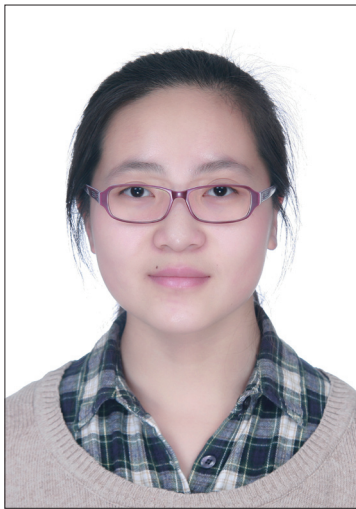


缩短复杂结构薄壁异形件生产周期的技术尝试

Attempt on Shorten the Processing Cycle of Complicated Thin-Walled Structure Irregular Shaped Parts

西安电子科技大学 张雨荷



张雨荷

现就读于西安电子科技大学计算机学院计算机科学与技术专业。

使用精密铸件代替铝合金板料加工复杂结构薄壁异形零件,通过几个方面措施的实施,有效缩短了薄壁件的加工工期,减少了无效作业时间,提高了机床利用率。

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.01/02.128

成为一个重要课题。

关键工艺技术

本次技术尝试之前,已经使用7075板料加工出了合格的薄壁异形零件,但因为零件毛坯为板料,造成薄壁件的加工余量大、加工工序长、无效作业时间多、机床利用率低。为缩短复杂结构薄壁异形零件的生产周期,需要在以下几方面进行攻关:(1)毛坯由板料改为精铸件以减少粗加工时间;(2)优化工艺路线以提高整体效率;(3)利用Vericut软件优化数控程序,采用高速加工技术提高加工效率。

毛坯使用精密铸件对缩短复杂结构薄壁异形零件生产周期的影响

复杂结构薄壁异形零件大多没

有大的可靠基准,它的数控加工应采用工艺凸台装夹策略,并根据产品工艺特点设计不同类型的装夹工艺凸台和辅助支撑。

装夹工艺的设置和布局应方便操作,具有可靠性;精度满足加工要求,易于实现;具有经济性,利于编程和加工,不易造成干涉和碰撞。而辅助支撑可以强化切削点的刚性;薄壁异形零件最薄弱、结构强度最低的部位要做应力释放缺口,同时使用辅材增加强度。

铝合金精密铸造技术主要包括熔模铸造、石膏型铸造和精密砂型铸造。这里采用蜡模熔模铸造技术生成毛坯,以减小加工余量。

优化工艺路线以缩短加工时间

在毛坯采用铝合金块料和铸件

航空航天产品中,总会用到一些复杂结构薄壁异形零件,这些零件壁厚只有1mm左右,长度与宽度在几十毫米到数百毫米之间,内外形主要由异形曲面拼接而成,因此结构刚性较差,造成加工难度极大、加工周期极长。在保证质量前提下,如何缩短复杂结构薄壁异形零件的生产周期,

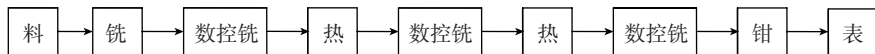


图1 毛坯采用铝合金块料加工时，薄壁异型零件加工工艺流程图

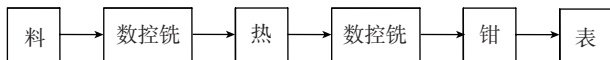


图2 毛坯采用铸件加工时，薄壁异型零件加工工艺流程图

加工时，薄壁异型零件的机加工工艺流程图如图 1、2 所示。

可见，通过优化工艺路线，可大幅减少机床占用，缩短加工工时。

优化编程刀轨以减小变形，提高加工效率

为保证加工精度，复杂曲面的精加工常采用球头刀，虽然球头刀的切削行距一般取得很密，但仍会在两层刀轨间留下残余高度。残余高度与刀轨行距之间的换算关系可以由公式(1)得到：

$$d = 2\sqrt{2rh - h^2} \quad (1)$$

其中， d 为切削间距，mm； r 为球头刀半径，mm； h 为残留高度，mm。

根据图纸技术要求，零件表面粗糙度为 $R_a=3.2$ ，而 R_a 的定义：评定轮廓的算术平均偏差，在一个取样长度 l_r 内，纵坐标值 $Z(x)$ 绝对均值的算术平均值：

$$R_a = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z(x)| dx \quad (2)$$

在保证加工质量的前提下，为节省加工时间，可以选表面粗糙度为 $R_a=3.2\mu m$ ，利用式(1)，选用刀具半径为 $r=3mm$ 的球头刀，求得切削间距 d ：

$$d = 2\sqrt{2rh - h^2} = 2\sqrt{2 \times 3 \times 0.0032 - 0.0032^2} = 0.277mm \quad (3)$$

