

缸盖、缸体加工刀具失效分析

金延安

上海华普发动机有限公司 上海 201501

摘要：通过对加工缸盖、缸体用刀具失效进行分析，优选加工刀具并优化刀具形状，解决了缸盖、缸体孔加工质量差、生产效率低的问题，实现了低成本、高效率加工。

关键字：缸盖；内冷铰刀；专用镗刀；四螺旋齿

1 序言

缸盖、缸体生产线加工设备完成后，先在机床制造厂按照工艺流程排列，接入水、电，进行试生产，加工合格后，再移到用户公司进行缸体、缸盖整条生产线安装，并对设备作批量生产考核。整个试生产阶段，出现最多的问题是刀具失效，刀具是生产线稳定加工的关键。现对刀具出现的主要问题及解决措施进行分析。

2 缸盖生产线

1) 气门导管内孔尺寸 $\phi 6H7$ 和表面粗糙度值 $Ra=3.2\mu m$ 在试生产时未达到要求。采用上海玛帕贸易有限公司 (MAPAL) 的导管孔专用镗刀 (见图1) 进行加工，当加工 <30 件时，内孔表面粗糙度值 $Ra=3.2\mu m$ ，符合要求。随着加工件数量的增加，内孔表面出现不连续的环形痕迹，内孔表面质量不合格，镗孔基本失效。

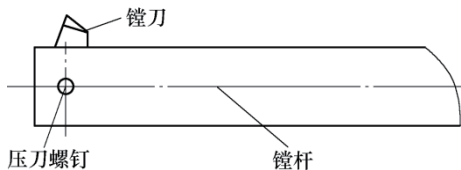


图1 气门导管孔专用镗刀

经分析，失效原因如下：缸盖导管孔 $L/D>10$ (属于深孔加工)，孔内切削液供应不充分，冷却效果达不到理想状态，造成镗刀刀尖与内孔表面切削接触处温度升高，加快镗刀切削刃磨损，致使镗

刀切削阻力增加，引起镗杆不连续振动，导致缸盖导管内孔表面出现镗刀的环形痕迹。气门导管内孔端面处于缸盖内部 (见图2)，镗杆在实际加工中处于比气门导管全长更长的悬臂状态。镗杆直径 $5mm$ ，刚性不足，引起镗刀不连续振动，造成缸盖导管内孔表面出现环形振动痕迹。由于镗刀刀片尺寸小，人工安装调整刀片无法达到理想设计位置，所以镗刀处于非常规的切削状态，引起气门导管内孔表面加工质量下降。

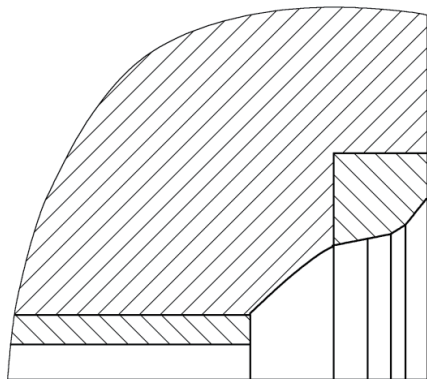


图2 气门导管内孔端面

另外，MAPAL公司的加工气门导管孔专用镗刀，其刀片尺寸小，无法在车间磨刀房刃磨，用钝的镗刀片只能使用一次就报废，增加刀具成本，且无法解决刀具使用寿命和加工质量两大难题。采用专用镗头，一次定位，加工气门导管内孔和气门座圈密封面，先铰孔，铰刀在液压缸作用下快速退出至铰刀导套内，再加工气门座圈 60° 、 90° 和 120°

锥面，最终形成宽1.2mm密封面。经验证，铰孔能满足气门导管孔中心对气门座圈密封面 $\phi 0.06\text{mm}$ 径向圆跳动的要求，采用铰孔代替镗孔是可行的。

