

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810038041.4

B23K 26/20 (2006.01)
B23K 26/02 (2006.01)
B23K 26/12 (2006.01)
B23K 26/04 (2006.01)
B23K 101/04 (2006.01)

[43] 公开日 2009年12月2日

[11] 公开号 CN 101590570A

[22] 申请日 2008.5.26

[21] 申请号 200810038041.4

[71] 申请人 上海市激光技术研究所

地址 200233 上海市徐汇区宜山路 770 号

[72] 发明人 王又良 沈可余 张伟 王健超

姜兆华 潘涌 沈冠群

[74] 专利代理机构 上海申汇专利代理有限公司
代理人 吴宝根

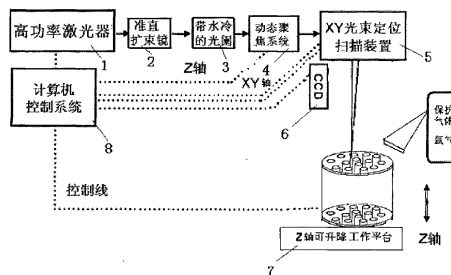
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

[54] 发明名称

一种激光扫描焊接列管式换热器的方法及装置

[57] 摘要

本发明公开了一种激光扫描焊接列管式换热器的方法及装置，采用激光束偏转扫描方式，在计算机程序控制下，按照列管式换热器的列管参数，对激光参数、动态聚焦扫描控制参数等数据设置，完成换热器部件的焊接加工。实现上述方法的装置，包括高功率激光器、准直扩束镜、带水冷的光阑、动态聚焦系统、XY 光束定位扫描装置、CCD 照相系统、Z 轴可升降工作台和计算机控制系统，本发明优点是用动态聚焦激光束扫描焊接方法，待焊接的工件固定，在计算机程序控制下，仅仅是聚焦激光束在设定的三维加工空间内，以聚焦光束扫描的方式沿焊缝轨迹进行非接触式焊接。克服列管式热交换器制造的困难，实现不锈钢超薄壁列管微型热交换器精密制造。



1. 一种激光扫描焊接列管式换热器的方法，特征在于，方法步骤为：
 - 1) 设置焊接轨迹的加工路径：按列管定位孔板孔径、孔间距和孔型参数，制作计算机控制加工文件；
 - 2) 开机设定激光参数：激光功率、激光脉冲波形、脉冲宽度与重复频率；光束动态聚焦、光束定位扫描参数的设定；
 - 3) 放置工件和定位对准：由 CCD 照相系统对焊接工件定位导向夹具进行定位套准，采集坐标位置数据，由于计算机内已装载存入了扫描焊接的加工路径轨迹即焊缝轨迹的图像坐标位置数据，该图像坐标位置数据文件是驱动控制 XY 扫描器二维扫描轨迹的依据，计算机自动把 CCD 照相系统采集的焊缝轨迹坐标位置数据与已存的坐标位置数据两者进行比较判读，自动计算和变更坐标数据，按照工件上实际焊接所需的焊缝轨迹轮廓来刷新 XY 扫描器的驱动控制程序，确保扫描焊接的定位精度；
 - 4) 设置、开启焊接保护气体 控制保护气体压力、流量，开始加工；
 - 5) 单根列管与定位孔板焊接完毕后，依次完成所有列管与圆孔阵列端板的接合处的圆周焊缝的扫描焊接，上端定位板圆孔与列管全部完成焊接后，重复上述步骤三，重新定位对准，再依次焊接下端定位板与列管，和压力密封性能参数测定；
 - 6) 列管与上下端板焊接完毕，再对筒体与上下端板焊接，进行焊缝表观质量、密封性和焊接强度测定，合格组件进行化学清洗或电解抛光处理，包装。
2. 一种实现激光扫描焊接列管式换热器的方法的装置，特征在于，它包括高功率激光器、准直扩束镜、带水冷的光阑、动态聚焦系统、XY 光束定位扫描装置、CCD 照相系统、Z 轴可升降工作台和计算机控制系统；由高功率激光器发射出的激光束经准直扩束镜和用于限制激光光束直径，激光束通过或阻断的带水冷的光阑至由音圈马达驱动的可移动扩束镜、聚焦物镜组组成的动态聚焦系统，经动态聚焦系统后的激光束再经由 X 扫描镜片 和 Y 扫描镜片组成的 XY 光束定位扫描装置输出动态聚焦激光束，形成聚焦光斑扫描轨迹，用于焊接，计算机控制系统分别和高功率激光器、动态聚焦系统、XY 光束定位扫描装置、CCD 照相系统、Z 轴可升降工作台相连接。
3. 根据权利要求 2 所述的一种实现激光扫描焊接列管式换热器的方法的装置，特征在

