

紧固件金相制样的开裂判别

陆柯杰, 张玉焕

威睿电动汽车技术(宁波)有限公司 浙江宁波 315336

摘要: 紧固件材料淬火件硬而脆, 在试样切割过程中夹持不当会产生裂纹, 容易与淬火裂纹相混淆, 掌握淬火裂纹的形成原因、开裂形态, 结合金相组织和热处理工艺, 就能准确判别。

关键词: 金相; 试样切割; 冷却速度; 裂纹

1 序言

高强度紧固件需要经过热处理达到性能要求, 通常使用网带炉进行热处理, 作为质量控制, 淬火件和回火件都需要检测。淬火件一般需要检测马氏体级别、马氏体量、淬火硬度; 回火件一般需要检测回火硬度、表面硬度、抗拉强度、屈服强度以及螺纹未脱碳层高度、全脱碳层深度等^[1]。金相检测需要对试样进行切割和镶嵌, 切割过程会使用虎钳夹持试样, 如果夹持力过大会使试样变形甚至开裂。本文通过对一个具体开裂试样的分析, 阐述了分析裂纹的过程及方法。

2 问题描述

紧固件材料为SCr440 (对应国产牌号: 40Cr) 的一批次M8×20的螺栓, 热处理前已经滚丝, 检验员例行检查淬火件金相, 经切割、镶嵌、抛光后发现有裂纹。切割方法为沿径向截取一段圆柱, 再沿轴向切割4等分, 然后镶嵌观察轴向状况, 开裂试样在镶块上的形态如图1所示。

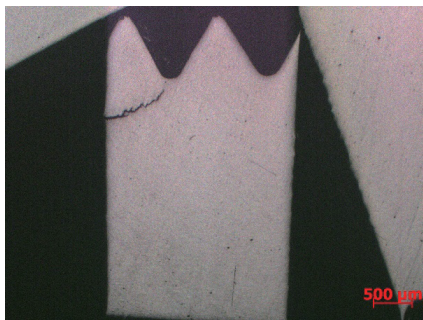


图1 开裂试样 (25×)

3 初步分析

观察裂纹形态, 与淬火裂纹特有的纹路和尾端尖细的特征相符。

使用3%的硝酸酒精溶液腐蚀试样, 观察裂纹处的开裂形态, 如图2所示。

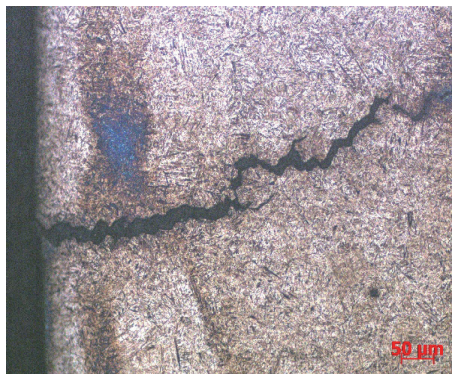


图2 开裂形态 (200×)

裂纹两侧无氧化增碳、脱碳现象, 符合淬火开裂的特征。因为开裂发生在奥氏体向马氏体转变的过程中, SCr440的 M_s 点为355℃, 在此温度下, 即使产生裂纹, 也不会发生增碳、脱碳和明显氧化, 所以淬火开裂的两侧不会有氧化、增碳、脱碳现象, 否则肯定不是淬火裂纹。

再对镶块上的试样进行尺寸确认, 发现试样夹持的两面不平行, 靠近螺纹边缘厚度为2491μm, 中心部位厚度为2382μm (见图3), 说明夹持时受力不均匀, 螺纹端受力大。

此产品为常规件, 之前生产过程未发现过开裂。

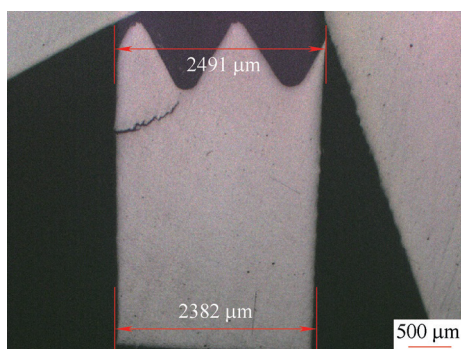


图3 试样尺寸测量

4 热处理工艺回顾

热处理前材料经过球化退火，组织为球状珠光体。使用三永SY-805-6型加热炉，其共分6个区，独立控温，甲醇滴注，炉内裂解后作为稀释气，丙烷为富碳气，通过氧探头控制碳势。淬火冷却介质使用德润宝 ISOMAX 169淬火油，具体热处理工艺见表1。

表1 热处理工艺

上料重量 /kg·h ⁻¹	加热炉温度/℃						碳势 (%)	加热时间 /min	淬火油温度 /℃
	一区	二区	三区	四区	五区	六区			
600	875	875	875	875	875	875	0.4	100	60~80

5 淬火开裂常见原因分析

5.1 低温冷却速度过快

淬火过程中的组织应力对产品的变形和开裂影响明显，在奥氏体转变为马氏体组织时，体积膨胀，冷却速度过快使应力得不到释放，从而使产品变形甚至开裂。按GB/T 30823—2014（同ISO 9950：1995）标准，对淬火油的冷却速度进行测量，未发现异常，见图4、表2。