表1 进口刀具品牌推荐的切削参数

刀具直径/mm	推荐最小切削速度 $v_c / (m \cdot \min^{-1})$	推荐最大切削速度 $v_c / (m \cdot \min^{-1})$	推荐每齿进刀量 $f_z / (mm \cdot z^{-1})$
5 (4 齿直柄圆柱)	150	200	0.036
10 (4 齿直柄圆柱)	150	200	0.072
6 (3 齿直柄球头)	150	200	0.044

采用高速加工技术提高加工效率

高速加工技术因为特别有利于航空航天薄壁件的高速精密加工而受到越来越多的重视。精加工时，刀具选用进口刀具品牌的 $\phi 5$ 、 $\phi 10$ 硬质合金直柄立铣刀系列，以及 $\phi 6$ 硬质合金直柄球头刀等刀具。在切深 1.5 倍刀具直径、切宽 0.5 倍刀具直径、侧铣削状态下，进口刀具公司推荐的切削速度 v_c 与每齿进刀量 f_z 见表 1。

(1) 选择合适的主轴转速。

由主轴转速与切削速度的公式 $v_c = \frac{\pi \times D_c \times S}{1000}$ 可以推出主轴转速：

$$S = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_c} \quad (4)$$

式中， v_c 为切削速度，m/min； S 为主轴转速，r/min； D_c 为刀具直径，mm。

(2) 选择合适的主进给速度 F 值 (mm/min)：

$$F = b \times f_z \times S \quad (5)$$

式中， b 为刀具齿数； S 为主轴转速，r/min； f_z 为每齿进刀量，mm/z。

(3) 根据进口刀具推荐的每齿进刀量 f_z 值，推算应该选用的 F 、 S 值，比如对于 $\phi 4$ 硬质合金直柄圆柱立铣刀，齿数为 $b=4$ ，推荐的每齿进刀量 $f_z=0.028mm/z$ ，推荐最小切削速度 $v_c=150m/min$ ，最大切削速度 $v_c=200m/min$ ，则最小转速：

$$S = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_c} = \frac{150 \times 1000}{\pi \times 4}$$

$$= 11936 \text{ r/min};$$

最小进给速度：

$$F = b \times f_z \times S = 4 \times 0.028 \times 11936 = 1336 \text{ mm/min};$$

最大转速：

$$S = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_c} = \frac{200 \times 1000}{\pi \times 4}$$

$$= 15915 \text{ r/min};$$

最大进给速度：

$$F = b \times f_z \times S = 4 \times 0.028 \times 15915 = 1782 \text{ mm/min}.$$

(4) 利用切削理论，切削加工效率 ZW (cm^3/min) 可通过下列公式计算：

$$ZW = v_c \times F \times a_p \quad (6)$$

式中， a_p 为切削深度，mm。

通过传统加工与高速加工切削效率的对比计算，可知高速加工大大提高了加工效率。

利用 Vericut 软件优化数控程序提高加工效率

Vericut 软件是美国 CGTech 公司开发的程序验证、机床模拟、程序优化软件。它可以根据加工材料、机床参数对数控加工程序进行优化，大大提高机床加工效率，减少不适当参数对机床的损伤。

利用 UG 软件编制数控程序时，对于不同刀具，输入计算所得的 F 、 S 数值生成数控程序，数控程序经 DNC 系统传给机床操作人员，操作工人实际验证数控程序，证明数控程序安全有效，零件加工无残留无过切，就可以通过 DNC 系统返回数控编程人员，使用 Vericut 软件对数控程序进行优化。

结束语

使用精密铸件代替铝合金板料加工复杂结构薄壁异型零件，通过几个方面措施的实施，有效缩短了薄壁件的加工工期，减少了无效作业时间，提高了机床利用率。

(责编 谷雨)