



转向齿条齿面高频感应电阻加热 淬火自回火工艺研究

重庆长风机器有限责任公司民研所 (402264) 陈金荣

1. 问题的提出

我公司生产微汽转向器产品, 其中的转向齿条 (见图 1) 的热处理技术要求如下:

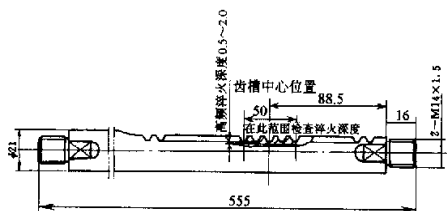


图 1

(1) 调质硬度 18~25HRC。

(2) 齿部高频淬火回火后硬度 45~55HRC, 齿根高频淬火深度 0.5~2.0mm。

(3) 校直后, 全部经磁粉探伤检查, 应无裂纹等缺陷。

我们采用高频感应电阻加热淬火并自回火 (淬火装置见图 2)。其加热原理是接通高频电源时, 齿条、电极和感应器连成一路, 感应器下方的齿面既是受感导体, 又是高频电路中一段导体, 这样齿面不仅被感应加热, 而且还被电阻加热。采用自回火, 由于回火是在淬火冷却过程中进行, 除了

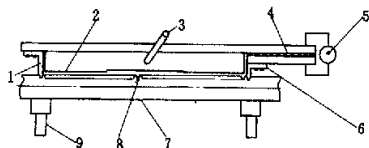


图 2

1. 电极 2. 感应器 3. 进水口
4. 绝缘板 5. 高频电源 6. 电极
7. 齿条 8. 齿面齿 9. 夹紧油缸

可以简化热处理工艺、节能、环保、便于流水线作业外, 还可以防止某些钢种产生淬火裂纹。另外, 由于加热时间短, 得到的显微组织有较大的弥散度, 可获得更高的抗磨性 (与炉内回火比较) 和较高的冲击韧性 (指在给定硬度条件下)。但在生产过程中还存在以下问题:

首先, 淬火后齿面硬度偏高, 有时高达 60~62HRC, 不得不重新加热回火, 空气炉中回火齿条 (成品) 表面会产生氧化色, 影响外观 (产品不允许存在); 油炉回火附在齿条表面上的油污不易清洗干净, 给生产带来很大不便, 而且增加流程, 导致齿条的碰压伤较多。

其次, 齿根淬硬层深度偏浅, 经常达不到 0.5mm, 不得不重新处理, 因而造成很大的人力、物力的浪费。

针对以上问题, 对齿条淬火后重新加热回火是不现实的, 工艺流程上也存在许多不便, 采用自回火是最合适的, 所以必须对现行高频淬火参数进行调整, 以达到自回火的目的。

2. 工艺试验

所谓自回火是将感应加热好的零件迅速冷却一段时间后, 将冷却中断, 利用零件自身的余热散发到零件的表面淬火区, 以达到回火的目的。自回火时, 回火温度停留时间较短, 没有保温阶段, 与炉内回火相比, 硬度下降较缓慢。若要得到相同的硬度, 自回火的温度要比炉内回火温度高 100℃ 左右。为了使心部有足够热量对淬硬层进行回火, 通常淬火加热时应采用较小的加热速度 [即用较小单位功率 (可提高齿根的淬硬层深度)] 和较短的冷却时间。根据以上原理, 我们进行了以下工艺试验。

(1) 设备 GP100—C—TGP 高频电源 (振荡频率 200~250kHz); GCJ—ZH/1 转向齿条淬火机



床。

(2) 淬火冷却介质 AQ251 浓度 8% ~ 12% 的水溶液, 温度 $\leq 50^{\circ}\text{C}$, 淬火喷射压力 $\geq 0.2\text{MPa}$ 。

(3) 齿条材料 45 钢 (GB699—1988)。

(4) 工艺规范 (见表 1)。

表 1 试验工艺规范

工艺参数 工艺方案	电 气 参 数					淬 火 参 数		
	灯丝 电压 /V	阳压 /kV	阳流 /A	栅流 /A	槽压 /kV	加热 时间 /s	提前 喷水 /s	冷却 时间 /s
1	33 ~ 34	11.5	8.3	1.6	9 ~ 10	4	0.2	4
2	31 ~ 32	10.5	7	1.4	8 ~ 9	5	1.3	3.2
3	31 ~ 32	10.5	7	1.4	8 ~ 9	5	0.5	2.5
4	31 ~ 32	10.5	7	1.4	8 ~ 9	5.1	0.5	2.4
5	31 ~ 32	10.5	7	1.4	8 ~ 9	5.2	0.2	2.2
6	31 ~ 32	10.5	7	1.4	8 ~ 9	5.2	0.2	2

