

27SiMn钢活塞杆焊接微小气孔产生原因分析及控制

高鹏, 吴海丽, 李晓波, 冯晓晓, 张立勇

山西航天清华装备有限责任公司 山西长治 046012

摘要: 针对某27SiMn钢活塞杆加工后焊缝表面存在的微小气孔导致镀铬后发生铬层脱落问题, 通过焊接参数优化、焊条偏移角度选择、焊缝层厚匹配等研究, 有效控制了活塞杆焊缝区表面镀铬前微小气孔的存在, 提高了产品生产质量和效率, 解决了液压件生产中长期存在的问题。

关键词: 27SiMn钢活塞杆; 焊条偏移角度; 焊层厚度

1 序言

液压件在航空航天、工程机械、起重运输机械等装备制造行业广泛使用, 是一个非常重要的部件, 活塞杆是其中的核心零件, 其制造工艺流程长、焊接质量要求高, 在液压件的批量生产中63%的活塞杆出现直径 $<0.5\text{mm}$ 的微小气孔, 从而导致镀铬后的铬层脱落, 严重影响生产进度, 增加生产成本。

2 现状分析

据统计, 63%的活塞杆经镀铬后发现焊缝区表面存在不同数量的微小气孔(直径均 $\leq 0.5\text{mm}$, 多数为 $0.2\sim 0.4\text{mm}$), 产品合格率不足50%。这些铬层的缺失部位很容易成为活塞杆腐蚀或铬层脱落源, 最终导致活塞杆表面腐蚀、铬层脱离, 如图1所示。

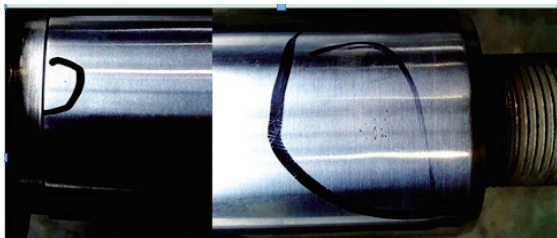


图1 活塞杆焊缝区表面镀铬层脱落腐蚀

经对产品生产过程分析研究、跟踪检查后发现, 镀铬后存在微小气孔的零件在镀铬前其表面已经存在气孔, 由于气孔直径较小, 只有在抛光后或镀铬后才能较为明显地检查出来。

为了保证产品质量, 需要返工对气孔进行修补。由于修补时活塞杆已完成全部加工, 且表面为配合、密封表面, 其尺寸精度、形位精度及表面粗糙度要求均很高, 这就给修补工作带来了较大的难度, 对操作人员的技能提出了较高的要求。同时由于修补时不宜采用大的焊接参数进行, 也不利于生产效率的提高。若返工时镀铬已完成, 则要经过退铬、补焊、抛光、镀铬等多道工序。若再出现不合格现象, 要进行二次返工, 若再不合格, 则整个活塞杆件全部报废, 不仅严重影响生产进度, 还提高了加工成本。因此, 改善活塞杆焊接工艺、提高焊接质量, 尤其是控制加工后焊缝表面微小气孔的产生迫在眉睫。

3 工艺分析及改进

3.1 工艺分析

活塞杆由活塞、杆体、杆头组成, 采用两道对接环焊缝进行连接, 焊缝坡口角度 60° , 深度 10mm , 如图2所示。活塞杆焊接时外径 60mm , 加工后 $\phi 55\text{mm}$, 加工深度 2.5mm 。活塞杆材料选用为中碳调质钢27SiMn, 焊接在调质后进行。焊缝质量要求高, 不但要保证焊缝能承受液压介质的周向力, 还要承受轴向力。同时为了提高表面硬度并防止表面腐蚀, 要求外表面加工后进行镀铬, 镀铬前不允许表面存在气孔等缺陷。