由于专用镗刀刚性不足，所以提高刀具的整体刚性是解决问题的根本，采用与气门导管内孔等直径的整体硬质合金四螺旋齿内冷铰刀（见图3），消除刀具在加工时的振动。

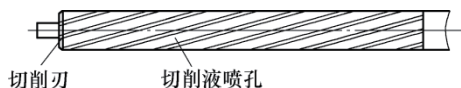


图3 整体硬质合金四螺旋齿内冷铰刀

经批量生产证明，气门导管内孔表面刀具振动痕迹彻底消失，导管内孔表面粗糙度值达到图样要求。采用整体硬质合金四螺旋齿内冷铰刀切削，主要有以下优点：切削时，4个螺旋齿逐步切入内孔，每齿负荷只有整个刀具负荷的1/4，切削阻力小，保证了导管内孔表面质量。铰刀具有内冷结构，喷切削液与铰孔切削过程同步进行，刀具在整个加工过程中能获得充分冷却，无刀具发热引起的磨损，铰刀一次安装可以加工300件以上合格的内孔。用整体硬质合金四螺旋齿内冷铰刀，还可以在车间磨刀房多次刃磨铰刀的后角，重复使用，延长了刀具寿命，大大降低了刀具的成本。

2) 粗扩缸盖16个挺柱孔，机床出现闷车。缸盖16个挺柱毛坯为 $\phi 15\text{mm}$ ，粗镗到 $\phi 31.5\text{mm}$ ，单边余量 $>7.5\text{mm}$ ，刀具进给时轴向阻力太大，有时机床出现闷车。由于刀具进给阻力大，刀具与缸盖挺柱孔摩擦发热，出现两者熔结现象，所以造成主轴无法退出工件。将粗扩刀改成阶梯形状（见图4），变为先一次粗扩，再二次半精扩，分散切削负荷，

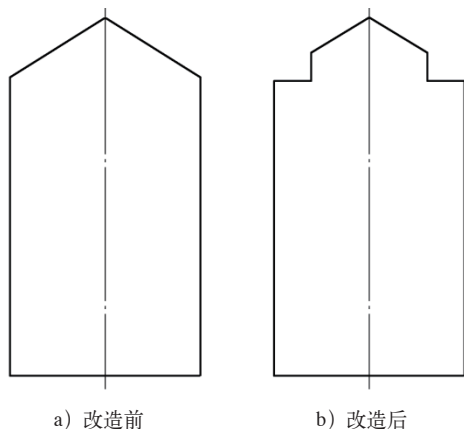


图4 粗扩刀改进前、后对比

减少进给轴向阻力。经验证，此方法不但提高了挺柱孔的加工质量，而且再也没发生机床闷车现象。

3 缸体生产线

1) 加工缸体侧面固定发电机支架有8个螺孔，钻M8螺纹底孔 $\phi 6.7\text{mm}$ →孔口倒角→铣 $\phi 20\text{mm}$ 圆搭子，复合刀（见图5）失效。复合刀的设计意图是减少一次换刀时间，缩短本工序的生产节拍，将钻孔、倒角及铣平面复合起来，但是加工时，钻头先接触缸体毛坯斜面，其定位困难，易折断，出现钻头在与铣刀连接处断裂现象。经分析，复合刀设计违反工艺编制，应先加工平面，后钻孔、倒角的原则。

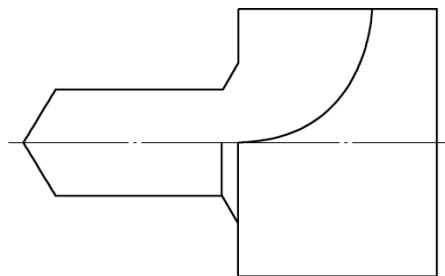


图5 复合刀

2) 加工缸体侧面机油滤清器安装平面用 $\phi 60\text{mm}$ 焊接铣刀（见图6），刀具加工失效。因为机油滤清器安装平面为 $\phi 70\text{mm}$ ，铣刀的直径投影面 $<\phi 70\text{mm}$ ，铣刀直径小，切削速度低，而且分多次加工，所以，缸体侧面机油滤清器安装平面的表面粗糙度、平面度不合格。同时，焊接铣刀一个刀齿打坏，整个铣刀报废。改用 $\phi 110\text{mm}$ 可转位刀片机夹铣刀后，提高了切削速度，一次铣削成功，既保证了机油滤清器安装平面的表面粗糙度、平面度，也大大延长了机夹铣刀的寿命，提高了加工效率，降低了刀具成本。

