

钢质活塞环的 QPQ 盐浴复合处理

中美合资仪征双环活塞环有限公司 (仪征 211400) 樊波平

摘要 介绍了 QPQ 盐浴复合处理技术在不锈钢质活塞环上的应用情况, 阐述了该项技术对活塞环表面进行改性处理的可行性及推广应用价值。

关键词 钢质活塞环 QPQ 盐浴复合处理

0 前言

活塞环是发动机中的关键零件之一, 随着发动机向高转速、强功率、轻量化方向的发展, 钢质材料活塞环应运而生, 而且越来越广泛地应用于轿车、微型车、摩托车等发动机上。为了提高钢质活塞环的耐磨性和使用寿命, 各种金属表面强化技术纷纷被应用, 其中 QPQ 盐浴复合处理可大幅度提高钢质活塞环的耐磨性和耐蚀性, 是一种较有效的表面改性强化热处理方法。

我公司于 2000 年底成功引进一条 QPQ 盐浴复合处理生产线用于钢质活塞环的表面渗氮处理, 处理后钢环各项指标达到或超过产品图纸技术要求。迄今为止, 已处理钢质活塞环 15 万片, 其中 30% 属进口产品。

1 钢质材料活塞环概述

1.1 钢质活塞环材料

我公司钢质活塞环材料采用日本进口不锈钢弹簧钢, 牌号为 AS1817, 化学成分如表 1 所示。

表 1 钢环材料的化学成分质量分数 %

钢号	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
AS1817	0.85	0.4	0.3	17	1.0	0.1

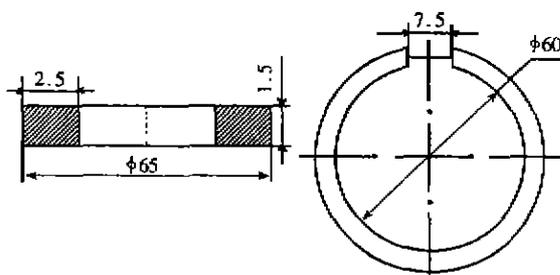


图 1 462 钢环零件图

1.2 典型的钢质活塞环

适用于 462 发动机的第一道渗氮不锈钢质活塞

环, 结构如图 1。

1.3 钢质活塞环生产工艺流程

成型钢带→卷绕→切口→去应力定型→QPQ 渗氮→上下端面研磨→精修开口→外圆珩磨→检外观→成品包装(有些根据要求着色处理后再包装)

成型钢带状态: 退火态 HRB 110~115

去应力定型: 430~450 °C × 1.5~2 h

2 钢质活塞环 QPQ 盐浴复合处理工艺过程

钢质活塞环盐浴渗氮采用 QPQ-600 型盐浴渗氮生产线, 分别进行前清洗、预热、盐浴渗氮、盐浴氧化、去盐、加温清洗等工序。其中前清洗的目的是为了去除活塞环表面油污脏物, 预热温度 280~320 °C, 预热时间 30~45 min, 以工件出现草黄色为准; 盐浴渗氮炉中以基盐为主, 用调整盐调节盐浴中 CNO^- 的浓度, 一般 CNO^- 浓度为 30%~33%。盐浴氧化的主要目的是分解掉工件从渗氮炉中带出的有害物质 CN^- , 氧化温度为 340~360 °C, 时间为 15~25 min, 具体参数根据工件多少来调整。炸盐是为了去除工件表面所粘的盐, 加温清洗实际上是炸盐后的漂洗, 也是加热工件让工件自然干燥的目的。

3 钢质环渗氮后质量检验及讨论

3.1 渗氮层金相组织

在环上任取一段做金相试样, 用 4% 硝酸酒精溶液腐蚀后检查, 金相组织如图 2。

由 25× 低倍金相照片可看出, 活塞环四周渗氮层明显, 由金相法判别渗氮层深度为 0.07~0.10 mm, 且深度均匀。

由 200× 金相照片看出, 整个渗氮层分为三层, 由外向内分别为氧化膜及疏松层、化合物层、扩散层。氧化膜是在氧化盐中氧化处理时形成的, 工件表面是黑色外观, 说明氧化膜的存在, 但氧化膜很

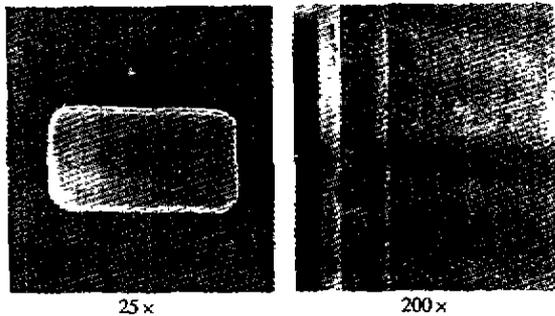


图 2 钢环渗氮层组织

浅,只有几微米,这对改善活塞环表面外观及耐磨性有好处。

表面疏松层虽能改善活塞环的初期磨损,但其影响粗糙度,会使工件表面起皮,所以总体来说是一种有害组织。调整盐浴中 CNO^- 的浓度可以控制表面氧化膜及疏松层在 0.015 mm 以内,在后道珩磨工序中可以消除,直接得到高硬度、高耐磨的化合物组织。

