

控制阀阀孔精加工方法的改进及刀具设计

■ 贵州凯星液力传动机械有限公司 (遵义 563003) 叶义书

摘要: 通过对零件图、装配图及阀孔原加工方法的分析, 将原加工方法人工—机动研磨改为铰挤加工, 设计了铰挤复合刀, 对切削用量、铰挤力和铰挤功率进行了分析计算。通过应用改进后的加工方法, 阀孔的加工质量得到了提高, 并减少了人工研磨工序, 减轻了工人的劳动强度, 降低了加工成本。

某控制阀阀孔如图1所示, $\phi 37.1^{+0.025}_0$ mm孔的原加工过程是铸造 $\phi 28$ mm→扩孔 $\phi 32$ mm、镗孔 $\phi 35$ mm→精扩孔 $\phi 36.8^{+0.062}_0$ mm、铰孔 $\phi 37.06^{+0.039}_0$ mm→研磨孔 $\phi 37.1^{+0.025}_0$ mm, 扩孔、镗孔、精扩孔和铰孔工序在C620车床上进行, 研磨孔工序在改制的C620车床上进行, 手动操作中拖板, 用研磨棒研磨孔, 操作工易疲劳、效率低。因此需对孔的精加工方法进行改进。

1. 工艺性分析及孔加工方法的确定

阀体的材料是灰铸铁 HT200, 相对加工性比值 $K_r = 1 \sim 1.6$, 加工性等级一般, 但灰铸铁由于铸造原因, 材料内部时有高温碳化物 (如FeC) 和非金属夹

杂物等。按孔加工的经济精度, $\phi 37.1^{+0.025}_0$ mm孔的精加工方法有珩磨、挤压两种。珩磨效率低, 不可取; 用挤压方法加工孔, 可用现有的车床和夹具, 为此 $\phi 37.1^{+0.025}_0$ mm孔的精加工采用挤压方法, 为了提高效率, 孔的精加工采用铰挤同时进行。

$\phi 37.1^{+0.025}_0$ mm孔改进后的加工过程: 铸造 $\phi 28$ mm→扩孔 $\phi 32$ mm、镗孔 $\phi 35$ mm→精扩孔 $\phi 36.8^{+0.062}_0$ mm、铰挤孔 $\phi 37.1^{+0.025}_0$ mm。扩孔、镗孔和精扩孔与原加工方法一样, 铰挤孔用C620车床, 采用原专用夹具装夹, 并与精扩孔为一道工序, 一次装夹加工, 铰挤孔新设计铰挤复合刀。

2. 刀具设计

(1) 刀具结构及材料的选择。为了使刀具具有较高的硬度和强度、一定的使用寿命和较好的工艺性、经济性, 加工 $\phi 37.1^{+0.025}_0$ mm孔用镶焊铰挤复合刀。刀片选用硬质合金YG6X-YB/T849, 刀杆材料选用合金工

具钢9SiCr-GB/T1299。

(2) 铰挤刀直径的确定。影响铰挤刀直径确定的因素: 铰挤刀直径的确定, 关键是挤压刃直径的确定。确定挤压刃直径应考虑被加工孔的公差、挤压后孔的扩张量或收缩量、刀的制造公差和备磨量。其中扩张量和收缩量是重要因素, 一般情况下, 铰挤后孔的直径比挤压刃直径稍大一些, 孔径扩大的原因很多, 主要有铰挤刀与机床主轴及预加工孔不同轴、铰孔余量、余量不均匀引起的颤动、机床主轴间隙过大、导向精度及积屑瘤等。铰孔时产生收缩主要体现在高韧性或高硬度材料。HT200灰铸铁的延伸率是0%~0.5%, 属低韧性材料, 因此确定铰挤刀直径按铰孔扩张计算, 铰挤刀直径公差分布如图2所示。

