

预处理不合格对工件变形的影响

郝丰林¹, 钟兴², 刘涛³, 王正起³, 纪仕超³, 张希平³

1. 浙江双环传动机械股份有限公司杭州管理总部 浙江杭州 311100

2. 江苏双环齿轮有限公司 江苏淮安 223200

3. 青岛钲瑞热处理有限公司 山东青岛 266109

摘要: 针对某低碳合金钢齿轮渗碳淬火后因齿轮平面扭曲变形大而报废的现象, 通过变形检测, 对热处理工装、毛坯原材料及正火工艺等影响因素进行分析, 表明正火预处理不合格是造成齿轮变形的重要原因。阐述了等温正火预处理对防止齿轮热处理变形所具有重要的作用。

关键词: 渗碳淬火; 贝氏体; 变形; 混晶; 二次正火

The influence of pre-treatment mixed crystal on workpiece deformation

HAO Fenglin¹, ZHONG Xing², LIU Tao³, WANG Zhengqi³, JI Shichao³, ZHANG Xiping³

1. Zhejiang Shuanghuan Driveline Co., Ltd., Hangzhou 311100, Zhejiang, China

2. Jiangsu Shuanghuan Driveline Co., Ltd., Huaian 223200, Jiangsu, China

3. Qingdao Zhengrui Heat Treatment Co., Ltd., Qingdao 266109, Shandong, China

Abstract: In view of the phenomenon of scrap of a low carbon alloy steel gear due to large distortion of gear plane after carburizing and quenching, the influence factors such as heat treatment tooling, blank raw materials and normalizing process were analyzed through deformation detection. The results show that unqualified normalizing pretreatment is an important cause of gear deformation. The isothermal normalizing pretreatment plays an important role in preventing the deformation of gear during heat treatment.

Keywords: carburization quenching; bainitic; deformation; mixed crystal; secondary normalization

1 序言

浙江双环传动机械股份有限公司是一家专业生产汽车齿轮、摩托车齿轮、电动工具齿轮及工程机械齿轮的企业。在齿轮渗碳处理过程中, 常遇到渗碳淬火后因齿轮平面扭曲变形大而报废的现象, 因此需分析确认产生缺陷的原因, 提高热处理质量, 以减少废品损失。

2 问题的提出

某齿轮产品热处理已正常生产多年, 但有一批次突然出现大批量磨齿不合格问题。产品检测位置

如图1所示, 检测结果如图2所示。



图1 检测位置



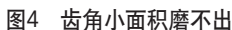
无论是局部区域大面积磨不出还是齿角小面积磨不出,均说明齿端面扭曲,造成局部加工余量不足。对于大面积磨不出齿轮,表现为齿的一端磨不出,存在齿根沉切现象,另一端出现齿根台阶(见图3)。检测结果如图5所示。

3.1 检测

从图7可看出, 轴向圆跳动为0.22mm时, 会导致磨前齿坯存在0.083的V值(螺旋线倾斜偏差的变化量), 这是导致齿面不能磨齿的直接原因。

经检测和计算,所有齿厚方向的误差累积约0.18mm,导致加工余量不足,在 $\text{fH}\beta$ (螺旋线倾斜偏差)较大的齿体现出不能磨出。

(1) 热处理工装 经调查发现,生产现场使用的工装有2种:一种是T字形(见图8),另一种是十字形(见图9)。其中,T字形工装是旧工装,使用已超3年;十字形工装为新工装。齿轮热处理采用十字形工装,受力后无明显变化,可正常平行移动;齿轮热处理采用T字形工装,受力后零件存在上下翘曲现象,在前后移动时,推至到一边明显有突然下沉现象且无法正常移动。



