

# 论大功率柴油机气阀制造工艺及影响使用寿命的因素

何才田

高斯通船舶配件有限公司，上海 201201

**摘要：**针对柴油机气阀在实际使用中出现的过早损坏问题，通过材料和制造工艺分析以及结合本人多年的研究实践，提出了针对各种材料的制造工艺方法，经实际使用证明，可以极大地延长气阀的使用寿命，同时为了消除影响气阀可靠运行的不利因素，提出了对使用条件进行改善和提高的途径和方法。

**Brief:** Based on the earlier damage in the process of using diesel engine valves, according to the analysis of materials and technology, and also combining my own many years' research, I put forward the manufacture technology method based on various materials, this is proved that it can largely extend the lifetime of valves in exact using, at the same time, in order to avoid bad factors effecting good running of valves in using process, we advise the methods to improve the using conditions.

**关键词：**气阀性能；材料与工艺；寿命影响因素

## 1. 前言

气阀是柴油机关键零件之一，运行环境极为恶劣，长期承受高温、高压、废气腐蚀、交变应力和频繁冲击等各种负荷，其质量和可靠性直接影响整台柴油机的运行。随着船用柴油机各项技术指标的提高以及石油资源的日趋紧张，船用柴油机使用低价重油已成为普遍现象，使得气阀的使用环境进一步恶化，这对气阀，特别是排气阀的质量和可靠性提出了更高的要求，也对使用者正确有效地实施柴油机各种参数的调整和保养，尽可能地改善气阀使用环境提出了更高的要求。下面结合本人多年对气阀的研究实践，在提高气阀制造工艺水平与改善使用环境方面谈一点看法，供大家参考。

## 2. 材料与工艺

合理选用气阀材料及先进的生产工艺是质量保证的关键。目前气阀常用所材料主要有以下几种：

### 2.1 马氏体耐热不锈钢

4Cr10Si2Mo 和 4Cr9Si2 等材料是比较适合的气阀母材，经济性好，尽管耐高温和抗疲劳强度不如镍铬合金钢 Ni80，目前主要是通过气阀盘面堆焊钴基合金或镍基合金，来提高密封面的耐高温强度和抗疲劳强度。由于这种材料堆焊耐热合金的物理性能较差，再加上堆焊工艺落后，往往使气阀密封面产生很多缺陷，如合金堆焊层出现气孔、疏松、夹渣，与母材熔合性差，金相组织呈长枝晶状分布，晶粒粗大，硬度低等。气阀质量难以得到保证，满足不了使用重油和高性能柴油机需要。

随着热加工技术的发展，近几年针对气阀堆焊工艺采用了很多新工艺，其中真空熔焊加高温轧制硬化工艺技术从根本上解决了所有缺陷，金相组织分布均匀，晶粒细化，合金层晶粒度由原来的 7-8 级提高到 11-12 级，硬度由原来的 HRC45 左右提高到 HRC60 左右，韧性大幅度增加，大大提高了气门的使用性能，基本上能满足目前所有中速柴油机使用要求。由于它的生产成本低，也广泛应用在常规柴油机上，目前 MAN、瓦锡兰等公司中速柴油机生产的气阀大部分采用此材料。

### 2.2 奥氏体耐热不锈钢

奥氏体耐热不锈钢也是一种合适的气阀母材，耐高温、耐腐蚀性能优于马氏体耐热不锈钢。目前国内在大功率中速柴油机上常用的主要有 23-8N, 21-12N, 4Cr14Ni14W2Mo4 等奥氏体耐热不锈钢，密封面需要进行堆焊钴基合金或镍基合金。根据本人的应用实践，认为用 21-12N 和 4Cr14Ni14W2Mo 作为母材的气阀更适合使用轻柴油的中速柴油机，由于 23-8N 的耐高温性能更好一些，材料价格也适中，对于使用重油的中速柴油机，建议使用 23-8N 作为气阀母材。

由于以上几种材料焊接性能较好，可任意选用钴基合金或镍基合金堆焊密封面。而用镍基合金采用最新的堆焊轧制硬化工艺生产的气阀，其耐高温性能优于钴基合金。这是因为它的各项合金成分接近 Ni80，再经过轧制硬化后，它的各项性能指标明显优于 Ni80 材料的气阀。

