

■哈尔滨汇隆汽车箱桥有限公司/金荣植

载货车主动弧齿锥齿轮失效分析与对策

某齿轮厂生产的EQ-153型“东风”牌载货汽车后桥主动弧齿锥齿轮（以下简称主动齿轮），经“三包”返货回厂。对此，工厂组织相关人员进行分析，查找出了原因，并提出了改进措施，获得了较为满意的效果。

齿轮材料及技术要求

1. 齿轮及其材料

主动齿轮（见图1）模数11.131mm，采用国产22CrMoH钢制造，其材料化学成分要求执行GB/T 5216—2007《保证淬透性结构钢》标准，材料淬透性要求J15=36~42HRC。

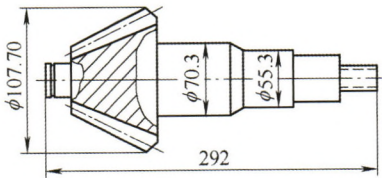


图1 主动齿轮结构简图

2. 技术要求

主动齿轮渗碳淬火有效硬化层深度要求为1.70~2.10mm；金相组织为碳化物1~5级，马氏体、残余奥氏体1~5级，心部铁素体1~3级，表面非马氏体层深≤0.02mm；齿轮表面与心部硬度要求分别为58~64HRC和30~40HRC。

热处理设备与工艺

主动齿轮渗碳、淬火和回火设备采用LS15型双排连续式气体渗碳自动生产线。

热处理工艺路线为：70~80℃清洗→450~500℃预处理→880~890℃预热（1区）→910~920℃预渗碳（2区）→925~930℃渗碳（3区）→890~910℃扩散（4区）→840~850℃预冷淬火（5区）→70~80℃清洗→180℃×6h回火→30min抛丸清理→卡簧槽退火处理→校直→交检。

主动齿轮热处理采用氮—甲醇渗碳工艺（见图2），生产节拍为40min。

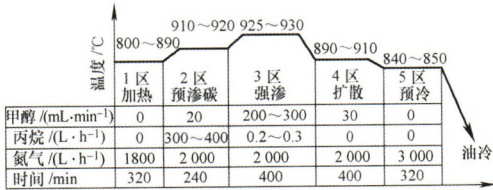


图2 主动齿轮氮—甲醇渗碳工艺曲线

检验

（1）检验标准 失效汽车齿轮检查按QC/T 262—1999《汽车渗碳齿轮金相检验》及GB/T 8539—2000《齿轮材料及热处理质量检验的一般规定》等标准进行。

（2）检验设备 失效齿轮金相观察采用GX51型日

本奥林巴斯金相显微镜，渗碳淬火有效硬化层测量采用MH-6型维氏硬度仪。

(3) 宏观检查 失效主动齿轮宏观形貌如图3所示。通过观察图3发现，失效齿轮倒车面（包括常啮合工作面）基本为正常使用的光滑状态，无早期磨损、点蚀等特征，但个别轮齿齿角出现开裂情况，失效部位均位于倒车面齿顶上，且为深层硬化层剥落。



图3 失效主动齿轮宏观形貌

(4) 化学成分分析 失效主动齿轮化学检验结果符合22CrMo钢技术要求，具体见表1。

表1 失效主动齿轮的化学成分（质量分数，%）

元素	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
实测	0.21	0.28	0.81	0.0043	0.019	1.11	0.42
技术要求	0.19~0.25	0.15~0.35	0.55~0.90	≤0.030	≤0.030	0.85~1.25	0.35~0.45

(5) 金相检验 将失效齿轮采用线切割方法制取试样。失效主动齿轮金相检验结果见表2。通过表2可以看出，检验结果均符合技术要求。

表2 失效主动齿轮检验结果

残余奥氏体及马氏体/级	碳化物 /级	心部铁素体 /级	表面非马氏体深度/mm	有效硬化层深度/mm
2	1	1	0.017	1.70

检验失效齿轮过渡区金相组织如图4所示，失效齿轮过渡区马氏体组织粗大。

(6) 硬度检测 失效主动齿轮表面与心部硬度分别为60HRC和39.6HRC，检测结果符合产品技术要求。

(7) 硬度梯度检测 表3为失效主动齿轮的（有效硬化层深度范围内）硬度梯度检测结果，从表面至心部硬度降（ΔEHt）基本符合要求。图5为失效主动



图4 失效主动齿轮过渡区金相组织（450×）

轮硬度梯度曲线。通过图5可以看出，失效主动齿轮硬度梯度曲线基本平缓。

表3 失效主动齿轮硬度梯度检测结果

至表面距离/mm	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2
硬度/HRC	702	709	713	713	694	674	676	672	653

至表面距离/mm	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1
硬度/HRC	648	650	640	618	620	614	597	567	550

