



面向 21 世纪的我国焊接预保护和修复技术的应用现状与发展前景

太原重型机械(集团)有限公司技术中心 (山西 030024) 王成文

本文结合 21 世纪机械加工业的特点和发展趋势,论述了焊接预保护和修复技术的基本范畴及其与可持续发展的关系,通过一些典型零件的焊接预保护和修复技术应用及其成功使用的实例,探讨了未来焊接预保护和修复技术的发展前景。

时间跨入 21 世纪,技术创新与日俱增,但在很长的时间里,在生产制造和日常生活中,机械加工业仍将以金属结构加工为主体,其加工技术不断提高,市场竞争更加激烈。在我国机械装备的技术开发和生产应用中,采用焊接预保护技术提高产品表面性能和焊接修复金属结构等技术,为大型重点工程建设和国民经济发展做出了重大贡献。

一、21 世纪机械加工业的特点和发展趋势

(1) 产品的设计、制造、安装、调试、维修周期缩短,交货期、产品的功能扩展成为最重要的市场竞争因素,企业将采用集成设计、敏捷制造、再制造等先进制造技术,快速响应市场动态。

(2) 产品质量应满足用户的要求,没有质量保证体系或相关质量认证的企业将难以生存,优质品牌企业具有更强的竞争力。

(3) 通过柔性化、专业化的生产方式,机动调整生产规模,优化配置生产技术装备,逐步降低生产成本,确定合理的产品或服务价格。

(4) 通过人工智能优化设计(如:预保护技术)、再生设计(如:焊接修复技术)等手段,延长产品的使用寿命周期,减少用户的设备费用支出。

(5) 实现面向环境与生态保护的绿色设计与制造,建立人类与自然界和谐的关系。

(6) 产品的设计与制造将具有可回收性和再制

造利用价值,变废为宝将成为时尚,并形成新型产业和规模。

二、焊接预保护和修复技术与可持续发展的内在联系

随着功能材料技术性能与生产成本的综合要求,金属材料复合制造技术使用得越来越多。常用焊接预保护方法主要是指表面堆焊,即采用高合金表面堆焊复合强化的设计及工艺,发挥高合金层的优异性能,保护基体材料,延长零件使用寿命,减少贵重金属消耗,降低制造成本,实现良好的功能价值比,达到人类合理利用资源的最佳效果。

焊接修复是采用各种焊接技术、恢复机械设备及零件的使用性能,实现机械设备、零件的“再生”。焊接修复具有结合强度高、费用低、熔敷速度快等特点,应用广泛。焊接修复技术具有较高的技术经济价值,利用了原有金属零件、部件,以修理局部缺陷,恢复整体功能的形式,缩短企业停机、停产时间。具有投入成本低、技术复杂等技术经济特点。

制造金属结构要进行矿产采掘、能源开发及人力劳动,形成大量工业废弃物,可持续发展追求技术、经济、生态环境的综合平衡,但地球上矿产储备及生态环境的承受能力有限,因此物质的合理使用与再生利用是人类活动、经济发展的必然要求。因此金属结构焊接预保护和焊接修复技术是人类可持续发展能够使用的技术手段之一。

三、焊接预保护技术在机械设备生产中的应用

1. 大型水压机柱塞的预保护堆焊

大型水压机柱塞是水压机工作时的主要传力和移动部件,要求柱塞表面具有耐磨、耐蚀、耐冲击等性能。大型水压机柱塞表面强化工艺是在基体材料表面进行马氏体不锈钢堆焊,堆焊层硬度要求 $\geq 42\text{HRC}$ 。

75MN 大型水压机柱塞的外形尺寸为 $\phi 1840\text{mm}$,重达 20 余 t。由于零件堆焊面积大,选用埋弧焊,焊丝为 H2Cr13、 $\phi 4\text{mm}$,并配合碱性烧结焊剂(SJ101),焊道搭接量为焊道宽度的 $1/2$,焊前预热 $150\sim 200^\circ\text{C}$,进行两层堆焊。第一层焊接电流 $470\sim 480\text{A}$,第二层焊接电流 $540\sim 550\text{A}$,焊后后热 $250^\circ\text{C}\times 2\text{h}$ 并缓冷,再经 $450^\circ\text{C}\times 4\text{h}$ 消除应力退火热处理,切削加工并保留厚度 3mm 的堆焊层,然后进行表面着色探伤检查,硬度试验结果为 44HRC ,采用预保护堆焊工艺已成功地制造了多台大型水压机柱塞。

