

终传动齿轮中频淬火工艺改进

青海华鼎齿轮箱公司 (西宁 810000) 黄宝宏 蔡 伟

我公司为用户单位配套生产TT320-J002、TT220-J004等终传动大齿轮。本文以TT320-J002为例介绍齿轮中频感应淬火工艺改进情况。齿轮材料为42CrMo, 模数14, 齿轮外径812mm, 齿部厚度142mm。技术要求: 单齿淬火, 齿面硬度为55~60HRC, 淬硬层深度 ≥ 2.5 mm, 齿沟硬度 ≥ 45 HRC, 淬硬层深度 ≥ 2.2 mm, 心部硬度229~277HBW。

我公司共交付用户单位1130件大齿轮, 但在使用过程中, 陆续发生齿轮打齿断裂(从齿根部位掰断)的情况, 一年内共有37件大齿轮打齿断裂, 失效率达到3.3%, 为我公司造成近50万元的损失。

1. 齿轮失效原因分析

检验失效部位硬度, 齿面硬度为57~61HRC, 齿根硬度为49~55HRC, 合格。从断口形貌分析,

属于典型的脆性断裂, 裂纹源自齿根部位圆弧处, 在高载荷的反复冲击作用下, 裂纹迅速扩展, 造成齿根断裂。从断裂齿的宏观形貌来看: 齿形完整, 接触面磨损轻微, 接触区符合要求。

对断裂齿的显微组织(400 $\times$)观察发现, 断裂齿表面马氏体级别为2~3级, 属细针状马氏体, 超出了“中碳钢感应淬火马氏体级别4~7级合格”的要求; 在低倍显微镜(100 $\times$)下观察发现, 不但淬火齿面上有浅表淬火裂纹, 而且在齿根圆弧处有较深的径向淬火裂纹。

对刚淬过火的齿轮抽验5件, 发现其中一件低倍显微组织也存在这一现象。

图1所示为淬火腐蚀后的齿轮断面淬火形貌示意

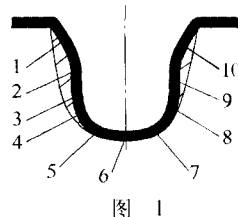


图 1

不利于溶液的热循环, 使炉温低而且不均匀。因此有必要研制新的导电添加剂, 使固态氯化盐改性为优良导体, 或不改性氯化盐, 而利用已知导体做自激启动元件, 所设计的自激启动元件必须少影响或不影响主电极的正常工作, 须符合启动阶段与工作阶段双兼顾的原则。

(2) 缩小电极间距, 降低极间电阻。一般将主电极的距离局部缩小在50~80mm之间, 并改变主电极布局, 或增加导流块变相缩小电极间距。电极间距不宜过小, 结构也不宜过于复杂, 否则会造成炉温不均匀, 引起三相电路不平衡。笔者曾设计制作一台三相三极式75kW中温盐浴炉, 主电极采用马蹄形和L形, 电极间距最小处为60mm, 用“654”粉和铁屑混合造渣, 实现了自激启动。

(3) 提高极间电压。一般用改变变压器抽头和接线方法完成(如三相变压器由 Δ 改为Y接法)。也有利用其他电源设备如电焊机或商品化的升压启动装置实现高压启动。虽然提高极间电压有利于自激启动, 但不宜高于人体安全电压。

(4) 增加盐炉的保温性能。采用硅酸铝耐火纤维和“654”粉(用于炉口结壳保温)等材料提高盐炉保温能力, 对于单班作业每天都需启动的盐炉有明显好处。

在实现盐炉自激启动的方法中, 改善固态盐的导电性, 或发明一种能够兼顾启动与工作状态的自激启动元件, 是这一技术能够成熟应用的最佳途径。MW (20120109)

图,在图示1~10点,分别测量硬度如表1所示。

表1 大齿轮淬火(未回火)断面硬度记录

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值
硬度 HRC	62.5	63	63.1	61.4	60	59.5	60.4	62.5	62.9	62.5	61.8

从图1和表1看出,现行的中频感应淬火工艺淬火硬度偏高,淬硬层深度明显不均匀(左侧齿沟淬硬层深度约为3.2mm,右侧齿沟淬硬层深度约为2.6mm);工件心部硬度为235~249HBW;在低倍显微镜(100×)下观察发现,图中4~5区域齿根处存在两条深度为1.2~1.5mm的纵向淬火裂纹,而7~8区域有一条深度约为0.65mm的淬火裂纹。在400×显微镜下观察,淬火表面马氏体级别为2~3级。

