

文章编号: 1006-2971 (2004) 05-0029-02

6MD20 空气压缩机曲轴断裂失效分析

庄 森^{1,2}, 文立刚¹

(1. 潍坊生建集团技术质量科, 山东 潍坊 261011; 2. 中国海洋大学工程学院, 山东 青岛 266071)

摘 要: 通过宏观断口、化学成分、金相组织、机械性能等方法对曲轴断裂失效原因进行了分析, 发现宏观断口为脆性断口, 其金相组织中包含了不应有的魏氏组织, 从而导致韧性显著降低, 脆性增大, 最终在连续交变载荷作用下发生疲劳断裂。

关键词: 曲轴; 断裂分析; 金相组织

中图分类号: TH457 文献标识码: B

1 引言

某化肥厂一台 6MD20 型空气压缩机在连续工作时发生曲轴突然断裂事故。该曲轴使用材料为 45# 钢, 且经调质处理。为了查清曲轴断裂的真正原因, 本文对断裂的曲轴从宏观断口形貌、金相组织、化学成分及机械性能方面对其失效原因进行了分析。

2 宏观断口分析

(1) 断裂位置发生在曲轴的曲拐臂上, 其断口沿曲拐臂和曲拐径圆角过渡 R 与曲拐径母线平行, 且断口平齐, 由过渡 R 处向内不均匀地分布着明显放射状快速断裂线 (见图 1), 没有明显的宏观塑性变形, 据以上形貌分析属脆性断口。

(2) 最终瞬断区表面粗糙 (见图 1), 呈灰暗色, 并伴有点状金属光泽, 其面积约占断口面积的 1/2。在曲拐臂与曲拐径过渡 R 处发现有明显的金属疲劳源, 且有向内扩展的贝壳状疲劳延伸线, 由此可以看出属于疲劳断裂。另外, 由瞬断区所占比例可以看出该曲轴所受应力集中程度较大, 由瞬断区的位置也可推断出该曲轴荷载较大。

3 化学成分检验

在断裂处取样进行化学成分检验, 结果见表 1。显然, 其化学成分符合 45# 钢的要求。故应排除由于材料成分不符合要求而造成断裂这一因素。

4 机械性能试验

在曲轴断裂处本体中取试样, 制成标准试棒后, 在万能试验机上测试, 其结果如表 2 所示。显然, 其 δ_5 、HBS 均小于要求的标准值, 说明其延

收稿日期: 2004-06-10

油, 面接触的密封较难保证, 所以决定对刮油环的工作部分进行改造。即在原工作面中间开一条 2~3 mm 宽、1.5 mm 深的槽, 使原来较宽的面接触, 变成较窄的线与面接触, 即刮油环方面的圆弧线与活塞杆的圆面接触, 这样就减小了密封面积, 刮研刮油环工作面也较容易掌握。另外, 把刮油环的两侧都车削成斜面, 即在原来的一个刮油刀口的基础上增加一个副刮油刀口, 这样就能把主刮油刀口未能刮干净的润滑油在活塞往回走时, 再进行多一次拦截, 达到更好的封油效果。

考虑到两组刮油环效果可能不够理想, 决定添加一组, 即在原来的基础上再增加一个刮油环盒, 多装配一组刮油环, 以期达到最佳的密封效果。

活塞拉杆方面, 决定改变原用材质。经与厂家联系, 在热处理方面尽量使其表面硬度达到 HRC60 以上, 这样在摩擦过程中就不易被磨损, 长时间保持一个较好的工作表面, 与刮油环工作部位有一个较好的配合。

经过上面的改造及处理, 氢压机十字头箱的润滑油泄漏有了明显的改善, 中修周期内没有专门处理过润滑油的泄漏问题, 甚至大修时才更换一次刮油环; 更换密封填料时, 也很少出现填料粘合现象。可见改造是成功的, 大大提高了机组长周期运转的可靠性, 减轻了维修人员的工作量, 节省了配件物料的消耗, 取得了良好的经济效益。

