学剥离过程的时间是否已经达到期望的总剥离时间 432。更具体而言,在电化学剥离过程启动以后,计时单元 433 开始计时。该剥离过程控制单元 434 实时监控从该计时单元 433 传送来的计时时间值 435,并将该计时时间值 435 与计算的期望的总剥离时间值 432 相比较。当该计时时间值 435 达到该期望的总剥离时间值 432 时,该剥离过程控制单元 434 发出控制信号 436,以将该电化学剥离过程终止或者暂停。

[0069] 更具体而言,在一种实施方式中,该控制信号 436 可以被发送至如图 5 所示的开关装置 304,以将该开关装置 304 关断,从而该电源装置 302 和待加工工件 332 之间的电传输路径被切断。在其他实施方式中,该控制信号 436 也可以被直接发送至该电源装置 302,以将该电源装置 302 关闭,或者被发送至整个电化学剥离系统 100 或者 300,以将整个电化学剥离系统 100 或者 300 关闭。另一方面,如果该计时时间值 435 没有达到该期望的总剥离时间值 432 时,该剥离过程控制单元 434 禁止该控制信号 436,或者发送控制信号 436 但维持该电化学剥离过程的正常操作。

[0070] 图 5 所示为由图 1 或者图 3 所示的控制器执行的电化学剥离控制算法或者模块 500 的另一种实施方式的具体模块架构示意图。在一种实施方式中,该电化学剥离控制算法或者模块 500 可以实施为包括非暂态的多条计算机指令的计算机程序,并且该多条计算机指令可以被如图 1 或者图 3 所示的控制器 130,350 执行,以实现对该电化学剥离过程的自动控制,或者更具体而言,自动终止或者暂停电化学剥离过程。在其他实施方式中,该电化学剥离控制算法或者模块 500 也可以由硬件的方式实施或者以软件结合硬件的方式实施。图 5 所示的电化学剥离控制算法或者模块 500 基本与图 4 所示的电化学剥离控制算法或者模块 400 相类似,因此,在图 5 中,一些元件或者模块,例如,滤波单元 404,微分计算单元 424,平均电流计算单元 414,交叉点识别单元 424,总剥离时间计算单元 428 等,以与图 4 所示的

元件或者模块相同的标号进行标示。

[0071] 如图 5 所示, 在一种实施方式中, 该电化学剥离控制算法或者模块 500 可以另外地或者可选地包括电量计算和判断单元 512, 该电量计算和判断单元 512 与滤波单元 404 相连接。该电量计算和判断单元 512 被配置成接收由该滤波单元 404 提供的滤波后的电流信号或者数值 406, 并至少根据该滤波后的电流信号或者数值 406 计算与从待加工工件上剥离的涂层相关的电荷量。更具体而言, 该电量计算和判断单元 512 可以被配置成将该滤波后的电流信号或者数值 406 在电化学剥离过程持续的时间范围内进行积分而得到实际的电荷量。

[0072] 在一种实施方式中, 该电量计算和判断单元 512 可以被进一步配置成判断该计算得到的实际电荷量是否已经达到预设的电荷量阈值。如果该计算得到的实际电荷量经判断已经到达该预设的电荷量阈值时, 该电量计算和判断单元 512 发送控制信号 514 给该剥离过程控制单元 434。在一些实施方式中, 该电量计算和判断单元 512 输出的控制信号 514 被设置成具有较高的优先级。也即, 只要已经判断出实际剥离的涂层的电荷量已经达到预设的电荷量阈值时, 该电化学剥离过程即被停止或者暂停, 而不管此时实际进行的剥离时间是否已经达到期望的总剥离时间。另一方面, 如果实际剥离的涂层的电荷量经判断尚未达到预设的电荷量阈值时, 此时该剥离过程控制单元 434 可以执行正常的操作, 根据实际进行的剥离时间是否已经达到期望的总剥离时间来控制电化学剥离过程运行或者停止。在其他实施方式中, 除了使用滤波后的电流信号或者数值 406 来计算实际剥离涂层的电荷量之外, 还可以使用尚未滤波的电流信号或者数值, 或者由一个或者多个电流传感器或者电阻元件 306 (如图 3 所示) 测量到的电流信号进行计算。

