

激光在水轮机修复过程中的应用研究

陈德光

(映秀湾水力发电总厂,四川都江堰 611830)

摘要:介绍了采用激光切割、激光焊接及激光淬火技术在水轮机过流部件修复中的可能性及优点,并与现行的修复工艺进行了对比,旨在将激光技术推广应用到水电厂中。

关键词:激光;切割;焊接;淬火;热处理;效率;变形;水轮机修复

中图分类号:TV7;TV738

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)02-0118-02

1 概述

激光制造技术一直是机械领域的前沿科技。为了更直观的认知这种新型光学工艺,我厂组织有关人员前往重庆光学机械研究所进行了考察。笔者针对适用于我厂水轮机修复加工相关的几种激光加工工艺:激光切割、激光焊接、激光淬火进行了介绍与研究。

2 目前我厂采用的水轮机修复工艺

目前,无论是我厂还是水轮机生产企业,对于过流部件的修复一般按照较老套的工艺流程进行。基本步骤如下:①车削掉抗磨面不锈钢耐磨层;②等离子切割抗磨板并钻塞焊孔;③铺设抗磨板;④使用焊条塞焊抗磨板并堆焊圆弧过流面;⑤时效处理,消除焊接应力;⑥粗、精加工过流面;⑦对过流面喷涂硬质合金。但在整个修复过程中会出现切割产热变形、焊接变形、精加工后表面硬度不够、喷涂易起层等缺陷。

3 激光技术

激光的最初中文名被称做“镭射”,为英文名称 LASER 的音译,是取自英文 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation 各单词的头一个字母组成的缩写词。意思是“受激辐射的光放大”。它是基于伟大的科学家爱因斯坦在1916年提出的一套全新的理论。经过几十年的发展,激光应用现在几乎是无处不在,它已经被广泛用于生活、医疗、科研、工业、军事等方方面面。激光主要具有四大特性:高亮度、高方向性、高单色性和高相干性。正是利用其具有的奇异特性,激光在工业加工中得到了广泛地应用:激光焊接、激光切

割、激光打孔、激光淬火、激光热处理、激光打标、玻璃雕刻、激光制膜、激光封装、激光修复电路、激光布线技术、激光清洗等。笔者针对适用于水轮机修复加工的几项激光加工工艺进行了介绍。

3.1 激光切割

激光切割是采用聚焦镜将激光束聚焦在材料表面使材料熔化,同时用与激光束同轴的压缩气体吹走被熔化的材料,并使激光束与材料沿一定的轨迹作相对运动,从而形成一定形状的切缝。激光源一般采用二氧化碳激光束,工作功率为300~5000 W。切割时能量的高度集中能够实现迅速的局部加热,仅有少量热传到金属板材的其它部分,所造成的变形很小或没有变形;可以非常准确地切割复杂形状的坯料,且所切割的坯料不必再作进一步的处理。与传统的切割方式相比,其不仅价格低,消耗低,并且因为激光加工对工件没有机械压力,所切割出来的产品效果、精度以及切割速度均非常良好,激光切割还具有操作安全、维修简单、可连续24 h工作等特点。

目前国内激光技术能切割25 mm厚的普通钢板及16 mm厚的不锈钢板。与我厂现行采用的气割相比,具有切割整齐、无变形、效率高等优点。在研究所实验车间,我们看到:在机械手的操作下,一张约3000 mm×1800 mm×5 mm的钢板在很短的时间内就被切割为一块块约300 mm×100 mm的异性件,而且每块还被打了两个孔,平均每块工件的下料加打孔时间不超过5 s。我们将刚切割下来的工件持在手中并没有烫手的感觉,而且切割边平整,无需再作进一步的打磨和机械加工。如果将激光切割工艺应用到抗磨板的下料过程中,切割下来的抗磨板不会因受热而产生

收稿日期:2013-12-11

平面卷曲变形,两焊接边也无需再上刨床修整,无需再钻引孔即可直接铺设在顶盖或底环本体上。这样实施可减少多道工序,进而可以提高工效。

另外,激光打印标识也是利用激光切割原理,将具有较高能量密度的激光束照射在被加工件表面上,工件表面吸收激光能量,在照射区域内产生热激发过程,从而使材料表面(或涂层)温度上升,产生变态、熔融、烧蚀、蒸发等现象。若利用计算机CAD技术,将其应用在水轮机部件的标识管理上,尽显科学、规范和耐久。

