



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112059385 A

(43) 申请公布日 2020.12.11

(21) 申请号 202010822912.2

(22) 申请日 2020.08.14

(71) 申请人 湘潭大学

地址 411105 湖南省湘潭市雨湖区羊牯塘
27号湘潭大学

(72) 发明人 洪波 熊昊 林健 刘锦 向垂悦

(51) Int. Cl.

B23K 10/02 (2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种磁控等离子弧熔丝增材制造的层高实时控制方法

(57) 摘要

本发明涉及公开了一种磁控等离子弧熔丝增材制造的层高实时控制方法,该方法通过视觉传感器和激光位移传感器对熔丝增材制造过程进行实时层高监测,对高度数据进行处理得高度误差信号,通过调整磁场大小来调节等离子弧柱压缩程度,从而控制单位时间内沉积层金属的熔覆量,实现磁控等离子弧熔丝增材制造的层高实时控制。

1. 一种磁控等离子弧熔丝增材制造的层高实时控制方法,其特征是:由视觉传感器和激光位移传感器对熔丝增材制造过程进行实时层高监测,对高度数据处理得高度误差信号,通过调整磁场大小来调节等离子弧柱压缩程度,从而控制单位时间内沉积层金属的熔覆量,实现层高实时控制。

2. 根据权利要求1所述一种磁控等离子弧熔丝增材制造的层高实时控制方法,其特征是:预设出每层熔覆量高度 h_0 ,熔覆时,激光位移传感器反馈每层实时熔覆高度 h_1 ,视觉传感器反馈每层实时熔覆高度 h_2 ,将层高数据 h_1 、 h_2 ,经过与预设熔覆量高度 h_0 分别比较处理得 $\Delta h'$ 、 $\Delta h''$,对 $\Delta h'$ 、 $\Delta h''$ 求取算数平均数并记作 Δh ,将其作为高度误差信号来调整磁场大小,进而调节等离子弧柱压缩程度,对下一层熔覆高度作相应调整,实现磁控等离子弧熔丝增材制造的层高实时控制。

一种磁控等离子弧熔丝增材制造的层高实时控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属构件的增材制造技术领域,具体涉及一种磁控等离子弧熔丝增材制造的层高实时控制方法。

背景技术

[0002] 增材制造技术兴起于上世纪八十年代,集成了数字化技术、机械加工技术和材料科学等现代科技成果,是一种“自下而上”材料累加的制造方法,可快速精密地制造出传统加工方法所不能实现的任意复杂形状零件,最大优势在于减少了工序,缩短了加工周期,大大节约了原材料,广泛应用于精密仪器、航空航天、医疗器械等高精度制造领域。

[0003] 金属高性能增材制造技术被业内普遍看作是增材制造技术领域最具难度的前沿发展方向,也是最直接的可服务于装备制造业的成形技术。金属增材制造技术可分为激光、电子束、电弧三类,激光、电子束增材制造技术用于快速成形小尺寸精密复杂的构件,而电弧增材制造技术用于大尺寸形状较复杂构件的低成本、高效快速成形。

[0004] 等离子电弧能量密度大、电弧方向性强、熔透能力强,加入磁场后电弧具有良好的可控性和调节性,将磁控等离子弧用于增材制造,可实现大尺寸形状较复杂构件的高效快速良好成形。

[0005] 对于电弧增材制造过程检测和控制相关的技术已有一些人研究,中国专利CN 108296618公开了用于丝材等离子弧增材制造的激光测距装置及测控方法,将激光位移传感器固定在等离子焊枪上,使激光位移传感器、等离子焊枪与堆敷体位于同一垂直平面,焊前测量传感器与待堆敷层初始距离 L_1 ,焊后测量传感器与堆敷体距离 L_2 ,两者作差即当前堆敷层层高 H ,对焊枪作相应调整。此方案单一从焊枪上固定的激光位移传感器对层高数据判断处理,同时传感器位置距离电弧太近,焊接飞溅对传感器的测量有极大影响,不能很好对层高数据进行采集。