[0073] 图 7 所示为电化学剥离控制方法 700 一种实施方式的流程图。该电化学剥离控制方法 700 可以在图 1 或者图 3 所示的控制器 130, 350 中执行, 以实现对该电化学剥离过程的自动控制。该方法 700 的至少一部分模块可以编程为程序指令或者计算机软件, 并保存在可以被电脑或者处理器读取的存储介质上。当该程序指令被电脑或者处理器执行时, 可以实现如流程图所示的各个步骤。可以理解, 电脑可读的介质可以包括易失性的和非易失性的, 以任何方法或者技术实现的可移动的以及非可移动的介质。更具体言之, 电脑可读的介质包括但不限于随机访问存储器, 只读存储器, 电可擦只读存储器, 闪存存储器, 或者其他技术的存储器, 光盘只读存储器, 数字化光盘存储器, 或者其他形式的光学存储器, 磁带盒, 磁带, 磁碟, 或者其他形式的磁性存储器, 以及任何其他形式的可以被用来存储能被指令执行系统访问的预定信息的存储介质。以下将结合图 3 所示的电化学剥离系统 300 来描述该方法 700 的详细流程, 然而, 该方法 700 在应用时并不限于图 3 所示的系统 300, 其也可以使用到其他类似的系统中。

[0074] 在一种实施方式中, 该方法 700 可以从步骤 702 开始执行, 在步骤 702 中, 接收电流信号或者数值。该电流信号或者数值可以为实时测量的数值, 例如通过一个或者多个电流传感器或者电阻元件 306 测量到的数值, 其代表从电源装置 302 流向待加工工件 332 的电流的实际值。

[0075] 在一种实施方式中, 该方法 700 还包括步骤 704, 在步骤 704 中, 对接收到的电流信号进行滤波。举例而言, 可以使用低通滤波器来执行滤波操作, 以滤除例如实时测量获得的电流信号中的噪声信号。在一些实施方式中, 该步骤 704 也可以被省去。

[0076] 在一种实施方式中,该方法 700 还包括步骤 706,在步骤 706 中,至少根据滤波获得电流信号或者数值计算微分电流值。在其他实施方式中,也可以根据尚未滤波或者滤波前的电流信号或者数值计算微分电流值。

[0077] 在一种实施方式中,该方法 700 还包括步骤 708,在步骤 708 中,判断计算得到的微分电流值是否小于零或者为负值。如果判断结果显示该微分电流值小于零或者为负值,此意味着实际测量获得电流信号或者数值正在逐渐减小,也即该电化学剥离过程正趋向结束,因此该方法 700 的流程转向步骤 712 执行。如果判断结果显示该微分电流值不小于零或者为正值,此意味着实际测量获得电流信号或者数值正在逐渐增加,也即该电化学剥离过程在正常进行中,因此,因此该方法 700 的流程返回步骤 706 执行,以继续计算微分电流值。

[0078] 在一种实施方式中,该方法 700 还包括步骤 712,在步骤 712 中,使用滤波或者未滤波的电流信号或者数值计算移动电流平均值。虽然如图 8 所示,该步骤 712 接在步骤 708 之后执行,但在其他实施方式中,该步骤 712 也可以放在步骤 708 的前面执行,或者在一些实施方式中,该步骤 712 与步骤 708 并行执行。

[0079] 在一种实施方式中,该方法 700 还包括步骤 714,在步骤 714 中,计算该实际测量的电流值(滤波或者未滤波)和移动平均电流值之间的电流差值。更具体而言,如图 4 所示的计算单元 418 可以被用来将实际测量的电流值 406 与移动平均电流值 416 相减,以得到电流差值。

[0080] 在一种实施方式中,该方法 700 还包括步骤 716,在步骤 716 中,判断该电流差值是否为零。如果判断结果为电流差值为零,此意味着实际测量的电流曲线 602 和移动平均电流曲线 604 相交,并且可以识别出交叉点。如果判断结果为电流差值不为零,此意味着实际测量的电流曲线 602 和移动平均电流曲线 604 未相交,尚没有找到二者之间的交叉点,因此,该方法 700 的流程转向步骤 712 执行。在其他实施方式中,该方法 700 的流程也可以转向上述步骤 702,704,706,708 和 714 中的任意一者执行。

[0081] 在一种实施方式中,该方法 700 还包括步骤 718,在步骤 718 中,在判断出可以识别出交叉点之后,该方法 700 记录第一剥离时间,该第一剥离时间从该电化学剥离过程启动时开始直至该交叉点。

[0082] 在一种实施方式中,该方法 700 还包括步骤 722,在步骤 722 中,至少根据该第一剥离时间以及预设的常数计算期望的总剥离时间。更具体而言,在一种实施方式中,可以使用如上结合图 6 所述的公式(1)或者公式(2)以及(3)来计算期望的总剥离时间。

