

## 42 CrMo 零件热处理工艺参数的试验研究

史永革<sup>1</sup>, 张颜芳<sup>2</sup>, 寇永利<sup>3</sup>

(1. 乌鲁木齐铁路局科研所, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 上海铁路局杭州机务段, 浙江 杭州 310008, 3. 乌鲁木齐铁路局机务处, 新疆 乌鲁木齐 830011)

**摘要:** 在铁路柴油机检修非标设备设计制造中, 为满足不同种类 42CrMo 零件特殊工况的使用要求, 通过试验方法调整并最终确定其热处理工艺参数, 实现零件强度及韧性的良好匹配, 充分发挥 42CrMo 中碳合金钢所具有的优良综合机械性能。

**关键词:** 合金钢; 机械零部件; 热处理; 参数; 试验

中图分类号: TG162.7 文献标识码: A 文章编号: 1006-9178(2007)09-0014-03

**Abstract:** In the process of manufacturing non-standard equipments used for the inspection and maintenance of railway diesel engines, and in order to meet special conditions required for different types of mechanical parts made of 42CrMo steel, the heat treatment parameters are adjusted and finally decided after some experiments, which helps realize harmonious match between strength and toughness, and also helps develop the excellent mechanical properties of the carbon alloy steel in 42CrMo.

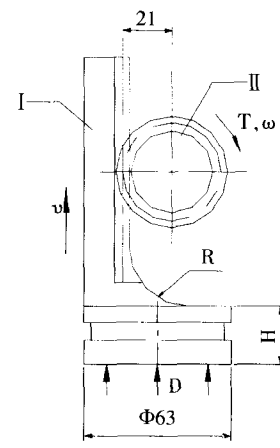
**Key word:** Alloy Steel; Mechanical Parts; Heat Treatment; Parameter; Experiment

## 1 引言

42 CrMo 钢是一种综合机械性能好, 强度高, 淬火性能好的中碳合金钢, 在机械制造行业常用于制造齿轮、连杆、高强度螺栓等重要零部件。42 CrMo 钢良好综合机械性能需通过热处理工序得以实现。热处理之所以能使金属材料性能发生显著变化, 主要是由于金属材料的内部组织结构可以发生一系列的变化。采用不同的热处理工艺过程, 将会使金属材料得到不同的组织结构, 从而获得所需要的性能。热处理工序是提高机械零件强度、改善内部组织结构的重要环节。

在非标设备设计制造工作中, 为满足特殊工况要求, 曾使用 42 CrMo 制造了如低速大扭矩齿轮齿条、超高压薄壁油缸等特殊零件。为使零件机械性能达到使用要求, 经参考有关资料, 在粗加工或精加工后进行了热处理。但在装车试用中, 零件多次发生结构变形、裂纹、甚至断裂等问题。经过对多次失败试验分析研究, 得出了热处理工艺参数不合理导致零件的强度和韧性未能良好匹配的结论。所以, 根据实际工况, 合理选择热处理工艺参数是机械设计制造中一项重要的内容。

## 2 低速大扭矩齿轮齿条热处理工艺参数确定



I - 活塞齿条  
II - 齿轮  $m=3.5 \text{ mm}$   
 $Z=12$   
图 1 齿轮齿条结构

## 2.1 设计要求 (见图 1)

齿轮齿条工作在液压油缸中, 齿条的底部实际上就是油缸的活塞, 油压力推动活塞(齿条)移动, 通过齿轮旋转, 带动两端相连的扳子头输出扭矩, 拧紧或拧松螺钉。

齿轮轴参数: 短齿制  $m=3.5 \text{ mm}$ ,  $Z=12$ , 输出扭矩  $T_{\max}=2\ 300 \text{ Nm}$ ,  $\omega=0.18 \text{ rad/s}$ 。

