



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105382171 B

(45)授权公告日 2019.05.21

(21)申请号 201510516341.9

B21J 15/32(2006.01)

(22)申请日 2015.08.20

B21J 15/38(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105382171 A

## (56)对比文件

WO 2004/012881 A1, 2004.02.12, 说明书第0010-0012、038-0047段、附图1-6.

(43)申请公布日 2016.03.09

US 5398537 A, 1995.03.21, 说明书第1列第4-64行、第3列第7-30行、第6列52-68行、第7列第17行-第8列第27行、第10列1-63行、附图1-4.

(30)优先权数据

14/464,951 2014.08.21 US

WO 2004/012881 A1, 2004.02.12, 说明书第0010-0012、038-0047段、附图1-6.

(73)专利权人 波音公司

US 5398537 A, 1995.03.21, 说明书第1列第4-64行、第3列第7-30行、第6列52-68行、第7列第17行-第8列第27行、第10列1-63行、附图1-4.

地址 美国伊利诺伊州

EP 0293257 A3, 1988.11.30, 全文.

(72)发明人 T·克里斯坦森 B·萨尔

WO 2013/152440 A1, 2013.10.17, 全文.

J·A·格罗斯尼克尔

EP 0768128 A1, 1997.04.16, 全文.

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

CN 101641524 A, 2010.02.03, 全文.

代理人 赵蓉民 徐东升

审查员 陈坪

(51)Int.Cl.

权利要求书2页 说明书12页 附图9页

B21J 15/14(2006.01)

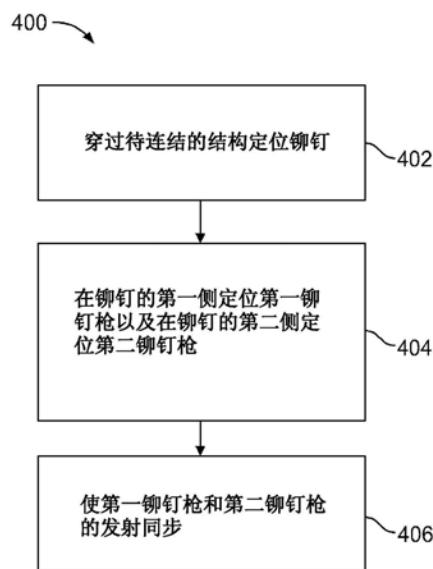
B21J 15/24(2006.01)

## (54)发明名称

用于同步的多级电磁式铆钉枪的装置和方法

## (57)摘要

本申请公开了用于安装铆钉的方法(400)和系统(100)。该方法(400)涉及穿过待连结的结构(202)定位铆钉(402)。该方法(400)进一步涉及在铆钉的第一侧上定位第一铆钉枪(102)以及在铆钉的第二侧上定位第二铆钉枪(104)(404)。该方法还涉及使第一铆钉枪和第二铆钉枪(102, 104)的发射同步(406), 以抵消力, 否则这些力将在铆钉的安装期间传播到结构(202)内。



1. 一种用于安装铆钉的方法(400),所述方法(400)包括:  
穿过待连结的结构(202)定位铆钉(206);  
在所述铆钉(206)的第一侧上定位第一铆钉枪(102);  
在所述铆钉(206)的第二侧上定位第二铆钉枪(104);以及  
使所述第一铆钉枪(102)和所述第二铆钉枪(104)的发射同步,其包括基于以下内容设定所述第一铆钉枪和所述第二铆钉枪的相反冲击的正时,即基于(i)发生相反冲击处的力,(ii)所述铆钉的结构特性,以及(iii)由所述相反冲击产生的冲击波的速度,使得在所述铆钉的给定侧处的每次相反冲击在与由在所述铆钉的另一侧处的另一次相反冲击引起的冲击波到达所述铆钉的所述给定侧的基本同时发生。

2. 根据权利要求1所述的方法(400),其中所述第一铆钉枪(102)和所述第二铆钉枪(104)被配置为多次冲击所述铆钉(206),并且其中使所述第一铆钉枪(102)和所述第二铆钉枪(104)的发射同步包括使所述第一铆钉枪(102)和所述第二铆钉枪(104)的每次冲击同步。

3. 根据权利要求2所述的方法(400),其中每个铆钉枪(102、104)包括发射管(602)和在所述发射管(602)内的抛射体(606),其中所述抛射体(606)的速度影响所述铆钉枪冲击所述铆钉(206)的力和何时所述铆钉枪(102、104)的所述力冲击所述铆钉(206)两者中的至少一个,并且其中使所述第一铆钉枪(102)和所述第二铆钉枪(104)的发射同步包括:

调节每个铆钉枪(102、104)中的所述抛射体(606)的速度,以便所述第一铆钉枪(102)中的所述抛射体(606)和所述第二铆钉枪(104)中的所述抛射体(606)促使所述第一铆钉枪(102)和所述第二铆钉枪(104)基本上同时冲击所述铆钉(206)。

4. 根据权利要求3所述的方法(400),其中调节每个铆钉枪(102、104)中的所述抛射体(606)的速度包括:

利用每个铆钉枪(102、104)中的光学传感器(604a-h)来探测所述发射管(602)内的所述抛射体(606)的位置;以及

基于所述抛射体(606)的被探测位置控制所述铆钉枪(102、104)中的电磁线圈(608a-h)的发射。

5. 根据权利要求3所述的方法(400),其中调节每个铆钉枪(102、104)中的所述抛射体(606)的速度包括:

基于所述铆钉(206)的结构特性和待连结的所述结构(202)的结构特性两者中的至少一个,控制每个铆钉枪(102、104)中的所述抛射体(606)的速度。

6. 根据权利要求3所述的方法(400),其中调节每个铆钉枪(102、104)中的所述抛射体(606)的速度包括:

调节每个铆钉枪(102、104)中的所述抛射体(606)的速度,以使得所述第一铆钉枪(102)中的所述抛射体(606)和在所述第二铆钉枪(104)中的所述抛射体(606)促使所述第一铆钉枪(102)和所述第二铆钉枪(104)彼此在100微秒内冲击所述铆钉(206)。

7. 一种铆接系统(100),包括:

第一铆钉枪(102);

第二铆钉枪(104),所述第一铆钉枪(102)和所述第二铆钉枪(104)被配置用于在待安装的铆钉(206)的相对两侧进行操作以连结结构(202);和

控制器(106),所述控制器(106)被配置为通过以下方式使所述第一铆钉枪(102)和所述第二铆钉枪(104)的发射同步,即通过基于以下内容设定所述第一铆钉枪和所述第二铆钉枪的相反冲击的正时,即基于(i)发生相反冲击处的力,(ii)所述铆钉的结构特性,以及(iii)由所述相反冲击产生的冲击波的速度,使得在所述铆钉的给定侧处的每次相反冲击在与由在所述铆钉的另一侧处的另一次相反冲击引起的冲击波到达所述铆钉的所述给定侧的基本同时发生。

8.根据权利要求7所述的系统(100),其中所述第一铆钉枪(102)和所述第二铆钉枪(104)每个都包含发射管(602)内的抛射体(606),其中所述第一铆钉枪(102)和所述第二铆钉枪(104)每个都包括相对于所述发射管(602)设置的多个光学传感器(604a-h),所述控制器(106)被编程以至少部分基于位于所述发射管(602)内的所探测的抛射体(606)位置操作所述第一铆钉枪(102)和所述第二铆钉枪(104)。

9.根据权利要求8所述的系统(100),其中所述控制器(106)进一步被编程以至少部分基于所述铆钉(206)的结构特性或待被连结的所述结构(202)的结构特性两者中的至少一个操作所述第一铆钉枪(102)和所述第二铆钉枪(104)。

10.根据权利要求8所述的系统(100),其中所述第一铆钉枪(102)和所述第二铆钉枪(104)均包括多个电磁线圈(608a-h),所述电磁线圈可操作以引起所述抛射体(606)的运动,所述控制器(106)可操作以基于所探测的抛射体(606)位置应用信号来控制所述电磁线圈(608a-h)的发射。

11.根据权利要求7所述的系统(100),其中所述第一铆钉枪(102)和所述第二铆钉枪(104)被配置为多次冲击所述铆钉(206),并且其中所述控制器(106)被配置为使所述第一铆钉枪(102)和所述第二铆钉枪(104)的每次冲击同步。

## 用于同步的多级电磁式铆钉枪的装置和方法

### 背景技术

[0001] 除非本文另外指出,否则本章节所描述的内容对于权利要求来说不是现有技术,并且不承认作为现有技术包含在本章节内。

[0002] 在航空航天工业中,结构紧固件诸如铆钉通常被用于连结结构诸如金属板组件。在一个示例中,铆钉被用于构造飞行器的主要结构(例如,机身、机翼和机尾)和次要结构(例如,方向舵)。铆钉通常用于将空气动力学蒙皮紧固到框架上,以提供坚固的空气动力学光滑表面。而且,由于铆钉提供一种将结构组件紧固在一起的轻便且稳固的方法,所以铆钉也通常用在飞行器的内部结构中。

