



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111989187 B

(45) 授权公告日 2023.05.09

(21) 申请号 201980025469.1

(22) 申请日 2019.03.19

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111989187 A

(43) 申请公布日 2020.11.24

(30) 优先权数据
102018108824.8 2018.04.13 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.10.13

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2019/056839 2019.03.19

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/197119 DE 2019.10.17

(73) 专利权人 罗芬-西纳激光有限公司
地址 德国汉堡

(72) 发明人 O·福斯特 P·卡拉格
J·舒特勒

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038
专利代理师 俞海舟

(51) Int. Cl.
B23K 26/14 (2014.01)
B23K 26/24 (2014.01)

审查员 张红英

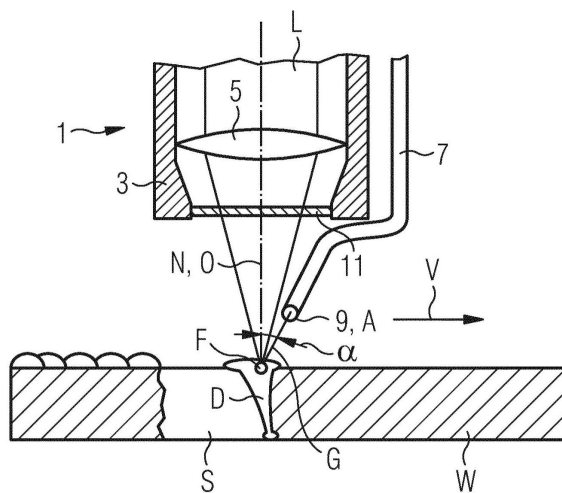
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

用于激光焊接的方法和设备

(57) 摘要

本发明涉及一种用于激光焊接工件(W)的方法,其中对准工件表面的激光束(L)具有这样的辐射强度,使得所述至少一个待焊接工件(W)的工件材料在激光焦点(F)区域中熔化,在激光焦点(F)区域中形成蒸汽毛细管(D),该蒸汽毛细管至少在部分区段上被液态熔池(S)包围。为了产生焊缝,使激光束(L)相对于工件表面在进给方向(V)上运动。根据本发明,熔池(S)为了在焊接过程中的稳定通过加载对准工件表面的气流(G)被施加机械负荷。本发明还涉及一种构造用于实施该方法的设备(1)。



1. 一种用于激光焊接工件(W)的方法,其中对准工件表面的激光束(L)具有这样的辐射强度,使得至少一个待焊接工件(W)的工件材料在激光焦点(F)的区域中熔化,在激光焦点(F)的区域中形成蒸汽毛细管(D),该蒸汽毛细管至少在部分区段上被液态熔池(S)包围,其中,为了产生焊缝,使激光束(L)相对于工件表面在进给方向(V)上运动,其中,熔池(S)为了在焊接过程中的稳定通过加载对准工件表面的气流(G)被施加机械负荷,其特征在于,为了产生焊缝,使激光束(L)相对于工件表面在进给方向(V)上以进给速度(v_w)运动,并且根据进给速度(v_w)这样调节对工件(W)加载的气流(G)的流体动力动压(p_d),使得流体动力动压(p_d)至少是与进给速度(v_w)成比例选择的参考动压(p_s)的一半并且最多是该参考动压的四倍,该参考动压通过关系式 $p_s = k * v_w$ 得出,其中比例因子(k)按国际单位制为 $k = 7.2 * 10^3 \frac{Pas}{m}$,所述气流对准围绕激光焦点(F)的区域,该区域的半径最大是提供气流(G)的喷嘴(9)的喷嘴喷口直径的两倍。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,以气体加载熔池(S)借助顺着进给方向(V)或逆着进给方向(V)定向的气流(G)进行,所述气流(G)的流动方向相对于配设给激光束(L)的光轴(O)以小于 35° 的角度(α)延伸。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,以气体加载熔池(S)借助顺着进给方向(V)定向的气流(G)进行,该气流相对于光轴(O)以小于 10° 的角度(α)延伸,和/或以气体加载熔池(S)借助逆着进给方向(V)定向的气流(G)进行,该气流相对于光轴(O)以小于 30° 的角度(α)延伸。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征在于,所述流体动力动压(p_d)由气体的密度(ρ)和流速(v_g)通过关系式 $p_d = \frac{1}{2} \rho * v_g^2$ 得出,其中流速(v_g)根据 $v_g = \frac{VS}{A}$ 由气流(G)的体积流量(VS)与由体积流量(VS)流经的流动横截面(A)的商得出。

5. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征在于,所述进给速度(v_w)大于5m/min。

6. 一种用于激光焊接的设备(1),其构造用于实施根据前述权利要求1至5中任一项所述的方法,该设备包括:

