

城轨车辆铝合金车体大部件的 加工工艺难点

■ 中车株洲电力机车有限公司 （湖南 412001） 彭 博 段 力

摘要：铝合金高速切削加工是一项先进制造技术，是集高效、优质及低耗于一身的先进制造技术。在常规切削加工中备受困扰的一系列问题，通过高速切削加工的应用得到了解决。本文针对铝合金高速加工的特点来论述加工工艺与操作方法、切削刀具与冷却方式的选择、高速切削刀路的优化技巧及切削参数的优化，从而有效提升加工效率和保证加工质量。

铝合金因质量轻、比强度高，已成为理想的结构材料，广泛用于机械制造、铁道车辆、动力机械及航空工业等方面。由于铝合金强度和硬度相对较低、塑性较小，对刀具磨损小，且热导率较高、切削温度较低，适合高速切削加工，但是铝合金熔点较低，温度升高后塑性增大，在高温高压作用下，切削界面摩擦力很大，切屑易熔结在切削刃上而粘刀，不易获得较高的尺寸精度和低的表面粗糙度值。

下面以典型的城轨车辆铝合金大部件为载体，通过机床选型要求、刀具要求和加工工艺分析，提出了为实现高速加工而采取的一系列措施。

1. 城轨车辆大部件加工工艺难点分析

如图1所示，此大部件长度为19 650mm，型材材质为6061铝合金，如此长的型材刚性小，焊接后扭曲变形大，装夹困难，加工时极易产生振动，并且要求保证

较好的零件表面质量和尺寸精度。因此就必须要求采用高速加工工艺，只有这样才能达到预先设定的目标。然而采用高速加工后随之带来了一系列问题：刀具振动大而导致零件尺寸精度不高、表面粗糙度质量不好、切削时容易粘刀等。为了克服上述难点，论文从以下几个方面进行了详细的论述。

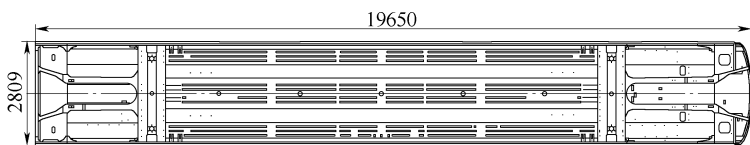


图1 底架加工示意图

2. 切削加工工艺

(1) 高速加工机床。高速加工要求高速机床具备高性能的主轴单元和冷却系统、高刚性的机床结构、安全装置和监控系统以及优良的静动力特性等，具有技术含量高、机床制造难度大等特点。在这个产品的加工中，选用的机床是德国生产的大型龙门五轴加工中心Fooke。这种机床具备了高速加工中对机床的所有要求，机床主轴转速高达15 000r/min，进给速度达到40m/min，机床动态响应很好。

最关键的是机床具备主轴油雾内切削液系统，切削液选用了美国ITW集团ACCU-LUBE（阿库路巴）的LB-6000微量油气润滑，微量的润滑油在刀具工作点形成薄薄的油膜，油膜具有很高的表面黏附强度，润滑油的高润滑性使刀片在工作过程中减少摩擦，降低切削应力，同时高压冷却技术可将切削液精准地导向实际切削区，更容易地控制加工区域的温度，高压油雾冷却能有效降低切削中的刀具温度，使得排屑更为顺畅，其优势已经彰显。

(2) 高速加工刀具选择。刀具材料选择。高速加工中的刀具在高温下进行切削工作，同时还要承受切削力、冲击和振动，因此刀具材料要求具有足够的强度和韧性、高硬度、高耐磨性和红硬性。同时为了便于刀具的制造和成本控制，刀具材料还需要具备良好的工艺性和经济性。常用的刀具材料有高速钢、硬质合金、金刚石及立方氮化硼等。在图1所示的零件加工中，选用的刀具材料为硬质合金材料，由于铝合金属于比较容易切削的材料之一，但是在高速加工中容易产生粘刀现象。为了避免这一问题，在这个零件的加工中采用的是非涂层刀具，因为非涂层刀具可以比涂层刀具做得更加锋利，切削铝合金时的切削力更小，切削过程更顺畅，因此可以有效地减少粘刀的问题产生。

刀柄的选择。高速加工中的刀柄选择适应机床高速、高效的特点，因此刀具在高速下进行切削加工，应具备较高的系统精度、较高的系统刚度及较好的动平衡性。刀具高速切削加工条件下，微小质量的不平衡都会造成巨大的离心力，在加工过程中引起机床和刀具的急剧振动，会造成机床和刀具的破坏，因此，高速刀具系统的动平衡显得尤为重要。为了提高刀具与刀柄的联接精度，采用热装式的刀具夹紧系统逐渐取代了弹簧夹紧、侧固等系统，如图2所示的刀柄系统。此刀柄具备了以下优点：①很高的同心度。②所传递的力矩为液压夹头或弹簧夹头的2~4倍。③刀杆的动平衡性非常好。热胀系

数通常都是利用热感应线圈使刀柄的夹持部分在短时间内加热，使刀柄内径随之扩张，此时立即把刀具装入刀柄内，而刀柄冷却收缩时，即可赋予刀具夹持面均匀的压力，从而产生很高的径向夹紧力，将刀具牢牢夹持住。因此，热胀系统是一种刀具与刀柄间不介入任何物质的热装刀具夹紧方法，它可解决高速加工中极为重要的平衡、振摆精度及夹持强度等问题。



图 2

(3) 高速刀路优化。为了确保最大的切削效率，又保证在高速切削时加工的安全性，使用了UGNX7.5软件进行零件编程，生成刀具轨迹时考虑了以下几个方面：

采用较小的切削深度和切削宽度，同时采用很高的切削速度和进给速度，可以有效降低切削过程中的切削抗力。

应避免刀具轨迹中走刀方向的突然变化，以免因局部过切而造成刀具或机床的损坏；应保持刀具轨迹的平稳，避免突然加速或减速。

残料加工或清根加工是提高

加工效率的重要手段，一般应采用多次加工或采用大刀具开粗去大部份余料，然后采用小刀具进行清角和精加工，还应减少切削步距以降低切削抗力。

刀路编辑优化非常重要，避免多余空刀，可通过对刀路镜像、复制及旋转等操作，避免重复计算；刀路裁剪功能也很重要，可通过精确裁剪减少空刀，提高效率，也可用于零件局部变化时的编程，此时只需修改变化的部分，无须对整个模型进行编程。

下刀或行间过渡部分应采用斜式下刀或圆弧下刀，避免垂直下刀直接扎入工件材料；行切的端点采用圆弧连接，避免直线连接；同时精加工时的起刀点应设在边线端点而不是中点。

3. 结语

通过分析城轨车辆车体铝合金大部件高速加工中容易出现的问题，提出解决方案，选择合适的机床、刀具系统，同时采用了合适的切削参数，优化高速加工的工艺路线，最终高效地完成了该零件的加工。

参考文献：

- [1] 高永祥. 数控高速加工与工艺[M]. 北京：机械工业出版社，2013.
- [2] 鲁祥，马玉国，史丽萍，等. 高速动车组铝合金车体加工工艺创新[J]. 中国铁路，2013(S13)：15-20.
- [3] 邓建新，赵军. 数控刀具材料选用手册[M]. 北京：机械工业出版社，2005.

MW (收稿日期：20160316)