

某型小模数齿轮渗碳淬火工艺的改进

■ 丁盛, 王昱程, 武计强, 许仁伟

客户目前对于渗碳件, 不仅要求表面硬度高, 还要求硬度梯度平缓、硬度降很小, 条件极其严苛。风电齿轮箱输出齿轮主要以小模数、中浅渗碳层齿轮为主, 图1所示为某输出齿轮结构, 具体参数见表1, 技术要求见表2。其有效硬化层深要求1.4~1.7mm, 距渗层表面0.1~0.7mm区域内硬度值要求 $\geq 653\text{HV}$ (58HRC)。虽然该要求可提高疲劳强度、耐磨性等, 进而提高产品质量与使用寿命, 但在热处理生产过程中却是较难达到的。

本次改进在原工艺基础上, 一些关键参数作了改动, 采用了两种工艺方案, 并与原工艺在硬度梯度值方面进行对比, 根据两种方案下的热处理质量, 最终验证方案的可行性。

1. 原工艺分析

原工艺见表3, 因碳势设置较高, 奥氏体化保温时溶于奥氏体

的碳较多, 淬火后残留奥氏体较多, 只能通过220℃回火来消除残留奥氏体, 但同时也降低了试样表面0.1~0.7mm处硬度。原工艺处理试样硬度梯度曲线见图2。

对于有效硬化层深度比较深 ($\geq 2.5\text{mm}$) 的产品, 此工艺是可行的。因为渗层深的产品, 热处理后, 其表面高碳区域较大, 可能在距渗层表面0.7mm处的 $w_{(c)}$ 仍有0.65%甚至0.7%以上, 在此情况下220℃回火, 0.7mm处仍有较高的硬度, 达到653HV完全不成问题。

然而输出齿轮由于硬化层深较浅, 试样表面高碳区域较小, 0.5~0.7mm位置碳浓度较低, 可能不足0.5%。如果这种情况下, 仍用较高温度 (220℃) 回火, 硬度势必不到653HV。由图2中硬度梯度曲线可以验证这一点。

总的来说, 表面硬化层的硬度主要由碳浓度、淬火冷却介质的淬冷烈度保证, 其次回火温度、残留奥氏体含量也对其有较大的影响。现在由于层深浅, 0.7mm处碳浓度没法达到较高的值, 只能通过较低的回火温度来保证该区域硬度。原工艺要采用较低的回火温度, 必须解决表面

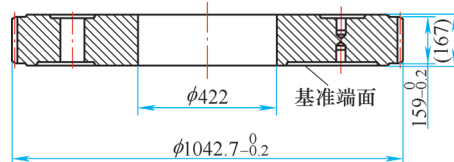


图1 输出齿轮示意

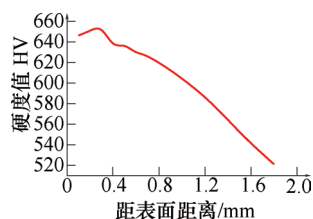


图2 原工艺下试样硬度梯度曲线

表1 输出齿轮参数

材料	模数	齿数	净重/kg
18CrNiMo7-6	5	203	813

表2 技术要求

碳化物/级	马氏体/级	残留奥氏体/级	心部F/级	有效硬化层深度/mm	心部硬度HRC	齿面硬度HRC
3	3	3	3	1.4~1.7	35~45	58~62

表3 原工艺参数

渗碳温度/℃	强渗碳势 (%)	强渗时间/h	扩散碳势 (%)	扩散时间/h	出炉温度/℃	高温回火	淬火温度/℃	回火温度/℃
920	1.08	9	0.75	6	650	—	830	220

较多残留奥氏体的问题。

2. 方案改进

(1) 方案一 主要降低碳势，为减少淬火后残留奥氏体量，然后180℃下回火可使表面0.1~0.7mm处马氏体硬度不至于降低太多，且表面不会产生较多残留奥氏体而降低硬度；同时增加强扩比，优化表面碳浓度梯度，使淬火后有个较好的硬度梯度。因此，综合之下，其表面硬度及0.1~0.7mm处硬度均能保证。