[0006] 中国专利CN 105033408公开了GMA增材制造双被动视觉传感器检测装置及检测方法,通过两个视觉传感器的不同位置摆置,分别对堆积高度与宽度监测进而实现控制。其中图像传感器对于高度的监测范围是喷嘴到堆积熔池的底部,这就导致后期还需对弧长数据进行复杂处理,且电弧可能存在发散、扭转等,不易于获得堆积高度数据。

[0007] 中国专利CN 105904070公开了一种等离子弧填丝增材制造钛合金结构的方法,根据所需焊丝直径确定成型参数,确定等离子弧喷嘴、基板与焊丝之间的相对位置,选定送丝速度与等离子弧移动速度的比值以及单层提升量与焊丝直径的比值,实现增材制造全过程。想法创新独特,但单一从焊丝直径确定一系列焊接参数,没有考虑其它因素对增材制造实时状况的影响,不能很好对工况进行监测并作出相应调整。

[0008] 故本专利提供一种可实时监测增材制造过程,并依据高度误差反馈信号作出磁场大小调整,实现熔丝增材制造的层高精确控制。

发明内容

[0009] 本发明的目的是克服电弧熔丝增材制造过程中的难点,提供一种磁控等离子弧熔丝增材制造的层高实时控制方法。

[0010] 本发明的目的通过以下技术方案实现:

[0011] 该焊接方法主要由视觉传感器和激光位移传感器对熔丝增材制造过程进行实时层高监测,对高度数据处理得高度误差信号,通过调整磁场大小来调节等离子弧柱压缩程度,从而控制单位时间内沉积层金属的熔覆量,实现层高实时控制。

[0012] 其中高度误差信号通过以下步骤获得:

[0013] 首先预设出待成形件的每层熔覆量高度 h_0 ,在熔丝增材制造过程中,激光位移传感器反馈每层实时熔覆高度 h_1 ,正面放置的视觉传感器反馈每层实时熔覆高度 h_2 ,将层高数据 h_1 、 h_2 分别与预设熔覆量高度 h_0 比较处理后,得 $\Delta h'$ 、 $\Delta h''$,接着对 $\Delta h'$ 、 $\Delta h''$ 求取算术平均数并记作 Δh ,其中 $\Delta h' = h_1 - h_0$, $\Delta h'' = h_2 - h_0$, $\Delta h = (\Delta h' + \Delta h'') / 2$, $\Delta h > 0$ 说明实时熔覆高度超过预设层间高度; $\Delta h < 0$ 说明实时熔覆高度低于预设层间高度。

[0014] 在得到实时熔覆高度误差信号后,对下一个熔覆层高度作出调整,当第 n 层熔覆高度与预设层间高度比较时有 $\Delta h > 0$,第 $n+1$ 层熔覆高度为 $h_0 - \Delta h$,同时减少磁场的激磁电流来减小等离子弧柱压缩程度,当第 n 层熔覆高度与预设层间高度比较时有 $\Delta h < 0$,第 $n+1$ 层熔覆高度为 $h_0 + \Delta h$,同时增加磁场的激磁电流来增大等离子弧柱压缩程度。

[0015] 通过上述方法控制单位时间内单位高度沉积层金属的熔覆量,实现磁控等离子弧熔丝增材制造的层高实时控制。

附图说明

[0016] 图1整体示意图

[0017] 图2高度反馈控制系统框图

[0018] 图3制造流程图

具体实施方式

[0019] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步详细的描述。

[0020] 本发明提出一种磁控等离子弧熔丝增材制造的层高实时控制方法,该焊接方法主要由视觉传感器和激光位移传感器对熔丝增材制造过程进行实时层高监测,如图1所示,对高度数据处理得高度误差信号,通过调整磁场大小来调节等离子弧柱压缩程度,从而控制单位时间内沉积层金属的熔覆量,完成图2所示反馈控制,实现层高实时控制。

