



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110625274 B

(45) 授权公告日 2021.12.21

(21) 申请号 201911068827.5

(22) 申请日 2019.11.05

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110625274 A

(43) 申请公布日 2019.12.31

(73) 专利权人 南京先进激光技术研究院
地址 210038 江苏省南京市经济技术开发区恒园路1号龙港科技园A楼

(72) 发明人 朱丽 于一强 梁小龙 高超

(74) 专利代理机构 南京睿之博知识产权代理有限公司 32296

代理人 杨晓玲

(51) Int. Cl.

B23K 26/382 (2014.01)

B23K 26/70 (2014.01)

(56) 对比文件

CN 105081579 A, 2015.11.25

CN 101456182 A, 2009.06.17

CN 103831539 A, 2014.06.04

CN 107234347 A, 2017.10.10

CN 102015195 A, 2011.04.13

DE 102014108259 A1, 2015.12.17

IT 1328315 B, 2005.07.11

US 2015140241 A1, 2015.05.21

EP 2029294 A2, 2009.03.04

审查员 刘冬

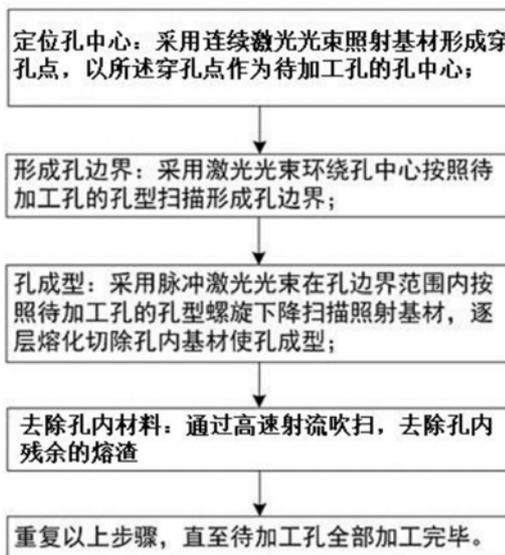
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种密集孔激光精密加工方法

(57) 摘要

本发明公开了一种密集孔激光精密加工方法,包括:通过长行程运动机构带动激光加工头移动至基材待加工孔位置,通过微动机构带动激光加工头在基材待加工孔位置进行激光打孔,激光打孔包括以下步骤:定位孔中心;形成孔边界;孔成型;去除孔内材料。本发明解决了现有技术激光打孔工艺中存在的难以适用于大面积高密度群孔加工场合,且加工效率低下以及孔质量不高等问题,该加工方法可在平面及复杂曲面上打出高质量的群孔,泛用性强,且加工时间短,打孔效率高。



1. 一种密集孔激光精密加工方法,其特征在于,该加工方法包括:

通过长行程运动机构带动激光加工头移动至基材待加工孔位置,通过微动机构带动激光加工头在基材待加工孔位置进行激光打孔,所述激光打孔包括以下步骤:

步骤1、定位孔中心,包括:采用连续激光光束照射基材形成穿孔点,以所述穿孔点作为待加工孔的孔中心;

步骤2、形成孔边界,包括:采用激光光束环绕孔中心按照待加工孔的孔型扫描形成孔边界;

步骤3、孔成型,包括:采用脉冲激光光束在孔边界范围内按照待加工孔的孔型螺旋下降扫描照射基材,逐层熔化切除孔内基材使孔成型;

步骤4、去除孔内材料,包括:通过高速射流吹扫,去除孔内残余的熔渣;该步骤4中,采用多束汇聚的射流对准孔内熔渣进行所述高速射流吹扫;所述射流采用的流体为氮气、氩气、水或冷却液;

步骤5、重复以上步骤,直至待加工孔全部加工完毕。

2. 根据权利要求1所述的一种密集孔激光精密加工方法,其特征在于:所述步骤3中,根据脉冲激光光束在基材上照射位置的光强反馈控制激光的脉冲频率,所述脉冲激光的占空比范围为1:100至1:1。

3. 根据权利要求2所述的一种密集孔激光精密加工方法,其特征在于:所述步骤3中,在激光光束螺旋下降扫描照射基材的过程中,通过激光测距和/或CCD影像测距实时测量当前打孔深度,再根据所述当前打孔深度反馈调整所述脉冲激光光束的离焦量,直至打孔达到预设孔深。

