

冲锁机液压缸导柱螺纹断裂失效分析

吕晓艳¹, 文宏伟²

1. 新乡航空工业(集团)有限公司军品九车间 河南新乡 453000
2. 新乡艾迪威汽车科技有限公司 河南新乡 453000

摘要: 采用断口观察、常规理化检测和受力分析等方法, 对断裂的液压缸导柱进行了系统的分析。结果表明, 导柱的热处理状态不合理导致强度低, 是其断裂的主要原因。

关键词: 导柱螺纹; 金相组织; 扫描电镜; 疲劳断裂

1 失效概况

冲锁机在某型号产品组件加工中, 用于将螺纹套冲压变形, 防止螺纹套在使用过程中发生松动而造成质量事故。其设备结构(见图1)及工作原理为: 液压缸固定在底板上, 由4根导柱连接, 液压缸举升过程中, 向上推动连杆机构, 带动冲头压入螺纹套一定深度并保持一定时间, 使螺纹套变形, 从而在螺纹副中形成锁止效果, 此时4根导柱的螺纹均匀承受反向的15kN工作压力。从2017年5月该设备投入使用后, 每隔3~5个月导柱的螺纹处就会发生断裂, 维修方式均为更换原厂导柱, 由于设备结构狭小, 每次更换需要5~6h, 严重影响生产效率。由于厂家未提供导柱图样, 无法进行针对性改进, 为了缩短维修时间, 减少对设备的损伤, 2018年10月对再次发生的断裂件进行分析, 以查明并解决断裂问题。

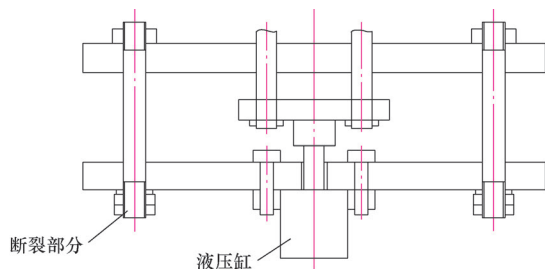


图1 冲锁机结构示意图

2 检测情况

2.1 宏观断口分析

经过观察, 断裂位置仍然在导柱的螺纹与光轴交接部位, 清洗断面后, 断面较为平整, 目视可见

清晰的贝纹线(见图2), 初步判定为疲劳断裂^[1]。

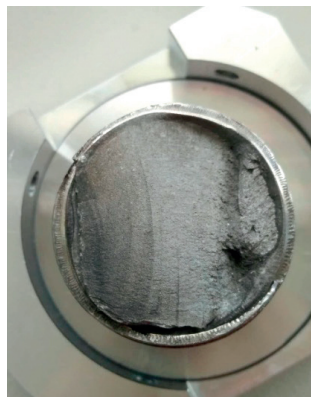
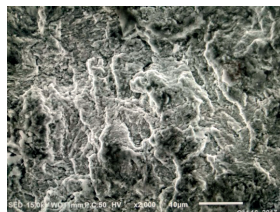


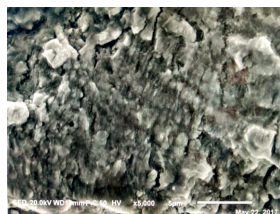
图2 宏观断口

2.2 微观断口分析

从宏观贝纹线的扇形区指向可判断出裂纹源区在左侧^[2]。经过电镜分析, 断口形貌为大量疲劳条带(见图3a、图3b), 符合疲劳断裂的特征。



a)



b)

图3 断口疲劳条带形貌

2.3 化学成分分析

从螺纹上截取一段样品，采用斯派克直读光谱仪进行化学成分分析，结果见表1。从化学成分上看，符合GB/T 699—2015中45钢的要求。

2.4 硬度检测

对断裂螺纹随机选取3点进行硬度检测，结果见表2。

表1 导柱螺纹化学成分（质量分数）

(%)