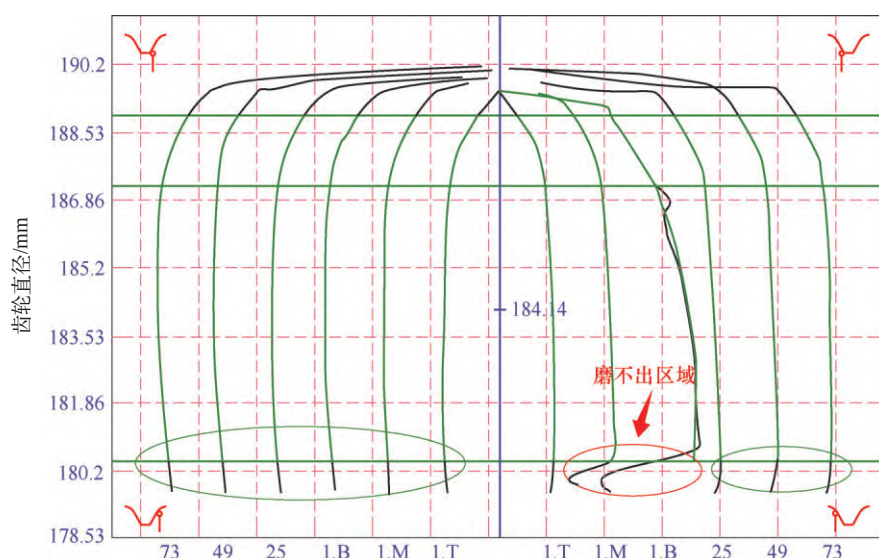


图5 检测结果

注：图中数字184.14代表齿轮分度圆直径，单位为mm。

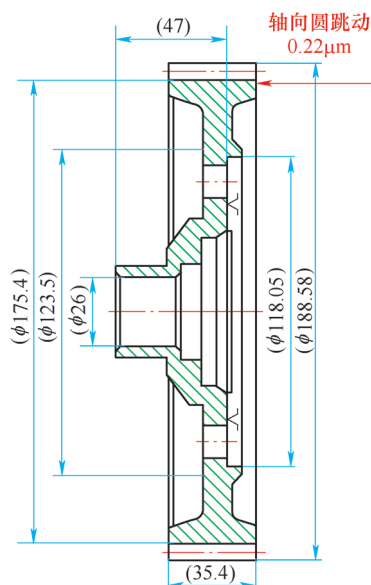


图6 轴向圆跳动检测



图8 T字形工装

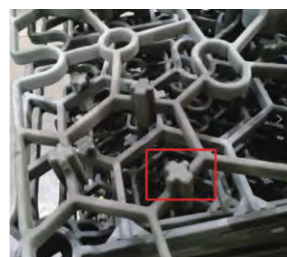


图9 十字形工装

采用十字形工装时，现场随机抽取同一层6件齿轮进行硬车，有4件齿轮轴向圆跳动 $\leq 0.05\text{mm}$ ，2件轴向圆跳动在 0.07mm 左右；磨齿后验证，未发现黑斑现象。

采用T字形工装时，现场随机抽取同一层4件齿轮（4个角各1件）进行硬车，有2件齿轮轴向圆跳动 $\leq 0.05\text{mm}$ ，2件轴向圆跳动在 0.12mm 左右；磨齿后验证，发现轴向圆跳动 0.12mm 的2件中，1件未发现黑斑现象，另1件发现很小的黑斑点未磨出（见图4）。生产实践表明，T字形工装不平整，导致齿面少部分磨不出。但没有出现大面积区域磨不出。由

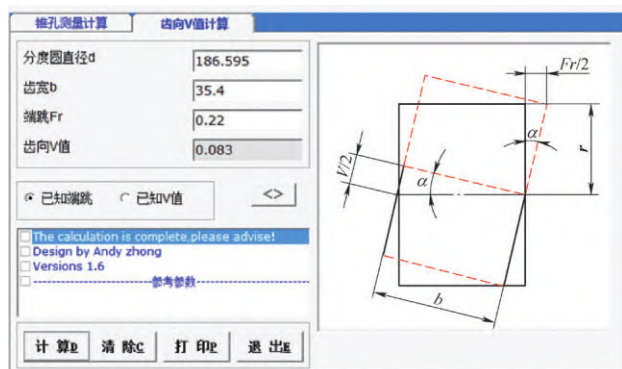


图7 变形数据检测（轴向圆跳动+V值）

于工装使用已有3年时间，这个产品没有连续出现批量磨不出现象，因此与工装关系不大。

(2) 原材料及毛坯 齿轮材质采用国内某钢厂生产的SCM420H钢，且一直没有变化，毛坯锻造厂家也没有更换。为查明原因，首先检查毛坯正火质量，从生产线上取2件滚齿调试毛坯，检测金相组织，如图10、图11所示。毛坯金相组织要求晶粒度 ≥ 5 级，贝氏体（根据用户提供的金相照片，在 $200\times$ 下检测） $< 10\%$ ，硬度 $160\sim 190\text{HBW}$ 。实际检测，件1硬度为 $183\sim 186\text{HBW}$ ，件2硬度为 $187\sim 191\text{HBW}$ ，存在大量贝氏体组织，金相严重不合格。于是又对来料送检样件进行金相组织检测，结果如图12所示。检测结果显示，金相组织合格，硬

