



阀板是汽车变速器液压模块的关键零部件，阀板结合面平面度要求较高，是阀板质量控制的难点。本文通过对阀板加工过程变形控制的探索，调整了阀板加工的工艺路线，提升了阀板结合面的平面度。

□ 安徽江淮汽车集团股份有限公司 王理想

变速器阀板结合面平面度提升

工艺现状

我司变速器阀板为铝合金压铸件，外形尺寸约为 260 mm × 200 mm × 36 mm，阀板结合面的平面度要求为 0.05 mm。阀板装夹在液压夹具上，采用加工中心进行加工。阀板结合面在一道工序内完成粗精铣加工。

阀板结合面加工后进行平面度测量，测量时发现阀板平面度时有超差，数据不稳定。抽取一批阀板，其阀板结合面平面度测量结果见表 1。从检测数据中可以发现，其中有 4 项数据超差，超差率约为 18%。这说明阀板结合面平面度有待提升。

表 1 阀板平面度检测数据表 (单位: mm)

平面度要求 0.05	0.053 5	0.031 3	0.065	0.062 9	0.050 2	0.034
0.041 4	0.030 9	0.047 4	0.039 3	0.036 8	0.033	0.046 6
0.041 9	0.030 2	0.044 7	0.039 4	0.031 2	0.039 5	0.032 1
					0.041 9	

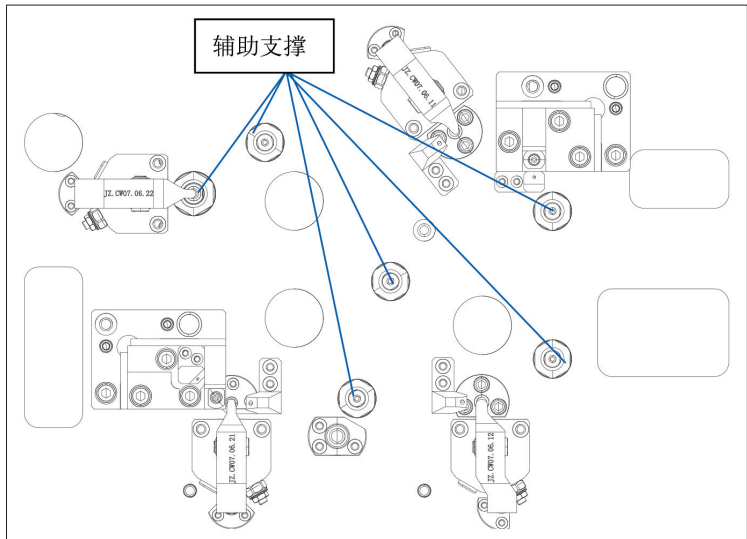


图 1 阀板结合面夹具示意图

改进措施及效果

变速器阀板为薄壁工件，加工精度控制难度高，主要原因是在装夹过程及机加工过程中容易产生变形，加工应力释放也会造成变形。为了解决阀板加工的变形问题，提升阀板平面度，我们采取三个方面的措施。措施一为夹具增加多点辅助支撑；措施二为机加工过程中夹具松开后二次夹紧；措施三为阀板结合面粗加工后自然时效后再进行精加工。

阀板结合面加工工序的夹具一般采用工艺基准面及两销孔定位，三个主夹紧及一个辅助夹紧。为了提升阀板结合面在加工过程中的支撑，减轻因切削力造成的工件变形，我们在夹具上设计了多点辅助支撑，如图 1 所示。共布置了 6 个辅助支撑，在夹具主夹紧动作完成后，辅助支撑顶起支撑工件，保证工件的支撑刚性。

阀板结合面在粗精加工后会残留加工应力，加工应力释放的过程中阀板会产生变形，从而导致加工完成的阀板结合面平面度变差。为了消减加工应力，我们将阀板结合面加工工艺过程进行了改进。改进后的阀板结合面的加工工艺为：①粗铣阀板结合面；②自然时效；③半精铣、精铣结合面。

工序①去除大部分阀板结合面的加工余量；工序②通过时效来释放阀板粗加工应力；工序③先进行阀板结合面半精铣，半精铣后夹具夹紧压板先松开，工件仍保持在夹具上，然后用较小的夹紧力夹紧工件，同时以较小的进给量进行阀板结合面精铣，进一步降低切削力，减少加工应力。

上述改进措施实施后，我们进行了阀板批量加工，同时抽取了一批阀板进行结合面平面度检测，

(下转第 18 页)

限工况需求。

2. 最小过盈量计算

(1) 当联接传递转矩 T 时, 应保证在此转矩作用下不产生周向滑移, 即当径向压力为 P 时, 在转矩 T 的作用下, 配合面间所能产生的摩擦阻力矩 M_f 应大于或等于转矩 T 。

$$M_f = \pi d l \mu f \cdot d/2 \quad (1)$$

式中, d 、 d_1 、 d_2 分别为配合的公称直径、曲轴齿圈安装面的内径和齿圈的外径。

(2) 根据材料力学有关厚壁圆筒的计算理论, 过盈联接传递载荷所需要最小过盈量应为

$$\Delta_{\min} = p d \left(\frac{C_1}{E} + \frac{C_2}{E} \right) \times 10^3 \mu$$

$$C_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \mu_1 \quad C_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} - \mu_2 \quad (2)$$

