

实心活柱校直中断裂原因分析及预防措施

■ 刘晟, 白海明, 李臣阳

摘要: 针对实心活柱, 当直线度误差 $> 1/1000\text{mm}$ 时, 需通过压力机进行校直, 但生产中会因压力过大或应力集中造成在校直过程中的断裂行为。以供货状态和调质状态作为研究对象, 从化学成分、力学性能、金相组织和断口形貌进行原因分析, 在校直过程中采取减缓压力机的冲击力或增加正火或退火工序的预防措施。

关键词: 实心活柱; 校直; 断裂; 分析; 预防措施

1. 背景概述

液压支架立柱由外缸、中缸和活柱三大组件构成, 其中活柱是与顶梁柱窝直接接触的关键受力部件, 其制造水平在很大程度上决定了液压支架的产品质量和使用寿命。通过长期摸索

和实践经验, 当直线度误差 $> 1/1000\text{mm}$ 时需通过压力机进行校直。如果在校直过程中压力过大或是材料偏析会造成断裂质量问题。

活柱材质为27SiMn, 规格为 $\phi 250\text{mm}$ 。现场观察, 沿活柱中部

偏一侧位置出现横向断裂, 断口有一些小凹陷, 晶粒之间还存在二次裂纹且沿约 10° 倾斜角度 (见图1), 裂纹源为图示红圈位置。

2. 原因分析

试验分为两种方案: 取供货

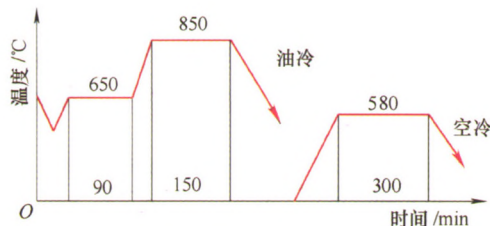


图3 油淬火调质工艺曲线

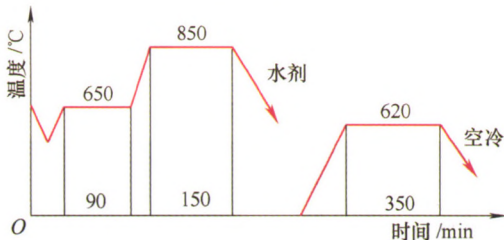


图4 水剂淬火调质工艺曲线

快, 采用水剂淬火后轴承套圈淬硬层深及淬火后马氏体数量多。淬火后马氏体数量的多少直接决

定高温回火后索氏体的多少, 也就决定了轴承套圈的最终力学性能。

低温阶段水剂淬火冷却介质的冷却性能与油淬火冷却介质相当, 所以采用水剂淬火调质工艺调质后的轴承套圈也不会产生裂纹。

3. 结语

(1) 水剂淬火调质后42CrMo钢制风电轴承套圈的力学性能可以满足技术要求。

(2) 水剂淬火调质后42CrMo钢制风电轴承套圈可以确保不产生淬火裂纹。

作者简介: 王云广、孙小东、孙伟, 洛阳LYC轴承有限公司、航空精密轴承国家重点实验室。

MW 20170314

状态和调质状态两种试样作为研究对象。从化学成分、力学性能、金相组织和断口形貌进行分析，其中力学性能以同材质27SiMn、同规格 $\phi 250\text{mm}$ 圆钢（调质/非调质状态）作为对比试样。

取活柱断裂位置附近约150mm长作为后续研究对象。按GB/T 2975—1998《钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备》要求，调质/非调质态试件取拉伸试样各3个，冲击试样各3个，非调质态化学成分和微观金相试样各1个，按图2示意分别取样。

（1）光谱分析 按图2取非调质态试样，由表1可知，从C、Si、Mn等含量判断，断裂活柱体27SiMn各项化学成分符合质量证明书和标准值（GB3077）指标。

（2）力学性能试验 按图2分别取样，包括调质/非调质态。由表2可知：断裂活柱调质/非调质硬度、强度、韧性和冲击吸收能量均与对比试样调质/非调质状态下的各项力学性能指标

吻合，说明材质力学性能各项指标达标。

（3）组织分析 虽然力学性能检测结果与对比试样调质/非调质状态下的各项指标吻合，但为了进一步验证供货（热轧状态）的组织状态和晶粒度大小，对金相组织进行了检验分析，如图3、图4所示。

由图3和图4可知组织为F+P，由图3可以看出块状F和P处于未完全溶解状态，属于轧态组织；由图4判定 $100\times$ 定倍尺下的晶粒度为6.5~7级，属于轧态组织晶粒级别。

（4）断口形貌 图5为热轧状态晶界表面的局部放大，存在浅色的脉络状凸起，这些凸起可认为是一种韧窝，但在断裂时的塑性变形程度极小，而那些深色的平坦面则完全没有出现塑性变形，符合脆性断裂的特征，一般表现为无纤维区，断口比较平滑。该试样断口处纤维区很小，平齐而光亮，呈放射花样，并未见明显的有大量塑性变形的痕迹，断口形貌为较典型的脆断形

态^[1-5]。此外该材料因未调质而冲击吸收能量很差，且断裂位置可能存在应力集中，当校直过程受到外力冲击时产生的断裂行为。

3. 预防措施

针对原材料直线度误差 $>1/1000\text{mm}$ 引起粗车后活件仍有黑皮现象时，需增加校直工序，因供货态为热轧态（块状F和P处于未完全溶解状态）造成冲击吸收能量很低，且可能存在因材料偏析造成局部应力集中，所以校直时应减缓压力机的冲击力或增加正火或退火热处理工序（块状F和P处于溶解状态）。