[0003] 在被安装之前,铆钉通常由柱状轴组成,在其一端上具有头部,并且在其另一端上具有尾部(通常被称为铆钉尾)。用于安装铆钉以连结结构的安装过程通常涉及铆钉枪和铆钉托杆(bucking bar)的使用。特别地,典型的铆钉安装过程涉及在结构中形成孔,然后将铆钉放置在铆钉孔内。铆钉枪被放置在铆钉的一侧,并且铆钉托杆被放置在铆钉的相反侧。然后铆钉枪敲打铆钉,并且铆钉枪的一些力被铆钉托杆吸收。在这些力的作用下,铆钉的每端都被压缩,导致铆钉向外膨胀,使得铆钉填充铆钉孔。通常,铆钉被压缩,直到铆钉建立紧密配合,其一般被称为过盈配合。而且,在安装过程中,尾部变形,以便其膨胀(例如,到达原始轴直径的大约1.5倍),由此将铆钉稳固地保持在适当的位置。

[0004] 铆钉通常被选定尺寸以适用于它将连结的结构的厚度以及它将承载的应力。而且,铆钉枪的冲击能量通常被设计为在铆钉的尾部完全形成锁扣端,并且在铆钉柄和孔之间和/或在铆钉头部和结构的表面之间引起期望的过盈程度。

[0005] 然而,该典型的铆钉安装过程具有若干缺点。例如,该典型的铆钉安装过程产生冲击能量,其不仅传播通过铆钉,还传播通过铆钉安装到其中的结构内。实际上,极其难以精确地控制冲击能量遍及整个系统的传播。对冲击能量遍及整个系统的传播的控制不足可能导致铆钉不能满足期望的过盈程度。在该典型的铆钉安装过程中,当铆钉枪冲击铆钉时,冲击能量产生冲击波,该冲击波行进穿过铆钉并且击打铆钉杆。该冲击能量的大部分被转移到铆钉,由此导致铆钉的变形。然而,铆钉枪的冲击能量也以各种其他形式被转移或耗散。例如,通常一些冲击能量(例如,作为热量)损失掉,一些冲击能量被转移到铆钉托杆,一些冲击能量被转移到铆钉,而一些冲击能量被转移到所连结的结构上。由于难以精确地控制冲击能量的传播,非期望数量的能量被转移到结构和/或铆钉。因此,传统的铆钉安装过程经常导致铆钉未能精确地满足期望的过盈程度。

[0006] 传统的铆钉安装过程的另一个缺点是:该典型的铆钉安装过程涉及大量的人工反馈。例如,该典型的铆接过程涉及高技能的操作者以始终生产高质量的铆钉。而且,该典型的铆接过程涉及高技能的质量控制检查员以确认铆钉的安装满足平齐、过盈和锁扣形成的特定规范。

[0007] 传统的铆钉安装过程的另一个缺点是:该典型的铆钉安装过程不适用于连结诸如复合材料的结构。在航空航天工业中,包括复合材料的组件的使用非常广泛。然而,由于传统的铆接过程施加到复合材料上的力,当前使用铆钉连结复合材料是极其困难的。如上所

述,由铆钉枪产生的冲击能量经常被转移到待连结的结构。由于复合材料通常不能承受标准铆钉安装过程的力,因此铆钉通常不能用于连结复合材料。

## 发明内容

[0008] 本申请公开了一种用于安装铆钉的方法和系统。一种示例方法涉及穿过待连结的结构定位铆钉。该方法进一步涉及在铆钉的第一侧上定位第一铆钉枪,以及在铆钉的第二侧上定位第二铆钉枪。更进一步,该方法涉及使第一和第二铆钉枪的发射同步,以抵消力,否则这些力将在铆钉的安装期间传播到结构内。

[0009] 在示例实施例中,一种铆接系统包括第一铆钉枪和第二铆钉枪,所述第一铆钉枪和所述第二铆钉枪被配置为在待安装以连结结构的铆钉的相对两侧进行操作。该铆接系统进一步包括控制器,所述控制器被配置为使铆钉枪的发射同步,从而力被抵消,否则这些力将传播到结构内。

[0010] 在另一个示例实施例中,一种铆接系统包括第一铆钉枪、第二铆钉枪和控制器。第一铆钉枪和第二铆钉枪被布置在待安装的铆钉的相对两侧。此外,控制器被配置为促使第一和第二铆钉枪多次冲击铆钉。控制器还被配置为控制第一和第二铆钉枪的每次冲击的正时,使得第一铆钉枪的每次冲击与第二铆钉枪的相应冲击基本上同时产生。

[0011] 这些特征、功能和优点可以在本公开的不同实施例中单独实现,或者在其他实施例中进行组合,其进一步的细节可以参见以下描述和附图。

## 附图说明

- [0012] 图1是根据示例性实施例的铆接系统的简化框图。
- [0013] 图2a是在诸如图1中描述的铆接系统中可操作的铆钉枪的图示。
- [0014] 图2b是图2a中描述的铆钉枪的局部特写图。
- [0015] 图3是在诸如图1中描述的铆接系统中可操作的控制器的简化框图。
- [0016] 图4是描述可根据示例方法来执行的功能的流程图。
- [0017] 图5a-e描述根据示例实施例的铆钉安装的示例阶段。
- [0018] 图6描述示例铆钉枪(诸如图2中描述的铆钉枪)的横截面。
- [0019] 图7描述图6中所示的铆钉枪的截面透视图。
- [0020] 图8描述图6中描述的铆钉枪的示例线圈模块的透视图。
- [0021] 图9描述带有示例冷却板的图8的示例线圈模块的透视图。

## 具体实施方式

[0022] 在下面的详细说明书中,对附图进行参考,这些附图形成说明书的一部分。在附图中,相同的符号通常标识相同的组件,除非文中另有规定。在具体实施方式中描述的说明性实施例、附图和权利要求并不是为了进行限制。在不脱离本文提出的主题的精神和范围的情况下,也可以使用其他实施例,并且可以做出其他改变。容易理解的是,如本文一般描述的和图中所示的那样,本发明公开的多个方面可以以各种不同的配置被安排、取代、组合、分解和设计,所有这些在此被明确地预见。

[0023] 1.示例方法和系统的概述

[0024] 如上所述,传统的铆钉安装过程具有若干缺点。例如,典型的铆钉安装过程产生穿过系统传播的冲击能量,并且实际上极其难以精确地控制冲击能量在整个系统中的传播。缺乏对冲击能量在整个系统中传播的控制可能会冲击在其中安装铆钉的结构,和/或导致铆钉不能满足期望的过盈程度。因此,所公开的实施例提供一种改进的铆接工艺,其不会冲击该结构,并且提供更精确地控制过盈程度的能力。

[0025] 根据本发明的方法和系统有利地提供这种铆接工艺。根据本发明的一种示例方法和系统涉及微调安置在铆钉相对两侧的铆钉枪的发射的正时,并且也涉及微调铆钉枪冲击或作用在铆钉上的力。

[0026] 特别地,根据本发明的一种示例方法包括穿过待连结的结构定位铆钉。该方法进一步包括在铆钉的第一侧上定位第一铆钉枪,以及在铆钉的第二侧上定位第二铆钉枪。更进一步,该方法包括使第一和第二铆钉枪的发射同步,以便力被抵消,否则这些力将在铆钉的安装期间传播到结构内。在一个示例实施例中,每个铆钉枪包括发射管和在发射管内的抛射体,并且抛射体的速度影响铆钉枪冲击铆钉的力和/或铆钉枪的力何时冲击铆钉。在一个示例中,该方法涉及调节每个铆钉枪内的抛射体的速度,从而第一铆钉枪内的抛射体和第二铆钉枪内的抛射体促使铆钉枪基本上同时冲击铆钉(例如,在彼此的几微妙或几毫秒内)。

[0027] 当铆钉枪在第一端上冲击铆钉时,冲击波通过铆钉材料传送到铆钉的第二端。在一个示例实施例中,该方法涉及在冲击波已到达铆钉的第二端的同时或基本上同时冲击铆钉的第二端。通过在冲击波到达第二端的同时冲击铆钉的第二端,及时的(well-timed)第二冲击抵消了力,否则这些力将传播到周围系统内(例如,传播到铆钉枪和/或结构)。特别地,通过以此方式确定第二端的第二冲击的正时(timing),第二冲击产生第二冲击波,其抵消穿过铆钉的第一冲击波。通过这些及时的冲击,所有或基本上所有能量转而使得铆钉变形。

[0028] 有利地,所公开的方法和系统允许精确地控制铆钉安装期间的过盈,并且所公开的方法和系统也降低或消除了否则将传播到结构内的那些力。特别地,由于所公开的方法和系统可以导致所有或基本上所有能量进行铆钉的变形,所以有可能在铆钉安装期间精确地控制过盈。而且,通过这些及时的相反冲击,否则将传播到结构内的那些力被抵消。

## [0029] 2. 示例铆接系统

[0030] 图1是根据示例性实施例的铆接系统的简化框图,并且在其中可以实施本发明的方法的示例性实施例。然而,应当了解,本文中描述的这种和其他配置和过程只是为了示例的目的而被阐述,其他配置和元件(例如,机械结构、接口、功能、元件的顺序等)可以被增加或被取代,并且一些元件可以被完全省略。而且,本领域技术人员应当了解,本文所描述的许多元件是功能性实体,其可以作为离散组件来实现或者以任何合适的组合和位置与其他组件结合。

[0031] 图1的铆接系统100通过示例的方式包括第一铆钉枪102和第二铆钉枪104。铆接系统100包括控制器106,其与第一铆钉枪102和第二铆钉枪104通信。铆钉枪被配置用于在待安装以连结结构的铆钉的相对两侧上进行操作。而且,控制器106被配置为控制第一和第二铆钉枪的操作,诸如精确地控制铆钉枪的发射(firing)。

