浙江科技学院学报,第 21 卷第 3 期,2009 年 9 月
Journal of Zhejiang University of Science and Technology
Vol. 21 No. 3, Sep. 2009

基于分块思想的复杂零件制造技术研究

沈建宇,梅　柱,张国良,周　根,程晓民
(宁波工程学院 机械工程学院,浙江 宁波 315016)

摘　要: 根据零件的几何特征,将难以加工的部分分割成几个简单的组件,为保证各组件的相互位置关系,采用单边分中法确定加工定位基准点、定位面和定位标记,完成加工定位结构的设计。在设计好拼装结构后,即可生成数控程序分别进行加工,并拼装成形。以人耳廓支架的制造为例,验证了复杂零件分块制造的可行性。

关键词: 分块制造;几何分割;定位结构
中图分类号: TH162　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1671-8798(2009)03-0258-04

Study of manufacturing skill for complex parts based on blocking partition

SHEN Jian-yu, MEI Zhu, ZHANG Guo-liang, ZHOU Gen, CHENG Xiao-min
(School of Mechanical Engineering, Ningbo University of Technology, Ningbo 351016, China)

Abstract: According to the geometric characteristics of the parts, its complex parts were divided into several simple portions. To ensure relative position of each subassembly, the method of unilateral centricity was adopted to ensure locating reference point, locating surface and locating sign in the process and accomplish the design of locating structure. As soon as the design of assembly structure was completed, the NC processes were generated and the assembly structure can be scrabbled up immediately. An example of profile bracket of human's ear was given to prove the feasibility of manufacture of complex parts.

Key words: manufacture of blocking partition; geometry division; locating structure

数控机床在加工具有复杂内腔的零件时受到限制,一些死角加工不到,从而影响其最终成形。如果采用特殊的加工电极,通过电脉冲来完成死角部位的加工,将增加成本和工作量;另外,当零件的尺寸超过机床的工作范围时,其加工同样存在着困难。本文引入快速成形的叠加理念[1],提出了针对复杂零件的分块制造工艺。将复杂零件难以加工部位或影响加工的部位分割成易于加工的几个部分,加工完成后再将各部分拼装成整体,便可以解决这一问题。

1　分块制造工艺

1.1　分块制造的内涵

分块制造指在零件加工之前,根据其结构特征将其分割成较小或较简单的易于加工的几个部分(称为组件),每一组件分别加工成形,然后,再将各组件拼装到一起,形成一个完整原形的制造策略。

收稿日期: 2009-06-09
作者简介: 沈建宇(1988—　),男,浙江湖州人,本科生。
通讯作者: 程晓民,教授,博士,主要从事液压成形和快速制造技术的研究。

其加工对象是难以在数控机床上成形的复杂结构零件,或超出机床工作范围而不能一次成形的大型零件。分块制造中的拼装有别于传统意义上的装配,它是将一个零件经分割并分别加工出来的几部分根据设计拼合在一起形成所需原形或零件。拼装时,首先要保证几何形状的相配,其次要求具有足够的精度和强度,并减小变形。采用分块制造得到的原形可以进行样件展示、功能测试,也可以作为进一步成形的母模或中间模等。

1.2　分块制造的技术路线

分块制造工艺流程见图 1。首先对逆向工程或结构设计得到的 CAD 模型进行分析[2],对妨碍加工的部分进行分割,得到互相独立的几个组件,对组件进行工艺规划并完成加工后,将各组件拼装在一起得到零件。

