

轴类件校直的结构效应

牛万斌, 章赛丹, 王振荣

轴类零件由于材料、结构原因, 复杂加工流程, 以及热处理过程等影响, 在内应力作用下产生不同程度的弯曲变形, 早期是采取人工校直、液压机校直, 凭经验设定压力、压下量。为了适应高精度、大批量生产需求, 自动校直机应运而生, 1994年就有国产自动校直机投入市场。目前汽车零部件行业国产、进口自动校直机应用广泛, 检测精度、报

警灵敏度也不断提高。

1. 报警参数AE值

校直结束后, 过去用磁粉无损检测裂纹。为了提高可信度和生产效率, 我们选用自动装置应用AE (ACOUSTIC EMISSION) 技术, 通过检测伴随材质的变形、破损而释放内部应力时发生的AE波, 对是否存在裂纹进行判断。

但是, 针对具体的轴类件, 要设定适宜的报警参数 (AE值), 该门槛设定过高, 可能会导致已经产生裂纹的产品蒙混过关, 流向客户, 隐患无穷。设置过低, 会出现过多的无谓报警, 后面要花大量工夫检测、确认。

2. 局部结构的影响

某些产品的复杂性还不限于AE值设置, 由于零件内应力形

铁素体, 镶入物质与基体之间有清晰界线。该缺陷导致基体形成了应力集中, 在上料作业的冲击载荷作用下产生裂纹源并扩展至断裂。

2. 次要原因

(1) 该轴热处理工艺执行质量未达到工艺要求, 造成材料显微组织存在网状铁素体, 且其径向显微组织从材料表层到心部, 网状铁素体组织所占比例从6%上升到19%, 从

而导致其硬度从表层到心部不同, 从276HBW10/3000下降到246HBW10/3000; 材料物理性能沿径向变化梯度过大, 降低了材料承受冲击载荷的能力。

(2) 夹杂物较严重, 在轴横截面的1/4处达到了最严重的3级。夹杂物在交变应力作用下, 易诱发裂纹产生而导致轴失效。

(3) 该材料缺陷点正好处于轴的受力面, 加大了轴使用过程中发生断裂的几率。

表2 结点与基体区域成分对比 (质量分数) (%)

元素	Si	Cr	Mn	Fe
基体	0.67	1.15	—	98.18
结点	0.54	—	0.98	98.48

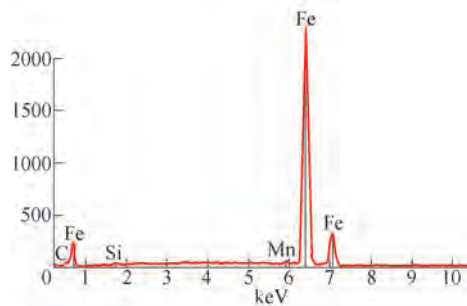


图19 结点处的能谱

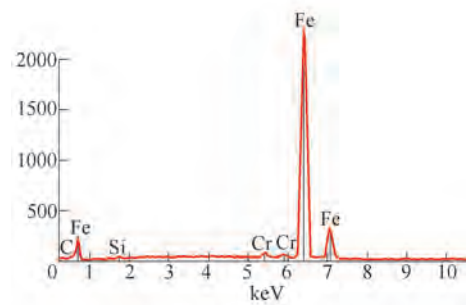


图20 基体的能谱

作者简介: 陈雪发、林晏民、刘学文, 宝钢集团广东韶关钢铁有限公司。

MW 20141112

成原因、形成节点的复杂性，必须与产品结构关联起来。

下面通过一空心轴齿轮（见图1）的AE报警改进，说明其局部结构对校直工艺和结果的影响。在轴柄段分布有4- ϕ 3mm径向油孔，其中3个（B、C、D）位于横向凹槽内（见图2）。

