



杨帆

一汽-大众汽车有限公司规划部
动力总成规划科

筒式外拉削工艺 在同步器齿座加工中的应用

□ 一汽-大众汽车有限公司/杨帆 朱鸣波

同步器齿座是汽车行驶过程中影响换挡性能的关键部件之一，齿座的外齿质量和精度决定了换挡平顺性。考核齿座外齿的重要参数包括：减薄齿齿根圆直径、正常齿齿根圆直径、减薄齿同轴度、齿圈径跳、跨棒距、槽深、槽宽和槽对称度。

传统的齿座外齿加工工艺采用滚齿或插齿，同步环槽加工工艺采用铣削，受此工艺限制很难实现加

工高效率和高精度，尤其是在大批量多品种的实际生产过程中。以3种齿座日产2 000套，年产60万套为例，通过对筒拉工艺与传统齿座外齿及槽加工工艺进行比较分析（见表1），可以看出筒式外拉削工艺的优越性非常明显。目前越来越多的国内外汽车制造厂对齿座加工均采用已成熟的外拉削工艺。

备注前提条件：工作时间22.5h/天，300工作日/年，设备OEE

82%。

筒式外拉削工艺特点

筒式拉床也称外拉床（见图1），以筒式拉刀作为成形布置刀具加工工件外齿及槽，能够获得较高的尺寸精度和表面粗糙度，适用于大批量生产。其工艺特点如下：

（1）高效率 根据零件几何特征且为薄壁零件的特性，能够实现零件整体外轮廓的同步拉削，从而

表1 筒拉工艺与传统齿座外齿及槽加工工艺对比分析

工艺	传统工艺1		传统工艺2		筒拉工艺 (3工位)
	插齿	卧式铣槽	滚齿	卧式铣槽	
设备台数	9	3	6	3	1
节拍/s	135	45	90	45	35
产品质量/DIN	6级	6级	7级	6级	3-5级
单台投资/Mio.EUR	0.55	0.35	0.65	0.35	6.30
设备总投资/Mio.EUR	6.00		4.95		6.30
操作人数/天 (3班)	18		14		3
每台生产面积/m²	17	20	13	20	32

促成了高拉削效率及短生产节拍。

(2) 高精度 刀具依据零件几何特性和精度进行布置形成成形拉削工艺，一次定位实现齿座外齿及槽所有关键尺寸的粗拉、半精拉、精拉及光整加工，拉削后直接满足图2所示成品尺寸，产品质量达到DIN3~5级精度。

(3) 高经济性 除传统带外齿和槽的工件外，针对特殊外轮廓形状如

环槽、减薄齿和曲线等可以一次成形，大大提高生产的经济性。每台设备设置2~4工位，可以同时加工多种不同品种的工件。

筒式拉床通常设计为工作台上升式，通过零件端面和夹具本体进行定位，通过内孔齿顶圆与涨套夹紧（见图3），由两侧液压顶杆提供11MPa推力，推动定位及导向夹具本体及工件沿刀筒向上进行切削运动，液压导向杆提供高拉削力和动力范围。结合刀具材料自身特性设备能够实现6m/min的拉削速度。同时结合齿座属于薄壁零件，易产生拉削变形的特点，其设计核心部分是拉刀参数优化，实现在批量生产中达到既能满足产品精度及避免产生拉削变形目的，又能保证合理拉削工艺和生产节拍。为此，通常拉刀整体工作长度2m，拉削行程

