



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107328391 A

(43)申请公布日 2017. 11. 07

(21)申请号 201710509752.4

(22)申请日 2017.06.28

(71)申请人 武汉理工大学

地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路  
122号

(72)发明人 秦训鹏 雷凯云 华林 刘华明  
倪茂

(74)专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限  
公司 42102

代理人 唐万荣

(51)Int.Cl.

G01C 11/04(2006.01)

G23C 24/10(2006.01)

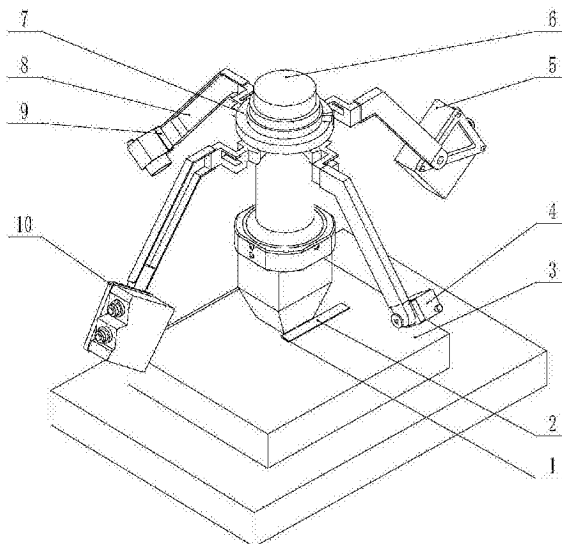
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测装置及方法,该装置包括位移传感单元、图像传感单元和信息处理单元;同轴送粉头上设置有4个呈中心对称的传感器连接臂,传感器连接臂的端部分别设置有图像传感单元或位移传感单元;两个图像传感单元绕同轴送粉头呈一定可调角度排布,用于采集宽带激光熔覆过程中两个不同方向上熔池形貌图像。信息处理单元,用于融合处理位移传感单元采集的高度数据和图像传感单元采集的熔池图像,实时计算并显示宽带矩形熔池的面积及三维尺寸、成形层高、离焦量、搭接率。本发明的多传感器协同监测装置及方法能够实时、精准、全面地监测宽带激光熔覆过程。



1. 一种针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测装置,其特征在于,包括设置在中心位置的同轴送粉头(6),通过宽带激光融化同轴送粉头(6)内部的合金粉末,形成宽带激光熔覆熔池(1),与基材(3)上冶金材料结合形成宽带熔覆层(2);其中:

同轴送粉头(6)上设置有4个呈中心对称的传感器连接臂(8),传感器连接臂(8)的端部分别设置有图像传感单元(4)或位移传感单元(5);该装置还包括信息处理单元,图像传感单元(4)和位移传感单元(5)均与信息处理单元相连;

位移传感单元(5)投射出长度多倍于激光带宽的静态测量线,静态测量线与宽带激光熔覆熔池(1)平行,且静态测量线紧密排列在宽带激光熔覆熔池(1)两侧,位移传感单元(5)接收静态测量线的漫反射光线,测量平行于宽带激光熔覆熔池(1)的已熔覆区和未熔覆区的高度数据;

图像传感单元(4)用于采集宽带激光熔覆过程中宽带激光熔覆熔池(1)两个方向上的形貌图像;

信息处理单元用于融合高度数据和形貌图像,确定宽带激光熔覆在垂直于同轴送粉头(6)轴心的投影面上的运动方向以及宽带激光带宽方向,进而实时计算并显示宽带激光熔覆熔池(1)的面积及三维尺寸、成形层高、离焦量和搭接率。

2. 根据权利要求1所述的针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测装置,其特征在于,在垂直于同轴送粉头(6)轴心的投影面上,以轴心投影点为基准,两个位移传感单元(5)呈180度对称排布,两个图像传感单元(4)呈180度对称排布,且图像传感单元(4)和位移传感单元(5)的角度均可调节。

3. 根据权利要求1所述的针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测装置,其特征在于,同轴送粉头(6)上端设置有连接法兰(7),传感器连接臂(8)通过连接法兰(7)与同轴送粉头(6)相连,同轴送粉头(6)上设置有环形槽,连接法兰(7)设置在环形槽内,且连接法兰(7)能绕环形槽转动。

4. 根据权利要求1所述的针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测装置,其特征在于,图像传感单元(4)与传感器连接臂(8)之间设置有图像传感单元连接板(9),位移传感单元(5)与传感器连接臂(8)之间设置有位移传感单元连接板(10),图像传感单元连接板(9)和位移传感单元连接板(10)上均设置有螺纹安装孔,图像传感单元(4)和位移传感单元(5)能绕螺纹安装孔旋转调节安装角度。

5. 根据权利要求1所述的针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测装置,其特征在于,位移传感单元(5)为2D位移传感器。

6. 根据权利要求1所述的针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测装置,其特征在于,图像传感单元(4)包括工业摄像机、镜头和滤光系统。