[0032] 接下来,图2a是布置在待连结的结构的相对两侧上的铆钉枪102和铆钉枪104的侧

视图,而图2b提供了该结构的特写图。如图2a所示,铆钉枪102被定位在结构202的第一侧上,而铆钉枪104被定位在该结构的相对侧上。结构202可以是将由铆钉连结的任何结构。该结构包括两个或更多个待连结的组件。例如,结构202在图2b中被描述为两个组件(例如,金属组件)。而且,如图2b所示,结构202包括铆钉孔204。铆接系统100被配置为安装诸如铆钉206的铆钉来连结结构202。

[0033] 在一个示例实施例中,铆接系统100也具有在铆钉安装过程中使用的额外组件,诸如铆钉孔形成装置108和铆钉布置装置110。将铆钉孔形成、铆钉布置和铆钉安装组合在一起的系统通常在航空航天工业中被使用,这是因为需要大量的孔和铆钉来装配飞行器结构,诸如飞行器蒙皮。铆钉孔形成装置108可以包括用于形成铆钉孔的任意合适的装置。在一个示例中,铆钉孔形成装置108是钻孔或冲孔装置。在一个示例中,铆钉孔形成装置108被配置为形成用于安装沉头铆钉的沉头孔。例如,孔204被描述为沉头孔。铆钉布置装置110可以包括用于布置或定位铆钉的任意合适的装置。在一个示例中,铆钉布置装置110是包括一个或多个机器人手臂的机器人装配机构,这些机器人手臂被配置为在所形成的铆钉孔内布置铆钉。

[0034] 如图1所示,铆钉孔形成装置108和铆钉布置装置110与控制器106通信。在另一个示例中,控制器106是用于第一和/或第二铆钉枪的控制器,并且一个或多个其他控制器被用于控制其他铆接系统组件。

[0035] 在一个示例中,铆接系统100是机器人装配系统,其被配置用于制造飞行器结构,诸如主要飞行器结构(例如,机身、机翼和机尾)和/或次要飞行器结构(例如,方向舵)。然而,应当明白,虽然该铆接系统100主要参考飞行器结构的铆接来描述,但是铆接系统100也适用于其它类型的结构,诸如建筑结构、桥梁组件和其它适用于通过铆接连结的结构。

[0036] 图6示出一种示例铆钉枪的横截面。特别地,图6示出了铆钉枪104的横截面。该图说明了示例发射管602,其包括抛射体606并且被多个电磁线圈608a-h围绕。每个线圈608a-h被保持在各自的线圈模块614a-h中。弹簧加载的击锤612被定位在发射管602的端部610。如下面解释,该击锤612用于冲击铆钉并因此使铆钉变形。而且,击锤612被连结或以其他方式耦接到复进弹簧(recoil spring)613。更进一步,击锤612被腔室诸如喷嘴615包围。圆盘诸如圆盘617被定位在发射管602与击锤612之间的界面处。而且,在该示例中,复进弹簧613的一端被连结到圆盘617,而另一端被连结到击锤612的一部分。因此,当抛射体606冲击击锤时,抛射体606在第一方向上推进击锤612以冲击铆钉,然后复进弹簧613在相反方向上推回击锤。

[0037] 图6还示出了示例性的多个光学传感器604a-h,其相对于发射管602来设置。如下面解释,这些光学传感器探测抛射体606通过发射管602的行程。

[0038] 如图6-7所示,发射管602和线圈模块614被封装在腔室内。例如,图6说明外壳616和铆钉枪腔室板618和620,其围绕线圈模块614a-h和发射管602。而且,在一个示例中,铆钉枪也包括设置在腔室板与线圈模块之间的压缩环。例如,图6-7示出了(i)在腔室板618与线圈模块614a之间的压缩环622,以及(ii)在腔室板620与线圈模块614h之间的压缩环624。

[0039] 装配系统可以在很长一段时间内连续运行。因此,在一个示例中,铆接系统100包括冷却系统,其允许冷却铆钉枪102、104和/或铆接系统100的其他组件。在一个示例实施例中,第一和第二铆钉枪是风冷铆钉枪。在一个示例中,铆钉枪由散热夹具构成,其允许铆钉

枪被风冷并且不需要在工厂设施中的冷却水管。在另一个示例中，铆钉枪被水冷或半导体冷却/帕帖尔冷却 (peltier-cooled)。其他冷却系统也有可能。

[0040] 图6-7中描述的铆钉枪是风冷铆钉枪，其由翅型散热夹具构成，其中冷却板位于每个线圈模块之间。特别地，图6和图7示出了示例风机626、627和628，其被配置为冷却铆钉枪及其组件。这些冷却风机以方向629引导空气，从而在运行期间冷却铆钉枪及其组件。而且，每个线圈模块包括冷却扇翅，并且冷却板位于线圈模块614a-h之间。如图8-9所示，每个线圈模块614包括设置在内部线圈室630与外部线圈室632之间的线圈608。外部线圈室632包括多个冷却扇翅634。而且，冷却板诸如冷却板636（见图6-7和图9）被放置在每个线圈模块之间。有利地，冷却板吸收来自线圈608的热量。图8和图9也描述了线圈模块和冷却板中的多个孔，诸如孔638和640。这些孔作为用于穿过螺栓的孔，所述螺栓被用于将线圈模块614a-h稳定在外壳616与腔室板618和620之间。

### [0041] 3. 示例控制器组件

[0042] 接下来，图3是铆接系统控制器的简化框图，其示出这种元件可能包括的一些物理组件。该框图表示例如图1中示出的控制器106。

[0043] 如图3所示，控制器106包括通信接口302、处理单元304和数据存储装置306，所有这些组件通过系统总线、网络或其他连结机制308可通信地链接到一起。通过这种布置，通信接口302起到为各种其他铆接系统元件提供通信的作用并且因此可以采取各种形式，允许例如有线的和/或无线的通信。处理单元304包括一个或多个通用处理器（例如，微处理器）和/或一个或多个专用处理器（例如，专用集成电路），并且可以与通信接口整体或部分集成。而数据存储装置306包括一个或多个易失性和/或非易失性存储组件，诸如光学存储器、磁性存储器或闪存存储器，并且可以与处理单元整体或部分集成。如图所示，通过示例的方式，数据存储装置306包括程序指令310，其可以由处理单元304执行以实施本文中描述的各种功能。

[0044] 在一个示例性实施例中，数据存储装置306包括程序指令310，其可以被执行以促使铆接系统100：(i) 穿过待连结的结构定位铆钉；(ii) 在铆钉的第一侧上定位第一铆钉枪；(iii) 在铆钉的第二侧上定位第二铆钉枪；以及(iv) 使第一和第二铆钉枪的发射同步，以抵消否则将在铆钉的安装期间传播到结构内的那些力。

### [0045] 4. 示例操作

[0046] 接下来，图4是描述可以根据本发明来实施的方法400的流程图。如图4所示，在框402处，该方法涉及穿过待连结的结构定位铆钉。在框404处，该方法还涉及在铆钉的第一侧上定位第一铆钉枪以及在铆钉的第二侧上定位第二铆钉枪。而且，在框406处，该方法涉及使第一和第二铆钉枪的发射同步，以抵消否则将在铆钉的安装期间传播到结构内的那些力。在一个示例实施例中，方法400的这些功能由铆接系统诸如图1中示出的铆接系统100执行。而且，方法400由铆接系统100的一个组件或组件的组合来执行。

#### [0047] i. 定位铆钉

[0048] 返回图4，在框402处，铆接系统100定位铆钉穿过待连结的结构。例如，铆钉布置装置110定位铆钉206到铆钉孔204内。在一个示例实施例中，铆钉布置装置110包括一个或多个机器人手臂，其抓取铆钉206并且将铆钉移动到期望的位置。例如，在一个示例中，铆钉布置装置110是包括机械手指的抓取器。其他示例也有可能。

[0049] 如上所述,在定位铆钉206之前,铆接系统100形成铆钉将被安装在其中的孔204。例如,铆钉孔形成装置108形成孔204。该装置108是被配置为形成期望的孔的任何合适装置,诸如钻孔或冲孔装置。

[0050] ii. 定位铆钉枪

[0051] 返回图4,在框404处,铆接系统100 (i) 在铆钉206的第一侧上定位第一铆钉枪102 以及 (ii) 在铆钉206的第二侧上定位第二铆钉枪104。例如,如图2a-b所示,第一铆钉枪102 被安置在铆钉的头部220,而第二铆钉枪104被安置在铆钉的尾部222。在一个示例实施例中,系统100被配置为使得铆钉枪的方位是可调整的,以允许多个安装方位。例如,铆钉枪102、104被配置为基于铆钉206的位置和待连结的结构202的位置调整方位。例如,铆钉枪被配置为在弯曲结构上的不同位置处安装多个铆钉。在一个实施例中,该弯曲结构在整个安装过程中保持静止,而铆钉枪102、104的方位在必要时针对每个铆钉被调整。在另一个示例中,铆钉枪102、104在整个安装过程中保持静止,而铆接系统100被配置为相对于静止的铆钉枪移动结构。

[0052] iii. 使第一和第二铆钉枪的发射同步

[0053] 在框406处,铆接系统100使第一和第二铆钉枪102、104的发射同步。特别地,铆接系统100使第一和第二铆钉枪102、104的发射同步,以便第一铆钉枪102基本上在第二铆钉枪104冲击铆钉的同时冲击铆钉206。有利地,通过使铆钉枪的发射同步,铆接系统100抵消否则将在铆钉的安装过程中传播到结构内的那些力。

