



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109789515 B

(45) 授权公告日 2024.04.26

(21) 申请号 201780058298.3

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司

(22) 申请日 2017.09.11

11240

(65) 同一申请的已公布的文献号

专利代理人 李静

申请公布号 CN 109789515 A

(51) Int.CI.

(43) 申请公布日 2019.05.21

B23K 26/32 (2014.01)

(30) 优先权数据

A24F 40/70 (2020.01)

1616135.8 2016.09.22 GB

B23K 26/21 (2014.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

B23K 103/04 (2006.01)

2019.03.21

(56) 对比文件

(86) PCT国际申请的申请数据

US 2014283825 A1, 2014.09.25

PCT/GB2017/052645 2017.09.11

JP 2000106169 A, 2000.04.11

(87) PCT国际申请的公布数据

JP H10106433 A, 1998.04.24

W02018/055333 EN 2018.03.29

JP 2001276582 A, 2001.10.09

(73) 专利权人 尼科创业贸易有限公司

US 2015140351 A1, 2015.05.21

地址 英国伦敦

WO 2016092261 A1, 2016.06.16

(72) 发明人 霍华德·罗思韦尔

JP 2006205093 A, 2006.08.10

CN 2395749 Y, 2000.09.13

审查员 王喆

权利要求书2页 说明书15页 附图4页

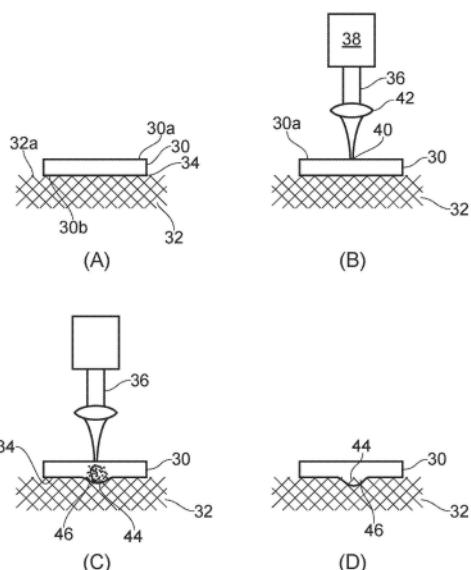
## (54) 发明名称

用于接合实心与多孔金属部件的激光焊接

方法

## (57) 摘要

在激光焊接的方法中,将实心金属部件布置为与多孔金属部件在界面区域处接触,将激光束引导到实心金属部件上以使实心金属部件的界面区域中的一个或多个部分加热和熔融,并且熔融金属部分流入多孔金属部件中的空隙,然后通过冷却固化,使得多孔金属部件的邻近空隙的部分一体地结合到实心金属部件的金属中,从而使实心金属部件和多孔金属部件粘合。



1. 一种激光焊接的方法,包括:

将实心金属部件布置为与多孔金属部件在界面区域处接触;

将激光束引导到所述实心金属部件上以导致所述界面区域中的所述实心金属部件的一个或多个部分加热和熔融;以及

允许熔融的金属部分流入所述多孔金属部件中的空隙中,并通过冷却来固化,使得所述多孔金属部件的邻近所述空隙的部分一体地结合到所述实心金属部件的金属中,从而使所述实心金属部件和所述多孔金属部件粘合;

其中,所述多孔金属部件包括烧结在一起的金属纤维的网,并且所述多孔金属部件的邻近所述空隙且一体地结合到所述实心金属部件的金属中的部分是金属纤维,

其中,所述实心金属部件是电触点,所述多孔金属部件是用于从气溶胶供给系统中的液体形成气溶胶的加热元件,

并且其中,所述激光束在高输出功率级下工作第一时间段,然后在比所述高输出功率级低的低输出功率级下工作第二时间段,所述第一时间段和所述第二时间段的持续时间的比例在1:3到1:80的范围内,并且其中,所述低输出功率级介于所述高输出功率级的40%和60%之间。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述实心金属部件和所述多孔金属部件中的一个或两个包括不锈钢。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一时间段之前具有初始时间段,在所述初始时间段期间,所述激光束的输出功率级从零增加到所述高输出功率级。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中,所述高输出功率级介于1kW到小于1.8kW的范围内。

5. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中,所述激光束将大于4.5J到小于8.0J的能量总量传递到所述实心金属部件。

6. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中,所述方法进一步包括,在将所述激光束引导到所述实心金属部件上的同时,在所述界面区域上施加力以压缩所述实心金属部件和所述多孔金属部件。

7. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中,所述实心金属部件具有0.05mm到0.5mm的范围内的厚度。

8. 一种包括实心金属部件和多孔金属部件的组件,所述多孔金属部件包含烧结在一起的金属纤维的网,所述实心金属部件和所述多孔金属部件在焊接点处通过根据权利要求1至7中任一项所述的激光焊接的方法而粘合在一起。

9. 根据权利要求8所述的组件,其中,所述焊接点对从所述实心金属部件和所述多孔金属部件中的一个流到另一个中的电流具有10毫欧或更小的电阻。

10. 一种激光焊接的方法,包括:

将实心金属部件布置为与包括多个烧结金属绞线的多孔金属部件接触;

将激光束引导到所述实心金属部件上以对所述实心金属部件传递能量;

允许所述能量加热并熔融所述实心金属部件的与所述多孔金属部件接触的至少一部分,使得熔融的金属在所述多孔金属部件中的金属绞线周围流动;

移除所述激光束;以及

使已经流到所述金属绞线周围的熔融金属冷却,使得所述金属绞线嵌在所述实心金属部件中,以将所述实心金属部件粘合到所述多孔金属部件,

其中,所述实心金属部件是电触点,所述多孔金属部件是用于从气溶胶供给系统中的液体形成气溶胶的加热元件,

并且其中,所述激光束在高输出功率级下工作第一时间段,然后在比所述高输出功率级低的低输出功率级下工作第二时间段,所述第一时间段和所述第二时间段的持续时间的比例在1:3到1:80的范围内,并且其中,所述低输出功率级介于所述高输出功率级的40%和60%之间。

## 用于接合实心与多孔金属部件的激光焊接方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及激光焊接的方法及使用激光焊接方法制造的物品。

### 背景技术

[0002] 气溶胶供给系统,例如尼古丁输送系统(例如电子香烟或电子烟),通常包含源液的储存器,源液包含一种配方,通常包括尼古丁,从源液通过蒸发或其他方式产生气溶胶。因此,用于气溶胶供给系统的气溶胶源可包括耦接到来自储存器的源液的一部分的加热元件。当使用者在装置上吸气时,激活加热元件以使少量源液蒸发,从而将其转换成气溶胶以由使用者吸入。通常,加热元件由导电材料制成,并连接到电源,例如电池,电源导致电流流过加热元件,使得加热该元件,进而加热源液并使其蒸发。

[0003] 在这种布置中,加热元件电经由一对电触点连接到电源,电触点也由导电材料制成,例如金属。虽然加热元件和电触点可布置为彼此接触,但是加热元件和电触点之间的物理粘合或接合提供更安全的电连接。

[0004] 焊接是一种用于在金属部件之间提供物理粘合的技术,金属部件为例如电路中的导电元件。填料金属被称为焊料并具有比待接合的导电元件低的熔点,其通过加热熔融,使得其流入接合区域,并且一旦其已经冷却并固化便形成连接部件的物理粘合。连接区域中的杂质会削弱焊接接头的成功;这可通过使用焊剂材料来解决,以防止焊接处理过程中的氧化和/或通过腐蚀来提供一些化学清洗。然而,在气溶胶尼古丁输送系统的情景中,焊剂材料在加热元件环境中可能受到尼古丁的攻击,导致气溶胶污染。

