

气缸套运行失效之断台分析

■ 吕凌, 叶志花, 徐强

摘要: 通过推气缸套运行失效的分析, 找出在设计、铸造、机加工、安装与保养中存在的问题, 阐述原因, 提出控制方法, 有效杜绝了气缸套失效现象。

关键词: 气缸套; 失效; 原因分析; 过程控制

一、概述

气缸套运行过程中常见的失效模式为早磨、拉缸、断台, 其中断台俗称“杀头”是最为严重的失效模式。断台不仅是气缸套的破坏失效, 而且会带来一系列的连锁反应, 导致活塞、连杆失去运动导向, 进而连杆打碎机体, 使整个发动机受损失效, 其破坏性极强, 往往给船东造成巨大的经济损失。本文对气缸套断台的原因进行分析, 并结合形成

的机理给予相应的防范措施。

气缸套断台就是气缸套支承

肩下方退刀槽的位置整体断裂、脱落, 如图1所示。

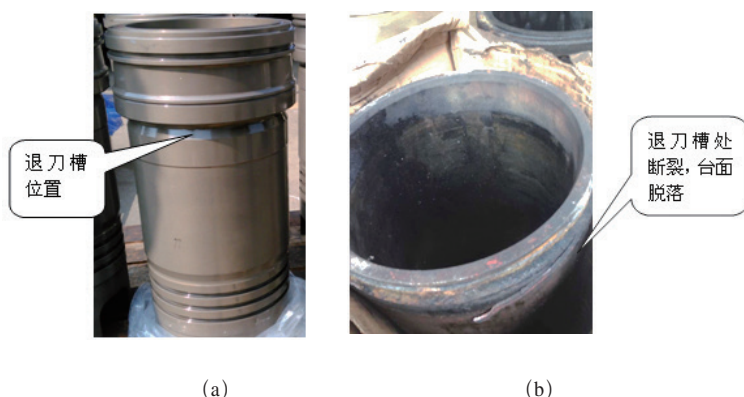


图 1

另取一支撑杆把锤头支住, 此时, 锤头应停在最大行程的上始点, 杠杆式解脱装置中的拉环要预先套在支撑杆中。将该装置上移到支撑杆上端, 并将其大端部贴紧锤头侧面, 使杠杆处于水平状。用车间的桥式起重机将杠杆小端快速拉起, 小杠杆在锤头侧面支撑的作用下, 形成一支点, 利用杠杆原理, 杠杆中套在支撑杆中的拉环拉动支撑杆向外移动, 使锤头脱离支撑而下落, 利用锤头的自重, 在自由落体的

作用下, 形成较大的冲力, 下面固定的顶杆将断杆从中顶出, 施工过程如图2所示。

此方法在设备维修中得到了实际运用, 锤杆的更换只需要3个人, 用时3~4h, 为及早恢复生产争取了至少三天半的时间, 效率为原来的8倍, 节约了大量人力物力, 消除了拆卸和安装时的安全隐患, 且省去了各种运输周转费用、安装费和大型锻压设备的使用费用等。另外, 有效地避免了液压油的流失损耗。



图 2

作者简介: 杨继璋、令淑萍, 山西利民工业有限责任公司二分厂。

MW 20160928

二、气缸套断台的原因分析

气缸套断台的原因较多，涉及到气缸套设计上的缺陷、支撑肩下退刀槽残余应力、安装与保养等诸多因素，下面进行具体阐述。

1. 设计原因

(1) 结构设计不合理 我公司生产的某型号两款气缸套均为300型，其上端面密封圈槽位置稍有差异（见图2），密封槽靠近外侧的A型气缸套很少有断台现象，密封槽靠近内侧的B型气缸套则经常断台。

经分析认为A型气缸套与B型气缸套装入机体后其承受的缸头压力不一样，A型气缸套仅承受缸头的压力，而B型气缸套不但承受缸头的压力，同时由于密封槽设计靠近气缸内侧，还需承受缸头传递的剪切力，破坏性较强，造成B型气缸套断台频繁，这种气缸套若由此改变发动机的设计则成本较高。

