

连续车削时却不能超过200m/min,断续切削时的前刀面最大温度比连续切削时的温度低约15%。这说明了在高速铣削过程中,由于刀齿断续的温升、非切削间隔的冷却以及螺旋角的存在等原因,使得高速铣削比高速车削更容易实现。在应用新型刀具材料研究方面,主要应用复合涂层硬质合金刀具、超细晶粒硬质合金刀具以及新型超硬刀具材料提高加工效率。在新型超硬刀具方面如采用聚晶金刚石(PCD)刀具、聚晶立方氮化硼(PCBN)刀具、以及无结合剂立方氮化硼(BCBN)刀具高速铣削钛合金等,切削速度可达200m/min以上。但这些新型刀具材料在加工难加工材料时易破损、费用高。

在采用新型刀具结构研究方面,在钛合金等航空难加工材料切削加工时,由于刀具磨损快和切削力大等极易导致产生切削颤振,进而造成刀具破损和零件超差。采用变螺旋角铣刀、错位波形前刀面铣刀等新型刀具结构可以部分程度抑制铣削颤振,但其制造工艺复杂。此外,对于优化刀具几何角度

以提高刀具切削性能方面的研究仍不理想,有必要探索新型刀具减摩抗磨技术,如应用刀具表面织构技术等。

上述诸多研究,有力推动了钛合金等航空难加工材料高速、高性能切削加工技术的发展,但综合国内外已有的研究结果,仍有不少科学和技术问题需要进一步深入研究:①有必要对钛合金切削加工中的热-力耦合现象进行系统、深入的研究。②对于钛合金切削加工中的热-力耦合作用对刀具的各类磨损形态与磨损机理的影响仍然缺乏必要的理论与试验支持。③由于金属切削过程的复杂性,有关切削刀/屑、刀/工接触区的摩擦磨损问题至今仍是金属切削加工领域难以解决的关键问题。④优化不同切削速度段及不同切削方式下的钛合金材料与刀具材料的组配,优化刀具切削刃几何角度与切削参数,以及开发新型刀具减摩抗磨技术等,以延长刀具寿命和提高切削效率,是当前钛合金高效切削加工研究的重中之重。



新型材料航空发动机及其关键零部件的加工

西安航空动力控制公司 (陕西 710077) 赵兴龙 徐 敏

航空发动机零部件是在高温、高压、高转速的恶劣环境下工作,随着航空发动机技术的不断更新和提升,越来越多的复合材料被应用到新型发动机上,航空发动部件大量采用新型超高强度耐高温合金、粉末合金钢、单晶合金、轻质高强度复合材料,这给切削加工增加难度,对加工技术提出了更高的要求。

1. 镍基高温合金零件的加工

镍基高温合金在航空航天领域应用广泛,具有抗氧化、抗高温变形、良好的焊接性能等一系列优点,适合制造在650℃以下长期工作的航空航天发动机高温承力部件以及热端部件,但是由于硬质点

多、导热性极差、加工硬化倾向大等问题的存在,常常制约着现场加工。国内外学者对高温合金的切削进行了多方面的研究,但是针对各种涂层刀具在加工镍基高温合金时的加工参数选择和刀具选择、刀具磨损却鲜有研究,使得现场加工非常困难。零件如图1所示,材料GH2132,零件来料 $\phi 10\text{mm} \times 2\,000\text{mm}$ 、硬度320HBS;批量500件/月;要求零件加工后表面粗糙

度值 $R_a=1.6\,\mu\text{m}$,

产品长径比为18,

属于典型的细长轴零件。

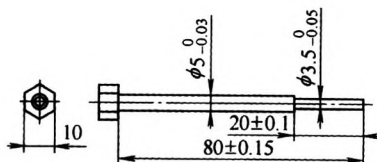


图1 细长轴零件



在无中心孔的情况下, 常规数控车床显然无法满足加工需要, 最终选择四川普什宁江机床有限公司生产的数控纵切自动车床CKN1120IV, 鉴于镍基高温合金的加工特性及加工设备的特殊加工方式, 通过切削试验结果及分析, 得到如下结论: ①硬质涂层刀片MT09T304-PM5-WSM30适合镍基高温合金的加工。②加工镍基高温合金GH2132的刀片, 主偏角一般选择 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$, 副偏角一般选择 $0.5^{\circ} \sim 3^{\circ}$, 刃倾角一般选择 $-10^{\circ} \sim -20^{\circ}$, 不容易出现积屑瘤, 能保证零件表面质量。③切削速度优选 $95 \sim 120 \text{ m/min}$, 进给量优选 $0.1 \sim 0.15 \text{ mm/r}$, 可以保证表面粗糙度值 $R_a=1.6 \mu\text{m}$ 以上。

