

高速切削技术应用可提高航空零部件 加工质量和效率

High Speed Cutting Technology Can Improve Aviation Parts Processing Quality and Efficiency

陕西宝成航空仪表有限责任公司宝鸡 212 厂
Stellram

刘宝莉
赵晓强

对于高速切削加工目前国内外有着不同的观点和看法。无论如何,引入高速切削加工这种方法的主要目的,首先是能够大大提高零件表面质量、公差等级;减少零件加工中的变形和内应力;提高加工系统的生产效率,从而降低生产成本;缩短加工时间,保证零件加工最短的生产周期;最终提高企业整体竞争实力。

高速切削是在特定条件下运用特定方法,在专业数控加工机床上使用专业的切削刀具进行加工的一种新型加工工艺。高速切削并不简单地等同于主轴的高转速切削,而是一种在相对刀具高速切削线速度条件下的金属切削加工技术,对于不同的被加工材料有着对应的不同的切削线速度。但是目前在一些工厂许多高速切削还是

在常规设备上、正常主轴转速下完成的,其主要方法只是采用了大直径尺寸的刀具,实现了加工过程中的刀具高线速度。对于一些难加工材料的零件(如:PH 不锈钢、钛合金、高温合金等特殊合金),通用金属加工机床的主轴转速就能满足。但是,铝加工的高速切削在这种传统的条件下,使用一般的加工机床就无法实现。因为据有关资料介绍欧洲加工航空铝零部件,高速切削加工的线速度可以达到 4000m/min。目前铝材加工特别是航空铝零部件的加工,主要是采用 HSK 主轴(或特种主轴)连接形式的高速数控机床,同时结合选用经过精密磨制、严格动平衡检测的专用高速刀具以及特殊的冷却方式来实现的。

高速加工的切削速度、进给速度相对于传统的切削加工,以级数级提高,切削机理也发生了根本的变化。与传统切削加工相比,高速切削加工发生了本质性的飞跃,其单位功率的金属切除率提高了 30% ~ 40%,切削力降低了 30%,刀具的切削寿命提高了 70%,留于工件的切削热大幅度降低,低阶切削振动几乎消失。同时,高速切削加工采用小的切深、大的进给使切削力减少,切屑的高速排出,减少了工件的切削力和热应力变形。实

现了刚性差和薄壁零件切削加工的可能性。由于切削力的降低,转速的提高使切削系统的工作频率远离机床的低阶固有频率,而工件的表面粗糙度对低阶频率最为敏感,由此提高零件表面粗糙度。

美国的 Aerostell® 系列产品,是由该公司和法国宇航合作专门研发用于高速加工航空铝合金零件的 5702/5720 VZ 系列切削刀具。刀体直径由 D20 至 D40MM 各个尺寸系列,刀片系列长度为 17MM。该系列刀具产品在全部刃长范围内保持正确的 90° 主偏角,并具有最大 15° 的斜坡切削角度,最高转速 $N_{\max}=41000\text{r/min}$,每分钟最大金属去除率 $Q_{\max}=3500\text{cm}^3/\text{min}$ 。由于其特殊、专业的设计,高速切削中消耗机床功率低、产生的切削力小,使得厚度为 1.00mm 左右的侧墙、底面典型航空零部件在加工中的变形降到最小,加工后的零件表面残余应力控制到最低。目前该刀具在国内外制造领域被广泛用于大型铝合金航空零部件的粗、精加工。

Aerostell® 刀具切削加工实例如下:

机床型号采用 M é t é o r ; 主轴转速为 24000r/min; 主轴功率为 50kW ; 零件材料为 Aluminium 7175 ; 刀具型号: 5720VZ16CA032Z3R75 ; 刀片型号为 ZDET 16M540FR-721 GH1 ; 被加工铝航空零件“薄墙”尺寸为



HSK系列5720VZ16

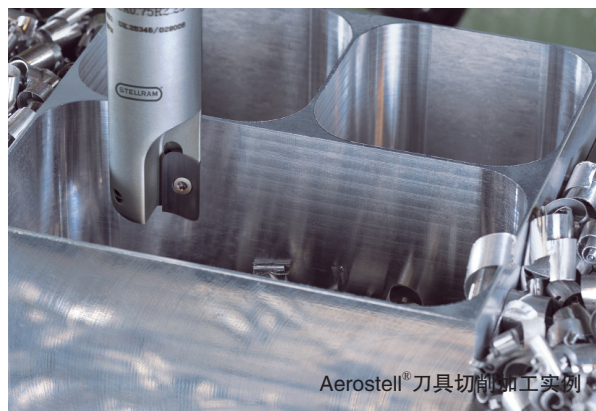
300mm × 64mm × 1mm。

粗加工切削与精加工切削参数对比如表 1 所示,加工完成后最终检测结果:厚度公差为 0.015mm,垂直度为 0.020mm。

高速切削加工技术的应用,在加工过程中能保持刀具切削区在相对较低温度下工作,从而最大限度地延长了刀具的使用寿命。目前高速切削技术的应用,已经改变了传统高速加工小切深大进给的理念。对于大型尺寸的航空零部件,往往需要去除大量的金属余量。采用通常的加工方法被加工表面会留有“接刀痕”影响零件表面质量(对于航空零部件是不允许的);金属去除率很低,每道工序加工占用机床时机很长,延误交货周期。当今的高速切削加工技术,已经能够做到一次性侧刃最大切削深度 a_p

