

激光熔覆技术及工业机器人应用研究

高士祥 陈奎任 董文静 尤明宇 刘润莹
辽宁科技大学 辽宁 鞍山 114010

摘要: 激光熔覆技术属于激光加工技术,可以对传统焊接、喷涂等工艺方法的缺乏进行有效弥补。通过激光熔覆技术的应用,能够实现基础材料表面的有效性修复和改性,满足基础材料的特定性能需求,进而节约材料,减少成本投入,在电力、冶金、五金等工业行业发挥了重要作用。文章主要对激光熔覆技术的研究现状进行分析,并探究该技术在工业中的应用要点,从而进一步提高激光熔覆技术应用水平,推动工业生产效率和质量的提高。

关键词: 激光熔覆技术; 工业应用; 研究现状

随着工业水平的提高,工业生产质量和效率要求越来越高,同时对工业生产工艺技术提出了更高的要求。激光熔覆技术的应用,能够在基材表面形成细密的熔覆层组织,且材料可选择性较高,能够满足工业生产中的耐高温性、高硬度等性能要求,在航空航天、重型机械等工业行业发挥了重要作用。在现代化科学技术支持下,激光熔覆技术不仅可以在零件外表面进行修复和改性,且可以深入到管道内部进行熔覆。

1 激光熔覆技术概念、特点

激光熔覆技术属于激光修复技术,是表面改性技术的创新和优化。在该技术应用中,主要是在基材表面添加熔覆材料,然后在过高能密度的激光束作用下产生热源,使其与基材表面薄层溶凝,进而与冶金结合,形成填料熔覆层。由此可见,该技术是通过激光、纳米材料,实现各类零件的合金强化处理,对基材表面性能进行改善。激光熔覆技术具有以下特点优势:冷却速度较快,可以达到105~106 K/s;热源输入较小,不会轻易出现变形问题,且涂层稀释率不高,通常情况下可以控制在5%以内;合金粉末不会受到企业因素的影响;熔覆层的厚度范围较为宽泛;熔覆作业可选择区域可选性较高,能够减少材料消耗;激光光束可以投射各种复杂区域实现高效化的熔覆作业^[1]。在激光熔覆技术应用中,主要是以熔覆合金粉作为基材的主体合金,且基材也会融化为一薄层,形成冶金。其中激光熔覆技术的应用原理如图1所示。激光作用于基体,产生的热量可以把基体材料熔化形成熔池,其中基体熔化深度、熔覆层稀释率直接受到热能影响;粉末与基体之间相互作用,即合金粉

末在送粉后容易出现发散问题,致使只有部分粉末进入到金属熔池中,其他被飞溅到未熔区域基体上,对粉末利用率、熔覆层质量产生影响。

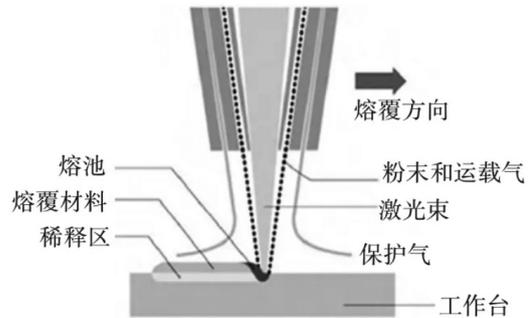


图1 激光熔覆技术原理示意图

2 激光熔覆技术类型

结合激光熔覆材料供给方式的不同,可以把激光熔覆材料分为一下形式:

2.1 预置式激光熔覆技术

该方法应用中就是利用粘结、喷涂等方式,把熔覆材料放置在基材表面需要熔覆的部位,之后通过激光束辐照扫描,使其熔化。常见的熔覆材料为粉末^[2]。该工艺环节较为复杂,整体流程较长,且涂层不均匀,需要具有较高的激光功率,再加上粘结剂在分解过程中很有可能污染熔覆层,引起气孔、开裂等问题。

2.2 同步式激光熔覆技术

该就是就是送粉与激光同步进行。在具体应用中,需要把熔覆材料直接送入到激光束中,确保送粉和熔覆工作同步进行。常见的熔覆材料形态为粉末、线材、板材等。该技术应用流程为:基材表面预处理、同步送粉激光熔化、后续工艺处理。在该技术应用中,当粉料经过激光束时,会致使分类熔化,当滴入到基体后形成熔池,一旦激光离开,熔池会短时间内冷却形成结晶,进而产生熔覆层。该工艺技术较为简单,且能够进行自动化控制,应用

