



# 低压真空渗碳气淬技术的应用

五粮液普什集团普什模具有限公司 (四川宜宾 644007) 赵振东

渗碳是热处理生产周期较长的工艺过程, 生产成本较高。此外, 常规渗碳过程气氛中有微量氧的存在, 致使产生的内氧化问题一直困扰产品质量的进一步提高。近年来, 新的渗碳技术——低压真空渗碳在生产上的成功应用, 彻底解决了常规渗碳无法解决的难题(内氧化)。而且低压渗碳设备的应用温度达到 1050℃, 可以在不使晶粒度明显增大、不影响零件力学性能的条件下, 提高渗碳温度, 从而大幅度地提高渗碳速度, 缩短生产周期, 提高工作效率。

为保证产品的高质量, 我公司高起点投入, 引进法国 ECM 工业炉公司的低压真空渗碳气淬炉。经过一段时间的工艺试验和生产应用, 取得了良好的效果, 渗碳零件表面和内在质量均非常理想, 为稳定生产和提高产品质量奠定了坚实的基础。

## 一、工艺及设备特点

### 1. 工艺特点

低压真空渗碳的原理和方式同传统渗碳相比有明显不同。在渗碳和扩散过程中, 渗碳室可始终保持一定的真空压力, 整个渗碳过程采用渗碳扩散交替进行的方式, 供给气体为丙烷(渗碳用)和高纯氮气(扩散用)。渗碳过程是采用丙烷( $C_3H_8$ )或乙炔( $C_2H_2$ )注入到真空的高温中(超过 900℃)。在高温条件下, 丙烷和乙炔的分子裂解, 使所产生的活性炭被零件表面吸收, 在真空下完成渗碳过程; 在停止注入丙烷时(扩散阶段), 注入高纯氮气, 使表面的高浓度碳向内部进行扩散。工艺程序是按照零件渗碳深度和浓度梯度的要求编制, 低压渗碳工艺过程的渗碳和扩散的周期和交替的段数有明显不同。工艺编制过程只需要在 Infracarb 工艺软件中输入渗碳工件特性(材料、渗碳温度、渗碳深度、表面碳浓度等), 即可通过模拟程序, 计算出要求的各段渗碳工艺时间及碳浓度曲线。按照要求输入到计算机, 启动程序即可完成整个渗碳过程, 获得要求的表面碳浓度和渗碳层深度; 或者完成渗碳后降温并淬火的过程, 获得要求的硬化层和

心部高强韧度。

### 2. 设备特色

我公司购置的低压真空渗碳炉(见图 1)为法国 ECM 工业炉公司生产, 其型号为 ICBP966。主要技术指标: 最高冷却气压  $2 \times 10^6$  Pa; 装炉量为 350kg; 有效炉膛尺寸: 960mm × 610mm × 610mm; 渗碳室压力控制在 0.1 ~ 2.0kPa, 最高使用温度 1050℃。冷却气体为 99.999% 的高纯氮; 渗碳为纯度 98% 的丙烷气; 三室结构, 前室为进料和淬火用, 中间为零件周转用, 后室为渗碳用。该炉控制系统先进, 具有远距离控制和调整功能; 监控系统完备, 具有各类故障显示和记录功能; 配备有工艺程序软件。



图 1 低压真空渗碳高压气淬炉

低压真空渗碳炉的前身为真空炉, 与常规渗碳炉相比较, 低压真空渗碳炉操作简便(零件只需要由料车送入前室, 其余过程均由计算机控制完成); 炉内非常清洁, 无炭黑; 对环境无任何污染影响(我公司将此设备安装在空调厂房内), 可达到绿色化生产。另外, 该炉型升温速度快, 开炉、停炉方便, 并且节省电能, 气体消耗低。实际生产验证, 其生产成本较常规渗碳明显降低。