伸率、硬度不能满足设计要求。

表 1 曲轴化学成分

元素	C%	S%	Si%	Mn%	P%
实测值	0.49	0.015	0.228	0.65	0.020
标准值	0.42~0.50	≤0.035	0.17~0.37	0.50~0.80	≤0.035

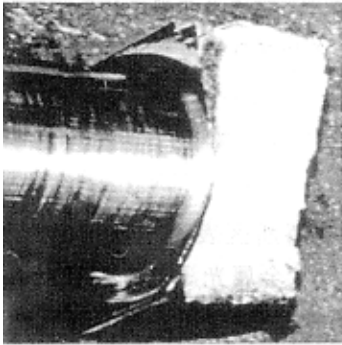


图 1 曲轴宏观断口形貌

表 2 曲轴试棒机械性能

	δ_s MPa	δ_b MPa	δ_5 %	ψ %	HBS
被 测	385.5	652.9	15.2	40.7	190
标准值	≥353	≥637	≥17	≥35	217~255

5 金相组织分析

(1) 由曲拐径 1/4 处取试样，在光学显微镜下观察，其金相组织为铁素体 + 回火索氏体及珠光体，部分视场可见较为明显的魏氏组织形态（见图 2）。由此可以看出该曲轴热处理不当，有明显的过热迹象，调质后的组织不是应有的细粒渗碳体与铁素体的混合物（回火索氏体），说明没有达到调质的目的。

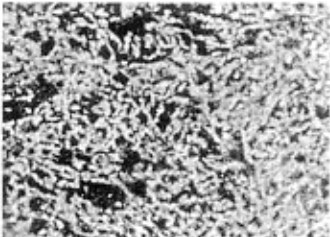


图 2 曲拐径处试样的金相组织 ×100

(2) 由曲拐臂上靠近过渡 R 处取试样，在光学显微镜下观察，其金相组织为回火索氏体 + 网络状铁素体，且可见明显的魏氏组织（见图 3）。魏氏组织是亚共析钢中，由于加热温度过高，保温时

间过长（即发生过热现象）使钢的奥氏体晶粒粗大，加之在 A3→A1 温度区间冷却速度较快，铁素体不能充分沿奥氏体晶界析出，而是在过饱和的奥氏体晶粒内沿一定的晶面上析出，并与旧相奥氏体保持一定结晶位向关系的先共析铁素体或渗碳体。魏氏组织出现后，钢的韧性显著降低，脆性增加。

6 结论

依据上述检验结果，该曲轴断裂失效的原因如下：(1) 由于热处理不当，该曲轴本体基本组织呈过热形态，没有得到应有的回火索氏体组织，却出现了较为明显的魏氏组织，魏氏组织大大降低了钢的塑性和冲击韧性，这是曲轴断裂的主要原因。

(2) 由于曲拐臂与曲拐径组织差异较大，因此不可避免地存在较大的组织应力，这是引起疲劳源的主要原因；另外沿晶界析出的网络状铁素体和针状铁素体，起到了削弱和割裂基体的作用，加速了曲轴的断裂。

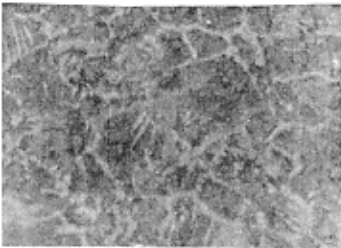


图 3 曲拐臂处试样的金相组织 ×400

(3) 以上非正常组织的存在，直接削弱了曲轴的机械性能，使之达不到设计时的要求，在交变载荷作用下，极易诱发金属疲劳，造成早期失效。

7 建议

在曲轴调质处理时，要严格控制淬火加热温度、保温时间及冷却速度，杜绝过热现象的出现，在正确回火温度下进行回火，保证回火保温时间，通过正确的热处理工艺，以得到回火索氏体组织，确保曲轴具有良好的综合机械性能。

参考文献：

[1] 王广生. 金属热处理缺陷分析及案例 [M]. 北京：机械工业出版社，2000.
[2] 范全福. 金属工艺学 [M]. 北京：高等教育出版社，1993