4. 根据权利要求1所述的一种密集孔激光精密加工方法,其特征在于:所述长行程运动机构为多轴机器人或桁架机床。

5. 根据权利要求1所述的一种密集孔激光精密加工方法,其特征在于:所述微动机构为微动机械手。

一种密集孔激光精密加工方法

技术领域

[0001] 本发明属于激光加工技术领域,特别涉及一种密集孔激光精密加工方法,利用激光在单平面、多平面或曲面材料上加工出密集孔(微群孔),可应用于航天航空、军事、化工、医疗、环保等多种行业。

背景技术

[0002] 当前激光打孔已广泛应用于航空航天、医疗器械、五金零件等高精端的产品关键零部件加工工艺中。激光打孔指激光经聚焦后作为高强度热源对材料进行加热,使激光作用区内材料融化或气化继而蒸发从而形成孔洞的激光加工过程。利用透镜聚焦使激光束在空间和时间上高度集中,可将激光光斑直径缩小至 $10^5\sim 10^{15}$ 瓦每平方厘米的功率密度,在如此高的功率密度下激光即可对几乎所有材料进行打孔加工。如利用激光打孔技术可在高熔点的钼板上加工出微米量级的孔,亦可在硬质合金(碳化钨)上加工几十微米量级的小孔。

[0003] 激光打孔仅限于在薄板上加工疏密度低的群孔时,才可以保证加工速度,且能够加工出较大的孔深径比。当需要进行大面积的群孔加工,密度孔(加工孔的面积与加工材料面积之比)占比达到 $0.5\sim 0.785$ 时,如加工发动机上的冷却孔及燃烧孔,由于现有激光打孔装置的激光加工头受垂直方向运动范围的限制,无法进行大曲面的随动打孔加工,也无法加工倾斜表面的小孔,难以实现高密度的群孔加工;同时,以激光加工中常用以控制激光光束的振镜为例,其可适用的加工范围小,无法进行大面积的工件加工。因此,现有的激光打孔工艺难以在极短的时间内精准定位孔位置并在大面积的曲面上完成群孔加工。

[0004] 现有激光打孔技术多采用脉冲激光作用于工件表面,用于加工的脉冲激光功率密度通常为 $10^6\sim 10^8$ 瓦每平方厘米,由于激光作用时间短,对于厚板和散热快的材料,去除材料能力差;现有的激光脉冲打孔系统难以实现对工件上的加工孔位精确定位;在加工高深孔时,相同的功率下熔化的金属量少,难以达到所需加工深度;在没有保护气体和吹扫气体辅助下进行激光脉冲打孔,孔的边缘毛刺多,内壁不光滑,且由于热量集中易引起加工工件变形。因此,现有的激光脉冲打孔技术还存在加工出的群孔质量不够高的问题。

[0005] 另外,现有激光打孔技术由于激光本身的高能量密度的特性,不易精确控制加工深度,实现盲孔加工具有一定的困难。

[0006] 有鉴于此,亟待开发一种新的激光精密加工工艺,可高质高效的完成多种类型群孔的加工,更好的满足大面积高密度群孔加工的需求。

发明内容

[0007] 发明目的:本发明的目的在于解决上述现有技术激光打孔工艺中存在的难以适用于大面积高密度群孔加工场合,且加工效率低下以及孔质量不高等问题,提供一种密集孔激光精密加工方法,可在平面及复杂曲面上打出高质量的群孔,泛用性强,且加工时间短,打孔效率高。

[0008] 为了实现上述目的,本发明采用了如下的技术方案:一种密集孔激光精密加工方法,其特征在于,该加工方法包括:

[0009] 通过长行程运动机构带动激光加工头移动至基材待加工孔位置,通过微动机构带动激光加工头在基材待加工孔位置进行激光打孔,所述激光打孔包括以下步骤:

[0010] 步骤1、定位孔中心,包括:采用连续激光光束照射基材形成穿孔点,以所述穿孔点作为待加工孔的孔中心;

[0011] 步骤2、形成孔边界,包括:采用激光光束环绕孔中心按照待加工孔的孔型扫描形成孔边界;

[0012] 步骤3、孔成型,包括:在孔边界范围内,采用脉冲激光光束按照待加工孔的孔型螺旋下降扫描照射基材,逐层熔化切除孔内基材使孔成型;

