

液压千斤顶焊接结构加工变形控制技术

何勇明

(富阳通力机械制造有限公司, 浙江 杭州 311407)

摘要 液压千斤顶在运行过程中需承受较大载荷, 这一工况直接关系到设备的结构稳定性以及使用寿命。而液压千斤顶焊接结构作为重要组成部分, 需选择适宜焊接结构形式, 分析焊接结构运行中潜在变形因素, 通过焊接材料选择、焊接工艺优化、工装夹具设计、焊接后矫正等多样化措施, 确保液压千斤顶加工精度合格, 以满足工业生产需求。针对液压千斤顶焊接结构加工来说, 需在加工生产中选择适宜工艺优化与精准工装定位措施, 避免焊接出现严重变形, 能有效提升焊接结构质量以及稳定性。

关键词 液压千斤顶; 焊接结构; 加工变形; 变形控制; 焊接工艺

中图分类号: TH137.51

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.26.030

0 引言

液压千斤顶作为工业生产中的重要辅助设施, 其操作简单、结构紧凑、承载能力强, 是目前机械维修、建筑施工、矿山开采、交通运输等多个领域的重要工具。而液压千斤顶焊接结构作为其核心组成部分, 作用是连接缸体、法兰、底座、活塞等部件。因此, 焊接结构质量关系到液压运行可靠性与稳定性。当前国内对于机械焊接结构方面研究逐步深入, 然而对液压千斤顶结构研究却稍显不足, 其具备受力复杂、结构紧凑、精度要求高等特点, 造成焊接结构变形控制不到位, 无法满足液压千斤顶高精度加工要求。因此, 深入研究液压千斤顶焊接结构加工要求, 落实变形控制措施, 旨在确保焊接结构加工质量合格, 延长千斤顶使用寿命。

1 液压千斤顶焊接结构及焊接变形类型

1.1 主要焊接结构

液压千斤顶焊接结构是主要受力部分, 其功能主要为如下三个类别: 一是缸体连接结构, 其作用是缸体与两端法兰环向焊接、缸体与油孔接头焊接, 保证压力稳定传输, 且密封性达到要求; 二是底座支撑结构, 其主要为底座与缸体焊接、底座与加强筋焊接, 作用是保证千斤顶运行过程中具备稳定性; 三是活塞连接结构, 包含活塞杆与活塞焊接、活塞与密封底座焊接, 其作用是满足活塞往复运动, 且密封性达到要求^[1]。

1.2 焊接变形主要类型

通过对液压千斤顶焊接结构分析, 考虑到加工特点和工艺方案, 其变形主要为如下几个方面: 一是收

缩变形: 焊接接头位置存在纵向收缩与横向收缩变形, 纵向一般指的是焊接长度方向收缩变形, 横向则是垂直于焊缝长度的收缩, 这些都会造成焊缝结构严重变形。二是弯曲变形: 千斤顶焊接结构弯曲变形, 一般出现在细长形焊接结构或不对称焊接结构上, 这主要是因为焊接时温度分布不均匀, 造成焊缝两侧出现弯曲现象。三是扭曲变形: 焊接结构扭曲变形, 一般是在多焊缝或不规则焊缝位置, 这是因为多条焊缝焊接时存在相互影响而引发扭曲。四是角变形: 角焊缝通常出现在角接或者对接焊接位置, 这是因为焊接部位存在温度分布不均匀、收缩量差异, 引发焊接结构角度的变形。

2 液压千斤顶焊接结构加工变形的影响因素

2.1 焊接材料因素

液压千斤顶在焊接过程中, 焊接部位材质、规格与性能方面对变形有较大影响。一方面, 焊接材料和基体金属热膨胀系数差异大, 造成焊接过程中出现受热膨胀现象, 且焊接热量过大造成变形越严重。例如: 45# 钢所选择的焊条热膨胀系数远远超过基体钢材, 其焊接环节收缩量明显大于基体金属, 这导致焊接结构变形问题更加严重; 另一方面, 焊接材料规格选择不同引发变形较大, 如焊条直径过大、焊材含碳量过高, 其焊接过程中出现区域过热现象, 引发焊接结构收缩变形; 焊材韧性不足, 造成在冷却过程中应力集中, 引发焊接结构发生局部变形^[2]。

2.2 焊接工艺因素

液压千斤顶焊接结构在开展焊接前, 需选择适宜焊接工艺, 其主要包含焊接方法、焊接参数、焊接顺序、

作者简介: 何勇明 (1983-), 男, 专科, 研究方向: 机电制造。

焊接热输入等方面,再进行焊接工艺验证,以保证焊接强度达到要求。而在焊接作业开始前需选择焊接方法,这样能将焊接热输入控制在规定范围内。特别是手工电弧焊,保证焊接具备均匀性,预防受热不均引发部件变形。而二氧化碳气体保护焊焊接速度较快,热输入也比较均匀,将其应用在液压千斤顶焊接结构施工中,具备较高效率和变形控制水平。在液压千斤顶焊接结构参数选择阶段,需从电流、电压、速度等方面进行,确保各项参数保持适宜设置,才能有效降低焊接热量,使焊缝位置无焊接缺陷,防止二次补焊引发变形量增大^[3]。