[0005] 因此,用于在加热元件和其电触点之间形成电连接的替代技术是所关注的。

### 发明内容

[0006] 根据本文描述的某些实施例的第一方面,提供一种激光焊接的方法,包括:将实心金属部件布置为与多孔金属部件在界面区域处接触;将激光束引导到实心金属部件上以导致实心金属部件的界面区域中的一个或多个部分的加热和熔融;以及允许熔融金属部分流入多孔金属部件中的空隙内,并通过冷却来固化,使得多孔金属部件的邻近空隙的部分一体地结合(integrate)到实心金属部件的金属中,从而使实心金属部件和多孔金属部件粘合。

[0007] 多孔金属部件可包括烧结在一起的金属纤维网,一体地结合到实心金属部件的金属中的多孔金属部件的邻近空隙的部分是金属纤维。实心金属部件和多孔金属部件中的一个或两个可包括不锈钢。

[0008] 激光束可以在高输出功率级下工作第一时间段,然后在比高输出功率级低的低输出功率级下工作第二时间段。例如,第一时间段和第二时间段的持续时间的比可在1:3到1:80的范围内。低输出功率级可以介于高输出功率级的40%至60%之间。而且,第一时间段之前可具有初始时间段,在初始时间段期间,激光的输出功率级从零增加到高输出功率级。高输出功率级可以在1kW到小于1.8kW的范围内。激光束可将大于4.5J到小于8.0J的范围内的

能量总量传递到金属部件。

[0009] 该方法可进一步包括,在界面区域上施加力以压缩实心金属部件和多孔金属部件,同时将激光束引导到实心金属部件上。

[0010] 实心金属部件可具有0.05mm到0.5mm的范围内的厚度。

[0011] 实心金属部件可以是电触点,多孔金属部件可以是用于从气溶胶供给系统中的液体形成气溶胶的加热元件。

[0012] 根据本文提供的某些实施例的第二方面,提供一种包括实心金属部件和多孔金属部件的组件,通过多孔金属部件的邻近多孔金属部件中的空隙的部分一体地结合到实心金属部件的已经进入空隙的至少一个部分中,实心金属部件和多孔金属部件在焊接点处粘合在一起。

[0013] 根据本文提供的某些实施例的第三方面,提供一种包括实心金属部件和多孔金属部件的组件,实心金属部件和多孔金属部件已经在焊接点处通过根据第一方面的方法的激光焊接方法而粘合在一起,或者是能够通过该激光焊接方法而粘合在一起。

[0014] 在这种组件中,焊接点对从实心金属部件和多孔金属部件中的一个流到另一部件的电流可具有10毫欧或更小的电阻。

[0015] 根据本文提供的某些实施例的第四方面,提供一种激光焊接的方法,包括:将实心金属部件布置为与包括多个烧结金属绞线的多孔金属部件接触;将激光束引导到实心金属部件上以对其传递能量;允许能量加热并熔融实心金属部件的与多孔金属部件接触的至少一部分,使得熔融金属在多孔金属部件中的金属绞线周围流动;移除激光束;以及使已经流到金属绞线周围的熔融金属冷却,使得金属绞线嵌在实心金属部件中,以将其粘合到多孔金属部件。

[0016] 在所附独立权利要求和从属权利要求中阐述了某些实施例的这些方面和其他方面。将认识到,除了在权利要求中明确阐述的那些组合以外,从属权利要求的特征可彼此组合并可与独立权利要求的特征组合。而且,本文描述的方法不限于例如下面阐述的具体实施例,而是包括并考虑本文提出的特征的任何适当的组合。例如,可提供根据本文描述的方法的激光焊接方法,其适当地包括下面描述的各种特征中的任何一个或多个。

## 附图说明

[0017] 现在将参考附图仅通过实例来详细地描述各实施例,其中:

[0018] 图1和图2示出了包括可使用本发明的实施例焊接的部件的组件的透视图;

[0019] 图3示出了根据本发明的一个实施例的方法中的步骤的流程图;

[0020] 图4的(A)、图4的(B)、图4的(C)和图4的(D)示出了用于执行图3的实例方法中的步骤的设备的示意图;

[0021] 图5示出了通过使用本发明的一个实施例焊接的第一实例工件的示意性横截面;

[0022] 图6示出了通过使用本发明的一个实施例焊接的第二实例工件的示意性横截面;以及

[0023] 图7示出了适合于在本发明的一个实施例中使用的激光功率输出的一个实例的图。

## 具体实施方式

[0024] 在本文中讨论/描述了某些实例和实施例的方面和特征。某些实例和实施例的一些方面和特征可用传统方式实现,为了简洁起见,对这些不进行详细的讨论/描述。因此,将认识到,本文讨论的未详细描述的设备和方法的方面和特征可根据任何传统的用于实现这些方面和特征的技术来实现。

[0025] 本公开涉及一种激光焊接的方法,其可用于制造气溶胶供给系统,例如电子烟(该方法不限于此,然而,也可应用于其他情景中)。在以下描述中,有时可使用术语“电子烟”;然而,将认识到,此术语可与气溶胶(蒸汽)供给系统互换地使用。

[0026] 图1是可在气溶胶供给系统的烟弹组件中使用的加热元件载体模块的一些部件的示意图,其中,烟弹组件是系统的旨在储存源液并从其产生气溶胶的部分。本发明的实施例可用于制造这种组件。

[0027] 图1中的部件10是构造为支撑加热元件12的载体模块的支撑元件的下部。此支撑元件可叫做支架,部件10指的是下支架。上支架(未示出)安装在下支架10上,以将加热元件夹在其之间并支撑于其之间。该组件进一步包括加热元件12、用于连接到加热元件12的第一端的第一电接触元件14,和用于连接到加热元件12的第二端的第二电接触元件16。

[0028] 在此实例中,下支架10由具有高玻璃纤维含量的塑料材料模制。上支架和下支架各自设置有凹槽18(在图1中仅可看见下支架10的凹槽),凹槽18沿着支架长度延伸,使得当两个支架部件合在一起以夹住加热元件12时,其形成具有大致管状构造的支架,具有由在管子的内部向下延伸的由相应凹槽18限定的气流路径,并且加热元件12设置于其中。

[0029] 第一电接触元件14和第二电接触元件16可由金属片材形成,例如包括根据传统制造技术形成为与设备的其他元件的形状和构造相关的适当形状的铜条。在其他情况下,第一电接触元件14和第二电接触元件16可包括传统的柔性布线。在一些实例中,第一电接触元件和/或第二电接触元件可设置有镀层,例如金镀层或银镀层,以帮助减小接触电阻和/或减小腐蚀风险。

[0030] 在烟弹组件的此实例中,加热元件12由烧结金属纤维材料形成,并且通常是片材的形式。在下面进一步讨论加热元件的性质和结构。在此特定实例中,加热元件12包括主要部分12A,其在每端具有用于连接到相应的电接触元件14、16的电接触延伸部分12B。在此实例中,加热元件的主要部分12A大致是具有大约20mm的长度(在电接触延伸部分12B之间延伸的方向上)和大约8mm的宽度的矩形。在此实例中,包括加热元件12的片材的厚度是大约0.15mm。如可在图2中看到的,加热元件12的大致矩形的主要部分12A具有从每条长边向内延伸的槽;这种形状促使电流沿着加热元件12从一个电接触延伸部分12B流动到另一个电接触延伸部分,以遵循在槽的端部周围导致电流集中(从而导致电功率集中)的曲折路径。产生的热量分布和对应的温度梯度可能是气溶胶供给系统的情景中所希望的。注意,加热元件的此形状、大小和构造仅是一个实例;本发明的实施例可适用于加热元件的其他构造,且实际上也适用于类似组成的其他金属部件。