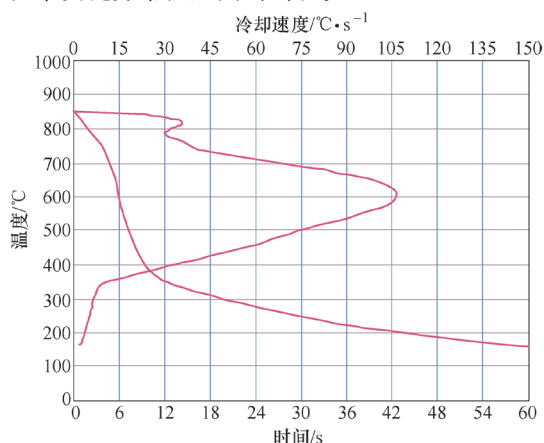


图4 冷却曲线

表2 冷却曲线数据

最大冷却速度/℃·s ⁻¹	106.6
最大冷却速度对应的温度/℃	609.2
对流开始温度/℃	323.9
300℃时的冷却速度/℃·s ⁻¹	6.52
冷却到600℃的时间/s	5.93
冷却到400℃的时间/s	9.34
冷却到200℃的时间/s	42.71

5.2 淬火冷却介质中水含量过高

水的冷却速度远大于淬火油，油中含水时会导致产品软点、开裂。检测淬火油运动黏度及水分，未发现异常，见表3。

表3 淬火油中黏度及水分

项目	结果	规格
运动黏度（40℃）/mm ² ·s ⁻¹	18.13	16~20
水分（%）	痕迹	≤0.03

5.3 原材料缺陷

钢件内部存在的发纹、皮下气泡，以及较严重的偏析、带状非金属夹杂等，在淬火过程中易在缺陷处产生裂纹。检查开裂处未发现异常材料缺陷。

5.4 热处理前原始金相组织

钢件的原始组织对加热的奥氏体晶粒度及其长大有影响，与球状珠光体相比，片状珠光体在加热温度偏高时易引起奥氏体晶粒粗化，倾向于过热，得到粗大马氏体。查找热处理前的检测记录，材料为球状珠光体组织，球化5级，如图5所示。

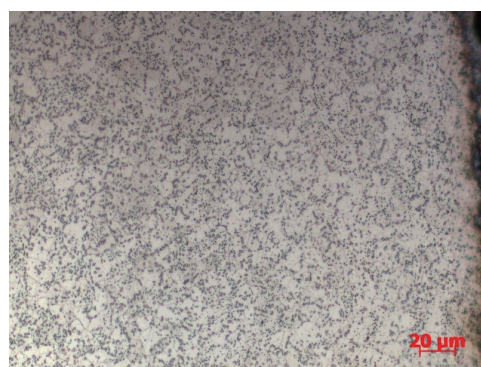


图5 球化组织

5.5 表面脱碳

脱碳后的组织强度低，同时表面脱碳层的马氏体比体积小，会形成较大拉应力，使表面开裂。检查产品表面组织，未见脱碳现象，如图6所示。

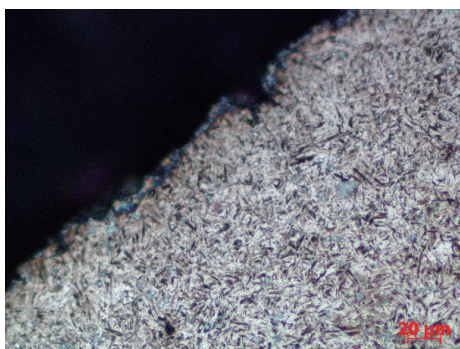


图6 表面金相组织

经过对工件产生淬火开裂的原因分析,未发现热处理过程异常,怀疑裂纹不是淬火时产生的。同时,分析试样裂纹的形态,此裂纹与螺栓外径接近相切,不符合淬火应力导致的开裂形态。工件淬火冷却时,如果瞬时应力超过工件的断裂强度,将产生淬火裂纹。如在工件完全淬透的情况下,因组织应力过大,在表面拉应力作用下会产生沿轴向由表面向心部的纵向裂纹;在未淬透的大型工件上,常由热应力引起由内往外的横向裂纹或弧形裂纹,这是由于在淬透层向非淬透层的过渡区出现最大拉应力所致^[2]。此产品组织完全淬透,若是淬火开裂,形态应沿轴向从外到内,如图7所示。因此,怀疑开裂可能是切割时夹具夹持力过大引起的。

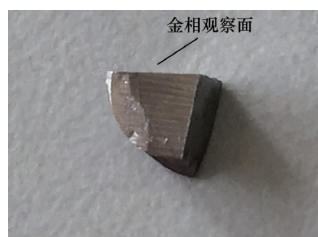


图7 经磁粉检测的淬火开裂

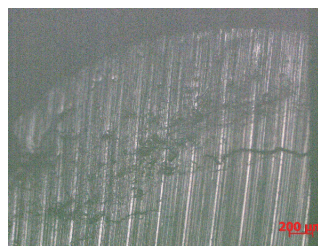
6 试样表面观察

把试样从镶块中取出观察被夹持的2个面,发现2个面都有明显的变形和开裂,如图8、图9所示。

观察图8、图9,证实了开裂为切割时造成。金相试样切割时,为防止试样移动,使用虎钳夹持住试样,由于不能设定夹持力,至手柄拧到不能转动为止,因此导致压力过大而开裂。



a) 金相观察面



b) 局部放大(50×)

图8 一个夹持面



a) 金相观察面



b) 局部放大(50×)

图9 另一个夹持面

7 结束语

开裂形态多种多样,有些具有迷惑性,但都会遵循规律,用理论知识去分析问题,善于观察,就能快速解决问题。淬火件切割时夹持力要适当,淬火速度不能快,振动要小,冷却要充分,才能制备出反映真实组织的试样。

参考文献:

- [1] 全国紧固件标准化技术委员会.紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱: GB/T 3098.1—2010 [S].北京: 中国标准出版社, 2011.
- [2] 崔忠圻, 覃耀春.金属学与热处理[M].北京: 机械工业出版社, 2007: 285.