

未除干净的油污和金属氧化皮必须用酸性表面调整剂来重新处理,不仅使生产工艺复杂化,而且由于酸性腐蚀引起镀锡活塞表面不均匀,有发黑现象。由于铝合金活塞专用脱脂剂有特别强的去污能力,它不仅能除去活塞表面的油污,冷却液残留物,而且对部分金属氧化皮和脱模剂氧化物也有溶解作用。实际使用后认为:活塞清洗镀锡后,表面锡层均匀光亮,而且由于脱脂效果好,不需要再用表面调整剂来处理,简化了生产工艺,生产时间比原来缩短30%,使用半年多以来,质量一直保持稳定。目前该产品清洗效果得到了外方专家的认同。

## 5 结论

1 根据除油机理选择多种表面活性剂,碱类助洗剂和合适的溶剂缓蚀剂作为铝合金活塞脱脂剂的基本组分。

2 产品经实验室试验在70℃,浸泡6min的条件下可使除油率达99%以上,而且防腐防锈性能优良,不会引起铝合金表面碱性腐蚀。

3 经现场使用认为:该产品清洗性能优异,活塞镀锡均匀,致密度好,减少生产工序,提高生产效率,而且产品具有较长的使用寿命。

4 研制的脱脂剂产品同时可用于钢,铜合金等金属制件的除油清洗,具有优良的脱脂效果。

## 参考文献

- 1 艾仕云,李震.化学清洗,1997,13(4):39
- 2 魏立安.材料保护,1998,31(3):26-29
- 3 程秀芳,陶文.材料保护,1998,31(3):29
- 4 杨宗灯等.CN 1061799A
- 5 Lawrence R Carlson,etal.CA126:226-817
- 6 Nippon Packaging Kk,etal.CA123:62-664

# QPQ 表面改性技术在钢质活塞环上的应用

樊波平

周卫宁

(仪征双环活塞环有限公司)

(成都川硬合金材料有限公司)

〔摘要〕本文介绍了QPQ表面改性技术在钢质活塞环上的应用情况并对处理参数进行了优化设计,对钢质活塞环QPQ处理与镀铬处理成本作了对比。

〔关键词〕表面改性技术 钢质活塞环

## 1 前言

活塞环是内燃机中的关键零部件,同时也是易损件。随着发动机向高转速、大功率、轻量化方向发展,轿车、微型车、摩托车上已广泛采用不锈钢材料生产活塞环,同时为了提高表面的耐磨性和抗咬合性能,纷纷采用氮化、镀铬、喷钼等工艺对环表面进行强化处理。镀铬对环境污染严重,处理成本高,且镀层易剥落;喷钼工艺成本高,也存在钼层结合力不强的问题,工艺还不成熟。近年来,采用金属盐浴表面处理技术(国外称为QPQ)对活塞环表面进行处理得到了极大的重视,取得了很好的应用效果,不仅处理成本低,变形小,可大幅度提高环表面的硬度、

耐磨性,还具有渗层均匀,外观装饰性强的优点。

QPQ处理的工艺过程为:清洗—预热—盐浴氮化—盐浴—氧化—清洗—浸油

其工作原理为:在520℃~580℃温度下工件表面高浓度的N、C原子向工件内部扩散,先形成在 $\alpha$ -Fe中的固溶体,随着表面原子浓度的提高,逐渐形成 $r'Fe(Me)_4N$ 化合物和 $\epsilon(Fe(Me)_{2-3}N)$ 化合物,氮化物中含有碳。由工件表面向中心形成N、C的浓度梯度,其类型和比例如图1。由图可见渗层组织为:最表面为 $\epsilon$ 相,向内为 $\epsilon+r'$ ,再内为 $r'$ 相,以下为N在 $\alpha$ -Fe中的固溶体。

由金相照片可看出,(见图2)整个氮化层分为

三层,由外向内分别为氧化膜及疏松层、化合物层、扩散层。由于高浓度的合金氮化物的存在,从而提高了环的硬度和耐磨性,而且几乎变形产生,很好地满足了产品质量要求。

氮化炉中  $\text{CNO}^-$  的含量直接影响着钢质活塞环 QPQ 处理的质量,调整盐浴中  $\text{CNO}^-$  浓度可以控制表面疏松层在 0.015mm 以内,在后道珩磨工序中予以消除,在此,我们对  $\text{CNO}^-$  % 参数进行了分析及优化。