扩张量 (P) 的实际值应通过试验确定, 但扩张量一般先按 $0.15\delta_d$ (δ_d 为被加工孔的公差值) 试定, 即 $P = 0.15\delta_d$ 。

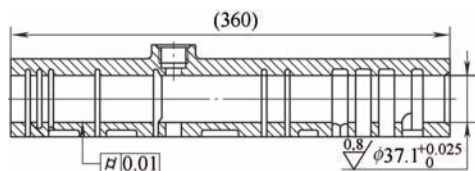


图 1

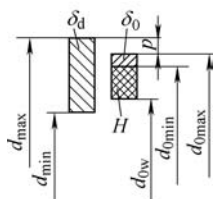


图 2

挤压刀直径制造公差(δ_0)取为0.2倍 δ_d , 即 $\delta_0 = 0.2 \delta_d$ 。

挤压刀直径磨损后的极限尺寸(d_{0w}), 因铰挤削时有扩张量或收缩量的存在, 为了保证加工出合格的孔, 铰挤刀直径磨损后的极限尺寸(d_{0w}), 一般取孔的最小极限尺寸($d_{\min}$)与0.15倍 δ_d 之和, 即 $d_{0w} = d_{\min} + 0.15 \delta_d$ 。

铰挤刀直径的计算: 挤压刀直径最大极限尺寸 $d_{0\max}$

$$d_{0\max} = d_{\max} - P$$

式中, $d_{\max}$ 是孔的最大极限尺寸(mm)。

挤压刀直径制造公差 δ_0

$$\delta_0 = 0.2 \delta_d$$

式中, δ_0 是挤压刀直径制造公差(mm)。

挤压刀直径磨损后的极限尺寸 d_{0w}

$$d_{0w} = d_{\min} + 0.15 \delta_d$$

式中, d_{0w} 挤压刀直径磨损后的极限尺寸(mm)。

铰削刀直径的确定。铰削刀直径按挤压量确定, 挤压量过小, 孔壁不能完全受挤压, 表面粗糙度达不到要求; 挤压量过大, 一是孔壁受挤压严重, 产生撕裂, 当材料硬度不均或软时, 撕裂更加严重, 表面粗糙度变差, 二是挤压刀的磨损加快, 孔径不稳定。因此为了保证孔的表面粗糙度及孔径的稳定, 铰削刀直径比挤压刀直径小0.012~0.02mm。

(3) 挤压刀几何参数的选择。挤压刀的几何参数关键是挤压刀宽度, 挤压刀对孔表面挤压刮研, 刮研提高孔的表面粗糙度, 挤压使孔壁硬化, 并校准孔的尺寸, 在铰削过程中又起导向作用, 使铰削平稳。挤压刀宽度取0.12~0.35mm。

(4) 夹持部分。铰挤刀刀柄与C620车床的主轴锥孔联接, 刀柄确定为Mosre No.5—GB/T1443。图3是加工 $\phi 37.1^{+0.025}_0$ mm孔的镶焊铰挤复合刀。

3. 切削用量

(1) 切削深度 a_p

$$a_p = (d - d_m) / 2$$

式中, a_p 是切削深度(mm);

d 是铰孔直径(mm),

$d = 37.1$ mm; d_m 是铰孔前直径

(mm), $d_m = 36.8$ mm。

(2) 进给量 f , 为了确保孔的表面粗糙度质量, 并根据C620车床的进给参数, f 取为0.07 mm/r。

(3) 切削速度 v

$$v = C_v \cdot d^{z_v} \cdot K_v / T^m \cdot a_p^{x_v} \cdot f^{y_v}$$

式中, v 是切削速度(m/min);

C_v 、 z_v 、 m 、 x_v 、 y_v 是系数和指数, $C_v = 109$; $z_v = 0.2$; $m = 0.45$; $x_v = 0$; $y_v = 0.5$; K_v 是切削速度的修正系数, $K_v = (190/240)^2 = 0.74675$ (其中, 被加工材料的硬度是190~240 HBW); T 是使用寿命, 由于铰挤刀的制造成本较高, 因此使用寿命 T 取为50 000 min。