- 用于至少一个待焊接工件(W)的承载体、
- 用于产生对准工件表面的激光束(L)的激光源和激光光学器件(5)、
- 用于产生对准所述至少一个工件表面的气流(G)的气体供应装置(7),

至少激光光学器件(5)和承载体这样相对于彼此可运动地支承,使得激光束(L)至少能沿着工件表面的一个区段在进给方向(V)上被引导,其特征在于,所述气体供应装置(7)设计用于通过气体加载对在激光焦点(F)区域中形成的熔池(S)施加机械负荷,并且使所述气流对准围绕激光焦点(F)的区域,该区域的半径最大是提供气流(G)的喷嘴(9)的喷嘴喷口直径的两倍。

7. 根据权利要求6所述的设备(1),其特征在于,用于提供气流(G)的气体供应装置(7)具有至少一个顺着进给方向(V)或逆着进给方向(V)地对准工件表面的喷嘴(9),所述喷嘴(9)能相对于激光光学器件(5)的光轴(O)以小于 30° 的角度(α)定向。

8. 根据权利要求7所述的设备(1),其特征在于,顺着进给方向(V)定向的喷嘴(9)相对

于光轴(0)以小于 10° 的角度(α)定向,和/或逆着进给方向(V)定向的喷嘴(9)能相对于光轴(0)以小于 30° 的角度(α)定向。

9. 根据权利要求6所述的设备(1),其特征在于,所述气体供应装置(7)具有与激光光学器件(5)的光轴(0)能同轴定向的喷嘴(9)。

10. 根据权利要求9所述的设备(1),其特征在于,所述喷嘴(9)具有限定流动横截面(A)的喷嘴喷口表面,该喷嘴喷口表面与激光光学器件(5)的光轴(0)同轴设置。

11. 根据权利要求6至10中任一项所述的设备(1),其特征在于,设有控制单元,该控制单元具有在其中执行的控制程序,用于按照根据权利要求1至5中任一项所述的方法根据进给速度(v_w)自动调节气体供应装置(7)。

12. 根据权利要求6至10中任一项所述的设备(1),其特征在于,所述激光源具有至少3kW的激光功率。

13. 根据权利要求6至10中任一项所述的设备(1),其特征在于,所述激光源构造用于提供具有小于 $10\mu\text{m}$ 的波长的激光辐射(L)。

用于激光焊接的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于激光焊接的方法和设备。

[0002] 本发明尤其是涉及一种用于激光焊接工件的方法,其中,对准工件表面的激光束具有这样的辐射强度,使得所述至少一个待焊接工件的工件材料在激光焦点的区域中熔化。在激光焦点的区域中形成蒸汽毛细管,该蒸汽毛细管至少在部分区段上被液态熔池包围。为了产生焊缝,使激光焦点相对于工件表面在进给方向上运动。

[0003] 本发明还涉及一种用于激光焊接的设备,其包括用于至少一个待焊接工件的承载体、用于产生在激光焦点中对准工件表面的激光束的激光源和激光光学器件以及用于产生对准所述至少一个工件表面的气流的气体供应装置。至少激光光学器件和承载体这样相对于彼此可运动地支承,使得激光焦点至少可沿着所述至少一个工件表面的一个区段在进给方向上被引导。

背景技术

[0004] 激光焊接、即借助激光辐射焊接一个或多个尤其是金属的工件是常见的现有技术。为此通常将激光束对准或聚焦到工件表面上并使工件材料在激光焦点的区域中局部熔化。激光束通常具有很高的辐射强度,从而在激光焦点的区域中形成焊接或蒸汽毛细管(英文:“keyhole”),金属蒸汽从其中逸出。蒸汽毛细管至少在边缘侧被液态熔体包围。为了形成焊缝,使激光束相对于工件表面运动。

[0005] 在使用激光辐射进行焊接时,通常将惰性气体、如氦气(He)、氩气(Ar)或氮气(N₂)送入焊接毛细管的环境中,以排挤环境空气和尤其是空气中的氧气并因此防止焊缝氧化。为此通常用相对于工件表面成扁平角度定向的喷嘴引入惰性气体。喷嘴通常会产保护或惰性气体流,该气体流相对于工件表面以0°-30°的角度延伸。在激光束垂直于工件表面延伸的应用情况下,这因此相当于与激光束方向或激光光学器件的光轴方向成60°至90°角,所述激光光学器件将激光束聚焦到工件表面上或至少聚焦到工件表面附近的区域上。在任何情况下,这样设计气体供应装置,使得在熔池位置上不产生动压或仅产生小的动压。这通常是通过用于提供惰性气流的喷嘴的相应定向和尺寸来实现。目的是尽可能少地影响熔池。