2. 大型精锻机锤头的预保护堆焊

随着精密锻造技术的发展,精锻机锤头表面不仅要有一定的热硬性,而且还要有一定的耐高温疲劳性能。精锻机锤头堆焊采用焊条电弧焊和钨极氩弧焊两种方法,焊条电弧焊堆焊过渡层,采用 GHNi50、 $\phi 5\text{mm}$ 焊条,焊前烘干 $350^\circ\text{C}\times 2\text{h}$;钨极氩弧焊堆焊工作层,采用 HGH520、 $\phi 8\text{mm}$ 镍基合金焊丝。由于基材碳当量较高,焊前需要预热 350°C ,后热处理并进行 $550^\circ\text{C}\times 6\text{h}$ 去应力退火处理。焊后表面探伤检查,不允许产生裂纹、未熔合等缺陷;精锻机锤头堆焊层硬度为 $45\sim 50\text{HRC}$ 。采用预保护堆焊工艺已生产多套精锻机锤头,最佳时可生产火车轴 12 000 根,工作寿命达到进口精锻机锤头的 1.5 倍,实现精锻机锤头制造技术国产化。

总之,通过大型水压机柱塞堆焊、大型精锻机锤头堆焊等焊接预保护应用实例及其良好的使用效果,说明焊接预保护技术在提高机械设备使用性能方面发挥了重要作用。

四、焊接修复技术在机械设备维修中的应用

1. 大型水压机立柱的焊接修复

我公司生产的“三梁四柱”结构水压机,有一立柱加工失误,造成立柱中部长度约 420mm 区域直径严重超差 2.5mm 。立柱长度为 10900mm ,直径 560mm ,有较高的形位公差及表面粗糙度要求。材料为 45 钢锻件,调质处理,重 16t ,出现缺陷时,工件仅留有 $0.30\sim 0.60\text{mm}$ 加工余量。在焊接修复中,采用 CO_2 气体保护焊,MC50、 $\phi 1.2\text{mm}$ 焊丝。利用加工车床动力系统控制焊接速度,实现自动焊接。

立柱水平放置并支撑,控制变形。采用远红外线加热装置进行局部预热,温度 $\geq 200^\circ\text{C}$,层间温度 $160\sim 220^\circ\text{C}$ 。焊接规范参数: $I=300\text{A}$ $U=36\text{V}$ $v=11\text{cm/min}$,连续焊接 35kg 焊丝后进行 $300^\circ\text{C}\times 4\text{h}$ 的后热处理,并采用 DWK—A 型电脑热处理设备进行 $520^\circ\text{C}\times 2\text{h}$ 的局部去应力热处理。焊后质量检查合格,节约价值约 10 万元。

2. 大型轧机铸轧辊的焊接修复

某铝厂的两根铸轧辊,因表面腐蚀磨损,需要大面积堆焊,堆焊厚度 $5\sim 10\text{mm}$,并要求严格控制焊接变形。铸轧辊每根重约 4t ,直径为 520mm ,材质为 42CrMo ,调质处理。根据修复要求,加工去除表面锈蚀层并确定堆焊基准。采用远红外线加热技术,局部加热 300°C ,控制层间温度为 $300\sim 350^\circ\text{C}$ 。采用富氩混合气体保护焊,焊丝为 NiMo11C、 $\phi 1.2\text{mm}$,保护气体为 $80\%\text{Ar}+20\%\text{CO}_2$ 混合气体。焊接时对称操作,使用焊丝约 500kg ,堆焊面积超过 8m^2 ,焊后后热处理 $300^\circ\text{C}\times 6\text{h}$ 。着色探伤检查,未见裂纹、夹渣、剥离等焊接缺陷,铸轧辊变形量小于 0.5mm 。两根铸轧辊的成功修复,不但节省资金 20 万元,而且还延长了铸轧辊的使用寿命。

在进行设备维修时采用焊接修复技术修理了大量齿轮、轴等金属零件,节约了资金,缩短维修时间,不仅可以免去再次采矿、冶炼、锻造、退火、粗加工及调质等生产工序,减少矿产开发、能源消耗、环境污染,而且缩短了产品加工周期,延长其使用寿命。特别是避免了生产流程中能耗大、污染大、工作条件差的工序,可以节省 $40\%\sim 80\%$ 能源,使得焊接修复成为一种具有良好力学性能、先进的“绿色生产”,具有可持续发展的特点。