备注: 辽宁省辽宁科技大学大学生创新创业训练计划(24年立项)。

作者简介: 高士祥(2003年-),男,就读于辽宁科技大学机械工程与自动化学院。

效率较高,在各个工业领域发挥了重要作用^[3]。

3 激光熔覆材料分析

在激光熔覆技术应用中,主要的材料为粉末状、告状、丝状、板材状等,在各个工业领域常用就是金属粉末,其中自熔性合金粉末应用最多。其中包含不锈钢、可锻铸铁、铜合金、钛合金、铝合金、钴基、镍基、铁基等材料。其中,不同合金粉末特点如表1所示。粉末类型直接关系到熔覆层的性能,因此要优化粉末选择,才能保障技术应用效果。一般情况下,要结合熔覆层性能实际需求优化选择材料,保障材料的耐高温、耐磨损性、耐腐蚀性等性能符合技术要求;通常情况下在同步送粉法应用中,需要选择流动性较好的粉末类型;要保障粉末的干燥性和流动性;选择熔点较低的粉末材料,才能有效控制熔覆层稀释率,保障熔覆层性能;保障粉末导热性、热膨胀系数等参数与基体材料保持相近,避免性能差异引起残余应力,进而保障熔覆层质量^[4]。一般情况下,铁基合金粉主要在要求局部耐磨、易变性的零件修复中进行使用;镍基合金粉末主要在要求耐热、耐腐蚀、抗热疲劳的构件中进行使用陶瓷涂层的耐高温、热稳定性较高,在要求耐磨、耐腐蚀等零件修复中发挥重要作用。

表1 自熔性合金粉末特点

材料	自熔性	优点	缺点
钴基	好	耐高温、耐热性、耐磨性、耐蚀性好	价格高
镍基	较好	良好的韧性、耐冲击性、耐热型	耐高温性能差
不锈钢	好	耐蚀性、耐热性	价格偏高
铁基	差	成本低	抗氧化差

4 激光熔覆技术的工业应用

激光熔覆技术在工业、航空等各个领域发挥了重要作用,其功能主要体现在材料表面改性,能够延长零件使用寿命,减少成本投入,缩短制造时间;产品表面修复,能够提高产品强度,节省重置资金,节约工业企业生产设备连续运行中转动部件快速抢修问题。

4.1 机械工业

在机械工业生产中部分关键零件容易在连续运行过程中出现严重磨损问题,如轴承、曲轴、转子等,进而影响整体机床的走位,甚至引起震动故障,不利于数控机床的精准性加工^[5]。因此在工业配件修复工作中引入激光熔覆技术,如可以修复压缩机转子轴、风机齿轮轴修复,也可以在失效辊表面制备无气孔裂纹、耐磨熔覆层等。在模具表面性能修复中引入激光熔覆技术,可以实现玻璃模具的激光熔覆处理,进一步提高模具使用寿命;利用改进技术修复Cr12冲裁模具,可以提高冲压模

具硬度、耐磨性。

4.2 航空工业

在航空工业中引入激光熔覆技术,能够修复航空涡轮发动机叶片裂纹,进而代替传统修复技术,进一步提升工作效率,减少工作周期;在铝合金气缸上也发挥了重要作用,主要是通过激光熔覆铜基复合材料,进而增加耐磨性;在飞机叶片、阀座修复中引进激光熔覆技术,进一步提高修复效果;在内燃发动机排气阀密封面熔覆特定的合金涂层,防止出现涂层孔洞、裂纹等^[6]。通过激光熔覆技术的应用,能够降低飞机零件库存率,缩短制造时间。

4.3 海洋工程

海洋工程队零件的耐腐蚀性能要求较高,因此需要利用激光熔覆技术对基材表面性能进行改良,进一步提高耐腐蚀性。如在铁素体和奥氏体上熔覆一层硅氮化物,在其表面形成不锈钢,其中包含有Si、N元素。

5 激光熔覆技术创新

随着科学技术的发展,激光熔覆技术水平日益提高,同时对在智能化、自动化技术支持下,研发和推广应用自适应型变径钢管内壁激光熔覆机器人,以便对钢管内壁开展灵活性作业,进一步提升工业生产质量和效率。机器人的内部结构主要涉及自适应走行系统、机械支撑与平衡系统、激光熔覆系统等。该类设备整体呈现胶囊状,包含三组前走行脚支和三组后奏行脚支,这一结构特点可以使其在钢管内壁上进行稳固支撑,然后充分发挥自适应行走系统的功能作用实现灵活性、高效化、自动化的激光熔覆作业^[7]。

