

水蒸气保护堆焊技术与堆焊层质量控制

安代明

(兰州石化设备维修公司, 甘肃 兰州 730060)

摘要: 对水蒸气保护堆焊电弧及熔滴过渡的特点进行了分析和研究,若使送丝速度、焊接电流、焊接电压三者参数很好匹配,可使焊接过程呈“燃弧-熄弧-短路”形式,熄弧时间最短时,短路过渡频率最高,在这种情况下,焊道成形好、飞溅小、焊接过程稳定。结合生产实际,提出了水蒸气保护下常用堆焊工艺参数,以及焊接过程中的堆焊层质量控制方法。

关键词: 水蒸气保护堆焊; 工艺参数; 堆焊层质量控制

中图分类号: TG444+.76

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2012)19-0152-04

Water Vapor Arc Welding Technology and Quality Control of Surfacing Layer

AN Daiming

(Lanzhou Petrochemical Equipment Repair Company, Lanzhou 730060, China)

Abstract: The effects of water vapor shielded surfacing on the arc and metal transfer characteristics were analyzed. If the wire feed speed, welding current, welding voltage three parameters match very well, the welding process was "arc-extinguishing arc-short" form, arc extinguishing time is short, short circuit transition frequency is highest, in this case, small spatter, the good weld forming and stable welding process can be obtained. Combining with the actual production, the welding process parameters are presented in water vapor protection, as well as the welding surfacing quality control methods in the welding process.

Key words: water vapor arc welding; process parameters; quality of surfacing welding layer control

电弧堆焊是磨损零件表面修复非常有效的方法之一,它能保证获得薄而平整、硬度较高的金属层,具有结合强度高、零件变形小、焊层硬度均匀等优点,在炼化设备的泵类、电机、压缩机等许多设备的轴类磨损零件修复时,常常用这种方法^[1]。20世纪50-60年代以后,CO₂、惰性气体和水蒸气保护介质的电弧堆焊技术在国内外被广泛采用。但在炼油化工设备、电力、冶金等行业采用普通或优质碳素钢制造的各种短轴、活塞杆、电机转子、小型压缩机转子等轴类零件进行堆焊修复时,通过对比试验,发现水蒸气相对于CO₂、惰性气体保护介质下的电弧堆焊有以下特点:

(1) 水蒸气保护堆焊采用的是低电压、小电流,恒定的送丝速度,提高了焊接过程的稳定性,由于采用水蒸气进行保护,不但阻止了空气中的氢、氮、氧等气体进入电弧区,避免了缺陷的产生,而且操作过程要比CO₂气体保护焊容易。而如果使用CO₂保护焊,会使氢、氮、氧等气体同时进入电弧区,产生的微小气孔及裂纹等缺陷无法消除,但在水蒸气保护下不存在。

(2) CO₂气体保护堆焊只能使用含碳量较低的专用焊丝,焊丝含碳量太高会产生飞溅,且堆焊层表面硬度较低。水蒸气保护堆焊可以使用含碳量较高的焊丝,采用不同的冷却方法可以使堆焊层表面获得不同的硬度,一般零件堆焊后无需进行热处理,耐磨性好。

(3) 水蒸气保护堆焊适合于金属零件磨损的外圆表面、内圆表面、螺纹表面、端面、键齿侧面等轴、轮类零件的修复;CO₂气体保护焊特别适合于碳钢和低合金钢板料的焊接,用于轴类零件,表面质量很难控制;惰性气体保护焊一般常用于焊接铝、镁、铜、钛及其合金和不锈钢焊接,对普通或优质碳素钢制造轴类零件,表面质量很差。

1 水蒸气保护堆焊工作原理、焊接电弧及熔滴过渡的特点

1.1 工作原理与设备组成

用于轴、轮类零件电弧堆焊的工作原理如图1所示,工件夹持在堆焊机床的主轴卡盘上,按一定速度旋转;由焊枪、送丝机构组成的堆焊机头安装在机床横拖板上,沿工件的轴向与工件的旋转运动协调联动,焊嘴相对于工件作螺旋运动,工件的旋转速度及螺距根据工件的直径和使用的焊丝尺寸进行调