- 于,所述的动态聚焦系统由扩束镜、聚焦镜组、直线位移马达组成,直线位移马达和扩束镜连接,改变扩束镜和聚焦镜组之间的距离,以实现动态改变聚焦点位置。
4. 根据权利要求3所述的一种实现激光扫描焊接列管式换热器的方法的装置,特征在于,所述的直线马达由线圈和磁钢组成,线圈置于扩束镜的镜筒外侧,线圈外套有磁钢,所述的线圈和可改变极性及电流大小的驱动电源相连接,扩束镜随着电流极性和电流大小以不同的速度往复移动动态改变扩束镜和聚焦镜组之间的距离。
 5. 根据权利要求4所述的一种实现激光扫描焊接列管式换热器的方法的装置,特征在于,所述的扩束镜的镜筒上置有一位移传感器以实现扩束镜位置反馈。
 6. 根据权利要求2所述的一种实现激光扫描焊接列管式换热器的方法的装置,特征在于,所述的高功率激光器为千瓦级二氧化碳激光器,激光波长为 $10.6\mu\text{m}$ 。
 7. 根据权利要求2所述的一种实现激光扫描焊接列管式换热器的方法的装置,特征在于,所述的高功率激光器为高功率光纤激光器,激光波长为 $1.06\mu\text{m}$,选用IPG或SPI生产的工业级高功率光纤激光器,激光功率范围200w-1000w。
 8. 根据权利要求2所述的一种实现激光扫描焊接列管式换热器的方法的装置,特征在于,所述的动态聚焦光学系统所用的扩束镜片、聚焦镜片均采用硒化锌材料加工,扩束镜片和聚焦镜片光学元件采用溅射镀膜得到的二氧化碳激光 $10.6\mu\text{m}$ 波长的增透膜。
 9. 根据权利要求2所述的一种实现激光扫描焊接列管式换热器的方法的装置,特征在于,所述的动态聚焦光学系统所用的扩束镜片、聚焦镜片均采用石英或蓝宝石材料,扩束镜片和聚焦镜片光学元件采用溅射镀膜得到光纤激光 $1.06\mu\text{m}$ 波长的增透膜。

一种激光扫描焊接列管式换热器的方法及装置

技术领域

本发明涉及一种激光扫描焊接列管式换热器的方法及装置，属于激光加工技术领域。

背景技术：

换热器也称之为热交换器，换热器按其传热面的形状和结构可分为管型、板型和其他型式。现代社会发展，对能源的需求越来越多，热能是能源的主要表达形式之一，石化资源在造成了人类生存环境的极大污染的同时也在加速不可再生资源枯竭。在热能利用中，约有80%通过换热器转化为不同用途。如果能提高换热器的传热效率，将大大提高能源利用率。列管式换热器是一种传统的标准换热设备和通用产品广泛应用于医药、食品、化工等行业流体的加热和冷却，换热器通常也是一种压力容器，对焊接质量的要求很高。随着换热器应用与推广，国际节能环保理念和先进制造技术的发展，换热器材料也日新月异，如使用不锈钢、镍铜合金等可再生材料。各类换热器生产中，焊接技术是必不可少的。现有换热器产品焊接通常还是采用手工焊接或半自动的氩弧焊为主，由于材料选择、焊接工艺存在的质量问题，容易造成换热器局部脱焊或出现换热器涨破、焊缝锈蚀等现象，包括现有焊接过程存在的劳动强度高、污染严重等明显缺陷。为了克服上述缺陷，采用激光焊接，激光焊接利用激光束与物质相互作用的特性，在高能量的聚焦激光束作用下材料吸收温度上升并熔融在材料的界面（包括金属与非金属）进行焊接加工。激光焊接在汽车、电子产品、医疗器械、环保节能和能源产业等领域广泛应用，改进或取代某些传统焊接方法。

而传统的激光焊接通常为光束固定，工件在工作平台上沿焊缝轨迹位移，激光束聚焦在工件表面进行焊接，依靠工作平台运动来完成焊接，因此设备庞大，成本高，生产效率低，而且不能和现有的生产流水线相组合。