SNCrW 也是奥氏体耐热不锈钢，是 MAN

公司低速柴油机气阀专用母材，早期的密封面是通过采用堆焊钴基合金来提高使用寿命。随着堆焊轧制硬化工艺中的关键技术的突破，原来采用钴基合金的堆焊材料现已改用镍基合金，镍基合金层硬度也由原来的 HRC25-28 提高到 HRC50-55。MAN 柴油机公司曾介绍了一种名为 DuraSpindle 的新型排气阀，可增加所有二冲程柴油机大修间隔时间 50%，DuraSpindle 是基于一种耐久堆焊合金，它通过获得专利的焊接、轧制和热处理硬化来防止在燃烧过程中可导致气阀密封面串漏和裂痕的产生，提高了排气阀整体性能，改进的性能能保持很长时间，该堆焊合金层在硬度上比 Alloy50 表面高 20%，比 Stellite 表面堆焊或 Ni 80 高 50%，可达到 HV600。经过 MAN 公司十多年装机试用证明，DuraSpindle 排气阀优于世界上所有产品，目前已在二冲程柴油机上全面推广使用。

### 2.3 镍铬合金钢

镍铬合金钢 NiMoNiC80（简称 Ni80）是目前耐高温最好的材料之一，适应各种于高中低速柴油机的气阀材料，特点是在高温环境下抗疲劳强度提高，如在 600-750° 温度时，硬度及机械性能与在常温环境中相比，不但不降，反而有所上升。缺点是绝对硬度值比较低，高温时硬度也只有 HRC40 左右，并且材料价格昂贵。目前瓦锡兰低速机排气阀主要采用这种材料，较多中速柴油机企业对于使用重油的中速柴油机，为保证可靠性，也只能使用价格昂贵的 Ni80 作为阀盘材料，而气阀杆身采用其他材料，再通过杆身与阀盘之间的摩擦焊接工艺组合成完整的气阀，这又增加了摩擦焊接成本和工序以及产生摩擦焊接可靠性问题。另外，特种燃料柴油机的气阀也广泛使用这种材料。但随新工艺气阀推广使用证明，它的耐高温、耐磨等各项性能都优于 Ni80 材料气阀，因为 Ni80 气阀制造成本高，质量上也不占优势；所以，后来采用 Ni80 材料做气阀也越来越少。

### 2.4 工艺

上海高斯通公司经过多年的堆焊和轧制硬化工艺的研究，已成功地开发出符合 DuraSpindle 排气阀性能的产品，以 SNCrW 为母材的、密封面为镍基合金的长寿命、低成本、适合批量生产的低速柴油机气阀制造工艺及设备并已申请国家发明专利，生产的产品经上海

市材料研究所材料检测中心检测和实际使用证明，各项指标优于国际同类产品。

除了气阀密封面需要耐高温、耐腐蚀和较好的抗疲劳强度外，各种材料的气阀制造工艺技术还需要提高阀盘底平面及颈部 R 处的防积碳能力。

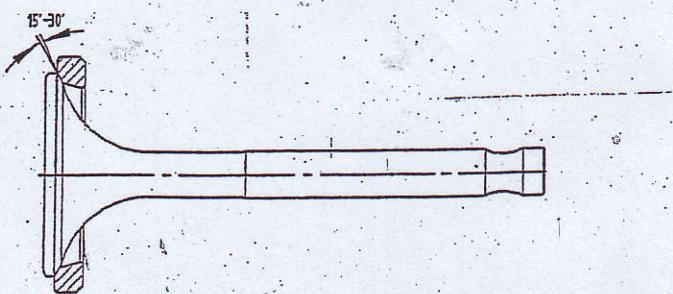
众所周知，该位置处的积碳会使排气阀的密封性下降，使得燃烧后的高温燃气直接冲刷气阀密封面和杆身，导致整个气阀的工作温度大幅度上升，燃气对气阀的腐蚀速度加快，也降低了气阀的机械性能和疲劳强度，同时会使柴油机排气温度上升，油耗增加，最终使柴油机无法正常工作，造成重大运行事故。

