

● 快速成型技术 ●

TIG 焊快速制造金属体缺陷定位传感系统

罗勇¹, 王富明¹, 张华²

(1. 江西理工大学南昌校区信息工程系, 江西南昌 330013; 2. 南昌大学机电研究所机器人与焊接自动化重点实验室, 江西南昌 330031)

摘要:通过对 TIG 焊快速制造原理及金属体缺陷的分析, 根据含有缺陷的焊缝图像的特点, 提出一种与传统焊接传感系统传感对象不同的金属体缺陷定位传感系统, 并详细介绍了系统组成、工作流程及缺陷判决算法。通过实验证明, 该系统能够高效准确的判决缺陷, 并给出缺陷的详细坐标、大小及定位图像。

关键词:快速制造; 金属体缺陷; 定位传感

中图分类号: TP24; TN247

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2009)15-0121-04

Lacuna Position Sensor System of TIG Welding Rapid Prototyping Metallic Object

LUO Yong¹, WANG Fuming¹, ZHANG Hua²

(1. Jiangxi Science and Engineering University Nanchang Campus Information Engineering Department, Nanchang 330029, China; 2. Robot and Weld Automatization Important Lab, Machine and Electricity Graduate School, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract: TIG welding rapid prototyping principle and metallic object lacuna were analyzed. According to the character of lacunal welding line, the metallic object lacuna position sensor system that was different from the conventional weld sensor system in investigating object was put forward. The system configuration, work flow and lacuna judging arithmetic were detailedly introduced. Base on experiments, the lacunas of metallic object can be effectively and exactly judged by this system. Then, the particular, size and position image of lacunas are presented.

Key words: rapid prototyping; the lacunas of metallic object; position sensor

焊接快速制造是对传统焊接工艺的新应用模式, 金属粉末激光焊接快速制造在国外已成为研究的热门, 但其设备昂贵, 制造工艺相对复杂^[1-2]。国内有许多研究机构提出了基于不同工艺的焊接快速制造方法, 并取得了一些实质的成果^[3]。随着研究的深入^[4], 焊接快速制造过程中的金属体缺陷情况的实时获取成为了当下必须解决的问题, 以便于焊接快速制造的进一步研究。

1 TIG 焊快速制造原理与金属体缺陷分析

1.1 TIG 焊快速制造原理

收稿日期: 2009-02-10

基金项目: 国家“973”资助项目(2005CCA04300); 江西省自然科学基金资助项目(0650092)

作者简介: 罗勇(1981-), 男, 江西南昌人, 讲师, 硕士, 主要研究领域为焊接快速制造及图像处理; 电话: 13870089977; E-mail: luoyong19811020@163.com

TIG 焊快速制造的工作原理: 通过工业控制计算机对金属结构进行造型、模型处理与切片生成 STL 文件后, 生成数控代码, 控制铣床按照一定的轨迹工作。同时将焊炬固定在垂直轴上做垂直运动, 工件在二维工作台上做水平运动, 采用 TIG 电弧作为加热源, 熔化焊丝堆积成型。它与传统焊接过程不同, 传统焊接过程必须先寻找焊缝, 按照焊缝轨迹进行熔焊将工件连接起来, 因此, 传统焊接实际上是有轨对接焊。焊接快速制造是事先设计好轨迹, 严格按照轨迹行走, 将一道一道焊缝堆积成金属体的过程。

1.2 金属体缺陷分析

TIG 焊快速制造过程中金属体产生的缺陷有未熔合、气孔和成型不良。

未熔合是由于焊接快速制造过程中, 预先设定的间距与实际焊缝间距之间存在一定的偏差, 这是由于在设计轨迹时, 通常采用的数据是在焊接过程中获取的, 而当焊缝冷却后, 由于金属的热胀冷缩, 实际制造过程中形成的间距与理论会有一定的偏

差,这样就会造成不熔合,焊缝之间有间隙。

气孔是由于下层焊缝有未熔合现象,且焊缝间隙很小,在继续堆积的过程中,熔融的液态金属不能够完全填入间隙,从而产生气孔。

成型不良是由于堆积的工件板表面生锈或是焊丝中含有杂质,在焊缝堆积的过程中会产生缺陷的现象。

2 TIG 焊快速制造金属体缺陷定位传感系统结构及工作流程

2.1 定位传感系统结构

图1是TIG焊快速制造金属体缺陷定位传感系统结构框图,包括:工业 CCD 传感器、近红外滤光片、带有图像采集卡的工业 PC 机、连接套件、Fronius 公司的数字电焊机 TT2200、Fronius 公司的送丝机 KD4010、华中数控铣床世纪星 HNC-22M。

