

# 胶囊生产线齿轮轴支架的数控加工

申宾德,陈佰旺

(武威职业学院,甘肃 武威 733000)

**摘要:**异形支架类零件在数控加工中存在一定的难度。分析一种胶囊生产线自动机主机头齿轮轴支架加工中存在的问题,提出更换原始材料的思路,设计针对新材料的板材裁剪加工工艺,解决了异形支架装夹难与加工精度差等问题,从而提高生产效率和设备性能,给同类的支架类零件加工提供了可参考的依据。

**关键词:**异形支架;板材裁剪;装夹方法;加工工艺

**中图分类号:**TH162+.1 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2021)05-0049-04

## NC Machining of Gear Shaft Bracket in Capsule Production Line

SHEN Binde, CHEN Baiwang

(Wuwei Occupational College, Wuwei 733000, China)

**Abstract:** Regarding some difficulties in numerical control machining of special-shaped bracket parts, problems existing in the machining process of main gear shaft bracket of the automatic machine of the capsule production line are analyzed, upon which a plan of original material replacement is put forward. The cutting process of sheet metal for new material is designed, with which the problems such as the difficulties of fixing the special-shaped bracket and lack of the machining precision are solved. Thus improving production efficiency and the performance of equipment, and providing reference basis for similar machining processions.

**Keywords:** special shaped support; plate cutting; clamping method; processing technology

## 0 引言

支架在机械设备中有着广泛的应用,文中的支架是一种胶囊生产线套合自动机主机头齿轮轴支架。整个齿轮轴支架以及其他支架和附件,都安装在胶囊套合自动机主机头托板上。主机头托板在垂直方向做上下往复运动,齿轮轴支架上安装着控制胶囊长度的顶杆,齿轮轴支架和顶杆在水平方向做左右快速往复运动。整个机构负责胶囊的切割及套合。支架的精度及质量直接决定着胶囊的套合质量和设备的运行性能。

## 1 原始支架的材料更换

在此之前齿轮轴支架用铸钢通过铸造成毛坯,在数控加工中心上,用高精度平口钳多次装夹,完成整个支架的精加工。

### 1.1 铸件材料分析

铸件的力学性能较差,切削性能低,易变形,生产周期长,整个材料的利用率低,增加了生产成本,并且多次装夹很难保证工件的形位公差及支架的整体精度。客户

反馈胶囊套合自动机在运行的过程中噪声大,对上下传动的齿条磨损严重,提供动力源的伺服电机容易过载。通过对设备的多次拆装分析后发现,是由于支架质量过大所致。为了解决这一问题,决定更换支架的材料以及加工方法。

### 1.2 材料的更换

经过多次试验分析,最终采用 7075 铝合金作为替换材料。7075 铝合金在切削性能上比铸钢好,易于加工,并且相同时间内 7075 铝合金对刀具的磨损远远小于铸钢,细小晶粒结构使它具有更好的钻孔性能,7075 铝合金还具有良好的力学性能及阳极反应,同时 7075 铝合金的抗氧化性、耐腐蚀性、耐磨性都高于铸钢,并且在 150℃ 以下有高强度等特点,完全满足设备的运行要求<sup>[1]</sup>。

## 2 改进后的加工工艺与方法

异形支架传统的加工方法是用铸造的半成品进行精加工,在没有专用夹具的情况下要多次装夹,不但给数控加工者带来了一定的难度,而且加工效率低。本文以伺服胶囊自动机齿轮轴支架为例(图 1),结合批量生产需要,介绍一种“裁剪法”的数控加工工艺与编程。