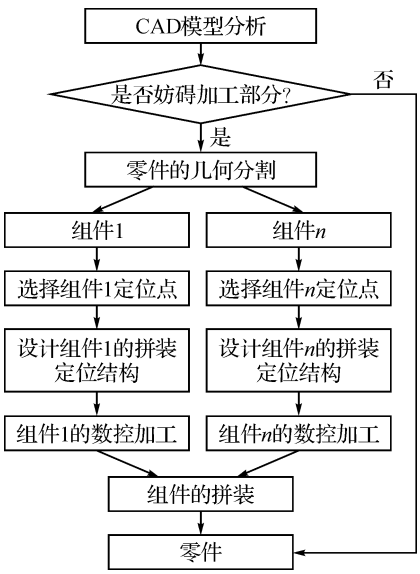


图 1　分块制造工艺流程

Fig. 1　Process of manufacture of blocking partition

2　CAD 模型的几何分割

CAD 模型的几何分割是分块制造的关键,是其成形思想的核心。只有实现了 CAD 模型的合理分割,才能更好地实现分块制造。几何分割结果的好坏,直接影响到分块制造工艺的效果。几何分割应综合考虑零件的几何形状及可加工性之间的协调,尽量使分割后的模型能够易于数控加工,减少加工时间,提高加工质量,并且易于拼装及后处理。

2.1　几何分割原理及定位点的选择

几何分割的基本原理就是根据 CAD 模型的几何特征,将数控机床难以加工的零件分割成几个简单的组件,即用分割平面将一个 CAD 模型分割成若干部分,每部分重新构成一个 CAD 模型,分割平面及区域由 CAD 模型的几何信息及潜在的加工方式来确定。由于零件的复杂性,对于其 CAD 模型的几何分割,采用软件自动实现比较困难,故采用人机交互方式,仍以透射光线照射 CAD 模型,找出内腔的最大截面,结合现有的 CAD 软件来实现。在进行分割和拼装设计时,确定各组件的相互位置关系需要一些定位点。选择合理的定位点,不仅能方便快速地进行拼装,而且可保证定位的精度。在分块制造工艺中,采用单边分中原理来选择定位点,但不用分中,只在坯料左下角选定一个坐标点,原则上只要工件的 X 轴和 Y 轴不超出坯料尺寸即可。

2.2　定位结构设计

在分块制造工艺中,定位结构包括两方面的含义:第一,因为组件在加工过程中,需要进行正反两面的加工,因此,正面加工完成后,翻转加工反面时存在着定位问题,需要设计定位结构,在此将其定义为加工定位结构;第二,组件在拼装时需要一个基准,这个拼装基准需要在几何分割时设计出来,与组件同时加工,因此,在进行几何分割时也要设计定位结构,在此将其定义为拼装定位结构。合理设计定位结构,有利于加工过程的操作,简化加工工艺;同时,可缩短拼装及工艺准备时间,较好地解决拼装过程中的随机性、继承性、保留性问题,提高生产率。

2.2.1　*加工定位结构的设计*　分块制造工艺中组件的加工可以正反两面进行,加工定位结构主要是为了保证翻转固定后,组件在整个坐标系中的位置关系不变。因为组件的正面在切削完成后处于坯料的内部,在其上设计加工定位结构不利于反面的定位操作,因此要在组件的外围设计一个外框,作为辅助定位结构。加工定位结构包括三部分的内容:加工定位基准点、定位面和定位标记。首先,在加工坯料的左下角确定一个加工定位基准点;其次将坯料外框的外壁作为定位面,以保证工件翻转后水平方向的定位,工件已加工的朝上的表面也是定位面,保证工件在垂直方向的定位;最后,为保证工件翻转后的摆放位置不出错,将外框的一个垂直方向的棱边倒圆,作为定位标记,如图 2 所示。定位基面的设计要与加工定位面相匹配。对于分块制造工艺来说,反面加工的主要技术难题是定位问题[3]。在一块大小与坯料相当的薄板上(薄板固定在工作台面上)加工一个与正面外框轮廓大小相等、形状相同的方形槽,将坯料翻转 180°嵌入薄板上的方形槽