[0054] a. 第一和第二铆钉枪多次冲击铆钉

[0055] 在一个示例实施例中,第一和第二铆钉枪102、104被配置为多次冲击铆钉206。例如,在一个实施例中,铆钉枪被配置为冲击铆钉10-20次。在另一个实施例中,铆钉枪被配置为冲击铆钉5-50次。在另一个实施例中,铆钉枪被配置为冲击铆钉少于5次或显著地高于50次。通过多次冲击铆钉206,有可能在铆钉安装期间更好地控制过盈。例如,当铆钉枪只冲击铆钉一次时,非常难以精确地控制铆钉的变形和过盈以及力在整个系统内的传播。然而,通过多次冲击铆钉和精确地控制每次冲击,有可能精确地控制铆钉的变形和过盈并且限制力在整个系统内的传播。

[0056] 图5a-e描述铆钉安装过程,其中铆钉枪102、104多次冲击铆钉。这些图5a-e描述铆钉安装过程的五个不同阶段,从开始阶段到最后阶段排列。特别地,图5a描述第一次冲击之后的铆钉206,图5b描述第二次冲击之后的铆钉,图5c描述第三次冲击之后的铆钉,图5d描述第四次冲击之后的铆钉,而图5e描述第五次即最后一次冲击之后(此次之后铆钉完成安装)的铆钉。在一个示例中,这五次冲击是用于使铆钉206变形的唯一一组冲击。然而,如上所述,少于五次或多于五次的冲击是可能的。因此,在另一个示例中,在已描述的五次冲击的每次冲击之间存在一次或多次冲击。

[0057] 如在图5a-e中可见,每次冲击用于使铆钉206变形,以便铆钉最终完全填充铆钉孔204。通过设定在每端上的冲击的正时,铆钉枪的所有能量都进行使铆钉变形,并且与使用铆钉枪和铆钉托杆的传统铆钉安装方法相比,这以更可控的和更有效的方式使铆钉变形。而且,通过精确地设定在每端上的冲击的正时,相反的冲击抵消否则将传播到结构内的力或基本上所有的力。例如,相反的冲击抵消否则将在传统铆钉安装过程(例如,使用铆钉枪和铆钉托杆)中发生的力。

[0058] b. 同步第一和第二铆钉枪的冲击,以使其基本同时发生

[0059] 在一个示例中,使第一铆钉枪102和第二铆钉枪104的发射同步涉及使第一和第二铆钉枪的每次冲击同步。如本文所使用的,同步每次冲击涉及设定第一铆钉枪的每次冲击的正时,以使得其与第二铆钉枪的冲击同时或基本上同时发生。冲击被精确地定时,以最小化铆钉枪的能量在整个系统中耗散的量,以确保所有或基本上所有能量进行铆钉的变形。有利地,这产生非常可控的和有效的变形过程,同时也降低或抵消否则将传播到结构内的那些力。在一个示例中,有效的变形减少了用于形成铆钉的冲击的次数(例如,由于通过耗散到整个系统中而废弃的能量减少)。另外或可替换地,有效的变形允许该系统使用较低的能量冲击来使铆钉变形,否则将需要较高的能量冲击。

[0060] 在一个示例中,基本上同时冲击铆钉涉及铆钉枪在彼此的0.1微秒到10微秒内冲击铆钉。在另一个示例中,基本上同时冲击铆钉涉及铆钉枪在彼此的10微秒到100微秒内冲击铆钉。在另一个实施例中,基本上同时冲击铆钉涉及铆钉枪在彼此的0.1-10毫秒内冲击铆钉。在另一个实施例中,基本上同时冲击铆钉涉及铆钉枪在彼此的100毫秒内冲击铆钉。

[0061] 在一个示例中,被安装的是铝铆钉。在铝中,声音的传播速度大约为5100m/s,也就是0.2inch/ $\mu$ s。因此,对于1英寸(inch)的铝铆钉,冲击波将花费大约5 $\mu$ s从1英寸的铆钉的第一侧传播到相对侧。在该示例中,铆钉枪将在彼此的大约5 $\mu$ s内冲击铆钉。其他示例性铆钉长度和铆钉材料(和由此穿过材料的声音传播速度)也有可能。

[0062] 如上所述,当铆钉枪冲击铆钉时,冲击波穿过铆钉被发送到铆钉的另一侧。为了精确地设定相反冲击的正时以最小化铆钉枪的能量在整个系统内耗散的量并最大化由铆钉本身吸收的能量,铆接系统100设定由第二铆钉枪产生的第二冲击的正时,以使其与由第一铆钉枪产生的冲击波到达定位第二枪的那一侧同时或基本上同时发生。例如,在一个示例中,当铆钉枪102在铆钉头部220上冲击铆钉206时,冲击波穿过铆钉206被发送到铆钉尾部222。在冲击波已经到达铆钉尾部222的同时或基本上同时,第二铆钉枪104冲击铆钉尾部222。

[0063] 通过当冲击波到达该端部的同时或基本上同时冲击铆钉尾部222,铆钉枪104的第二冲击将产生抵消穿过铆钉的第一冲击波的冲击波。这允许所有或基本上所有能量进行铆钉206的变形,并且因此减少将耗散到系统的其他位置(例如,耗散到铆钉枪104和/或结构202)的能量的量。因此,精确正时的相对冲击抵消了否则将传播到周围系统内(例如,传播到铆钉枪104和/或结构202)的力。

[0064] c. 精确地控制同步冲击的正时和力

[0065] 为了使铆钉枪的发射同步,以抵消否则将传播到结构内的力,铆钉枪102、104被配置以使得它们在精确控制的时间以精确控制的力冲击铆钉。在一个示例实施例中,第一和第二铆钉枪102、104为电磁多级铆钉枪。在一个示例中,电磁多级铆钉枪包括容纳抛射体并被电磁线圈围绕的发射管。通过控制发射管内的抛射体的运动,铆钉枪精确地控制铆钉枪的冲击的正时和力。

[0066] 在一个示例实施例中,铆钉枪被配置以使得发射管抛射体在其穿过发射管结束时作用于击锤装置上。在一个示例中,击锤装置是弹簧加载的击锤。进而,在抛射体作用于弹簧加载的击锤上之后,弹簧加载的击锤被激活并且使用设定的力度作用于铆钉上。

[0067] 如上所述,图6示出铆钉枪104的横截面。该铆钉枪包括发射管602,该发射管包括

抛射体606并被电磁线圈608a-b围绕。在其穿过发射管602结束时，抛射体606作用于弹簧加载的击锤612上，该击锤进而使用设定的力度作用于铆钉上。

[0068] 因此，抛射体的速度是影响由铆钉枪产生的冲击的参数。例如，抛射体的速度影响铆钉枪冲击铆钉的力。而且，抛射体的速度影响铆钉枪的力何时冲击铆钉。通过控制抛射体在发射管内的速度，可以精确地控制铆钉枪(例如，弹簧加载的击锤)冲击铆钉的时间和力。

[0069] 在一个示例中，经由控制通过各个电磁线圈608a-h的电流来调节抛射体的速度。特别地，通过电磁线圈608a-h的电流将产生磁场，并且该磁场给予移动抛射体606的力。为了精确地控制移动抛射体606穿过发射管602的磁场，通过电磁式线圈608a-h的电流被调节。因此，在一个示例中，使第一和第二铆钉枪102、104的发射同步涉及调节每个铆钉枪内的抛射体的速度，以便第一铆钉枪内的抛射体和第二铆钉枪内的抛射体促使铆钉枪基本上同时冲击铆钉。

[0070] 而且，在一个示例实施例中，为了精确地控制抛射体606的速度，基于抛射体在每个管内的探测位置来调节通过这些线圈608a-h的电流。为了探测发射管602内的抛射体606的位置，铆钉枪102、104包括被配置为探测位置的探测器。例如，在该示例中，铆钉枪包括多个光学传感器，其被配置为精确地探测抛射体的位置。图6示出多个示例光学传感器604a-h。这些光学传感器探测穿过发射管602的抛射体606的行程。

[0071] 然后，铆接系统100基于探测的抛射体位置控制铆钉枪内的特定电磁线圈608a-h的发射。由于每个铆钉枪102、104精确地探测抛射体606的位置，所以铆接系统100控制每个抛射体的速度，以使得每个枪内的抛射体在期望的时间作用于铆钉上。例如，铆接系统100控制每个抛射体的速度，以使得每个枪内的抛射体基本上同时作用于铆钉上。在一个示例实施例中，磁存储能量在铆钉枪的每次发射后被再循环到存储电容内。该能量再循环允许铆钉枪将最少的能量转变成废热。

[0072] d. 基于铆钉和/或结构的结构特性控制同步冲击的各种参数

[0073] 铆钉以各种不同类型的材料、不同的形状和不同的长度存在。由于不同的铆钉结构特性，不同的铆钉经常对铆钉枪102、104的冲击作出不同的反应。例如，第一铆钉可能在给定的力下比第二铆钉变形更快。而且，铆接系统100被用于将铆钉安装在不同材料的结构中。例如，铆接系统100将安装铆钉到铝结构、铜结构、钢结构、复合结构和/或其他材料结构中。不同的材料具有不同的结构特性，因此铆钉安装将不同地冲击不同的结构。例如，复合材料通常比金属材料对铆钉安装更敏感。