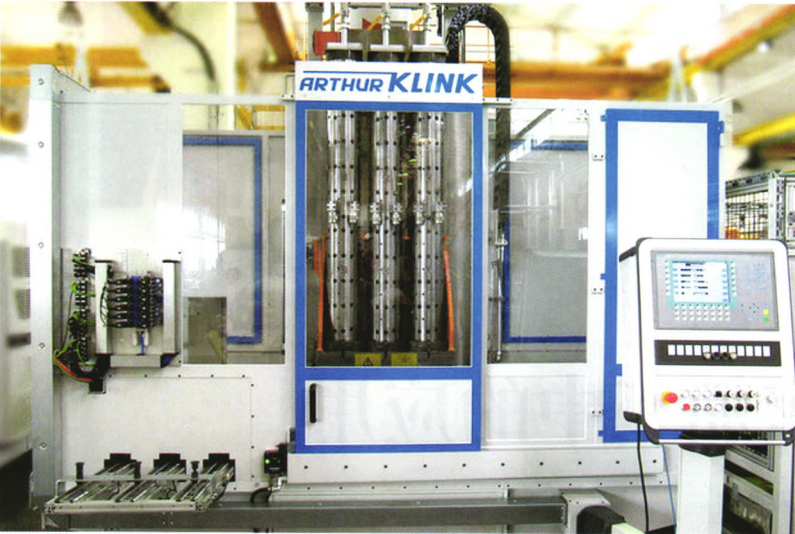


图1 三工位筒式拉床总体结构

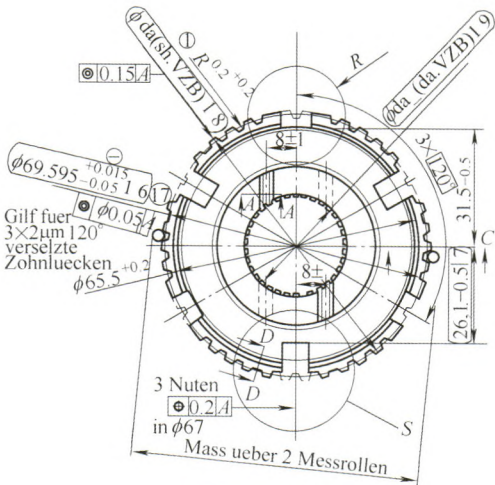


图2 成品精度尺寸要求

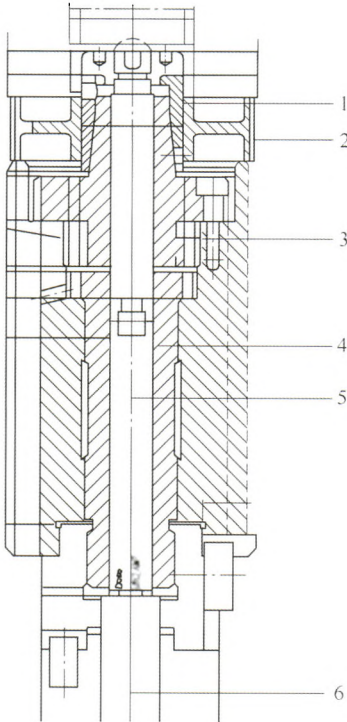


图3 筒式拉削工件定位示意

1. 夹具心轴 2. 工件 3. 偏心轮
4. 定位夹具 5. 液压导向杆 6. 液压推杆

1.8m。

筒式外拉削采用粗拉→半精拉→精拉→光整加工工艺。

筒拉刀具设计结合了分层拉削法和成组拉削法。其中刀体粗拉和精拉部分采用轮切式成组拉削法（见图4），即工件外齿被两两分组，分别由一组刀齿（每组2个刀齿）共同切除余量，可以使刀齿切削宽度变小拉削力及功率小。刀头光整部分采用同廓式分层拉削法拉削齿和槽（见图5），能够最终保证槽的位置度和减薄齿齿根圆等关键尺寸，且加工后获得较高的表面粗糙度。

筒式外拉削刀具

1. 筒式外拉削刀具设计

影响零件表面粗糙度的刀具设计关键因素在于前角 γ_0 、后角 α_0 、齿升量 S_z 和拉刀齿距 P_k 。同时拉削方式的选择也对表面质量和精度、以及拉削力及刀具寿命起到了很大影响。