[0006] 由于吸收特性随波长而不同,尤其是在光纤引导激光系统中会出现更多问题、如飞溅、气孔和相关的质量损失,这些问题会不利地影响所形成焊缝的品质。为了解决这些问题,已经提出许多不同的措施,它们例如基于改变工件表面上的强度分布——例如通过使用多个焦点、双斑点或类似措施。

[0007] 另一种操作方法原则上由Fabbro等人在“Nd-Yag CW激光焊接的诱导蒸汽羽流与熔池之间的动态耦合的实验研究”中(物理学杂志D:应用物理学,第39卷(2006年),第394-400页)提出。除了检查毛细管壁(英文:“keyhole wall”)的定向和大小(Ausdehnung)外,通过施加以约45°的角度撞击工件表面的惰性气体流可在非常低的进给速度下实现湍流熔池的稳定。

[0008] 然而,由Fabbro等人的“深穿透激光焊接的熔池和蒸汽毛细管特性分析”(物理学杂志D:应用物理学,第43卷(2010年),第445-501页)可知,在深熔焊过程中形成的熔池的流体动力特性在很大程度上取决于激光焦点相对于工件表面运动的进给速度。在至多5m/min的低进给速度范围内,存在所谓的“罗森塔尔”环境(Rosenthal-Regime),其特征是具有强烈表面波动的相对大的熔池。在其它范围中,尤其是进给速度或焊接速度较高时,流动条件受到其它物理效应的显著影响,由蒸汽毛细管与熔池形成的耦合系统的流体动力特性则已经与“罗森塔尔”环境有质的区别。

发明内容

[0009] 本发明的任务在于,提出用于改善借助激光焊接产生的焊缝的品质的措施,这些措施可在大范围的焊接或进给速度下使用。

[0010] 在方法方面,上述任务通过具有根据本发明的用于激光焊接的方法来解决。根据本发明的用于激光焊接工件的方法,其中对准工件表面的激光束具有这样的辐射强度,使得所述至少一个待焊接工件的工件材料在激光焦点的区域中熔化,在激光焦点的区域中形成蒸汽毛细管,该蒸汽毛细管至少在部分区段上被液态熔池包围,其中,为了产生焊缝,使激光束相对于工件表面在进给方向上运动,其中,熔池为了在焊接过程中的稳定通过加载对准工件表面的气流被施加机械负荷。根据本发明规定,为了产生焊缝,使激光束相对于工件表面在进给方向上以进给速度运动,并且根据进给速度这样调节对工件加载的气流的流体动力动压,使得流体动力动压至少是与进给速度成比例选择的参考动压的一半并且最多是该参考动压的四倍,该参考动压通过关系式 $p_s = k \cdot v_w$ 得出,其中比例因子按国际单位制为 $k = 7.2 * 10^3 \frac{Pas}{m}$,所述气流对准围绕激光焦点的区域,该区域的半径最大是提供气流的喷嘴的喷嘴喷口直径的两倍。

[0011] 在设备方面,上述任务通过根据本发明的用于激光焊接的设备来解决。根据本发明的用于激光焊接的设备构造用于实施根据本发明所述的方法,该设备包括:用于至少一个待焊接工件的承载体;用于产生对准工件表面的激光束的激光源和激光光学器件;用于产生对准所述至少一个工件表面的气流的气体供应装置,至少激光光学器件和承载体这样相对于彼此可运动地支承,使得激光束至少能沿着工件表面的一个区段在进给方向上被引导。根据本发明规定,所述气体供应装置设计用于通过气体加载对在激光焦点区域中形成的熔池施加机械负荷,并且使所述气流对准围绕激光焦点的区域,该区域的半径最大是提供气流的喷嘴的喷嘴喷口直径的两倍。

[0012] 在用于激光焊接工件的方法中,将激光束对准工件表面。激光束具有这样的辐射强度,使得所述至少一个待焊接工件的工件材料在激光焦点的区域中熔化。在激光焦点的区域中形成焊接或蒸汽毛细管(英文:“keyhole”),该蒸汽毛细管至少在部分区段上、尤其是在周缘上被液态熔池包围。为了产生焊缝,使激光焦点相对于工件表面在进给方向上运动。根据本发明,熔池为了在焊接过程中的稳定通过加载对准工件表面的气流被施加机械负荷。

[0013] 因此,本发明的核心是下述认识:熔池上的机械负荷、即在焊接过程中作用在熔池上的力以令人意想不到的方式促成了熔池的稳定。这尤其是减少了飞溅和气孔的形成以及