焊接气孔是在焊接过程中, 熔池金属中的气体在金属冷却前未能来得及逸出, 而在焊缝金属中

(内部或表面)形成的空穴^[1]。焊接是一个极其复杂的物理化学反应的冶金过程,在此过程中不可避免地会产生气孔,如何减少气孔产生并使产生的气孔最大程度地逸出是避免焊缝区气孔存在的关键。按照活塞杆制造工艺流程,从焊前清理、焊条烘干、焊接参数、预热温度、焊条偏离角度及焊层厚度控制等各个环节进行梳理和分析后认为,影响焊缝加工后表面存在微小气孔的因素主要有:焊接参数不优化、焊条偏移角度不合理、焊缝单层厚度控制不佳等3个方面。

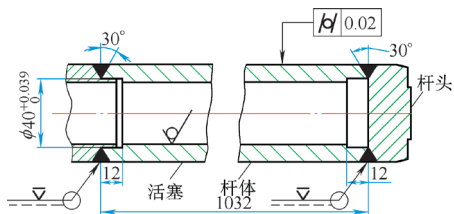


图2 活塞杆焊接结构

3.2 工艺改进研究

(1) 焊接参数优化研究 焊接过程中,焊接参数小、预热温度低,都会导致冷却速度过快,熔池搅拌效果减弱,不利于气体逸出。而调质状态下焊接时,最理想的焊接热循环却要求较短的高温停留时间,较小的焊接热输入。为了获取优化的焊接参数,投入焊接试件,模拟产品接头形式,模拟件如图3所示,试件共9件,3件一组分为3组进行了不同预热温度和焊接参数匹配的工艺试验。试验件采用与产品相同的母材及工艺流程。其中打底层考虑到焊条电弧焊焊后坡口两侧熔渣不易清理,容易产生内部气孔,因此采用了混合气体保护焊。

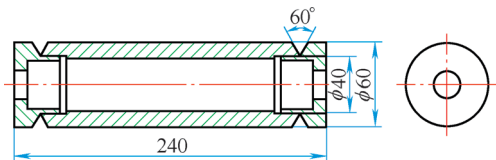


图3 焊接试件

采用不同预热温度(预热温度根据手册推荐范围选取)和焊接参数对3组试验件进行焊接后,9件试验件的检测结果见表1,由表1可以看出,随着预热温度的提高,焊接参数的增大,气孔数量有明显减少的趋势。最终通过试验确定的焊接参数见表2、表3。

表1 不同预热温度、焊接参数焊缝区表面气孔情况

试件编号	预热温度 /℃	焊条直径 /mm	焊接电流/A		气孔数量 /个
			填充层	盖面层	
1-1	150~200	3.2	110~120	110~120	10
1-2	150~200	3.2	110~120	110~120	7
1-3	150~200	3.2	110~120	110~120	9
2-1	200~250	3.2	125~135	120~130	6
2-2	200~250	3.2	125~135	120~130	5
2-3	200~250	3.2	125~135	120~130	6
3-1	250~300	3.2	125~135	120~130	3
3-2	250~300	3.2	125~135	120~130	4
3-3	250~300	3.2	125~135	120~130	2

表2 打底层焊接参数

焊层	焊接材料		干伸 长 /mm	焊接 电流 /A	电弧 电压 /V	气体流量 /L·min ⁻¹
	型号	直径 /mm				
打底层	SLD-80	1.2	10~15	200~220	20~23	10~15

注:预热温度为250~300℃。

表3 填充层、盖面层焊接参数

焊层	焊接材料		层数 /层	焊层厚度 /mm	焊接电流 /A
	型号	直径/mm			
填充层	E8515	3.2	2	≤3	130~135
盖面层	E8515	3.2	1	—	120~130

注:层间温度应≥250℃。

(2) 焊条偏移角度合理选择 据相关资料查询和理论分析认为,环形外焊缝平焊时,为了获得良好的焊缝成形,方便气孔逸出,焊条应逆旋转方向偏移一定角度(距离)。偏移量过小时,则熔深变大、熔宽变小,焊缝成形不佳,气孔不易逸出;偏移量过大时,则熔深变浅、熔宽增加。合理的偏移量与焊接参数、外径大小等密切相关。按照优化的焊接参数,采用不同偏移角度进行反复试验后,综

