

星形套球道部位断裂 分析和改进

星形套是汽车用等速驱动轴总成的重要零件之一。某工厂生产的6095星形套在成品检验时发现,在同一批次的2 500件产品中有16件球道部位断裂及4件球道部位有裂纹,断裂形态基本一致。该星形套产品的原材料为20CrMnTi低碳合金钢,主要加工工艺为:锻造→正火→车铣加工→渗碳淬火和回火→磨加工。

本文通过对星形套失效件的检测分析,发现星形套球道部位断裂是由于星形套球道磨削加工时产生了严重的磨削烧伤,通过减小磨削余量可有效避免星形套球道部位出现断裂的现象。

检测分析

1. 宏观分析

取星形套球道断裂件和星形套球道裂纹件各一件,断裂件断口如图1所示。在球道面上沿轴向断裂,从球道表面开始起裂,由图1中箭头所指方向,断口呈结晶状,无塑性变形,为脆性断口。裂纹件的宏观形

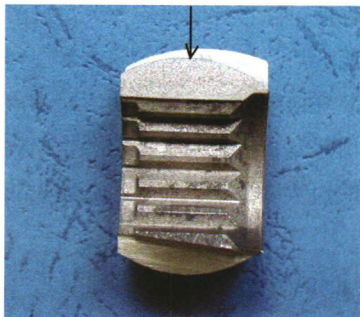


图 1

貌如图2箭头所示,裂纹在球道面上沿轴向分布,经酸洗球道面呈黑色,推断球道面有磨削烧伤现象。

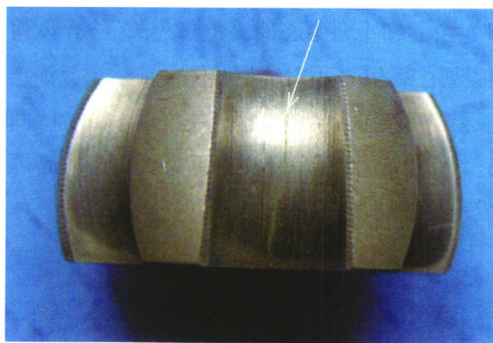


图 2

2. 断口微观分析

将星形套断裂件进行超声波清洗之后,在扫描电子显微镜中观察断口的形态,断口起裂于球道外表面,断口最外表区域高倍下为韧窝和沿晶形貌(见图3)。次表层是沿晶形貌,如图4所示,中间为准解理

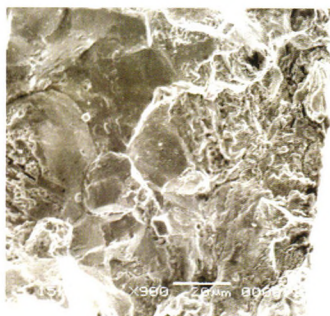


图3 断口形貌 (900×)

和韧窝形貌，如图5所示，最后断裂区域（内花键齿根）是沿晶形貌，如图6所示。次表层和最后断裂区域沿晶形貌是因为该产品经过了渗碳淬火，属于正常形貌。最外表区域的韧窝和沿晶形貌是因为磨削烧伤造成了组织改变，形成了高温回火层，产生了拉应力。

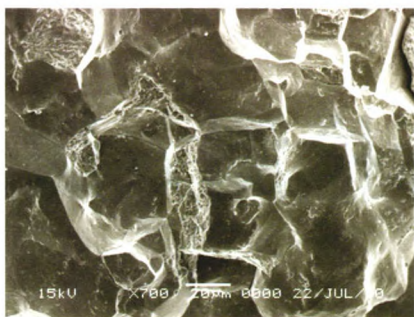


图4 次表层沿晶形貌 (700×)

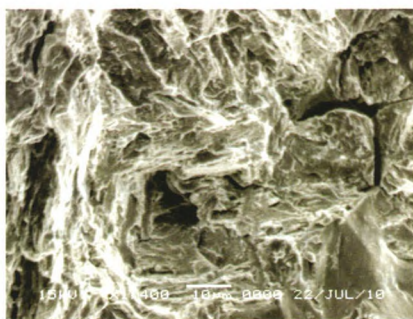


图5 中间层形貌 (1400×)

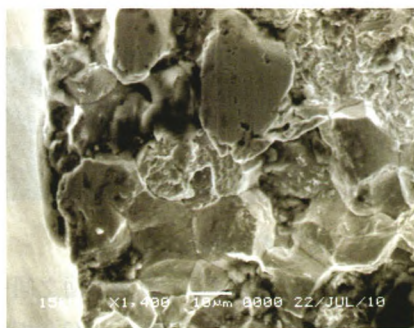


图6 断裂区域形貌 (1400×)

3. 金相组织及成分分析

垂直断口进行切割制样，用4%硝酸酒精溶液浸蚀后，在金相显微镜下观察。球道部分表层呈黑色的高温回火组织，次表层为针状马氏体，未磨加工的表层为针状马氏体，心部为板条状马氏体。

对试样从球道表面开始往心部进行显微硬度测试，显微硬度曲线如图7所示。表面硬度为572.8HV，界限值为550HV时，硬化层深度为0.88mm。从硬度分布曲线可以看出，外表层硬度较低，次表层硬度逐渐

升高趋于平缓，其变化规律与金相组织结果相吻合。最表层因为形成高温回火层，硬度急剧降低，次表层没有受磨削影响硬度升高趋于平缓，心部又因为碳含量和淬透性影响，硬度再次下降。