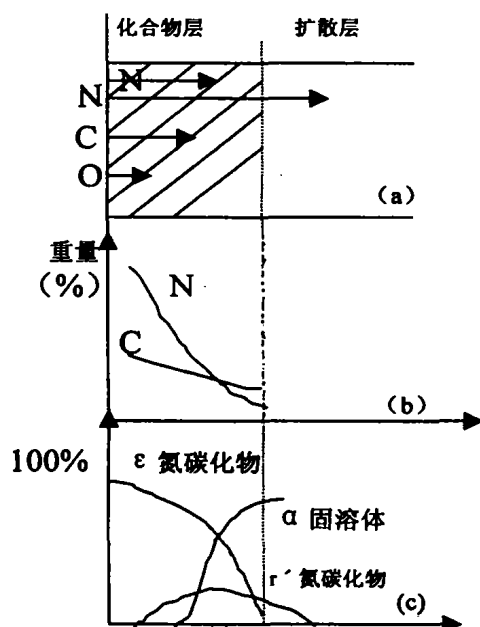


图 1 氮化盐浴中渗层形成过程示意图



图 2 氮化层图片 ×500

## 2 试验条件及结果

试验设备:采用有效尺寸  $\varnothing 500 \times 700$  处理设备  
产品名称:  $\varnothing 52.4$  的摩托车一道环  
材料: ASL817

技术要求:环表面  $\text{HV}_{0.1} 700$  以上的有效氮化层深度  $\geq 0.05\text{mm}$

处理工艺:采用二段氮化,具体为  $540^\circ\text{C} \times 3\text{h} + 580^\circ\text{C} \times 3.5\text{h}$

控温仪表:厦门产宇光控温表。

$\text{CNO}^-$  %:采用手工检测方法

氮化层硬度检测:采用 HVS-1000 型显微硬度计

试验后检测结果(见表 1)

表 1

| 540℃×3h+580℃×3.5h 表面硬度 $\text{HV}_{0.1}$ 有效氮化层深度 |           |             |
|--------------------------------------------------|-----------|-------------|
| $\text{CNO}^-$ %:32.15                           | 1100~1200 | 0.05~0.07mm |
| $\text{CNO}^-$ %:29.5                            |           |             |

## 3 氮化层表面硬度

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

表 2 氮化钢环表面硬度检测结果

| 取样位置                   | $0^\circ(180^\circ)$ | $60^\circ$ | $120^\circ$ |
|------------------------|----------------------|------------|-------------|
| 检测指标                   |                      |            |             |
| 表面硬度 $\text{HV}_{0.2}$ | 1120                 | 1050       | 1084        |
| 脆性                     | 1 级                  | 1 级        | 1 级         |

## 4 基体硬度及基体组织

为了解在氮化前后基体组织及硬度的变化情况,我们抽取 10 片环作了氮化前后硬度对比,结果见表 3。

表 3 氮化前后钢基体硬度对比

| 序号        | 1   | 2     | 3     | 4   | 5     | 6   | 7     | 8   | 9   | 10  |
|-----------|-----|-------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-----|-----|
| 状态        |     |       |       |     |       |     |       |     |     |     |
| 氮化前 (HRB) | 110 | 112   | 111.5 | 111 | 112.5 | 113 | 110.5 | 114 | 112 | 111 |
| 氮化后 (HRB) | 110 | 111.5 | 111   | 111 | 111.5 | 112 | 111   | 112 | 112 | 111 |

由表 3 可看出:钢环氮化前后基体硬度没有发生明显变化。

从金相图片上可看到:不锈钢活塞环在氮化后仍保持着原来马氏体基体上弥散分布的点块状合金碳化物组织,基体组织没有发生明显变化。

## 5 自由开口变化规律(见表 4)

用夹具装来进行氮化处理,变化有规律可循,具体如下:

弹力平均增加 0.5N,自由开口呈收缩规律,平均约 0.15mm

## 6 CNO<sup>-</sup>%与氮化层组织的关系

### (1)540℃阶段

在保证二段 580℃氮化时 CNO<sup>-</sup>为 29%的情况下,试验不同的一段 CNO<sup>-</sup>%对氮化层组织的影响,如果见图 3:

表 4

| 自由开口(mm) |      |       | 弹力(N) |      |     |
|----------|------|-------|-------|------|-----|
| 氮化前      | 氮化后  | △     | 氮化前   | 氮化后  | △   |
| 6        | 6    | 0     | 13.9  | 13.6 | 0.3 |
| 6.1      | 5.9  | -0.2  | 14.2  | 13.9 | 0.3 |
| 5.9      | 5.8  | -0.1  | 14.2  | 13.1 | 1.1 |
| 6        | 5.8  | -0.2  | 13.9  | 13.7 | 0.2 |
| 6.2      | 6    | -0.2  | 14.4  | 13.7 | 0.7 |
| 6        | 6    | 0     | 14.2  | 13.7 | 0.5 |
| 6        | 5.85 | -0.15 | 13.6  | 13   | 0.6 |
| 5.6      | 5.6  | 0     | 13.1  | 12.8 | 0.3 |
| 6.2      | 6    | -0.2  | 14.4  | 13.6 | 0.8 |
| 6.1      | 6    | -0.1  | 13.9  | 13.6 | 0.3 |
| 6        | 5.9  | -0.1  | 13.8  | 13.5 | 0.3 |
| 6.2      | 6    | -0.2  | 14.2  | 14.1 | 0.1 |
| 6        | 5.9  | -0.1  | 13.7  | 13.2 | 0.5 |
| 6        | 5.9  | -0.1  | 13.9  | 13.5 | 0.4 |
| 6.2      | 6    | -0.2  | 14.5  | 13.7 | 0.8 |
| 6        | 5.9  | -0.1  | 13.7  | 13.5 | 0.2 |
| 6.1      | 5.9  | -0.2  | 14.3  | 13.6 | 0.7 |
| 6        | 5.9  | -0.1  | 14.3  | 13.6 | 0.7 |
| 6.1      | 5.9  | -0.2  | 14.3  | 13.6 | 0.7 |
| 6.1      | 5.8  | -0.3  | 13.9  | 13.3 | 0.6 |
| 平均值      |      | -0.14 | 0.5   |      |     |

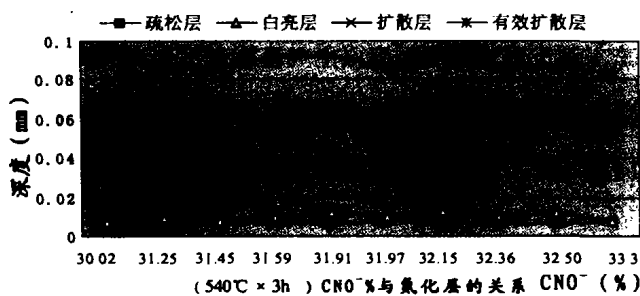


图 3

由图可以得出,最佳 CNO<sup>-</sup>%为 32.15%左右。

### (2)580℃阶段

在一段氮化 CNO<sup>-</sup>%稳定在 33%时,试验不同的二段 CNO<sup>-</sup>%对氮化层组织的影响,具体变化见图 4:

由图 4 可以得出,最佳的 CNO<sup>-</sup>%为 29.5%左右。找出了最佳的工艺参数,为不锈钢活塞环的大批量生产奠定坚实的基础,迄今为止,我们已氮化一道环 30 万片,市场反映良好。

同时 QPQ 技术不仅在一道环上应用效果显著,对衬环、片环的应用更具独到之处,它不仅处理时间短,质量和外观均匀性好,比离子氮化和气体氮化更具优势。气体氮化时间长,均匀性差,离子氮化对清洗要求太高,清洗不净容易产生点腐蚀,同时离子氮化在这种产品上易产生辉光叠加,导致温度偏高,质量差异大,弯曲部位易折断等现象,并且外观颜色很不理想。在经过反复比较之后,我们选用了 QPQ 技术,已大量投产。

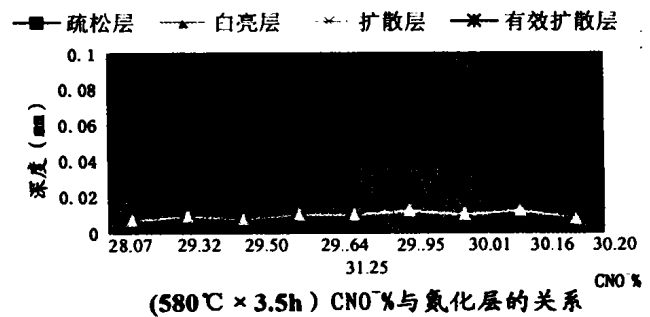


图 4

## 7 结论

QPQ 处理与镀铬处理成本对比

据统计:镀铬环每片成本为:0.2 元/片,

QPQ 处理成本为:0.14 元/片

降低  $(0.2 - 0.14) / 0.2 = 30\%$

1) CNO<sup>-</sup>%是影响氮化层组织结构的主要因素。

2) 两段氮化工艺处理能得到较好的氮化效果(高的表面硬度、深的有效氮化层)

3) QPQ 处理成本比镀铬处理低 30%。

4) 衬环、片环采用 QPQ 处理效率高,质量稳定。