2. 粉末高温合金零件的加工

油泵齿轮是发动机重要的热端部件之一, 它的工作条件极为苛刻, 为了保证航空发动机的可靠性和稳定性, 对于此部件的材料, 欧美等发达国家多用粉末高温合金钢, 它组织均匀、晶粒细小、无明显偏析, 合金化程度高, 抗疲劳性能好, 是高推比发动机齿轮、涡轮盘等部件的首选材料。AHP-10V这种高钒粉末冶金合金钢在磨削加工时, 零件的粗糙度与磨削端面产生的裂纹一直是困扰现场加工的难题之一。零件如图2所示, 材料AHP-10V, 零件表面硬度 $\geq 65 \text{ HRC}$, 中心硬度 $30 \sim 45 \text{ HRC}$, 磨削加工完成后, 保证所有外表面粗糙度值 $R_a=0.1 \mu\text{m}$, 满足图示要求。

在零件的磨削时, 使用

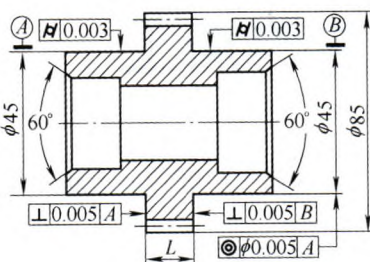


图2 待加工零件

常见的白刚玉(WA)砂轮、铬刚玉(PA)砂轮、单晶刚玉(SA)砂轮、绿碳化硅(GC)砂轮, 都无法解决零件两齿端面的齿根部由于切削拉力的影响, 产生的严重发散式磨削裂纹, 通过切削试验结果及分析, 认为立方氮化硼(CBN)砂轮, 经由树脂结合剂凝结, 浓度V240, 当砂轮转速 2500 r/min , 切削进给 0.02 mm 时, 可满足图上零件的加工要求。由树脂结合剂将磨粒凝结, 磨粒的保持力较低, 因而磨粒的出刃效果十分突出, 且不易引起磨粒的负荷, 使得产生在零件端面的切削拉应

力小, 避免了磨削裂纹的产生。

3. 新材料发动机的复合加工

新材料的应用和先进制造技术是航空动力技术的重要基础, 为了提高加工效率、加工质量, 使用复合加工技术可满足航空单位单件小批量的加工模式, 但必须对复合加工的全过程进行数字化的控制, 减小人为因素, 例如公司正在使用的某公司生产的车铣复合加工中心(S191), 如图3所示, S191 linear是五轴加工中心和双主轴车床的完美融合体, 零件的正反面都可以5轴联动车铣加工。Y和Z轴直线电动机水平面驱动, 3根旋转轴都是转矩马达直接驱动, 背主轴可以立卧转换, 在卧式和立式位置上都能加工, 工艺上更加灵活方便, 刀具电主轴最高转速: 30000 r/min ; 全闭环设计以及独立的机床恒温冷却装置, 无须预热。在进行高精度的涡轮盘加工时, 加工零件如图4所示, 零件最大直径 60 mm , 使用UG进行三维建模, ICAM软件来进行车铣复合机床的后置处理解决方案, 优化并检测刀路设计中出现的干涉与超程问题, 利用开发的后置处理程序通过VERICUT软件进行数控机床加工仿真, 验证了编程和后置处理的正确性, 使用可靠的技术体系与平台, 通过全程计算机控制, 高质量、高效率完成产品的加工, 人工只是装卸零件, 最终经过去毛刺工序, 就可以交验入库。

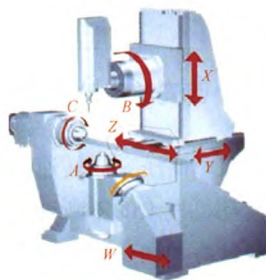


图3 加工设备示意图



图4 所加工零件

当前, 我国在航空航天发动机领域取得了很多可喜的成绩, 但对于先进制造技术, 国外对我国一直奉行技术封锁政策。我国应以自主研发为主, 积极借鉴国外先进技术, 加快航空发动机领域复合加工技术的开发和应用, 对各种新材料的切削加工经验进行积累, 实现国家航空动力技术的跨越发展。

MW (收稿日期: 20130710)