## 二、工艺试验及应用

结合本公司产品和发展的需要, 我们采用 20CrMnMo、20Cr、20Ni4A 渗碳钢进行工艺试验。应用工艺模拟程序制定的典型工艺如表 1、表 2 所示。



表 1 应用程序模拟渗碳工艺一

序号	渗碳时间/s	扩散时间/s	渗碳深度/mm	备注
1	32	55	0.308	渗碳工艺条件及要求: 渗碳温度 980℃; 要求深度 0.80mm; 表面碳浓度 0.85%
2	65	68	0.368	
3	56	79	0.419	
4	51	90	0.467	
5	48	99	0.512	
6	46	109	0.555	
7	45	119	0.597	
8	44	129	0.638	
9	43	139	0.678	
10	42	147	0.718	
11	42	158	0.757	
12	41	166	0.796	
13	41	176	0.834	

表 2 应用程序模拟渗碳工艺二

序号	渗碳时间/s	扩散时间/s	渗碳深度/mm	备注
1	23	55	0.224	渗碳工艺条件及要求: 渗碳温度 950℃; 要求深度 0.80mm; 表面碳浓度 0.85%
2	55	71	0.274	
3	48	85	0.319	
4	44	97	0.361	
5	42	108	0.400	
6	40	120	0.437	
7	39	131	0.472	
8	38	142	0.509	
9	38	155	0.544	
10	37	166	0.578	
11	37	178	0.613	
12	36	187	0.647	
13	36	199	0.680	
14	36	212	0.714	
15	36	224	0.748	
16	35	232	0.780	
17	35	243	0.813	

典型零件经过真空渗碳后的情况见图2、图3。



图 2 齿轮低压渗碳

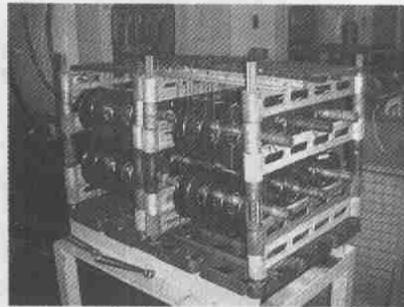


图 3 离合器低压渗碳

由图可以看出, 炉子的实际装炉量较大, 炉膛的有效容积可以得到充分利用, 加之实际渗碳时间的明显缩短, 开炉前不需要任何准备工作。工件入炉, 打开气阀启动程序即可全面完成渗碳淬火的全过程。由于人为因素少, 所以质量稳定可靠, 质量的重复性良好。

### 三、结果及分析

采用金相和硬度两种方法进行渗碳深度测试, 工艺一深度为 0.82mm; 工艺二深度为 0.80mm; 表面碳浓度均为 0.85%; 浓度梯度分布与模拟曲线基本吻合。经过渗碳并淬火的零件表面为金属原色, 无任何氧化现象, 渗层无内氧化发生 (见图 4), 组织细而均匀 (与同温度渗碳相比较), 达到了十分理想的状态。零件的基体组织如图 5 所示。

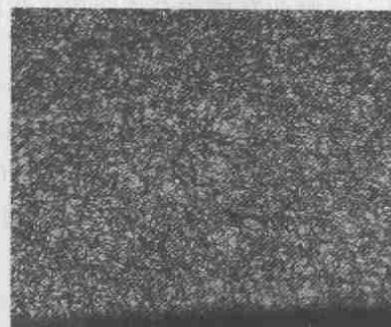


图 4 低压真空渗碳零件表面组织 200 ×

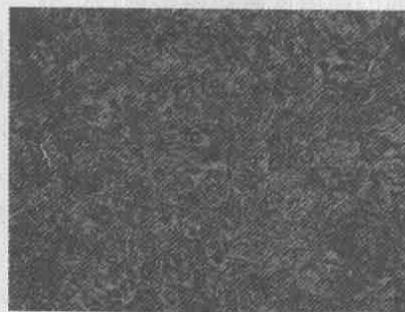


图 5 低压真空渗碳零件基体组织 200 ×



# 连接销热处理工艺方案的探讨

无锡威孚高科技股份有限公司 (江苏 214031) 唐学哲 王金娣

## 一、问题的提出

在油泵调速器中,连接销将飞锤、连接杆、飞锤支架部件连接起来,螺纹处用螺母夹紧固定在飞锤支架部件上。工作时飞锤高速旋转,通过连接销带动连接杆左右滑动来调速,连接销杆部要频繁地受到飞锤、连接杆的冲击、磨损。据此服役条件,我们设计上选用 20Cr, 碳氮共渗后淬油,零件表面硬度要求 680 ~ 820HV10, 硬化层深 0.3 ~ 0.5mm, 螺纹处硬度 250 ~ 365HV30 (见图 1)。这样设计考虑了杆部要有高的耐磨性和抗疲劳能力;由于杆部频繁冲击受到弯曲循环应力,又有一定的强韧性配合。

