

新型激光熔覆冷却装置设计

柳青, 李扬, 付建巍

沈阳精新再制造有限公司

摘要: 在激光熔覆过程中, 温度是影响熔覆层质量及熔覆效率的主要因素。现有的温度控制方法主要通过调整工艺参数、物理冷却熔覆头喷嘴等方式实现, 普遍存在熔覆效率低和温度控制效果差等问题。本文提出了通过冷却装置实现对基板或工件进行物理冷却的温度控制新方法, 该装置可有效控制熔覆温度, 提高激光熔覆质量及效率。

关键词: 激光熔覆; 冷却装置; 温度控制; 熔覆层质量

中图分类号: TG665; TH161

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1000-7008.2019.04.023

Novel Cooling Device for Laser Cladding

Liu Qing, Li Yang, Fu Jianwei

Abstract: In laser cladding process, temperature is the main factor affecting the quality and efficiency of cladding. The existing temperature control methods are mainly realized by means of process parameter adjustment, physical cooling of the cladding nozzle and so on, resulting in such problems as low efficiency and poor temperature control. A novel temperature control method is proposed through applying the proposed cooling device to physically cool the substrates or workpieces. The device can effectively control the cladding temperature and improve the quality and efficiency of laser cladding.

Keywords: laser cladding; cooling device; temperature control; quality of cladding layer

1 引言

激光熔覆技术是一种随大功率激光器的发展而兴起的全新表面改性技术, 涉及光、电、计算机、材料、化学和物理等多个领域。该技术是利用激光熔覆成型可以直接制造具有一定功能特性、组织良好、致密的零件或模具, 在汽车、航空航天、医疗和再制造等领域中重要零件的加工制造、复杂异形零件的维修、研发、快速模具制造以及军工企业的高精端武器的研发制造方面都有涉足^[1]。

在激光熔覆过程中, 粉末经同轴送粉喷嘴喷出到达基体表面, 通过吸收激光能量熔化与基体吸收能量熔化共同形成熔池。喷嘴按照计算机控制的扫描路径运行, 送粉器送达基体表面的粉末吸收光能不断熔化并快速凝固, 从而实现成型制造、表面修复等。在整个加工过程中, 为保证熔覆层质量, 要求熔覆时基板及工件的温度不能过高, 但由于激光熔覆过程中不能采用传统的油冷降温方法, 且熔覆过程中基板及工件吸收激光的能量散失速度慢, 并随着能量的积累温度逐渐升高, 将导致基板及工件翘曲, 影响熔覆精度; 基板及工件温度的升高也将导致熔覆过程中熔覆层沿 Z 轴方向增长缓慢甚至失败坍塌, 在很大程度上影响激光熔覆加工质量。因此, 通

过控制激光熔覆温度, 防止基板及工件翘曲变形、保证熔覆层沿 Z 轴方向上的增长以及防止坍塌在熔覆工艺中至关重要^[2-5]。激光熔覆工艺见图 1。

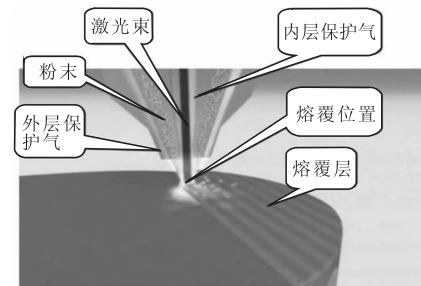


图 1 激光熔覆工艺

2 激光熔覆温度控制

由于熔覆质量对熔覆温度敏感, 为了获得稳定的熔覆质量, 国内外很多学者在熔覆温度控制方面做了大量研究。总结国内外相关研究成果, 按其原理可划分为两种控制方式: ①基于熔覆工艺参数调整的温度控制方式; ②基于物理冷却技术的熔覆温度控制方式。

2.1 基于工艺参数调整的温度控制

国外激光熔覆技术研究始于上世纪 80 年代, 在激光熔覆温度控制研究方面取得了较多成果, 现已应用于工业生产中。B. Grnenwald 等^[6]的研究表明, 利用高温计对熔池温度进行检测及比例-积分

分—微分数学算法形成闭环反馈控制,可以实现适时调整激光器功率并保证熔池温度的稳定;L. Li 等^[7]采用 CCD 技术对激光熔覆过程进行动态图像采集,并实时调节放电电流来控制激光器的输出功率,最终实现了对熔池温度的稳定控制;美国密歇根大学的 J. Mazumder 等^[8]利用数字显微镜(DMD)技术,结合 DMD 反馈控制系统实现激光功率实时调节,保证了熔覆温度的稳定性^[9]。