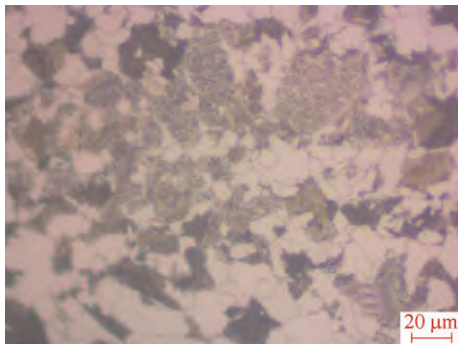


图10 件1金相组织 (500 $\times$)

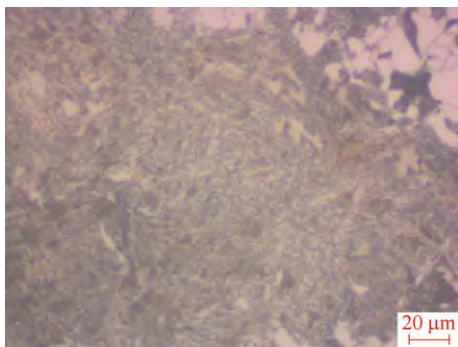


图11 件2金相组织 (500 $\times$)

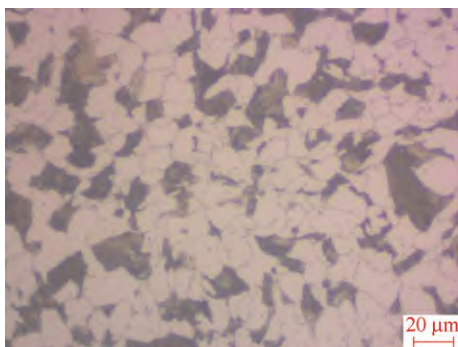


图12 送检样件金相组织 (500 $\times$)

度为 $175\sim 176\text{HBW}$ 。由此可看出，整个批次工件正火不均匀，说明工件变形不合格与正火金相组织不合格有很大关系。

(3) 正火工艺验证 为了验证正火是否存在问题，对现场偏磨工件（经热处理后磨削）进行退火试验，并检测金相组织。退火工艺过程如下。

1) 从工件上切下试块，如检测硬化层深度的样式，齿根下至少有 10mm 。

2) 切割后的试块用煤油清洗干净，最好放入 CuSO_4 溶液中浸泡，然后烘干。

3) 置于专用退火容器（端面密封）中，放入足够数量的铸铁屑保护，并将铁屑充填在试块周围，密封后放入实验室专用热处理炉中。

4) 加热至 $(900\pm 5)^\circ\text{C}$ ，保温 60min 。

5) 去除容器，室温缓冷。

6) 切开支块检测金相组织，结果如图13所示。从图13可看出，退火组织正常，虽然稍微有点混晶，但应该不是最大原因，也有可能是退火改善了组织。

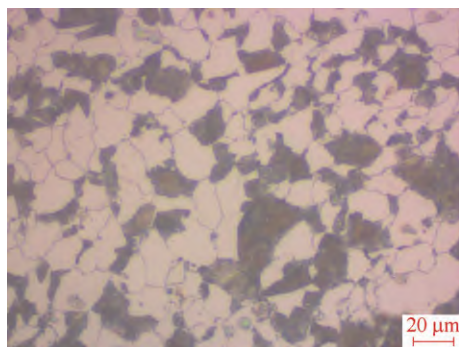


图13 退火试块检测金相组织 (500 $\times$)

随后对正火工序进行调查，发现这个产品由2个公司进行正火处理，一个是外协定点公司，一个是公司内部。通过对公司内部工件正火质量进行调查，发现钢材炉号是0015728Z，显示正火混晶，同时发现外协件也是同炉号产品。公司内部正火产品还处于毛坯状态，没有转入生产线也没有返修。首检第一料筐工件金相组织如图14所示，硬度 $177\sim 179\text{HBW}$ ，局部混晶，不合格，复检第一料框工件金相组织如图15所示，硬度 $166\sim 167\text{HBW}$ ，合格。第二料框工件抽检金相组织如图16所示，硬度 $170\sim 173\text{HBW}$ ，金相组织局部混晶，不合格。由于同是一个钢材炉号的产品，正火有的工件合格，

