

## 简析低温时效工艺对液压支架结构件的影响

张玉宝 黄维康 李松竹

郑州煤矿机械集团股份有限公司, 河南 郑州 450016

**[摘要]**随着国内工业技术水平的提高,水力支撑结构件的使用领域越来越广泛。液压支撑构件的焊接技术在强化其功能的同时,也存在着抗拉强度低、残余应力不足、抗冲击性能差等缺陷。采用低温时效技术,对水力支撑结构件的焊接接头抗拉强度、抗冲击强度、硬度和残余应力等都有较大的改善。将低温时效技术的应用作为研究的出发点,对比了三种不同工艺的影响,总结出了低温时效技术的优势以及它对液压支架结构件的影响。希望可以为今后的研究带来一些帮助。

**[关键词]**低温时效; 液压支架结构件; 热时效

DOI: 10.33142/ec.v6i3.7953

中图分类号: TD353

文献标识码: A

### Brief Analysis of the Effect of Low Temperature Stress Relief Process on the Structural Parts of Hydraulic Support

ZHANG Yubao, HUANG Weikang, LI Songzhu

Zhengzhou Coal Mining Machinery Group Co., Ltd., Zhengzhou, He'nan, 450016, China

**Abstract:** With the improvement of domestic industrial technology, the use of hydraulic support structures is becoming increasingly widespread. The welding technology of hydraulic support components not only enhances their functions, but also has defects such as low tensile strength, insufficient residual stress, and poor impact resistance. Using low-temperature stress relief technology has greatly improved the tensile strength, impact strength, hardness, and residual stress of welded joints of hydraulic support structures. Taking the application of low temperature stress relief technology as the starting point of the study, the effects of three different processes were compared, and the advantages of low-temperature stress relief technology and its impact on hydraulic support structures were summarized, hoping it can bring some help for future research.

**Keywords:** low temperature stress relief; hydraulic support structure; thermal stress relief

#### 引言

在水力支撑的焊接过程中,采用低温度的老化技术,可以显著改善水力支撑的焊接接头的拉伸性能、冲击性能、硬度和残余应力。从低温老化技术的应用出发,对比了三种不同工艺的影响,总结出了低温老化技术的优势及其对水力支撑的影响,希望可以为今后的研究提供些许的帮助。

#### 1 液压支架的主要结构件

##### 1.1 顶梁

顶梁是支撑和维持顶面的重要的箱型结构元件,它与顶面直接接触,它把从顶面上传来的压力,直接传到支撑柱上。顶梁中装有侧推千斤顶,弹簧和弹簧导向杆,是与侧护板,防护梁,支柱(或前梁,伸缩梁)等相连接的支架。

##### 1.2 掩护梁

挡板的前部与上部为铰链,后部为四杆,由四杆与基座组成的四杆系统组成。通过分析,提出了一种新的控制方法,即在液压支架上、下移动时,挡板和顶板的铰链中心点的运动轨迹为一条近似于直线的双扭转线,保证了液压支架的合理稳定。在水工支架的受力中,防护梁的作用是抵抗扭转,并为采空区提供一个支撑和维修的安全空间。掩护梁是一种箱形结构件,它里面装有侧护千斤顶、弹簧

及弹簧导杆等,是与顶梁、四连杆等部件的连接载体。

##### 1.3 底座

基座与底板直接接触,要承受通过顶梁、立柱传递的顶板的竖直压力,也要承受底板所反映的向上力,及四连杆传递的拉压、扭曲力。底座为箱形结构,为四连杆、起重框架、起重机千斤顶等部件的承载装置。

##### 1.4 连杆

支撑杆与基座和挡板梁铰链连接,构成了支撑杆的最主要的四杆机构。在液压支架上、下移动时,其顶梁前部的移动路径呈一条双扭转线,接近于一条直线,因此,液压支架的移动结构是合理、平稳的。连杆是一种箱状的结构,它在液压支座上受到拉伸,压力和水平压力所引起的扭转力。