7. 一种针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、调整位移传感单元和图像传感单元的工作位置,测量两个位移传感单元至基材表面的距离 $h_{10}$ 、 $h_{20}$ ,通过设置位移传感单元投射出平行于宽带激光熔覆熔池的静态测量线,静态测量线在基材表面的长度为宽带激光带宽的2-3倍,每条静态测量线上扫描电镜数为40-50个/mm;

S2、宽带激光熔覆开始后,位移传感单元实时采集平行于宽带激光熔覆熔池的高度数据 $h_{1n}$ 、 $h_{2n}$ ,图像传感单元实时采集宽带激光熔覆过程中两个不同方向上的宽带激光熔覆熔

池的形貌图像,并将采集到的信息转化为数字量传输给信息处理单元;

S3、信息处理单元融合高度数据和形貌图像,根据宽带激光熔覆熔池的形貌图像实时重构熔池的三维形貌,计算宽带激光熔覆熔池的面积和三维尺寸,并确定宽带激光熔覆在垂直于同轴送粉头轴心的投影面上的激光熔覆方向以及宽带激光带宽方向,分别标记为向量 $\vec{m}$ 、 $\vec{n}$ ,信息处理单元将2组高度数据按扫描点顺序依次存入2个一维数组 $h_{1n}[N_i]$ 、 $h_{2n}[N_i]$ ,通过计算宽带激光带宽与激光熔覆方向的角度关系将数组内的高度数据逐个对应,进而得到表示熔覆层的成形层高的分布曲线,将未熔覆层高度数据 $h_{1n}[N_i]$ 与初始标定高度 $h_{10}$ 对比,得到离焦量的变化量;

S4、根据信息处理单元得到的数据,判断是否符合期望值,符合则不做调整继续监测,不符合则反馈调节激光熔覆工艺参数及加工轨迹。

8. 根据权利要求7所述的针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测方法,其特征在于,步骤S3中得到表示熔覆层的成形层高的分布曲线的方法为:

根据两个数组中相对应的高度数据的差值建立曲线,其公式为:

$$\Delta z = \frac{z_0(k_{z0}h_{1z}[N_i + DN/\tan(\vec{m}, \vec{n})] - k_{z0}h_{2z}[N_i])}{k_{z0}k_{z0}}$$

其中, $z_0$ 为位移传感单元激光发射平面到加工工件表面的初始定位高度; $D$ 为位移传感单元平行测量线间的距离; $N$ 为位移传感单元每条测量线上的扫描点个数; $h_{10}$ 、 $h_{20}$ 为位移传感单元到测量点的初始距离分布; $h_{1n}$ 为平行于宽带激光的已熔覆区的传感器测得距离; $h_{2n}$ 为平行于宽带激光的未熔覆区的传感器测得距离。

9. 根据权利要求7所述的针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测方法,其特征在于,该方法还包括根据位移传感单元实时采集多道搭接激光熔覆的高度分布曲线的方法:搭接区为相邻熔覆区之间的重合区域,确定搭接区与非搭接区的宽度,计算搭接区宽度占单道熔覆层宽度的比例得到搭接率,实时监测宽带激光熔覆的搭接率。

## 一种针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及表面工程技术领域,尤其涉及一种针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测装置及方法。

### 背景技术

[0002] 激光熔覆技术是利用高能激光束将粉末材料与基体表面薄层辐射熔化并快速凝固后,使得基体表面与粉末材料达到冶金结合的一种材料表面改性工艺。激光仅熔化基体表面,热影响区小,粉末涂层稀释率低,基体与粉末材料实现冶金结合;能够有效提高基体材料表面的硬度、耐磨性、耐腐蚀性和抗氧化性能,目前广泛应用于航空航天、石油化工、汽车制造等领域的关键零部件再制造修复。

[0003] 随着大型零部件对表面修复的需求越来越高,传统小光斑的激光作用区域很小,必须采取多道搭接的方法,效率低且缺陷倾向大,不能满足大型零部件对修复效率、修复质量的需求,大光斑宽带激光熔覆设备应运而生,在熔覆相同面积的工件时可减少搭接系数及搭接次数,获得良好的激光熔覆层。激光熔覆过程中,熔池形貌以及熔覆层高度的稳定性直接影响零部件修复的尺寸精度和机械性能,因此,对熔池形貌的实时监测是控制宽带激光熔覆质量的关键。目前,激光熔覆熔池的实时监测系统采用的是:通过CMOS/CCD传感器采集高温液态发光熔池提取熔池信息。这种方法有一定的精确性,但是测得的结果并不是实际熔覆层高度,而且熔池图像采集受到多种外界因素影响,只适用于圆形或方形光斑的激光熔覆过程监测。由于大宽带矩形光斑的激光熔覆在工艺参数设定及轨迹规划方面的特殊性,现有技术并不能满足监测要求。