收稿日期:2012-04-17

作者简介:安代明(1961-),男,辽宁大连人,工程师;电话:13919177371;

E-mail:dman1101@126.com

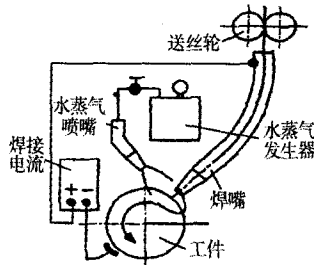


图1 水蒸气堆焊工作原理

Fig.1 Water vapor build-up welding principle image

节。蒸气发生器产生 0.04MPa 的水蒸气喷射到电弧区,隔绝空气,不使氢、氮、氧等气体侵入,保护堆焊金属;一定流量的冷却液加注在堆焊零件的适当部位,冷却零件,提高堆焊层硬度,减少工件的变形,另有极少部分冷却液冷却焊嘴。焊接电源采用平硬特性直流电源,焊丝接正极,工件接负极。这样,按着一定速度匀速送进的焊丝在保护介质下与工件间产生接触-脉冲放电过程而融化,随着焊丝的不断送进及工件的旋转、焊枪机头的匀速轴向移动,焊丝以短路过渡的形式在工件表面上形成均匀的一层金属并联的螺旋状焊道。

1.2 焊接电弧及熔滴过渡的特点

水蒸气保护下焊接电压和电流的波形如图 2 所示。可看出,熔滴的过渡形式是短路过渡, $t_3 \sim t_1$ 为电弧燃烧阶段, $t_2 \sim t_3$ 为短路阶段,值得注意的是在 $t_1 \sim t_2$ 阶段焊接电压变成了空载电压,焊接电流下降为零,说明在这一阶段,电弧完全熄灭,随后才发生了熔滴与熔池的短路。实验证明,在焊接电压和焊接电流一定时,才能保证短路过渡频率,焊接过程才能稳定。否则,将产生很大的飞溅,甚至造成固体短路。通过同步采样焊接电流、焊接电压和焊丝位移的波形,发现它们之间有如图 2 所示的对应关系。电弧熄灭(t_1 时刻)发生在焊丝位移正弦曲线的 $70^\circ \sim 90^\circ$ 的

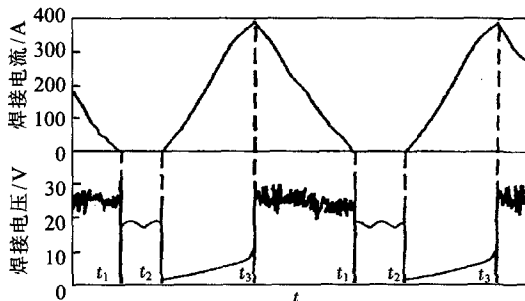


图2 水蒸气保护下堆焊过程的电流和电压波形

Fig.2 Current and voltage waveform under water vapor arc surfacing process

范围内,短路发生在 $120^\circ \sim 190^\circ$ 间,电弧重新引燃发生在 $270^\circ \sim 310^\circ$ 。

水蒸气保护下的电弧堆焊有两个明显的效果:
①飞溅减小,主要原因是由于送丝速度的恒定,使焊丝尖端的送丝频率提高了短路过渡的频率。在送丝速度不恒定的情况下,由于水蒸气是多原子气体,在电弧中要解离吸热,水蒸气保护下电弧弧柱的电场强度较大,是氩气的 8 倍,二氧化碳的 2.5 倍,弧柱截面小,温度高,阳极斑点的尺寸较小,斑点压力对熔滴过渡的阻碍效果特别明显。只有熔滴积聚到很大时,与熔池偶然接触的可能性才能增大,也就是说,短路过渡频率较低,每次过渡的熔滴较大,势必会产生较大的飞溅。但送丝速度恒定时,熔滴的短路过渡频率就会发生变化,由焊丝尖端的送丝频率来决定。如果送丝速度和焊接电压能够很好匹配,可以使短路过渡频率提高,这样,由于在熔滴还没有长到很大时,就使电弧熄灭,随后发生熔滴的短路过渡,熔滴以较小的尺寸进行短路过渡,因此减少飞溅。
②恒定送丝速度下的水蒸气保护电弧焊可以在较小的电弧功率下进行焊接。如果在相同的焊接规范下送丝速度发生微小的变化,焊接过程极不稳定,电弧常常熄灭,发生固体短路,为了稳定焊接过程,必须增加电弧功率,这样,就会增加对工件的热输入量。因此,对堆焊来讲,为了防止工件的变形,尽量要求低的热输入量和较浅的熔深。因此,恒定的送丝频率用于在水蒸气保护下进行工件的堆焊有其特殊的意义^[2]。