[0083] 在一种实施方式中,该方法 700 还包括步骤 724,在步骤 724 中,判断该实际进行的电化学剥离过程的时间是否已经达到计算得到的期望的总剥离时间。如果该实际进行的电化学剥离过程的时间已经达到计算得到的期望的总剥离时间,该方法 700 的流程转向步骤 726 执行,如果实际进行的电化学剥离过程的时间尚未达到计算得到的期望的总剥离时间,该方法 700 的流程返回值步骤 724 本身执行。

[0084] 在一种实施方式中,该方法 700 还包括步骤 726,在步骤 726 中,根据上述步骤 724 所作的判断结果,也即该实际进行的电化学剥离过程的时间已经达到计算得到的期望的总剥离时间,终止或者暂停该电化学剥离过程。在一种实施方式中,如图 3 所示的控制器 350 可以发送控制信号 308 至开关装置 304,以将该开关装置 304 关断,从而该电源装置 302 和

待加工工件 332 之间的电传输路径被切断。在其他实施方式中,也可以将该电源装置 302 关闭,或者将整个电化学剥离系统 100 或者 300 关闭。

[0085] 图 8 所示为另一种实施方式电化学剥离控制方法 800 的流程图。该方法 800 包括与图 7 相似的步骤,例如步骤 702,704,706,708,712,714,716,718,722,724,726。

[0086] 如图 8 所示,在一种实施方式中,该方法 800 还包括步骤 732,该步骤 732 被图示成接在步骤 704 之后,但在其他实施方式中,该步骤 732 也可以被安排成接在步骤 702 之后。在步骤 732 中,计算从待加工工件上剥离或者移除的涂层的实际电荷量。更具体而言,在一种实施方式中,可以使用图 5 所示的电量计算和判断单元 512 将该滤波后的电流信号或者数值 406 在电化学剥离过程持续的时间范围内进行积分而得到实际的电荷量。

[0087] 在一种实施方式中,该方法 800 还包括步骤 734,在步骤 734 中,判断该计算得到的电荷量是否已经达到预设的电荷量阈值。如果该计算得到的电荷量已经达到预设的电荷量阈值,此意味着待加工工件的较大一部分涂层已经被移除或者剥离,因此,该方法 800 的流程转向步骤 726 执行,以终止或者暂停该电化学剥离过程。在一些实施方式中,该步骤 734 提供给步骤 726 的信号被设置成具有较高的优先级。也即,只要计算得到的电荷量已经达到预设的电荷量阈值,即将该电化学剥离过程终止或者暂停,而不管步骤 726 是否已经从步骤 724 接收到信号。如果该计算得到的电荷量尚未达到预设的电荷量阈值,该方法 800 的流程返回步骤 732 执行,以继续处理或者计算实际的电荷量。

[0088] 虽然结合特定的实施方式对本发明进行了说明,但本领域的技术人员可以理解,对本发明可以作出许多修改和变型。因此,要认识到,权利要求书的意图在于涵盖在本发明真正构思和范围内的所有这些修改和变型。