化合物层是整个渗氮层中最重要的部分,是渗氮层高耐磨性的本质。化合物层在金相上观察为白色组织,主要有 ϵ 相合金碳氮化物 $Fe_{2-3}CN$ 和 γ' 相、合金碳氮化物 Fe_4CN 组成。

扩散层是白亮层与基体之间的过渡区域,金相观察为暗黑色,主要是氮在 α -Fe 铁中的固溶体或过饱和固溶体,随渗氮后冷速的变化会析出针状的 Fe_4N 组织,且由表及里这种组织浓度比率逐渐下降。

3.2 渗氮层硬度

3.2.1 渗氮层表面硬度

在钢质活塞环上沿 60° 方向取试样,用显微硬度计 HVS-1000 检测维氏硬度,载荷 200 g,保持时间 25 s,结果如表 2:

表 2 氮化钢环表面硬度检测结果

检测指标	$0^\circ(180^\circ)$	60°	120°
表面硬度 $HV_{0.2}$	1 120	1 050	1 084
脆性	1 级	1 级	1 级

3.2.2 渗氮层硬度梯度

在钢质活塞环上取一段试样,在截面上用显微硬度计 HVS-1000 间隔 0.02 mm 检测硬度梯度,方法同上,结果如图 3:

根据德国标准 DIN50190 中的硬化层计算方法,渗氮层深度为从试样表面至高于基体硬度 50 HV 位

置的距离。如图 3 示,基体硬度为 340 $HV_{0.2}$,故用硬度梯度法测出的渗氮层深度是从表面至 390 $HV_{0.2}$ 处的距离,即 0.10 mm。

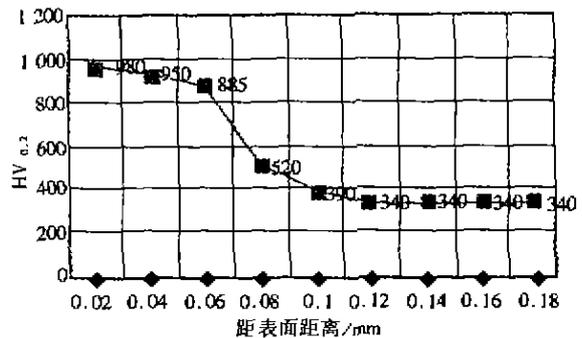


图 3 渗氮钢环渗氮层硬度梯度

3.3 基体硬度及基体组织

为了了解渗氮前后环体内在组织及基体硬度变化情况,我们在抽取 10 片环作了渗氮前后硬度情况的对比,见表 3:

表 3 钢环氮化前后基体硬度对比

状态	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	HRB
渗氮前	110	112	111.5	111	112.5	113	110.5	114	112	111	
渗氮后	110	111.5	111	111	111.5	112	111	112	112	111	

由表 3 看出,钢环渗氮前后基体硬度没有发生明显变化。不锈钢质活塞环在渗氮后仍保持着原来奥氏体基体上弥散分布点块状合金碳化物的组织,基体组织没有发生明显变化。

3.4 变形量

我们采用自由状态悬挂在炉内渗氮,发现钢环自由开口有变形,其结果见表 4。

表 4 钢环渗氮前后自由开口变化情况

状态	1	2	3	4	5	6	7	8	mm
氮化前	7.6	7.3	7.65	7.35	7.45	7.40	7.3	7.5	
氮化后	6.0	5.8	6.3	5.85	6.2	6.2	6.1	6.2	
变形量	-1.6	-1.5	-1.35	-1.5	-1.25	-1.2	-1.2	-1.3	

由表 4 分析得出:钢环渗氮后自由开口呈缩小趋势,缩小量为 1.2 ~ 1.6 mm,平均变形量为 1.36 mm。为此,我们采用撑开口架具悬挂活塞环进行盐浴渗氮。处理后检查,自由开口尺寸很好地控

(下转第 25 页)

