

用渐开线齿轮滚刀粗加工双圆弧齿轮

山西省平遥减速器厂 (031100) 闫焕景

双圆弧齿轮减速器的产值在我厂已达 3000 万元以上, 占我厂总值的 1/3, 在现今的大市场面前, 能否保证其质量的稳定、降低其制造成本已经是关系到我厂稳步发展的大事。我厂生产的双圆弧齿轮减速器 ZDH800, 其人字齿轮 (主要参数为 $m_n = 8$, $z = 154$, $\beta = 27^\circ 7' 36''$, $2B = 220\text{mm}$, 调质处理硬度 $241 \sim 285\text{HB}$) 在 Y31125E 上加工时, 双圆弧齿轮滚刀及磨损严重甚至打刀且加工质量严重超标。针对此问题, 我们及时提出一种双圆弧齿轮的滚齿工艺: 用同模数的旧渐开线滚刀粗加工, 然后用合格的双圆弧齿轮滚刀进行精加工, 起到了良好的效果, 进而推广, 为我厂带来不菲的经济效益。

1. 基本原理

对于大模数或多齿数的双圆弧齿轮, 用相同模数的渐开线齿轮滚刀粗切齿, 然后用合格的双圆弧齿轮滚刀精加工, 可以提高粗切齿的生产效率, 并有利保护双圆弧齿轮滚刀精度, 而且可使加工成本有很大的降低。但使用时必须使渐开线齿条齿廓被双圆弧齿轮滚刀的齿条齿廓所包容, 不允许存在公共点 (相交或相切)。

图 1 为用渐开线齿轮滚刀代替 JB2940-1981 型双圆弧齿轮滚刀粗加工的情况, 为此我们必须求得最小切齿余量 $\Delta_{\min}$ 和滚齿加工中的进刀深度 Δh 。

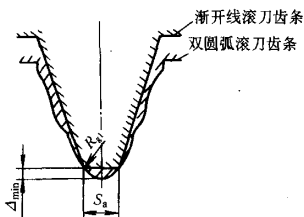


图 1

$$\Delta_{\min} = R_{g1} - \sqrt{R_{g1}^2 - (s_a/2)^2} \quad (1)$$

式中 R_{g1} ——滚刀齿顶圆弧半径, mm

s_a ——渐开线齿轮滚刀齿条齿顶厚, mm, 如不

考虑渐开线齿条齿顶倒角, 则 $s_a = 0.6608 m_n$

按渐开线齿轮滚刀基准齿形标准, 规定齿顶圆角为 $0.3 m_n$, 实际渐开线滚刀齿顶厚 $s_a = (0.3 \sim 0.35) m_n$ 。由于凹齿基准齿形参数随齿轮模数的大小而变化, 故最小允许切齿余量 $\Delta_{\min}$, 需要按圆弧齿轮的齿廓圆弧半径

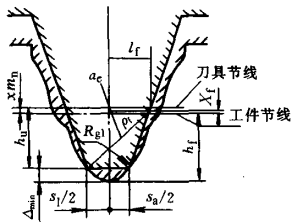


图 2

ρ_f 、齿廓圆角半径 R_{g1} 以及所用滚刀的齿顶厚 s_a 等进行计算。

由图 2 知齿廓圆弧半径 ρ_f 、齿廓圆角半径 R_{g1} 连接点厚度

$$s_1 = \frac{2l_f R_{g1}}{\rho_f - R_{g1}} \quad (2)$$

$$\text{当 } s_1 > s_a \text{ 时 } \Delta_{\min} = R_{g1} - \sqrt{R_{g1}^2 - (s_a/2)^2} \quad (3)$$

$$\text{当 } s_1 < s_a \text{ 时 } \Delta_{\min} = h_f - (\rho_f \sin \alpha_c - X_f) \quad (4)$$

$$\text{其中 } \alpha_c = \arccos \left(\frac{0.5 s_a + l_f}{\rho_f} \right) \quad (5)$$

由此可知渐开线滚刀替代双圆弧滚刀进行粗加工时, 最终切齿深度 (即滚齿加工中的进刀深度) Δh 为

$$\Delta h = 2 m_n - \Delta_{\min} \quad (6)$$

根据上述式 (1~5) 我们可以得出双圆弧齿轮用渐开线滚刀代替粗加工时的切齿余量 $\Delta_{\min}$ 与切齿深度的 Δh 。但考虑到精加工时双圆弧齿轮滚刀的对刀, 实际渐开线滚刀的进刀深度应小于计算的切齿深度 Δh 。

表 1 给出了我厂常用的模数 3~8mm 的双圆弧齿轮, 用渐开线滚刀粗加工时, 切齿余量 $\Delta_{\min}$ 与切齿深度的 Δh 具体范围, 以供同行参考。

表 1 (单位: mm)