[0031] 如图1所示,第一电接触元件14和第二电接触元件16已经安装到下支架10,并且加热元件12示出为位于下支架10上方,准备好放在适当的位置中。第二电接触元件16安装在下支架10的第二端(对于图1中的方向,是最左端)。根据传统的用于将电导体安装到塑料体零件的制造技术,将下支架10的轮廓构造为接收并匹配第二电接触元件16的第一部分的形

状。第二电接触元件16的一端提供第二电接触元件瓣部16A,其用于连接到加热元件12的电接触延伸部分12B中的一个,同时第二电接触元件16的另一端远离下支架10延伸,如在图中示意性地图示的。第一电接触元件14安装为邻近凹槽18的壁沿着下支架10的长度延伸。和第二电接触元件16一样,第一电接触元件14的一端远离下支架10的第二端延伸,如在图中示意性地图示的。第一电接触元件14的另一端提供第一电接触元件瓣部14A,其布置在下支架10的第一端(图1中的最右端),用于接收加热元件12的电接触延伸部分12B中的另一个。

[0032] 下支架10的上表面包括多个定位钉20,其与加热元件12中的槽对准,并与上支架中的对应定位孔(未在图中示出)对准。这些定位钉用于帮助使上支架和下支架对准,并用于当装配时帮助使加热元件12相对于上支架和下支架10对准。

[0033] 图2示意性地示出了安装到包含第一电接触元件14和第二电接触元件16的下支架10的加热元件12。加热元件12简单地通过放在下支架10的上表面上而安装到下支架10,定位钉20与加热元件12的槽对准。将第一电接触元件瓣部14A和第二电接触元件瓣部16A向下弯曲以在加热元件12的每端处在电接触延伸部分12B的相应一个上延伸和/或在其周围延伸。为了提供良好的机械连接和电连接,通过根据本发明的实施例的激光焊接方法,将电接触元件瓣部14A和16A物理地粘合到加热元件12的电接触延伸部分12B。

[0034] 注意,参照图1和图2描述的加热元件和电触点仅是可通过根据本发明的实施例的激光焊接接合的部件的一个实例。不同类型的气溶胶供给系统中的这些部件的其他构造也可通过实施例方法接合,并且该方法的实施例也可应用于接合其他产品、系统和设备的部件。而且,虽然图1和图2的实例示出了在连接到加热元件之前安装到下支架上的电触点,但是该方法的实施例不限于此,可在将焊接部件组装到其他部件之前执行通过激光焊接来进行的连接或接合。

[0035] 如以上讨论的,该实例的加热元件由烧结金属纤维材料形成,并且通常是片材的形式。可以想到此类型的材料是网或不规则格栅,并且通过将间隔开的金属纤维或绞线的随机对准的布置或排列烧结在一起形成。可使用单层纤维,或若干层,例如直到五层。作为一个实例,金属纤维可具有8微米的直径,布置为实现厚度0.16mm的片材,并且隔开以产生200至250g/m<sup>2</sup>的材料密度和84%的孔隙率。此材料结构(包括随机布置的金属纤维,在其之间具有空隙)的目的是提供一种多孔金属材料,其中流体(液体和气体)能够进入空隙,沿着空隙流动并流过空隙。在气溶胶供给系统加热元件的情景中,多孔结构能够通过毛细管作用吸取源液,并且当电流通过加热元件时使其与加热的金属直接接触。然而,对于此特定应用,可使用其他多孔导电材料。本发明的焊接方法可应用于其他多孔金属结构,不仅仅是烧结的网。例如,由金属纤维编织或编结的片材是类似多孔的。褶皱或折叠的金属片,或者具有通过模制、机械钻孔或穿孔或激光钻孔而在其中产生的孔的实心金属块,在一些用途中可能适当地是多孔的。在本申请的上下文中,多孔金属材料或结构意味着由一种或多种金属制成并且在其中具有毫米、微米或更小尺寸级的孔、通道或空隙的规则的、不规则的或随机的网或排列的物品、部件或元件,其中,流体可流过这些孔、通道或空隙。例如,多孔金属材料或结构可具有66%或更大的孔隙率,或者70%或更大的孔隙率,或者75%或更大的孔隙率,或者80%或更大的孔隙率,或者85%或更大的孔隙率,或者86%或更大的孔隙率。在这些实例中,孔隙率基本上是84%。该材料可由金属纤维或金属绞线制成,或者可不由金属纤维或金属绞线制成。而且,可使用任何金属,取决于其预期用途的性质。对于由金属纤

维或绞线制成的多孔材料,该材料可只包括一种金属的纤维,或者任何比例的两种或更多种金属的纤维。作为一个实例,在用于气溶胶供给系统的加热元件中,金属可以是不锈钢,例如不锈钢301。其他金属包括其他不锈钢、非不锈钢、铁、铜、钨、铝、黄铜和其他合金,或者任何其他金属(元件、化合物或合金)。

[0036] 相反,将焊接到图1和图2的实例中的加热元件的电触点由实心金属制成,其不具有多孔金属材料的空隙结构,因此不具有明显的孔隙率。例如,实心金属可具有10%或更小的孔隙率,或者7.5%或更小的孔隙率,或者5%或更小的孔隙率,或者2.5%或更小的孔隙率,或者1%或更小的孔隙率,或者0.5%或更小的孔隙率,或者0.25%或更小的孔隙率。而且,实心金属部件可能比多孔金属部件更密实,即,其具有更高的密度。本发明的实施例提出,激光焊接用来使实心金属部件熔融或粘合到多孔金属部件,从而在这种部件之间提供电连接和/或机械连接,不需要焊料焊接也不需要相关的焊剂应用。根据其预期用途,实心部件还可以是任何金属。作为一个实例,在气溶胶供给系统中,用于连接到加热元件的电触点可由不锈钢制成,例如不锈钢316L。其他金属包括其他不锈钢、非不锈钢、铁、铜、钨、铝、黄铜和其他合金,或者镀有铝的不锈钢,或者任何其他金属或金属的组合(元件、化合物、合金,或者电镀或层压的构造)。

[0037] 对于实心金属部件和多孔金属部件,术语“部件”旨在覆盖任何由指定的实心金属或多孔金属制成的物品或元件,无论其是否为更大的物品或产品的一部分的最终形式,也无论其是否将用在更大的物品或产品内。图1和图2的气溶胶输送系统仅是可使用本发明的实施例的产品的一个实例;本发明不限于此。

[0038] 图3示出了根据该方法的一个实施例的方法中的步骤的流程图。

[0039] 在第一步骤S1中,选择实心金属部件和多孔金属部件,其中,希望将两个部件固定在一起,例如为了电连接、机械粘合,或这两者的目的。例如,部件可具有如上所述的材料和结构。

[0040] 在第二步骤S2中,将实心金属部件和多孔金属部件放在相应的预期位置中,彼此接触。形成接触的区域可认为是界面区域,该界面位于两个部件的表面之间。根据部件的尺寸及其在任何最终装置内的布置,界面区域可以是一个或两个部件的接触表面的表面积的整个尺寸或者比其小。例如,在图1和图2的构造中,界面区域是电触点的面积的大部分或全部,但仅是加热元件的面积的一小部分。在其他实例中,两个部件可重叠布置地定位,使得界面区域比两个表面积都小,或者部件可具有类似尺寸的接触表面,使得界面区域包括两个表面积的大部分或全部。

[0041] 可通过临时夹紧或保持装置将部件保持在接触位置,将其在焊接之后从临时夹紧或保持装置释放。或者,两个部件可组装到更大的装置或产品内的其预期最终位置中,然后焊接在一起,和图1及图2的实例中一样。保持在准备好焊接的位置中的正确定位的部件可认为是工件。