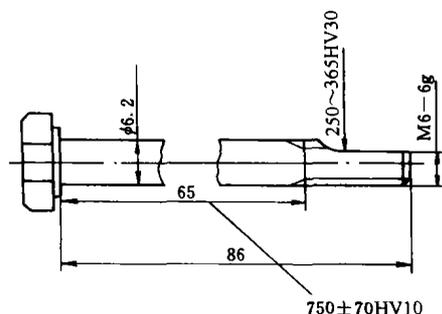


图 1 连接销示意图

另外,由于渗碳在真空中性气氛条件下进行,零件表面得到净化和活化作用,使零件的渗碳速度明显提高。同温度条件下真空渗碳和常规渗碳比较,实际渗碳时间可以缩短到原来的 58% 左右 (见表 3)。

表 3 在 950℃ 低压真空渗碳和常规井式炉渗碳的比较

要求渗碳深度 /mm	实际渗碳时间/h		备注
	真空渗碳	常规渗碳	
0.80	1.65	2.91	常规渗碳碳势: 1.10%
1.20	3.68	6.25	
1.40	5.10	8.5	
1.60	6.53	11.10	

## 四、结语

(1) 真空低压渗碳应用的实践使我们认识和体

本公司所用 20Cr 的主要化学成分 (质量分数) 分别为:  $w_C = 0.19\% \sim 0.24\%$ 、 $w_{Cr} = 0.78\%$ 、 $w_{Mn} = 0.62\% \sim 0.63\%$ 、 $w_{Si} = 0.25\% \sim 0.26\%$ 、 $w_P \leq 0.04\%$ 、 $w_S \leq 0.04\%$ 。零件表面与心部硬度不同主要取决于两部分的含碳量的不同。基本工艺方案为渗碳 + 淬火。为了达到设计要求,可以有以下三种工艺方案:

- (1) 渗碳淬火后螺纹高频退火。
- (2) 局部防渗涂覆淬火。
- (3) 留切削余量去碳层淬火。

## 二、几类工艺方案分析

### 1. 碳氮共渗淬火后螺纹处高频退火

本公司采用可控气氛多用炉碳氮共渗淬火,选用合适的热处理参数 (载体、富化气的通入量、保温温度及时间、淬火介质),使连接销碳氮共渗淬火表面含碳量约 1%, 表面硬化层 0.3 ~ 0.5mm, 过渡层 0.2 ~ 0.3mm, 表面硬度  $\geq 750HV10$ , 金相组织为: 少量碳氮化合物 + 马氏体 + 残余奥氏体。螺纹段退火采用高频感应加热: 670 ~ 820℃ 保温 2 ~ 3s 空冷,零件能满足设计要求。

会到,要提高产品质量,采用常规渗碳设备难以达到高质量,必须改变观念进行设备更新。目前低压渗碳的工艺及控制已经很成熟,可以有效地替代常规可控气氛渗碳,降低生产成本。

(2) 在同温度条件下比较,低压渗碳工艺时间较常规渗碳缩短至 58% 左右,另外,低压渗碳温度可以提高到 1000℃,对于力学性能要求不严格的零件可以采用高温渗碳工艺,以进一步提高渗碳速度,从而提高生产效率,降低成本。

(3) 渗碳完成后可以进行直接淬火处理,淬火气压可以任意调节,以满足不同渗碳钢淬火冷却的要求。渗碳零件变形小,表面光亮 (为金属本色),对于精度要求高的渗碳零件,经过该炉处理完成后可以直接使用。

(20040223)