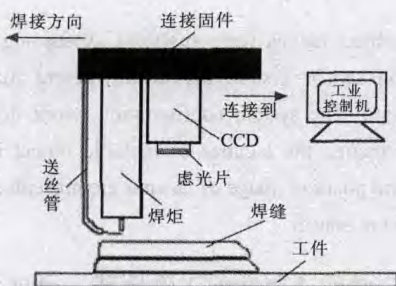


图1 传感系统结构框图

Fig.1 Block diagram of sensor system

由于TIG焊快速制造与传统焊接工艺的特点不同,单条焊缝的焊接参数是不变的,传感器的目的不在于寻找对接缝隙,也不需要观察溶池变化。在实际制造过程中与研究阶段也不同,研究阶段主要是为了获取焊缝宽度参数,从而建立神经网络所需的大量训练库数据,而在制造过程中主要是获取焊缝上出现的特殊情况,即焊缝成型后金属体结构缺陷的位置,并同时获取缺陷中心的坐标和图片,以便于工作人员对缺陷进行处理。

由于传感的对象与以往焊接工艺不同,因此,CCD是被封装在一个带有透射波长为 $611\pm 4\text{nm}$ 滤光片涂有隔热膜的金属屏蔽器内,称为CCD传感器。其位置也与以往不同,CCD中心线与焊炬运动方向相反离焊炬中心线55m的距离垂直向下拍摄,与焊炬底部距离为80mm。CCD传感器位置这样设计是为了能够紧跟刚由熔池凝固成

的焊缝,不受焊接过程中焊炬本身震动及焊接时大电流在工件上产生的电磁波的影响,且这个距离高度的环境温度约为 60°C ,传感器内温度约为 40°C ,不会影响CCD的正常工作。

2.2 工作流程

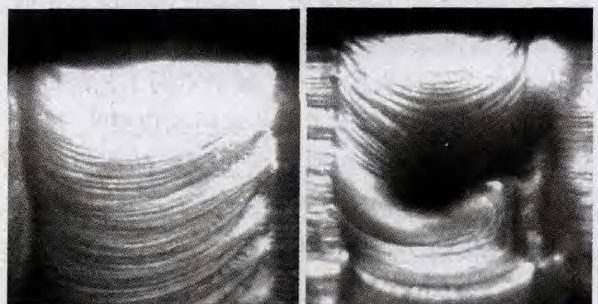
该传感系统的工作流程包括:起弧、CCD开启、焊炬开始行走、获取凝固焊缝图像、通过图像处理判断焊缝是否存在缺陷、若有缺陷记录缺陷中心空间坐标并存储图像、工作人员根据缺陷图像及信息采取相应的修复措施、焊炬停止行走、CCD关闭、熄弧。

由于TIG焊快速制造是一个焊缝堆积的过程,该工艺采用的是低碳钢焊丝,其成型后的结构致密度高于金属粉末成型结构。但低碳钢在成型冷却后容易氧化生锈,必须在尽量短的时间内完成对缺陷情况的获取和修复,以便于下一条焊缝及整个制造的完成。

3 焊缝缺陷传感

3.1 焊缝缺陷的特点

图2(a)图是没有缺陷的正常焊缝图像,(b)图是有缺陷的图像。(b)图中缺陷是在焊缝边界区域,形成向下的凹陷,由于传感器采用的光源是焊接过程的弧光,缺陷处的灰度值在整幅图像中较低,呈黑色。



(a) 正常焊缝

(b) 有缺陷的焊缝

图2 焊缝图像

Fig.2 Image of welding line

3.2 焊缝缺陷的判决流程及算法

焊缝缺陷的判决流程包括:对CCD进行定标,从图像中选定区域,获取缺陷灰度,缺陷区域标示,缺陷中心空间坐标获取。

对CCD进行定标:由于CCD与焊炬底部、钨棒伸出焊炬底部、钨棒到工件的距离是固定的,因此CCD到工件的距离为固定的,在工件上布

上相当于焊缝高度为 2 mm、每个方格边长为 1 mm 的网格,定标结果为每个像素点对应实际物体大小为 0.03×0.03 mm。

为了使数据更为精确,减小镜头的广角效应,在纵向上只对图像中线上下 1/4 区域内及横向上在焊缝区域内进行处理,即对图像进行‘roberts’边缘提取后,选择细节分布较多的区域,这样不仅可以减少图像中的干扰,还可提高算法的效率。

‘roberts’边缘提取算子公式是:

$$\begin{cases} G_x(i,j)=f(i+2,j+2)-f(i+1,j+1) \\ G_y(i,j)=f(i+2,j+1)-f(i+1,j+2) \\ G(i,j)=[G_x^2(i,j)+G_y^2(i,j)]^{1/2} \end{cases} \quad (1)$$