(2) 方案二 渗碳后加高温回火，碳化物及合金碳化物弥散析出，在淬火奥氏体化过程中不易溶于奥氏体，可减少淬火后残留奥氏体量，而后180℃回火既可保证表面无较多残留奥氏体，也可保证0.1~0.7mm处硬度回火后降低较少。

两种方案淬火前奥氏体化保温温度由830℃降为820℃，主要为抑制淬火后产生过多残留奥氏体。两种方案具体工艺参数见表4。

3. 改进方案结果

经过两种方案热处理后质量见表5，组织见图3。

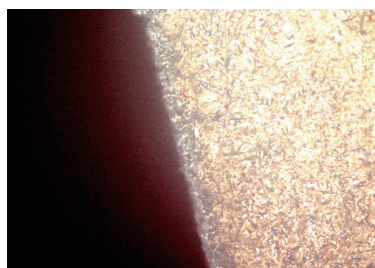
检测两种方案下试样硬化层硬度梯度，结果如图4、图5所示。0.1~0.7mm内硬度均在

653HV以上。

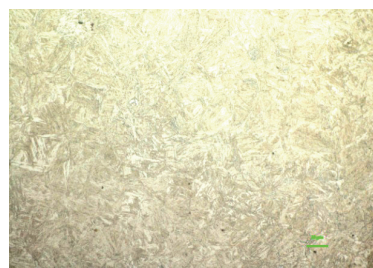
4. 结语

两种改进方案均很好地解决了较高的渗层硬度梯度值问题，

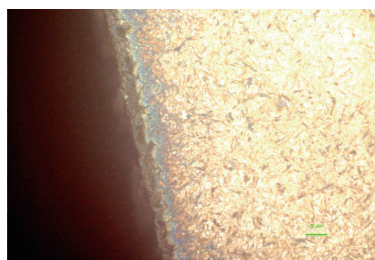
并且在其他热处理质量方面均达标。从硬度梯度曲线看，方案二要比方案一对于渗层硬度梯度值的改善更加有效，其653HV以上硬度区域约占总硬化层的56%。



(a) 方案一表面组织



(b) 方案一心部组织



(c) 方案二表面组织



(d) 方案二心部组织

图3 两种方案下热处理后组织

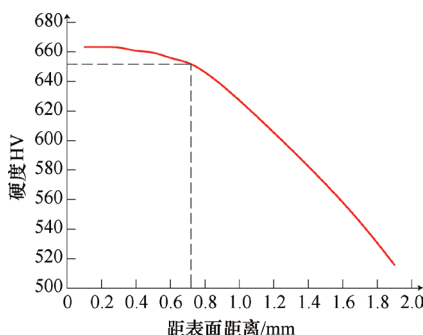


图4 方案一试样硬度梯度曲线

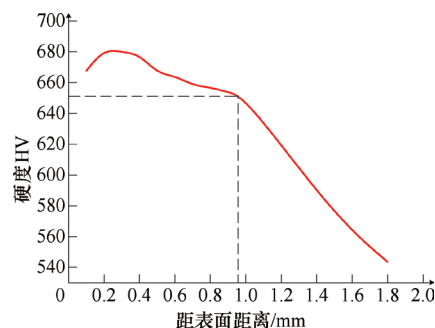


图5 方案二试样硬度梯度曲线

表4 两种方案工艺参数

改进方案	渗碳温度 /℃	强渗碳势 (%)	强渗时间 /h	扩散碳势 (%)	扩散时间 /h	出炉温度 /℃	高温回火 /℃ × h	淬火温度 /℃	回火温度 /℃
一	920	1.05	9.5	0.68	5.5	650	—	820	180
二	920	1.08	9	0.75	6	650	680 × 5	820	180

表5 两种方案下热处理质量

方案	碳化物 /级	马氏体 /级	残留奥氏体 /级	心部F /级	有效硬化层深度 /mm	心部硬度 HRC	齿面硬度 HRC
一	1	3	2	2	1.67	40	60
二	1	2	2	3	1.75	39	61

作者简介：丁盛、王昱程、武计强、许仁伟，中航工业常州天山重工机械有限公司。

MW 20160428