2 堆焊工艺参数

正确地选择堆焊工艺参数,是获得稳定的焊接过程和堆焊表面质量的基本条件。用于修复轴、轮类零件堆焊的主要参数包括:焊接电压、焊接电流、焊丝的堆焊速度、堆焊螺距、焊丝伸出长度和接触工件角度,它们与所采用的焊丝直径密切相关。通过对水蒸气保护下堆焊电弧和熔滴过渡的特点分析、研究与试验,结合生产实际应用效果,提出恒定送丝速度下常用堆焊工艺参数见表 1。焊丝接触工件角度示意图见图 3。

3 堆焊层质量控制

3.1 堆焊层和热影响区的金相组织变化

堆焊层和热影响区的金相组织变化取决于焊丝和基体金属的化学成分、堆焊时的热过程、堆焊时的

表1 水蒸气保护堆焊常用工艺参数
Tab.1 Water vapor arc welding common used process parameters

焊丝直径/mm	焊接电流/A	焊接电压/V	导电焊嘴距基材距离/mm	气体流量/(L·min ⁻¹)	堆焊螺距/mm	接触工件角度	
						水平角 α	接触角 β
1.2	120~150	19~20	10~15	15~20	2.2	75°~90°	45°~90°
1.6	140~200	20~22	20~25	20~25	3.0	75°~90°	45°~90°
2.0	190~220	21~23	20~25	20~25	3.6	75°~90°	45°~90°

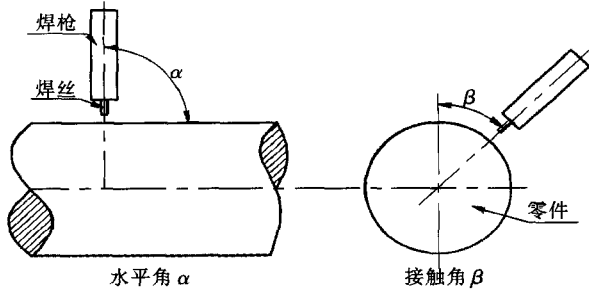


图3 焊丝接触工件角度示意图
Tab.3 Angle diagram of wire contacts workpiece

冷却条件及热处理状态。

由于堆焊是在零件表面上进行连续的、呈螺旋线的焊接,堆焊层与基体金属的热过程非常复杂,所引起的金相变化也比较复杂,原因就是多次受热且受力不均。当堆焊第一道焊道时,由于工件处于冷态,故散热较快,即使不加注冷却液,焊道淬火的可能也很大,会形成马氏体组织。当堆焊第二道焊道时,由于焊道的连续迭合,第一焊道的一部分金属重新融化而成为第二道的一部分,第一焊道其余部分受到不同程度回火。以后各焊道受热情况类推。

由于电弧是在水蒸气保护下,焊道的冷却速度较慢,因此在焊道上一般为受高温回火的组织=铁素体+索氏体。若是高碳钢丝堆焊,采用冷却液侧冷时,则可能形成马氏体组织。从金相组织可以看出,堆焊层的金相组织与基体金属基本一致,而热影响区改变了原来的组织,这会力学性能的变化。从零件质量来说,这种变化是不利的。堆焊的优点之一,就是热影响区小,一般不超过1.5mm。