2.3 工装夹具因素

液压千斤顶焊接结构在加工时,工装夹具定位精度、夹紧力、夹紧方式对焊接精度存在直接影响。如果工装夹具稳定性不足或者偏差过大,极易造成焊接过程中稳定性不足引发焊接变形。此外,工装夹具夹紧力不足的情况下,在焊接过程中受到热量影响,导致焊接结构热胀冷缩变形问题严重。此外,工装夹具的定位基准选择不合理,会直接影响焊接结构的装配精度与尺寸一致性。若定位基准未与焊接结构的设计基准重合,易产生基准不重合误差。工装夹具的夹紧方式不当,同样会加剧焊接变形,如采用单点夹紧时,夹紧力集中作用于单一部位,会使工件受力不均,焊接过程中热量分布失衡,引发局部变形;而多点夹紧时,若各夹紧点力度不一致,会导致工件产生附加应力,冷却后形成永久性变形。

3 液压千斤顶焊接结构加工变形控制技术

3.1 焊接材料的优化选择与控制

液压千斤顶焊接结构在加工前,需根据千斤顶结构材质选择适宜焊接材料,确保焊接材料和基体金属保持匹配,能有效减少热膨胀系数,以达到变形控制的目的。一是焊接材料选择考虑到基体金属特性,如 45# 钢使用 J507 低氢型焊条,两者热膨胀系数较为接近,在焊接过程中能有效降低膨胀量;20CrMnTi 合金钢使用 H08CrMnSiA 焊丝,配合二氧化碳气体保护焊,确保焊缝金属和基体金属强度相近,以防发生严重变形;二是对焊接材料进行质量检测,保证焊接材料的直径符合焊缝尺寸要求,且在焊材投入使用前烘干处理,去除焊材表面水分,以防水分影响导致焊接变形;三是确保焊材化学成分达到要求,选择含碳量适中、韧性较好的焊材,以防存在应力集中现象^[4]。

3.2 焊接工艺的优化设计

3.2.1 焊接方法的选择

结合液压千斤顶焊接结构的特点,优先选用二氧

化碳气体保护焊,该方法焊接效率高、热输入均匀、焊缝成形好,变形量比手工电弧焊小 30% 以上。对于缸体与法兰的环向焊接、活塞杆与活塞的焊接等关键部位,采用熔化极二氧化碳气体保护焊,焊接电流控制在 180 A ~ 220 A,焊接电压 22 V ~ 26 V,焊接速度 8 mm/s ~ 12 mm/s,确保焊缝成形均匀,热输入适中;对于底座与加强筋的角接焊接等次要部位,可采用手工电弧焊,控制焊接电流 120 A ~ 150 A,焊接电压 20 V ~ 24 V,焊接速度 6 mm/s ~ 10 mm/s,兼顾加工效率和变形控制。

3.2.2 焊接参数的优化

液压千斤顶焊接结构在加工时,需结合焊接材料、焊接厚度、焊接方法进行焊接参数优化,从而达到降低焊接结构变形的目的。一是确定电流与电压,如果电流过大、电压过高,极易造成焊接过程中热输入量过大而引发焊接结构变形。通常来说,45# 缸铁与厚度 10 mm 法兰在焊接时,二氧化碳气体保护焊焊接电流 190 A ~ 210 A、电压 23 V ~ 25 V;二是严格控制焊接速度,如果焊接速度过快造成焊缝金属未焊透引发焊接缺陷,导致焊接结构变形加剧;三是多层多道焊接操作不当引发变形,如焊接结构厚度为 8 mm,通常采取分层焊接方式,每层厚度 3 mm ~ 4 mm,若各层之间未能及时进行热量释放造成结构变形^[5]。

3.2.3 焊接顺序的规范

液压千斤顶焊接结构确定适宜焊接顺序,能有效降低热量输入速度,防止出现焊接变形,需遵循如下原则确定焊接顺序:一是对称焊接,对于对称结构,如缸体与法兰的环向焊接,采用对称分段焊接,将焊缝分为 4 段 ~ 6 段,从对称位置开始焊接,逐步向中间推进,使焊缝收缩均匀,减少角变形和收缩变形;二是分散焊接,对于多焊缝结构,如底座与多个加强筋的焊接,避免集中焊接,采用分散焊接方式,先焊接对称位置的加强筋,再焊接中间位置的加强筋,使热量均匀分布,减少扭曲变形;三是先短后长,先焊接短焊缝,再焊接长焊缝,短焊缝收缩量小,可减少长焊缝的影响,避免长焊缝因收缩不均引发弯曲变形;四是先内后外,先焊接内部焊缝,再焊接外部焊缝。