##### 1.5 伸缩梁

伸缩梁作为一种箱式结构,其主要作用是及时对采煤机开采后露出的顶板进行及时调整,并对其进行临时支撑。伸长梁千斤顶(护帮板,护板千斤顶)与伸长千斤顶相连接,依靠伸长千斤顶的伸缩,在一条固定的滑动通道中做往复直线移动,并在靠近煤层的范围中承担一定的压力,从而实现对煤层的暂时支撑。

### 1.6 护帮板

护帮钢板的主要作用是保护煤墙不冒顶,部件与支架连接,支架与支架连接,支架的轴线作转动,支架将支架连接在支架上,支撑支架上的压力。护帮钢板是一种简易的板状结构。

### 1.7 推溜框架

推溜架的主要作用是:这个零件的前端有一个联轴器与一个传送带的前轮铰接。后端与搬运千斤顶相联,在此支架基座中间的空隙中,通过搬运千斤顶的伸缩来完成推溜和移架的作用,也就是此支架的推溜、移架机构的连接承载件。

### 1.8 侧护板

遮蔽梁侧板的主要作用为:在相邻的支护中,保证了相邻支护的漏矸媒体及相应的调整支护功能。顶掩梁侧护板与顶掩梁侧护千斤顶、弹簧导杆相连接,侧推千斤顶的伸出和收回使顶梁侧板起作用,靠着设置在顶掩梁中的弹簧杆向下传输弹簧力,顶掩梁侧护板是一种简易的焊接结构。

## 2 低温时效工艺在液压支架结构件上的应用

液压支架的构件由高强度钢板焊接而成,其焊接后极易产生冷裂,这是其缺陷所在,冷裂会严重影响其工作性能。伴随着科学技术的发展,在生产和使用公司日益关注的水银支撑中,存在的冷裂缝已成为水银支撑的重要组成部分,因此,对水银支撑的焊缝进行了焊后的去应力时效处理,它是一种最有效的预防冷裂缝的措施,在焊后时效的过程中,有阻燃效果、振动时效和阻燃时效三个方面。加热时效又包括了高温时效和低温时效。本文结合实验实例,讨论了水力支撑构件的低温老化问题,并指出了水力支撑构件的低温老化问题<sup>[1]</sup>。

实验选用了水力支撑常用的 Q550 钢板,采用 GHS-60 焊丝,直径为 1.5 毫米,实验中制作了三个试样坯一,没有对水力支撑的构件进行焊接。试样二:对水力支撑构件进行高温老化,控制在 480℃,样品 3:在 260 摄氏度的温度下,对液压支架部件进行 3 个小时的低温时效。对三种支承材料进行了拉伸试验、冲击试验、硬度试验及残余应力试验。在对焊缝进行抗拉测试时,发现经低温时效处理的焊接接头的力学性能和经高温时效处理的焊缝的力学性能相差不大,但是在没有焊接接头的情况下,两者的力学性能都有明显的提高。在强度试验方面,三个样品在焊缝、热影响区、焊缝区等部位进行了硬度试验,结果显示三个样品在母材区、热影响区、焊缝区的硬度值有明显的差异,在三个样品中,三个样品的焊缝和热影响区的硬度值都是一样的,但在三个样品中,三个样品的硬度值都是一样的。通过对焊接残余应力的测量,通过对水力支撑结构中 3 个节点,也就是焊接接头两端的根部,与其他两个节点相比,在低温下,焊接接头的残余应力去除率达到 32%,而在高温下则达到 40%。对三个样品进行了多次测试,得到了不同程度的影响结果,并对水力支撑构件

焊接后的表面和焊缝进行了观测,发现经过高温和低温时效处理的样品在 48 h 内,在高温和低温时效的样品中,在 48 h 内,其 2%-3% 区域内会产生一层薄薄的氧化膜,而在低温时效的样品中则没有一层薄薄的薄层<sup>[2]</sup>。