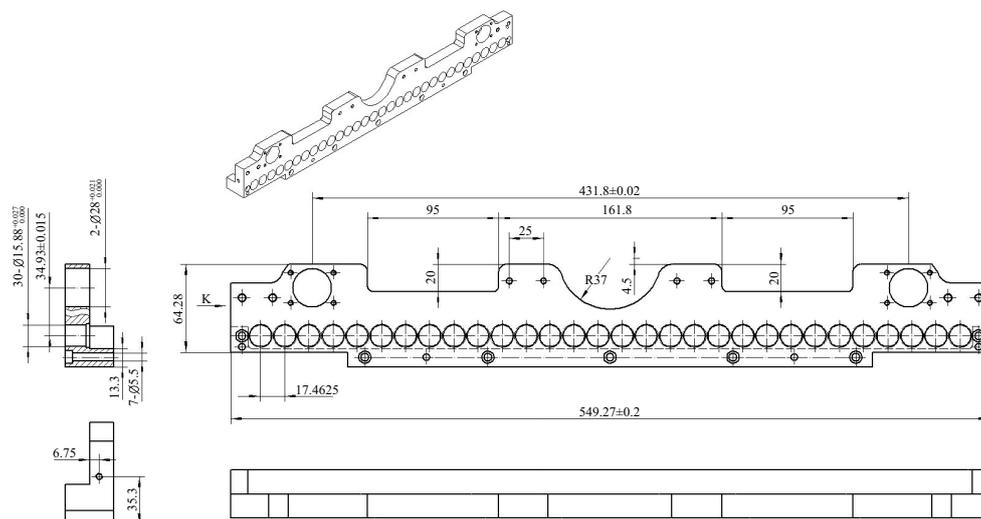


图1 齿轮轴支架

## 2.1 改进后的加工工艺与方法

根据齿轮轴支架的特点,选用 650 mm × 200 mm × 45 mm 的 7075 铝合金板做毛坯。将铝板毛坯按照图样要求铣到 35 mm。对铣面采用大板材铣削法,大板材类零件的表面加工采用新型特制夹具组合精密定位装夹方法(图 2)进行加工,必须要用面铣刀分层,反复翻面进行,最后要留精加工余量,对上下表面分别实现精铣加工。精加工余量可根据零件的变形量和形位公差要求确定。需要注意的是,对铝板毛坯进行面铣精加工时,由于铣削量不大,工件受到的铣削力很小,因此楔斜挤块的夹紧力不宜太大,以免工件受挤压力而变形,影响加工精度。

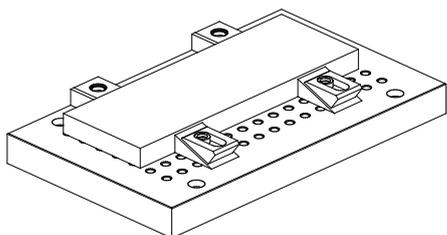


图2 新型特制组合夹具

## 2.2 支架的工艺安排

7075 铝合金硬度相对较低,容易粘刀和产生积屑瘤。根据上述特点,加工刀具应选用耐热性高的刀具,一般选用 YN10 合金三刃铣铝专用刀。在相同条件下,一般铝合金的切削速度比普通碳素钢切削速度高 40%~50%。主轴转速应在 3 200 r/min~5 000 r/min 之间,避免刀具温度过高;进给速度  $F \leq 4\ 500$  mm/min,避免应力释放不均而发生形变。切削液要求有良好的润滑性和冷却性,可用极压添加剂切削液或乳化液切削液。

“裁剪法”加工是在一次装夹中完成工件的所有轮廓加工。图 3 是全自动伺服胶囊机齿轮轴支架的正、反面实体图。将已加工完厚度的毛坯铝板压在软工作台上,图 4 所示为毛坯压制方法和工件排版。一次加工一

对,更有利于胶囊套合自动机的胶囊套合精度。压板位置要合理选择,可以在铝板上用记号笔画出零件外轮廓草图,确保压板与刀具无干涉。用铜棒轻轻敲击毛坯,让毛坯与软工作台完全贴合并找正,把压板压紧。然后进行编程加工,这样相对于传统的加工方法不但节省了加工成本,而且提高了工件的形位精度,同时也提高了加工效率。



