

用车刀铣削中心发散圆环端面锐根齿技术

张志奇, 柴晓荣, 樊文渊, 张慧杰, 胡海燕, 赵星星, 申浩, 唐天鹏

山西航天清华装备有限责任公司 山西长治 046012

摘要: 国内外对中心发散圆环端面齿加工方法的研究不多, 对于采用车刀铣削中心发散圆环端面锐根齿的研究更是少之又少。针对线切割、滚齿和铣削等背景技术的不足, 通过采取内孔车刀铣削端面齿加工工艺的方式, 实现了端面锐根齿的有效加工, 解决了端面锐根齿难以铣削成形、根部锐角的铣削清角和齿根的准确成形问题。利用多角度任意形状端面锐根齿通用加工工艺, 实现了用两把 35° 内孔车刀解决 35° 及以上角度的多角度、任意形状端面锐根齿的通用加工问题, 并且保证了中心发散圆环端面锐根齿的精确加工。

关键词: 车刀; 铣削; 端面齿; 清角; 精确加工

1 序言

端面齿常见于对接、传动和减速机构中, 为了联接牢固, 要求该零件齿根圆角半径 $<0.2\text{mm}$, 在传统加工中, 滚齿无法满足设计要求, 线切割无法保证表面粗糙度要求, 磨制成形刀铣削加工的刀具中心线速度为 0m/min , 刀具接触零件立刻就会崩刃, 这也成为加工难题。典型中心发散圆环端面锐根齿三维模型如图1所示, 零件图样如图2所示。