我们考虑提高气缸套的力学性能来改善断台现象。修改技术要求，将气缸套的抗拉强度 $\geq 250\text{MPa}$ 调整至 $\geq 300\text{MPa}$ 。通过调整铸造工艺使气缸套的抗拉强度由以前的260~280MPa，提高到310~330MPa。气缸套的抗拉强度提高后断台现象得到明显缓解，由以前的每年十几起减少到现在的两起。

上述现象说明气缸套的结构设计与自身的强度问题均会影响气缸套断台的产生。

(2) 发动机与气缸套配合公差尺寸设计不合理 某型号21A

气缸套断台后残体性能检测结果见附表。

该产品铸造工艺已很成熟，生产过程中并没有任何工艺改动，而且在生产21A型气缸套的同时我们也在生产老式21-05气缸套，两种21型气缸套的材料与性能要求完全一样，只是结构存在差异，而在老产品21-05气缸套上从未出现断裂现象，并且对21A断裂气缸套本体的复测是合格的，完全排除材料问题导致的开裂。从气缸套开裂的部位和裂纹形状可以断定该部位裂纹属于疲劳扩展裂纹，5件气缸套断裂部位一致，即在R9.5mm槽底处。针对这种情况我们进行了如下分析。

1) 疲劳裂纹的产生。当工件表面所能承受的最大剪应力小于加载剪应力时，微裂纹开始成核，此时微裂纹大致与加载方向呈45°角，在循环载荷的作用下，这些微裂纹进一步扩展或相

互连接。其中多数裂纹很快停止扩展，只有少数几条达到几十微米长。此后逐渐偏离原来方向，形成一条主裂纹，而主裂纹趋向于转变到垂直于加载方向的平面，并不断扩展→塑性屈服→卸载→屈服失稳→形成整体裂纹。

2) 气缸套的裂纹形貌与受力。如图3所示，发动机工作时爆炸力 F_1 是必然存在的，而 F_2 来源于气缸套外圆与机体的配合设计，该设计为 $\phi 298\text{H}7/\text{m}6$ 即过渡配合（ $\text{H}7\phi 298^{+0.052}_{0}\text{mm}$ ， $\text{m}6\phi 298^{+0.05}_{+0.02}\text{mm}$ ），当气缸套处在极限正值且水套处在极限负值时，最大过盈量为+0.05mm，气缸套装配后会承受较大的压应力 F_2 。 F_1 与 F_2 形成剪切应力，发动机工作时两种应力同时存在，对气缸套台阶形成切割，导致裂纹产生，并形成断台。

通过将气缸套 $\phi 298^{+0.05}_{+0.02}\text{mm}$ 调整为 $\phi 298^{+0.05}_{+0.02}\text{mm}$ ，消除了 F_2 的来源，断台问题得到根本解决。

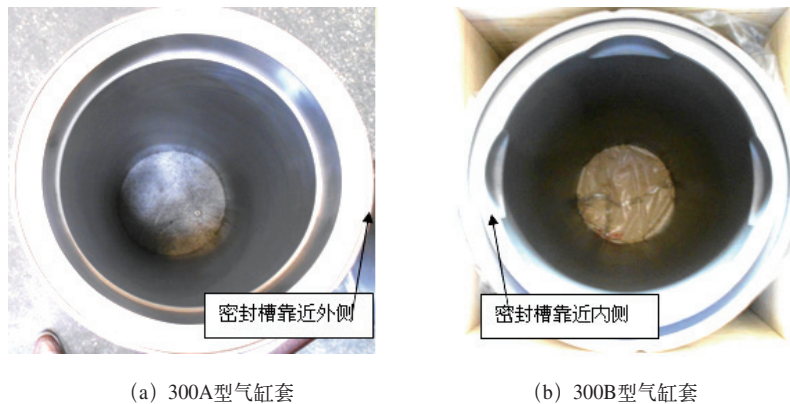


图 2

气缸套断台残体性能检测结果

铸件号	实测硬度HBW(要求220~295)	实测抗拉强度/MPa(要求 ≥ 275)
13-6-142	249	320
13-6-142	260	305
13-7-24	252	320
13-6-154	250	325
12-12-149	248	325

2. 不良基体组织

由于铸造工艺不合理、化学成分不达标，造成部分产品基体组织不良。图4为碳硅当量偏低的过冷石墨组织，图5为正常的石墨组织，A类石墨占据视场的100%，其对应的硬质相组织如图6、图7所示。图6中有明显的莱氏体组织存在，这样的组织脆性较大，极易造成气缸套断台。