[0074] 因此，在一个示例实施例中，铆接系统100基于被安装的铆钉的结构特性和/或基于由铆钉连结的结构的结构特性来控制同步冲击的各种参数。这些要控制的各种参数包括例如同步冲击的次数、同步冲击的力和同步冲击的正时。

[0075] 冲击波穿过铆钉的速度取决于产生冲击的力和铆钉材料的材料特性。例如，由大小为x的力在钢铆钉上产生的冲击波将比由大小为x的力在铝铆钉上产生的冲击波花费不同的时间量到达另一端。作为另一个示例，由大小为y的力在一英寸长的铆钉上产生的冲击波将比由大小为y的力在两英寸长的铆钉上产生的冲击波花费不同的时间量到达另一端。因此，铆接系统100基于产生冲击的力和安装的铆钉的材料特性来设定相对冲击的正时。实际上，通常相对冲击之间的时间差可能大约是几微秒或几毫秒。

[0076] 在一个示例实施例中，在安装铆钉诸如铆钉206之前，铆接系统100选择待安装的

铆钉的预定安装参数。如上所述,这些预定安装参数是基于铆钉的特性和/或待连结的结构选择的。例如,对于给定材料和给定长度的铆钉,铆接系统100选择(i)第一和第二铆钉枪将冲击铆钉的特定次数,(ii)铆钉枪冲击铆钉的特定力,以及(iii)第一和第二枪的相对冲击将相差多长时间。铆接系统100选择适当的正时用于每个铆钉枪内的电磁线圈的发射,以获得预选的冲击次数、冲击正时和冲击力的参数。然后,铆接系统100通过以预选的次数发射电磁线圈来实现预定的安装参数。

[0077] 在另一个示例实施例中,铆接系统100使用来自系统的反馈在安装过程中调整安装参数。例如,铆接系统100基于在铆钉枪的发射管内的抛射体的光学传感器测量值来调整安装参数。在一个示例中,通过测量每个铆钉枪的抛射体的精确位置,铆接系统100调整电磁线圈的发射,以更准确地实现预选参数(例如,每次冲击的力和正时)。在另一个示例中,铆接系统监测铆钉安装的进程,然后铆接系统100确定不同于预选参数的参数更适于完成安装。因此,铆接系统100将基于来自铆接系统的反馈(例如来自光学传感器的反馈)调整所选择的参数(例如,每次冲击的力和正时)。

[0078] 5. 公开的示例方法和系统的益处

[0079] 提出的方法和系统有益地提供一种改进的方式来安装铆钉以连结结构,诸如飞行器组件。有利地,所公开的方法和系统允许在铆钉安装期间精确地控制过盈。在航空航天工业中,由铆钉连结的结构在整个寿命中经受许多载荷循环,并且铆接的质量影响在这些载荷循环期间铆钉和结构保持多长时间。过盈是影响铆钉的使用寿命和/或由铆钉连结的结构的寿命的参数。有利地,通过在铆钉安装过程期间精确地控制过盈,所公开的方法和系统因此帮助延长铆钉和被连结的结构的寿命。

[0080] 所公开的方法和系统也有利地减少或抵消否则会传播到结构内的力。由于所公开的方法和系统减少或消除了该力,因此所公开的铆接方法和系统适用于连结复合材料。传统铆接过程在复合材料上施加力,使得传统铆接过程不适合用于连结复合材料。然而,所公开的方法和系统允许成功地稳固连结复合材料。

[0081] 更进一步,由于所公开的方法和系统允许精确控制过盈,因此所公开的方法和系统有利地减少了用于铆钉安装过程的人工反馈量。传统铆钉安装过程在安装过程和质量检测过程期间经常涉及大程度的人工反馈。然而,在由所公开的方法和系统提供精确控制的情况下,无经验的操作者或完全自动的机器人装配系统可以以高度可靠性使铆钉变形,以一致地生产合格的铆钉。通过减少或限制用于铆钉安装的人工反馈,所公开的方法和系统有利地提高了铆钉安装过程的速度,并且减少了与铆钉安装过程有关的费用。

[0082] 进一步,本公开包括依据以下条款的实施例:

[0083] 条款1. 一种用于安装铆钉的方法400,所述方法400包括:穿过待连结的结构202定位铆钉;在所述铆钉的第一侧上定位第一铆钉枪102;在所述铆钉的第二侧上定位第二铆钉枪104;以及使所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104的发射同步,以抵消力,否则这些力将在所述铆钉的安装期间传播到所述结构202内。

[0084] 条款2. 根据条款1所述的方法400,其中所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104被配置为多次冲击所述铆钉,并且其中使所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104的发射同步包括使所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104的每次冲击同步。

[0085] 条款3. 根据条款2所述的方法400,其中每个铆钉枪包括发射管602和在所述发射

管602内的抛射体606,其中所述抛射体606的速度影响所述铆钉枪冲击所述铆钉的力和所述铆钉枪的所述力何时冲击所述铆钉两者中的至少一个,并且其中使所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104的发射同步包括:

[0086] 调节每个铆钉枪内的所述抛射体606的速度,从而在所述第一铆钉枪102内的所述抛射体606和在所述第二铆钉枪104内的所述抛射体606促使所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104基本上同时冲击所述铆钉。

[0087] 条款4.根据条款3所述的方法400,其中调节每个铆钉枪内的所述抛射体606的速度包括:

[0088] 利用每个铆钉枪内的光学传感器604a-h探测所述抛射体606在所述发射管602内的位置;以及

[0089] 基于所述抛射体606的探测位置控制所述铆钉枪内的电磁线圈的发射。

[0090] 条款5.根据条款3所述的方法400,其中调节每个铆钉枪内的所述抛射体606的速度包括:

[0091] 基于所述铆钉的结构特性和待连结的所述结构202的结构特性中的至少一个,控制每个铆钉枪内的所述抛射体606的速度。

[0092] 条款6.根据条款3所述的方法400,其中调节每个铆钉枪内的所述抛射体606的速度包括:

[0093] 调节每个铆钉枪内的所述抛射体606的速度,从而在所述第一铆钉枪102内的所述抛射体和在所述第二铆钉枪104内的所述抛射体606促使所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104在彼此的100微秒内冲击所述铆钉。

[0094] 条款7.根据条款1所述的方法400,其中使所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104的发射同步包括使电磁铆钉枪的发射同步。

[0095] 条款8.根据条款1所述的方法400,其中穿过待连结的所述结构202定位所述铆钉包括穿过金属结构或复合结构202定位所述铆钉。

[0096] 条款9.根据条款1所述的方法400,进一步包括在所述铆钉的安装期间,空气冷却所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104。

[0097] 条款10.一种铆接系统100,包括:

[0098] 第一铆钉枪102;

[0099] 第二铆钉枪104,所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104被配置用于在待安装以连结结构202的铆钉的相对两侧进行操作;以及

[0100] 控制器106,所述控制器106被配置为使所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104的发射同步,以使得力被抵消,否则这些力将传播到所述结构202内。

[0101] 条款11.根据条款10所述的系统100,其中所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104均包含发射管602内的抛射体606,其中所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104均包括相对于所述发射管602设置的多个光学传感器604a-h,所述控制器106被编程以至少部分基于在所述发射管602内的被探测的抛射体606位置操作所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104。

[0102] 条款12.根据条款11所述的系统100,其中所述控制器106进一步被编程以至少部分基于所述铆钉的结构特性或所连结的所述结构202的结构特性中的至少一个来操作所述

第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104。

[0103] 条款13. 根据条款10所述的系统100, 其中所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104均包括多个电磁线圈, 所述电磁线圈可操作以引起所述抛射体606的运动, 所述控制器106可操作以基于所探测的抛射体606位置应用信号来控制所述电磁线圈的发射。

[0104] 条款14. 根据条款10所述的系统100, 其中所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104被配置为多次冲击所述铆钉, 并且其中所述控制器106被配置为使所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104的每次冲击同步。

[0105] 条款15. 根据条款10所述的系统100, 其中所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104为电磁铆钉枪。

[0106] 条款16. 一种铆接系统100, 包括:

[0107] 第一铆钉枪102;

[0108] 第二铆钉枪104, 其中所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104被布置在待安装以连结结构202的铆钉的相对两侧上; 以及

[0109] 控制器106, 其中所述控制器106被配置为促使所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104多次冲击所述铆钉, 并且其中所述控制器106被配置为控制所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104的每次冲击的正时, 以便所述第一铆钉枪102的每次冲击与所述第二铆钉枪104的相应冲击基本上同时发生。

[0110] 条款17. 根据条款16所述的铆接系统100,

[0111] 其中所述第一铆钉枪102包括第一发射管602和在所述第一发射管602内的第一抛射体606;

[0112] 其中所述第二铆钉枪104包括第二发射管602和在所述第二发射管602内的第二抛射体606;

[0113] 其中所述第一抛射体606的速度影响所述第一铆钉枪102冲击所述铆钉的力和所述第一铆钉枪102的力何时冲击所述铆钉两者中的至少一个, 并且其中所述第二抛射体606的速度影响所述第二铆钉枪104冲击所述铆钉的力和所述第二铆钉枪104的力何时冲击所述铆钉两者中的至少一个; 以及

[0114] 其中所述控制器106被配置为调节所述第一铆钉枪102内的所述第一抛射体606的速度和所述第二铆钉枪104内的所述第二抛射体606的速度, 从而所述第一铆钉枪102内的所述第一抛射体606和所述第二铆钉枪104内的所述第二抛射体606促使所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104基本上同时冲击所述铆钉。