有的工件不合格，因此为了验证本批次工件变形是否与正火有关，对于公司内部正火的产品全部进行二次正火。正火金相组织如图17所示，硬度170~

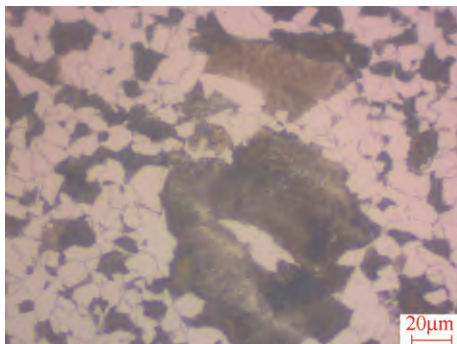


图14 首检第一料框工件金相组织 (500×)

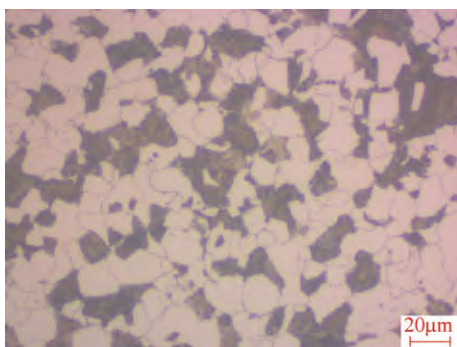


图15 同料框工件复检金相组织 (500×)

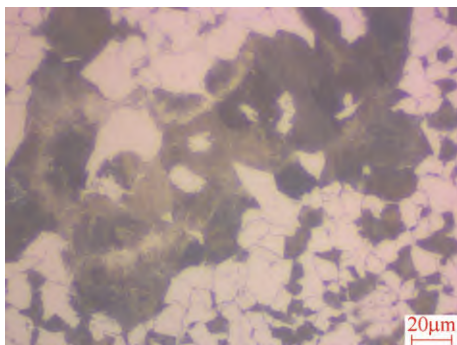


图16 第二料框工件抽检金相组织 (500×)

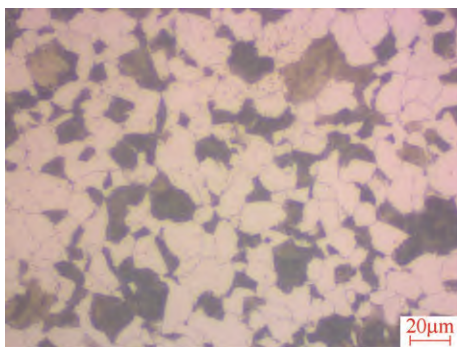


图17 正火金相组织 (500×)

173HBW，金相组织、硬度均合格。对于公司内部经过二次正火的工件进行渗碳淬火，经磨齿后，质量恢复正常，没有出现批量的废品，同时也验证了正火组织出现粒贝组织^[1]，混晶对热处理变形是有影响的^[2, 3]。

4 验证结果

该产品已经批产3年多，原材料、锻造、正火、渗碳淬火及磨齿等生产工序均正常，而此次两家公司同时出现正火组织贝氏体超差、混晶，且有轻微的带状组织，经验证与原材料有很大关系。通过正火过程管控，经二次正火后达到技术要求，使生产顺利进行，体现出正火预处理的重要性。

5 结束语

通过上述案例表明，正火对于齿轮渗碳热处理是一个非常重要的预处理工序，同时也证明合格的等温正火预处理，对于防止齿轮热处理变形具有重要的作用。

参考文献：

- [1] 陈国民. 渗碳齿轮毛坯的预备热处理——等温正火[J]. 机械工人(热加工), 2004(11): 9-10, 48.
- [2] 刘云旭, 王淮, 季长涛, 等. 正火——影响渗碳齿轮热处理畸变的一个重要因素[J]. 金属热处理, 2005, 30(3): 46-49.
- [3] 刘云旭, 朱启惠, 孙保兴, 等. 合金渗碳钢锻件等温正火的研究[J]. 金属热处理, 1995(12): 14-17, 45.

MW 20240303