(a) 正面



(b) 反面

图3 支架实体图

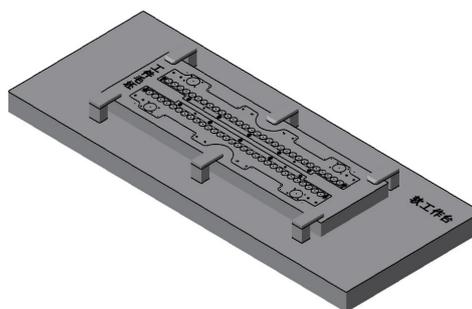


图4 毛坯压制方法和工件排版

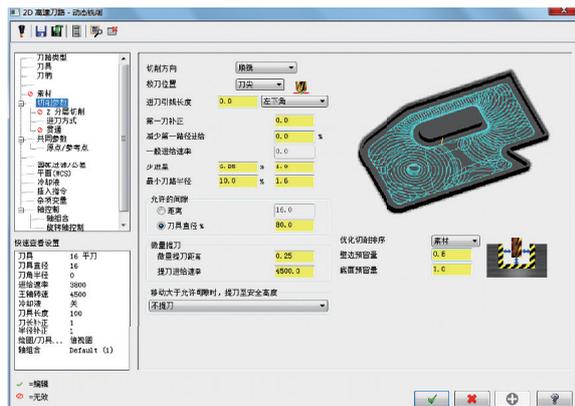
## 2.3 编程与加工

本文选用 MasterCAM2018 进行编程,机床为 FANUC-MD 系统数控加工中心。 $x$  轴、 $y$  轴的编程原点确定在毛坯中心, $z$  轴的零点以工作台表面为基准,其刀具参数选择如表 1 所示<sup>[2]</sup>。

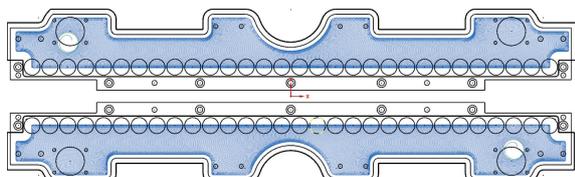
表 1 刀具参数表

刀具名称	规格	加工内容	主轴转速 $n/(r/min)$	背吃刀量 $a_p/mm$	进给速度 $F/(mm/min)$
中心钻	$\phi 3.3$	点孔	850	2	80
麻花钻	$\phi 3.2$	加工 M4 底孔	800	2	60
麻花钻	$\phi 4.2$	加工 M5 底孔	800	2	80
麻花钻	$\phi 14.0$	加工齿轮轴孔	700	3	70
三刃合金立铣刀	$\phi 16$	开粗	4 500	17.5	3 800
三刃合金立铣刀	$\phi 16$	精铣	5 000	17.5	2 000
立铣刀	$\phi 10$	铣孔	2 800	0.5	1 500
五刃立铣刀	$\phi 10$	精铣孔	3 500	0.02	1 000
立铣刀	$\phi 8$	外形粗铣	4 000	0.6	2 800
立铣刀	$\phi 6$	外形精铣	4 500	2	200

按照加工工艺学先面后孔的原则,先加工支架装配面。为了提高加工效率,选用 MasterCAM 动态铣削粗加工<sup>[3]</sup>,此过程中应注意刀具的冷却,最好采用压缩空气冷却,因为液体冷却会使切屑在工件腔体内堆积,造成工件表面粗糙、发生粘刀等问题。在动态铣削编程时,壁边精加工余量和底部精加工余量应 $>0.8\text{ mm}$ ,为了防止动态铣削时刀具发生过切,采用图 5 所示支架动态铣削部分加工参数(图 5(a))和刀具路径(图 5(b))。动态铣削深度为  $17.5\text{ mm}$ 。



(a) 加工参数



(b) 刀具路径

图 5 支架动态铣削部分加工参数和刀具路径

孔加工首先用  $\phi 14\text{ mm}$  的麻花钻钻底孔,再用  $\phi 10\text{ mm}$  的三刃铣铝合金刀粗加工,进给速度  $F=1\ 500\text{ mm/min}$ ,主轴转速  $n=2\ 800\text{ r/min}$ ,预留精加工余量  $0.1\text{ mm}$ ;精铣孔时用五刃立铣刀,进给速度  $F=1\ 000\text{ mm/min}$ ,主轴转速  $n=3\ 500\text{ r/min}$ 。粗精铣孔进给速度按照孔径的大小来决定,孔径越小进给速度应越低,铣削方式为螺旋铣削,深度为  $35.0\text{ mm}$ 。