## 3 液压支架结构件制造工艺流程

水力骨架是利用水压所形成的支撑力,来完成支架移动的自动化以及对矿井顶板的支撑与保护,是矿井进行机械化作业的辅助装备,其特点是移动速度快、稳定性好、适应性强。本发明涉及到的液压支架,包括起梁,顶梁,尾梁,盖梁等构件,上述构件全部用钢板焊在一起。因为在整个支架体系中,支架是最主要的受力部位,所以支架对支架的力学性能、制造工艺等都有很高的要求。液压支架结构体的制造技术,是一个从选材到焊后的结构体制造的整个流程。在选用的板材上,要考虑到高强度和低自重,在选择时,还必须对钢板的力学性能做一些检测,在选择焊材时,应根据焊材的技术要求,对所选焊材进行评价试验。材料选择后的下一个步骤就是成形,它是焊接前的一项重要的前期工作,它有一系列的工艺要求。在结构件的生产过程中,焊接是结构件生产过程中最关键的一道工序,它的生产过程是否具有科学性。

### 3.1 原材料选用

水力支撑结构的制作,首先要选择合适的原料,它的选择对结构的工作特性起着至关重要的作用。为了能够达到结构件高强度的需要,大部分的原材料都是高强度钢板,在使用之前,选择的板件要有一些力学性质的试验,尤其要注意后面的成形工艺以及焊接对材质的影响。经过抛丸处理、气割下料、氧化层处理、再抛丸处理等工序,既利于耐腐蚀,又能提高其服役年限<sup>[3]</sup>。

### 3.2 成型工序技术要求

在水力支撑构件的生产过程中,成形是一个关键的环节。成形方法通常分为两种:一种是根据被加工零件在基座上所画出的线条来组装,适合于单个零件或小批零件;二是采用适合大量生产的特殊成形装配模。在整个成形过程中,保证每个部件都满足需要,将其按一定的顺序排列,这是启动焊道前的一个重要环节。在成形时,应充分考虑到焊接工艺对零件的组织特性的影响,从而保证了焊缝的正常进行。在焊道的底面有一个不超过 2 毫米的凸起。当长度大于 2 m 时,需要对工件进行矫正,不可采用强力变形的的方式,以免对以后的焊接工作产生不利影响。在一些焊缝中,焊角易发生扭曲,在进行焊接时,应当使零件处于一个自由的位置,在将零件的温度降低后,检测其焊接变形量,并对其进行变形处理。在进行焊接时,要在每个内侧的空隙部位安装支撑钢筋,预先解决因焊缝而产生的扭曲,对支撑钢筋的强度有很高的需求,固撑筋一般与主筋板成 90° 角,能有效地减少焊接主筋板后产生的弹性收缩量。对于截面较小的构件,如伸缩梁、板件等,为

了增加构件刚度，减少焊缝变形，应采用“背对背”的方式进行焊缝连接<sup>[4]</sup>。

#### 4 低温时效工艺对液压支架结构件的影响

在焊接过程中，采用低温时效处理的焊接接头的冲击韧度较高，对热影响区及焊接接头的硬度也较高。在此基础上，采用低温时效处理的材料，仅在 31% 的范围内降低了残余应力，降低了材料的能量消耗，降低了材料的变形。在无锈层等各项指标上，都比前两种方法的结果要好，甚至与前两种方法的结果相当。按照 MT/T587 《液压支架结构件制造技术条件》中的要求，采用了一种可以进行焊接后加工的方法，但是这种方法要求在 25% 到 35% 的范围之内，因此，采用这种方法进行焊接后加工，在一定的温度下，这种方法可以降低到 31% 的温度。而在低温时效条件下，由于氢气的快速扩散，可有效缓解氢气对冷裂扩展的影响，是一项有效解决冷裂问题的技术。在水银支撑的构造件中，焊接是必不可少的一项工序，焊接时会引起的冷裂纹和应力也是不可避免的，冷裂纹的存在会严重影响水银支撑结构件的使用，会使其应力下降，其中应力的来源是热应力和组织应力，这是由于在焊接时对元件的温度会不均，因此会形成了一个温度阶梯，在冷却时，由于冷却速率的不均，就会形成了热应力和应力集中。另外，在焊接过程中，因为形成过程中，各熔池的凝结和结晶时间、自由收缩程度和焊接材料中成分的差异，会产生焊接接头中的剩余应力，而在焊接接头中，结晶中存在着亚结构的应力，由于其对焊缝的影响较小，因此可以被忽略<sup>[5-7]</sup>。