产品生产量增大后，存在AE报警率偏高问题，开始时为20%~25%，经过无损检测，并未发现裂纹，AE值修订为100（初始）/580（额定）后仍然居高不下。我们对热处理工艺做了相应修正，包括提高淬火油温和回火温度，降低硬化层深度，报警率下降为12%。工艺改进起到一定的、有限度的作用，报警率仍然偏高。

经过对产品结构分析，梳理工艺流程，发现4个横向（径向）小孔中，位于凹槽内的3个小孔孔口（B、C、D）未倒角。这些易产生应力集中、甚至裂纹萌生的位置，如果对孔口倒角处理，对于其校直的应力场以及AE报警是否有影响？以及影响程度有多大？对此进行了分析与验证，后续产品全部增加了 $0.3 \times 45^\circ$ 的孔口倒角。图3、图4是B、C、D三孔孔口未倒角和全部孔口倒角后校直时的有限元应力分析。

由图可见，增加孔口 $0.3 \times 45^\circ$ 倒角后，各凹槽、小孔周边的应力分布状态有一定程度的改善，与此同时，在材料炉号及热处理工艺完全相同的情况下，产品报警率也大幅下降，如附表所示。

3. 结语

产品内应力以及变形、开裂等问题，从萌生到扩张，从量变到质变，贯穿产品整个生产过程，是一个多节点、多变量的系统工程。解决内应力叠加、应力释放导致变形甚至开裂的问题，往往要求将原材料、机加工和热处理以及产品结构关联起来。某些容易被忽略的细微结构，诸如沟槽、棱角乃至局部加工刀痕等，也足以改变产品的应力分布状态和承载能力。



图1 空心轴齿轮

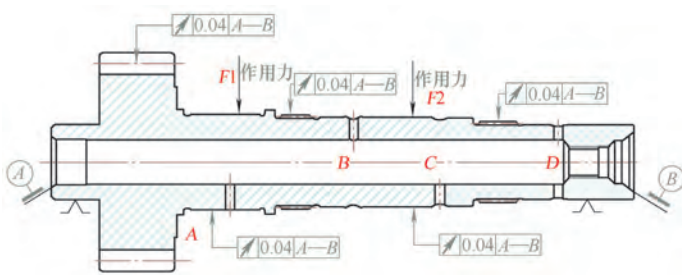


图2 产品结构及校直示意

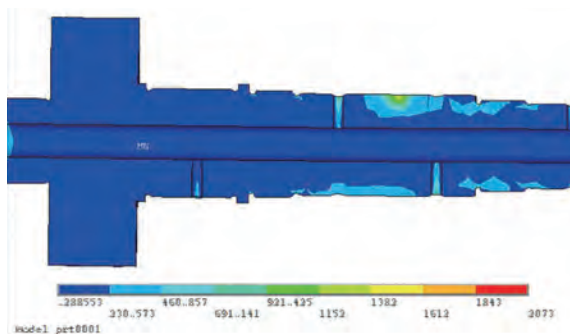


图3 B、C、D三孔孔口未倒角时应力分布状态

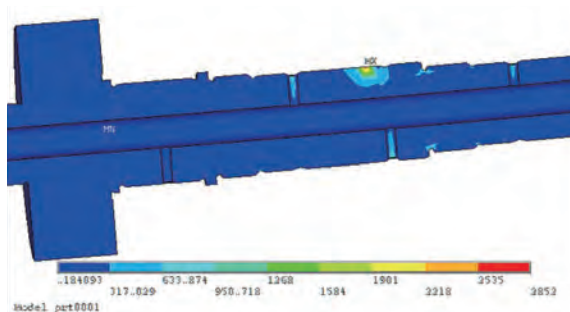


图4 B、C、D三孔孔口增加 $0.3 \times 45^\circ$ 倒角后应力分布状态

报警率统计表

阶段	初始阶段（含修订AE值后）	调整热处理工艺	增加径向小孔孔口倒角
报警率（%）	25	12	1.0

作者简介：牛万斌、章赛丹、王振荣，浙江双环传动机械股份有限公司。

MW 20141112