这种情况可以通过调整铸造工艺，如减少放水量、增加涂料层厚度、降低浇注温度、提高碳硅当量，以及降低铬硼含量等降低铁液过冷度，消除基体不良组织莱氏体的产生，从而降低组织脆性，以减少断台现象的产生。

3. 加工过程因素

气缸套支撑肩下退刀槽残余应力对断台的产生也有较大影响。

经研究发现，退刀槽的形状与加工余量决定退刀槽机加工成形后残余应力的分布， R 弧越大、机加工的加工余量越小，产品加工完成后残余应力就越小，反之越大。

图8、图9是我公司某气缸套产品支撑肩退刀槽形状改进前后对比，前者气缸套断台率为0.1%，经改进后的退刀槽气缸套应力消除，断台现象被杜绝。

4. 安装与保养

(1) 安装不当，支撑肩下存在异物。

部分客户安装气缸套时为了密封而在台阶抹上密封胶，导致气缸套安装后其轴心线与机体不垂直，在缸头螺栓的压力下将气

缸套台阶压溃。

(2) 日常维护保养不足，润滑系统缺油，冷却系统缺水。

发动机润滑系统缺油，冷却系统缺水均导致气缸套高温工作，使气缸套润滑失效拉缸，严重时将气缸套大台拉断。

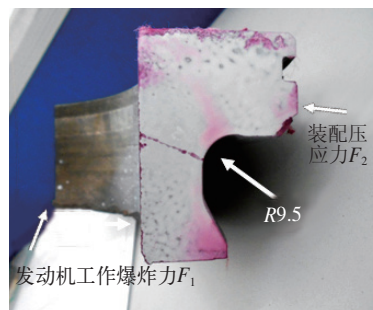


图 3

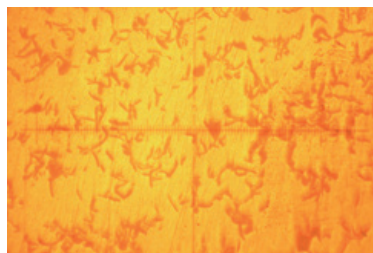


图 4



图 5

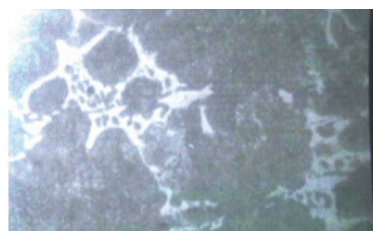


图 6

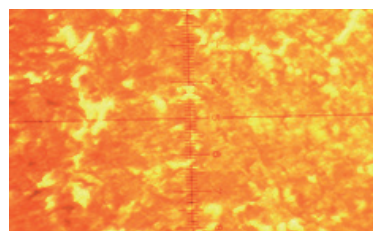


图 7

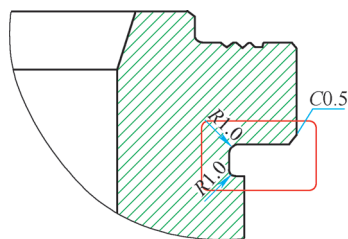


图 8

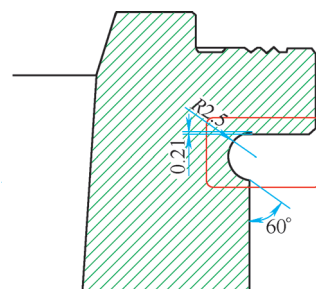


图 9

三、结语

气缸套的断台在其失效中属于比较常见且危害较大现象，本文主要从4个方面阐述造成断台的原因及控制方法：①设计上采取提高力学性能、调整发动机与气缸套配合公差尺寸。②通过调整铸造工艺降低铁液过冷度，避免不良基体组织产生。③加工过程中应消除退刀槽气缸套应力的

产生。④正确的安装方式和加强日常维护保养。通过以上措施，能有效地降低因断台造成的气缸套失效。

作者简介：吕凌、叶志花，洪泽县华晨机械有限公司。徐强，江苏爱吉斯海珠机械有限公司。

MW 20161016