[0042] 在第三步骤S3中,将来自激光器的光束引导到实心金属部件的外(近)表面上,其与界面区域相对且基本上正交。换句话说,将激光束引导到两个金属部件的更高密度的部件上。可使激光束聚焦,焦点基本上在实心金属部件的近表面处,即,与界面区域中的接触表面相对的表面。根据实心金属部件的厚度、待输送的能量的量,以及待焊接的区域的尺寸,焦点可替代地布置在近表面的上方或下方。激光束可经由光纤输送,或者经由一

个或多个透镜输送,或者经由这二者的组合输送。光纤和/或透镜可安装在专用光束输送头中,其构造为精确定位到工件(适当布置的部件)上方或附近的所需位置。适合于在激光焊接中使用的激光器的实例包括固态激光器,例如红宝石激光器和Nd:YAG激光器,以及气体激光器,例如氦激光器、氮激光器和一氧化碳激光器。

[0043] 在第四步骤S4中,将来自激光束的能量输送到界面区域中的焊接位置。这通过能量吸收和热传递来实现。引导到实心金属部件近表面上的激光束将能量输送到金属。能量由金属吸收;这导致金属的加热。激光束的功率和波长及金属的类型将决定激光束可进入金属多远,并且直接能量吸收和来自已经吸收能量的相邻区域的热传递的组合,将在界面区域中的实心金属部件的一个或多个部分中产生加热,并且导致金属熔融。实心金属部件相对于激光穿透深度的厚度还对如何实现界面区域处的加热起作用。技术人员将理解,考虑金属的热特性及其散热能力,调节激光功率和波长及部件厚度以实现所需熔融。一些加热和熔融也可能出现在多孔金属结构中。

[0044] 在第五步骤S5中,来自实心部件的熔融的或熔融的金属能够从界面区域中的实心部件的表面向外流动。如果激光束和工件沿着基本上竖直的轴线布置,那么这将增强,其中,激光束基本上向下引导到实心金属部件上,部件布置为两个水平层。因此,重力帮助熔融金属从表面流出。然而,此构造不是必须的。熔融金属能够通过进入多孔结构中的空隙而流入相邻的多孔金属部件,从而淹没、包含或以其他方式包围附近的纤维、绞线或多孔结构的其他部分。

[0045] 在第六步骤S6中,一旦已经输送所需量的能量,便关闭(或者阻挡,或者从工件转移)激光束。这在下面进一步讨论。

[0046] 在最终步骤S7中,一旦从工件移除能量源(激光束),熔融金属便能够冷却并固化。由于其已经流入多孔金属部件的空隙,所以当其冷却时其留在那里,使得一旦其回到其固态,多孔金属部件的绞线便嵌在实心金属内并一体地结合到实心金属中。这在两个部件之间提供机械连接或粘合,并且焊接点是完整的。

[0047] 虽然不希望受理论限制,但是人们相信,熔融金属趋向于在加热区域内的单独部分或“节点”区域中流动,并且每个节点在多孔结构中的一组金属纤维绞线周围形成为熔核(nugget)或结节(nodule)(绞线也可能经历一定程度的熔融或软化)。产生的焊接结构可设想为针垫(pincushion)(节点或熔核)中的针(绞线或纤维)。换句话说,熔融金属流入与所述的空隙相邻的多孔金属的绞线或其他金属结构之间的空隙中,并且包围或淹没多孔金属部件的那些部分。通常,将产生许多节点。可通过调节激光功率和激光束输送时间来调整每个焊接点的节点的量和每个节点的绞线的比例;这在下面进一步讨论。焊接点的机械强度及其电阻都取决于节点和绞线比例及构造,因此可根据其目的(物理粘合、电连接,或者这两者)来调整焊接点以获得良好的性能。

[0048] 图4示出了用于执行图3的方法的设备的示意图。示意图并不是按比例绘制的。在图4的(A)中,实心金属部件30布置为与多孔金属部件32接触,多孔金属部件32包括多个金属绞线,例如烧结在一起。实心金属部件30(在所示方向上)具有上表面或近表面30a,以及布置为与多孔金属部件的表面32a接触的相对的下表面30b。这两个接触表面包括界面区域34,其在此实例中对应于实心金属部件30的下表面30b的整个表面积和多孔金属部件32的上表面32a的表面积的一部分。将在界面区域34中产生焊接点以粘合这两个部件。

[0049] 在图4的(B)中,激光器38产生激光束36,其通过透镜(或多个透镜)42形成焦点40。焦点40布置在实心金属部件的近表面30a上。

[0050] 在图4的(C)中,已经通过激光束36将足够的能量输送到实心金属部件30,以导致穿过实心金属部件(用阴影区域指示)加热,从而导致界面区域中的实心金属熔融。熔融金属已经在多孔金属部件32的一些绞线44周围流动,并形成结节46。

[0051] 在图4的(D)中,已经移除激光束36,并且已经冷却并固化实心金属部件30的熔融部分。因此,结节46现在是实心金属,并且已经嵌入多孔金属部件32的多个绞线44的部分内。因此,通过此粘合将两个部件30、32固定或熔合在一起,这在部件是金属且导电的地方提供物理连接、机械连接及电连接。

[0052] 可通过使用不同的激光功率输送方案或方式来修改结节和嵌入其中的绞线或纤维的构造。

[0053] 图5示出了根据本发明的一个实施例焊接的第一实例工件的横截面图示(不是按比例的)。实心金属部件30在焊接处理过程中已经熔融,并且已经流动以形成两个节点或结节46。每个结节由包含在多孔金属部件32内的多个金属纤维(标号44所示)穿透,因此那些金属纤维一体地结合到实心金属部件30的材料中。为了例证的目的,该多个金属纤维在此实例中用7-8个绞线44代表。至少一部分金属纤维延伸通过结节46的侧面,其部分长度在结节内(并通过周围的固化金属固定),并且其部分长度在结节外,并形成多孔金属部件的多孔结构。一些金属纤维(标号44所示)可能完全位于结节46内。在一个真实实例中,可形成更多结节,每个结节具有更多或更少的绞线。然而,注意,该多个结节可由使用单激光束的单焊接点作用形成;每个焊接点作用或光束曝光不是只有一个结节。焊接点的机械强度(例如,通过剥离试验评估,在剥离试验中测量剥离焊接部件所需的力)将随着结节的数量和每个结节的绞线的数量而变化。而且,电阻将随着这些结构因素而变化。在一些应用中,电阻将是特别关注的,例如,可能发现,提供高强度的非常牢固的焊接点也将具有对于特定应用(特别是要记住电路中可能包括两个焊接点,例如图1和图2中的电加热元件)来说过高的电阻。焊接方式的修改可改变结构以减小电阻,以与适当的机械强度平衡。

[0054] 图6示出了根据本发明的第二实施例焊接的第二实例工件的横截面图示(不是按比例的)。在此实例中,与图5的实例相比,已经使用更低的激光功率;其他参数是相同的。此方法产生增加数量的结节46(在此实例中示出了四个),但是每个结节具有减小数量的绞线44(2-3个,如图所示),或者,相反,每个绞线具有增加数量的结节。这些数量仅是说明性的,并且并非必须代表现实生活的实例;然而,减小的激光功率可用来这样修改焊接点结构。与图5的实例相比,此不同的结构趋向于具有减小的电阻,并且因为形成更多的结节所以也可具有类似的或增加的机械强度,即使焊接点上包括的绞线的总数可能更少。

#### [0055] 实验结果

[0056] 在测试中,已经执行一定量的焊接。在这些实验中,实心金属部件是电触点(例如图1和图2所示),由不锈钢301制成并具有0.2mm的厚度。多孔金属部件是具有0.16mm的厚度的加热元件(例如图1和图2所示),并且由不锈钢316L制成,包括随机对准的烧结在一起的8 $\mu\text{m}$ 直径的金属纤维,以得到200-250g/ $\text{m}^2$ 的材料密度和84%的孔隙率。