与此有关材料损失。所形成焊缝的品质因此可通过下述方式得到决定性改善,即,有别于常见教导,气体加载这样进行,使得向熔池施加不可忽略的力。在常见的焊接方法中,这样确定惰性或保护气体的流量和定向,使得尽管将氧气从激光焦点附近环境中排挤出,但同时避免了惰性气体对熔池的影响。

[0014] 尤其是当基本上沿光束轴线或配设给激光束的光轴方向进行气体加载时,实现对熔池施加机械负荷。根据焊接连接的接头类型,适宜的是以陡峭的角度对熔池加载,即例如沿不偏离或仅略微偏离在激光焦点位置上垂直于工件表面延伸的表面法线的方向。目的是实现不可忽略的力施加。

[0015] 加载工件的气体例如是保护或惰性气体、如稀有气体、尤其是氦气(He)或氩气(Ar)、或其它惰性气体、如氮气(N₂)。在其它应用领域中,尤其是如果焊缝无氧化问题或氧化问题无足轻重,则规定以压缩空气或氧气(O₂)加载熔池。

[0016] 在本说明书的范围中,激光焦点的位置或区域尤其是应理解为基本上包括激光束照射在材料表面上的区域。尤其是在激光焊接金属板时,通常将激光束聚焦在一个略微高于或低于工件表面的焦点上。在此情况下,在工件表面上存在会聚或发散的辐射场。换句话说,在本发明的范围内还包括这样的实施方式,在其中辐射场在与工件表面略微间隔开(尤其是几个金属板厚度)的焦点中具有最小的横截面大小。

[0017] 根据本发明,为了产生焊缝,使激光束相对于工件表面在进给方向上以进给速度运动并且根据进给速度这样调节加载工件的气流的流体动力动压,使得流体动力动压至少是与进给速度成比例选择的参考动压的一半并且最多是其四倍。参考动压根据进给速度 v_w 通过关系式 $p_s = k * v_w$ 得出,其中比例因子 k 按国际单位制为 $k = 7.2 * 10^3 \frac{Pas}{m}$ 。换句话

说,以帕斯卡(Pascal)为单位的参考动压 p_s 是以m/min(米/分钟)为单位的进给速度 v_w 的120倍。借助如此确定大小的气流可在许多不同的应用情况下稳定熔池。

[0018] 在一种实施方式中,以气体加载熔池借助顺着进给方向或逆着进给方向定向的气流进行。所供应气流的流动方向相对于配设给激光束的光轴以小于35°的角度延伸。因此,在此方面上尤其是建议,提供气流的喷嘴相对于工件表面尤其是相对较陡地倾斜,以便施加朝向熔池表面定向的力。

[0019] 配设给激光束的光轴尤其是由聚焦激光束的激光光学器件的几何结构定义。

[0020] 在一种实施方式中,以气体加载熔池借助顺着进给方向定向的气流进行,该气流相对于光轴以小于10°的角度延伸。在一种可能的应用中,当激光束相应地垂直于待焊接工件的表面定向时,气流的流动方向以最多10°的小角度“刺入”地顺着进给方向定向。

[0021] 替代或附加地,以气体加载熔池借助逆着进给方向定向的气流、即“拖曳”地进行。逆着进给方向进行的“拖曳”加载相对于配设给激光束的光轴优选以小于30°的角度进行。

[0022] 在一种扩展方案中,借助至少一个顺着进给方向定向的气流和至少另一个逆着进给方向定向的气流同时以气体加载熔池。在此情况下,尤其是规定,气体供应装置具有至少两个用于提供气流的喷嘴,所述喷嘴相应地顺着进给方向或逆着进给方向定向。

[0023] 在一种实施方式中,基本上沿激光束或光轴方向以气体加载工件表面。尤其是在激光束垂直于工件表面定向时,以气体加载熔池因此垂直于工件表面、即沿激光焦点位置上的表面法线的方向进行。

[0024] 在一种实施方式中,激光束至少近似垂直于工件表面、即沿激光焦点位置上的表面法线的方向定向。在此情况下,激光束优选以相对于在激光焦点位置上的表面法线偏离小于 5° 的光束方向对准工件表面。

[0025] 与此不同,例如在形成角焊缝的情况下,激光束也可以更大的角度相对于工件表面倾斜。

[0026] 在一种实施方式中,以气体加载工件表面与激光束的光束方向同轴地进行。对于这种实施方式尤其是规定,使用用于激光焊接的装置,其气体供应装置定义的流动方向与激光光学器件的光轴同轴延伸,该激光光学器件使激光束沿光束方向对准工件表面。这种实施方式以有利的方式具有一定的方向独立性,因为尤其是在待形成焊接具有顺着或逆着进给方向的非线性延伸时无需复杂地重新定向提供气流的喷嘴。

