

某型号柴油机零件衬套软氮化工艺研究

王东军, 马天帅, 赵 瑞

(海军驻大同地区军事代表室, 山西 大同 037036)

摘 要: 针对某型号柴油进排气挺柱部件衬套软氮化后, 因没有考虑其变形, 而直接装配使用, 造成该部件工作过程中卡死, 导致柴油机发生故障的问题, 从衬套软氮化主要工艺参数着手, 研究软氮化工艺参数对衬套表面白色化合物(耐磨层)深度及衬套变形的影响规律。根据研究结果改进了软氮化工艺参数, 并结合调整机械加工工艺, 使该零件的变形问题得到控制。

关键词: 柴油机; 衬套; 软氮化; 工艺

中图分类号: TK426 文献标识码: A 文章编号: 1001-4357(2016)02-0045-03

The Study of Tufftriding Technics of Parts Bush in Certain Model Diesel Engine

Wang Dongjun, Ma Tianshuai, Zhao Rui

(Naval Deputy Office of Datong District, Shanxi Datong 037036)

Abstract: After the tufftriding processing of the bush of the intake and exhaust valve tappet, the part was stuck during the working process, which led to the fault of the diesel engine, for directly using without taking the deformation into consideration. Based on the major technics parameters of the tufftriding of bush, the influence of certain parameters on the depth of white chemical compound (abrasion resistant layer) and the deformation of bush were analyzed. The technics parameters of tufftriding were improved according to the results, and being accompanied of the modification of the machining technics, the deformation of the part was kept under control.

Key words: diesel engine; bush; tufftriding; technics

0 引 言

柴油机进排气挺柱是柴油机的关键零部件, 由挺柱体、滚轮、衬套、滚轮销组成, 如图 1 所示。衬套如图 2 所示, 其在工作过程中与润滑油一起起到悬浮轴承的作用。

衬套内表面和滚轮销、外表面和滚轮作相对摩擦运动, 内外表面均承受一定的压力, 为保证其耐磨性一般均做软氮比处理。传统中一直认为, 衬套软氮化后不变形, 不需再进行机械加工, 可以直接使用。但事实是因衬套壁薄, 软氮化过程易导致变形, 使其内外间隙发生变化, 工作中形不成油膜而和摩擦面发生硬接触, 导致卡死, 进而使柴油机发

生故障。

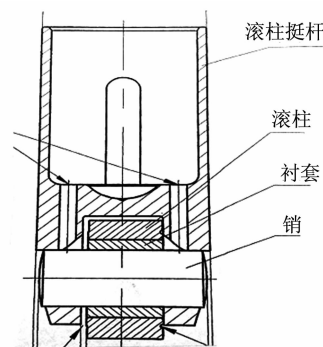


图 1 挺柱部件

衬套材料采用 45# 钢, 原制造工艺为: 毛坯—

粗机加—调质—精加工—软氮化—装配。改进后为：毛坯—粗加工—调质—精加工—去应力回火—软氮化—尺寸检验—装配。



图 2 衬套

以前，为保证软氮化后的化合物层即白亮层的耐磨性，采取国际上普遍通用的方法，软氮化后直接使用。后期的试验验证表明：软氮化后衬套变形是必然的，而且有一定的规律性，均为内孔缩小，外圆变大。所以有必要对软氮化工艺参数和软氮化变形进行研究。

1 研究目的

(1) 保证形成的化合层（白亮层） $\geq 10 \mu\text{m}$ 。研究温度、保温时间、炉内压力、氨气流量、氨气压力、氨气分解率等软氮化工艺参数对衬套白色化合物层深度的影响。

(2) 找到软氮化主要工艺参数，如温度、保温时间对衬套变形规律的影响。

(3) 根据衬套的变形规律，改变机加工最终尺寸，使衬套在软氮化后不需补充加工即达到图纸要求。确定最优软氮化工艺参数，使白色化合物层深度和衬套变形在合理的范围内。

2 研究内容

为了加快白色化合物层的形成速度，在软氮化前增加预处理工序。预处理工艺为氧化，预氧化温度选择 300°C 和 400°C 两个温度，保温时间为 1 h。 400°C 保温 1 h 的预氧化可以加快白色化合物层的形成速度；同时对零件起到分段均热的作用，可以降低加热过程中的热应力，对减小零件变形有利。以下工艺试验均采用预处理工序。

不同氮化温度、炉内压力、氨分解率及氮化时间对白亮层深度及衬套变形量的影响，见表 1~4。

表 1 不同氮化温度对白亮层深度及衬套变形量的影响

因素		参数值				
软氮化温度/ $^\circ\text{C}$		520	540	560	570	580
软氮化时间/h		8	8	8	8	8
氨气分解率		20% ~ 30%	20% ~ 30%	20% ~ 30%	20% ~ 30%	20% ~ 30%
炉内压力 (液面差) /mm		70 ~ 80	70 ~ 80	70 ~ 80	70 ~ 80	70 ~ 80
渗层 组织	白亮层	无	无	0.01	0.012	0.014
	化合层	0.2	0.3	0.35	0.45	0.43
变形	氮化前	外圆	+0.04	+0.04	+0.04	+0.04
		内孔	+0.04	+0.045	+0.04	+0.04
	氮化后	外圆	+0.05	+0.06	+0.08	+0.09
		内孔	+0.04	+0.06	+0.07	+0.085