[0013] 步骤4、去除孔内材料,包括:通过高速射流吹扫,去除孔内残余的熔渣;

[0014] 步骤5、重复以上步骤,直至待加工孔全部加工完毕。

[0015] 进一步的,所述步骤3中,根据脉冲激光光束在基材上照射位置的光强反馈控制激光的脉冲频率,所述脉冲激光的占空比范围为1:100至1:1。

[0016] 进一步的,所述步骤3中,在激光光束螺旋下降扫描照射基材的过程中,通过激光测距和/或CCD影像测距实时测量当前打孔深度,再根据所述当前打孔深度反馈调整所述脉冲激光光束的离焦量,直至打孔达到预设孔深。

[0017] 进一步的,所述步骤4中,采用多束汇聚的射流对准孔内熔渣进行所述高速射流吹扫。

[0018] 进一步的,所述射流采用的流体为氮气、氩气、水或冷却液。

[0019] 进一步的,所述长行程运动机构为多轴机器人或桁架机床。

[0020] 进一步的,所述微动机构为微动机械手。

[0021] 有益效果:

[0022] (1) 该加工方法通过长行程运动机构带动激光加工头移动至基材待加工孔位置,通过微动机构带动激光加工头在基材待加工孔位置进行激光打孔,便于高效精确的定位待加工孔位;

[0023] (2) 激光打孔时切换使用连续激光和脉冲激光,采用连续激光在孔中心位置穿孔,采用脉冲激光进行孔内成型,既保证激光具有较强的去除材料能力,满足孔的加工深度需求,又利于精切控制孔内的成型过程,避免因激光强度太大降低孔的成型质量。

[0024] (3) 通过长行程运动机构和微动机构配合来驱动激光加工头,适用于平面及多种曲面的垂直孔和深孔、盲孔的垂直加工,其加工的过程时间短,加工效率高,加工过程群孔定位精确;

[0025] (4) 适用于多种形式基材的微孔加工,既可用于大幅面的大型重型零件加工,也可在材料一局部集中加工出密集的微群孔,还可以在大幅面的材料上分散加工群孔;

[0026] (5) 在射流体辅助下进行激光打孔,加工出的微群孔表面毛刺少,光洁度高,垂直性好。

附图说明

[0027] 图1为本发明的激光打孔步骤流程图;

- [0028] 图2为本发明的激光打孔原理示意图；
- [0029] 图3为图2所示激光打孔的步骤分解示意图；
- [0030] 图4为本发明的激光打孔过程中高速射流吹扫熔渣的原理示意图；
- [0031] 图5为本发明密集孔激光精密加工方法的激光加工头安装示意图；
- [0032] 图中：1-激光加工头；2-微动机构；3-长行程运动机构；4-基材；5-熔渣。