中,以保证坯料上的定位基准和薄板上的定位基准对齐。图3为已装配好待加工零件的反面示意图。

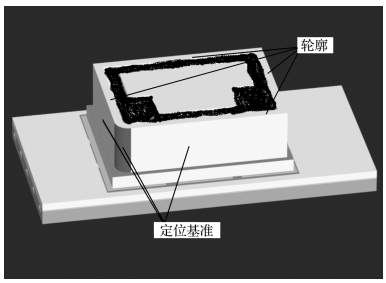


图2 定位面示意图

Fig. 2 Location surface sketch

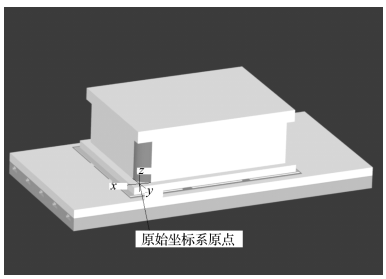
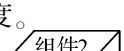


图3 已装配好待加工零件的反面示意图

Fig. 3 Inverse sketch

2.2.2 拼装定位结构的设计 为保证拼装精度,必须设计拼装定位结构。拼装定位结构的设计需要在CAD模型的几何分割时完成,同组件一起加工出来。在此,将各组件的接合面定义为拼装面。拼装面确定后,还要设计具体的定位结构,以限制组件拼装时各个方向的自由度。因此,拼装定位结构的设计实质上包含了拼装面的设计和拼装定位结构的设计两部分。从分块制造工艺角度考虑,分割最好在零件内腔的最大截面处,因此,拼装面设计在零件内腔的最大截面处(或较大截面处)是较为理想的;为便于拼装时的找正,同时也是为了检验拼装效果,组件在拼装面上的轮廓形状最好一致。拼装定位结构要保证拼装零件的 X、Y 方向的定位。为了有利于加工和拼装,拼装定位结构应设计在拼装面上,且尽量利用零件本身结构以方便加工和拼装。

在对CAD模型进行分割时,若把垂直于 Z 轴的平面作为分割面,定位就变为 XY 平面上的位移约束问题,再用特定轨迹 $F = F(x,y)$ 为母线,沿垂直于分割面的方向拉伸一定的高度便形成拼装面,图4为几何分割示意图。分割的组件要进行拼装成形,拼装时往往采用粘接方式,因此,应在分割后的组件的 Z 方向上减少一个粘接层或焊接层的厚度,以保证拼装后零件的尺寸精度。



3 分块制造实例

分块制造的优点在于制造速度快、周期短及精度高,可以完成任意复杂零件和大型零件的制造。现以耳廓支架的制造为例,进一步说明分块制造过程。由于耳廓支架形状复杂[4-5],加工时必须采用分块制造,图5所示为健侧耳廓的石膏模型。对石膏模型进行激光扫描、三维重建后,得到其CAD模型。图6所示为按本文所述方法将耳廓支架分割成4个组件。在分割过程中考虑了制造工艺,并对其进行规划,其目的一是最优加工方向的确定。由于分块制造过程中,需要进行几何分割、分别加工和拼装成形,因此,必须考虑分块的层数,它直接关系到加工时间。采用不同的加工方向,直接影响到对零件的分割。二是是否采用多个组件同时加工的策略。为了减少定位次数,在组件形状和毛坯尺寸容许的范围内,可以考虑一次定位,同时加工多个组件的加工策略。图7为拼装后的耳廓支架。原形的拼装就是将分割并完成加工的组件粘接形成完整的原形。拼装时,要确定拼装组件的几何特征,对拼接面的结构形式和尺寸做到心中有数;了解拼装面的位置特征、拼装联系特征等,粘接时要保证拼接面和定位结构对齐,同时,粘接剂不能太厚。粘接后保持一段时间以增加原形的牢度。