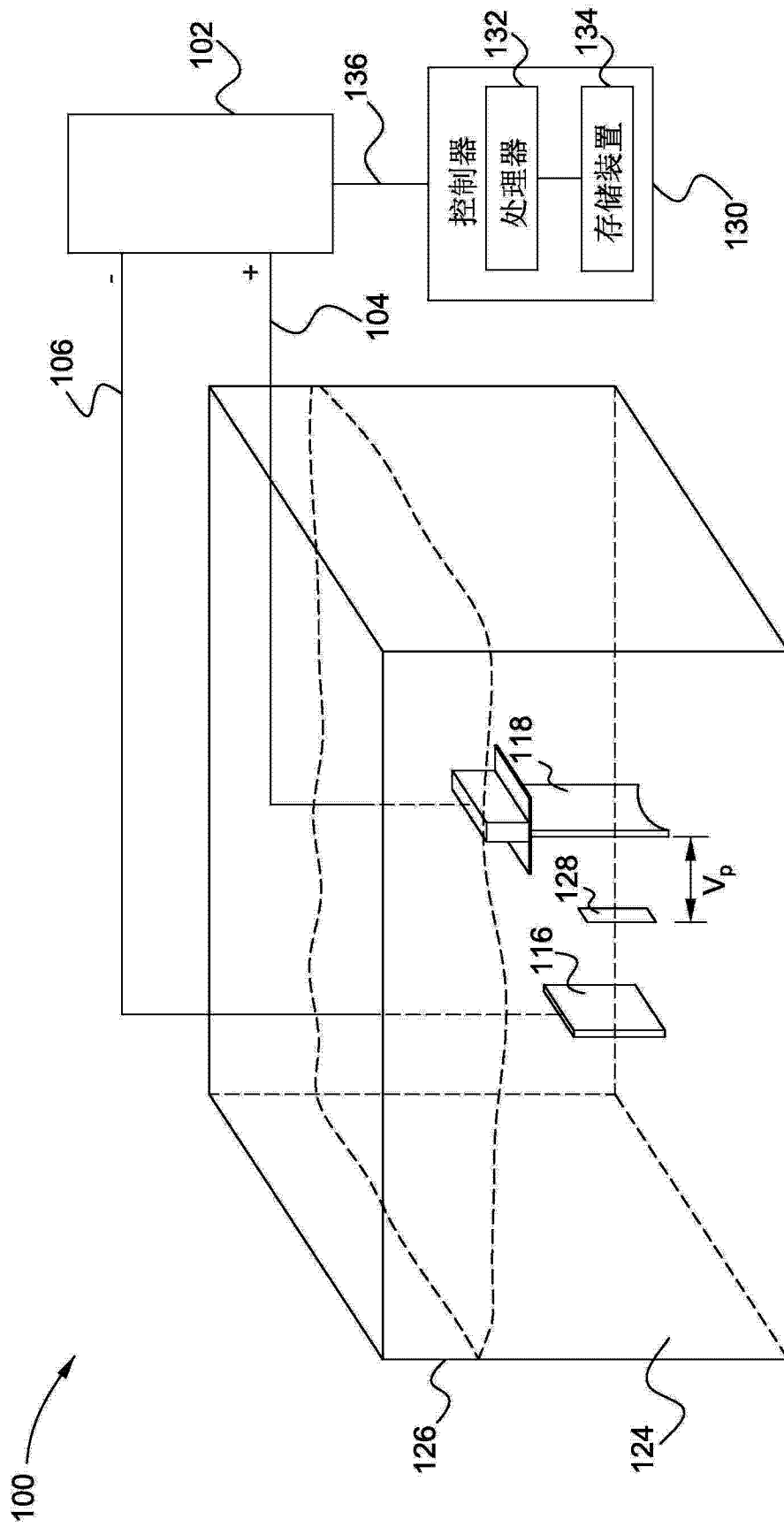


图 1