螺纹底孔按照常规方法钻削,加工完工件配合面及孔

之后,再铣削工件外形。外形铣削用“裁剪法”加工,在整块板材上直接铣削零件外形,此加工阶段是整个支架加工过程中的重要环节。为了确保工件外形尺寸公差,分别采用粗、精加工<sup>[4]</sup>。粗加工时,壁边可按照常规加工,留  $0.1\text{ mm}\sim 0.3\text{ mm}$  预留量,但是底部预留量应在  $0.5\text{ mm}\sim 1.0\text{ mm}$  之间,保证工件能够和毛坯牢固地相连,否则会在精加工时工件发生轻微移动或上翘,导致工件外形尺寸无法保证或过切,外形粗加工预留量参数如图 6 所示;在精加工时,吃刀量不易太大,并且底部也要留有  $0.1\text{ mm}\sim 0.2\text{ mm}$  的预留量,避免在最后一刀走完时,工件直接脱离毛坯而发生撞刀,外形精加工预留量参数如图 7 所示。

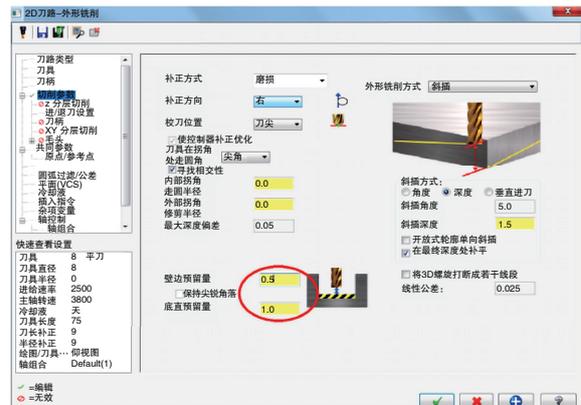


图 6 裁剪铣削粗加工预留量

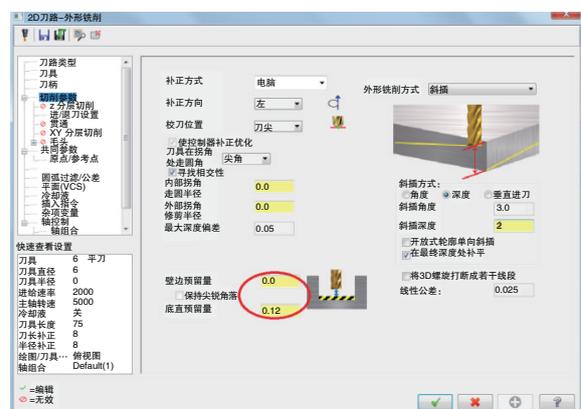


图 7 裁剪铣削精加工预留量

所有程序编制完成后进行仿真。图 8 为仿真效果图<sup>[5]</sup>。仿真无误后方可进行加工,待加工完成时,拆下工件和剩余毛坯,在毛坯背面轻轻敲下工件去掉毛刺,形成成品工件,如图 9 所示。

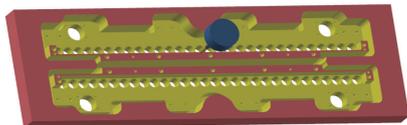


图 8 仿真效果图



图 9 成品工件

### 3 测量与检验

用三坐标对工件进行测量,所有尺寸都合格。把改进后的支架装配在设备上调试,明显地减小了设备运行时的噪声,伺服电机负载明显降低。通过胶囊生产厂家实际情况反馈,整体设备性能明显提高,胶囊套合合格率达到 90%。

(上接第 41 页)

实验结果表明质心点位置精度对边界点检测结果具有较大的影响,可以通过改变  $k_a$  值进行多次实验来获取较好的检测边界点的效果,图 4 所示为  $k_a = 2.0$  时的结果。通过多次实验表明本算法稳定、有效且计算效率较高。

### 5 结语

通过多次实验表明本算法稳定、高效、检测结果较好,可以有效地将边界点检测出来,达到预期目标。该算法在多次实验后可以确定在值的选择范围上本算法的有效范围较小,相比于文献[2]可以快速地确定适当的值。相比于文献[5]而言,该算法具有更简洁的运算原则,因而计算速度更快,对硬件要求更低。在多次实验中发现,偶尔会出现检测结果出错的情况,并且内边界检测比外边界检测更困难(可能曲率较小的原因),出现这种现象原因猜测为简单将圆盘分为两个半圆,应该是根据密度不同将圆盘分为两个区域,再统计投影点数目进行比较可以得到较好的效果。总体来讲,该算法简单、快速、稳定,噪声的影响较小,可以快速地实现边界点的提取。