[0021] 其中高度误差信号通过以下步骤获得:

[0022] 首先预设出待成形件的每层熔覆量高度 h_0 ,在熔丝增材制造过程中,使光敏面与接受透镜的光轴垂直,使成像透镜工作在近轴状态, θ 为激光束与透镜光轴的夹角, O 作为测量层高的基点, f 是成像透镜的焦距,激光束经聚焦后入射到层面上,其漫反射光经成像透镜形成光斑成像在光电探测器上,高度距离变化引起探测器光敏面上像点位移 Δx ,所以激光位移传感器测得实时熔覆高度 $h_1 = \frac{a \cdot \Delta x}{b \cdot \sin \theta \pm \Delta x \cdot \cos \theta}$ (其中 a 为透镜与被测层面直线距离, b 为透镜与光电探测器直线距离),正面放置的视觉传感器通过合适的滤光片并辅助于减光片

来降低弧光的强度,对焊接图像进行采集,之后依次对焊接图像进行预处理、边缘检测、边缘扫描、直线拟合等过程,提取出当前熔覆高度 h_2 ,将层高数据 h_1 、 h_2 分别与预设熔覆量高度 h_0 比较处理后,得 $\Delta h'$ 、 $\Delta h''$,接着对 $\Delta h'$ 、 $\Delta h''$ 求取算术平均数并记作 Δh ,其中 $\Delta h' = h_1 - h_0$, $\Delta h'' = h_2 - h_0$, $\Delta h = (\Delta h' + \Delta h'')/2$, $\Delta h > 0$ 说明实时熔覆高度超过预设层间高度; $\Delta h < 0$ 说明实时熔覆高度低于预设层间高度。

[0023] 等离子电弧的弧柱区是一个电阻率并不等于0的等离子体,处于纵向磁场中,总有部分磁力线穿透它,磁场在等离子体中的扩散速度与电阻率成正比,而电弧横截面上的电阻率是不相等的,中心部分温度高而电阻率小,距离电弧中心越远温度越低电阻率越大,因此内外磁场分布不均匀,在电弧周围因电阻率大、磁扩散速度高、磁力线密集、磁感应强度B较大,电弧中心电阻率小扩散速度低,磁力线稀疏,磁感应强度B较小。

[0024] 此外,激磁电流频率越高,磁场变化速度越快,电弧内外磁场分布越不均匀,电弧外部磁力线堆积越多,即非均匀磁场穿过等离子弧区域。带电粒子在非均匀磁场中运动时,以电弧轴线向上方向作为Z轴正方向,有:

$$[0025] \quad \vec{B} = B_0 \left[(1 + \alpha_z) \hat{Z} - \frac{1}{2} \alpha_r \hat{r} \right] = B_z \hat{Z} - B_r \hat{r}$$

[0026] 式中B为磁感应强度, B_z 为沿Z轴的分量, B_r 为沿半径的分量, α_r 、 α_z 皆为微小的参数,表磁场B随r的缓慢变化和随Z轴的缓慢变化。

[0027] 带电粒子q以速度v进入磁场,在柱坐标系下,带电粒子运动速度可表示为:

$$[0028] \quad \vec{v} = -v_r \hat{r} - v_\theta \hat{\theta} + v_z \hat{Z}$$

[0029] 因此带电粒子所受洛伦兹力为:

$$f = qvB = qB_0 \left[(1 + \alpha_z) \hat{Z} - \frac{1}{2} \alpha_r \hat{r} \right] (-v_r \hat{r} - v_\theta \hat{\theta} + v_z \hat{Z})$$

$$[0030] \quad \begin{aligned} &= -qB_0(1 + \alpha_z)v_\theta r - qB_0 \left[\frac{\alpha}{2} v_z r - (1 + \alpha_z)v_r \right] \theta - qB_0 \frac{1}{2} \alpha_r v_\theta Z \\ &= f_r + f_\theta + f_z \end{aligned}$$

