



■ 南京汽车集团有限公司/胡劲松

降低缸盖胀紧器孔工废率的措施

缸盖主要用来封闭发动机气缸上部，构成燃烧室，并为凸轮轴和进、排气歧管提供支撑。发动机工作时，空气从进气歧管吸进燃烧室，火花塞把可燃混合气体点燃，带动活塞做功，并把废气从排气歧管排出。液压胀紧器作用在正时链条上，起着导向和涨紧

的作用。如果缸盖的液压胀紧器孔（简称“胀紧器孔”）存在缺陷，会造成发动机漏油，影响工作性能。缸盖胀紧器孔工废率高一直困扰着我公司，本文通过一个典型的QC小组（质量管理小组）的活动案例，介绍如何降低缸盖胀紧器孔工废率。

动部位、方向、跳动量等参数进行检测，通过设备自带的系统进行分析；再通过对曲轴的某些部位用不同的滚压力再次滚压，直到测量的曲轴跳动量符合要求为止。

由于曲轴的形状复杂、滚压参数变量多，目前的理论计算确定曲轴的校直滚压力和校直部位存在较大误差，尚不能应用于实际的批量生产，目前主要是通过采集大量的试验数据，根据统计规律编制出曲轴滚压校直专用系统。

滚压工艺的不足和改进方向

1. 轴向长度变形

曲轴滚压轴向长度变化虽然有规律可寻，可以通过滚压前轴向长度尺寸链的调整得到改善，但由于滚压工艺的不确定性，个别挡的长度尺寸仍会超过公差要求。由于曲轴连杆颈是偏心，刚性不足，又带有平衡块具有变形放大作用，因此，对于滚压后的弯曲变形影响更为明显，这些因素均会带来装配时产生干涉的风险。

2. 滚压力的理论计算

目前一般均采用经验数据确定滚压力工艺试验范围，再通过疲劳试验确定最佳的滚压力，这必然造成

开发进度慢、试验成本高的缺点，这方面的研究成果可以极大地促进曲轴圆角滚压技术的推广和应用。

3. 滚压校直工艺的理论计算

滚压校直工艺是曲轴滚压的一部分，是对滚压后跳动问题的一种纠正，但其本身并不产生改善性能的效果。随着对此问题研究的深入，需要滚压校直的比例正逐步降低，这极大地提高了滚压工艺的效率、降低生产成本，因此，如在理论计算上能够有所突破并应用于生产，将产生十分巨大的社会效益。

结语

曲轴圆角滚压工艺是一个系统工程，对球铁曲轴来说，首先原材料技术必须过关，其次是选择合适的曲轴结构。在圆角滚压工艺中滚压转速、滚压次数、滚压力、加载方式等工艺参数的确定与选择是关键，同时全面掌握滚压过程中曲轴几何尺寸的变化规律，通过工艺尺寸链的调整和优化，提高曲轴几何尺寸的符合性。总而言之，圆角滚压是一种特别经济、高效的曲轴加工工艺，曲轴的疲劳强度能够得到大幅度的提高，从而实现以铁代钢，带来巨大的社会效益。

关键词：

球铁 曲轴 圆角 滚压

(收稿日期20140331)

缸盖生产线介绍

缸盖生产线共有34台加工设备，19道加工工序（见图1），6个加工中心组。其中3个加工中心组共采用了10台GROB双主轴加工中心，完成所有底孔和螺栓孔的加工。多台加工中心组成的平行工序，通过龙门式机械手和上下料机动滚道组成一个高度自动化的加工单元，以满足生产节拍的要求。加工中心组之间加工任务的分配，由主控柜和每台加工中心的840D系统通过PROFIBUS总线连接，实现各加工中心之间的自动化控制。在OP10工序，MARPOSS测头先测量4个挤气点位置（燃烧室基准点），然后取平均值，自动计算出缸盖燃烧室面的加工余量，最后完成铣削，从而保证燃烧室的容积。关键工序采用带SPC功能的2台随机自动测量机进行100%在线测量：一台是NIEBERDING的，用于测量气门座圈的角度和密封性；另一台是MARPOSS的，用于测量凸轮轴轴承孔。这两台设备都采用了气电转换技术。该条生产线的工艺规划产能为25万台/年。



图1 发动机缸盖

工艺技术

（1）枪钻加工 枪钻是一种内冷式深孔加工刀具，与普通麻花钻相比，枪钻加工具有切削速度快、排屑顺畅、加工精度高和直线度好的特点（见图2）。NSE缸盖的油道孔（该孔与胀紧器孔通过贯穿孔相通）的加工采用枪钻工艺，加工设备是GROB加工中心。

（2）泄漏检测 为保证油道和水套的密封性，在缸盖加工中要进行气密性检测，NSE缸盖的试漏采

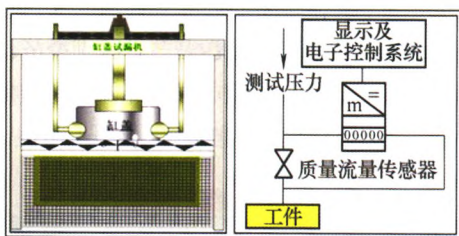


图2 枪钻加工示意图

用的质量流量法，具有测量精度高和测量速度快的特点。整个过程包括定位封堵、储气罐充气、工件充气、测量和排气等阶段。胀紧器孔是封堵点之一。

现状调查

（1）工废率调查 公司对2013年1~3月胀紧器孔工废率进行了月度统计，平均值为0.23%，远远高于0.08%的内控指标。所以选定“降低缸盖胀紧器孔工废率”作为QC小组的攻关课题。