上海高斯通公司针对阀盘底平面及颈部 R 处的积碳问题，开发了全新的仿形压制工艺，可以使该处的表面粗糙度达到 Ra0.4，表面硬度从原来的 HV260-300 提高到 HV450-500，此项工艺技术在提高防积碳能力的同时，也进一步增强了气阀的抗疲劳强度和机械性能，使气阀的运行更安全、更可靠。目前上海高斯通公司采用此工艺生产的各种气阀，已在用户全面装机使用，效果非常显著。

## 3 提高气阀使用寿命的途径

### 3.1 气阀与气阀座密封面角度的匹配

随着柴油机性能的提高，燃烧室内温度压力也不断提高，所以对气阀与气阀座之间密封面的角度配合也提出了更高的要求。综合国内外各大柴油机制造公司的产品，结合本公司长期生产和使用的结果证明，比较理想的配合角度应在 15°-30° 左右，见图 1。同时要使气阀和阀座之间的密封带尽量靠近气阀中心的圆，反之，就很容易使密封面合金层产生裂纹。



(上图配合角度针对低速机，中速机则相反)

图 1

### 3.2 排气阀锥面与阀盘外圆过渡圆角处理

为了使排气阀有更好的耐高温，抗冲击，减少排气阻力，使燃烧室内排气更加流畅，对排气阀锥面与阀盘外圆的交界处作圆角过渡，不仅可以使排气阀可靠性提高，还可以使柴油机排气更顺畅，性能更稳定。

### 3.3 排气阀和气阀座硬度的合理搭配

排气阀与排气阀座密封面硬度搭配，应针对不同柴油机有不同的搭配原则。一般而言，燃用轻柴油的，气阀硬度比气阀座硬度高出HRC6-8，高指标柴油机并且燃用重油的，应该高出HRC10-15左右，非堆焊合金排气阀座可适当提高密封面的硬度，其排气阀合金密封面硬度最好在HRC55以上，理由是，随着柴油机性能提高，燃油质量下降，各柴油机制造企业针对气缸盖、排气阀座的冷却都采取了相应的措施，冷却效果较好，但排气阀的冷却还没有得到改善，所以排气阀与阀座硬度差距应该拉大，最好是采用经过轧制硬化处理的气阀，因为经过轧制的焊层金相组织得到了细化，不容易产生高硬度裂纹，我建议用户在选用气阀及阀座时，最好选用同一家生产的产品。

### 3.4 柴油机供油正时的正确控制

供油正时偏离设计值会使柴油机燃烧状况恶化，燃烧不充分，积碳严重，缸内温度升高，气阀密封面处于高温燃气的冲刷。当气阀超过正常工作温度时，每增加 $30^{\circ}\text{C}$ ，腐蚀的速率大约增加1倍，所以经常检查和调整供油正时，保证它始终处于设计值，对于气阀的可靠运行至关重要。

### 3.5 气缸盖冷却系统和流道的及时清洁

随着柴油机各项性能指标的提高，几乎所有新设计的高性能柴油机冷却水都直接到达排气阀座，对排气阀座进行直接冷却。由于冷却流道位于气缸盖上，如果冷却水系统未及时清洁，就会逐渐生锈和结垢，妨碍热传导。根据传热学计算，1.5mm厚的积垢就可以使气阀座导热率降低40%。由于积垢，使气阀座的热量无法及时外传，温度上升，气阀座变形，直接影响排气阀座使用寿命，所以在使用时要经常检查冷却水泵压力，气缸盖出水口流量与温度，冷水水质，一旦发现冷却水系统被水垢堵塞，需要及时清洗，确保冷却水正常流动。并根据柴油机保养规范，增添适量冷却系统添加剂。

