

# 汽车摆臂开发过程中的失效分析

□ 上海汽车集团股份有限公司技术中心/贾辉 杜华 张海阳



某车摆臂在开发过程中出现了开裂失效，为了查找失效原因，本文进行了试验分析。

### 零件介绍及试验条件

试验过程：该摆臂装在陪试车副车架上，同时装上衬套及球销。试验力作用在两侧摆臂球头，水平向后正弦加载。

该摆臂主体由上片、下片以及中间一块加强板焊接组合而成，材料均为QSTE420TM，标准为Q/BQB310-2009。图1所示为失效件宏观示意图。

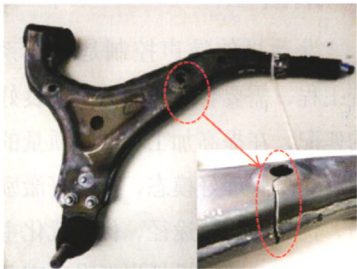


图1 失效件宏观示意

根据CAE报告（见图2），可看出零件拐角处应力较大（红、橙、黄），为避免该处失效，内焊有一块等厚的加强板（图中紫色虚线区域所示）。可见，加强内板长度已覆盖应力较高区域，停在应力较小的位置，可初步判断开裂区的设计强度符合要求。

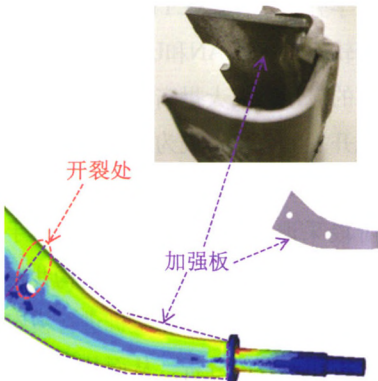


图2 零件应力分布

而按照Q/BQB 310-2009标准要求，该材料各个元素均符合标准，说明材料合格（见附表）。

### 摆臂材料化学成分

（质量分数，%）

| 元素      | 含量要求   | 实测      |
|---------|--------|---------|
| C       | ≤0.12  | 0.11    |
| Si      | ≤0.5   | 0.027   |
| Mn      | ≤1.50  | 1.27    |
| P       | ≤0.030 | 0.016   |
| S       | ≤0.025 | 0.004   |
| Al      | ≥0.015 | 0.031   |
| Nb      | ≤0.09  | 0.032   |
| V       | ≤0.20  | 0.000 8 |
| Ti      | ≤0.15  | 0.014   |
| Nb+V+Ti | ≤0.22% | 0.046 8 |

### 金相分析

对失效件金相组织分析，取样位置如图3所示，红色边框表示取

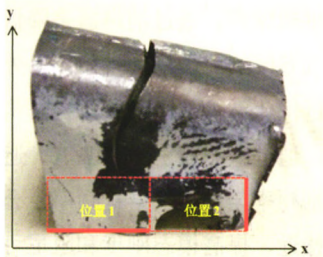


图3 失效件金相取样位置

样位置，其中位置1观察x平面，位置2观察y平面。

对位置1、位置2取样后，对其进行镶嵌，然后观察金相组织，如图4和图5所示。

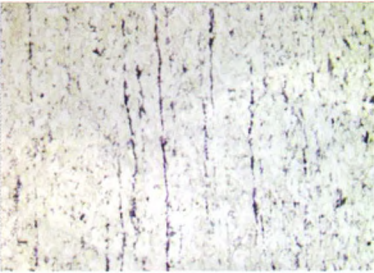


图4 位置1观察x平面金相 (400×)

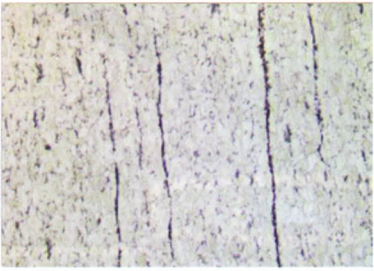


图5 位置2观察y平面金相 (400×)

通过金相分析可知，x、y面组织均由珠光体+铁素体组成，局部都有带状组织分布，晶粒度均为9~10级，且位于材料中心位置。两个方向的晶粒变形程度无明显差异。材料金相组织正常，这说明造成开裂的原因并非材料金相组织异常造成的。

断口微观分析

摆臂取下后，将开裂位置切下，具体如图6所示。

打开断口，可以发现开裂处恰好处于加强板焊缝收弧末端（黄圈），对其形貌特征进行分析。图7~图11所示为断口形貌示意图（含加强板一端）。

图7中，A处为加强板和上下片接合处，有上下两条焊缝，两条焊



图6 断口取样位置示意

缝的收弧处均在此区域；B处为下片断裂区，C处为上片断裂区，D处是A中局部放大图。

B和C（见图9和图10）处可以看出放射性纹路（黄圈），根据纹路扩展方向可知疲劳源为D处红圈处（见图11），此处即是裂纹源。

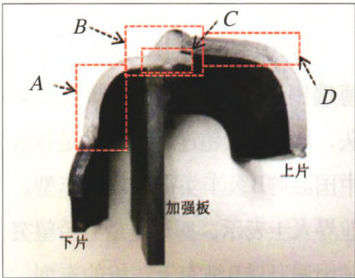


图7 失效位置断口

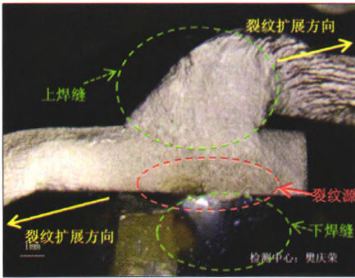


图8 失效位置断口 (A)

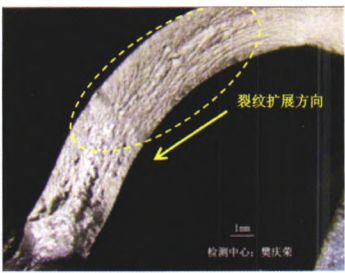


图9 失效位置断口 (B)

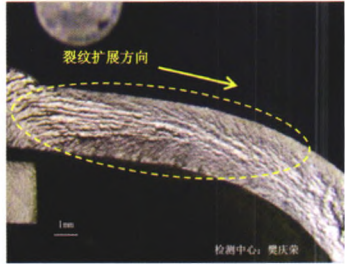


图10 失效位置断口 (C)

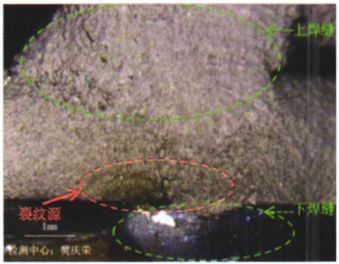


图11 失效位置断口 (D)

结语

通过分析可知，该摆臂材料合格。由于焊接收弧处恰好处于上片与加强板接合处，并且受两条焊缝的焊接应力影响，加之焊接收弧处属于工艺较难控制区域，故试验时容易产生应力集中，造成裂纹源。随着试验进行，零件下片和加强板收弧处出现裂纹源，裂纹从下片至上片，再分别向两边扩展，直至开裂失效。

建议措施：增加上片与加强板的焊接长度，使收弧处避开上片与加强板接合处，同时也避开另一条焊缝的焊接应力，从而消除裂纹源。严格控制收弧处的焊接工艺，避免焊接缺陷。 **AUTO1950**