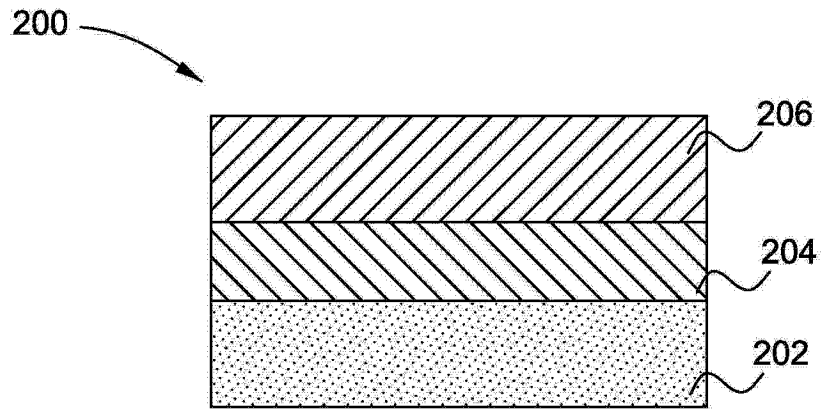


图 2

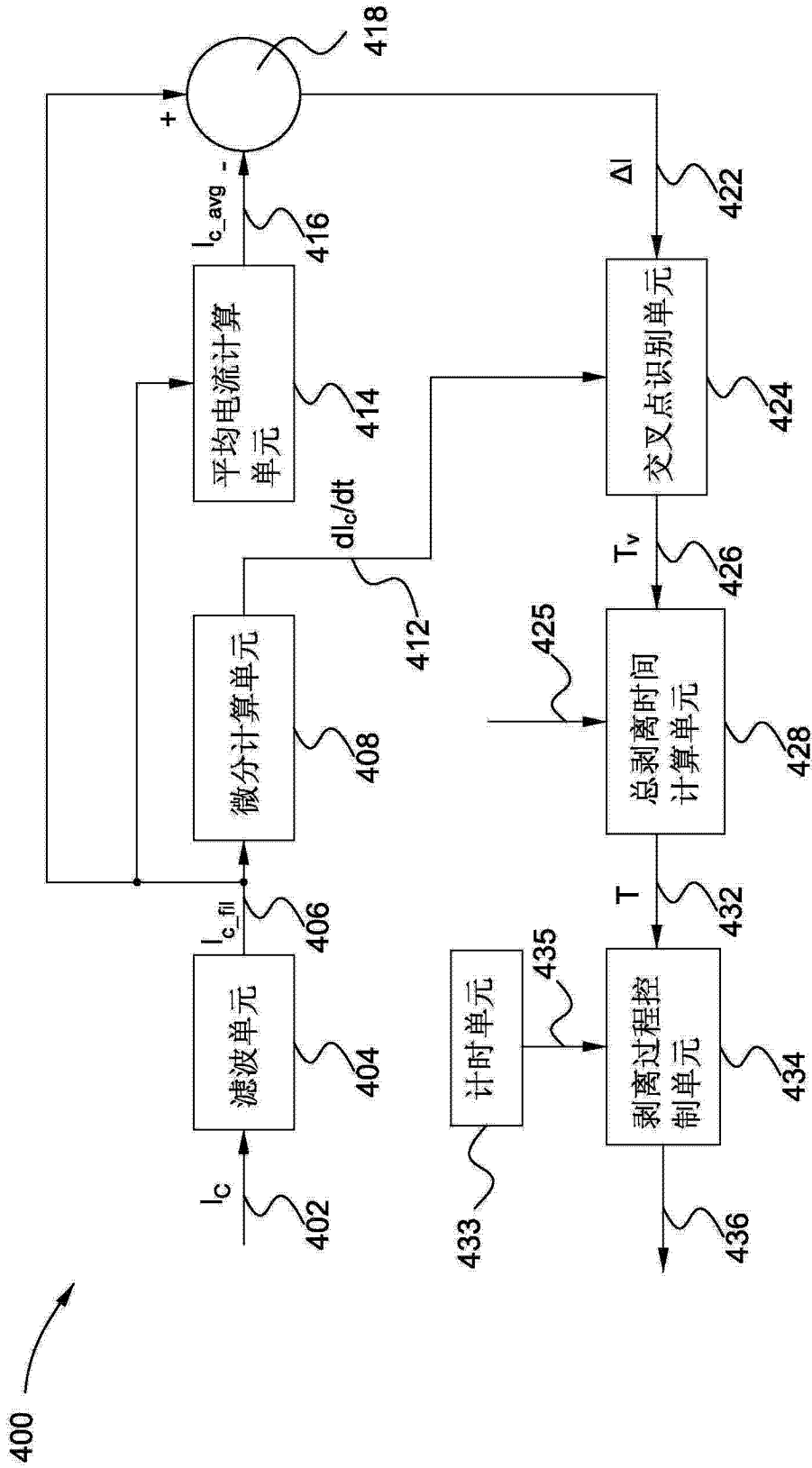