[0057] 所使用的激光器是由Amada Miyachi制造的ML-2450A激光器;这是一种Nd:YAG激光器,因此在1064nm的波长下操作。将光束聚焦到400 $\mu\text{m}$ 的焦点尺寸,此焦点位于实心金属

部件的近表面上。可使用其他焦点尺寸,例如参考焊接区域的预期尺寸,例如在400 $\mu\text{m}$ 和600 $\mu\text{m}$ 之间。为了影响焊接点,在随着焊接时间改变输出功率的方案下操作激光器。

[0058] 图7示出了举例说明激光器在焊接过程上的输出功率的图。在以时间 $t_0$ 开始并在时段 $\Delta t_1$ 上延伸到时间 $t_1$ 的初始启动时段(打开时间)的过程中,输出功率从零升高到100%。全100%的输出功率(激光功率设置)的值在各实验之间变化。假设线性斜率。于是,在从 $t_1$ 延伸到 $t_2$ 的时段 $\Delta t_2$ 上,激光器以100%的功率操作。最后,在时间 $t_2$ 开始,输出功率减小到50%,并且激光器操作另一时段 $\Delta t_3$ ,在时间 $t_3$ 结束。 $\Delta t_1$ 、 $\Delta t_2$ 和 $\Delta t_3$ 的持续时间,以及总焊接时间 $\Delta t_1+\Delta t_2+\Delta t_3$ 在各实验之间变化。

[0059] 表1示出了30次实验之后的功率方案,包括输送到每个工件的能量的总量。能量的量的计算采用连续波激光器操作。

实验	功率设定 (kW)	$\Delta t_1$ (ms)	$\Delta t_2$ (ms)	$\Delta t_3$ (ms)	能量 (J)
----	-----------	-------------------	-------------------	-------------------	--------

[0060]	1	1.4	1	1	2.8
	2	1.6	1	1	3.2

3	1.8	1	1	1	3.6
4	1.6	1	1	2	4.0
5	1.6	1	1	2	4.0
6	1.4	1	1	3	4.2
7	1.3	1	1	4	4.55
8	1.8	1	1	2	4.5
9	1.2	1	1	5	4.8
10	1.4	1	1	4	4.9
[0061]	11	1.4	1	4	4.9
	12	1.2	1	6	5.4
	13	1.2	1	6	5.4
	14	1.5	1	4	5.25
	15	1.4	1	5	5.6
	16	1.5	1	5	6.0
	17	1.4	1	6	6.3
	18	1.4	1	6	6.3

19	1.4	1	1	6	6.3
20	1.2	1	1	8	6.6
21	1.2	1	1	8	6.6
22	1.6	1	1	6	7.2
23	1.6	1	1	6	7.2
24	1.4	1	1	8	7.7
[0062]	25	1.6	1	2	5
	26	1.6	2	2	4
	27	1.8	1	2	5
	28	1.8	2	2	4
	29	2	1	2	5
	30	2	2	2	4
					10.0
					10.0

[0063] 表1

[0064] 根据焊接点的机械强度、者剥离强度、以及焊接点的电阻来测试并表征产生的焊接件。将剥离强度表征为差(表明没有粘合)、好或者非常好(或者不可用,N/A,如果未测试)。将电阻表征为高(超过20毫欧)、中(中,10-20毫欧)或者低(小于10毫欧)。在表2中示出了结果,包括也在图1中示出的能量。

实验	剥离强度	电阻 (毫欧)	能量 (J)
1	N/A	高	2.8
2	N/A	中	3.2
3	N/A	中	3.6
4	差	高	4.0
5	差	高	4.0
6	差	高	4.2
[0065]	7	高	4.55
8	好	高	4.5
9	好	中	4.8
10	好	中	4.9
11	非常好	低	4.9
12	差	高	5.4
13	差	高	5.4
14	好	中	5.25

15	非常好	低	5.6	
16	差	中	6.0	
17	好	中	6.3	
18	好	低	6.3	
19	好	低	6.3	
20	非常好	低	6.6	
21	非常好	低	6.6	
[0066]	22	好	中	7.2
	23	好	中	7.2
	24	非常好	中	7.7
	25	N/A	高	8.0
	26	N/A	高	8.0
	27	N/A	高	9.0
	28	N/A	高	9.0
	29	N/A	高	10.0
[0067]	30	N/A	高	10.0
[0068]	表2			

[0069] 从这些结果中,可以看到,存在具有输送较低量的能量(数量较小的实验)且结果整体较差的方案,其焊接点的机械强度较差,并且其具有高电阻。相比之下,在其中输送较大量的能量的以较大量编号的实验的方案中,对于一些应用也具有较差的结果。机械粘合

的强度可能提高了,但是电阻仍然较高。输送更中等量的能量的中间方案得到特别有用的结果,其机械强度良好或者非常好,并且电阻较低或者中等。

[0070] 考虑针对于此特定实例工件的附图,可能注意到,当使用如图7所示的方案的方案来输送时,超过4.5J但是不超过8.0J的能量的总量获得了有用的结果。更具体地,大约6.0J和7.0J之间的能量输送在良好的剥离强度和低电阻方面得到特别好的结果。

[0071] 更详细地看这些结果,注意,从中等能量输送产生的最有用的结果对应于其中 $\Delta t_3$ 的持续时间明显超过 $\Delta t_2$ 的持续时间的激光操作方式。换句话说,使用减小的功率级的时间是使用全功率级或较高功率级的时间的若干倍(较高的功率可以是或者可以不是激光器能够具有的全部操作功率)。表1和表2的顶部和底部的实验结果中, $\Delta t_3$ 与 $\Delta t_2$ 相同或者仅比 $\Delta t_2$ 长2倍或2.5倍,其在低剥离强度和/或高电阻方面得到更差的结果。相反,来自表1和表2的中间部分的结果对应于更好的结果。在 $\Delta t_2$ 的过程中输送初始量的全功率下的能量,以开始加热和熔融,然后在更长的时间尺度 $\Delta t_3$ 上输送减小的量的能量,以维持热量传播和熔融条件,并且使结节有时间形成,而不提供过大的量的能量,过大量的能量可能损坏任一部件或导致过多熔融。从这些结果中, $\Delta t_2$ 与 $\Delta t_3$ 的比例大于或等于1:3或者大于或等于1:4的方案可认为是有用的。而且,即使在低功率下输送过多能量也可能是有破坏性的,因此也可能考虑上限,例如1:4和1:8之间或者1:3和1:8之间的比例(从实验数据中,这些范围中的后一种比例是最高的)。在此范围内,较高的比例对应于表2中的更好的结果,因此在一些实施例中,可能将该比例设置为在1:6和1:8之间的范围内。

[0072] 在其他实验中,已经发现大得多的比例可产生良好的结果。在一些实验中,高功率级在1.2kW和1.4kW的范围内。可在0.1ms和0.2ms之间输送例如此功率级的高功率级,然后可在进一步的4ms到8ms的时间内输送低功率级,例如高功率级的50%。输送比高功率时间长20或40或80倍的低功率。因此,在一些情况下, $\Delta t_2$ 与 $\Delta t_3$ 的比例可以是1:20或者更高,或者1:40或者更高,或者1:80或者更高,或者在1:20到1:80的范围内,或者在1:20到1:40的范围内,或者在1:40到1:80的范围内。还可能使用这些值之间的比例和以上讨论的更小的比例,例如,在1:10到1:15的范围内。

[0073] 因此,总的来说,可以1:3到1:80的范围内的 $\Delta t_2$ 与 $\Delta t_3$ 的比例来实现焊接方法,尽管如此,这不是限制性的。