3. 结果与讨论

齿条淬火 (自回火) 后检查外观, 测量齿面洛氏硬度, 在规定部位切片、抛光、腐蚀, 在显微镜下观察金相组织, 用维氏硬度计测量齿根淬硬层硬度。结果如下: 齿条高频淬火后经磁粉探伤和肉眼观察没有发现裂纹和烧伤现象, 齿部淬火的组织为回火马氏体, 齿顶的马氏体等级为 5 ~ 6 级, 轮齿完全淬透, 齿中心部硬度接近于表面硬度。具体数据见表 2。

表 2 试验结果

检查项目 工艺方案	齿面硬度 HRC	淬火层深度/mm	硬化层的硬度		齿中心部 硬度 HRC
			离齿根 距离/mm	硬度值 HV5	
1	60 ~ 62	0.35	0.32	378	60
2	60 ~ 61	0.5	0.3	613	60
3	56 ~ 59	0.5	0.3	613	59
4	55 ~ 58	0.5	0.3	598	57 ~ 58
5	53 ~ 55	0.9	0.5	549	54
6	53 ~ 54	0.9	0.5	549	54

自回火能否成功取决于淬火后零件心部剩余热量的多少。其影响的主要因素是加热和冷却, 特别是加热速度和冷却时间。当然, 改变冷却液的温度、浓度、喷射压力、喷射孔大小与喷射方法都能

改变其冷却能力。另外, 材料的成分, 特别是碳含量的变化和室温的变化及电网电压的波动等都会影响自回火的效果, 生产中要引起注意。

从表 1、表 2 的数据可以看出, 在输出给零件的总功率不变的情况下, 采用较小的加热速度 (即用较小的单位功率), 延长加热时间, 通过热传导使淬火层深度增大; 在保证淬硬的前提下, 尽量缩短冷却时间, 使冷却液带走的热量减少, 零件内部剩余的热量增多, 这不仅可保证齿根淬硬层深度, 也为自回火所需的温度提供热量保证。即通过试验, 使加热速度和冷却时间的规范配合好, 可以使齿条的淬硬层和齿面硬度达到热处理技术要求。

我们按工艺方案 5 处理了 1 万多件齿条, 结果均达到热处理技术要求。

4. 生产中应注意的事项

为了保证齿条高频淬火自回火的质量, 除了严格执行工艺参数外, 操作上还应注意以下事项。

(1) 感应器向齿条喷水的喷射孔应与所加工齿条的齿距相同, 喷水孔应对准齿根, 喷水孔应经常清理以防堵塞。

(2) 电极应采用高温力学强度高的铜铬 (Cu-Cr) 合金制造, 以提高电极的使用寿命。

(3) 淬火介质 AQ251 水溶液的温度控制在 50°C 以下使用; 淬火介质应有循环冷却系统, 以保证淬火介质的温度在 10°C 范围内波动; 淬火介质的流量和压力应保持不变; 浓度控制在 8% ~ 12% 之间, 浓度每周测试两次, pH 值 (9 ~ 11) 每月测两次。

(4) 更换电极时, 必须认真检查电极与齿条齿槽的接触状况及齿面与感应器的间隙距离 (为 2 ~ 3mm), 还需保证齿面在感应器的正下方。

(5) 齿条每淬火 100 件需检测硬度一次, 根据硬度情况调整冷却时间, 硬度偏高缩短冷却时间, 硬度偏低延长冷却时间。

5. 结语

(1) 自回火加热时间短, 显微组织有较大的弥散度, 可获得更高的抗磨性和较高的冲击韧度。

(2) 自回火具有简化工艺、节能、环保等特点, 减少设备, 便于组成流水生产线作业。

(3) 自回火的关键是控制加热速度和冷却时间, 合适的规范应根据试验选定, 生产中应考虑各种因素的影响。

(20030811)