[0115] 条款18. 根据条款17所述的系统100, 其中所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104每个进一步包括相对于所述发射管602设置的多个光学传感器604a-h, 所述控制器106被编程以基于在所述发射管602内的探测的抛射体606位置操作所述第一铆钉枪102和所述第二铆钉枪104。

[0116] 条款19. 根据条款17所述的系统100, 其中所述控制器106被编程以基于所述铆钉的结构特性或所述结构202的结构特性两者中的至少一个调节所述第一铆钉枪102中的所述第一抛射体606的速度和所述第二铆钉枪104中的所述第二抛射体606的速度。

[0117] 条款20. 根据条款16所述的系统100, 其中所述第一铆钉枪102的每次冲击在所述第二铆钉枪104的相应冲击的100微秒内发生。

## [0118] 6. 结论

[0119] 上面已经描述示例性实施例。然而，本领域的技术人员将了解，在不脱离本发明的范围和精神的情况下可以对这些实施例进行改变和修改。不同的有利实施例的描述被提供以用于说明和描述的目的，并且不意图穷举或限制所公开的实施例的形式。许多修改和变化对本领域的普通技术人员是显而易见的。而且，与其他有利实施例相比较，不同的说明性实施例可以提供不同的优势。所选择的一个或更多个实施例被选择和描述以便最好地解释实施例的原理及实际应用，并使本领域的其他普通技术人员能够理解具有适于预期的特定用途的各种改进的各种实施例的公开。