(下转第 24 页)



5. 照明和通风装置

为了操作方便和避免风及气流对焊接电弧产生不利影响,在焊接罩内设有照明和通风装置,该装置的工作设置为焊接时关闭而焊完后打开。

二、焊接工艺

1. 焊接工艺确定

(1) 为减少飞溅保证熔透率和表面成形,宜选用较稳定的富氩熔化极气体保护焊。

(2) 装配时焊道轴向高度位置偏差 $\leq 0.5\text{mm}$,径向椭圆偏差 $\leq 0.5\text{mm}$,接缝处定位必须焊透,其表面高度不要超过本体表面,宽度不得大于坡口宽度。

2. 焊接工艺试验

通过工艺试验优选出了标准的焊接规范参数:焊丝选用 H08Mn2SiA、 $\phi 1.2\text{mm}$ 、焊接电流 180A、焊接电压 19.5V、焊接速度 0.85r/min、搭接时间 1.8s、焊枪角度 103°、CO₂ 气体流量 4L/min、Ar 气流量 14L/min。该参数在实际焊接时可根据环缝焊接质量要求进行微量修正,以达到最佳环缝焊接

结果。

为了保证收弧处焊缝的质量,采用定位、定时搭接并返烧的收弧方法,即由传感器给出搭接起始位置,用定时器控制搭接长度并返烧收弧。采用这种收弧方法,对大批量生产保证收弧处焊缝质量有很好的再现性。

3. 生产情况

空调压缩机上环缝经近两年上千万件的生产焊接,焊缝外观均匀光滑,焊缝加强高 $\leq 1.5\text{mm}$,通过对所焊压缩机进行 3MPa 气密性检验,漏气率 $< 1\%$,焊缝性能良好。生产节拍 $\leq 2\text{min}$,满足了生产线大批量生产的需求。

三、结语

通过试用表明,该专用焊机设计先进、合理,整体结构好,焊接电源性能优良,程序控制稳定可靠,操作方便,并且由于焊机主体的两位性和焊台转速的平稳性,保证了焊缝的焊接质量,完全满足生产线大批量生产的要求。

(20021018)

(上接第 20 页)

五、未来焊接预保护和修复技术的发展前景分析

目前经济发达国家陆续认识到焊接预保护和修复技术的重要性。随着我国科技人员对焊接预保护和修复技术研究的逐步深入,焊接预保护和修复工程的发展已在装甲兵工程学院、哈尔滨焊接研究所、西安交通大学、哈尔滨工业大学、清华大学等研究单位带领下,在太重等一些企业中也进行部分应用,但因受到焊接方法、焊接材料、焊接工艺及装备等方面的限制,总体上仍处于起步阶段。

焊接预保护和焊接修复技术是现代机械工程中实用、先进的技术,不仅具有技术含量高,经济效益好等特点,而且符合可持续发展战略,具有以下发展方向。

(1) 采用高效率、高自动化程度的焊接预保护和修复技术,完善的测试手段,将提高焊接质量,成为解决成套设备中关键零件损坏的主要手段,大大缩短停机时间,为保证用户正常生产创造了条件。

(2) 智能化计算机辅助焊接预保护和修复技术

的广泛应用,将为虚拟焊接企业组织焊接预保护和维修服务创造条件。

(3) 随着焊接预保护和维修知识普及,焊接预保护和修复专业市场的建立与发展,将形成专业化的、能工巧匠型和智能专家型的焊接预保护和维修企业,并逐渐形成规模经济。

(4) 随着焊接预保护和修复技术、装备不断发展,新的焊接能源逐步应用,焊接预保护和修复工艺技术不断开发,焊接预保护和修复操作就会简单易学,并可达到实现高性能、智能化的要求。

(5) 焊接预保护和修复技术将推动产品设计、制造技术的改进,并引发“复合设计”、“再生设计”等技术发展,加大产品焊接性能研究。

六、结语

焊接预保护和焊接修复技术是现代机械工程中的实用先进技术,具有技术含量高、经济效益好等特点,符合 21 世纪发展中国家的国情及人类发展的要求。焊接预保护和修复技术将推动机械加工业产品设计、制造技术的改进,符合可持续发展战略,具有良好推广应用价值和前景。(20020912)