

20CrNiMo钢联动轴寿命测试断裂原因分析

阚亚威

镇江液压股份有限公司 江苏镇江 212000

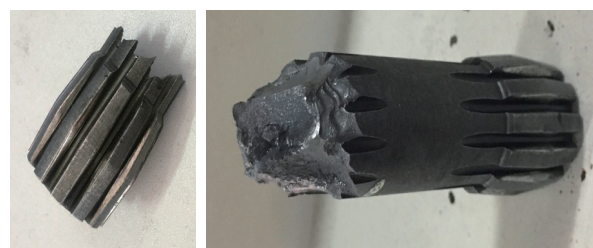
摘要：液压马达联动轴在寿命试验时发生早期失效，通过对联动轴进行宏观检查、化学成分分析、硬度检查、金相组织检测等方法进行分析。结果表明：原材料非金属夹杂物超标导致联动轴在寿命测试过程中发生断裂。提出了改进措施。

关键词：20CrNiMo；联动轴；断裂；非金属夹杂物

1 序言

20CrNiMo钢属于低碳合金钢，常用于制造中小型汽车、拖拉机的发动机和传动系统中的齿轮。摆线液压马达联动轴，在马达寿命试验时发生断裂。该型联动轴在进行寿命试验时，承受扭矩为600N·m，转速180r/min，寿命要求>60h，此次寿命试验共测试3次，均在6~8h出现了断裂，为此与以往的齿面疲劳磨损导致的失效形成进行了对比。现对其中1根断裂的联动轴进行原因分析。该零件由20CrNiMo钢棒料加工制造，其生产工艺流程为：下料→车削→滚齿→热处理→抛丸→清洗→成检。

示，联动轴在反复扭转应力作用下，轴心部有少量的塑性变形，扭转断口与轴向呈45°角，断口部分呈锯齿状，结合失效时间，初步判定为扭转疲劳断裂。



a) 断裂件一端 b) 断面

图1 联动轴断裂宏观形貌

2 检验过程与结果

(1) 宏观检测 联动轴断裂宏观形貌如图1所

(2) 化学成分分析 对该联动轴化学成分进行分析，结果见表1。化学成分符合要求。

表1 化学成分（质量分数）检测结果 (%)

项目	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
零件	0.19	0.20	0.85	0.015	0.018	0.54	0.46	0.22	0.04
标准	0.17~0.23	0.17~0.37	0.60~0.95	≤0.030	≤0.030	0.40~0.70	0.35~0.75	0.20~0.30	≤0.30

(3) 硬度检测 该零件技术要求：表面硬度57~62HRC，心部硬度30~45HRC，有效硬化层深度为0.6~0.9mm。该联动轴表面硬度59~60HRC，心部硬度35~37HRC，有效硬化层深度为0.79mm，符合技术要求。

表层回火马氏体≤5级，残留奥氏体≤5级，碳化物≤3级。如图2所示，该联动轴表层回火马氏体为5级，残留奥氏体为5级，碳化物为1级，符合技术要求。对断口处进行非金属夹杂物的检测（见图3）测试结果：A1.0，B3.0，C0.5，D3.0，DS0.5，发现断口附近有大量B类、D类非金属夹杂物。