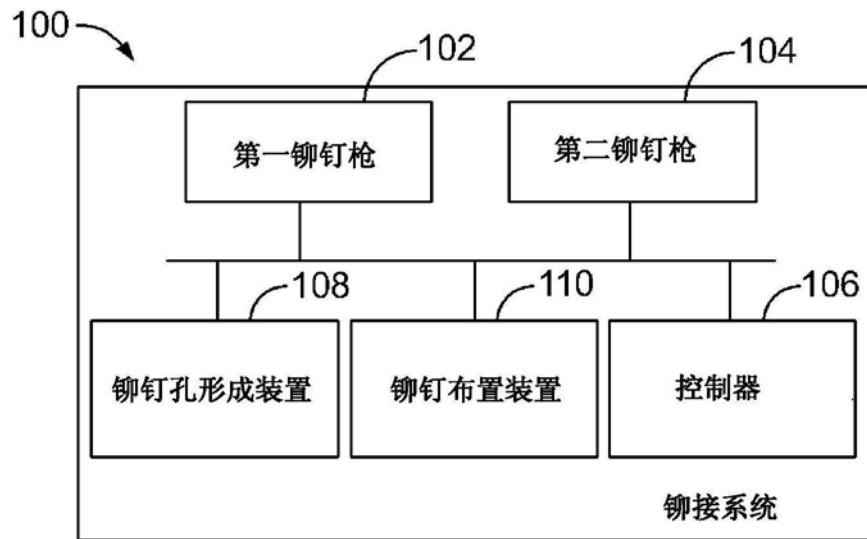


图1

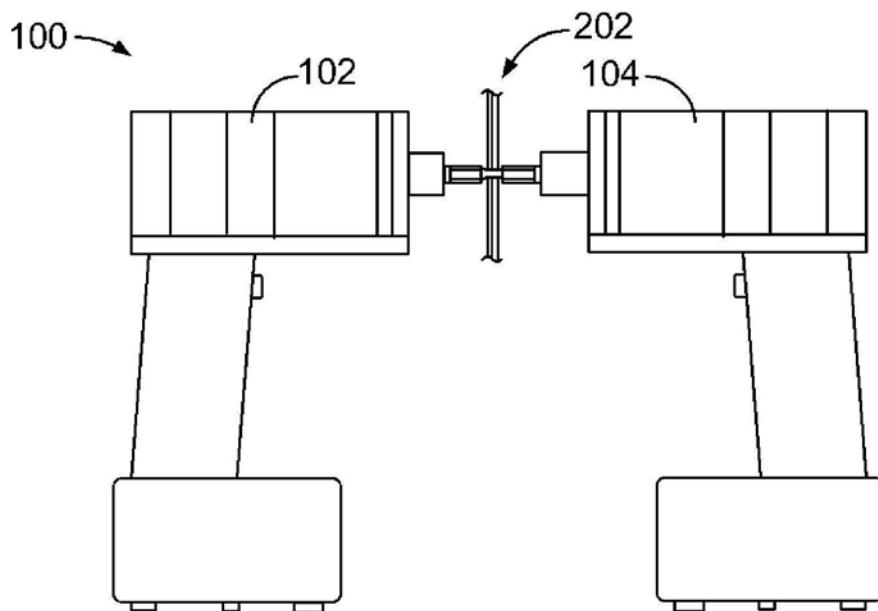


图2a

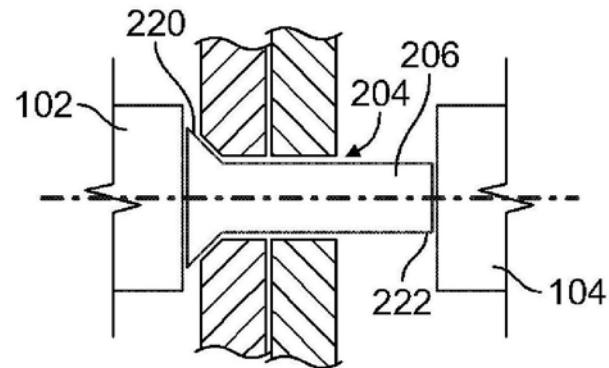


图2b

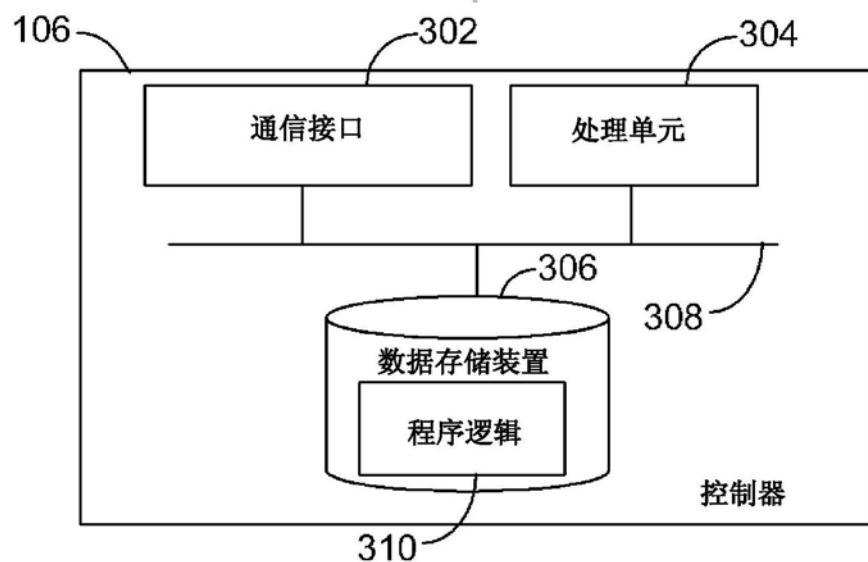


图3

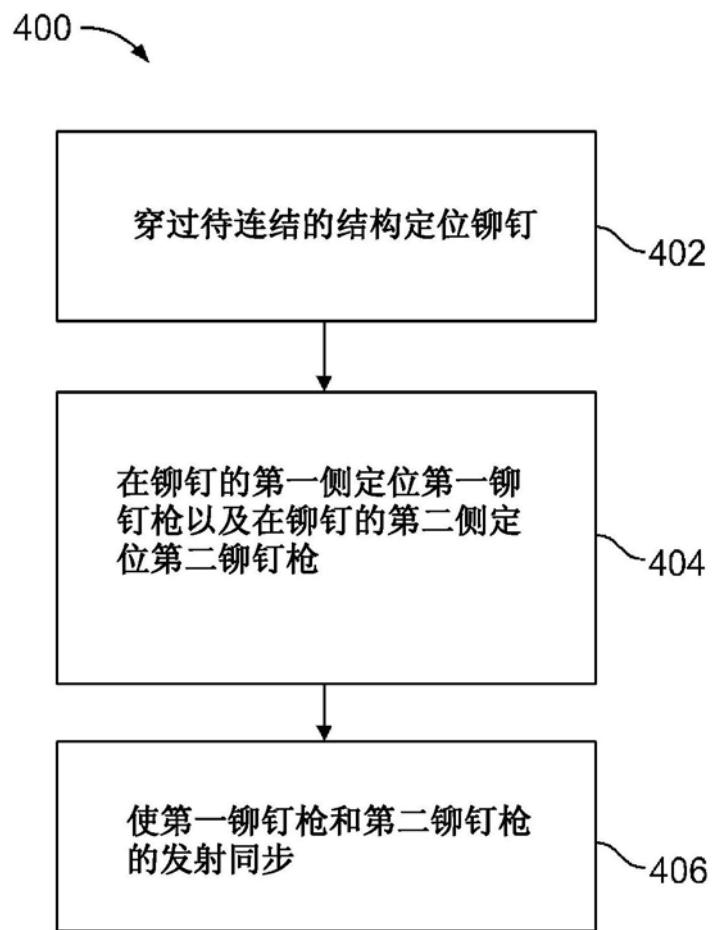


图4

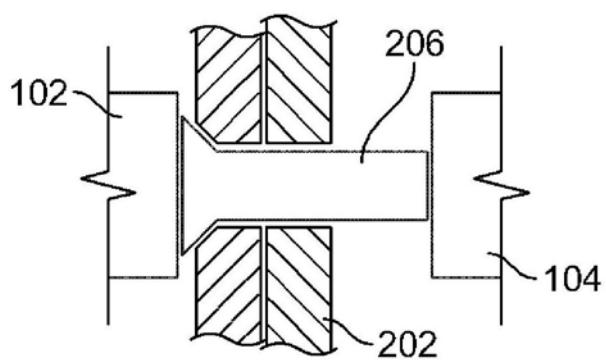


图5a

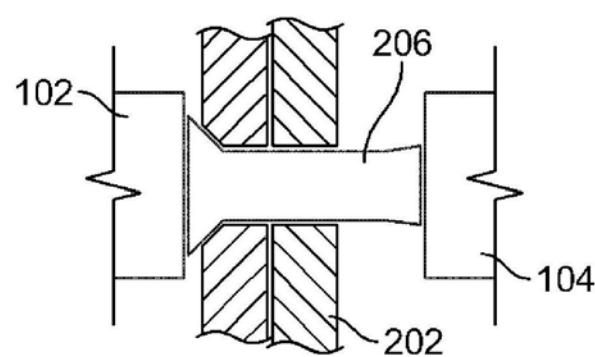


图5b

