

汽车螺旋弹簧钢丝冷卷断裂分析

林思远 沈福兵

(成都蒂森克虏伯富奥弹簧有限公司 四川 成都 610000)

摘要: 54SiCr6 弹簧钢丝经连续感应加热生产线淬火回火后, 在弹簧卷制过程中出现裂纹, 通过断口失效分析, 原材料成分偏析是造成裂纹的主要原因。

关键词: 感应加热; 断裂; 偏析

引言

我公司主要生产汽车用减震弹簧和稳定杆弹性元件。其中 54SiCr6 弹簧钢丝采用连续感应加热生产线淬火回火处理。在弹簧冷卷过程中出现裂纹。为查明出现裂纹原因, 对钢丝断口进行了失效分析。

样品宏观形貌:

主要工艺流程: 钢丝拉拔→感应加热淬火回火→冷卷簧

此钢丝在冷卷时出现钢丝开裂, 宏观形貌如图 1, 裂纹横向贯穿于钢丝心部至表面, 纵向延钢丝轴线分布, 断口处有明显氧化色。以此判断裂纹在淬火时产生, 在冷卷时受外力作用扩展开裂。

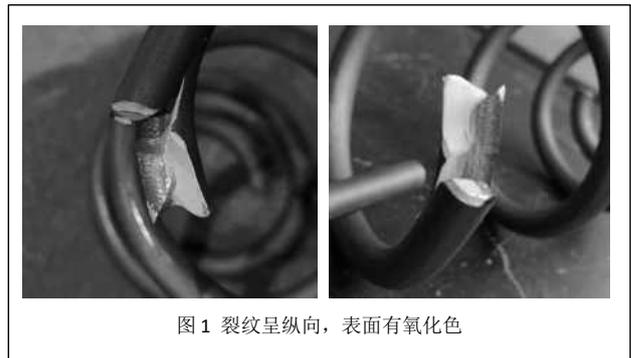


图 1 裂纹呈纵向, 表面有氧化色

于是取断路横截面进行金相及硬度检测。

检测结果如图 2, 裂纹横截面试样金相组织正常, 裂纹表面无脱碳。

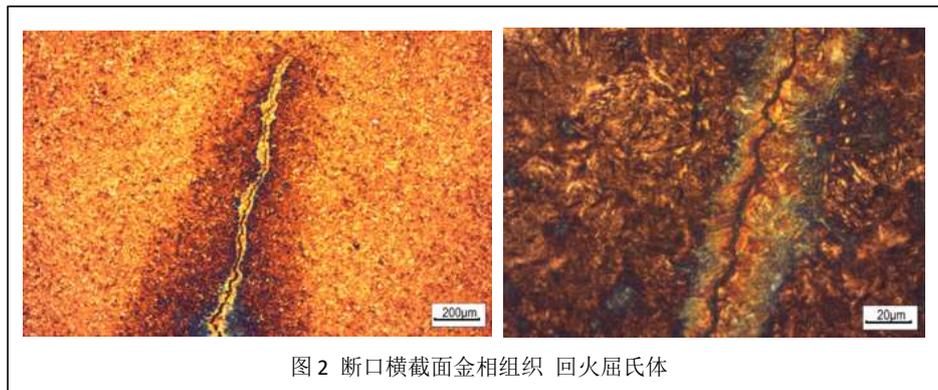


图 2 断口横截面金相组织 回火屈氏体

横截面直径方向上硬度见表格, 硬度满足要求, 无异常。

位置	1	2	3	4	5	6	7
硬度	586.2	592.3	588.6	573.7	595.4	599.4	582.8

同时使用直读光谱仪对钢丝横截面进行化学成分检测, 检测结果如下, 未发现异常。

元素 / 标准值	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
	0.53-0.58	1.30-1.50	0.55-0.80	max0.015	max0.015	0.60-0.80	max0.20	max0.06
实测值	0.554	1.323	0.742	0.006	0.008	0.729	0.012	0.001
元素 / 标准值	Cu	Al	V	Sn				
	max0.235	max0.005	max0.04	max0.015				
实测值	0.004	<0.001	0.003	0.002				