(4) 金相检验 该零件热处理金相组织要求：

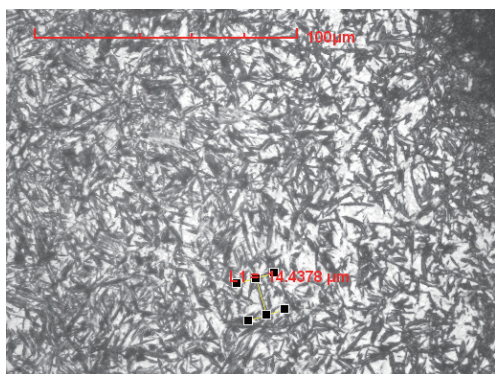


图2 金相组织

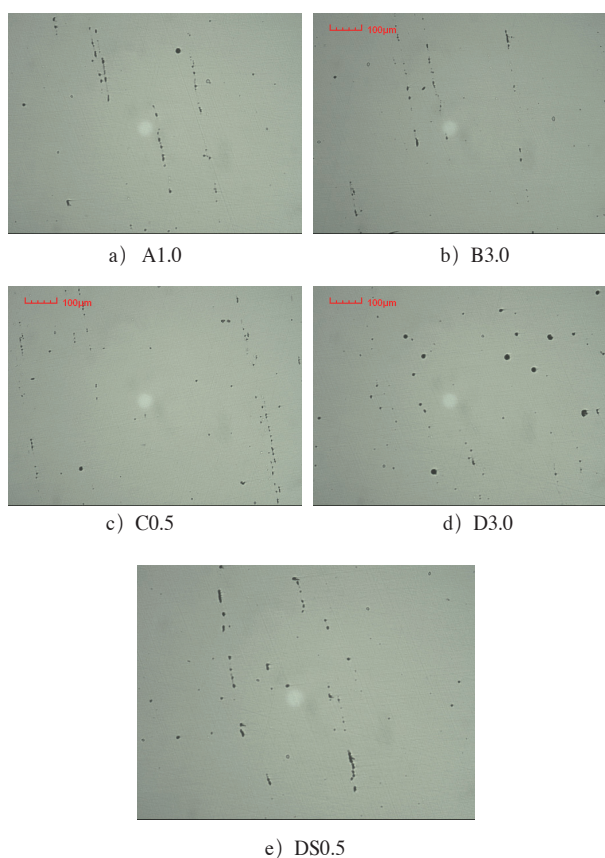


图3 非金属夹杂物的检测

3 分析与讨论

综上检验结果分析,该20CrNiMo钢联动轴的化学成分、硬度、热处理金相组织均符合技术要求,非金属夹杂物级别过高。其中,回火马氏体及残留奥氏体级别偏上限。研究表明,一定含量的残留奥氏体反而能松弛钢中的应力、冲击吸收能量,缓冲相变马氏体的冲击力,减少显微裂纹,增强抗疲劳性能^[1]。

另外,钢中非金属夹杂物对疲劳性能的影响一方面取决于夹杂物的类型、数量、尺寸、形状和分

布;另一方面受钢基体组织和性质制约,与基体结合力弱的尺寸大的脆性夹杂物和球状不变形夹杂物的危害最大^[2, 3]。该联动轴断口表层附近,发现大量的B类、D类非金属夹杂物,本质上是脆性夹杂物。由于脆性夹杂物不能传递钢基体中的应力,从而诱发疲劳裂纹,且脆性夹杂物在应力作用下会因碎裂而产生开裂,更易产生疲劳裂纹。联动轴在反复的扭转应力作用下,在这些脆性夹杂物附近产生多个疲劳源及微裂纹,裂纹沿与轴线呈45°的两个方向发展,最终形成部分锯齿状断面,导致联动轴在测试过程中发生异常疲劳断裂。

4 结论和建议

该型20CrNiMo钢联动轴寿命试验发生早期断裂的原因,是由于钢中B类及D类脆性非金属夹杂物级别过高导致的。因此,在以后的生产过程中,应加强对原材料非金属夹杂物的检测,严格执行验收标准,见表2。通过上述措施,可解决联动轴在寿命测试时发生异常断裂的问题。

表2 非金属夹杂物验收标准 (级)

A类		B类		C类		D类		DS
细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	
≤2.5	≤2.0	≤2.0	≤1.5	≤1.5	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.5

注:所有夹杂物总级别≤5级;同类夹杂物的粗系和细系在同一视场出现,不予分开评定。

参考文献:

- [1] 朱法义, 陆淑屏.碳氮共渗层中残余奥氏体对疲劳性能的影响[J].佳木斯大学学报(自然科学版), 1994 (3): 135-139.
- [2] 惠卫军, 董瀚.非金属夹杂物和表面状态对高强度弹簧钢疲劳性能的影响[J].特殊钢, 1998 (6): 8-14.
- [3] 邵肖静, 季晨曦, 崔阳, 等.第十八届(2014年)全国炼钢学术会议论文集[C].北京:中国金属学会, 2014: 1-8.

MW 20210126