(4) 转速 n

$$n = 1000v / \pi d$$

根据C620车床的转速参数, 转速 n 取为50 r/min。

(5) 实际切削速度 v_s

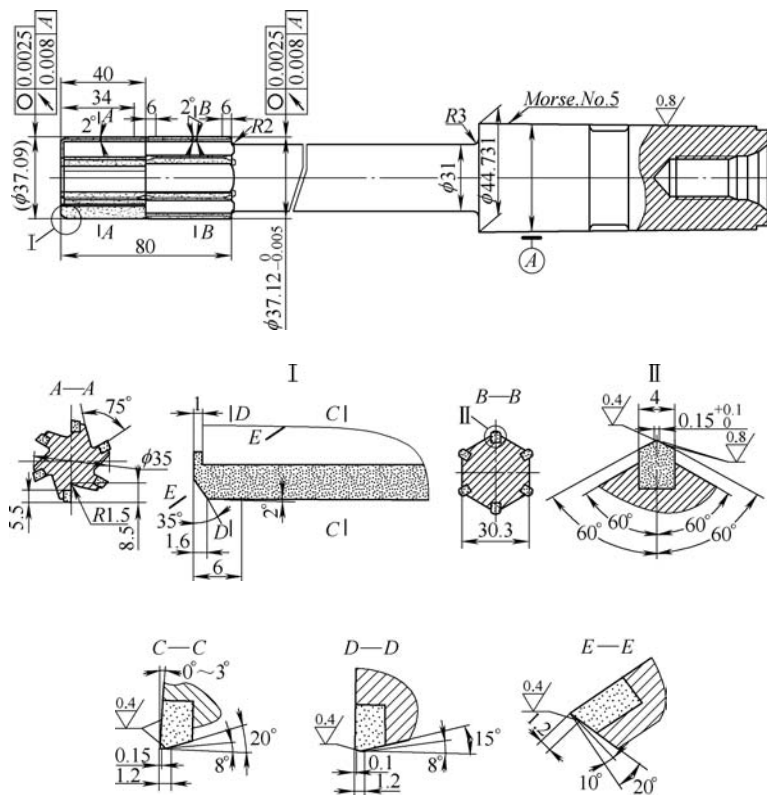


图 3

$$v_s = d \pi n / 1000$$

4. 铰挤圆周切削力、转矩及功率的计算

(1) 铰挤圆周切削力 F 计算。

铰刀单刃圆周切削力

$$F_{SZ} = a_p \cdot S_z \cdot R_s \cdot f_B \cdot K_{ver}$$

式中, F_{SZ} 是铰刀单刃圆周切削力 (N); S_z 是每齿进给量, $S_z = f/6 = 0.07/6 = 0.012 \text{ mm/r}$; R_s 是单位切削力, $R_s = 3640 \text{ N/mm}^2$; f_B 是工种系数, $f_B = 0.95$; K_{ver} 是刀具磨损的修正系数, $K_{ver} = 1.3$ 。

铰刀切削刃圆周切削力 F_s

$$F_s = F_{SZ} \cdot z$$

式中, F_s 是铰刀切削刃圆周切削力 (N); z 是刀齿数, $z = 6$ 。

铰挤圆周切削力 F , 根据有关资料得知, 铰挤圆周切削力 F 是切削力 F_s 的 3~4 倍。

$$F = 4F_s$$

铰挤转矩 M_d 的计算

$$M_d = 4F (d + d_m)$$

铰挤功率 P_m 计算

$$P_m = M_d / 30d$$

所需动力功率 P_A 计算

$$P_A = P_m / \mu$$

式中, M_d 是铰挤转矩 (N·mm); P_m 是铰挤功率 (kW); P_A 是动力功率 (kW); μ 为效率, $\mu = 0.8$ 。

(2) 铰挤刀刀柄和车床主轴锥孔联接自夹, 能承受的转矩 M_b 计算。

$$M_b = (F_x \cdot f_t \cdot d_b \cdot i_e) / [2 \tan(\alpha + \rho) + 2 \tan \rho]$$