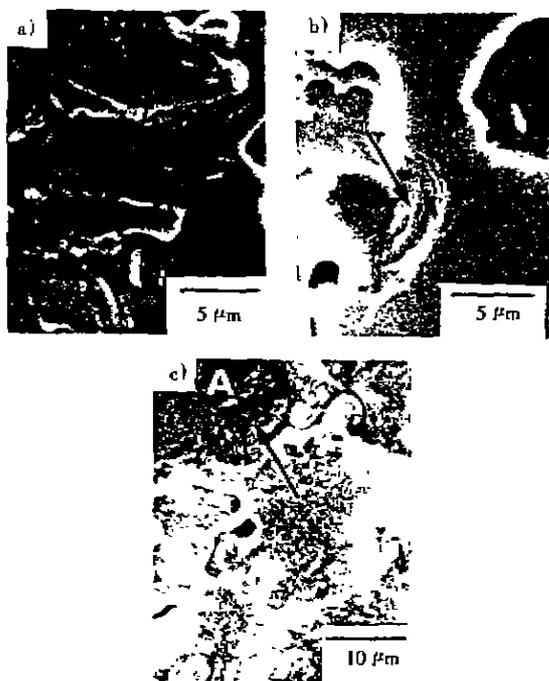


图 12 a)B1 b)B2 c)B3 复合涂层磨损表面形貌

机理和以前所描述过的 WC2 涂层的相类似。虽然这里没有指出证据,但我们发现,所有复合涂层的主要磨损机理是粘着磨损和脱层。但是,随着 NiCrBSi 重量百分数的增高,塑性变形和摩擦划伤也随之增多。

3 结论

1) WC-12%Co 涂层根据粉末制造方法的不同而表现出不同的显微结构、机械性能和磨损行为。

2) 在 WC-12%Co 涂层中,S&F(烧结并粉碎)涂层由于具有残余碳化物均匀分布的大量的碳化物总量而具有高硬度,从而表现出最高的耐磨性。

3) 复合涂层的耐磨性随着 WC-12%Co 重量百分

比的增大而提高。

4) 所有涂层的耐磨性均随着硬度的提高及摩擦系数的降低而增大,但还未能发现涂层的耐磨性与结合强度之间的准确关系。

5) WC-12%Co 涂层的主要磨损机理为粘着磨损,由材料转移而形成的摩擦膜、疲劳裂纹、粒子(小块区域)破裂并脱层(涂层剥落)。

6) 在复合涂层的情况下,当 WC-12%Co 重量百分比很小时,观察到由于表面粗糙不平和/或硬粒子造成的塑性变形和摩擦痕迹(擦伤)。随着 WC-12%Co 重量百分比的增加,其磨损机理趋近于 WC-12%Co 涂层的磨损机理,未观察到塑性变形和摩擦划伤的痕迹。

参 考 文 献

- [1] Yune-Hua Shieh and Jia-Tzann Wang, Han C. shih and Shinn-Tyan Wu, Surface and Coatings Technology, 1993, 58: 73 - 77.
- [2] I. Kvemes, E. Lugscheider and Y. Lindblom, Proc. 2nd European Symposium on Engineering Ceramics, London: UK, Elsevier Applied Science, Amsterdam, 1987, 45 - 79.
- [3] L. S. Darken and R. W. Gurry, Physical Chemistry of Metals McGrawHill, New York, 1953.
- [4] R. Kieffer and W. Hotop, Met. Ind. 1945, 66, 342.
- [5] Rointan F. Bunshah, NOYES Publications 1982, 454 - 489.
- [6] K. Jia, T. E. Fischer, Wear 203 - 204, 1997, 310 - 318.
- [7] A. Karimi and Ch. Verdon, G. Barbezat, Surface and Coatings Technology, 1993, 57: 81 - 89.
- [8] Ram B. Bhagat, Joseph C. Conway, Jr, Maurice F. Amateau, R. A. Brezler III, Wear 201, 1996, 233 - 243.
- [9] T. P. Slavin, J. Nerz, Thermal Spray Research and Applications, Proceedings of the Third National Thermal Spray Conference, Long Beach, CA, USA, 1990, 20 - 25.

(上接第 17 页)

制在 -0.15 mm 以内,而这 -0.15 mm 的变形量能在后道精修口工序中消除,从而达到产品技术要求

4 结束语

1) 钢质活塞环径恰当的 QPQ 盐浴复合处理后具有良好的渗氮层组织,并有较高的表面硬度。

2) 采用撑开口的工装进行 QPQ 盐浴复合处理可有效控制盐浴处理的变形量,达到产品尺寸要求。

3) 钢质渗氮环高质量的渗氮层组织及硬度指标是提高钢质环耐磨性的主要原因。经此处理的钢质活塞环具有较好的市场发展前景。

参 考 文 献

- [1] 李惠友,罗德福等, QPQ 盐浴复合处理技术,机械工业出版社, 1997.
- [2] 乌伯翔, 活塞环, 中国铁道出版社, 1987.