[0027] 根据本发明,气流对准工件表面上围绕激光焦点的区域,该区域的半径最大是提供气流的喷嘴的喷嘴喷口直径的两倍。换句话说,气流有针对性地对准工件表面的有限区域,在其中存在包含液态熔体的熔池,以便尤其是在其表面上施加力。气流有针对性地对准围绕激光焦点的区域确保与气流的相互作用不仅仅限于可能在蒸汽毛细管区域中形成的等离子羽流(Plasmafahne)的偏转。气流积聚在熔池区域中或在那里形成明显的滞流点。

[0028] 在一种实施方式中规定,气流具有尤其是根据气体供应装置的流动横截面适合地调整的体积流量。流动横截面例如受到提供气流的喷嘴的喷嘴喷口直径的限制。通常这样确定穿流流动横截面的气流的大小,使得一方面在熔池上施加不可忽略的力,另一方面至少在很大程度上避免将材料排出熔池。

[0029] 在一种实施方式中气流的大小设计在下面的假设下实现:流体动力动压 p_d 由气体的密度 ρ 和流速 v_g 通过关系式 $p_d = \frac{1}{2} \rho * v_g^2$ 得出。此外,在一种实施方式中假设,流速 v_g

根据 $v_g = \frac{VS}{A}$ 由气流的体积流量VS与由体积流量VS流经的流动横截面A的商得出。流动横截面例如由喷嘴的尤其是可调节的喷嘴喷口的尺寸或被气流流经的节流阀或限流阀(Reduzierung)的尤其是可调节的流出口的尺寸决定。

[0030] 在一种实施方式中,进给速度大于5m/min、尤其是至少6m/min。上述措施特别适合于改进焊接过程,在其中熔池没有表征所谓的罗森塔尔环境的流体动力特性。

[0031] 用于激光焊接的设备构造用于实施上述方法。用于激光焊接、尤其是深熔焊的设备包括用于至少一个待焊接工件的承载体、用于产生对准工件表面的激光束的激光源(尤其是光纤引导激光器、气体激光器、固态激光器或光纤激光器)和激光光学器件,以及用于产生对准所述至少一个工件表面的气流的气体供给装置,其尤其是具有一个或多个喷嘴。至少激光光学器件和承载体这样相对于彼此可运动地支承,使得激光束至少可沿着工件表面的一个区段在进给方向上被引导。根据本发明,所述气体供应装置设计用于通过气体加载对在激光焦点的区域中形成的熔池施加机械负荷。可以从上面涉及用于激光焊接的相应方法的说明中直接得出对焊接过程的相关有利效果,因此可参考上述说明。

[0032] 在一种实施方式中,用于提供气流的气体供应装置具有至少一个顺着进给方向或逆着进给方向地对准工件表面的喷嘴。喷嘴相对于激光光学器件的光轴定向或可定向。喷嘴可相对于光轴尤其是可调节地以小于 30° 的角度相对于光轴定向。在另一种实施例中,喷

嘴以小于 30° 的角度相对于光轴定向。因此,用于激光焊接的设备、尤其是至少包括喷嘴和激光光学器件的加工头构造用于并且这样相对于待焊接工件的承载体设置,使得气体加载可在光轴的相应定向下以相对于工件表面陡峭的角度、即例如基本上沿垂直于工件表面延伸的表面法线方向进行,以便在焊接过程中对熔池施加机械负荷。

[0033] 在一种实施方式中,顺着进给方向定向的喷嘴相对于光轴以小于 10° 的角度定向或可定向。替代或附加地,逆着进给方向定向的喷嘴相对于光轴以小于 30° 的角度定向或可定向。已表明,通常在“刺入”的加载中、即在以顺着进给方向定向的气流加载工件时,倾斜角优选小于在“拖曳”的、即逆着进给方向进行的加工时的倾斜角。

[0034] 在一种实施方式中,使激光束对准工件表面的激光光学器件的光轴相对于在激光焦点位置上垂直于工件表面延伸的表面法线以小于 5° 的角度定向或可定向。换句话说,这样构造用于激光焊接的设备,使得激光光学器件尤其是可相对于承载件这样定向,使得所提供的、尤其是聚焦的激光束例如可基本上平行于表面法线地对准工件。

[0035] 优选所述至少一个喷嘴相对于垂直于工件表面延伸的轴线可旋转地支承,使得喷嘴在待形成焊缝不具有直线延伸时也始终能顺着或逆着进给方向定向。

[0036] 在一种实施方式中,气体供应装置具有至少一个与激光光学器件的光轴同轴定向的喷嘴,从而由喷嘴提供的、用于加载工件的气流尤其是与激光束同轴地沿在激光焦点位置上垂直于工件表面延伸的表面法线的方向定向或可定向。具有如此相对于激光光学器件定向的气体供应装置的同轴加工头以有利的方式构造成与方向无关的,因为至少在激光光学器件的光轴在加工中垂直于工件表面定向时,这些同轴加工头无需旋转以将由喷嘴提供的气流顺着或逆着进给方向适合地定位。