## 2.2 试验及改进过程 (见表 1)

## 3 液压扳手套筒薄壁内六方淬火工艺参数确定

## 3.1 设计要求 (见图 2)

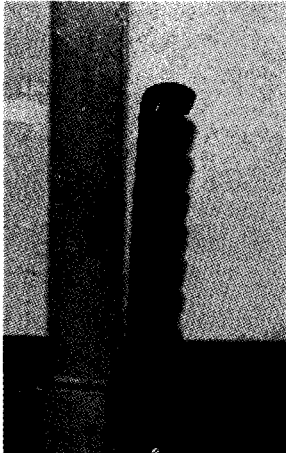
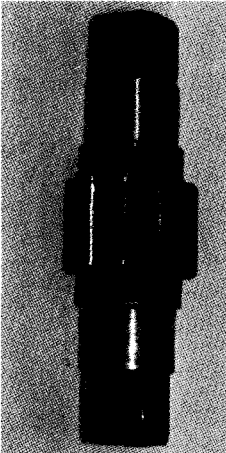
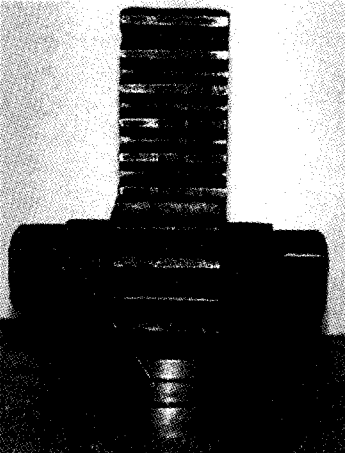
输出扭矩  $T_{\max}=3\ 500 \text{ Nm}$ ,  $n=7.6 \text{ rpm}$ 。被紧固螺钉外六方表面硬度 HRC30~35。

通常情况下, 在拆卸作业中, 被拆卸的螺钉摩擦

收稿日期: 2007-06-12

作者简介: 史永革, 高级工程师; 张颜芳, 工程师; 寇永利, 工程师

表 1 低速大扭矩齿轮齿条热处理试验及改进过程

试验内容	第一次试验	第二次试验	第三次试验
热处理工艺	粗加工后, 调制处理 850 °C 油淬+580 °C 回火, 硬度为 HRC30~35, 得到回火索氏体, 其 $\sigma_b \geq 1\ 100\ \text{MPa}$ , $\sigma_s \geq 950\ \text{MPa}$ 。	精加工后, 整体淬火+低温回火, 硬度为 HRC48~52, 得到回火马氏体, 其 $\sigma_b \geq 1\ 400\ \text{MPa}$ 。	齿轮: 精加工后, 淬火+中温回火—齿面高频淬火+低温回火。先得到回火屈氏体, 基体硬度为 HRC35~45, 再经齿面高频淬火, 使齿表面硬度达到 HRC50~55, 低温回火是为消除内部应力。齿条: 精加工后, 淬火+低温回火—齿面高频淬火+低温回火。得到回火马氏体, 基体硬度为 HRC48~52, 再经齿面高频淬火, 使齿表面硬度达到 HRC50~55。
试验描述	在拧松了一条定扭矩 2 000 Nm 的螺钉后, 扳子头停止旋转, 油缸内活塞(齿条)卡住不动。	扳子头上紧扭矩达到 2 900 Nm 时, 转动不平稳, 伴有冲击, 油缸内有连续的断裂声, 随后扳子头停止旋转。	多次拆卸一条摩擦副及螺纹有损伤的螺钉, 扳子头转动不平稳, 伴有冲击, 扳子头上紧扭矩达到 3 000 Nm 以上。
解体检查	齿轮: 3 齿倒齿, 1 齿齿根有裂纹。齿条: 齿条与活塞接合部严重变形, 4 齿面有塑变压痕, 压痕凸起 1mm 左右。	齿轮: 4 齿从根部断裂, 断面呈凹状。齿条: 齿面有轻微压痕。	齿轮、齿条齿面有轻微刮痕。
分析	齿轮、齿条齿面硬度低, 基体强度不够。	齿轮轮齿是典型的脆性破坏, 心部硬度过高, 强度有余而韧性不足。齿条表面硬度略显不足。	齿轮、齿条的强度、韧性良好匹配。
改进方向	提高齿轮齿条整体强度。	降低齿轮心部硬度来换取齿轮基体的塑性和韧性的提高, 以提高抗冲击能力, 齿轮齿面硬度则保持不变。齿条基体强度足够, 仅需增加表面硬度。	提高齿轮、齿条表面加工光洁度。
试验后零件照片			