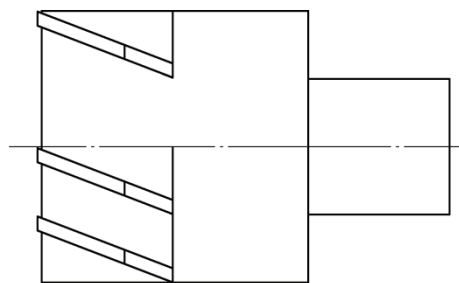


图6 $\phi 60\text{mm}$ 焊接铣刀

（下转第57页）

```
G0 G90 G64 AX[A_3]=RTP
G00 G9 X=XXZB Y=YXZB
POS[X]=XXZB
WAITP(X)
POS[Y]=YXZB
WAITP(Y)
G00 X=XXZB Y=YXZB
ENDIF
M17
```

这个循环在每次进刀时会重新定位 4 次，保证了孔位置准确。该程序中RTP表示返回平面，RFP表示加工平面，SIDS表示安全距离，DP表示最终钻深，DPR表示相对的钻深，RCD表示停刀退回时的角度。

该程序用法如下：将子程序TMK放入到系统子程序文件夹中，然后在主程序调用时，注意在程序段开头最上方加上EXTERN TMK（REAL，REAL，REAL，REAL，REAL，REAL）。

4 结束语

根据上述试验可以看出，通过对刀具、加工参数、加工程序进行改进，解决了发动机板位置孔无法使用机床加工的问题。同时完成了对加工参数、加工程序的试验，目标达成，试验报告见表2。

对于需要大长径比刀具进行加工，同时对精度要求相对较低的孔钻攻工序，按照表2的工艺方法，可以在不使用阻尼抗振刀具的情况下，以一种相对经济的加工方式完成。

表2 试验报告

机型	SR22		SR26		
特殊加工位置	钻孔4×φ22mm	钻孔4×φ26mm	钻孔4×φ26mm	钻孔4×φ12mm	攻螺纹4×M14
刀具总长（含钻头和丝锥）/mm	470	430	430	520	550
钻深/mm	32	38	38	32	30
转速/（r/min）	200	200	200	250	250
进给速度/（mm/min）	40	25	25	20	自动
加工循环	TMK	TMK	TMK	TMK	CYCLE84
加工方式	一刀到底	一刀到底	一刀到底	一刀到底	退回断屑
润滑方式	切削液	切削液	切削液	切削液	切削液+气枪

参考文献：

[1] 王蓓. 大长径比刀杆减振专利分析[J]. 河南科技, 2020（9）：111-114.

[2] 杨守帅. 刀具的振动与消除措施研究[J]. 河南科技, 2019（10）：31-34.

[3] 刘世良. 切削加工中振动产生的原因及消减措施[J]. 硅谷, 2011（14）：140.

MW 20210503

（上接第52页）

4 结束语

镗孔一般使用在孔径大、有位置度要求的孔径加工中，如镗缸体的缸孔，采用镗孔能纠正缸孔前道工序造成的位置度误差，既满足各缸孔中心的位置度要求，又能保证缸孔本身的精度。铰孔适用于<φ10mm的孔的精加工，铰刀刚性好，前道工序为加工导向孔，不会产生振动，虽然纠正不了铰孔前道工序位置度误差，但是对于独立要素的孔本身的精度，铰孔加工能够得到保证。

镗孔与铰孔都是机加工常用的方法，它们各有

利弊。通过对缸盖、缸体加工用刀具分析，选择合理的刀具结构及合理的刀具参数，不仅保证了加工成本和加工质量达到相对平衡，而且提高了缸盖、缸体的生产效率和加工质量。

参考文献：

[1] 高世刚, 等. 提高液压缸缸表面质量的几种工艺方法[J]. 金属加工(冷加工), 2020（6）：37-41.

[2] 涂启智, 等. 液压泵体加工线产线优化及刀具改进[J]. 内燃机与配件, 2019（5）：38-41.

MW 20210426