经过初步的检测并未发现有异常。

随决定切取断口纵向试样进行检测。在试样的心部发现白色带状组织图 3

初步判断是化学成分偏析或非金属夹杂。

由于公司不具备更深层次的检测手段, 随将样品寄回钢厂, 在钢厂作进一步检测。

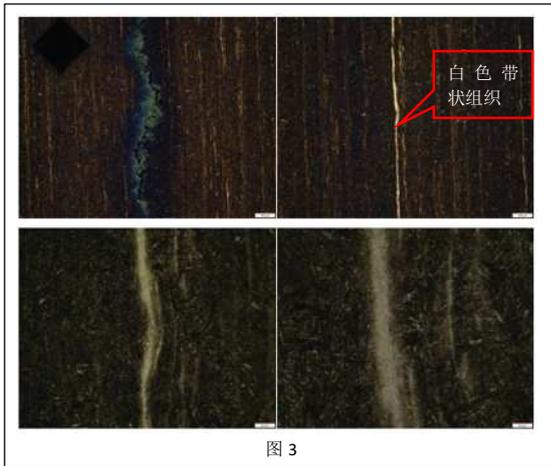


图 3

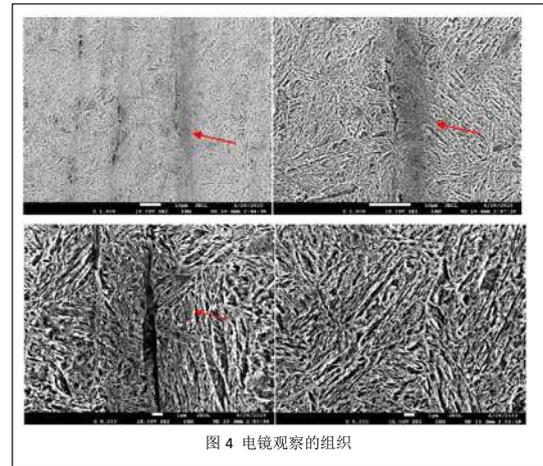


图 4 电镜观察的组织

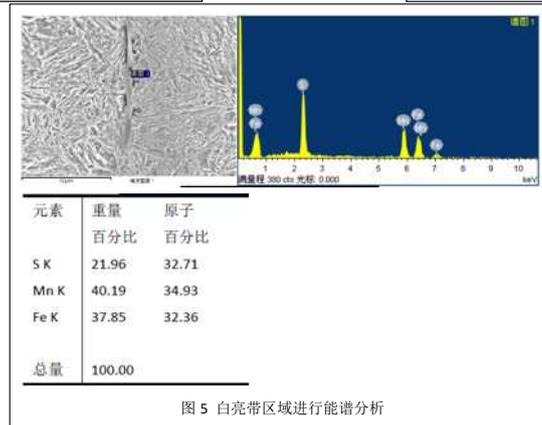


图 5 白亮带区域进行能谱分析

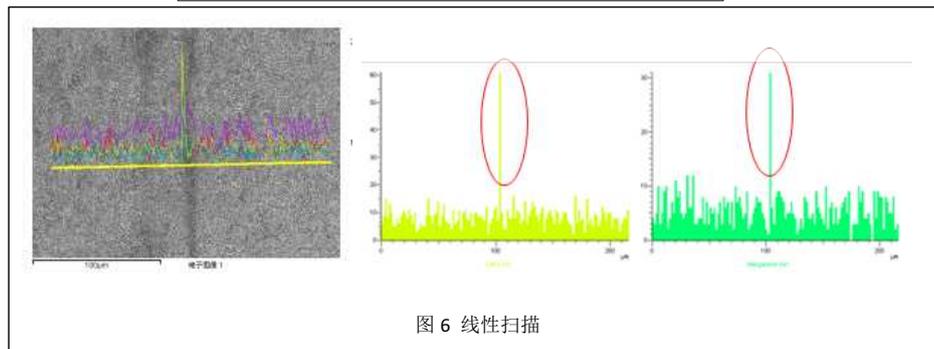


图 6 线性扫描

电镜观察，白亮条带处（电镜下呈深色）发现长条状夹杂物，且淬火回火组织相对正常区域更细。如图 4 所示。

对白亮带区域进行能谱分析，结果如图 5。带状区域 S、Mn 含量异常高，可以确定带状组织为 MnS 非金属夹杂。

对白亮带进行线型扫描，如图 6，可见白亮带区域相比正常区域，S、Mn 含量更高。

通过一系列的检测分析，可以确定是钢丝心部的 MnS 非金属夹杂导致淬火应力集中形成淬火裂纹，裂纹是从心部产生向表面和纵向扩展，在冷卷时裂纹进一步扩展。

参考文献:

- [1] 李根. 基于内点罚函数法及 Visual Basic 螺旋弹簧优化设计 [J]. 汽车工艺师, 2020 (12): 37-39+43.
- [2] 张军伟, 万芳, 吴学雷, 佟家慧, 齐鸣, 乔杰. 重型车辆悬架用变丝径螺旋弹簧研究 [J]. 汽车工程学报 2020, 10 (04): 281-285.
- [3] 范广龙. 某车型前螺旋弹簧设计 [J]. 汽车实用技术, 2020 (09): 77-79.

作者简介:

林思远, 德国杜伊斯堡埃森大学毕业, 硕士学历, 机电一体化专业。
沈福兵, 四川大学毕业, 本科学历, 金属材料工程专业。