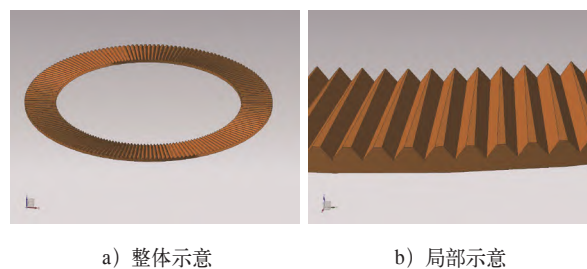


图1 典型中心发散圆环端面锐根齿三维模型

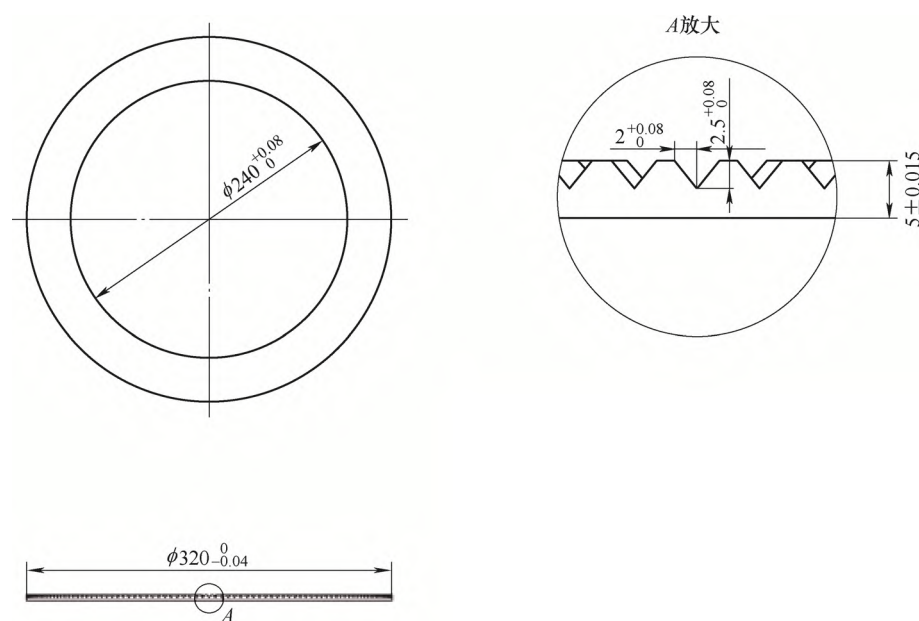


图2 典型中心发散圆环端面锐根齿零件示意

2 加工分析

国内外对中心发散圆环端面齿加工方法的研究很少,对于采用车刀铣削中心发散圆环端面锐根齿的研究更是没有提及,若采用传统方法加工端面齿,加工完成后会有缺陷。

2.1 端面锐根齿参数

典型中心发散圆环端面锐根齿参数见表1。

表1 典型中心发散圆环端面锐根齿参数

测量项目	测量数据	备注
圆环外径/mm	$320_{-0.039}^0$	
圆环内径/mm	$240_{-0}^{+0.039}$	
圆环厚度/mm	5 ± 0.016	
端面齿高/mm	$2.5_{-0}^{+0.016}$	精度高
1/2端面齿顶宽/mm	$2_{-0}^{+0.016}$	精度高
端面齿底圆角/mm	0.2	锐根(根部为尖角)结构
端面齿角度/(°)	77.3	
材料	45钢	
硬度/HRC	27~32	
表面粗糙度值 $Ra/\mu\text{m}$	≤ 3.2	

根据以上参数,分析该结构的加工难点。一是端面齿的锐根齿难以清角加工;二是端面齿中心发散角度与齿形高精度尺寸复合的情况下,难以保证齿形位置及尺寸的准确性^[1]。

2.2 传统加工方法分析

(1) 线切割加工缺点 齿面有刀纹,表面粗糙度值 $Ra \geq 6.3\mu\text{m}$,齿面有电腐蚀层,加工效率低。

(2) 滚齿加工缺点 需采用滚齿机,定制专用77.3°滚刀进行加工,但无法加工半径 $<1\text{mm}$ 的齿根部圆角,对于中小批量的生产来说生产成本高。

(3) 铣削加工缺点 如图3所示采用铣齿专用刀具加工,刀具中心线速度为0m/min,在进行加工



图3 铣齿专用刀具

时刀尖很容易崩刃。如果齿根部圆角半径 $\geq 1\text{mm}$ 尚可加工,若齿根部圆角半径 $<1\text{mm}$ 则无法加工。

3 技术方案

针对技术背景的缺陷,采取内孔车刀铣削端面齿、端面齿根部锐角铣削和多角度任意形状端面锐根齿通用加工的复合措施,达到对中心发散圆环端面锐根齿有效加工的目的。

3.1 方案内容

基于以上技术分析及思路,设计技术方案的工艺流程如图4所示。

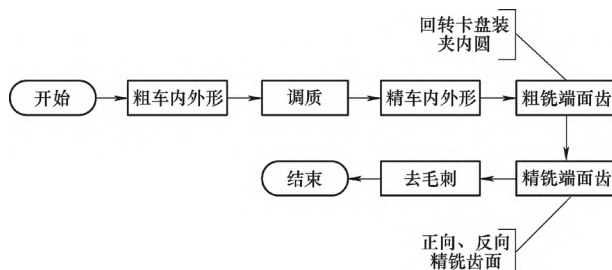


图4 中心发散圆环端面锐根齿加工流程

3.2 主要工序具体内容

(1) 粗铣端面齿 具体步骤如下。

1) 回转卡盘装夹圆环内圆。

2) 在铣镗加工中心上编制数控程序,采用35°内孔切槽车刀(刀尖圆角半径 $R0.4 \sim 0.8\text{mm}$)装夹在主轴上,主轴与端面齿中心线摆正切削角度,主轴回转,35°内孔切槽车刀做回转运动,在圆环表面断续切削,完成端面齿粗加工^[2]。设置参数为转速 $(2200 \pm 200)\text{r/min}$,进给速度 $(500 \pm 100)\text{mm/min}$ 。粗加工完成后,齿侧面留余量 $0.1 \sim 0.2\text{mm}$,齿根部留余量 $R0.4 \sim 0.8\text{mm}$ 。

