

# 膜片弹簧断裂原因分析

程吉浩, 刘文斌, 王俊霖, 刘 敏

(武汉钢铁(集团)公司研究院, 湖北 武汉 430080)

**摘 要:**针对材质为 50CrVA 膜片弹簧的断裂现象,通过电镜扫描和金相分析等手段,对断裂部位的断口形貌和组织进行了试验观察,分析出其原因是:在加工该膜片弹簧的外圆弧时,边缘出现微裂纹,经压淬和热处理后扩展,先期开裂部分被高温氧化,在进行最终弹性检测时受往复压迫而失稳开裂。

**关键词:**膜片弹簧;氧化物;断口金相检查

中图分类号: TH135

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2015) 05-0079-02

## 一、前言

膜片弹簧是使用在现代汽车离合器总成上的关键零件,其性能好坏直接影响到汽车离合器的产品质量和汽车行驶安全,膜片弹簧出厂检验非常严格,每一片膜片弹簧应用之前都必须进行模拟实际工作状态的弹力测试,从而保证膜片弹簧质量稳定,因此,膜片弹簧在弹力检测中对出现的任何一次失效都必须进行认真分析调查,找出失效原因。生产膜片弹簧的流程很长,影响其最终质量的因素众多,通常有:原材料的组织偏析、有害夹杂、退火后组织球化率<sup>[1]</sup>、加工工艺、成品表面质量<sup>[2]</sup>、弹力检测时受力均匀性等<sup>[3]</sup>。本文针对某起膜片弹簧在进行弹力检测时发生断裂现象的实例,通过取样分析,结合电镜扫描和金相检查等试验手段,对断口形貌和组织进行观察和分析,探讨了该膜片弹簧断裂的原因。

## 二、断裂现象描述

某膜片弹簧原材料为 50CrVA 钢,其全流程生产制造的工序是:热轧原材料→退火冷轧→落料→冲孔槽→压淬→回火→喷丸和检验。该膜片弹簧在制成之

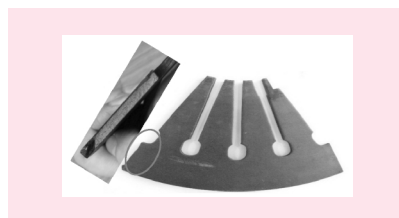


图 1 断裂部位及断口宏观形貌

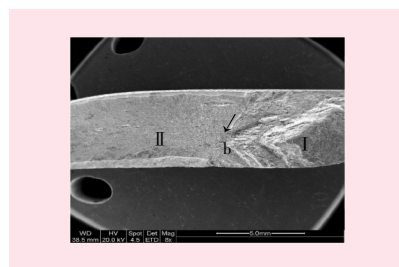


图 2 断口的 SEM 形貌

后需进行弹性应变检测,但在检测过程中接受变动轴向载荷作用时发生了断裂,其断裂部位及断口宏观形貌如图 1 所示。为找到产生断裂现象的原因,我们拟采用电镜扫描和光学显微镜金相检查的试验方法,对其断口进行逐步观察,并分析其断裂原因。

## 三、试验及结果分析

收稿日期:2015-07-27

作者简介:程吉浩(1986-),男,湖北武汉人,武汉钢铁(集团)公司研究院工程师,研究方向:钢铁材料。

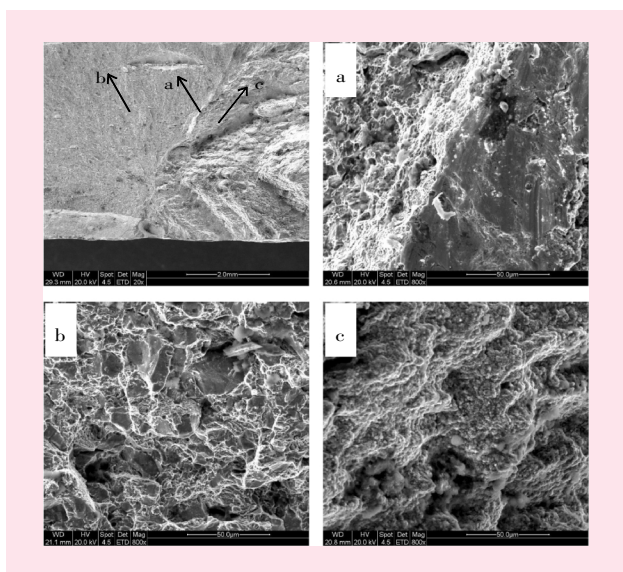


图3 断口分界处 SEM 形貌

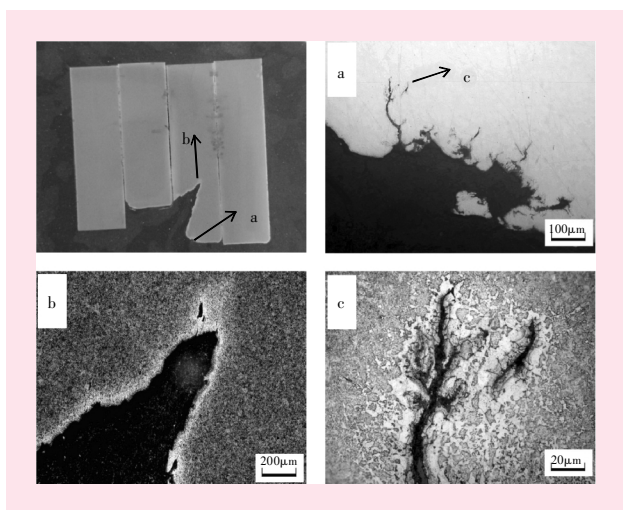


图4 断口面裂纹金相形貌

#### (一)断口形貌的电镜扫描及结果分析

将试样断口用丙酮溶液超声波清洗后, 采用 FEI Quanta400 扫描电镜对断口表面形貌进行观察, 图 2 为断口的 SEM 形貌。观察结果表明, 该断口分 I 区和 II 区两部分, I 区呈黑色并有明显台阶, II 区呈浅灰色较平整。II 区断口特征较明显, 呈解理状, 根据二次裂纹走向可以确定 II 区开裂起始部位为 b 点。但 I 区断口呈黑色, 严重被氧化和磨损, 仅凭宏观的 SEM 图像难以确定其裂纹源和断裂起始部位。