发明内容

本发明为了克服现有列管式换热器制造和传统的激光焊接中存在的缺点，提供一种激光扫描焊接列管式换热器的方法，特点是方法步骤为：

1. 设置焊接轨迹的加工路径:按列管定位孔板孔径、孔间距和孔型参数,制作计算机控制加工文件;
2. 开机设定激光参数:激光功率、激光脉冲波形、脉冲宽度与重复频率;光束动态聚焦、束定位扫描参数的设定;
3. 放置工件和定位对准:由 CCD 照相系统对焊接工件定位导向夹具进行定位套准,采集坐标位置数据,由于计算机内已装载存入了扫描焊接的加工路径轨迹即焊缝轨迹的图像坐标位置数据,该图像坐标位置数据文件是驱动控制 XY 扫描器二维扫描轨迹的依据,计算机自动把 CCD 照相系统采集的焊缝轨迹坐标位置数据与已存的坐标位置数据两者进行比较判读,自动计算和变更坐标数据的,按照工件上实际焊接所需的焊缝轨迹轮廓来刷新 XY 扫描器的驱动控制程序,确保扫描焊接的定位精度;
4. 设置、开启焊接保护气体 控制保护气体压力、流量,开始加工;
5. 单根列管与定位孔板焊接完毕后,依次完成所有列管与圆孔阵列端板的接合处的圆周焊缝的扫描焊接,上端定位板圆孔与列管全部完成焊接后,重复上述步骤三,重新定位对准,再依次焊接下端定位板与列管;对列管焊缝和压力密封性能参数测定;
6. 列管与上下端板焊接完毕,再对筒体与上下端板焊接,进行焊缝表观质量、密封性和焊接强度测定,合格组件进行化学清洗或电解抛光处理,包装。

一种实现激光扫描焊接列管式换热器的方法的装置,特点是,它包括高功率激光器、准直扩束镜、带水冷的光阑、动态聚焦系统、XY 光束定位扫描装置、CCD 照相系统、Z 轴可升降工作台和计算机控制系统;由高功率激光器发射出的激光束经准直扩束镜和用于限制激光光束直径,激光束通过或阻断的带水冷的光阑至由音圈马达驱动的可移动扩束镜、聚焦物镜组组成的动态聚焦系统,经动态聚焦系统后的激光束再经由 X 扫描镜片和 Y 扫描镜片组成的 XY 光束定位扫描装置输出动态聚焦激光束,形成聚焦光斑扫描轨迹,用于焊接装在 Z 轴可升降工作台上的列管式换热器,计算机控制系统分别和高功率激光器、动态聚焦系统、XY 光束定位扫描装置、CCD 照相系统、Z 轴可升降工作台相连接。

本发明的有益效果:本发明优点在于所述激光焊接方式是基于本发明之特征用动态聚焦激光束扫描焊接方法,待焊接的工件固定,在计算机程序控制下,仅仅是聚焦激光束在设定的三维加工空间内,以聚焦光束扫描的方式沿焊缝轨迹进行非接触式焊接,本发明进一步特征在于突破了现有产品(列管式热交换器)制造的困难,可以实现高密度

紧凑结构的不锈钢超薄壁列管微型热交换器精密制造,使传统的列管式热交换器在热交换面积和热传导效率大幅提高。本发明用于制造此类高效换热器系列在生物医药、精细化工、食品、精密仪器等方面具有广泛应用价值

附图说明

图 1 为一种激光扫描焊接列管式换热器的装置框图;

图 2 为动态聚焦系统原理图;

图 3 为一种激光扫描焊接列管式换热器的方法步骤流程图。

具体实施方式

一种激光扫描焊接列管式换热器的方法具体实施步骤如图 3 所示。

一种实现激光扫描焊接列管式换热器的方法的装置由图 1 所示,它包括高功率激光器 1、准直扩束镜 2、带水冷的光阑 3、动态聚焦系统 4、XY 光束定位扫描装置 5、CCD 照相系统 6、Z 轴可升降工作台 7 和计算机控制系统 8;由高功率激光器发射出的激光束经准直扩束镜 2 和用于限制激光光束直径,激光束通过或阻断的带水冷的光阑 3 至由音圈马达驱动的可移动扩束镜、聚焦物镜组组成的动态聚焦系统,如图 2 所示,经动态聚焦系统 4 后的激光束再经由 X 扫描镜片 和 Y 扫描镜片组成的 XY 光束定位扫描装置输出动态聚焦激光束,形成聚焦光斑扫描轨迹,用于焊接,计算机控制系统 8 分别和高功率激光器 1、动态聚焦系统 4、XY 光束定位扫描装置 5、CCD 照相系统 6、Z 轴可升降工作台 7 相连接。