参考文献:

- [1] 杨必胜,董震. 点云智能研究进展与趋势[J]. 测绘学报, 2019,48(12):1575-1585.
- [2] 何学铭,嵇永盛,庞明勇. 点云模型中孔洞边界曲线多准则提取算法[J]. 农业机械学报,2014,45(2):291-296.
- [3] 陆帆,李松,曹菁菁,等. 基于反距离权重和密度的点云边界点检测算法[J]. 计算机工程与设计,2019,40(2):364-369,454.

### 4 结语

文中论述了全自动伺服胶囊机齿轮轴支架的数控加工及工艺改进,并针对此类支架特点,提出合理的加工方案,并已经在实际生产中批量使用,尤其是采用了板料“裁剪法”的加工方法,只需要一次装夹,避免了异形支架加工时多次装夹和重复找正带来的误差,缩短了加工周期,提高了加工效率,降低了企业生产成本。文中思路和方法对同类异形支架零件的数控加工具有通用性和可借鉴性。

参考文献:

- [1] 邓彭冲. 体育器材器械的改性铝基复合材料性能分析[J]. 工业加热,2020,49(9):46-48.
- [2] 李毅. Mastercam 编程参数设置的含义和应用[J]. 湖北农机化,2019(17):74.
- [3] 岳宏梅,王甫. MasterCAM 软件在数控加工中的应用[J]. 内燃机与配件,2020(3):257-258.
- [4] 马永红,杨亮,王亚平,等. 基于 MasterCAM 复杂异形零件铣削加工工艺与仿真[J]. 金属加工(冷加工),2015(14):62-64.
- [5] 李财正,李杰,邱明,等. 航空桁肋零件精准成形工艺研究[C]// 第十七届沈阳科学学术年会论文集. 沈阳:2020:701-708.

收稿日期:2020-09-15

- [4] 王春香,梁亮,王耀,等. 三维点云模型孔洞边界识别的研究综述[J]. 现代制造工程,2019(7):157-162.
- [5] 孙殿柱,沈江华,贾宗福,等. 散乱点云局部形貌标架量化及特征识别方法[J/OL]. 中国机械工程:1-9[2020-07-27]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1294.TH.20200630.1816.044.html>.
- [6] TABIB R A, JADHAV Y V, TEGGINKERI S, et al. Learning-based hole detection in 3D point cloud towards hole filling[J]. Procedia Computer Science,2020,171:475-482.
- [7] MINEO C, PIERCE S G, SUMMAN R. Novel algorithms for 3D surface point cloud boundary detection and edge reconstruction[J]. Journal of Computational Design and Engineering, 2019,6(1):81-91.
- [8] 许龙,黄翔,李根. 一种基于模糊 C 均值和均值滤波的点云去噪算法[J]. 机械制造与自动化,2016,45(4):5-7,23.
- [9] 赵夫群,周明全. 层次化点云去噪算法[J]. 光学精密工程,2020,28(7):1618-1625.
- [10] 顾营迎,王立,华宝成,等. 一种面向空间非合作目标位姿测量应用的三维点云滤波算法[J]. 应用光学,2019,40(2):210-216.
- [11] 郭浩. 点云库 PCL 从入门到精通[M]. 北京:机械工业出版社,2019:3.
- [12] 薄怀志. 三种点云数据平面拟合方法的精度比较与分析[J]. 测绘与空间地理信息,2018,41(5):206-208.
- [13] 高新. 一种改进 K-means 聚类算法与新的聚类有效性指标研究[D]. 合肥:安徽大学,2020:23-30.
- [14] 王春香,周国勇,刘流. 逆向工程中点云孔洞轮廓线提取[J/OL]. 激光与光电子学进展:1-12[2020-07-31]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1690.TN.20200703.0943.006.html>.

收稿日期:2020-10-21