其中: i 是像素横坐标; j 是像素纵坐标; $f(i,j)$ 是原图像像素对应的灰度值; $G(i,j)$ 是算子计算的结果; $G_x(i,j)$ 表示算子横坐标计算向量大小; $G_y(i,j)$ 表示算子纵坐标计算向量大小。

根据图像中缺陷的灰度比较低,搜索图片中选定区域的最低灰度值 a ,对于选定区域进行中值滤波后,以 $a+5$ 作为阈值,对图像进行二值化。将缺陷部分标示为灰度值 255,其他区域灰度值为 0。对二值化图像进行形态学填充去除小物体滤波,即将固定的像素数填入图像中连续区域,若连续区域像素数小于固定的像素数,该连续区域全部像素灰度值为 0。

最后,在标示的缺陷范围内,计算到缺陷区域中每个点距离的算术和最小的点作为缺陷的中心坐标。

图 3 是对图 2 实行缺陷判决算法每一步的结果。(a)图是对图 2 的边缘提取,由于‘roberts’算子对于纵向的细节特别敏感,符合焊缝成型方向。选取纵向上细节像素点数大于平均值的范围内,作为选定区域,如(b)图所示。在选定区域中搜索到最低灰度值为 0,以灰度值 5 作为阈值进行二值

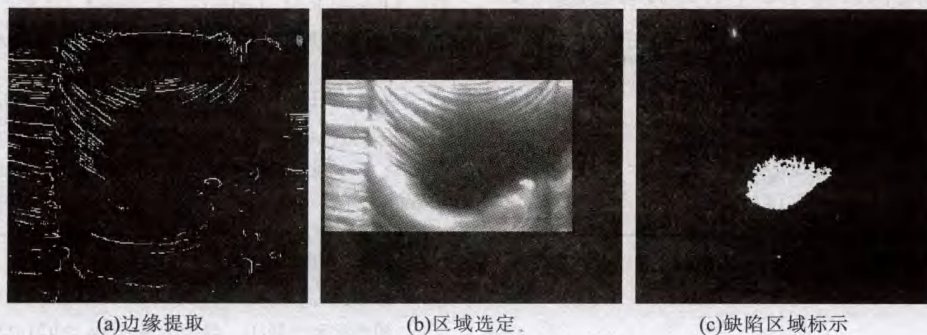


图 3 缺陷判决算法步骤结果

Fig.3 The process results of lacuna judging arithmetic

化,再以灰度为 255 的像素数的 10%为阈值去除小物体滤波,不足 10 的以 10 计。得出连续的缺陷区域如(c)图所示。计算灰度为 255 像素点的坐标到其它灰度为 255 像素点距离的算术和,若值为最小,则标示为缺陷中心。正常焊缝图像缺陷区域

标示为全黑图像。

4 实验结果

图 4 是 TIG 焊快速制造过程中金属体焊缝缺陷定位传感的结果,其缺陷位置均不同。其中

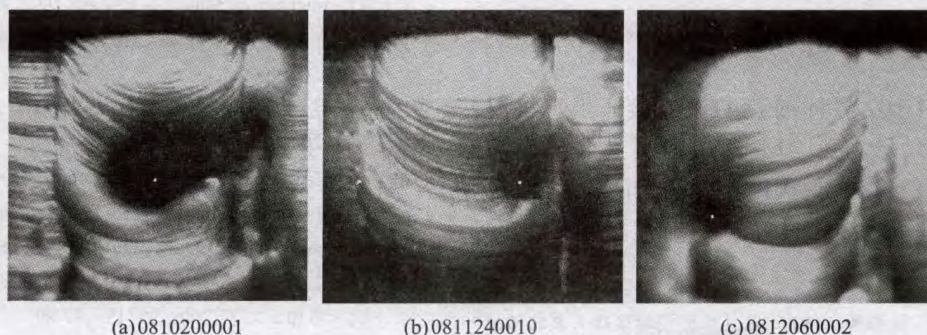


图 4 缺陷判决实验结果

Fig.4 The experiments results of lacuna judging

(a)图是获取图2的缺陷中心后,与图2的融合结果,亮点表示缺陷中心所在。表1为图4中各图中缺陷的信息。

TIG焊快速制造所使用的低碳钢焊丝截面为圆形,其直径为0.8mm。钨棒的顶端为圆台体,尖头的直径为0.9~1mm,这样可使焊丝受热均匀。HNC-22M数控机床的位移精度可设置为0.1mm。