表 2 不同炉内压力对白亮层深度及衬套变形量的影响

因素		参数值		
软氮化温度/ $^\circ\text{C}$		570	570	570
软氮化时间/h		8	8	8
氨气分解率		20% ~ 30%	20% ~ 30%	20% ~ 30%
炉内压力 (液面差) /mm		30 ~ 40	60 ~ 70	90 ~ 100
渗层 组织	白亮层	0.012	0.01	0.012
	化合层	0.45	0.4	0.4
变形	氮化前	外圆	+0.04	+0.04
		内孔	+0.04	+0.045
	氮化后	外圆	+0.07	+0.07
		内孔	+0.09	+0.07

表 3 不同氨分解率对白亮层深度及衬套变形量的影响

因素		参数值		
软氮化温度/ $^\circ\text{C}$		570	570	570
软氮化时间/h		8	8	8
氨气分解率		20% ~ 30%	30% ~ 40%	50% ~ 60%
炉内压力 (液面差) /mm		70 ~ 80	70 ~ 80	70 ~ 80
渗层 组织	白亮层	0.01	0.012	0.01
	化合层	0.4	0.45	0.45
变形	氮化前	外圆	+0.04	+0.045
		内孔	+0.04	+0.04
	氮化后	外圆	+0.07	+0.065
		内孔	+0.07	+0.08

3 研究结果分析

3.1 软氮化工艺参数对白色化合物层深度的影响

(1) 软氮化温度对衬套白色化合物层深度的影响最显著。处理温度选择 520°C 和 540°C 时，不管其他工艺参数如何变化，衬套表面都没有形成白色化合物层，见图 3。只有软氮化温度达到 560°C

℃，才能形成白色化合物层。其影响规律为：随氮化温度升高，白色化合物层深度明显增加。见图 4、图 5。

表 4 不同氮化时间对白亮层深度及衬套变形量的影响

因素		参数值		
软氮化温度/℃		570	570	570
软氮化时间/h		6	9	12
氨气分解率		20% ~ 30%	20% ~ 30%	20% ~ 30%
炉内压力 (液面差) /mm		70 ~ 80	70 ~ 80	70 ~ 80
渗层 组织	白亮层	0.01	0.012	0.016
	化合层	0.4	0.45	0.55
变形	氮化前	外圆	+0.04	+0.04
		内孔	+0.04	+0.045
	氮化后	外圆	+0.07	+0.065
		内孔	+0.07	+0.08

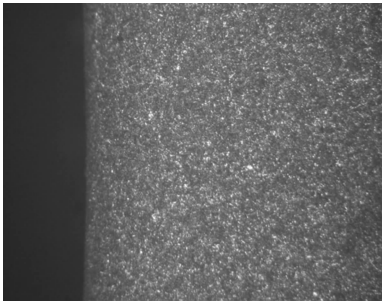


图 3 温度 520 ℃、540 ℃时衬套表面
金相组织 (400 ×)

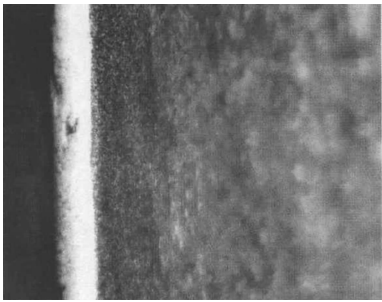


图 4 温度 560 ℃时衬套表面
氮化层组织 (400 ×)

(2) 采用 U 型玻璃管以液面差测得过程中的炉内压力，研究炉内压力对白色化合物层深度的影响。炉内压力的提高，可以增加气氛中氨分子浓度，提高工件表面的氨分子密度，工件表面对氨分子的吸附量随之增加；同时可以提高氨分子通过边界层的流量和界面反应速度，有效提高碳氮共渗速度。但由于氨分解是体积增加过程，所以炉压升高不利于氨的分解。因此为了使氨气分解率能控制在

35% 左右，炉内压力（液面差）一般选择 100 mm 左右。

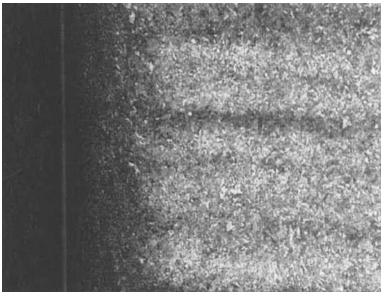


图 5 温度 560 ℃时衬套表面
氮化层组织 (100 ×)

(3) 氨气分解率检测采用氢探头，该方法是目前比较先进的检测手段。氨气分解率小于 15%、大于 60% 时，衬套表面几乎没有形成白色化合物层。氨气分解率在 20% ~ 50%，参数值的变化对白色化合物层深度影响不明显（表 3）。从节约氨气等方面考虑，研究过程氨气分解率控制在 30% ~ 40%。