[0074] 这些实验在 $\Delta t_3$ 的过程中使用减小的功率,其是 $\Delta t_2$ 中的全功率的50%。然而,对于其他减小的功率级,也可获得有用的结果,例如在具有30%或35%或40%或45%的下限和55%或60%或65%或70%的上限的范围内。而且,可能省略减小的功率级,使得在 $\Delta t_3$ 的过程中应用全功率,或者至少与 $\Delta t_2$ 的过程中相同的功率。仍将实现焊接点。注意,“全功率”和100%功率并非必须意味着激光器能够产生的总功率,而是其意味着在 $\Delta t_2$ 时段的过程中使用的功率级,是在 $\Delta t_1$ 时段的过程中上升到的操作功率。根据所使用的激光器的类型,任何上升时段可能是或多或少地明显的,或者可使用遮蔽系统来在打开阶段的过程中屏蔽工件,从而从能量输送方式中消除上升。对于对应于优选结果的实验实例,上升时段 $\Delta t_1$ 的持续时间与上升时段 $\Delta t_2$ 相同;然而,这并不是必需的。

[0075] 从实验结果中还可观察到,全功率级时间段过程中不超过1.8kW的功率级给出良好的结果。发现1.8kW及以上的功率级趋向于得到更差的焊接点,特别是在高电阻率方面。而且,非常低的功率级需要更长的焊接时间,低于阈值将不会产生足够的加热以导致所需

程度的熔融。1kW到小于1.8kW的范围内的100%的功率级被认为是特别有用的。也可使用1.2kW到1.6kW的范围内的全功率级,或者1.2kW到1.4kW的范围内的全功率级。回想图6的实例所示的结构,其中减小的功率产生更多结节,每个结节具有更少的纤维,这可通过1.5kW及以下的全功率级来实现,例如,1.0kW和1.5kW之间。如技术人员将认识到的,应根据金属的类型、激光波长和实心金属部件厚度来调整功率级。因此,本发明的实施例不限于以上引用的功率级;这些仅是实例。

[0076] 对于这些实验,回想实心金属部件具有0.2mm的厚度,多孔金属部件具有0.16mm的厚度。明显地,具有比0.2mm大许多倍的厚度的实心金属部件将在以上讨论的功率和能量范围下抑制成功焊接,因为将从界面区域的远处吸收激光束,并且热传播可能不足以熔融界面区域中的金属。然而,预期将使用以上讨论的方式来成功地焊接具有0.05mm到0.5mm的范围内的厚度的实心金属部件,例如0.05mm到0.5mm、0.05mm到0.45mm、0.05mm到0.4mm、0.05mm到0.35mm、0.05mm到0.3mm、0.05mm到0.25mm、0.1mm到0.5mm、0.1mm到0.45mm、0.1mm到0.4mm、0.1mm到0.35mm、0.1mm到0.3mm、0.1mm到0.25mm、0.15mm到0.5mm、0.15mm到0.45mm、0.15mm到0.4mm、0.15mm到0.35mm、0.15mm到0.3mm,或者0.15mm到0.25mm。多孔金属部件的厚度被认为是较不重要的,因为激光和热能不用必须通过此层以形成焊接。相反,可能是对多孔金属部件的薄度更关注的情况,因为如果其非常薄,那么焊接也可导致工件至少部分粘合到多孔金属部件下方的任何附加部件,即,与入射激光束相对的部件。例如,这可能源于穿过多孔部件的整个厚度的结节中的熔融金属,或者源于多孔金属部件中的金属绞线的熔融或软化,或者源于附加部件的材料的熔融或软化。任何这种粘合都可以是或不是所考虑的,并且在一些情况中可能是有利的。其可通过在焊接过程中分开地保持工件来解决,而不是在焊接之前将多孔金属部件与位于其下方的其他部件组装。然而,在所关注的本实例中,多孔金属部件可能具有以下范围内的厚度,例如,0.15mm到0.17mm、0.14mm到0.18mm、0.13mm到0.19mm或者0.12mm到0.2mm、0.1mm到0.22mm或者0.08mm到0.24mm。

[0077] 对于需要焊接来提供电连接的应用,低电阻率是感兴趣的。本发明的实施例能够实现10毫欧或更小的电阻。在一些装置中,10毫欧和20毫欧之间的电阻值可能是所关注的。

[0078] 在任何焊接处理过程中,包括激光焊接,希望避免在焊接接头中形成气穴。在激光焊接中这可通过在焊接过程中施加压缩来解决。在本案中,由于多孔金属部件的存在而应小心使用压缩。过大压缩可能永久地挤压并由此损坏多孔材料的结构,减小其孔隙率,增加密度,并可能使其不适合于其预期目的。因此,发现当使用本发明的实施例时,需要消除气穴形成,可施加0.1N和5.0N之间的力下的压缩。可能发现不需要压缩,即,0N的力。总体来说,在应用激光束以形成焊接的过程中,可在界面区域上施加0N和5N之间(包含0N和5N)的压缩力。此大小的力适合于在本文描述的实验中使用的多孔金属部件的类型。如果多孔金属部件可承受更高的力,或者如果可能的结构损坏不太重要,那么可使用更大的力。

[0079] 为了增加金属在焊接处理过程中对激光能量的吸收,可消除任何反射性强的表面。例如,可从界面区域中的部件的表面移除任何反射性涂层或层,并且在界面区域中可不使用任何表面抛光。还可能使用具体减小反射率的表面处理。

[0080] 本文描述的各种实施例仅用来帮助理解和教导所要求的特征。将这些实施例仅提供为实施例的代表性样本,并且不是穷尽的和/或排他的。应理解,这些优点、实施例、实例、功能、特征、结构,和/或本文描述的其他方面并不被认为是对由权利要求定义的本发明的

范围的限制,或是对权利要求的等价物的限制,并且,在不脱离所要求的发明的范围的情况下,可使用其他实施例,并可进行修改。本发明的各种实施例可适当地包括、包含,或基本上包含所公开的元件、部件、特征、零件、步骤、装置等的适当组合,除了本文具体描述的那些以外。另外,本公开可包括其他目前未要求但是可能在未来要求保护的发明。