对大齿轮失效原因分析如下:

(1) 在中频感应淬火过程中,由于齿根圆弧处易于存留淬火介质,而且淬火应力较为集中,造成淬火裂纹在此产生,而淬火裂纹又是大齿轮断裂失效的根本原因。两侧淬硬层深度和淬火裂纹的差异,是由于淬火过程中靠模定位偏移造成的。

(2) 显微组织中,马氏体级别偏高,硬而脆的细针状马氏体削弱了基体层与硬化层的结合强度,与基体组织的结合力较弱,而工件心部硬度较低,基体强度相对也较低。因而,当裂纹在高强度载荷作用下,容易扩展,造成齿根断裂。

2. 解决问题的办法

该齿轮热处理生产工序如下:毛坯正火→调质→中频单齿感应淬火。42CrMo材质按国家标准: $w_C=0.38\% \sim 0.45\%$, $w_{Si}=0.2\% \sim 0.4\%$, $w_{Mn}=0.50\% \sim 0.80\%$, $w_{Cr}=0.90\% \sim 1.20\%$, $w_{Mo}=0.15\% \sim 0.25\%$, $w_P, w_S \leq 0.04\%$, $w_{Cu} \leq 0.30\%$ 。对热处理工序分别进行了严格控制。

(1) 毛坯正火工序 对原工艺仅要求正火硬度 $\leq 285HBW$,新方案增加了均匀性要求:同工件三点硬度差 $\leq 12HBW$;同炉工件平均硬度差 $\leq 20HBW$;对不合格工件进行返工处理,二次正火硬度达不到要求的,视为不合格品,退货处理。

(2) 调质工序 原工艺调质硬度为229~277HBW,根据实际情况,调整为245~285HBW。这样既可使基体强度得到加强,而又不增加机加工难度。同时,增加了均匀性要求:同工件三点硬度差 $\leq 8HBW$,同炉工件平均硬度差 $\leq$

15HBW。

(3) 齿轮中频感应淬火工序 由于齿根裂纹产生于齿轮淬火过程中。因此,控制中频感应淬火质量显得尤为重要。主要从淬火过程的以下几个方面入手。

淬火感应器的改进:为了更好地保证淬火感应器与淬火工件的形状吻合,我们抛弃了传统感应器用薄纯铜板手工敲制齿形,然后氧气焊合的方法。改为将感应器工作部分用纯铜棒机械加工完毕,再辅以焊合冷却水管的方法。这样,用机械加工的办法,保证了感应器与齿形的吻合性,也避免了手工制作感应器形状的随机性,使感应器在淬火时的定位性更加稳定。

淬火工艺方法的改进:针对42CrMo钢淬透性高,淬火时在工件的加热表面上直接喷射淬火冷却介质,极易产生淬火裂纹的特点。摒弃了感应器一边加热工件并向上移动,下部喷水器一边喷水淬火的喷淬方法。采用齿背淬火法,即淬火感应器在齿沟内连续加热工件的两个齿面,而在被加热齿的另外一个未加热侧面上,同步进行喷射淬火冷却介质的淬火方法。采用这种淬火方法的齿轮切样后检验结果如图2所示,硬度检验结果见表2。

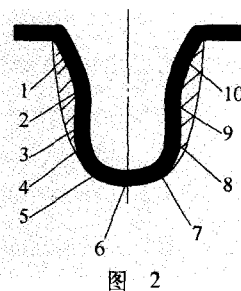


表2 工艺更改后淬火(未回火)断面硬度检验记录

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值
HRC	58.2	58.7	57.8	57.3	55.6	56.1	55.3	57.4	59.3	58.7	57.5

从图2和表2看出,采用齿背淬火法,工件淬火硬度明显比原工艺低,且分布更均匀、更合理,而心部硬度为267~281HBW,高于原工艺;现行的中频感应淬火工艺,淬硬层深度明显均匀(左侧齿沟淬硬层深度约为2.8mm,右侧齿沟淬硬层深度约为2.75mm);在低倍显微镜(100×)下观察齿面和齿沟部位均未发现淬火裂纹。在400×显微镜下观察,淬火表面马氏体级别为5~6级,符合国家标准。

淬火齿轮定位方法的改进:针对原工艺齿轮淬火后两侧淬硬层深度和硬度不均匀的现象,将原有的齿条仿形定位改为用弹性钢球节圆定位,改善了原有定位为了保证齿轮的上下移动,定位齿条留有