[0031] 由此可知,带电粒子以一定的速度进入磁场后,将环绕Z轴作螺旋线运动,其沿Z轴前进的速度逐渐减小,而作回旋运动的速度逐渐增大。因洛伦兹力不做功,故带电粒子动能保持不变:

$$[0032] \quad \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m(v_{\parallel}^2 + v_{\perp}^2) = k$$

[0033] 其中, v_{\parallel} 为与Z轴平行的速度分量, v_{\perp} 为与Z轴垂直的速度分量。

[0034] 求导得:

$$[0035] \quad \frac{dv_{\perp}^2}{dt} = -2v_{\parallel} \frac{dv_{\parallel}}{dt} = -2v_z \frac{dv_z}{dt}$$

[0036] 由于

$$[0037] \quad v_z = \frac{dz}{dt}, f_z = m \frac{dv_z}{dt} = -\frac{1}{2} qB_0 \alpha_r v_\theta, \frac{dB_z}{dt} = \alpha B_0, r = \frac{mv_\theta}{qB_z}$$

[0038] 代入 $\frac{dv_{\perp}^2}{dt} = -2v_{\parallel} \frac{dv_{\parallel}}{dt} = -2v_z \frac{dv_z}{dt}$,可得:

$$[0039] \quad \frac{dv_{\perp}^2}{v_{\theta}^2} = \frac{dB_Z}{B_Z}$$

[0040] 由于 α_r 是一个微小的参数,表示磁场B随r的缓慢变化。所以 $\alpha_r \leq 1$,因而磁场B通常具有一个很大的分量 B_Z 和一个很小的分量 B_r ,故 $B \approx B_Z$ 。

[0041] 带电粒子的径向运动速度分量很小,可近似认为:

$$[0042] \quad v_{\perp} = \sqrt{v_{\theta}^2 + v_r^2} \approx v_{\theta}$$

[0043] 代入 $\frac{dv_{\perp}^2}{v_{\theta}^2} = \frac{dB_Z}{B_Z}$,可得:

$$[0044] \quad \frac{dv_{\perp}^2}{v_{\perp}^2} = \frac{dB}{B}$$

[0045] 积分后可得:

$$[0046] \quad \ln v_{\perp}^2 = \ln B + \ln C$$

[0047] 其中C为常数,即 $C = \frac{v_{\perp}^2}{B}$,

[0048] 带电粒子在非均匀磁场中运动,螺旋半径r随着B的增加而减小,其运动轨迹为一条汇聚螺旋线,螺旋半径r为:

$$[0049] \quad r = \frac{mv_{\perp}}{qB} = \frac{m}{qB} \sqrt{BC} = \frac{m}{q} \sqrt{\frac{C}{B}}$$

[0050] 带电粒子的横向速度分量 v_{\perp} 随着B的增加而逐渐增大。由于 $v_{\perp} = \sqrt{v^2 - v_{\parallel}^2}$,可得:

$$[0051] \quad v_{\perp} = v \sin \theta \sqrt{\frac{B}{B_0}}$$

[0052] 等离子体横向运动的半径受到约束,向两端运动时的半径逐渐缩小,因而等离子体受到磁场的约束。

[0053] 所以在得到实时熔覆高度误差信号后,对下一个熔覆层高度作出调整,当第n层熔覆高度与预设层间高度比较时有 $\Delta h > 0$,第n+1层熔覆高度为 $h_0 - \Delta h$,同时减少磁场的激磁电流来减小等离子弧柱压缩程度,当第n层熔覆高度与预设层间高度比较时有 $\Delta h < 0$,第n+1层熔覆高度为 $h_0 + \Delta h$,同时增加磁场的激磁电流来增大等离子弧柱压缩程度。

[0054] 通过上述方法控制单位时间内单位高度沉积层金属的熔覆量,实现磁控等离子弧熔丝增材制造的层高实时控制。

[0055] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,在不脱离本发明原理的前提下所作的若干改进,都视为本发明的保护范围。