图 4

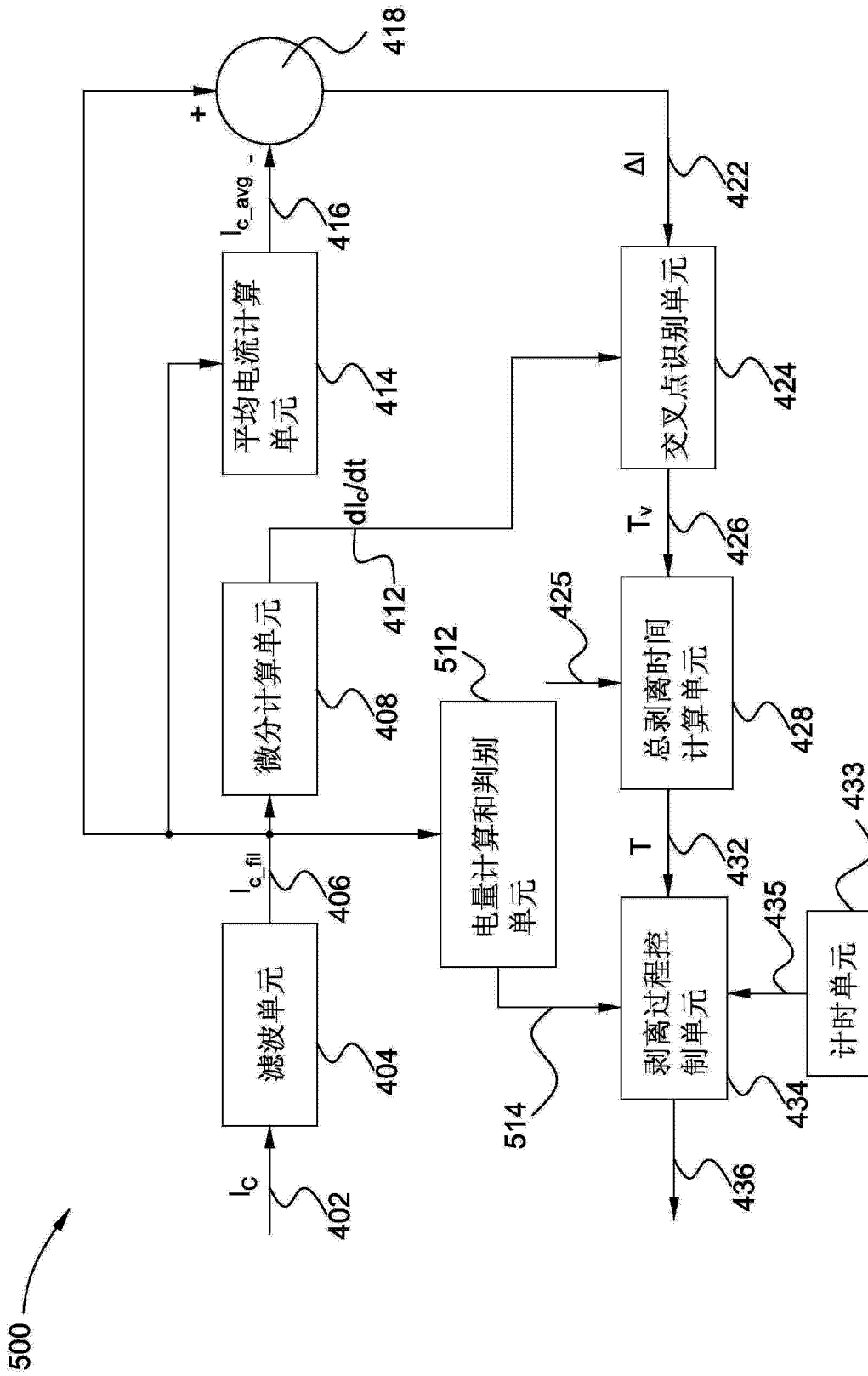


图 5