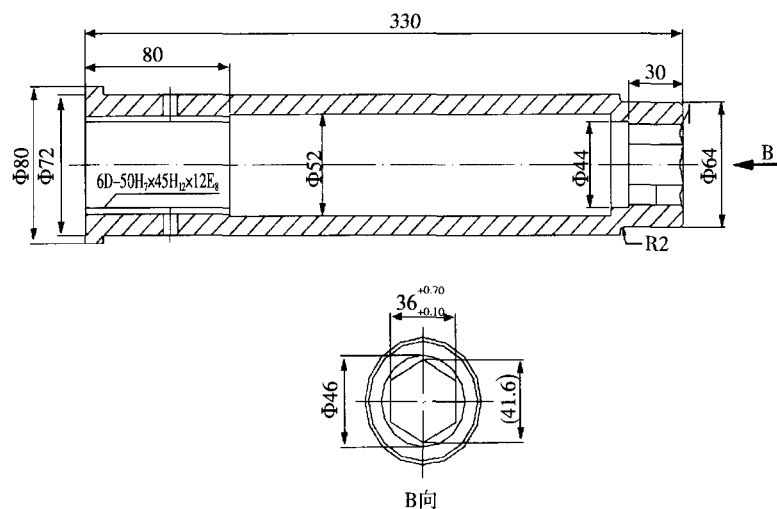


图 2 液压板手套筒薄壁内六方结构

面往往存在冷焊现象, 所以, 作业中套筒内六方有可能受到较大连续或不连续的冲击载荷。

### 3.2 试验改进过程(见表 2)

## 4 超高压薄壁油缸体调质处理工艺参数确定

### 4.1 设计要求(见图 3)

单作用式油缸, 额定工作压力  $P=54\ \text{MPa}$ , 最高工作压力  $P_{\max}=70\ \text{MPa}$ , 由高压泵实现持续保压。

### 4.2 零件制造工艺路线

下料—粗车—调质处理—精加工

表 2 液压扳手套筒薄壁内六方淬火试验的改进过程

试验内容	第一次试验	第二次试验
热处理工艺	粗加工后, 调质处理硬度为 HRC26~30。精加工后扳子头内六方高频淬火 HRC45~48。	粗加工后, 调质处理硬度为 HRC26~30, 精加工后扳子头内六方高频淬火 HRC38~42。
用户反馈结果	长时间频繁连续使用中, 沿套筒头内六方角逐渐出现细小裂纹, 最终套筒头开裂失效。	在套筒正常磨损寿命期内六方外壁再没有出现裂纹。
分析	内六方疲劳断裂, 抗疲劳强度不够。	强度、韧性、耐疲劳性匹配合适。
改进方向	适当降低内六方高频淬火硬度, 但必须高于被紧固螺钉外六方表面硬度。	