我国对激光熔覆技术的研究起步较晚,始于 20 世纪 90 年代。在激光熔覆温度控制研究方面,总体水平与国外相比还不成熟,研究成果还没有广泛应用于工业生产中。近年来,随着激光熔覆技术在我国航空航天、军工、汽车和再制造等领域的广泛应用,国内部分科研单位在熔覆温度控制研究方面也取得了长足进步。上海交通大学的周广才等^[10]开发了熔池温度闭环反馈控制系统,通过温度传感器检测熔池温度并与工艺要求温度对比,将其差值反馈给系统实时调节工艺参数,实现了熔池温度的控制;中科院沈阳自动化研究所的姜淑娟等^[11]采用 CCD 相机采集熔池图像,用计算机分析出熔池温度,然后经 PID 对熔池温度进行控制。

综上所述,基于工艺参数的温度控制方法,通过传感器、CCD 和数字显微镜(DMD)等检测技术对熔覆区温度进行实时监测,经计算机按指定算法分析对比后,控制调整熔覆扫描执行机构形成闭环反馈控制,可以实现对熔覆过程中激光功率、扫描速度、送粉量等工艺参数的实时调整,进而实现对熔覆温度的稳定控制^[9,12,13]。

2.2 物理冷却温度控制

在激光熔覆过程中,激光头喷嘴紧邻基板或工件熔池区,受激光束和熔池区热量影响,喷嘴易烧蚀变形,直接导致喷嘴口堵塞,进一步加剧熔池温度的升高,所以对激光头喷嘴处的温度控制至关重要。国内学者在激光头喷嘴冷却方式、结构方面做了大量研究,研究表明该方式具有一定的冷却效果。

激光头喷嘴冷却结构如图 2 所示,冷却喷嘴由喷嘴芯、中间套和外套构成。喷嘴芯锥形内孔为激光束通道,喷嘴芯与中间套之间的间隙为送粉通道,中间套与外套之间的间隙构成环形冷却水腔。外套上对称布置进水口和出水口,冷却水从进水口流入,流经环形水腔后由出水口流出,从而实现对喷嘴末端的强制循环冷却,有效冷却喷嘴。在喷嘴处增加温度传感器,结合监测控制系统自动调节冷却水流量,可实现对喷嘴温度的稳定控制^[14]。

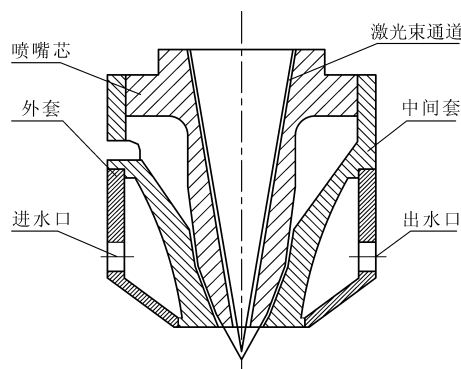


图2 激光头喷嘴冷却结构

3 新型熔覆冷却装置结构

激光熔覆温度控制技术的研究主要针对降低激光加工喷嘴温度和调整熔覆工艺参数两个方面开展,鲜见有针对工件或基板的降温技术研究。工件或基板的温度控制为影响激光熔覆质量及效率的重要因素,用于激光熔覆过程中控制基板或工件温度的冷却装置见图 3。

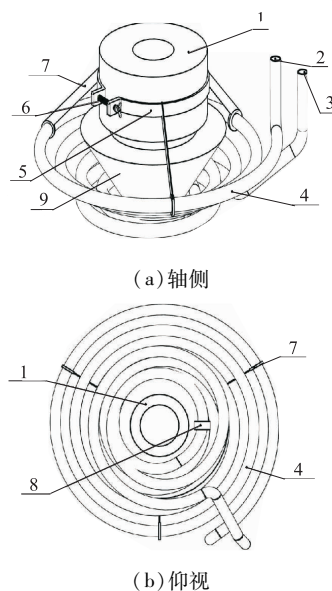


图3 新型激光熔覆冷却装置结构

螺旋冷水管螺旋围绕在激光加工头及喷嘴附近,其中心线与激光加工头及喷嘴中心线位于同一直线上。螺旋冷水管设有水平圆管和沿垂直方向的螺旋管,其底部为水平圆管,上部为与喷嘴斜面平行的螺旋管,端口处分别为出水口和进水口。激光加工头的外侧设有高刚性、高强度的开口锁紧环,与激光加工头通过螺钉螺纹紧固连接。沿激光加工头中心线对称布置有三个可拆卸的高刚性、高强度连杆,