3) 回转卡盘旋转一个端面齿分度值,按照上述2)中切削方法及参数完成下一个端面齿粗加工。依此方法,顺序完成所有端面齿粗加工。

(2) 精铣端面齿 具体步骤如下。

1) 编制数控程序,采用35°内孔切槽车刀(刀尖圆角半径 $R0 \sim 0.2\text{mm}$)装夹在主轴上,主轴与端面齿左侧面摆正切削角度^[3],主轴回转,35°内孔切槽车刀做回转运动,在圆环表面断续切削,转速为 $(4000 \pm 200)\text{r/min}$,进给速度为 $(1000 \pm 200)\text{mm/min}$ 。

2) 回转卡盘旋转一个端面齿分度值,按1)中切削方法及参数完成下一个端面齿左侧面精加工。

依此方法，顺序完成所有端面齿左侧面精加工。

3) 主轴与端面齿右侧面摆正切削角度，主轴回转， 35° 内孔切槽车刀做回转运动，在圆环表面断续切削。转速为 (4000 ± 200) r/min，进给速度为 (1000 ± 200) mm/min。

4) 回转卡盘旋转一个端面齿分度值，按3) 中切削方法及参数完成下一个端面齿右侧面精加工。依此方法，顺序完成所有端面齿右侧面精加工。

3.3 加工步骤

1) 用 35° 内孔车刀粗铣端面齿，车刀如图5所示，粗铣端面齿加工过程如图6所示。



图5 35° 内孔车刀示意

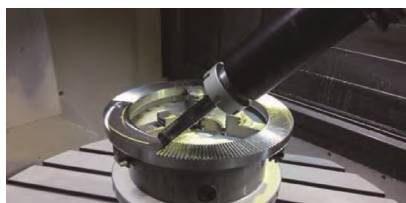


图6 粗铣端面齿加工过程

2) 精铣端面齿加工过程如图7所示，车刀铣削后成品如图8所示。

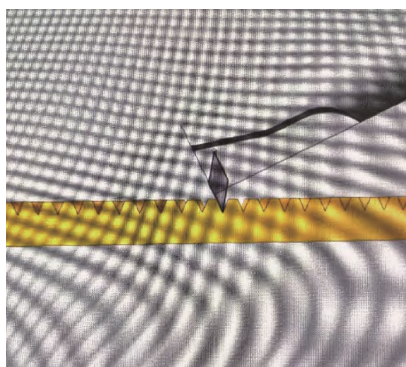


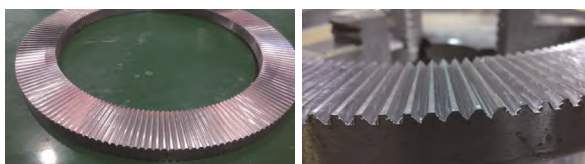
图7 精铣端面齿过程示意



图8 35° 内孔车刀精铣的端面齿成品

4 加工效果

本方法适用于 35° 及以上角度、任意形状的端面锐根齿机械构件加工，可使中心发散圆环端面锐根齿的加工由难变易，让本技术在端面锐根齿机械构件的加工中大范围应用。典型中心发散圆环端面锐根齿加工效果如图9所示，加工效果参数见表2。



a) 整体示意

b) 局部示意

图9 典型中心发散圆环端面锐根齿加工效果

表2 典型中心发散圆环端面锐根齿加工效果参数

测量项目	测量指标	测量结果
端面齿高/mm	$2.5^{+0.016}_0$	$2.5^{+0.016}_0$
1/2端面齿顶宽/mm	$2^{+0.016}_0$	$2^{+0.016}_0$
端面齿底圆角/mm	0.2	0.1
端面齿角度/ $(^\circ)$	77.3	77.3
表面粗糙度值 $Ra/\mu\text{m}$	≤ 3.2	1.6

根据以上数据可知，典型中心发散圆环端面锐根齿采用车刀按照加工流程加工后，达到了技术要求。

5 创新点

(1) 内孔切槽车刀铣削端面齿技术 采取铣镗加工中心装夹 35° 内孔切槽车刀、车刀断续切削端面齿等综合工艺措施，实现了中心发散圆环端面锐根齿的有效加工，保证了端面锐根齿的尺寸公差、几何公差及表面粗糙度。