3.3 专用工装夹具的设计与应用

通过对液压千斤顶焊接结构特点分析,选择适宜的工装夹具,确保夹具定位精度、夹紧力、夹紧结构合理性达到焊接施工需求。缸体与法兰焊接采用“定位芯轴+环形压板”方式,定位芯轴和缸体保持配合,且定位精度偏差不超过 0.01 mm。环形压板和法兰表面紧密接触,确保螺栓夹紧力达到 3 kN ~ 5 kN,使其两者连接达到紧密度,防止装夹力过大造成工件变形;

夹具采用 HT200 灰铸铁制造，焊接过程中不会发生吸热变形，能使工装夹具具备较高稳定性以及耐热性；底座与缸体焊接使用“定位平台+侧向夹紧机构”的夹具，确保定位平台精加工平面度偏差为0.02 mm/m内，使得工装夹具底座达到稳定性；侧向夹紧机构使用液压夹紧方式，液压夹紧力达到精准度，以防存在严重偏移现象。而在夹具设计过程中，需在结构上布置导热槽，以确保在焊接过程中热量能及时散出；活塞杆与活塞焊接选用“顶尖定位+轴向夹紧”方式，其夹紧装置使用莫氏 4 号顶尖定位活塞杆两端中心孔，确保活塞杆同轴度达到要求；轴向夹紧机构使活塞与活塞杆保持紧密配合，夹紧力控制为 2 kN ~ 3 kN，以防在夹紧过程中引发活塞变形。夹具安装后使用隔热材料进行包裹，防止热量传递造成夹具变形。

4 变形控制技术实践验证

4.1 验证方案

试验材料选用 45# 钢无缝钢管（缸体）、45# 钢法兰、HT200 底座，焊接方法采用二氧化碳气体保护焊，优化

后工艺采用本文提出的材料选择、参数优化、工装夹具、预处理与矫正等控制技术；传统工艺采用常规手工电弧焊，未采用专用工装夹具和参数优化。加工完成后，采用百分表、游标卡尺、投影仪等设备，检测焊接结构的收缩变形量、弯曲变形量、角变形量，以及关键尺寸精度（缸体与法兰的同轴度、法兰平面与缸体轴线的垂直度），对比两种工艺的检测结果。

4.2 验证结果

验证结果表明，采用本文提出的变形控制技术后，焊接结构的变形量显著降低，各项指标均满足设计要求，具体如表 1 所示。

实践验证表明，本文提出的液压千斤顶焊接结构加工变形控制技术合理可行，能够有效控制焊接变形，提升焊接质量和加工效率，满足批量生产需求。

5 结论

本文通过对液压千顶焊接结构特性进行分析，研究了焊接变形的类型、影响因素，并且提出适宜焊接变形控制措施，得出以下结论：（1）液压千斤顶焊接

表 1 焊接结构变形梁比较

焊接件类型	检测指标	传统工艺	优化后工艺
缸体与法兰焊接件	纵向收缩变形量	0.15 mm ~ 0.20 mm	0.03 mm ~ 0.05 mm
	横向收缩变形量	0.12 mm ~ 0.18 mm	0.02 mm ~ 0.04 mm
	角变形量	0.08 mm/m ~ 0.12 mm/m	0.02 mm/m ~ 0.03 mm/m
底座与缸体焊接件	弯曲变形量	0.10 mm ~ 0.15 mm	0.02 mm ~ 0.04 mm
	扭曲变形量	0.08 mm ~ 0.10 mm	0.01 mm ~ 0.02 mm
关键尺寸精度	缸体与法兰同轴度	未明确	≤ 0.03 mm（要求≤ 0.05 mm）
	法兰与缸体轴线垂直度	未明确	≤ 0.02 mm/m（要求≤ 0.03 mm/m）
工艺指标	焊接缺陷发生率	8%	1%
	焊接效率提升	—	40%
	生产成本降低	—	25%

结构变形形式较多，其变形发生原因是热输入不均匀、材料匹配性差、工装定位不准等，极易造成焊接结构变形超出规范标准。（2）根据液压千斤顶焊接结构材料、焊接工艺、工装夹具、结构设计、焊接环境等因素，确定适宜焊接方式，保证液压千斤顶焊接结构加工质量达到要求。（3）在液压千斤顶焊接结构加工时，通过材料选择、工艺优化、焊前预处理、焊后矫正、环境控制等多样化策略，使焊接结构变形控制在规定范围内，提高液压千斤顶加工精度，以满足当前工业生产需求。

参考文献：

[1] 孙晓华,李奎,樊永斌.液压支架千斤顶接头 QPQ 技术的应用研究 [J]. 煤矿机械,2020,41(12):141-142.
[2] 郑德卓,吕琛,张学武,等.示范快堆钢拱顶焊接拼装变形质量控制研究 [J]. 中国核电,2021,14(06):823-830.
[3] 麻磊.矿用液压支架顶梁焊接变形分析及控制措施 [J]. 中国高新科技,2025(12):25-27.
[4] 王德印,凡乃峰,印文才,等.液压支架千斤顶附件的焊接工艺研究 [J]. 电焊机,2021,51(07):89-92,117-118.
[5] 霍雷,任有路.基于焊接变形控制的筒体结构及焊接工艺优化 [J]. 金属加工 (热加工),2024(02):30-33.