具体实施方式：

- [0033] 下面结合附图对本发明做更进一步的解释。
- [0034] 本发明的一种密集孔激光精密加工方法，该加工方法包括：通过长行程运动机构带动激光加工头移动至基材待加工孔位置，通过微动机构带动激光加工头在基材待加工孔位置进行激光打孔。
- [0035] 如图1所示，所述激光打孔包括以下步骤：
- [0036] 步骤1、定位孔中心，包括：采用连续激光光束照射基材形成穿孔点，以所述穿孔点作为待加工孔的孔中心；
- [0037] 步骤2、形成孔边界，包括：采用激光光束环绕孔中心按照待加工孔的孔型扫描形成孔边界；
- [0038] 步骤3、孔成型，包括：在孔边界范围内，采用脉冲激光光束按照待加工孔的孔型螺旋下降扫描照射基材，逐层熔化切除孔内基材使孔成型；
- [0039] 步骤4、去除孔内材料，包括：通过高速射流吹扫，去除孔内残余的熔渣；
- [0040] 步骤5、重复以上步骤，直至待加工孔全部加工完毕。
- [0041] 如图5所示，该技术方案采用的加工设备，激光加工头安装在微动机构上，微动机构安装在长行程运动机构上。长行程运动机构可采用多轴机器人或桁架机床，长行程运动机构可带动激光加工头进行长距离的平移以及升降运动，可用于大幅面的大型重型零件加工，通过带动激光加工头升降运动可适用于多平面或曲面材料加工。微动机构可采用微动机械手。微动机构可带动激光加工头进行小幅度的平移以及升降运动。
- [0042] 如图2至4所示，该技术方案采用激光加工头输出的激光光束在基材上打孔，首先输出连续激光光束照射在基材预设的待加工孔位置，该连续激光光束穿刺基材形成穿孔点，以所述穿孔点作为待加工孔的孔中心；孔中心定位后，对待加工孔进行预成型，孔型不仅包括常见的圆孔，还可以加工椭圆孔、三角孔、五角孔等各种小孔及盲孔，本实施例以圆孔为例，激光光束以孔中心为圆心，以预设的孔半径进行微动扫描，扫描轨迹形成圆形的孔边界；孔边界形成后，利用脉冲激光光束在孔边界范围内沿垂直方向以螺旋下降轨迹扫描基材，使基材熔化并逐层切除，在孔内形成螺旋线，使待加工孔成型。该实施例方法以长程移动确定待加工孔位置，以微动轨迹将孔成型，便于高效精确的定位待加工孔位；切除基材时切换使用连续激光和脉冲激光，采用连续激光在孔中心位置穿孔，采用脉冲激光进行孔内成型，既保证激光具有较强的去除材料能力，满足孔的加工深度需求，又利于精切控制孔内的成型过程，避免因激光强度太大降低孔的成型质量。
- [0043] 步骤3中，螺旋下降的高度由待加工孔的预设深度决定，可采用动态离焦方式控制脉冲激光光束的离焦量，具体通过激光测距和/或CCD影像实时测量当前打孔深度，再根据当前打孔深度反馈调整脉冲激光光束的离焦量，直至打孔达到预设孔深。

[0044] 步骤3中,还可实时探测脉冲激光光束在基材上照射位置的光强,根据光强反馈控制激光的脉冲频率,调节激光输出强度,脉冲激光的占空比可在1:10至1:1间调整;。

[0045] 当孔成型过程中孔内基材在激光光束照射下熔化时,如图4所示,一部分熔化的材料可从孔下部排出,另一部分则蒸发至基材工件表面,厚板的深孔加工的金属蒸汽在未到达金属表面之前,已经凝固至壁面,形成孔中心堆积的熔渣。因此,激光脉冲打孔在无保护和吹扫的辅助下,加工出的孔边缘毛刺较多,内壁不光滑,且由于激光光束热量集中,易引起加工件变形。

[0046] 步骤4中,通过采用多束汇聚的射流对准孔内熔渣进行高速射流吹扫,由多束高速射流吹至孔内壁,既可吹掉孔内中心堆积的熔渣,使加工出的群孔表面毛刺少,光洁度高,且射流吹扫亦可同时增强加工位置散热,冷却加工件表面,更加有利于提高加工孔的质量。高速射流的流体可根据需要选择多种流体,可采用的流体为氮气、氩气、水或冷却液。

[0047] 采用上述实施例提供的激光精密打孔的方法,可以实现小尺寸及微型孔的加工,也可加工高深孔及盲孔,并保证边缘光滑,并且孔的圆度好,内壁垂直度高,也可进行大面积的群孔加工。