### 发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题在于针对现有技术中效率低且缺陷倾向大,不能满足大型零部件对修复效率、修复质量的需求的缺陷,提供一种针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测装置及方法。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0006] 本发明提供一种针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测装置,包括设置在中心位置的同轴送粉头,通过宽带激光融化同轴送粉头内部的合金粉末,形成宽带激光熔覆熔池,与基材上冶金材料结合形成宽带熔覆层;其中:

[0007] 同轴送粉头上设置有4个呈中心对称的传感器连接臂,传感器连接臂的端部分别设置有图像传感单元或位移传感单元;该装置还包括信息处理单元,图像传感单元和位移传感单元均与信息处理单元相连;

[0008] 位移传感单元投射出长度多倍于激光带宽的静态测量线,静态测量线与宽带激光熔覆熔池平行,且静态测量线紧密排列在宽带激光熔覆熔池两侧,位移传感单元接收静态测量线的漫反射光线,测量平行于宽带激光熔覆熔池的已熔覆区和未熔覆区的高度数据;

[0009] 图像传感单元用于采集宽带激光熔覆过程中宽带激光熔覆熔池两个方向上的形

貌图像；

[0010] 信息处理单元用于融合高度数据和形貌图像，确定宽带激光熔覆在垂直于同轴送粉头轴心的投影面上的运动方向以及宽带激光带宽方向，进而实时计算并显示宽带激光熔覆熔池的面积及三维尺寸、成形层高、离焦量和搭接率。

[0011] 进一步地，本发明的装置在垂直于同轴送粉头轴心的投影面上，以轴心投影点为基准，两个位移传感单元呈180度对称排布，两个图像传感单元呈180度对称排布，且图像传感单元和位移传感单元的角度均可调节。

[0012] 进一步地，本发明的同轴送粉头上端设置有连接法兰，传感器连接臂通过连接法兰与同轴送粉头相连，同轴送粉头上设置有环形槽，连接法兰设置在环形槽内，且连接法兰能绕环形槽转动。

[0013] 进一步地，本发明的图像传感单元与传感器连接臂之间设置有图像传感单元连接板，位移传感单元与传感器连接臂之间设置有位移传感单元连接板，图像传感单元连接板和位移传感单元连接板上均设置有螺纹安装孔，图像传感单元和位移传感单元能绕螺纹安装孔旋转调节安装角度。

[0014] 进一步地，本发明的位移传感单元为2D位移传感器。

[0015] 进一步地，本发明的图像传感单元包括工业摄像机、镜头和滤光系统。

[0016] 本发明提供一种针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测方法，包括以下步骤：

[0017] S1、调整位移传感单元和图像传感单元的工作位置，测量两个位移传感单元至基材表面的距离 $h_{10}$ 、 $h_{20}$ ，通过设置位移传感单元投射出平行于宽带激光熔覆熔池的静态测量线，静态测量线在基材表面的长度为宽带激光带宽的2-3倍，每条静态测量线上扫描电镜数为40-50个/mm；

[0018] S2、宽带激光熔覆开始后，位移传感单元实时采集平行于宽带激光熔覆熔池的高度数据 $h_{1n}$ 、 $h_{2n}$ ，图像传感单元实时采集宽带激光熔覆过程中两个不同方向上的宽带激光熔覆熔池的形貌图像，并将采集到的信息转化为数字量传输给信息处理单元；

[0019] S3、信息处理单元融合高度数据和形貌图像，根据宽带激光熔覆熔池的形貌图像实时重构熔池的三维形貌，计算宽带激光熔覆熔池的面积和三维尺寸，并确定宽带激光熔覆在垂直于同轴送粉头轴心的投影面上的激光熔覆方向以及宽带激光带宽方向，分别标记为向量 $\vec{m}$ 、 $\vec{n}$ ，信息处理单元将2组高度数据按扫描点顺序依次存入2个一维数组 $h_{1n}[N_i]$ 、 $h_{2n}[N_i]$ ，通过计算宽带激光带宽与激光熔覆方向的角度关系将数组内的高度数据逐个对应，进而得到表示熔覆层的成形层高的分布曲线，将未熔覆层高度数据 $h_{1n}[N_i]$ 与初始标定高度 $h_{10}$ 对比，得到离焦量的变化量；

[0020] S4、根据信息处理单元得到的数据，判断是否符合期望值，如何则不做调整继续监测，不符合则反馈调节激光熔覆工艺参数及加工轨迹。

[0021] 进一步地，本发明的步骤S3中得到表示熔覆层的成形层高的分布曲线的方法为：

[0022] 根据两个数组中相对应的高度数据的差值建立曲线，其公式为：

$$[0023] \quad \Delta z = \frac{z_0(h_{20}\lambda_{2n}[N_i + DN/\tan(\vec{m}, \vec{n})] - h_{10}\lambda_{2n}[N_i])}{\lambda_{10}\lambda_{2n}}$$

[0024] 其中， $z_0$ 为位移传感单元激光发射平面到加工工件表面的初始定位高度； $D$ 为位移传感单元平行测量线间的距离； $N$ 为位移传感单元每条测量线上的扫描点个数； $h_{10}$ 、 $h_{20}$ 为位