其一端卡在锁紧环上,另一端与螺旋冷水管固定连接。螺旋冷水管与激光加工头通过连杆和锁紧环实现连接,跟随激光加工头一起完成熔覆过程。螺旋冷水管的底部设有温度传感器,通过带有开口的刚性环与螺旋冷水管连接。温度传感器外接电源,并将温度信号转化为电信号,当温度高于某一设定值时自动打开进水口,便于控制螺旋冷水管中冷却水的流速。

4 新型熔覆冷却装置工作过程

新型熔覆冷却装置的优点:①装置通过螺旋冷水管围绕在加工头与工件表面,降低周围环境温度,增加工件散热能力,减少内部热应力,在一定程度上控制熔覆成型组织和减少试件缺陷;②螺旋冷水管采用螺旋锥形结构设计,便于散热,冷却效果良好;③熔覆过程中,通过检测外部温度来控制冷却水流速,使熔覆区温度处于所需的动态平衡温度附近;④工作时,螺旋冷水管中冷却水从上往下流,热空气往上,冷空气往下,螺旋管的水流方向也与温度散热方向形成一定对流,可以加速散热;⑤冷水管的尺寸形状对激光熔覆加工位置影响较小,降低了工件表面温度,可有效提高熔覆效率以及熔覆速度,降低次品率;⑥该冷却装置结构简单,拆装方便且制造成本低,易于制造和推广。

在激光熔覆过程中,冷却装置随喷嘴按照计算机控制的扫描路径运行。随着熔覆温度的升高,螺旋冷水管底部的温度传感器将测量的温度信号转化为电信号。当温度高于某一设定值后控制电磁换向阀自动打开进水口。冷却水从进水口进入螺旋冷水管,并沿螺旋管方向到达零件或基板表面,吸收热量后再通过出水口进入制冷水箱内,形成一个外部循环冷却系统。在冷却过程中通过温度传感器和流量阀控制冷却水的速度和流量,可快速降低零件表面温度。

5 结语

目前激光熔覆温度控制方法中缺少对工件或基板温度控制的研究,本文设计了一种新型激光熔覆冷却装置,该装置安装有螺旋冷水管和温度传感器等元件。当熔覆温度高于某一设定值时,冷却水从进水口进入螺旋冷水管,沿着螺旋管方向到达零件

或基板表面,吸收热量后再通过出水口进入制冷水箱内,形成一个外部循环冷却系统。该系统实现了冷却水与熔覆区域的热量交换,可有效控制熔覆区温度,提高熔覆质量及效率。

参考文献

- [1]徐滨士,董世运,朱胜,等.再制造成形技术发展及展望[J].机械工程学报,2012,48(15):96-105.
- [2]张红军,钟敏林,刘文今,等.高汇聚温度显示激光快速制造同轴送粉喷嘴的研制[J].应用激光,2004,24(6):380-382.
- [3]许明三,江吉彬,张宁,等.40Cr基体温度对激光熔覆Cr18Ni8Mo2Si的影响[J].福建师范大学学报(自然科学版),2017,3(2):38-43.
- [4]张瑞珠,李林杰,唐明奇,等.激光熔覆技术的研究进展[J].热处理技术与装备,2017,38(3):7-11.
- [5]谢玉萍,师文庆,黄江,等.激光熔覆技术研究现状及应用[J].装备制造技术,2017(6):50-53.
- [6]B Grnenwald,S Nowotny,W Henning,et al. New technological development in laser cladding[C]//SPIE,1993,2306:934-944.
- [7]L Li,W M Steen,P Modern. Melt pool behavior monitoring and adoptive control of laser surface treatment through machine vision[C]//SPIE,1993,2306:372-381.
- [8]J Mazumder,D Dutta,N Kikuchi,et al. Closed loop direct metal deposition:art to part[J]. Optics & Lasers in Engineering,2000,34(4-6):397-414.
- [9]胡晓冬,于成松,姚建华.激光熔覆熔池温度监测与控制系统的研究现状[J].激光与光电子学进展,2013(12):31-37.
- [10]周广才,孙康锴,邓琦林.激光熔覆中的控制问题[J].电加工与模具,2004(2):39-43.
- [11]姜淑娟,刘伟军.金属粉末激光成形过程中的熔池温度场[J].仪器仪表学报,2007,28(4):5-8.
- [12]陈殿炳,邓琦林.激光熔覆熔池检测控制技术的进展[J].电加工与模具,2014(5):45-49.
- [13]张荣华,宋立军.激光增材制造熔池温度实时监测与控制[J].应用激光,2018,38(1):13-18.
- [14]彭如意,罗岚,刘勇,等.同轴送粉器喷嘴研究进展[J].激光与光电子学进展,2017(8):37-45.

第一作者:柳青,硕士,沈阳精新再制造有限公司,110142 沈阳市

First Author:Liu Qing,Master,Shenyang Precision and Re-manufacture Co.,Ltd.,Shenyang 110142,China