3.2 激光焊接

激光焊接为熔融焊接,它是将激光束做为能源冲击在焊件接头上。激光束由平面光学元件(如镜子)导引,随后再以反射聚焦元件或镜片将光束投射在焊缝上。激光焊接属非接触式焊接,作业过程不需加压,但需使用惰性气体以防熔池氧化(填料金属偶有使用)。激光焊接主要用于各种不允许焊接污染和变形的器件,具有强度高、刚性好;方向性强、加热区窄、点温度高,产生的焊接热少;可焊接不同物性(如不同电阻)的两种金属等优点。在研究所现场进行的汽车零件轴齿的焊接中,我们看到焊接无需焊材,而是直接对轴、孔间隙两侧钢材进行熔合。焊接完的工件无需打磨,用手一摸,焊接处的温度还是不超过60℃。

映秀湾水力发电总厂所辖的耿站、渔站水头接近300m,水质较混浊,含有大量的金刚砂,故水轮机过流部件冲刷、气蚀严重。若运用激光焊接技术,则宜采用高强度焊材,包括硬质合金进行表面堆焊。堆焊的工作最大可渗透厚度为19mm。焊材形式为焊粉和焊丝。焊接过程就是将焊材与工件本体表面熔化并相互渗透。焊接后的表面强度完全满足并超过设计要求。相比我厂目前采用的过流面精加工后喷涂硬质合金的工艺,在保证相同表面强度的情况下,激光焊接具有高抗冲击、抗气蚀的能力,特别是其具有不会起层剥离的优点。

3.3 激光淬火

激光淬火(固溶)即表面热处理,它是利用高功率密度的激光束对金属进行表面处理的方法。可以对材料实现相变硬化、表面合金化等表面改性处理,产生采用其它表面淬火工艺达不到的表面成分、组织、性能的改变。其显著特点是:高速加热,高速冷却,获得的组织细密、硬度高、抗疲劳

和耐磨性能好。

在我厂过流部件修复过程中,采用的是Ni5马氏体不锈钢焊条焊接0Cr13Ni5Mo马氏体不锈钢板材。在我厂以往的大面积堆焊过程中,特别是渔站底环泄水面堆焊后,由于热控措施不够完善,焊接后表面会出现很多看不见的、但通过着色探伤就会发现的裂纹,其表面强度、硬度及耐磨性都有所降低,严重影响过流部件的使用寿命,缩短了大修周期。精加工完毕,如果不采用喷涂硬质合金工艺,则可利用激光表面淬火技术很好地解决这个问题,其原理是:利用激光以 $103\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{s} \sim 107\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的加热速度,把金属表面加热到仅低于熔点的临界转变温度(深度由功率密度强弱、时间长短确定),使其表面迅速奥氏体化,表面铬碳化物全部或基本溶解,固溶于奥氏体中,在这个过程中合金发生再次结晶,获得适宜的晶粒度。然后急速冷却淬火,冷却速度为 $1.7 \times 103\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{s}$,进行马氏体转变,金属表面迅速被强化,淬火后强度可大大提高。整个淬火过程由于是表面局部淬火,加热区窄,工件整体温度上不去,因此过流部件不会发生以往整体受热而导致的变形。而且淬火后又消除了前面工序中冷、热加工过程中产生的表面应力。最终获得较高的表面硬度。

4 结语

激光技术在我国已经逐渐融入各行各业。实物激光扫描后3D打印较为前沿,研究所向我们展示的人体头部3D打印件可谓神形兼备。整套激光发生器价格已经降到适合民用的水平,激光设备均在两百万以内,这将大大促进激光技术在工业领域的广泛应用。可以相信:在不久的将来,激光加工技术也会在水电厂水轮机检修、过流部件修复过程中开花结果。

参考文献:

- [1] 朱林泉. 现代激光工程应用技术[M]. 北京:国防工业出版社,2008.
- [2] 严义章. 模具材料及热处理[M]. 北京:北京理工大学出版社,2009.
- [3] 卞洪元. 金属工艺学[M]. 北京:北京理工大学出版社,2006.
- [4] 叶建斌,戴春祥. 激光切割技术[M]. 上海:上海科学技术出版社,2012.

作者简介:

陈德光(1974-)男,四川都江堰人,副主任,工程师,硕士,从事水电厂机械修造技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)