可以达到 10~50mm,每转每齿进给 f_z 可以达到 0.20~0.45mm/z (在切削刀具、机床等加工系统刚性允许的情况下),表面粗糙度能够达到 1.6~3.2。Aerostell[®] 系列高速铝加工专业刀具采用了双螺钉压紧刀片、超高精度磨制的可靠工艺,保证了其正常高速加工中的安全性。其对应刀片刃长 $L_c=22\sim 53\text{mm}$,刀具直径 $D_c=32\sim 80\text{mm}$ 。最高转速 $N_{\max}=32000\text{rpm}$,每分钟最大金属去除率 $Q_{\max}=6800\text{cm}^3/\text{min}$ 。

以上系列刀具的广泛应用大大提高了航空领域铝合金零部件的加工效率,但安全加工是高速加工选择刀具应用、最大切削参数的先决条



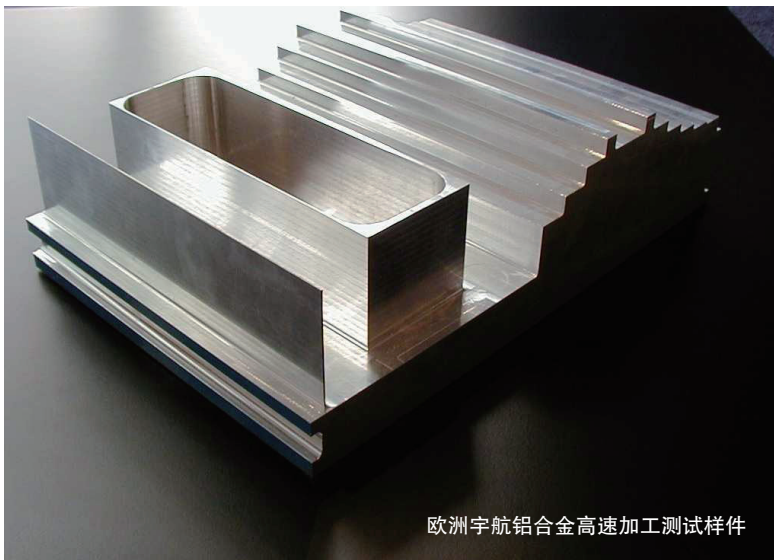
件。首先必须有足够安全的保护措施和防范制度,使用带安全外罩及防碎片观察口的机床,杜绝使用自制、改装的防护罩机床;控制刀具的最大悬伸并减少使用模块式接杆刀具;每班按规定检查刀具系统连接状况;使用刀具商提供与所用刀具对应的专用刀片压紧螺钉;严格按照供应商要求的刀具、刀片安装方法操作;刀具使用前务必检测动平衡数据;必要时也可做刀具加工前的探伤检测。不使用未注明最高转速的刀具(因为专业高速刀具均有对应刀具的最高转速标注);不使用已拆卸过的刀片和螺钉;在主轴刀具未完全停止以前不打开机床防护罩等。

总之,高速切削加工技术的发展主要取决于先进的高速加工设备、强劲的数控系统、稳定的强电控制单元和高效的切削刀具。由于我国航空工业快速发展的需求以及全球制造业高速加工技术的迅猛发展,高速加工技术已在各个机械制造领域取得了广泛的推广和应用。如模具制造业、电子产品制造业、航空制造业等,特别是在航空铝加工方面的应用,我们已接近或达到世界先进国家高速加工的技术水平,大大提升了我国航空器制造业的制造技术水平,为我国国防工业制造技术飞速发展的需要打下了良好基础。同时随着航空铝合金零部件高速切削加工技术的应用和发展,也对于其适应的刀具系统提出了更高要求。

(责编 小城)

表1 Aerostell[®]刀具粗加工与精加工切削参数对比

参数	粗加工切削加工	精加工切削加工
刀具转速 N / rpm	24000	32000
切削线速度 $v_c / (\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	2412	3215
总齿数 Zu	2	2
每循环刀具切深 a_p / mm	8	4
每循环刀具切宽 a_e / mm	25~32	4
每齿进给量 $f_z / (\text{mm} \cdot \text{z}^{-1})$	0.25	0.20
每分钟进给 F / $(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	12000	12800
主轴切削功率 P / kW	3.4	1.6
主轴切削力 F / N	848	42



欧洲宇航铝合金高速加工测试样件