(4) 软氮化时间对白色化合物层深度的影响规律为：随软氮化保温时间的延长，白色化合物层深度增加。

3.2 软氮化工艺参数对零件变形的影响

(1) 软氮化温度对零件变形的影响。软氮化温度为 580 ℃ 时，导向套内孔直径平均涨大 0.03 ~ 0.04 mm，并且内孔有椭圆倾向；软氮化温度为 560 ℃ 时，导向套内孔直径平均涨大 0.02 ~ 0.025 mm。衬套的变形为：内孔直径缩小，外孔直径涨大。可见，温度是软氮化后零件变形的主要因素，其影响规律为：随软氮化温度的升高，零件变形明显增大，同时有椭圆倾向。

(2) 软氮化保温时间对零件变形的影响规律为：随软氮化保温时间的延长，零件的变形明显增大。

(3) 氨气分解率和炉内压力对零件变形几乎没有影响。

综合温度和时间两个工艺参数对零件变形的影响，在保证零件表面白色化合物层大于等于 10 μm 的情况下，采用尽可能短的软氮化保温时间。工艺选择为：温度 560 ℃，时间 10 h。衬套的变形为：内孔直径平均缩小 0.02 mm，外孔直径平均涨大 0.03 mm；导向套的变形为：内孔直径平均涨大 0.02 mm。

(下转第 57 页)

深度,它决定了缸套的运行性能和使用寿命,该值越大,使用寿命越长,但滑油油耗会相应增加。

3.1.2 制定检测标准

根据工艺要求,制定《缸套网纹检测评定标准》。

3.2 加强厂内清洁度控制

主要包括以下控制:

(1) 加强零部件的清洁度控制,如增加内窥镜检查,去毛刺工序等;

(2) 加强装配过程清洁度防护,如采用磁性防护板,增设防护检验点等;

(3) 提高管系加工和冲洗质量;

(4) 改善试车环境,如进气口增加滤布,防止试验时交叉施工等。

3.3 锈蚀防范

(1) 细化、完善生产装试过程零部件及整机的防护技术要求,加强过程控制;

(2) 整合、完善整机油漆油封工艺规范和完整性检验要求,增加缸套内表面油封状况检查等;

(3) 通过正式信函渠道向用户明确柴油机现场防护和油封要求;

(4) 在机组警示铭牌上增注油封期限。

3.4 加大预供滑油泵裕量

改型机预供滑油泵流量选型为 $11.6 \sim 15.5 (\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$,已建和在建项目选型为 $12 (\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$,适当提高预供泵流量可改善和加强机组整体润滑情况。后续项目可考虑选择流量偏上

限的预供泵。

3.5 加强过程检验及人员教育

(1) 对装配及检验人员开展质量教育;

(2) 修订质量问题奖惩办法,加大奖惩力度;

(3) 在装配工艺中增加检验见证点。

通过一系列整改,不断完善缸套异常磨损的预防和处理方案,工厂试验环节缸套异常磨损情况得到了有效控制。随着对缸套异常磨损问题的深入研究及持续整改,目前该问题已得到了基本解决。图11为4年来工厂内装机情况及柴油发电机组缸套异常磨损走势图。

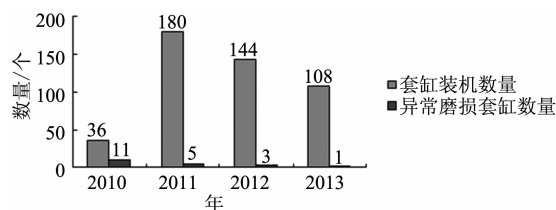


图11 柴油机缸套装机及异常磨损走势图

4 结束语

缸套异常磨损问题为业界公认的难题,由于该问题涉及柴油机设计、制造、调试、运维等各环节且过程控制复杂,目前还难以完全杜绝。

本文通过建立全过程故障树,对缸套异常磨损问题进行了深入分析,制定了有效的整改措施及预防措施,使缸套异常磨损问题得到了有效控制。

(上接第47页)

4 结 论

通过以上对软氮化工艺参数的研究,找到了影响软氮化后衬套变形的主要因素。在采用改进后的软氮后工艺参数后,白色化合物层一般能达到 $12 \mu\text{m}$;同时根据衬套的变形规律,调整机械加工工艺,预留尺寸以适应热处理变形。至此,该零部件的变形基本得到控制,某型号柴油机挺柱部件再也没有发生卡死故障。

参考文献

- [1] 李泉华. 热处理实用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社2版, 2006.
- [2] 热处理手册编委会. 热处理手册 (第四版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [3] 刘宗昌, 任慧平, 宋义全. 金属固态相变教程 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2003.
- [4] 中国机械工程学会热处理学会. 热处理工程手册 [M]. 北京: 北京机械工业出版社, 2000.
- [5] 夏立芳. 金属热处理工艺学 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1986.