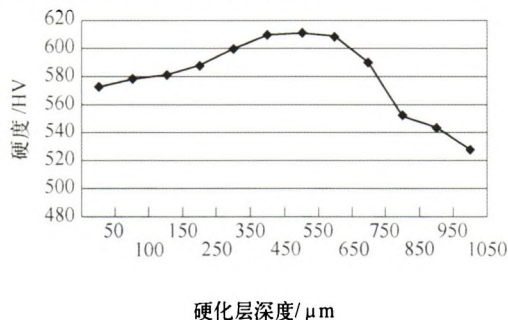


图 7

经对失效件的化学成分分析，化学成分符合20CrMnTi低碳合金钢的要求。

分析与结论

从断口宏观分析，断裂起源于球道磨削表面，整个断口无塑性变形，属于脆性断裂，同时从同一批次出现裂纹的产品分析，裂纹分布和最终断裂形态一致，都是在球道面上，沿着轴向方向，冷酸洗后的球道面发黑，证明有磨削烧伤。

零件磨削过程中会产生大量的磨削热量，造成磨削区域的局部瞬时高温。运用线状运动热源传热理论公式推导、计算或应用红外线法和热电偶法实测实验条件下的瞬时温度，可发现在0.1~0.001m，磨削区的瞬时温度可以达到1 000~1 500℃。这样的瞬时高温，足以使工作表面一定深度的表层产生高温回火和二次淬火，甚至烧伤开裂等多种变化。磨削区的瞬时高温可以使表面一定深度内被加热至高于工件回火加热的温度。在没有达到奥氏体化温度的情况下，随着加热温度的提高，其表面逐层将产生与加热温度相对应的再回火或高温回火的组织转变，硬度也随之下降。产生的高温回火组织析出大量碳化物，非常容易浸蚀。通过对断口附件的金相组织、硬度曲线测试，发现易浸蚀的黑色高温回火组织，同时表层硬度下降，同样证实了球道表面存在磨削烧伤。

磨削烧伤将使工件表面层应力变化，高温回火区存在着最大的拉应力，这里是有可能产生裂纹的地方。通过断口电镜扫描分析，发现表层出现了韧窝和

(下转第64页)

位置的增加,圆度误差和圆柱直线度和平行度误差的存在,造成最小二乘直径和圆的实际直径误差较大,有可能存在影响装配的现象。

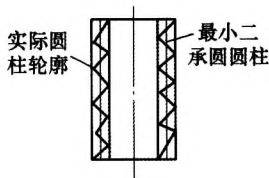


图4 最小二乘圆柱和实际圆柱轮廓示意

程序编制过程中,通过反复测量,再用内径千分尺进行校核,还是存在误差。最后通过调整采点的位置和2个圆柱取样的高度,终于达到了一致。但是在测量圆柱时要注意以下几点:

- 1) 圆柱第一段圆的采点必须近似垂直于主销孔轴线,这样得出来的直径测量数据比较准确,以避免由于取点问题而造成测量误差。
- 2) 最后一点的采样决定圆柱轴线的方向余弦。
- 3) 圆柱测量时,每个圆环取点不少于3个,该前轴两个圆环之间的距离必须 $\geq 50\text{mm}$ (主销孔直径)。

结果输出

在评估板簧面的平面度时,由于三坐标是采用最小二乘法来计算的,而现场传统检测平面度采用平板和塞尺,用平板塞尺所测量的平面度是最高点或最低点和平面的距离,因此两种检测方法可能存在差异。

在输出位置度时,一定要明确位置度的基准,输

出时要同步考虑最大和最小实体原则。

其他注意事项

- 1) 工件吊装前,要将探针退回坐标原点,为吊装位置预留较大的空间;工件吊装要平稳,不可撞击三坐标测量仪的任何构件。
- 2) 编程过程中统一考虑检测顺序,优化检测轨迹,提高检测效率。
- 3) 当编好三坐标的程序自动运行时,要防止探针与工件的干涉,故需注意增加安全点。
- 4) 检测完成后,立即清洁三坐标测量仪的工作台面,确保下次正常使用。

结语

通过以上测量实例分析可以看出,在进行三坐标测量时,首先要明白其测量机理,对得到的测量数据要进行合理的分析,尤其是对单一要素的测量。其次,三坐标测量机功能强大,测量准确,但是要有正确的测量方法并正确的处理测量结果,使三坐标能够正确指导我们的生产。

现场通过不断对检测程序的优化,检测程序得到德国检测工程师的认可,该产品已连续批量出口德国,提高了公司的核心竞争力,为公司创造了较大的经济效益。

关键词:
汽车前轴 三坐标 检测

(收稿日期20140715)

(上接第61页)

沿晶形貌,而在没有磨削烧伤的渗碳区域,正常微观形貌应为沿晶形貌。

同一批次的2 500件产品中,发现了16件断裂的产品以及4件球道表面有裂纹的产品,断裂形态一致,说明缺陷出现有重复性,推断产生缺陷应在同一状态下,而且该批产品未经使用,因此出现缺陷应是在某一工序过程中。

综上分析得出:星形套球道部位断裂是因为球道磨削加工时产生了严重的磨削烧伤,磨削烧伤导致磨削裂纹产生,严重的甚至产生了断裂。

改进措施

进一步核查该产品的磨削工艺,发现实际的磨削

余量严重超出了工艺设计的要求。工艺设计的星形套球道单边磨削余量为 0.15mm ,实际由于磨前的球道尺寸超差导致星形套球道单边磨削余量达到了 0.3mm ,磨削余量过大直接导致了磨削过程的严重磨削烧伤。

通过控制好磨前的球道尺寸来保证 0.15mm 的磨削余量或采用两次磨削的方式可有效避免磨削烧伤进而避免星形套球道部位裂纹和断裂的发生。

关键词:
星形套球道部位 断裂 磨削 烧伤

(收稿日期20140615)