合考虑焊缝成形情况和表面气孔存在情况，最终确定了偏移角度为 $5^{\circ} \sim 9^{\circ}$ ，如图4、图5所示。



图4 焊条偏离角度试验

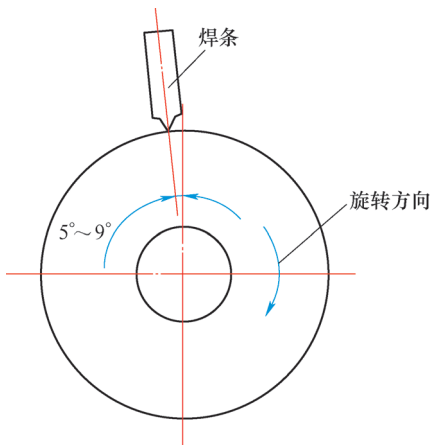


图5 焊条偏离角度示意

(3) 焊缝不同层厚合理匹配 一般来说，采用焊条电弧焊时单层焊缝厚度以 $\leq 5\text{mm}$ 为宜。焊接过程中，气孔的逸出与焊缝单层厚度有直接的关系，单层焊缝越薄越有利于气孔逸出。当单层焊缝厚度控制在 $\leq 3\text{mm}$ 时，更有利于气孔的逸出，但由于活塞杆焊缝坡口深度为 10mm ，加工深度为 2.5mm ，经加工后焊缝表面易处于盖面层与填充层之间，该部位也是气孔易于残留部位，因此合理规划并控制焊缝的单层厚度就显得尤为重要。通过工艺试验，将打底层、填充层焊缝厚度控制在 $\leq 3\text{mm}$ ，盖面层焊缝厚度控制在 $4\sim 5\text{mm}$ ，如图6所示。这样既可以有效保证气孔的逸出，又可以保证加工后的焊缝表面避开焊缝层间位置，从而有效地避免了焊缝表面微小气孔的存在。

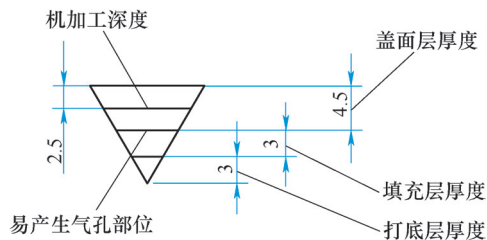


图6 焊缝各层厚度控制

4 实施效果

综合应用上述工艺改进方法，投入20件试件进行验证试验，并对镀铬前后的焊缝表面进行了检查，结果显示仅有5件试件镀铬前焊缝区表面存在数量较少气孔，经修补后镀铬焊缝区表面没有再发现气孔，合格率由原来的不足50%提高到75%。经确认后的焊接方法和焊接参数已经应用于产品生产，获得了预期效果。最终的产品表面效果如图7所示。

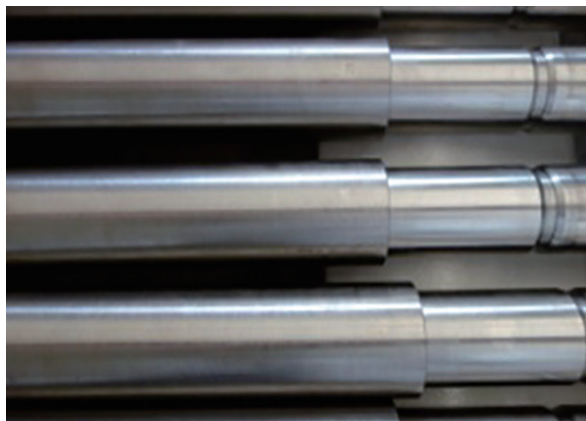


图7 活塞杆表面效果

5 结束语

通过焊接参数优化、焊条偏移角度选择、焊缝层厚匹配等研究，有效控制了活塞杆焊缝区表面镀铬前微小气孔的存在，提高了产品生产质量和效率，解决了液压件生产中长期存在的问题，节约了产品制造成本，具有重要的实际意义和经济价值。

参考文献：

- [1] 候玉平.城市燃气管道焊接中常见缺陷分析[J].科技致富向导, 2012 (12) : 397.

MW 20200913