移传感单元到测量点的初始距离分布; $h_{1n}$ 为平行于宽带激光的已熔覆区的传感器测得距离; $h_{2n}$ 为平行于宽带激光的未熔覆区的传感器测得距离。

[0025] 进一步地,本发明的该方法还包括根据位移传感单元实时采集多道搭接激光熔覆的高度分布曲线的方法:搭接区为相邻熔覆区之间的重合区域,确定搭接区与非搭接区的宽度,计算搭接区宽度占单道熔覆层宽度的比例得到搭接率,实时监测宽带激光熔覆的搭接率。

[0026] 本发明产生的有益效果是:针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测装置及方法,位移传感单元与图像传感单元协同工作,安装位置及角度随传感器安装架可调;位移传感单元测量精度高、响应速度快、受加工环境影响小,能快速准确测量平行于宽带熔池区域的高度分布数据;图像传感单元能清晰快速采集高温高亮熔池图像,提取熔池的形状及尺寸;信息处理单元适应性好、运算速度快,实时反馈计算加工参数。

## 附图说明

[0027] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0028] 图1是针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测装置的轴测图(包含宽带激光同轴送粉头)。

[0029] 图2是针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测装置的俯视图(包含宽带激光同轴送粉头)。

[0030] 图3是图2中传感器安装架的A-A剖视图。

[0031] 图4是针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测流程图。

[0032] 图中:1-宽带激光熔覆熔池;2-矩形熔覆层;3-基材;4-图像传感单元;5-位移传感单元;6-同轴送粉头;7-连接法兰;8-传感器连接臂;9-图像传感单元连接板;10-位移传感单元连接板。

## 具体实施方式

[0033] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0034] 如图1所示,本发明实施例的针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测装置,包括设置在中心位置的同轴送粉头6,通过宽带激光融化同轴送粉头6内部的合金粉末,形成宽带激光熔覆熔池1,与基材3上冶金材料结合形成宽带熔覆层2;其中:

[0035] 同轴送粉头6上设置有4个呈中心对称的传感器连接臂8,传感器连接臂8的端部分别设置有图像传感单元4或位移传感单元5;该装置还包括信息处理单元,图像传感单元4和位移传感单元5均与信息处理单元相连;

[0036] 位移传感单元5投射出长度多倍于激光带宽的静态测量线,静态测量线与宽带激光熔覆熔池1平行,且静态测量线紧密排列在宽带激光熔覆熔池1两侧,位移传感单元5接收静态测量线的漫反射光线,测量平行于宽带激光熔覆熔池1的已熔覆区和未熔覆区的高度数据;

[0037] 图像传感单元4用于采集宽带激光熔覆过程中宽带激光熔覆熔池1两个方向上的

形貌图像；

[0038] 信息处理单元用于融合高度数据和形貌图像，确定宽带激光熔覆在垂直于同轴送粉头6轴心的投影面上的运动方向以及宽带激光带宽方向，进而实时计算并显示宽带激光熔覆熔池1的面积及三维尺寸、成形层高、离焦量和搭接率。

[0039] 在垂直于同轴送粉头6轴心的投影面上，以轴心投影点为基准，两个位移传感单元5呈180度对称排布，两个图像传感单元4呈180度对称排布，且图像传感单元4和位移传感单元5的角度均可调节。

[0040] 同轴送粉头6上端设置有连接法兰7，传感器连接臂8通过连接法兰7与同轴送粉头6相连，同轴送粉头6上设置有环形槽，连接法兰7设置在环形槽内，且连接法兰7能绕环形槽转动。

[0041] 图像传感单元4与传感器连接臂8之间设置有图像传感单元连接板9，位移传感单元5与传感器连接臂8之间设置有位移传感单元连接板10，图像传感单元连接板9和位移传感单元连接板10上均设置有螺纹安装孔，图像传感单元4和位移传感单元5能绕螺纹安装孔旋转调节安装角度。

[0042] 位移传感单元5为2D位移传感器。图像传感单元4包括工业摄像机、镜头和滤光系统。

[0043] 本发明实施例的针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测方法，包括以下步骤：

[0044] S1、调整位移传感单元和图像传感单元的工作位置，测量两个位移传感单元至基材表面的距离 $h_{10}$ 、 $h_{20}$ ，通过设置位移传感单元投射出平行于宽带激光熔覆熔池的静态测量线，静态测量线在基材表面的长度为宽带激光带宽的2-3倍，每条静态测量线上扫描电镜数为40-50个/mm；

[0045] S2、宽带激光熔覆开始后，位移传感单元实时采集平行于宽带激光熔覆熔池的高度数据 $h_{1n}$ 、 $h_{2n}$ ，图像传感单元实时采集宽带激光熔覆过程中两个不同方向上的宽带激光熔覆熔池的形貌图像，并将采集到的信息转化为数字量传输给信息处理单元；