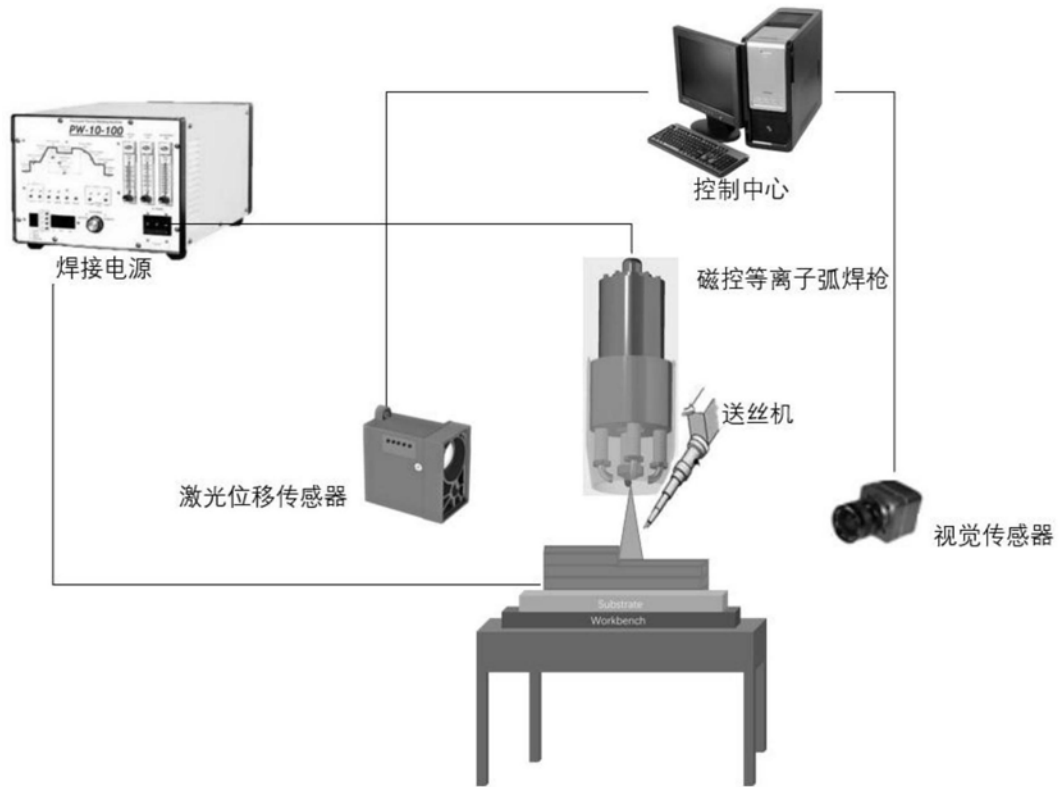


图1

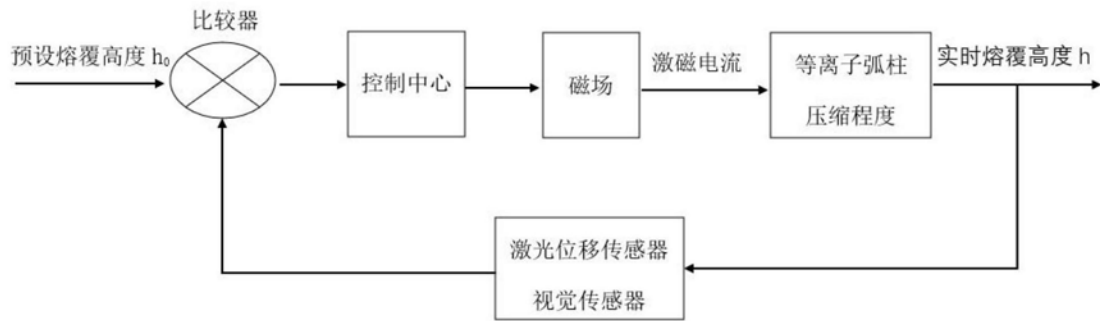


图2