试验证明,随着堆焊时电弧电压的提高,冷却液流量的减小,加注位置离电弧区的距离增加,堆焊速度的减小,都会使热影响区增大。因此适当控制堆焊规范参数,可将热影响区控制在最小的范围内。

3.2 堆焊层的硬度和耐磨性

堆焊的一个重要特点是能获得硬度较高的堆焊层,一般焊后不需要进行热处理。这是采用中、高碳钢丝,并对工件加注冷却液的结果。但是,由于堆焊

中的各焊道及焊道各部位的热过程和随后的冷却情况很不一致,使堆焊金属的组织不够均匀,组织的不均匀造成了硬度的不均匀。水蒸气保护下的堆焊硬度就要均匀许多,这从某厂生产的拖拉机摆动轴堆焊后的硬度变化曲线图^[3](见图4)中得到证明。

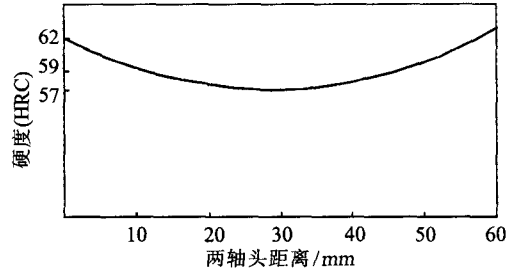


图4 拖拉机摆动轴堆焊后的硬度变化曲线图
Tab.4 Swing axle welding tractor and hardness change curve

堆焊层的硬度还取决于焊丝的化学成分及堆焊的规范参数如堆焊速度、螺距、冷却液的流量和加注位置。因此,我们可根据工件的性能和机械加工的不同要求来调节上述因素,以达到调节硬度的目的。

堆焊层的硬度越高,抵抗变形破坏的能力或强度极限也越高,因此,一般都用金属表面的硬度来代表它的耐磨性。水蒸气保护下堆焊修复的零件,一般都有较高的耐磨性,有的零件修复后比新件还耐用。表2是修复的汽车曲轴的耐磨性能比较。

表2 修复的汽车曲轴的耐磨性能
Tab.2 Wear resistance of repaired engine crankshaft

曲轴种类	硬度(HRC)	轴颈平均耐磨值/(mm·10 ⁴ km ⁻¹)
未修复新轴	56~63	0.01左右
45 钢丝水蒸气保护堆焊	30左右	0.015~0.02
70 钢丝水蒸气保护堆焊	30~35	0.01以下

3.3 堆焊层的结合强度

堆焊层与基体金属的结合强度,在规范参数选择正确的条件下是很高的。表3列举了不同修复方法的结合强度的对比数据。

表3 不同修复方法的结合强度
Tab.3 The bonding strength of samples under different repairing methods

修复方法	结合强度/MPa
水蒸气保护 65Mn 焊丝堆焊	>410
CO ₂ 保护 30CrMnSi 焊丝堆焊	>534
电弧喷涂	72.7

从表3中数据可以看出,堆焊的结合强度已足够。但是,如果规范参数选择不当,堆焊层与金属基体的结合强度会显著下降,甚至出现脱层现象,这主要有以下因素所致:

(1) 焊接极性接法对结合强度的影响:反极性

堆焊结合强度高,若极性接反,结合强度显著降低,这是由于在正极性接法施焊的情况下,大部分热量都在加热基体金属,焊丝端头温度较低,不利于熔滴过渡,焊接时飞溅大,气孔也多,因而结合强度不高。

(2) 堆焊螺距的影响:堆焊螺距过小,大部分热量都消耗在熔化已经焊过的焊道上,而基体金属熔化不良,因此结合强度降低。一般用 $\phi 1.4\sim\phi 1.6\text{mm}$ 的焊丝时,堆焊螺距应为 $2.5\sim 3\text{mm}$;用 $\phi 1.8\sim\phi 2.0\text{mm}$ 的焊丝时,堆焊螺距应为 $2.8\sim 4\text{mm}$ 。

(3) 电路中电感量的影响:电路中电感值过小,放电时间过短,工件得到的热量小,基体金属没有完全熔透;若电感量过大,短路电流太小,被焊区也难以熔透,导致结合强度降低。