[0046] S3、信息处理单元融合高度数据和形貌图像，根据宽带激光熔覆熔池的形貌图像实时重构熔池的三维形貌，计算宽带激光熔覆熔池的面积和三维尺寸，并确定宽带激光熔覆在垂直于同轴送粉头轴心的投影面上的激光熔覆方向以及宽带激光带宽方向，分别标记为向量 $\vec{a}$ 、 $\vec{b}$ ，信息处理单元将2组高度数据按扫描点顺序依次存入2个一维数组 $h_{1n}[N_i]$ 、 $h_{2n}[N_i]$ ，通过计算宽带激光带宽与激光熔覆方向的角度关系将数组内的高度数据逐个对应，进而得到表示熔覆层的成形层高的分布曲线，将未熔覆层高度数据 $h_{1n}[N_i]$ 与初始标定高度 $h_{10}$ 对比，得到离焦量的变化量；

[0047] S4、根据信息处理单元得到的数据，判断是否符合期望值，如何则不做调整继续监测，不符合则反馈调节激光熔覆工艺参数及加工轨迹。

[0048] 步骤S3中得到表示熔覆层的成形层高的分布曲线的方法为：

[0049] 根据两个数组中相对应的高度数据的差值建立曲线，其公式为：

$$[0050] \quad \Delta z = \frac{z_0(\lambda_{2n}\lambda_{1n}[N_i + DN/\tan(\vec{a}, \vec{b})] - \lambda_{1n}\lambda_{2n}[N_i])}{\lambda_{1n}\lambda_{2n}}$$

[0051] 其中， $z_0$ 为位移传感单元激光发射平面到加工工件表面的初始定位高度； $D$ 为位移传感单元平行测量线间的距离； $N$ 为位移传感单元每条测量线上的扫描点个数； $h_{10}$ 、 $h_{20}$ 为位

移传感单元到测量点的初始距离分布; $h_{1n}$ 为平行于宽带激光的已熔覆区的传感器测得距离; $h_{2n}$ 为平行于宽带激光的未熔覆区的传感器测得距离。

[0052] 该方法还包括根据位移传感单元实时采集多道搭接激光熔覆的高度分布曲线的方法:搭接区为相邻熔覆区之间的重合区域,确定搭接区与非搭接区的宽度,计算搭接区宽度占单道熔覆层宽度的比例得到搭接率,实时监测宽带激光熔覆的搭接率。

[0053] 在本发明的另一个具体实施例中,如图1和图2所示,采用同轴送粉方式的宽带激光熔覆,高能激光束熔合金粉末,形成宽带激光熔覆熔池1,与基材3上冶金结合形成宽带熔覆层2。宽带激光熔覆熔池形貌监测装置包括:位移传感单元5,两个2D位移传感器通过位移传感单元连接板10、传感器连接臂8和传感器连接法兰7,相互成 $180^\circ$ 夹角环绕安装在同轴送粉头6周围,其投射出长度多倍于激光带宽的静态测量线与宽带激光熔覆熔池平行且以极小间距分布于两侧,传感器感光矩阵接受该静态测量线的漫反射光线,用于测量平行于宽带激光熔覆熔池已加工区域和即将加工区域的高度分布数据。2D位移传感单元的内部控制器将采集到的信息处理后输出;2D位移传感器采用Micro-Epsilon公司的scanCONTROL高速型2D位移传感器,设置采样频率为 $1000\text{Hz}\sim 1200\text{Hz}$ ,平行于宽带激光熔池的采样线在加工表面的长度为宽带激光光斑带宽长度的 $2\sim 3$ 倍,每条采样线上的扫描点数为 $40\sim 50$ 个/mm。

[0054] 图像传感单元4由工业摄像机、镜头及滤光系统组成,两个图像传感单元通过图像传感单元连接板9、传感器连接臂8和传感器连接法兰7,环绕安装在同轴送粉头6周围,用于采集宽带激光熔覆过程中两个不同方向上熔池形貌图像,传感器连接臂8可在传感器连接法兰7的导轨凹槽内滑动并通过螺钉固定,调节图像传感单元工作位置;工业摄像机采用BASLER公司的acA1300-30uc型CCD工业彩色摄像机,分辨率为 $1296\times 966$ 像素,CCD靶面尺寸为 $1/3''$ ,滤光系统由中心波长为 $808\text{nm}$ ,半带宽为 $10\text{nm}$ 的窄带滤光片与中性减光片组成。

[0055] 信息处理单元,采集所述的位移传感单元5的高度数据和图像传感单元4的熔池图像,确定宽带激光熔覆在垂直于轴心的投影面上的运动方向以及宽带激光带宽方向,实时计算并显示宽带矩形熔池的面积及三维尺寸、成形层高、离焦量和搭接率。

[0056] 参见图4,本发明针对宽带激光熔覆的多传感器协同监测方法,包括如下步骤:

[0057] 步骤1:调整传感器连接臂8、图像传感单元连接板9、位移传感单元连接板10,使位移传感单元4及图像传感单元5位于合适的工作位置及工作角度,测量两个2D位移传感器至基材3表面的距离 $h_{10}$ 、 $h_{20}$ ,设置平行于宽带激光熔池的采样线在加工表面的长度为宽带激光光斑带宽长度的 $2\sim 3$ 倍,每条采样线上的扫描点数为 $40\sim 50$ 个/mm,标定所述的工业摄像机的内外参数,输入信息处理系统作为初始标定值;

[0058] 步骤2:激光熔覆开始后,所述位移传感单元4采集平行于宽带激光熔池的高度数据 $h_{1n}$ 、 $h_{2n}$ ,所述图像传感单元5采集宽带激光熔覆过程中两个不同方向上熔池形貌图像,并转化成数字量传输给信息处理系统;

[0059] 步骤3:所述信息处理系统融合步骤2中多个传感器所采集的数据,根据熔池图像信息实时重构熔池三维形貌,计算矩形熔池1的面积及三维尺寸,并确定宽带激光熔覆在垂直于轴心的投影面上的运动方向以及宽带激光带宽方向,分别标记为向量 $\vec{v}_1$ 、 $\vec{v}_2$ 。信息处理系统将2组高度数据按采样线上扫描点顺序依次存入2个一维数组 $h_{1n}[\text{Ni}]$ 、 $h_{2n}[\text{Ni}]$ ,通过计算宽带激光带宽与激光熔覆方向的角度关系将数组内的高度数据逐个对应,它们的差值



所建立的曲线即为当前熔覆层的高度分布。将实时采集的未熔覆层高度数据 $h_{1n}[Ni]$ 与初始标定高度 $h_{10}$ 对比,则能得到离焦量的变化量。

[0060] 步骤4:根据数据处理得到的宽带激光熔覆的熔池形状及尺寸、熔覆层高、成形高度、离焦量和搭接率,判断是否符合期望值,符合则不做调整继续监测,不符合则反馈调节激光熔覆工艺参数及加工轨迹。

[0061] 为了对本发明进一步的了解,现对其测量原理做一说明。

[0062] 2D位移传感器基于光学三角测量原理,将一条静态激光线投射到被测物表面,传感器感光矩阵接受该激光线的漫反射光线,计算获得传感器到被测物的距离信息。将两个2D位移传感器相互成 $180^\circ$ 夹角环绕安装在同轴送粉头6周围,它们投射出的两条激光线与宽带激光熔覆熔池1平行且分布于两侧,激光线须靠近熔池以提高测量精度和测量实时性,激光线长度设置为宽带激光光斑带宽长度的2~3倍,将激光熔覆熔池1几近全包围。宽带激光熔覆轨迹具有特殊性,熔覆方向必须与带宽方向形成一定角度,因此,无论同轴送粉头6往任意方向运动,宽带激光熔覆熔池1快速凝固后形成的熔覆层2都会其中一个2D位移传感器的激光扫描线测量到,同时分布于激光熔池另一侧的2D位移传感器就能测量到未熔覆区的高度数据。根据图像传感单元采集到的熔池图像,确定宽带激光熔覆在垂直于轴心的投影面上的运动方向以及宽带激光带宽方向,将两条测量线上的采样点逐个对应计算当前熔覆层的高度,与初始标定值对比得到离焦量的变化。多道搭接过程中,2D位移传感器测量线超出激光带宽的部分用于测量搭接区的高度数据,与非搭接区的高度进行比较,监测搭接率对成形质量的影响。

[0063] 根据以下公式将所述位移传感单元采集的距离信息转化成熔覆层成形层高的分布曲线:

$$[0064] \quad \Delta z = \frac{z_0 (h_{20} h_{1n} [N_i + DN / \tan(\overline{m}, \overline{n})] - h_{10} h_{2n} [N_i])}{h_{10} h_{20}}$$

[0065] 其中, $z_0$ 为所述2D位移传感器激光发射平面到加工工件表面的初始定位高度; $D$ 为所述2D位移传感器平行测量线间的距离; $N$ 为所述2D位移传感器每条测量线上的扫描点个数; $h_{10}$ 、 $h_{20}$ 为所述2D位移传感器到测量点的初始距离分布; $h_{1n}$ 为平行于宽带激光的已熔覆区的传感器测得距离; $h_{2n}$ 为平行于宽带激光的未熔覆区的传感器测得距离。

[0066] 图像传感单元4环绕安装在同轴送粉头6周围,采集宽带激光熔覆熔池的图像。对采集到的图像进行预处理:坐标变换分离熔池正面图像与侧面图像,裁剪图像突出熔池区域并减少数据计算量,图像滤波消除噪声,然后生成灰度图像;分析熔池图像灰度分布设定合适阈值,分割图像初步检测熔池形貌;用Sobel算子提取熔池边缘。通过熔池边缘图像的像素点大小计算熔池的面积及三维尺寸,并确定宽带激光熔覆在垂直于轴心的投影面上的运动方向以及宽带激光带宽方向。综合分析位移传感单元与图像传感单元处理得到的数据,判断是否符合期望值。