[0037] 在具有与光轴同轴延伸的气体供应装置的实施例的一种设计中规定,所述至少一个喷嘴具有限定流动横截面的、尤其是圆形或圆环形的、优选可调节的喷嘴喷口表面。该喷嘴喷口表面与激光光学器件的光轴同轴设置。换句话说,激光光学器件的光轴例如直接延伸穿过提供气流并具有圆形喷嘴喷口表面的喷嘴。作为替代方案,喷嘴构造为具有圆环形喷嘴喷口表面的环形喷嘴,其相对于光轴同心地设置。

[0038] 根据本发明,用于激光焊接的设备具有控制单元,该控制单元具有在其中执行的控制程序,用于按照根据上面已经描述的方法之一根据进给速度自动调节气体供应装置、尤其是根据进给速度自动调节由气体供应装置提供的气流的流体动力动压。为此尤其是规定,控制单元与限制气流的流动横截面的致动元件、如喷嘴,或与具有可调节的流动横截面的限流阀作用连接。

[0039] 在一种扩展方案中规定,相应于已经描述的方法借助控制单元在焊接过程中根据进给速度主动控制气流、尤其是由气流引起的动压。

[0040] 在一种实施方式中,激光源具有至少3kW、如约4kW或4.5kW的激光功率。

[0041] 在一种实施方式中,激光源构造用于提供波长小于 $10\mu\text{m}$ 、尤其是小于 $5\mu\text{m}$ 、优选小于 $2\mu\text{m}$ 、特别优选介于350nm至1300nm之间的激光辐射。该激光源优选是光纤引导激光器。

附图说明

[0042] 在下文中参考附图详细阐述本发明的可能的实施例。附图如下:

[0043] 图1以剖面图示出用于激光焊接的设备,其具有逆着进给方向定向的、用于向熔池

施加机械负荷的气体供应；

[0044] 图2以剖面图示出用于激光焊接的设备，其具有顺着进给方向定向的、用于向熔池施加机械负荷的气体供应；

[0045] 图3以剖面图示出用于激光焊接的设备，其具有与光轴同轴定向的、用于向熔池施加机械负荷的气体供应。

具体实施方式

[0046] 在所有附图中彼此相应的部件设有相同的附图标记。

[0047] 图1和2示意性示出用于激光焊接的设备1的第一种实施方式，该设备设计用于对在焊接过程、尤其是深熔焊过程中形成的熔池S施加机械负荷。

[0048] 所述设备1具有一个加工头3，该加工头具有至少一个聚焦激光束L的激光光学器件5和具有喷嘴9的气体供应装置7。未详细示出的激光源、如固态或光纤激光器产生激光束L。激光光学器件5的光轴0基本上垂直于待焊接工件W的工件表面定向。激光光学器件5使激光束L对准工件W，激光光学器件5在加工时由窗口11保护。激光束L的激光焦点F在示意性示出的示例中位于工件表面附近并且基于所提供的激光束L的高强度在那里产生带有等离子羽流的蒸汽毛细管D。蒸汽毛细管D位于熔池S中、即它被液态熔体包围。此外，工件W固定在未详细示出的承载体上，该承载体相对于加工头3可运动地支承，使得工件W相对于所提供的激光束L可在进给方向V上被引导或可引导以产生焊缝。

[0049] 至少具有喷嘴9的气体供应装置7相对于光轴0可旋转地支承，使得可如图1所示定向气体供应装置7以产生逆着进给方向V定向的气流G或如图2所示以产生顺着进给方向V定向的气流G。喷嘴9在所示示例中相对于光轴0以大约25°的角度 α 定向。由于激光束L垂直于工件表面定向，因此这相当于以相对于在激光焦点位置上垂直于工件表面延伸的表面法线N大约25°的角度 α 加载熔池S。

[0050] 图3示出用于激光焊接的设备1的第二种实施方式的示意性结构，该设备设计用于对在焊接过程中形成的熔池S施加机械负荷。用于激光焊接的设备1在结构上与图1和2所示的第一种实施例的区别仅在于气体供应装置的几何结构，因此参考相关说明。

[0051] 第二种实施例的加工头3构造为同轴头，即具有喷嘴9的气体供应装置7产生与光轴0同轴延伸的气流G。当激光束L垂直于工件表面定向时，气流G因此基本上沿表面法线N方向、即以大约0°的角度 α 加载熔池S。