(2) 端面齿根部锐角铣削技术 采取 35° 内孔切槽车刀的大刀尖圆角刀片、小刀尖圆角刀片复合铣削工艺，实现了端面齿根部锐角的有效铣削清角，保证了端面齿根部锐角的准确成形。

(3) 多角度任意形状端面锐根齿通用加工技术 采取铣镗加工中心驱动 35° 及以上角度内孔切槽车刀复合铣削工艺，实现了使用两把 35° 内孔切槽车刀即可完成 35° 及以上角度、任意形状端面锐根齿的有效加工，保证了多角度、任意形状端面锐

刀具补偿在角度头上的应用

刘小明, 周宽, 刘忠, 王勇

四川凌峰航空液压机械有限公司 四川广汉 618300

摘要: 利用角度头的刀具旋转中心线与主轴旋转中心线成一定角度的特点, 加工传统加工方式难以加工的部位的同时, 还能利用刀具补偿来修正零件尺寸。

关键词: 刀具; 补偿; 角度头; 中心线; 零件

1 序言

在液压产品零件的加工特征中, 油路接通孔是一个必要特征。油路主要有两种接通方式, 一种是从零件外部钻孔, 将需要接通的油路用该孔连通, 再用堵杯将零件外部的孔口堵住, 如图1所示, 该接

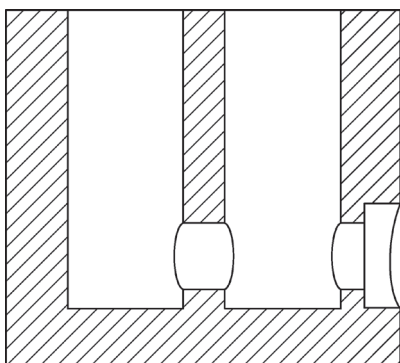


图1 零件外部钻孔接通

通孔可以采用钻、扩、镗和铰等方式加工。另外一种是在零件内部连通, 如图2所示, 该孔通常采用电火花成形加工。在加工时, 位于放电区的工件表面有很大的热应力, 产生的微裂纹会降低零件的疲劳性。由于液压产品零件要承受高压, 对加工应力很

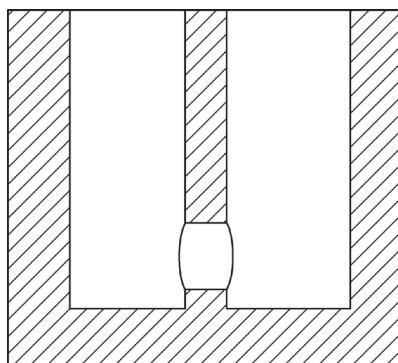


图2 电加工接通孔

根齿的通用加工。

(4) 中心发散圆环端面锐根齿加工方法 改进后可实现 35° 及以上角度、任意形状端面锐根齿的一次切削成形, 无需后续再对齿形进行加工, 端面锐根齿面的表面粗糙度值 Ra 可达 $1.6 \sim 3.2 \mu m$, 实现了端面锐根齿部圆角半径 $\geq 0mm$ 的有效加工, 加工效率可达线切割的20倍, 加工成本低廉, 适合于各种生产。

6 结束语

在端面齿的加工过程中, 通过分析线切割、滚齿和铣削等背景技术的不足, 选择五轴加工中心

装夹 35° 内孔车刀的加工工艺, 解决了端面齿的有效加工, 保证了中心发散圆环端面锐根齿的精确加工。在实际生产中, 该方法已在同类型零件的加工中进行应用, 取得了良好的经济效益。

参考文献:

- [1] 王爱玲, 李清. 数控机床加工工艺[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [2] 惠延波, 沙杰, 刘战术, 等. 加工中心的数控编程与操作技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [3] 陆剑中, 孙家宁. 金属切削原理与刀具[M]. 北京: 机械工业出版社, 1985.

MW 20240521