[0067] 应当理解的是,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

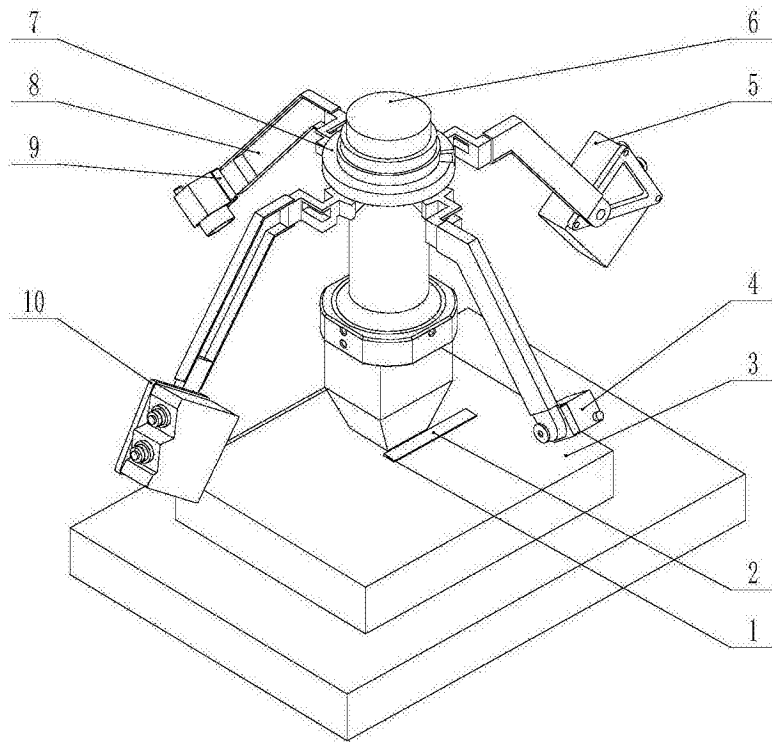


图1