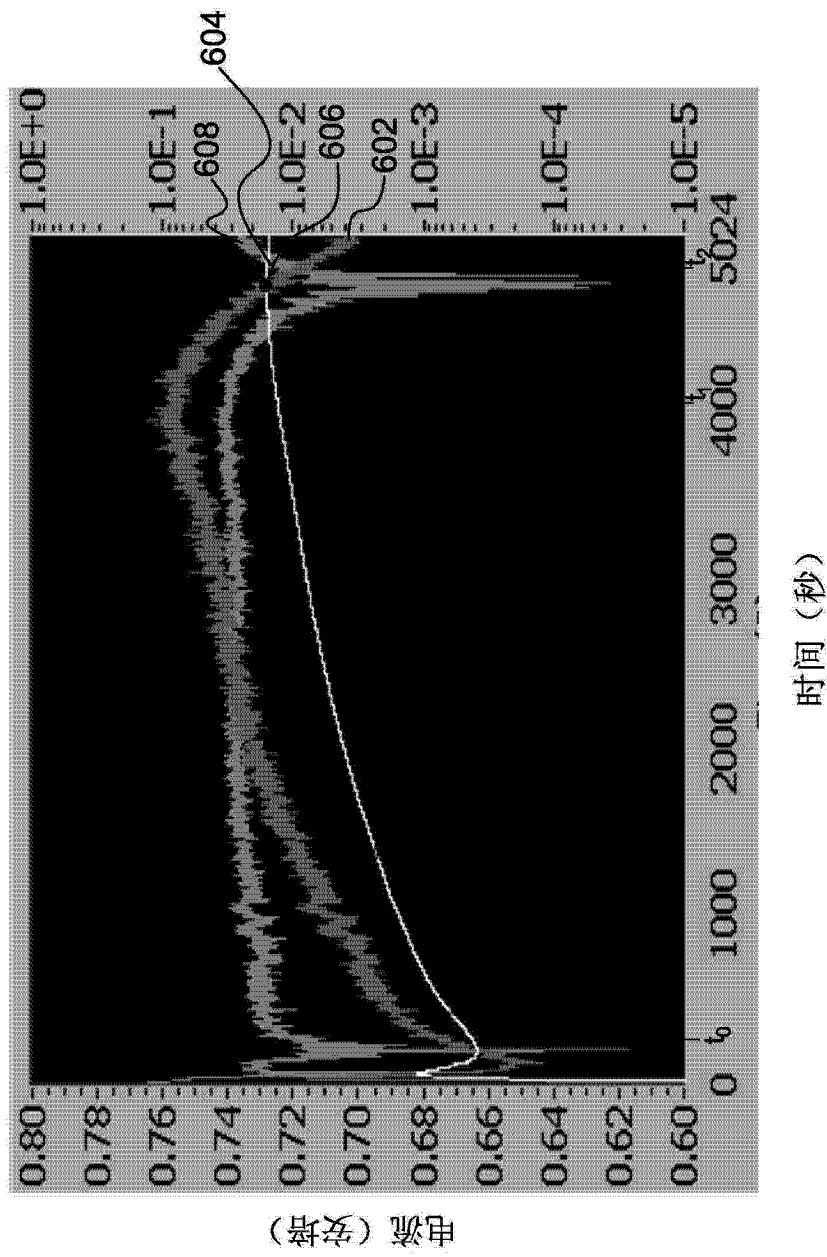


图 6

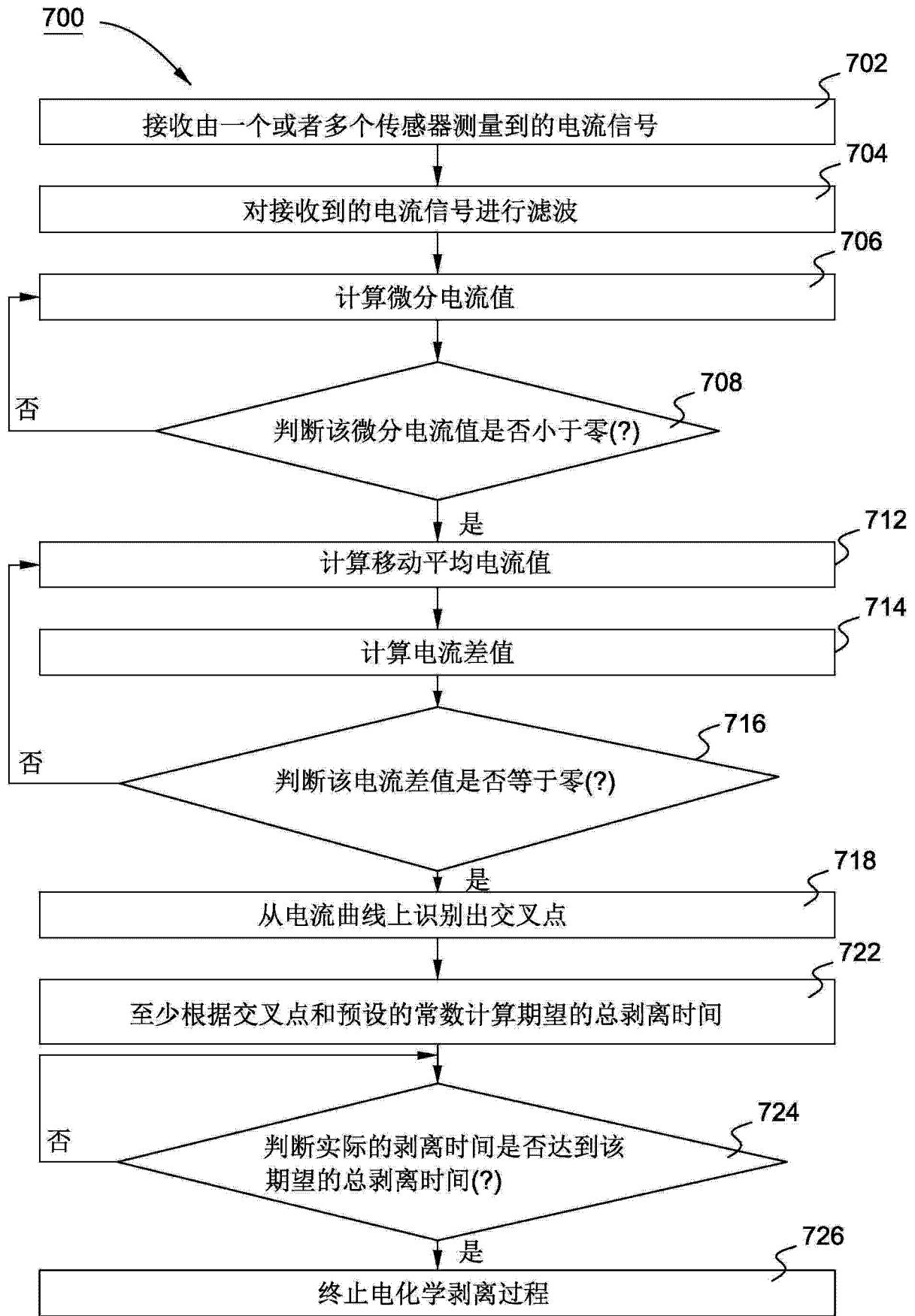