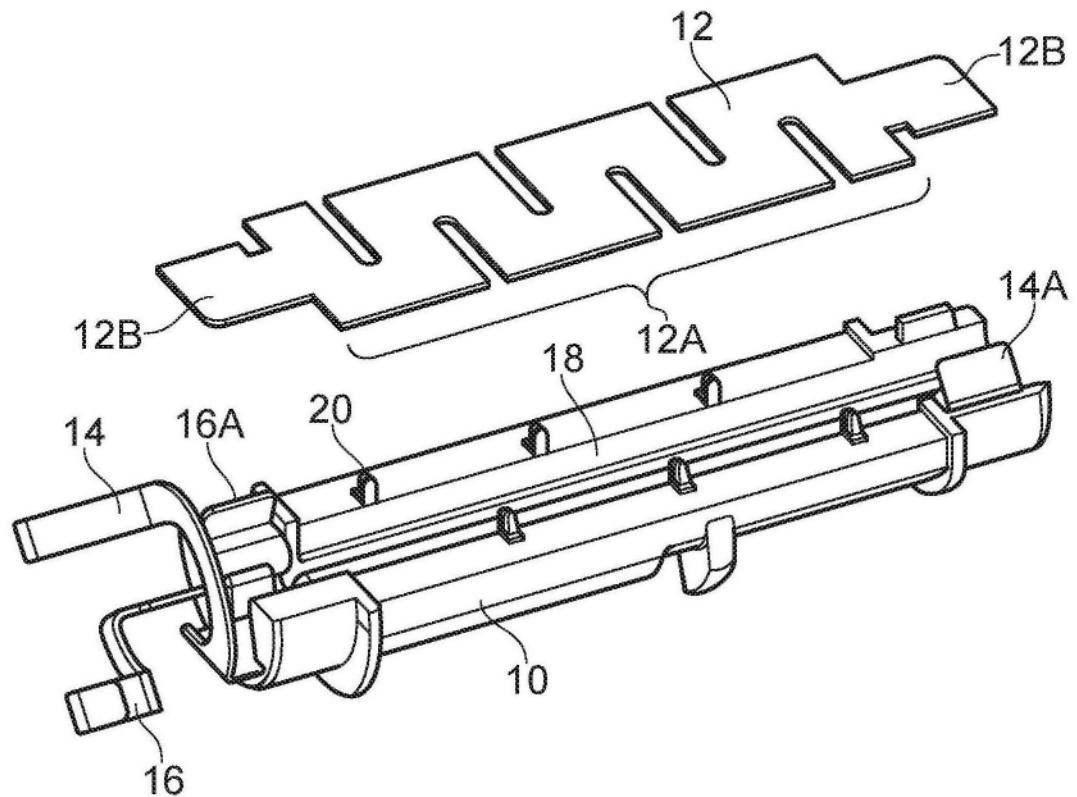


图1

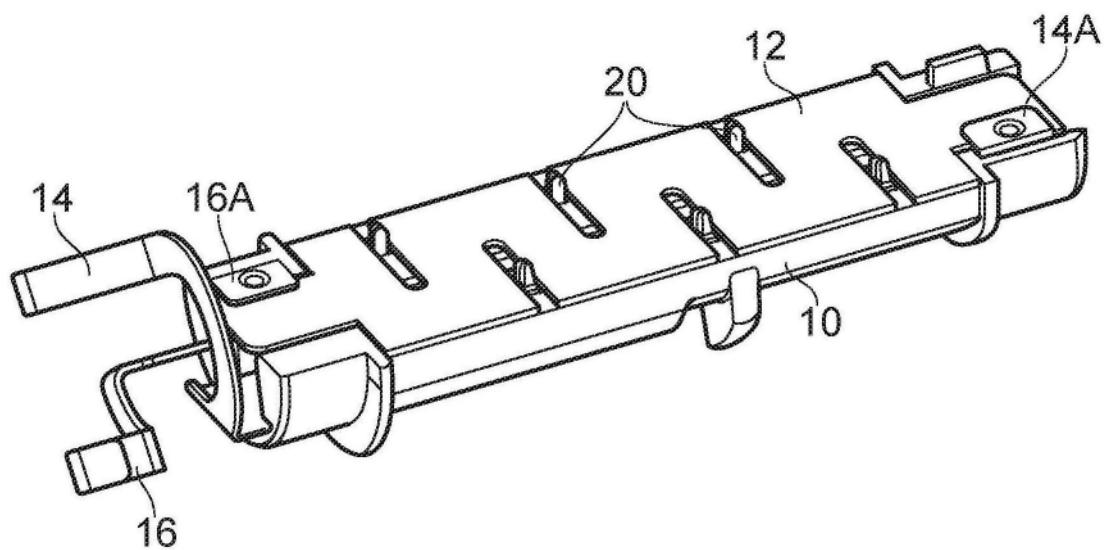


图2

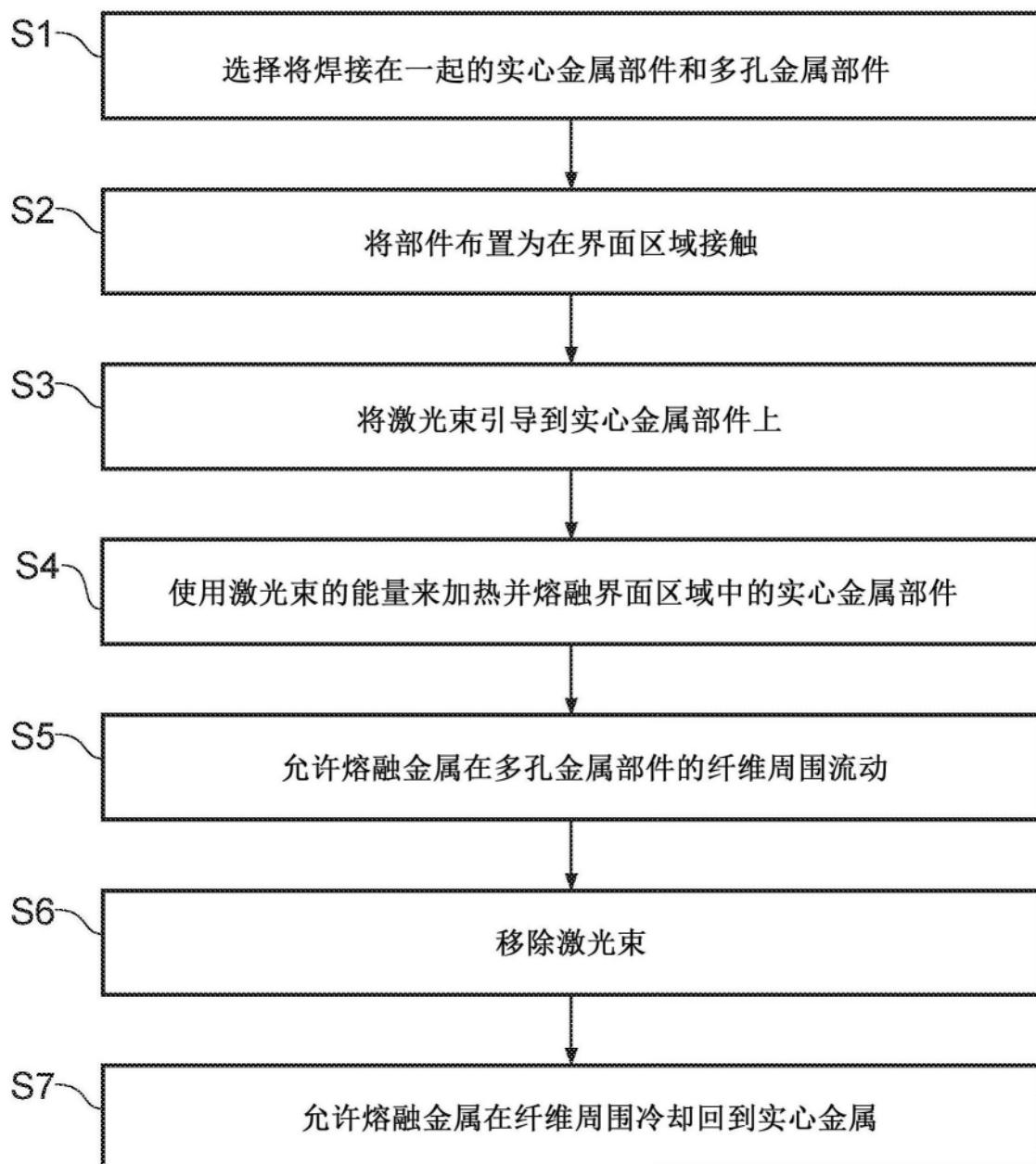


图3

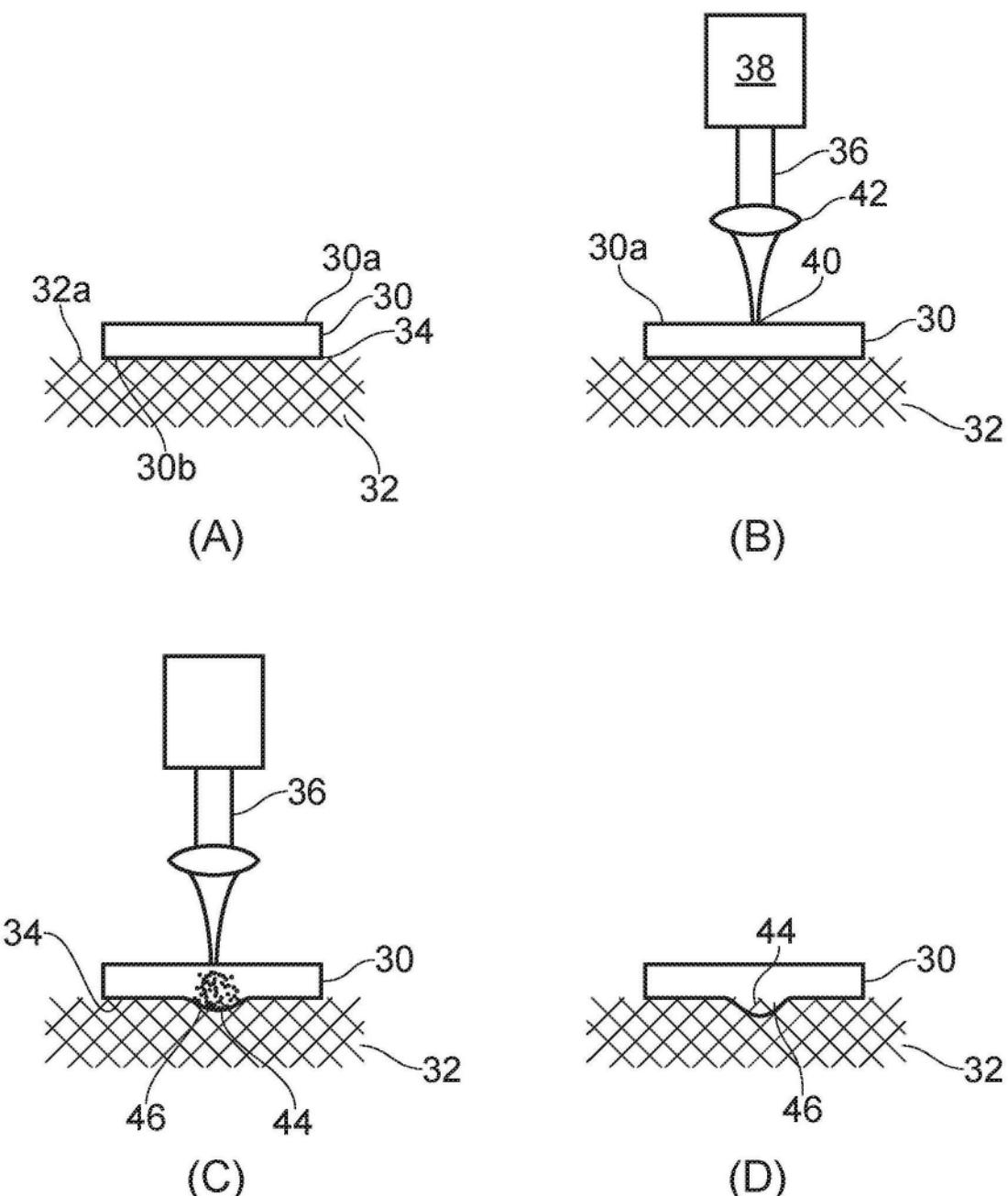