元素		C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni
检测值	点1	0.462	0.241	0.566	0.0187	0.0028	0.0131	0.0034	0.0062
	点2	0.454	0.237	0.565	0.0181	0.0051	0.0128	0.0031	0.0059

表2 螺纹部位硬度检测数据

编号	1	2	3
硬度HRC	18.1	17.9	16.8

2.5 金相检查

对断口附近进行金相组织检查，表面为珠光体+半网状铁素体+少量上贝氏体（见图4），心部为珠光体+网状铁素体+上贝氏体（见图5）。

3 分析与讨论

根据理化分析结果，可以判定材料为热轧态45钢，没有经过后续热处理。断口分析结果表明，断

裂为典型的疲劳断裂^[3]。

冲锁机在15kN的条件下，每天工作1400次循环，每个月工作3.6万次循环，断裂周期在3~5个月，即10万~18万次循环后发生断裂。查阅GB/T 699—2015《优质碳素结构钢》、GB/T 33362—2016《金属材料硬度值的换算》可知，该硬度下45钢的抗拉强度在660~770MPa，强度较低。在螺纹与光轴交界处，截面形状发生较大变化时，容易在最后一个螺纹根部形成较大的应力集中^[4]，而较低的抗拉强度结合大载荷循环状态，会造成应力集中部位产生微缺陷，从而形成裂纹源，在使用过程中发生疲劳断裂。

4 结论及建议

1) 综上所述，导柱采用热轧态45钢进行制作，导致强度不足，在最后一个螺纹根部产生微缺陷，形成裂纹源，造成使用过程中发生疲劳断裂。

2) 根据分析结果，建议将材料更换为42CrMo钢，采用调质处理，硬度30~35HRC。新制造的导柱经过一年的运行，状态良好，没有再发生断裂问题。

参考文献：

- [1] 王荣.汽车螺栓断裂失效分析[J].理化检验-物理分册, 2005 (41) : 471-474.
- [2] 邹德志, 刘柯军.发动机凸轮轴疲劳断裂分析[J].汽车工艺与材料, 2009 (1) : 43-44.
- [3] 王新忠.避免螺栓疲劳断裂后的灾难性破坏——螺栓的疲劳断裂分析[J].现代零部件, 2006 (7) : 65.
- [4] 杨永生, 仝建萍, 刘岩, 等.螺栓断裂原因分析[J].热处理, 2012 (4) : 60.

MW 20191205

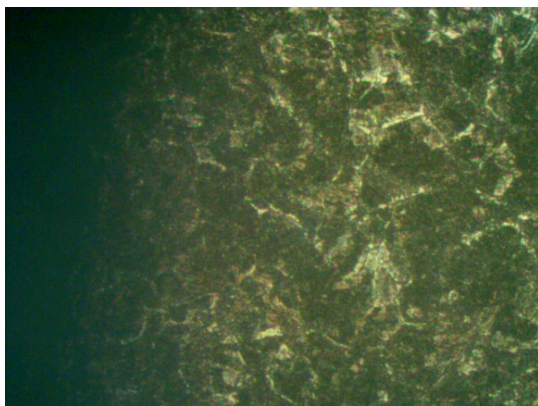


图4 表面金相组织

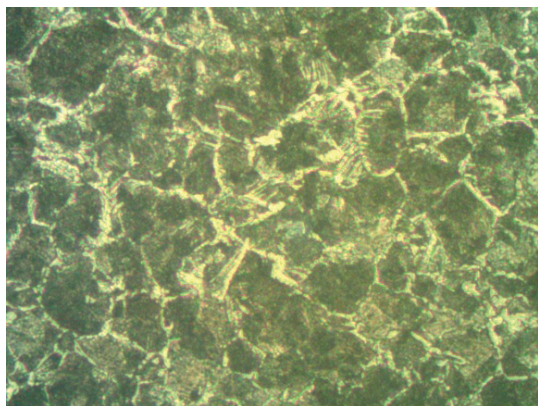


图5 心部金相组织