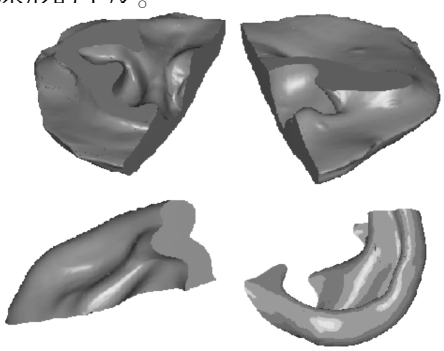


图6 耳廓支架分割后的4个组件

Fig. 6 Auricle bracket subassemblies

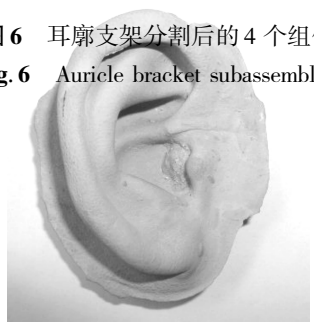


图5 健侧耳廓的石膏模型

Fig. 5 Plaster cast of auricle



图 7　拼装后的耳廓支架

Fig. 7　Finished auricle bracket

4　结　语

复杂零件的制造可以采用分块制造的方法。首先分析零件的结构,按照一定的规则对零件的 CAD 模型进行分割,分割时重点考虑定位点和定位结构的设计。然后对各个组件分别加工,加工后拼装在一起得到完整的零件。这种加工方法简化了制造工艺,因此,大大提高了成形速度,减少了制造时间,实现了零件快速制造的目的。这对于形状复杂的零件,其优势更加明显。

参考文献:

[1]　边秋梅,张玉斌,郑鸿飞,等. 基于数控机床分层快速成型金属零件的关键技术研究[J]. 太原师范学院学报:自然科学版,2004(1):31-33.

[2]　袁锋伟,蒋彦. 虚拟数控机床的精确建模与加工仿真研究[J]. 机械研究与应用,2008(4):12-14.

[3]　王军,詹华西. 数控机床加工坐标系的自动设定[J]. 机械工程师,2007(10):148-149.

[4]　李一可,迟放鲁. 先天性耳廓畸形及全耳再造术的历史与发展[J]. 中国眼耳鼻喉科杂志 2009,9(2):125-127.

[5]　国冬军,潘博,郭万厚,等. 先天性小耳畸形数字化三维耳廓模型的构建[J]. 中华整形外科杂志,2007,23(4):322.

(上接第 238 页)

[7]　王东哲,吕东,何丹农,等. 板料成形中压边力的控制理论研究[J]. 锻压技术,2000,4:18-20.

[8]　李东平,隋振,蔡中义,等. 板材多点成形技术的研究[J]. 塑性工学报,2001,8(6):46-48.

[9]　李少平,郑静风,何丹农. 利用神经网络及数值模拟获取变压边力控制曲线[J]. 金属成形工艺,2002,20(3):43-45.

[10]　孙成智,陈关龙,李淑惠. 变压边力对矩形件成形性能的影响[J]. 塑性工程学报,2003,10(4):6-9.

[11]　孙成智,陈关龙,林忠钦,等. 基于数值模拟的变压边力优化设计[J]. 上海交通大学学报,2004,38(7):1086-1090.

[12]　余海燕,金隼,孙成智,等. 多点变压的压边力控制系统开发[J]. 中国机械工程,2004,15(8):659-661.

[13]　李赞,董湘怀,李志刚. 优化板料成形状态的新技术[J]. 中国机械工程,2002,13(23):2007-2010.

[14]　李赞,董湘怀,李志刚. 板料成形过程中的质点变形不同步效应[J]. 华中科技大学学报. 2003,31(6):13-15.

[15]　姚毅,李赞,李建军. 基于拉深孔成形技术的圆筒形件拉深新工艺的实验研究[J]. 塑性工程学报,2006,13(6):29-33.

[16]　施于庆,楼易. 筒形件拉深孔成形工艺数值模拟分析[J]. 农业机械学报,2008,39(12):191-195.

[17]　翁其金,徐新成. 冲压工艺及冲模设计[M]. 北京:机械工业出版社,2008.

[18]　吴勇国. 板材成形过程数值模拟研究[D]. 武汉:华中理工大学,1995.