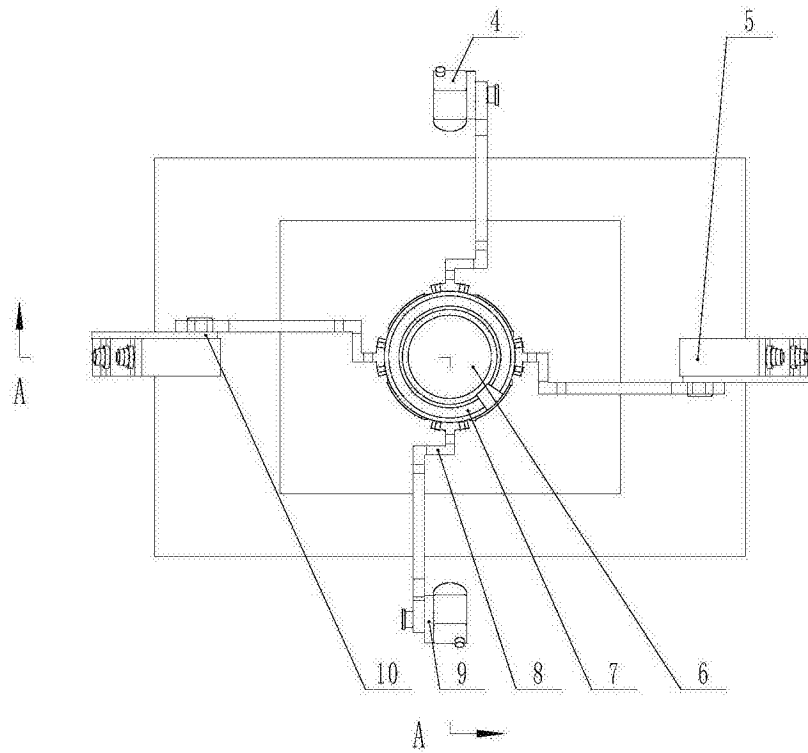


图2

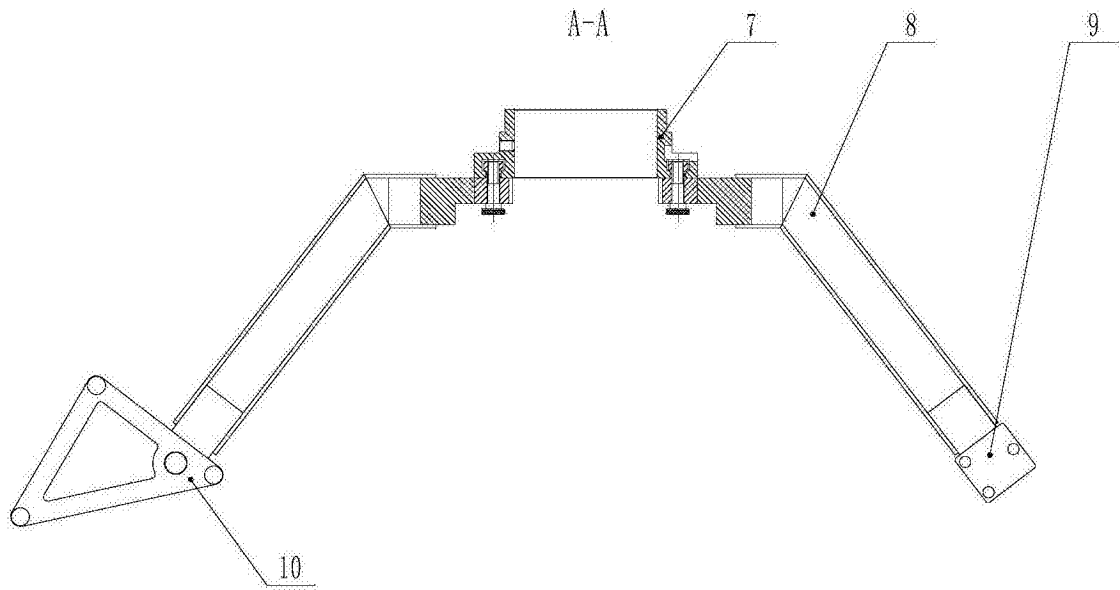


图3

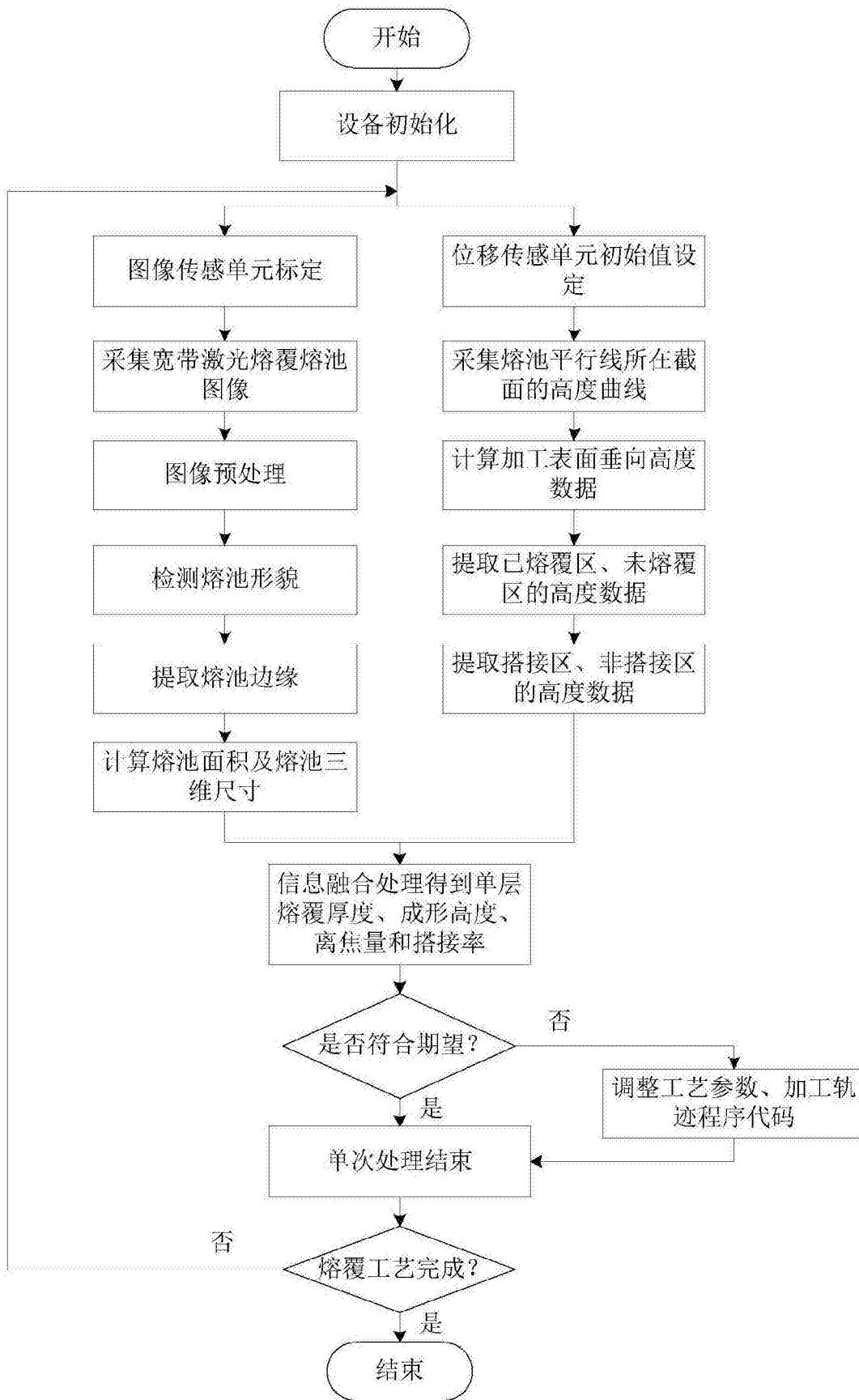


图4