本文所分析的低温老化工艺，也是对整个结构件的一次再加热，低温老化工艺的温度应控制在 260℃ 左右，当温度达到 260℃ 时，将其维持在 3 小时，这对于液压支架结构件焊后有很好的辅助效果。该方法不但对焊缝进行了热循环，而且对整个构件也进行了热循环，使其达到了规定的温度，从而达到了某种程度地降低了焊接过程中的热应力。焊接过程中存在着微观结构应力，而低温时效则是通过在较高温度下减小或消除微观结构应力，实现其在较高温度下的转换，从而实现应力的弥散，从而减小焊接过程中的微观结构应力。在液压支撑结构的焊接后时效过程中，高温可以有效地减小残余应力，但高温又会导致焊缝区承重组织粗大，导致硬度下降，并容易形成氧化铁皮，这也是目前该技术存在的缺点<sup>[8-11]</sup>。

#### 5 液压支架结构件制造工艺的发展

在水力支撑架的生产过程中，焊接是水力支撑架的一个关键环节，它提高了支撑架的工作能力，但也带来了各种各样的问题。但因其高强度，焊接后极易产生冷裂，严重影响其后续服役。低温时效处理技术具有能量消耗少、对板材产生的大变形少、可改善焊接材料抗冲击性能、具有良好的焊接硬化性能等优点，已被广泛采用。在焊接过

程中，因为冷却速度不一致，焊接温度不均等原因，会引起一些应力。因此，利用低温时效的方式，通过对加热温度的高低，以及恒温状态持续的时间的长短，能够有效地降低热应力和微观应力，使得应力能够得到分布和扩散。低温老化对支撑结构的力学性能有重要影响，是对传统焊接方法的一种补充与完善。该系统具有操作简便，控制方便等优点，能显著提高生产效率和经济效益。

#### 6 结束语

低温老化对水力支撑的寿命有很大影响。针对水力支撑结构件焊接后的缺陷，提出了一种新的焊接后处理方法。在水力支撑结构中，通常采用低温和高温两种时效方法，这种方法可以提高水力支撑结构的抗拉强度、抗冲击强度、硬度及残余应力。因为对温度进行了稳定的调控，所以在 260℃ 以下的范围内，低温老化工艺不会出现氧化铁皮，因此，它是一种操作简便、功能强大的方法，可以极大地提高企业的社会经济和经济效益，适合于大规模地推广使用。

#### [参考文献]

- [1] 唐钢. 浅谈低温时效工艺对液压支架结构件的影响[J]. 中国高新技术企业, 2014(24): 74-75.
- [2] 白洪生, 刘贵强, 刘久良, 等. 液压支架连杆结构件"频谱谐波时效"的工艺研究[J]. 煤矿机械, 2010, 31(12): 121-123.
- [3] 来寅龙. 液压支架结构件的焊前试验[J]. 矿业装备, 2022(3): 248-249.
- [4] 赵惟诚, 郭永志, 王进军, 等. 基于数值计算的液压支架结构件强度校核方法[J]. 液压气动与密封, 2022, 42(11): 94-98.
- [5] 张晓江. 提高液压支架结构件修复质量的途径[J]. 机械管理开发, 2022, 37(10): 300-302.
- [6] 邓鑫. 液压支架结构件焊接分析[J]. 能源与节能, 2016(3): 160-169.
- [7] 刘东风, 卫英慧, 范光伟. 拉伸应变对 9Ni 钢低温韧性的影响[J]. 物理测试, 2013, 7(6): 8-9.
- [8] 宋天民. 焊接残余应力的产生与消除[M]. 北京: 中国石化出版社, 2006.
- [9] 葛彪, 国军, 文聪. 消除大型铸锻焊件残余应力的几种时效工艺方法比较[J]. 热加工工艺, 2005(10): 45-49.
- [10] 吴晓明, 海燕, 邓雪莲. 重型设备基础结构件的热时效研究[J]. 现代机械, 2003(1): 19-23.
- [11] 刘文显. 热时效应力测试初探[J]. 机械研究与应用, 1999(12): 22-24.

作者简介: 张玉宝(1974-), 男, 毕业院校: 黑龙江矿业学院, 所学专业: 机械制造工艺与设备, 当前工作单位: 郑州煤矿机械集团有限责任公司, 职务: 生产主管, 职称级别: 工程师。