由图 2 所示,所述的动态聚焦系统由扩束镜、聚焦镜组、直线位移马达组成,直线位移马达和扩束镜连接,改变扩束镜 10 和聚焦镜组 12 之间的距离,以实现动态改变焦距。

本发明所用的直线马达由线圈 13 和磁钢 9 组成,线圈 13 置于扩束镜 10 的镜筒 11 外侧,线圈 13 外套有磁钢 9,所述的线圈 13 和可改变极性及电流大小的驱动电源相连接,扩束镜随着电流极性和电流大小以不同的速度往复移动动态改变焦距。所述的扩束镜的镜筒上置有一位移传感器 14 以实现扩束镜焦距位置反馈。

本发明高功率激光器可用千瓦级功率激光器,具体用二氧化碳激光器,其波长为 10.6 微米,为达到扫描焊接所需的高能量激光功率密度 10^6 w/cm^2 ,选择光束质量好的焊接用激光光源可确保焊接质量和焊缝精细。高功率激光器亦可用高功率光纤激光器。

采用光束偏转扫描光学系统来控制激光束沿焊接轮廓线坐标位置进行焊接加工。

XY 光束定位扫描装置中扫描光学系统的低惯量扫描电机和反射镜相应速度快 300m/min，聚焦光点高定位精度可达 0.05mm。扫描电机同时具有高加速度，针对不同规格激光器千瓦级功率输出波长选用不同反射镜片，对于一定光束质量的二氧化碳激光扫描加工范围为 $\geq 50 \times 50 \text{ mm}^2$ ，焦距 $f \geq 250 \text{ mm}$ ，同样可以设计加工范围 1000mm*1000mm 的大范围加工，随着加工像场范围的扩大，动态聚焦系统的性能更加突出重要，专用焊接软件控制高功率扫描振镜偏转定位和激光参数。

实施例 1

高功率激光器采用千瓦级二氧化碳激光器，激光波长为 10.6 μm ，可以选用光束质量较好的工业级二氧化碳激光器，如 Rofin DC350 高功率二氧化碳激光器。动态聚焦光学系统所用的扩束镜片、聚焦镜片均采用高品质硒化锌材料加工，扩束镜片和聚焦镜片光学元件须采用溅射镀膜得到高质量的二氧化碳激光 10.6 μm 波长的增透膜，以确保系统在高功率激光工作条件下，具有一定的抗损性和使用寿命。

设置列管式换热器所选用不锈钢列管的外径和上下端定位板阵列圆孔单元直径、孔间距和列管的直径、壁厚参数，制作计算机控制加工文件：

根据列管式换热器所设计的列阵圆孔的直径、孔间距及坐标位置和列管的外径、壁厚参数，制作计算机控制加工文件：换热器不锈钢列管与阵列圆孔定位端板结合处圆周扫描焊接。

采用千瓦级二氧化碳激光扫描焊接列管式换热器装置及主要光路依次为：由千瓦级二氧化碳激光器 1 发射的激光束经准直扩束镜 2、带水冷的光阑 3（激光束直径限制及光束通断控制）、动态聚焦系统 4、XY 光束定位扫描装置 5、CCD 照相系统 6，形成动态聚焦扫描激光束，在工件上形成聚焦光斑。换热器列管与定位端板阵列圆孔单元结合处的圆周扫描焊接（可升降工作平台、列管定位夹具台架、阵列圆孔端板，各项设定参数及焊缝轨迹、均匀性达到规定要求，列管式换热器组件筒体水压密封性试验合格。

实施例 2

高功率激光器采用高功率光纤激光器，高功率光纤激光具有体积小、出色的光束质量，免维护，激光波长为 1.06 μm ，可选用 IPG 或 SPI 生产的工业级高功率光纤激光器，激光功率范围 200w-1000w，由于光纤激光器光束质量好，可以得到非常精细的聚焦光斑，焊缝更加均匀光滑，通过对光束脉冲宽度调制控制其激光能量进行优化焊接。动态聚焦光学系统所用的扩束镜片、聚焦镜片均采用高品质石英或蓝宝石材料，扩束镜片和

聚焦镜片光学元件须采用溅射镀膜得到高质量的光纤激光 1.06 μm 波长的增透膜，以确保系统在高功率激光工作条件下，具有一定的抗损性和使用寿命。高功率光纤激光动态聚焦扫描焊接更加适合采用 316L 不锈钢或钛合金材料的各类型高效率精密热交换器。同上，设置列管式换热器所选用不锈钢列管的外径和上下端定位板阵列圆孔单元直径、孔间距和列管的直径、壁厚参数，制作计算机控制加工文件：