[0052] 在一种用于激光焊接的方法中，激光束L沿着工件表面在进给方向V上被引导，以便在激光焦点F的区域中局部熔化工件材料。沿着进给方向V的进给速度 v_w 尤其是1m/min至50m/min、如4m/min至24m/min。气流G撞击在熔池S上的角度 α 优选在0°至35°之间。喷嘴9的限制气流G流动横截面A的喷嘴喷口表面的直径例如为几毫米、尤其是小于4毫米、如大约为3毫米。喷嘴喷口表面通常距焊接或蒸汽毛细管D几毫米、如大约5毫米至15毫米之间。

[0053] 应当以适于稳定熔池的力来加载熔池，但也应避免至少在可察觉范围内将材料排出。为了设计气流G的尺度，已证明流体动力动压 p_d 是适合的参数，其可根据

$$p_d = \frac{1}{2} \rho * v_g^2$$
简单地由密度 ρ 和流出气体的流速 v_g 计算出。流速 v_g 可简单地从关系式

$$v_g = \frac{VS}{A}$$
导出，其中VS表示通过流动横截面A的气流G的体积流量。对于常见尺寸的喷嘴，体

积流量VS是每分钟几升(l/min)。

[0054] 优选这样调节用于对熔池S施加机械负荷的气流,使得所产生的流体动力动压 p_d 处于围绕参考动压 p_s 的区间内。根据气体种类、喷嘴喷口表面和进给速度 v_w 这样调节气流,使得动压 p_d 至少是参考动压 p_s 的一半并且最多是参考动压的四倍、即 $(0.5 * p_s < p_d < 4 * p_s)$ 。

[0055] 参考动压 p_s 由 $p_s = k * v_w$ 得出,其中比例因子(k)按国际单位制为

$$k = 7.2 * 10^3 \frac{Pas}{m}。$$

[0056] 在一种具体实施例中,焊接厚度为1.5mm的不锈钢板。光纤引导激光器提供4.5kW的激光束L。所使用的激光光学器件5具有例如120:300的成像比并且将200 μ m的光纤直径成像到工件表面上,从而在那里形成具有约0.5mm光斑直径的激光焦点。在12m/min的进给速度下以氩气加载熔池。所提供的气流具有20l/min的体积流量,该体积流量由直径为3mm的喷嘴9限制。这相应于约2kPa的流体动力动压 p_d 、即大约相应于参考动压 p_s 的1.38倍。

[0057] 上面已经参考优选实施例描述了本发明。但不言而喻,本发明不限于所示出的实施例的具体设计;相反,本领域技术人员可在不背离本发明基本思想的情况下基于描述推导出变型。

[0058] 附图标记列表

- [0059] 1 设备
- [0060] 3 加工头
- [0061] 5 激光光学器件
- [0062] 7 气体供应装置
- [0063] 9 喷嘴
- [0064] 11 窗口
- [0065] 0 光轴
- [0066] L 激光束
- [0067] W 工件
- [0068] S 熔池
- [0069] D 蒸汽毛细管
- [0070] V 进给方向
- [0071] G 气流
- [0072] α 角度
- [0073] A 流动横截面