（2）症结点调查 胀紧器孔工废表现为磕碰伤、孔径超差、位置超差等类型。我们对2013年1~3月胀紧器孔的工废情况按照类型进行了统计和分析：磕碰伤的比例高达67%，是胀紧器孔工废率过高的主要症结。

原因分析

我们针对磕碰伤的原因进行了讨论，并制成了系统分析图，共列出8条末端因素：材料不合格、周转箱清洁不力、在制品管理不力、滚道清洁不力、阶梯钻寿命低、枪钻切屑过大、工件脱落撞车和内孔受硬物挤压。

针对上述末端因素，制定了主要原因确认计划表，确认过程如下：

（1）材料不合格 通过SQE（Supplier Quality Engineer，供应商品质管理工程师）分批次抽检了缸盖的材质和硬度，从检查报告看，材质和硬度均满足要求。结论是非要因。

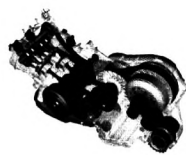
（2）周转箱内有铝屑 检查了OP10~OP50的在制品区的工件周转箱：表面清洁，无铝屑。符合要求。结论是非要因。

（3）垛料不规范 在OP10~OP50的在制品区检查了在制品摆放情况：码放整齐，胀紧器孔无磕碰伤，符合要求。结论是非要因。

（4）滚道上有铝屑 检查了OP10~OP60的输送滚道：表面清洁，无铝屑，符合要求。结论是非要因。

（5）切削刃崩刃 当加工胀紧器孔的阶梯钻（T02007）达到使用寿命（4 950件/把）时，我们利用换刀间隙检查了刀具的两条主切削刃：无崩刃发生，符合要求。结论是非要因。

（6）贯穿孔卡铝屑 检查了600台缸盖，有15台的贯穿孔与胀紧器孔交会处卡有铝屑。这些铝屑会粘附



在试漏机的密封堵头上（由聚氨脂材料制成，质软、弹性大），当以一定压力密封时，带铝屑的堵头会对胀紧器孔造成破坏，不符合要求。结论是要因。

(7) 步进输送不平稳 检查了清洗机的步进式输送和定位装置：输送平稳，定位准确。没有发生工件脱落和工件撞车现象。符合要求。结论是非要因。

(8) 密封堵头粘铝屑 检查了试漏机的胀紧器孔密封堵头：表面粘有铝屑，不符合要求。结论是要因。

QC小组最终确认：造成缸盖胀紧器孔磕碰伤的主要原因是贯穿孔卡铝屑和密封堵头粘铝屑（见图3）。



(a) 贯穿孔卡铝屑



(b) 密封堵头卡铝屑

图3 贯穿孔和密封堵头铝屑

制定措施

针对上述两个要因，分别制定了多套对策方案，并从有效性、可实施性、经济性、可靠性和时间性等方面进行系统评估，最终通过综合打分确定了最佳策略：优化枪钻的切削参数，改变铝屑形状；增加对胀紧器孔密封堵头的吹气装置。最终把缸盖胀紧器孔工废率的质量目标设定为0.08%。

1. 对策实施一

优化枪钻的切削参数。钻油道孔时（见图4），部分铝屑被切削液冲入侧面相通的贯穿孔。当长而厚的铝屑到达贯穿孔和胀紧器孔交会处时，铝屑会在弹性应力的作用下卡滞在胀紧器孔孔壁。为提高枪钻的断屑性

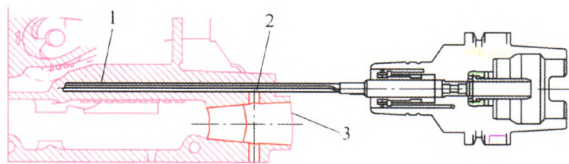


图 4

能，改变铝屑的形状（缩短铝屑的长度），我们修改了NC程序：将枪钻转速由9 600r/min提高到11 600r/min；将进给速度由960mm/min降低到770mm/min。

2. 对策实施二

增加对堵头的吹气装置。引一路气源，接上气嘴，借助固定装置安装在试漏机内。气源通过一只二位四通换向阀接入夹具升降台的控制气路中，并在PLC控制下与夹具升降台实现联动：夹具上升时（检测状态）气源关闭；夹具下降时（待检状态）气源开启，气嘴以一定压力对胀紧器密封堵头进行吹屑）。

效果检查

(1) 现场验证一 切削参数优化后，枪钻的断屑性能明显提高，铝屑由改进前的长条状变为改进后的圆环状，能够通畅地从贯穿孔排出。连续5天检查了1 500台缸盖，未在贯穿孔与胀紧器孔交会处发现卡滞的铝屑。

(2) 现场验证二 连续5天对胀紧器孔密封堵头进行了定期检查（频次：1次/h）：堵头表面不再粘铝屑；吹气装置使用后，堵头下方的护板上每天均积有吹落的铝屑。

(3) 数据统计 我们对2013年1~8月胀紧器孔工废率进行了月度统计：改进后胀紧器孔工废率显著下降，胀紧器孔工废率由改进前的0.23%（1~3月的平均值）下降到改进后的0.07%（6~8月的平均值），达到了QC小组的既定目标。

结语

通过系统分析，原因排除，制定了相应措施：

- 1) 解决了缸盖生产线的TOP1质量问题。
- 2) 降低了缸盖生产线的工废率。
- 3) 提高了缸盖生产线的生产效率。
- 4) 提升了客户对缸盖生产线的满意度。

巩固措施：把堵头吹气装置的点检和维护的注意事项纳入目视化帮助卡片中；将堵头吹气装置的开、关机操作流程纳入SOS中；将优化后的切削参数纳入工艺文件中。

关键词：

发动机 缸盖 胀紧器孔 工废率

（收稿日期20140331）