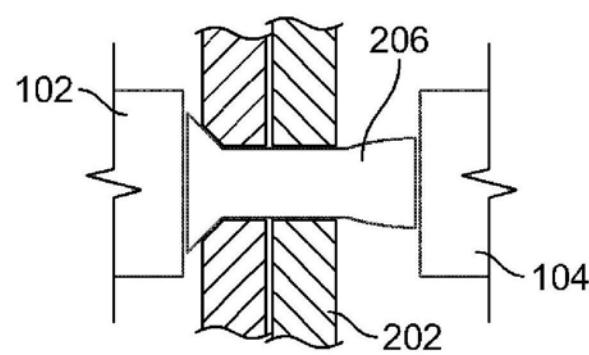


图5c

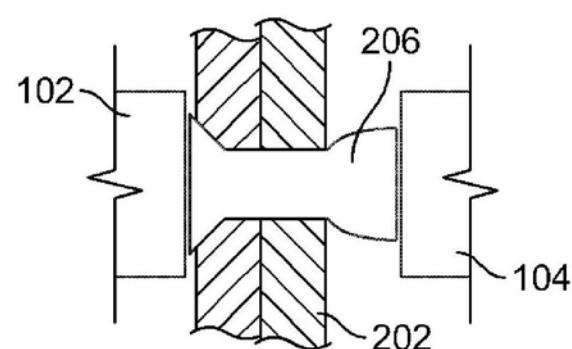


图5d

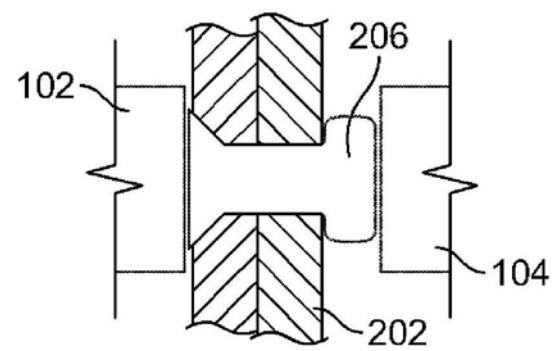


图5e

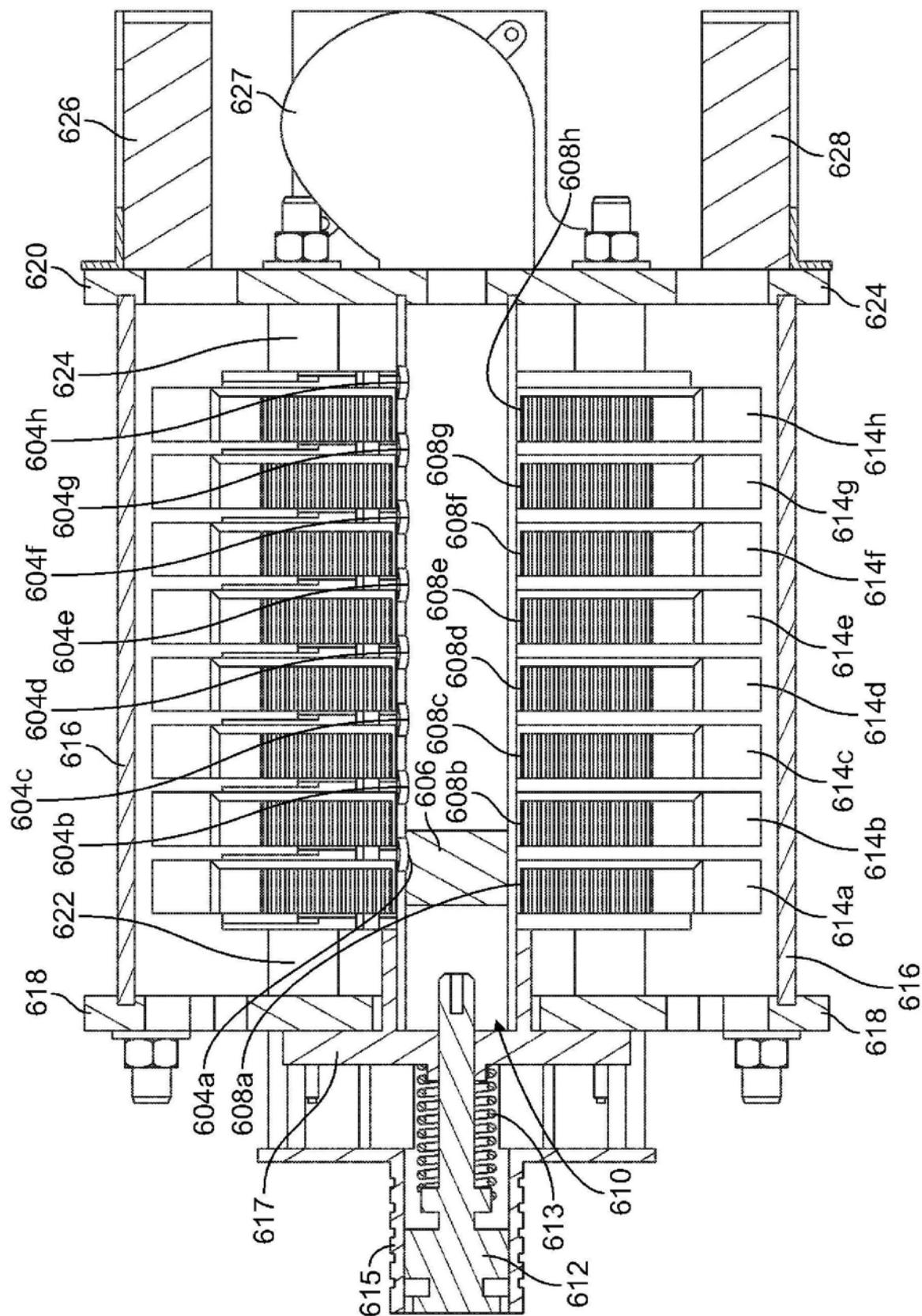


图6

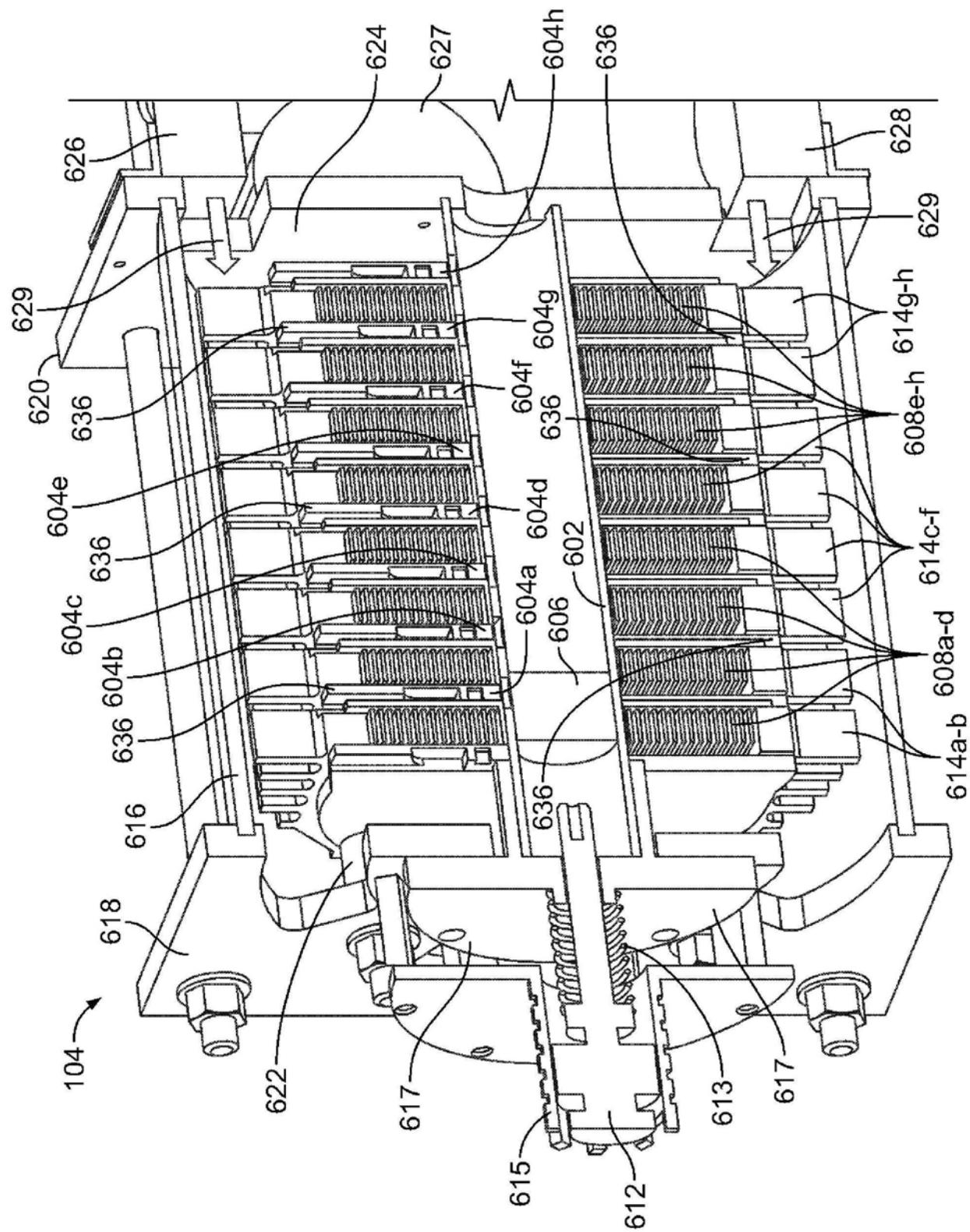


图7

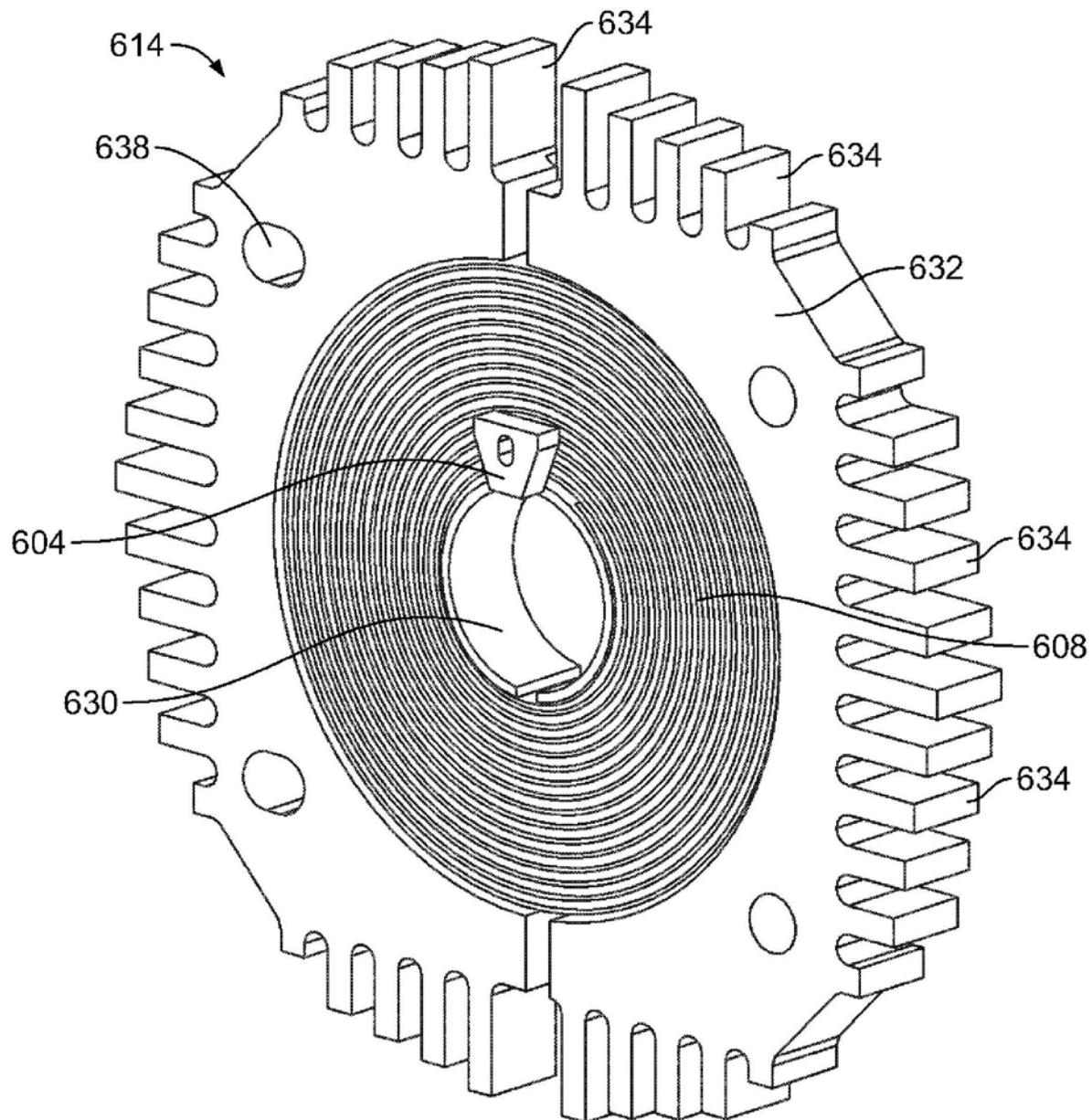


图8

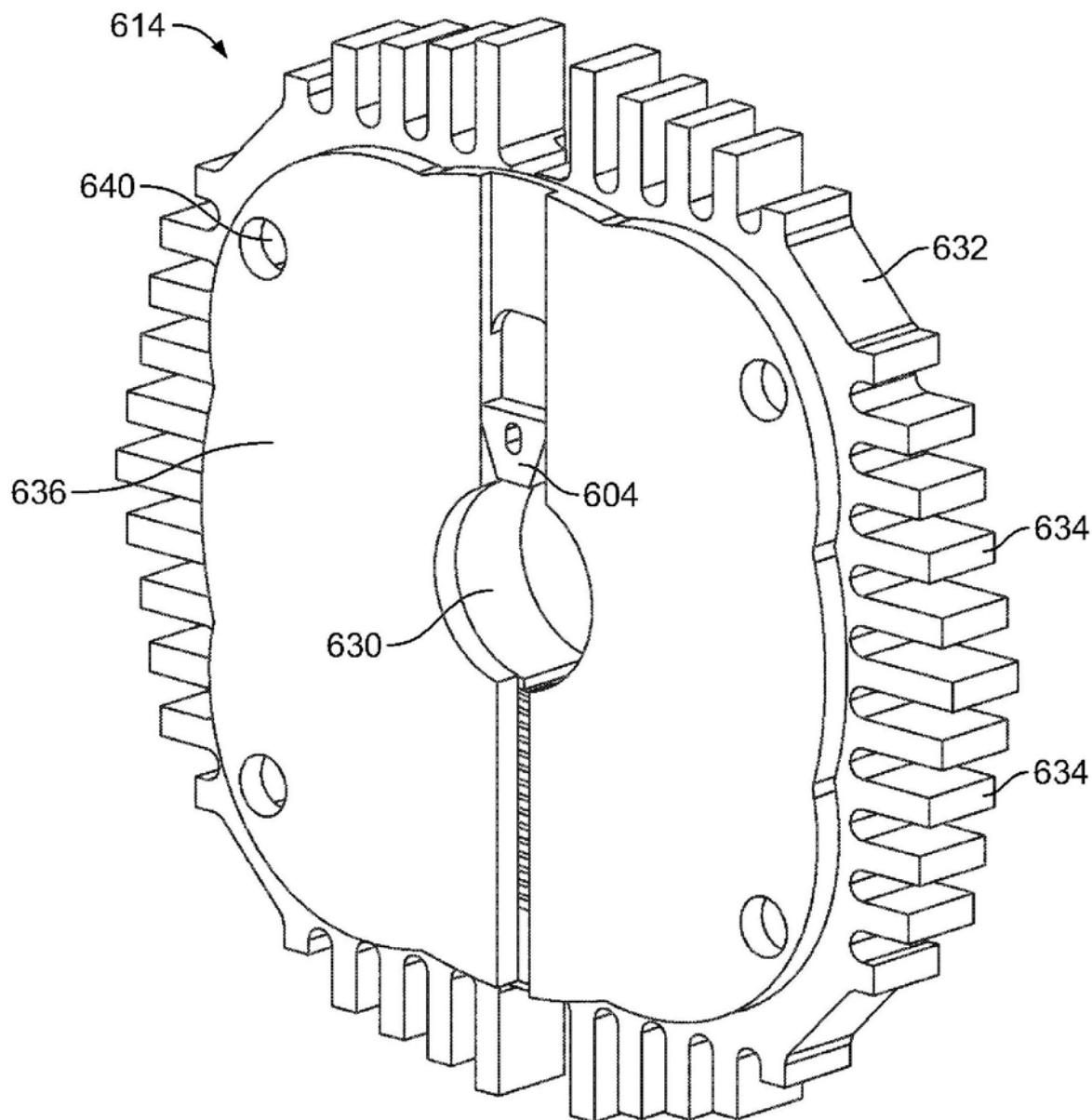


图9