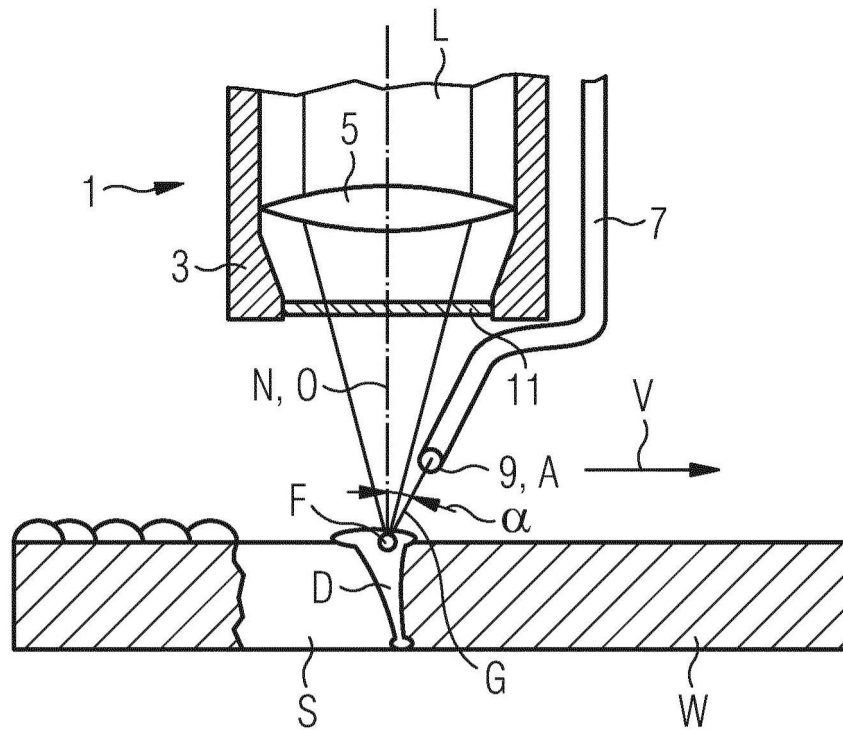


图1

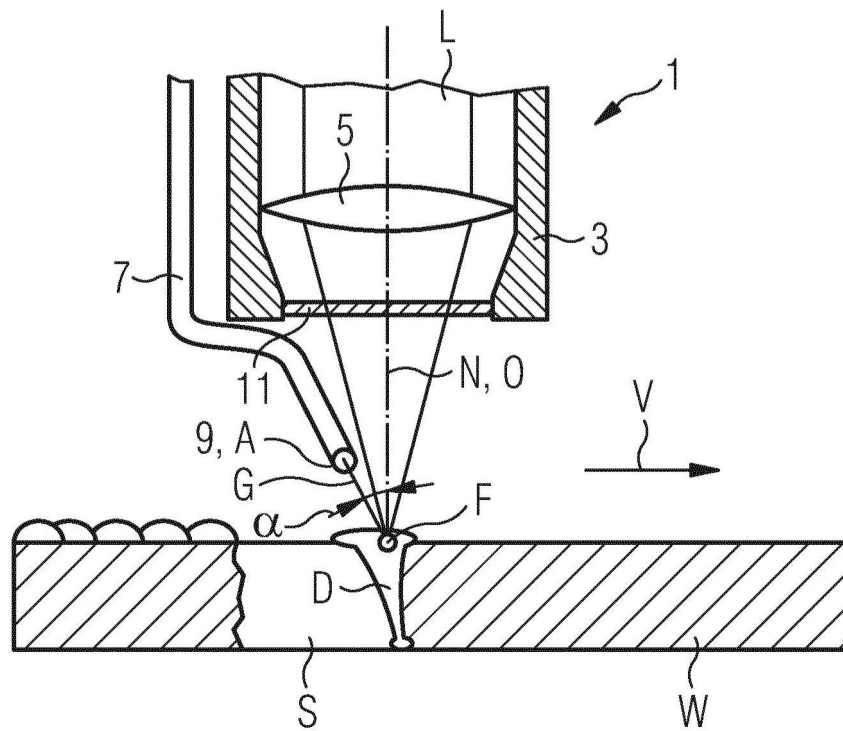


图2

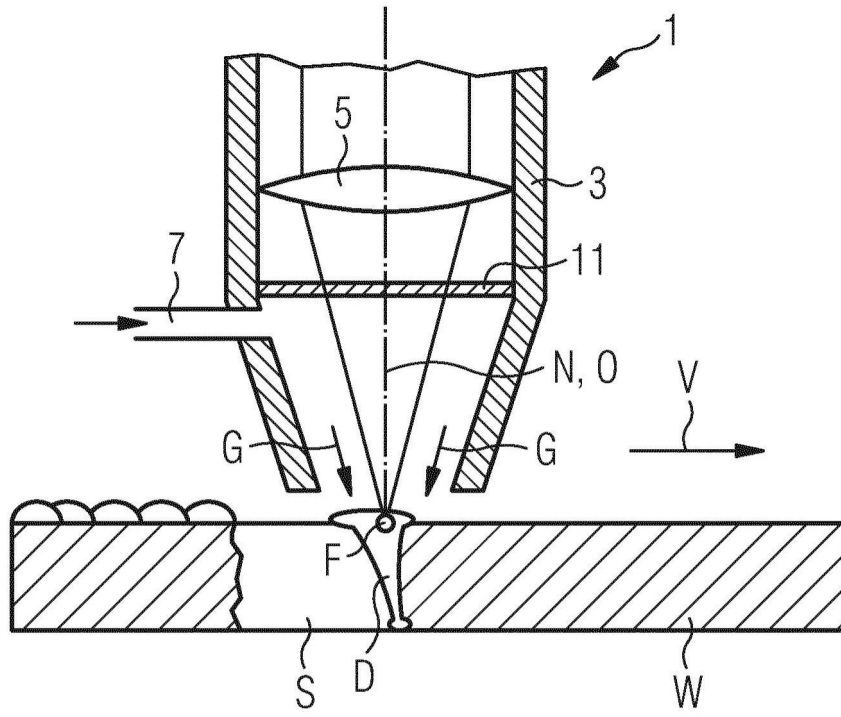


图3