通过采用扫描电镜对 II 区裂纹源附近及断口分界处进一步放大观察, 结果表明, 该裂纹源正好处于 I 区和 II 区分界部位, 界限两边的断口形貌有明显不同, 如图 3 所示, 以图 3a 处为分界, 交界处右侧断口特征已完全消失, 为明显的氧化物形态 (如图 3c 处), 图 3a 及其左侧断口形貌仍保持较完整, 呈明显脆性断口和少量纤维状韧窝形貌 (如图 3b 处所示)。

以上观察结果表明, 图 2 所示的 I 区宏观上呈黑色, 断口经 SEM 放大后呈被严重氧化形貌。而图 2 的

II 区脆性断口特征明显, 未被明显氧化。根据膜片弹簧的生产检验流程推断, 该膜片弹簧断裂过程应该是分阶段的。其中 I 区在早期就已经出现开裂, 经过热处理后被氧化而呈现如图 3c 所示的形貌; II 区在检验受压时开裂, 为最终开裂区域, 该区域并未经过高温热处理氧化, II 区开裂源头在 I 区和 II 区的分界处。

#### (二)断口面的金相检查及结果分析

为了调查 I 区开裂源头以及早期开裂原因, 需要对断口进行磨光、抛光、腐蚀处理, 以进一步观察断口正面的金相组织形貌。

采用砂轮机将 I 区断口打磨至与 II 区处于同一平面, 并对断口进行镶嵌、打磨、抛光、腐蚀等前期处理, 然后采用 OLYMPUS 的 GX71 金相显微镜观察膜片弹簧圆弧外侧 (如图 4a 处)、I 区开裂内侧 (如图 4b 处) 等处的形貌和组织。结果表明, 在膜片弹簧圆弧外侧 (图 4a 处) 观察到了微裂纹, 该裂纹起源于圆弧最外侧向内侧扩展, 并且裂纹周围有明显的脱碳层以及氧化圆点, 表明该处裂纹经过了高温氧化脱碳过程; 图 4b 处为开裂内侧, 表明整个裂纹开裂区域有明显的脱碳层, 同时附近组织均匀一致, 并未观察到明显偏析。

以上观察结果表明, I 区开裂起源于膜片弹簧圆弧最外侧, 其开裂部位经过高温氧化过程并有明显脱碳和氧化迹象。

#### (三)膜片弹簧断裂的综合结果分析

根据上述对试验结果的逐步分析, 结合膜片弹簧制造的工艺流程, 可以判断出, 导致该膜片弹簧在弹力检测过程中出现断裂的原因为: 落料或加工膜片弹簧最外圆弧侧时, 由于加工方面的原因导致该处出现了微裂纹, 该微裂纹经过后期热处理过程有一定扩展和显著氧化, 在最终弹簧膜片受轴向弹力往复测试时, 由该裂纹处扩展开裂并延伸至整个断面, 从而出现断裂。

#### 四、结语

由上述分析结果可得出: 该例膜片弹簧检测时出现断裂, 其主要原因是由于在冲压加工外圆弧侧时出现了微裂纹, 且经过压淬和回火热处理后进一步扩展, 致使膜片弹簧在检测时因往复受力而失稳开裂。

膜片弹簧作为汽车离合器上的关键产品, 其质量好坏直接影响到汽车行驶的安全和人身安全。尽管生产膜片弹簧的工艺过程中影响其最终质量的因素众多, 但严格的出厂检验流程能最大限度地发现弹簧失效的原因, 并由此检视出生产工艺中存在的问题, 及时规避潜在的风险。本例呈现的膜片弹簧测试中断裂现象就是一个典型的案例, 也充分说明了前期检测是一个绝对不能忽视的环节。

#### 参考文献:

- [1] 程吉浩, 董中波, 刘敏, 等. 65Mn 直缝焊管开裂原因分析 (下转第 96 页)

(上接第 80 页)

- [J].材料科技与设备,2014,(4):76-78.
- [2] 叶玉春. 喷丸强化对汽车离合器膜片弹簧疲劳寿命影响的实验研究[J].机械工程师,2009,(07):46-47.

- [3] 朱茂桃,夏长高,高翔.膜片弹簧疲劳断裂的试验分析[J].汽车工程,2001,(2):139-142.

[责任编辑:詹华西]

## Cause analysis of Diaphragm Spring

CHENG Ji-hao LIU Wen-bin WAMG Jun-lin LIU-Min

(Research and Development Center of Wuhan Iron and Steel(Group)Steel Co., Wuhan 430080, China)

**Abstract:** According to the phenomenon of 50CrVA diaphragm spring cracking, this paper tries to find out the reasons that observing the carking sample by metallographic microscope and SEM. It shows that, at the time of working the outer circular of the diaphragm spring, micro-cracks appeared on the edge, then during heat treatment, early cracking site was oxidized, at last it was instability cracking at the time of elastic detection.

**Key words:** diaphragm spring; oxid; crack