图4

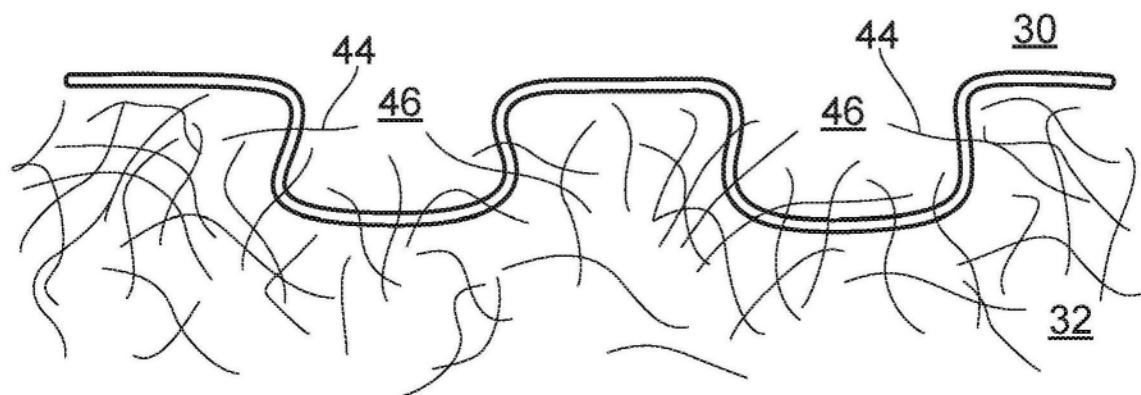


图5

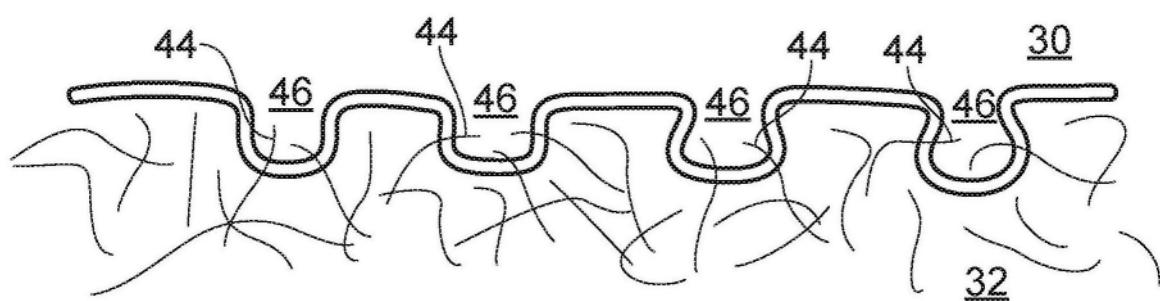


图6

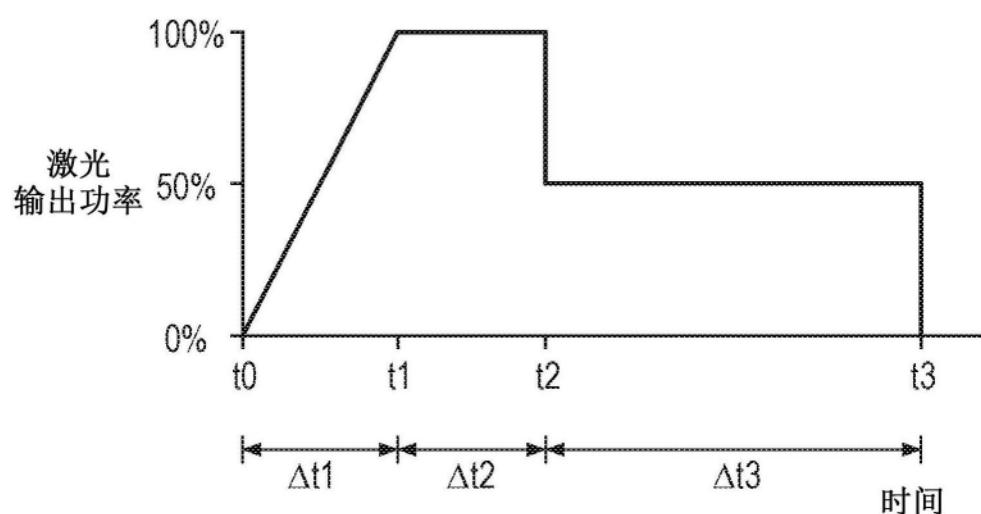


图7