表1中Z方向上的坐标原点以数控机床的设定原点为准,数控机床的设定原点为堆焊起始时钨棒顶端的位置,TIG焊快速制造过程中钨棒顶端的位置与数控机床显示的坐标相同。X方向上的坐标为数控机床在该方向上的坐标与缺陷到图像中心点横坐标距离的代数和。Y方向上的坐标为数控机床在该方向上的坐标与缺陷到图像中心点纵坐标距离的代数和,再减去55mm。图像采集的时间间隔为0.5s,缺陷判决的处理时间为0.48s,堆焊径向行走速度范围为2~8mm/s。传感图像的纵向有效像素为150个,即有效传感长度

表1 焊缝缺陷信息
Tab.1 Information of welding line lacuna

含缺陷图像的名称	X坐标/mm	Y坐标/mm	Z坐标/mm	缺陷面积/mm ²
0810200001	127.15	258.23	6.0	3.2787
0811240010	282.63	125.26	16.0	0.3951
0812060002	78.82	184.17	8.0	0.1233

(上接第116页)

3 结论

TLP连接接头的性能及组织结构与连接时参数的选择有着紧密的联系。在其它工艺参数固定不变的情况下,通过改变保温时间来检验其对TLP连接接头的性能及组织的影响,可以得出以下结论:

(1) 当其他条件一定时,TLP连接在一定的范围内,增加保温时间可以提高接头的力学性能,但是超过了这个范围增加保温时间会使接头的强度下降。

(2) T91/102异种钢管TLP连接,当焊接温度为1250℃、压力为2MPa、中间层是非晶态薄膜LJ2(FeNiCrSiB)、保温时间为3min时,可以得到力学性能、组织结构良好的TLP连接接头。

参考文献:

- [1] 李鹏,郭军,徐德录. T91钢及其异种钢焊接接头裂纹敏感性分析[J]. 电力建设,1999,(7):21-23.
- [2] 陈思杰,井晓天,李辛庚. T91钢管瞬时液相扩散焊接[J].

为4.5mm,可以满足堆焊过程中的传感要求。

5 结论

通过对于实验数据分析,TIG焊快速制造金属体缺陷定位传感系统可以自适应的判断缺陷的存在,及时精确的给出相应缺陷的坐标、大小及图片等信息,方便制造过程中对于缺陷的处理,缩短对于金属体结构制造过程及质量检测时间,减少了金属氧化生锈的时间;无须人为观测金属缺陷,使操作人员免于高温和金属辐射的伤害;同时,极大的降低了操作人员的工作量,进一步提高TIG焊快速制造过程的自动化程度,推进了焊接工艺在新领域发展的步伐。

参考文献:

- [1] Toshihide Horii, Soshu Kiriara, Yoshinari miyamoto. freeform fabrication of Ti-Al alloys by 3D micro-welding [J]. Intermetallics, 2008,16(11): 1245-1249.
- [2] Miranda R M, Lopes G, Quintino L, et al. Rapid prototyping with high power fiber lasers [J]. Materials & Design, 2008,29(10): 2072-2075.
- [3] 李振岗,朱彤,张建勋. 基于机器人CO₂气体保护焊的直接堆焊成形研究[J]. 焊接技术,2007,36(2):17-20.
- [4] 张光云,张华,胡璐华,等. 熔焊快速成型中焊缝下塌问题的研究[J]. 热加工工艺,2007,36(19):26-29. [4]
- [5] 2004,焊接学报,25(6):73-76.
- [3] 陈思杰,井晓天,李辛庚. 不同中间层TLP连接T91钢管的组织性能[J]. 焊接学报,2006,27(2):77-80.
- [4] 陈思杰,井晓天,李辛庚. 20钢管的瞬时液相扩散焊工艺研究[J]. 热加工工艺,2003,(6):37-38.
- [5] 陈思杰,王振江,刑增为. 20钢瞬时液相扩散焊熔元素的扩散过程研究[J]. 热加工工艺,2008,37(19):105-106.
- [6] 陈思杰,井晓天,李辛庚. 工艺参数对T91钢管TLP连接组织和性能的影响[J]. 材料科学与工艺,2006,14(4): 341-342.
- [7] Cam G,Kocak M. Progress in joining advanced materials [J]. International Materials Review,1998,43(1):1-30.
- [8] 李志远,钱乙余,张九海. 先进连接方法[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
- [9] 任家烈,吴爱萍. 先进材料的连接[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
- [10] Zhou Y. Analytical modeling of isothermal solidification during transient liquid phase (TLP) bonding [J]. Journal of Materials Science Letters,2001,(20):841-844.
- [11] 陈思杰,高增. 异种材料瞬时液相扩散焊过程的非对称性[J]. 热加工工艺,2008,37(15):87-89.
- [12] 北野健次,小沟裕一. 钢管のアモルフアス高速接合システム[J]. 配管技术,1989,(5):65-70. [4]