式中, μ_1 、 μ_2 分别为曲轴和齿圈的泊松比; C_1 、 C_2 分别为曲轴、齿圈的刚性系数; E_1 、 E_2 分别为曲轴和齿圈的弹性模量。按照最小有效过盈量公式计算: 转矩按照最大 $150 \text{ N} \cdot \text{m}$, 泊松比

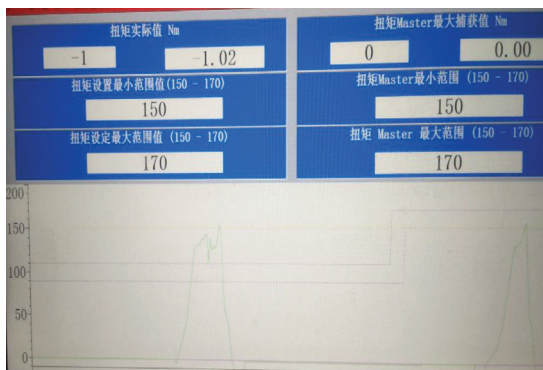


图4 转矩试验

按照钢 0.3, 摩擦系数取值 0.14, $d=87.3 \text{ mm}$, $L=13 \text{ mm}$, $d_1=0$, $d_2=97.2 \text{ mm}$, $E=206 \text{ 000 MPa}$, $C_1=0.7 \text{ mm}$, $C_2=9.045 \text{ mm}$ 。

计算得出最小过盈量 0.00284 mm , 增加安全系数 2.8。经过计算得出曲轴与齿圈最小过盈配合 0.008 mm 。

曲轴热套齿圈转矩验证

测试若干组曲轴与齿圈的最小过盈配合量转矩。试验分别选取曲轴与齿圈三组, 每组的配合过盈量分别为 0.007 mm 、 0.006 mm 、 0.007 mm , 每组均施加 $150 \text{ N} \cdot \text{m}$

的转矩 ($150 \text{ N} \cdot \text{m}$ 是考虑极限工况下的加权转矩值), 均通过验证未发生滑移, 如图 4 所示。

为了检查齿圈是否滑移, 采用了两个方式: ①在齿圈和曲轴上增加标识线, 检查未发现移动; ②每个试验件均测试 3 次, 3 次均达到 $150 \text{ N} \cdot \text{m}$ 的转矩。曲轴热套齿圈转矩试验的结果表明: 最小过盈量的计算值是可信的。

结语

本文分析了曲轴热套工艺中的问题, 找到问题的原因, 并计算出曲轴与齿圈的最小过盈量, 按照最小过盈量对来料齿圈进行内径控制, 跟踪 10 万件, 未发生质量问题。针对采用过盈配合设计的零部件, 可以通过过盈量的理论计算找出最小过盈配合量, 用来指导实际生产中的检测控制, 降低产品的质量风险。A

(上接第 16 页)

表2 改进后阀板平面度检测数据

(单位: mm)

平面度要求 0.05	0.019 3	0.023 2	0.019	0.023 1	0.019 4	0.02
0.023 3	0.022 2	0.020 9	0.023 7	0.018 9	0.017 3	0.024 3
0.022 7	0.021 6	0.023 1	0.024 5	0.022 2	0.021 5	0.024 9
						0.023 5

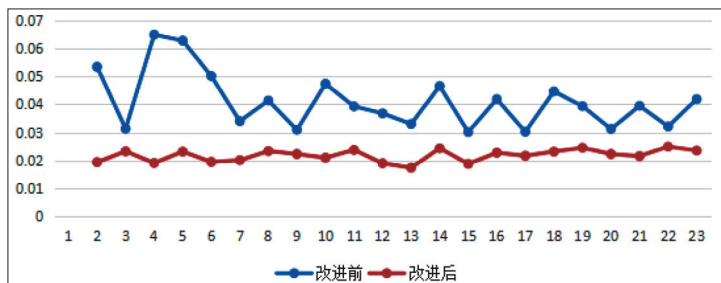


图2 阀板结合面平面度改进前后对比

其阀板结合面平面度测量结果见表 2。从检测数据表可以看出平面度数值均在 0.05 mm 要求以

内, 阀板平面度 100% 合格。对比改进前平面度提升了 $0.01 \sim 0.02 \text{ mm}$, 如图 2 所示。

结束语

变速器阀板是一种加工易变形的薄壁工件, 控制阀板加工过程中的变形以及加工后应力释放变形, 有利于保证阀板加工的尺寸精度, 从而保证产品质量。我司通过阀板加工夹具增加多点辅助支撑, 机加工过程中夹具松开后二次夹紧, 以及阀板结合面粗加工后自然时效后再进行精加工的措施, 满足了产品尺寸要求, 提升了阀板结合面的平面度。改进过程中对变形控制的探索, 为同类产品的工艺优化提供了经验。A