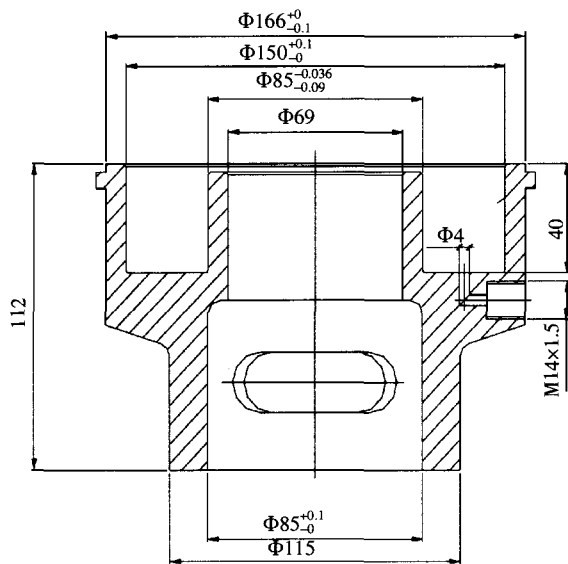


图 3 超高压薄壁油缸缸体结构

### 4.3 调质处理工艺参数确定

考虑调质处理后还要进行精加工, 为使机加工经济合理, 一般有关资料推荐 42 CrMo 调质后硬度为 HRC 26~30, 但考虑油缸工作在超高压等级下, 而且为减轻重量, 设计壁厚较小, 希望通过调质处理来提高缸体抗拉强度。有关资料介绍, 一般情况下, 金属材料硬度在 HB 500 以下, 抗拉强度和硬度几乎成直线关系, 整个断面完全淬透时其屈服强度也和硬度几乎成直线关系。所以, 确定调质处理后硬度应该高一些, 但一般不超过 HRC 38, 否则将给后面精加工工序造成困难。

强度理论计算中, 考虑到所设计油缸为整体结构, 并且行程小, 安全系数取值较小, 取  $n=1.5$ , 在壁厚 8 mm 条件下, 计算得出采用 42CrMo 的缸体其抗拉强度  $\sigma_b \geq 980$  MPa。

参考《机械工程手册》(第三卷)中“35 CrMo 钢不同回火温度的机械性能曲线图”(见图 4), 确定调质后硬度为 HRC 32~36。在这种硬度下,  $\sigma_b \geq 1100$  MPa,  $\alpha_k$ 、 $\psi$ 、 $\delta_5$  值相对较高, 表现为材料热处理后强度、塑性、韧性、抗疲劳性均较高。

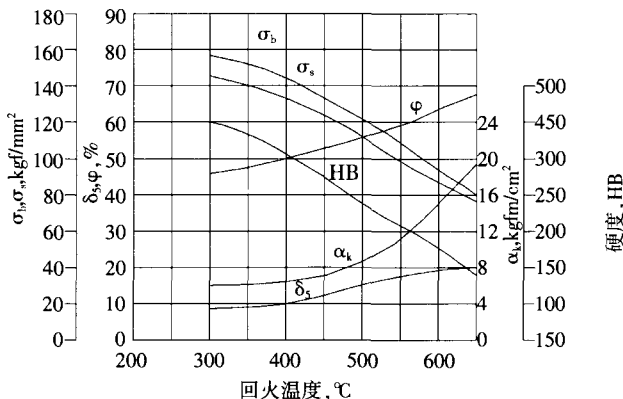


图 4 35 CrMo 钢不同回火温度的机械性能曲线图

### 4.4 零件装车试验

经在最高压力 70 MPa 长时间保压试验, 未发现异常。后经现场一年试用后检测表明, 42 CrMo 缸体结构无任何塑性变形, 保压时弹性变形的范围在密封元件允许范围以内, 油缸满足设计和使用要求。

## 5 结论

在机械零件制造领域里, 相关参考资料上所给的材料热处理后的机械性能数据一般是以该材料制成的简单试样进行机械性能试验测得的, 在实际生产中可以参考借鉴, 但通常不能照搬, 因为参考资料上样件结构、试验条件同实际设计的机械零件在外形结构、工作条件上有差异, 试样材料的机械性能数据不能确切地反映实际机械零件承受载荷的实际能力。所以, 在确定热处理后的零件性能能否满足使用需求时, 需要经过多次试验, 在充分分析试验结果的基础上不断修改工艺参数, 逐步达到合理。

### 参考文献:

- [1] 机械工程手册(第三卷)[M]. 北京:机械工业出版社, 1982.
- [2] 史美堂. 金属材料及热处理[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1980.
- [3] 蔡春源. 新编机械设计实用手册[M]. 上海:学苑出版社, 1992.