(4) 焊嘴角度的影响:主要是水平角 α ,在 α 角为 90° 时,结合强度最高, α 角过大或过小都会使基体金属熔化不良而降低结合强度。

(5) 零件表面的清洁状况的影响:零件表面有油污和铁锈等污物时,会造成堆焊质量的降低,如产生的夹渣、气孔、裂纹等缺陷使结合强度降低。另外,零件表面有镀复层,如电镀、喷焊层、氰化、氮化处理层时,都会降低结合强度。

(6) 电源特性不理想,各参数配合不当也会降低结合强度。

3.4 堆焊层的气孔

水蒸气保护堆焊对解决气孔问题比较有效,但如果对熔池保护不好,易产生气孔;或基体金属表面有铁锈、油污等杂质时,在堆焊过程中金属微粒飞溅在零件表面,在电弧的作用下,不可能将这些氧化物完全熔化,即使熔化,也易在这些地方产生气孔;焊丝中碳、锰、硅、铬等元素含量较高时,它们不同程度地影响着二氧化碳形成的条件和时间,也容易产生气孔。因此,必须加强对电弧区的保护,防止空气中氢、氮、氧等气体侵入熔池;延长熔池的存在时间,降低冷却速度,帮助气体的逸出;在满足零件性能要求的条件下,尽量采用含碳量低的钢丝;焊前要彻底清洗零件表面,最好将零件表面车去 $0.5\sim 1\text{mm}$ 。采用上述方法,可以有效地防止气孔的产生。

3.5 堆焊层的裂纹

水蒸气保护堆焊虽然能有效地消除裂纹,但仍需注意加强对电弧区的保护,减少焊层氢含量;选择

适当的规范参数;焊前预热,焊后保温,降低冷却速度,都能减少裂纹的产生。

3.6 堆焊层的疲劳强度

水蒸气保护堆焊,对熔池的保护效果较好,形成裂纹的倾向减少,熔池冷却速度也减慢,因而残余应力也较小,硬度的不均匀性也大有改善,零件的疲劳强度也有了较大提高。为了提高零件的疲劳强度,必须采用以下措施来保证:①合理选择规范参数和堆焊工艺;②采用焊前预热,焊后保温或热处理,有效地减少堆焊层的残余应力;③加强对焊接熔池的保护;④焊后对零件表面进行冷作强化处理。

3.7 修复零件的弯曲变形

堆焊修复的零件弯曲变形要比其它焊接方法小得多,但仍需采取一定的工艺方法来减少弯曲变形:①合理使用冷却液,在允许的条件下尽量多加注冷却液,不使零件发红;②采用焊前预热,焊后缓冷的方法,消除内应力,以达到减少变形的目的;③零件在机床上装夹时不能有较大的偏心距和径向压力,以避免零件热效率一边大,一边小,致使堆焊厚度不一致,堆焊层金属收缩不同,应力不平衡现象。机床尾座轴应允许适当的轴向移动量,保证零件受热后能自由伸长。

4 结论

水蒸气保护下的电弧堆焊具有独特的优点,可以使用含碳量较高的焊丝使堆焊层获得较高的硬度;不容易产生气孔,成本低。在焊接电流和焊接电压很好匹配的情况下,可以使短路过渡焊接过程呈"燃弧-熄弧-短路"的形式,在这种情况下,飞溅小,焊道成型好,焊接过程稳定,因此,在进行各种轴类零件修复时,零件焊接缺陷少,应力变形小,表面硬度和耐磨性性能好,疲劳强度高,目前被广泛应用于石化行业转动机械、农业机械、矿山机械等零件的修复,经济效益显著。

参考文献:

- [1] 周振丰. 金属熔焊原理及工艺[M]. 北京:机械工业出版社,1981.
- [2] 农林部农业机械化局. 水蒸气保护振动堆焊[M]. 北京:机械工业出版社,1978.
- [3] 徐滨士. 表面工程与维修[M]. 北京:机械工业出版社,1996. [4]