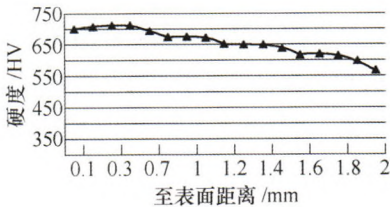


图5 失效主动齿轮硬度梯度曲线

原因分析与对策

1. 齿轮装配及使用问题

(1) 原因分析 齿轮副安装总成（即差减总成）简图如图6所示。通过主动齿轮失效分析来看，失效部位位于齿顶处，说明失效齿轮在装配及使用过程中存在问题，分析如下：

- 1) 齿轮副安装不良，齿顶端部接触应力集中而造成脆性开裂；或者差减壳干涉，引起齿轮开裂。
- 2) 主动齿轮用锁紧螺母松动，导致主动齿轮非常规窜动，使轮齿接触不正常（如接触区偏向齿顶），局部载荷过大而引起开裂。

3) 齿轮工作时因轴承破碎，轴承滚柱或碎块掉入差减壳内，进入齿轮啮合处引起个别轮齿齿顶打齿。

(2) 对策 派遣售后服务技术人员到用户现场指

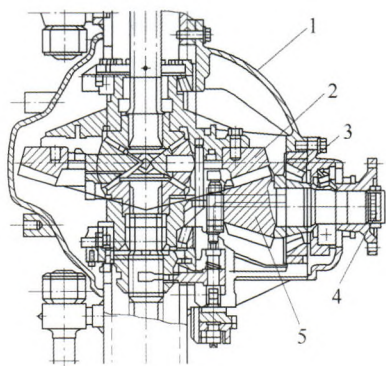


图6 齿轮副安装总成(差减总成)简图

1.差减壳 2.从动弧齿锥齿轮 3.轴承滚柱
4.锁紧螺母 5.主动弧齿锥齿轮

导正确安装、调试和使用齿轮,包括正确使用准双曲线润滑油等,并重点注意以下事项:

1) 按照齿轮差减总成装配要求,仔细进行装配,例如合理调整齿轮副接触区及齿轮副间隙,按要求锁紧螺母。

2) 在齿轮差减总成装配时,严格保证轴承质量,采用正规大厂生产的合格轴承。

3) 在新安装齿轮副跑合期间应按规定时间更换新油,以防在跑合期间有金属屑屑等进入齿轮啮合区,同时检查齿轮副接触印痕及齿轮副间隙是否有较大的变化,并检查主动齿轮锁紧螺母有无松动等情况,发现问题应及时处理。

2. 齿轮制造问题

(1) 原因分析 齿轮材料本身缺陷(如淬透性过低),出现心部硬度过低,易造成硬化层剥落。但从失效主动齿轮心部硬度检测来看,心部硬度合格,技术要求心部硬度30~40HRC,实测39.6HRC,故材料淬透性没有问题。

热处理不当,表面硬化层不合格(如有效硬化层浅)、过渡区组织与性能变化大,将降低材料强度,或过渡区硬度变化大,导致应力变化不均,造成深层硬化层剥落。

从对失效主动齿轮硬度梯度检测结果来看,属于合格,说明在有效硬化层内硬度平缓过渡。但过渡区马氏体组织粗大时,在齿轮工作过程中,过渡区金属在高接触应力作用下,容易诱发显微裂纹产生,在过渡区先形成“皮下裂纹”,再发展到表面而造成深层剥落。

(2) 对策 在主动齿轮热处理过程中,通过合理调整渗碳工艺参数(如合理调整碳势 C_p),以降低过渡区马氏体级别。

3. 效果

采取以上措施后,由于提高了产品热处理质量,以及指导用户正确安装、调试及使用齿轮等,从而有效地降低了主动齿轮的返货率。

结语

通过主动齿轮失效分析,失效部位位于齿顶处,说明失效齿轮在装配及使用过程中存在问题。同时,因热处理质量存在一定问题,过渡区马氏体粗大,在齿轮使用过程中,容易产生显微裂纹,增加了主动齿轮脆性,故加速了主动齿轮失效。

通过正确安装、调试和使用齿轮,以及改进主动齿轮渗碳热处理工艺,降低齿轮过渡区马氏体级别,提高其过渡区强度,可有效解决主动齿轮齿顶开裂问题,从而降低齿轮返货率。

关键词:

齿轮 失效分析 对策

(收稿日期20140615)

(上接第 67页)

当刀尖有积屑瘤或工件出现缺陷的时候立即更换刀具,并且优化程序,分多次进行切削,每次的进刀量逐步减小。例如,对于 $M42 \times 1.5 - 6h$ 的螺纹,采用6次进刀,转速800r/min,进给1.5mm,要求每个刀尖加工数量不大于200件。

3) 由于车削过程中金属层会产生变形,常在齿顶出现飞边,而且按照计算尺寸,外径尺寸实际值往往超上差,所以在合理的螺纹参数要求的条件下,减小大径值,加大中径值,使螺纹的牙型面积增大,强度提高,并多空走1~2刀,去除飞边,提高精度。

通过以上改进措施,此类问题已得到彻底解决。

关键词:

变速器轴 螺纹 牙型 缺口 喷丸

(收稿日期20140615)