[0048] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。



图1

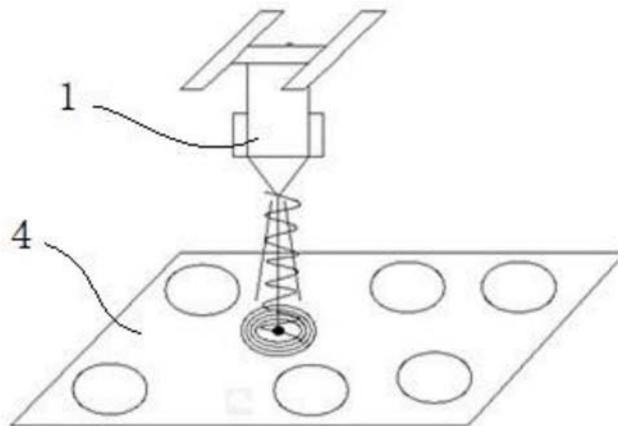


图2

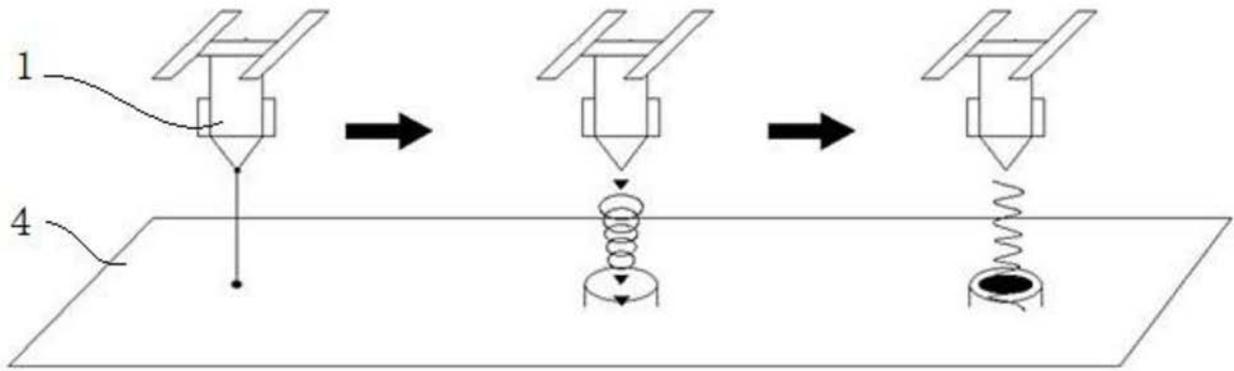


图3

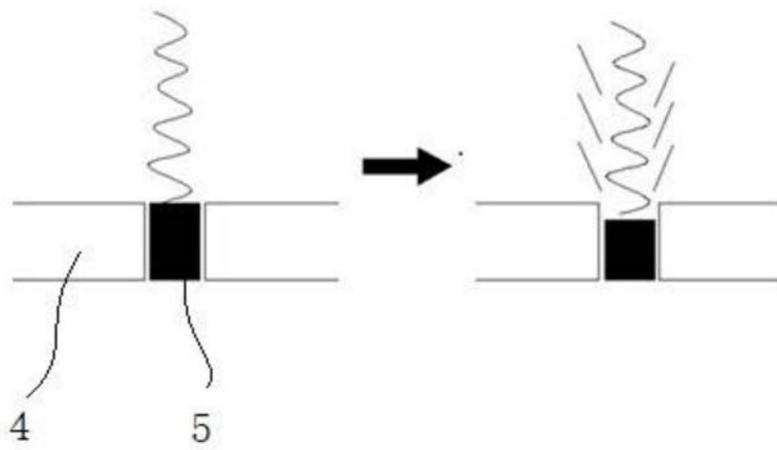


图4

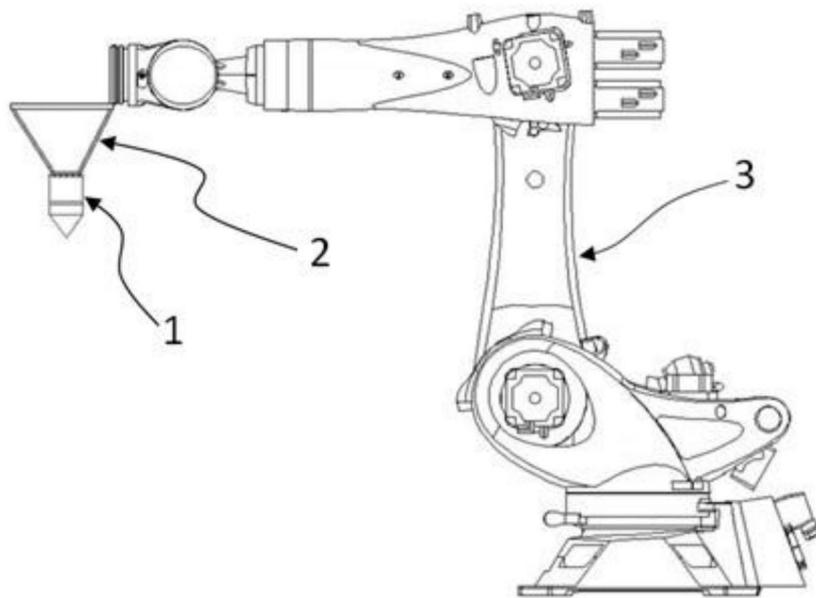


图5