根据列管式换热器所设计的列阵圆孔的直径、孔间距及坐标位置和列管的外径、壁厚参数，制作计算机控制加工文件：换热器不锈钢列管与阵列圆孔定位端板结合处圆周扫描焊接；采用高功率光纤激光扫描焊接列管式换热器装置及主要光路依次为高功率光纤激光器、激光束、准直扩束、入光口安全光阑（激光束直径限制及光束通断控制）、动态聚焦透镜光学系统（XY 光束定位扫描器、CCD 视觉对准系统）动态聚焦扫描激光束 工件上聚焦光斑 换热器列管与定位端板阵列圆孔单元结合处的圆周扫描焊接（可升降工作平台、列管定位夹具台架、阵列圆孔端板，各项设定参数及焊缝轨迹、均匀性达到规定要求，水压密封试验合格。

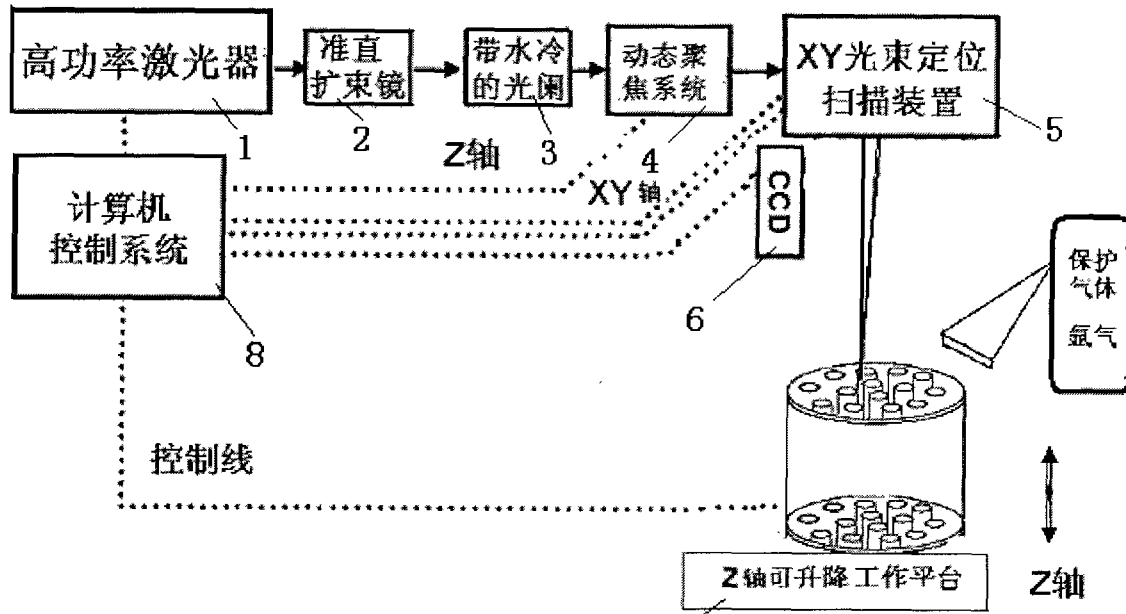


图1

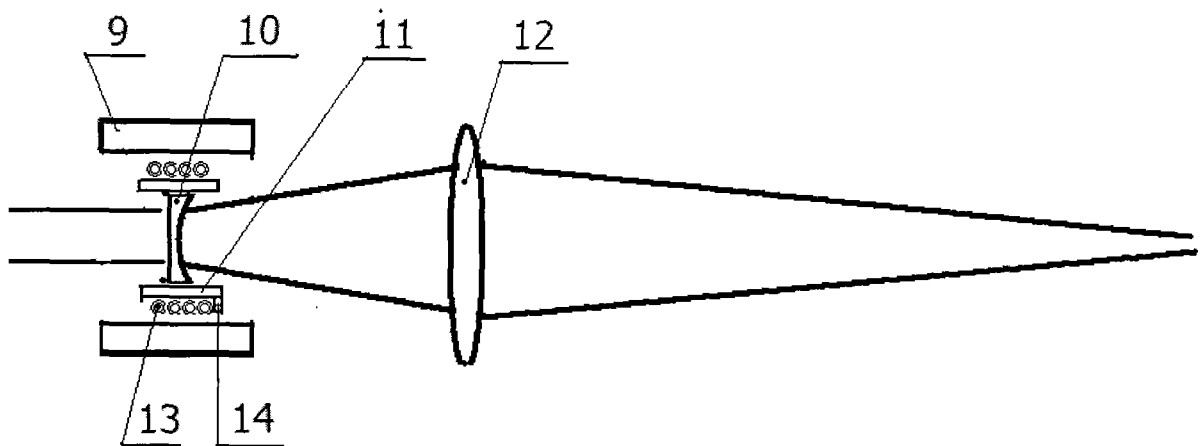


图2

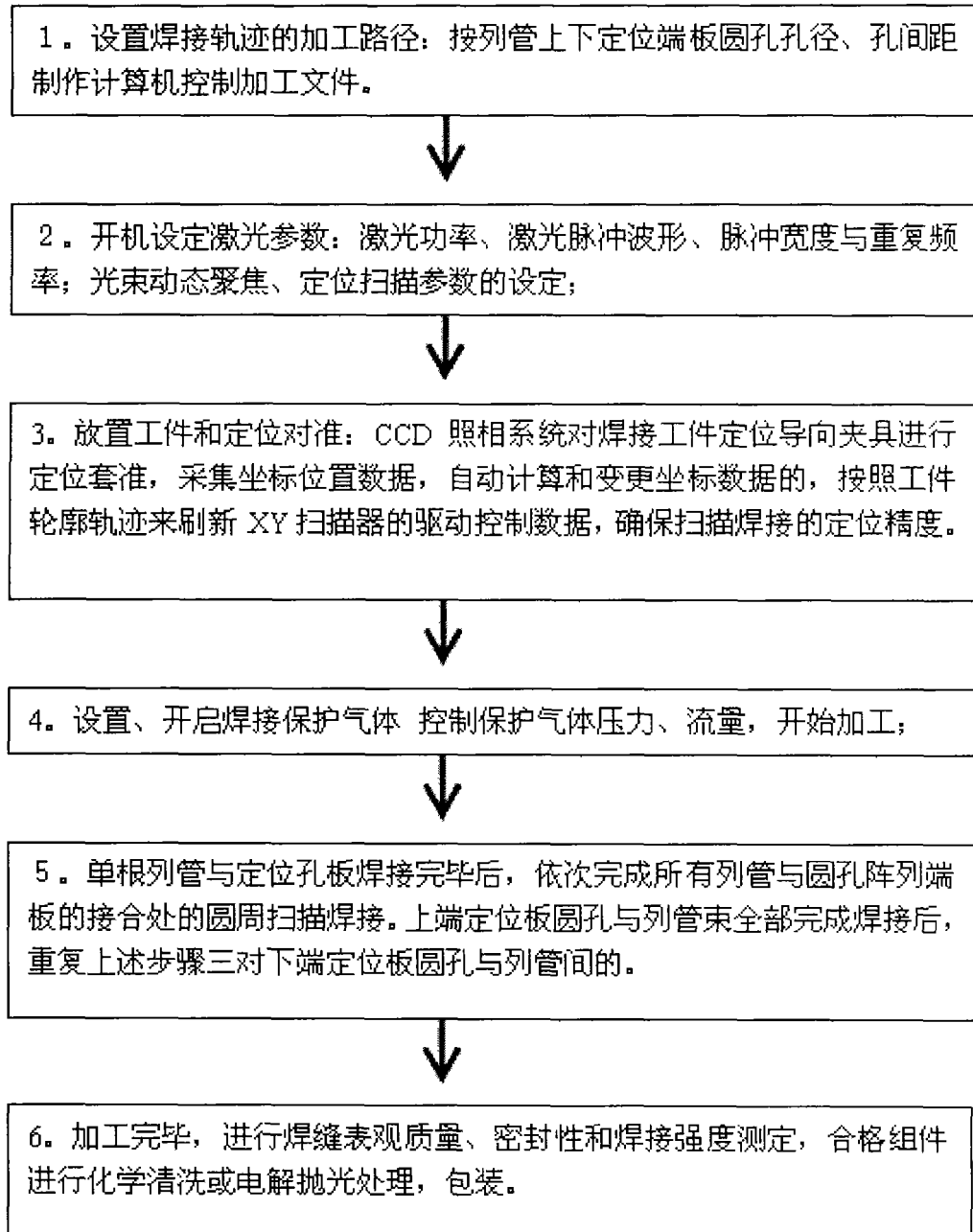


图 3