在实际的工业生产中,该机器人主要在不同节段直径存在一定差异化的管材内壁进行使用,同时能够结合实际情况,灵活性调整作业姿态,进一步强化对周边作业环境的适应性,最大程度上发挥机器人装置的功能作用。而且不会受到直径变化的影响,可以进行持续连续,不会出现间断;此外还能够结合作业环境的具体变化,针对性调整光束聚焦透镜等参数,同时精准调整光路参数,保障熔覆头360°旋转。通过激光熔覆技术的创新和优化,其应用范围逐渐拓展,尤其在大吨位固定管材等修复、生产作业中发挥了重要作用,且能够在不能转动的管材内壁开展熔覆操作。在实际作业中,需要结合具体工况情况和作业要求,对激光熔覆系统开关状况进行灵活性调整,这样可以对钢管内壁进行全方位熔覆操作,避免出现空白区域。该技术装置在作业过程中的能源消耗较少,有效控制成本投入,提高经济效益;该技术装置的操作可控性较强,能够保障熔覆作业精度。

在熔覆作业中往往会释放大量的热量,一旦不能及时排出,会影响管材内壁稳定性,因此在机器人结构中设置了水冷管路,能够有效降低作业过程中的环境温度,确保装置能够持续性、安全性工作。该类机器人的体积较小,方便携带,而且重量较轻,能够在各个场地之间进行灵活性、编辑性调度;在对该装置进行设计时,将其设计为胶囊外形,能够结合实际需求灵活性调整体积大小,且结构简单,方便拆卸和安装,方便后续进行维护保养;通过能够与物联网、通讯技术联合应用,对整体作业过程进行可视化、远程监控,进而及时掌握整体工况,进而优化调整作业方案,保障激光熔覆作业的有序进行^[8]。因此可见,在人工智能、物联网、互联网等现代化技术的支持下研发的机器人,能够对传统熔覆技术进行创新和优化,进一步提高应用效果,突破管材内壁激光熔覆难题,确保该技术在更大范围内进行优化应用,拓展应用前期,使其为工业化的高速发展创建良好条件。

结语

综上所述,激光熔覆技术上对传统技术的创新和优化,将其引入到工业生产中,能够进一步提高零件耐高温性、耐腐蚀性、抗氧化性等,进而提升工业设备的适用寿命,且缩短零件制备时间周期,有效控制工业生产成本,该技术在机械工业、航空工业等行业发挥了重要作用。当前三维激光熔覆工艺技术可以进一步提高工业生产效率,且能够保障工业产品生产质量,为工业长远

发展奠定良好基础。此外,自适应型变径钢管内壁激光熔覆机器人的推广和应用,可以进一步提高激光熔覆技术的应用效果和应用范围,不仅可以对工业基材表面的修复和生产,同时还能够在压力过载保护装置的支持下,实现各类管材内壁的灵活性作业,进一步拓展激光熔覆技术的应用价值。

参考文献

- [1]周梁栋,张亮,吴文恒.钴基合金激光熔覆技术研究与应用现状[J].粉末冶金工业,2023,33(02):88-95.
- [2]常成,刘建永,杨伟,等.激光熔覆技术及其在汽车工业中的应用[J].湖北汽车工业学院学报,2016,30(02):49-53.
- [3]王广春.增材制造技术及应用实例[M].机械工业出版社:2014.02.228.
- [4]王一博,应丽霞,董国君,等.激光熔覆技术研究进展及其工业应用[J].中国材料进展,2009,28(03):17-21.
- [5]黄尚猛,李华川.激光熔覆技术在工业中的应用及其发展[J].装备制造技术,2007,(06):118-120.
- [6]刘录录,孙荣禄.激光熔覆技术及工业应用研究进展[J].热加工工艺,2007,(11):58-61.
- [7]刘珍峰,李正佳.激光熔覆技术在航空工业中的应用[J].航空精密制造技术,2007,(01):37-40.
- [8]周笑薇,王小珍.激光熔覆技术在工业中的应用[J].中州大学学报,2005,(04):110-111.