式中, M_b 是转矩 (N·mm); F_x 是装入刀柄的轴向推力, 根据人机工程, 成人的肢体用力限度,

F_x 取为 250N; f_t 是联接面间摩擦系数, $f_t = 0.13$; d_b 是锥柄平均直径, $d_b = (44.7 + 37.8) / 2 = 41.29 \text{ mm}$; i_e 是联接套的有效对数, $i_e = 1.875$; α 是刀柄圆锥半角, $\alpha = 1.51^\circ / 2 = 0.755^\circ$; ρ 是摩擦角, $\rho = \arctan f_t$ 。

(3) 转矩、功率的比较。为了安全, 铰挤转矩应乘以安全系数, 安全系数取 1.2, 通过计算得出 M_d (4304.527N·mm) < M_b (4605.728N·mm), 即铰挤刀刀柄和车床主轴锥孔联接自夹, 能承受铰挤转矩。

C620 车床的主电机功率为 7.5kW, 而铰削时所需动力功率 $P_A = 4.029 \text{ kW}$, C620 车床的功率满足要求。

5. 应用

(1) 铰挤复合刀的试用。用 5 件工件作试加工, 实测铰挤刀的 $\phi 37.121_{-0.005}^{+0.025} \text{ mm}$ 为 $\phi 37.119 \text{ mm}$, 切削用量按上述要求, 加工实测记录如表 1 所示。从加工结果得知, 工件 $\phi 37.1_{+0.025}^{+0.025} \text{ mm}$ 孔的尺寸超差, 孔径扩大, 圆柱度合格, $\phi 37.1_{+0.025}^{+0.025} \text{ mm}$ 孔平均超差 0.01mm。为此对铰挤复合刀的挤压刃 $\phi 37.121_{-0.005}^{+0.025} \text{ mm}$ 进行了更改, 更改后尺寸为 $\phi 37.105_{-0.005}^{+0.025} \text{ mm}$, 挤压刃直径磨损后的极限尺寸确定为 $\phi 37.088 \text{ mm}$ 。

表1 铰刀、铰挤刀试加工实测记录 (单位: mm)

零件编号	$\phi 37.1_{+0.025}^{+0.025}$	圆柱度 0.01	零件编号	$\phi 37.1_{+0.025}^{+0.025}$	圆柱度 0.01
07016	37.133	0.007	07019	37.136	0.005
07017	37.135	0.005	07020	37.132	0.003
07018	37.136	0.002			

(2) 铰挤复合刀的验证。铰挤复合刀修磨后加工了 10 件工件, 实测值如表 2 所示, 从实测数据可知孔合格。

表2 修磨后加工实测记录 (单位: mm)

零件编号	$\phi 37.1_{+0.025}^{+0.025}$	圆柱度 0.01	零件编号	$\phi 37.1_{+0.025}^{+0.025}$	圆柱度 0.01
12170	37.115	0.005	12175	37.116	0.006
12163	37.118	0.003	12157	37.115	0.004
12164	37.115	0.002	12184	37.116	0.005
12185	37.117	0.005	13008	37.116	0.006
12160	37.116	0.007	13017	37.117	0.007

参考文献:

- [1] 王爱珍. 热加工工艺基础[M]. 北京: 北京航空航天大学工业出版社, 2009.
- [2] 邓格纳(东德). 切削加工[M]. 张信, 译. 北京: 机械工业出版社, 1983.
- [3] 杨叔子. 机械加工工艺师手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [4] 孟少农. 机械加工工艺手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.

MW (收稿日期: 20160120)