### 3.6 气阀转阀器的及时检查和维护

转阀器的正常工作有助于气阀工作温度均匀并且可以清除气阀密封面上的积碳，进而增加气阀的使用时间。

在柴油机维修间隔期和调整气阀间隙时，要同时检查转阀器和气阀的转动情况，及时消除影响转阀器正常工作的不利因素，清洗各个运动件，保持润滑通道和周边环境的整洁。在柴油机运转时，也要经常注意观察转阀器的工作状态，一旦发现转阀器工作异常，应及时停机，消除异常后再运行。

### 3.7 重视润滑油质量对气阀的影响作用

柴油机润滑油在规定运行时间内需要更换，这除对柴油机正常运行极为重要外，对气阀寿命的影响（见图2）也是至关重要的。过期未及时更换的润滑油对气阀主要存在以下不利影响：

- 1) 润滑油中的过多氧化膜在气阀杆和气阀导管上的聚集造成气门杆发涩。
- 2) 润滑油中过多的酸所造成的腐蚀作用，使气阀杆产生点蚀和气阀导管磨损。
- 3) 润滑油中过多的杂质和沉积物在气阀导管上聚集，阻塞润滑油流通，使气阀导管加速磨损，导致气阀从气阀座上颠出，直至气阀杆因落座时挠曲而损坏或气阀座破裂。

所以要按照柴油机保养要求，定期更换合格的润滑油和过滤器，使柴油机处于良好的润滑状态。

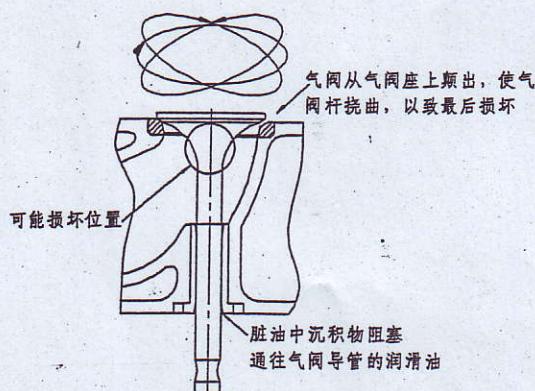


图 2

### 3.8 避免排气阀座的松动

造成排气阀座松动的原因主要有冷却系统故障和更换阀座时工艺不规范。前者由于温度不均匀，造成阀座变形，产生松动；后者由于多次更换阀座，造成阀座孔不断增大，尺寸配

合不合适，形成松动。气阀座的松动将严重影响气阀的可靠运行和寿命，应尽量采用可靠的安装工艺，避免柴油机在运行时发生气阀座松动现象。安装气阀座时可采用液氮冷冻法，将冷冻后的气阀座轻松放入座孔内，如没有液氮条件，可加工专用工具用强力螺丝拉入，切忌用硬物直击阀座，造成阀座不必要的损坏或松动。

### 3.9 气阀间隙的正确调整

气阀间隙过大或过小都会使柴油机运行情况发生偏离。过大的气阀间隙会造成气阀的过早损坏，这是因为气阀间隙过大时会使气阀关闭过程过于粗暴，这样的降落动作最终可能将使气阀断裂，使气阀座开裂，同时还会使气阀转动压盘和气阀弹簧座圈磨损。但气阀间隙也不能太小，在柴油机运转时，排气阀温度会升高，排气阀伸长超过了冷车时的间隙，而使气阀不能完全落座。因此，要经常检查并及时调整气阀间隙，避免气阀间隙过大或过小的情况发生。

## 4 结束语

大功率柴油机排气温度较高，腐蚀比较严重，使用常规排气阀会造成磨损很快、烧损和翘曲甚至断裂等不正常现象，轻者使柴油机性能急剧下降，重者会造成柴油机重要运动部件的损坏，进而造成重大损失。本人通过对气阀的专门研究，提出选择合适的材料和工艺方法以及在实际使用中加强各个环节的检查和调整，可以从根本上提高大功率柴油机气阀，特别是排气阀的使用寿命。

### 参考文献：

- [1] 发动机气阀问答 Caterpillar China Limited, G.P.O Box 3069, HongKong
- [2] 机械工业材料质量检测中心. 检测报告 [R]. 2006-W-0622. 上海. 2006.
- [3] 上海科学技术情报研究所. 水平查新检索报告 [R] 20060885SH. 上海. 2006.