双圆弧齿轮模数	3	4	4.5	5	6	7	8
渐开线刀具模数	3	4	4.5	5	6	7	8
切齿余量范围 $\Delta_{\min}$	1.5~1.2	1.5~1.2	1.5~1.2	1.5~1.2	1.5~1.2	2~1.7	2~1.7
切齿深度范围 Δh	4.5~4.8	6.5~6.8	7.5~7.8	8.5~8.8	10.5~10.8	12~12.3	14~14.3

2. 双圆弧滚刀的对中问题

在双圆弧滚刀精加工用渐开线滚刀粗加工后的齿坯时, 需进行双圆弧滚刀的对中。其办法如下:

(1) 垫铜皮啃花 将薄铜皮置于渐开线齿槽中, 根据铜皮上双圆弧滚刀的印迹来调整滚刀位置, 进而达到对中目的。但此法需目测, 误差较大。

(2) 运用对刀规 此法要求机床有切向进刀装置, 且需配备对刀规, 投资较大。

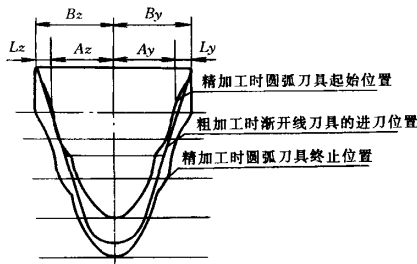


图 3

(3) 划线 运用计算机 CAD 作图法我们不难得到如图 3 所示的图形: 其中 Az 和 Ay 为渐开线刀具加工线, Bz 和 By 为双圆弧刀具加工线, Lz 和 Ly 是渐开线刀具加工线和双圆弧刀具加工线之间的距离。

在渐开线刀具加工后可检查是否到位、对称。双圆弧刀具加工时两侧刀面同时吃刀, 则可保证能加工到双圆弧刀具加工线, 双圆弧刀具加工完后要以划的线来判断加工双圆弧齿轮是否合适。

运用计算机 CAD 图解法, 我们得出了模数为 3~8 的划线参考值如表 2。

如图 4 所示双圆弧齿轮加工时的划线数量, 被加工齿面的一个齿槽应划五条线, 一条齿槽中线在渐开线刀具粗加工后消失; 两条一半齿面宽的粗加工对刀线, 用于精加工前, 检查粗加工是否按线加工, 同时也是精加工的加工基准; 最后两条全齿面线, 是检查双圆弧齿轮的精加工是否对中。

表 2 (单位: mm)

双圆弧齿轮模数	3	4	4.5	5	6	7	8
渐开线刀具模数	3	4	4.5	5	6	7	8
$Bz(\text{左}) = By(\text{右})$	3.739	4.985	5.608	6.231	7.477	8.724	9.97
当切齿深度为最小时, 检验粗加工后与划线间距离							
切齿深度	4.5	6.5	7.5	8.5	10.5	12.0	14.0
$Lz(\text{左}) = Ly(\text{右})$	1.055	1.225	1.309	1.716	1.95	1.915	2.084
$Az(\text{左}) = Ay(\text{右})$	2.684	3.76	4.299	4.515	5.527	6.809	7.886
当切齿深度为最大时, 检验粗加工后与划线间距离							
切齿深度	4.8	6.8	7.8	8.8	10.8	12.3	14.3
$Lz(\text{左}) = Ly(\text{右})$	0.946	1.115	1.2	1.634	1.841	1.806	1.975
$Az(\text{左}) = Ay(\text{右})$	2.793	3.87	4.408	4.597	5.636	6.918	7.995

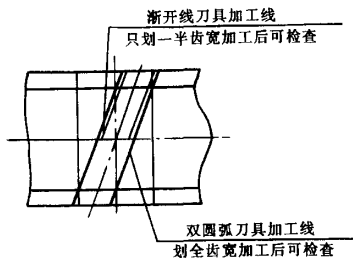


图 4

3. 综合效果

(1) 产品质量方面 用渐开线滚刀代替双圆弧滚刀粗加工后, 可以很好地保证双圆弧滚刀的精度, 大大保证其啮合传动的正确性。

(2) 经济效益 表 3 是 2003 年渐开线滚刀与双圆弧滚刀 $m_n = 3 \sim 10$ 的价格对照:

表 3 (单位: 元)

模数/ 项目 m_n	3	4	4.5	5	6	7	8	10
渐开线滚刀价格	387	645	658	784	1247	1406	1871	3500
双圆弧滚刀价格	1258	1569	1801	1900	2651	3025	3249	4950
同比差价	871	924	1143	1116	1404	1619	1378	1450
年需求量/把	30	37	40	25	20	31	25	20
小计/元	26 130	34 188	45 720	27 900	28 080	50 189	34 450	29 000
合计/万元	27.5657							

随着双圆弧齿轮产量的不断扩大, 通过表 3 的分析, 我们可以知道: 用渐开线齿轮滚刀替代双圆弧齿轮滚刀进行双圆弧齿轮的粗加工, 可使其制造成本大大降低, 很值得在同行业中推广使用。

(收稿日期: 20040929)