4. 结论分析

以供货态和调质态作为研究对象，从化学成分、力学性能、金相组织和断口形貌进行分析，并采取预防措施进行校直，具体总结如下：

（1）理化试验和微观形貌 化学成分方面符合GB/T 3077—1999合金结构钢27SiMn要求，且与质量证明书化学成分指标吻合；力学性能方面断裂活



图1 断口宏观形貌

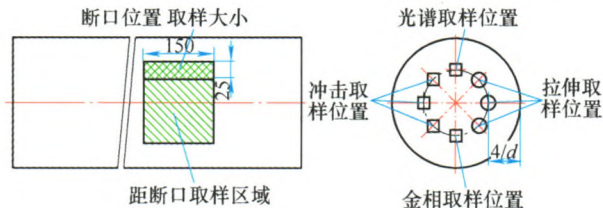


图2 取样示意

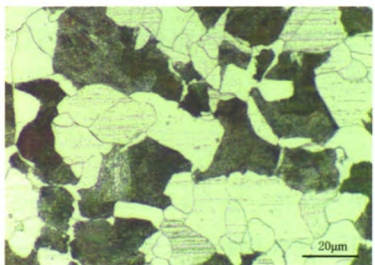


图3 500 $\times$

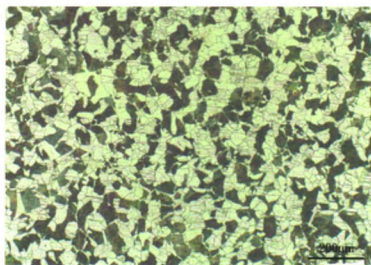


图4 100 $\times$

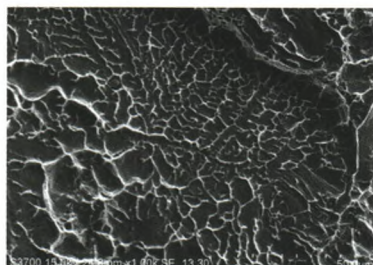


图5 1000 $\times$

表1 化学成分（质量分数）(%)

数据对比	C	S	Si	Mn	P
断裂活柱	0.29	0.005	1.21	1.37	0.024
质量证明书	0.27	0.008	1.16	1.32	0.012
标准值（GB3077）	0.24~0.32	≤0.035	1.10~1.40	1.10~1.40	≤0.035

表2 力学性能

试样状态	原材料规格	试件编号	非比例强度 $R_{p0.2}$ /MPa	抗拉强度 R_m /MPa	断后伸长率 A (%)	断面收缩率 (%)	冲击吸收能量/J (室温V型缺口)	表面硬度 HBW
1 [#] (调质)	φ 250mm	1-1	502	767	21	62	43.9	271
		1-2	479	737	23	64	36.3	
		1-3	499	747	22	61	44.8	
		均值	493.3	750.3	22	62.3	41.7	
3 [#] (调质)	φ 250mm 对比 试样	2-1	461	735	19	52	35.9	260
		2-2	498	765	22	52	61.2	
		2-3	447	717	22	58	57.4	
		均值	468.7	739	21	54	51.5	
2 [#] (未调质)	φ 250mm	3-1	344	618	26	48	6.02	189
		3-2	357	625	25	48	7.8	
		3-3	358	598	20	52	7.15	
		均值	353	613.7	23.7	49.3	6.99	
4 [#] (未调质)	φ 250 对比 试样	4-1	352	647	23	47	8.3	200
		4-2	357	657	25	51	7.64	
		4-3	346	651	26	51	12	
		均值	351.7	651.7	24.7	49.7	9.31	

柱体调质/非调质硬度、强度、韧性和冲击吸收能量均与同材质同规格对比试样调质/非调质状态下的力学性能指标一致，说明材质力学性能各项指标达标；组织性能方面，通过断口微观形貌组织状态和晶粒度级别分析，轧制态组织为F+P，晶粒度级别为6.5~7级，此两者组织性能与质量承诺书吻合；断口形貌方面断口宏观形貌平齐而光亮，呈放射花样，并未见有明显的大量塑性变形的痕迹，属于较典型的脆断断裂。

（2）原因分析 因未调质状态下材料冲击吸收能量很低，且断裂位置可能存在应力集中，当校直过程受到外力冲击时产生

的断裂行为。

（3）预防措施 针对原材料活件直线度误差>1/1000mm引起粗车困难需校直时，因供货态为热轧态而造成冲击吸收能量很低，且可能存在应力集中，所以应避免外界冲击力过大或增加正火或退火热处理后再进行校直。

参考文献

[1] 赵忠，丁仁亮，周尔康.金属材料及热处理[M].北京：机械工业出版社，2000（10）：83-86.

[2] 李炯辉.金属材料金相图谱[M].北京：机械工业出版社，2006.

[3] 白海明，刘程，屈海艳.活塞

杆球头淬火工艺研究[J].煤矿机械，2015（08）：172-173.

[4] 刘宗昌，李雪峰，计石萍，等.珠光体、贝氏体、马氏体等概念的形成和发展[J].金属热处理，2013，38（2）：15-20.

[5] 苏磊，刘海红.热处理工艺对35 CrMo钢组织及性能的影响[J].金属热处理，2016，41（6）75-78.

作者简介：刘晟，郑州煤矿机械集团股份有限公司，技术工艺部产品二所所长，工程师，长期从事液压支架工艺应用和技术研究工作。

MW 20170415