筒式刀具材料采用的粉末冶金高速钢属于高合金钢，含有W、Mo、Cr、V、Co等元素，其中Co通过固溶基体强化提高钢的硬度和热硬性，提高耐磨性及刀具寿命。表4为筒拉刀用粉末冶金高速钢常用的牌号及成分。

2. 拉刀筒及筒拉刀具精度

高设计精度和高制造精度的拉刀筒是筒拉分段刀具安装定位以及零件导向的关键。其中拉刀筒的制造精度是整个机床的核心，其位置度、直线度直接影响刀条定位精度及工件精度。其次，刀条刃磨精度决定了拉削精度、表面粗糙度及拉

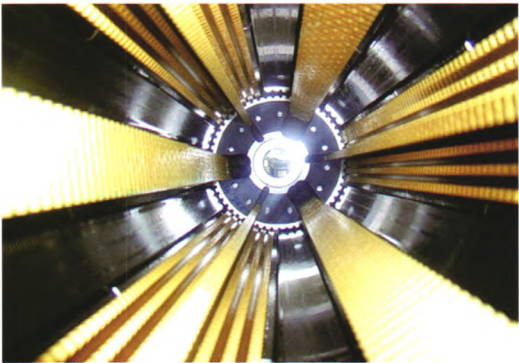


图4 粗精拉轮切式成组拉削法刀具布置

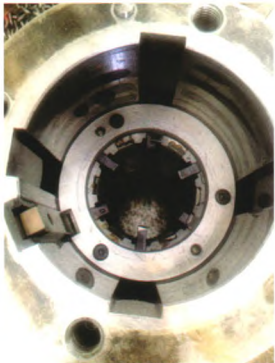


图5 光整同廓式分层拉削法刀具布置

削经济性，刀条与刀筒配合精度决定拉削位置度及对称度。第三，刀条装配精度有相应严格要求，采用螺栓进行15N·m定力矩拧紧。

除此之外，工件最终精度一方面取决于处于拉刀筒末端的拉刀头内外形光整拉刀环，刃磨精度为0.005mm，配合精度为0.01mm。另一方面取决于沿拉刀筒不完全贯穿的高精度工件导向。图6为拉刀筒与刀条及零件配合示意图。

3. 大流量密集冷却和润滑

通过4个内部主注油通道提供总压力为 4.3×10^5 Pa的油压，形成大流量密集冷却和润滑（见图7）。冷却油通过刀筒筒壁及刀环端面油槽冲淋刀筒内腔，从而延长刀具寿命、提高工件表面质量、清理刀条和工件及零件定位夹具上的铁屑，并润滑工件导向。

筒拉切削油应具备特点：低油雾（良好的冷却性能）、高抗极压能力（提高表面拉削精度）及润滑性能（延长刀具寿命）、低黏度（易排屑）、重负荷（拉削阻力大），含游离硫及活性硫极压添加剂。

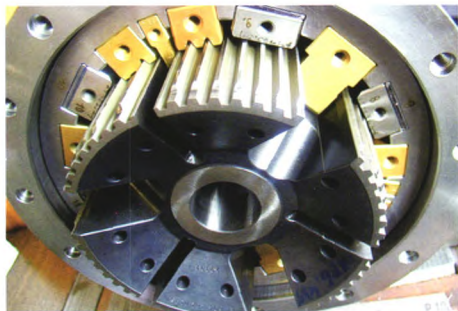


图6 拉刀筒与刀条及零件配合示意



图7 刀头上部主注油管路

结语

筒式外拉削是大批量多品种外轮廓生产实践中获得较高性价比的加工工艺。其核心除机床本身设计和制造精度外，还取决于拉刀筒及刀具设计、制造、装配精度等。筒式外拉削具有高效率、高精度、高经济性等优点，目前各国汽车公司在大批量生产中均优先采用此加工工艺。AME