图 7

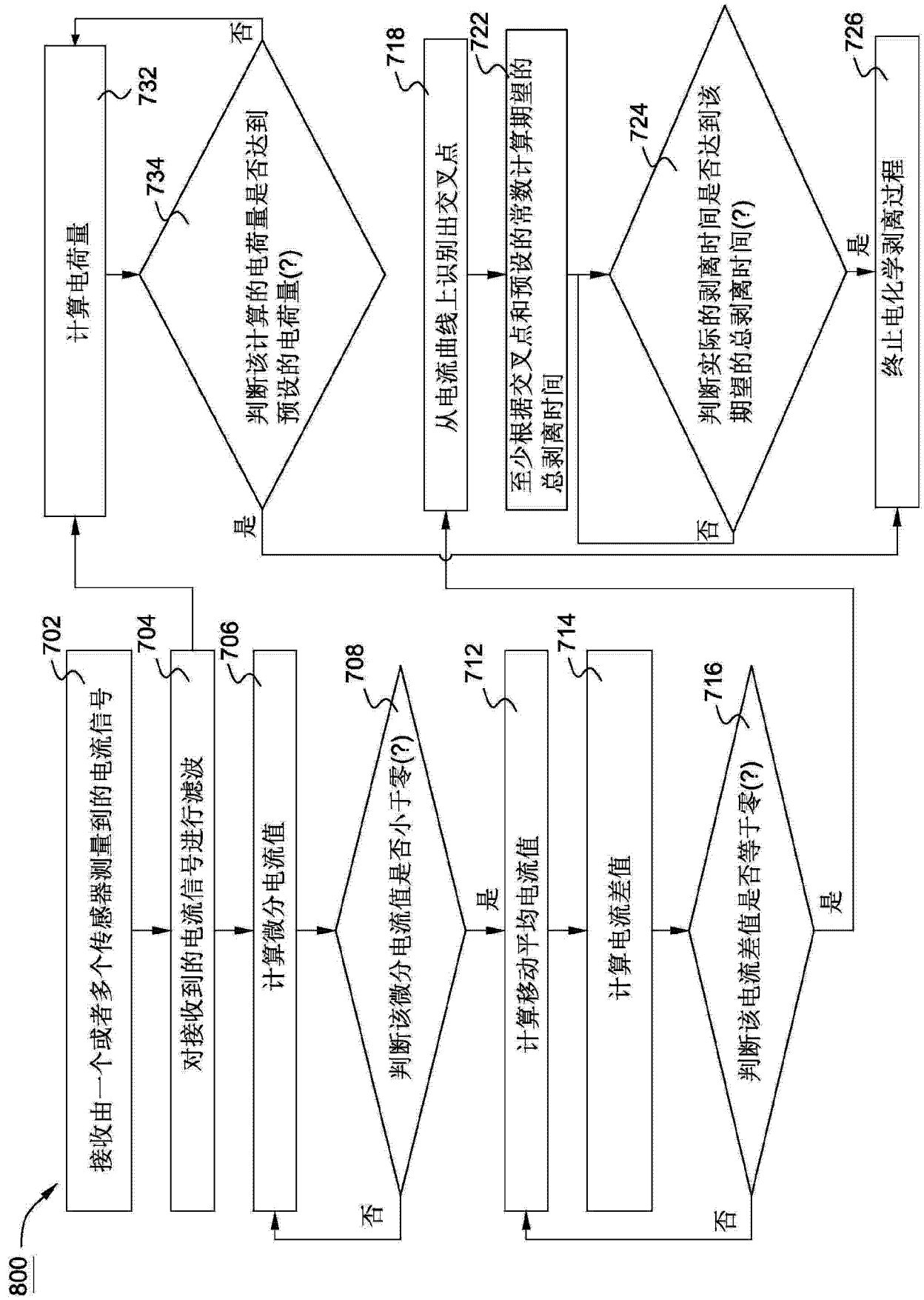


图 8