基于主轴定向功能改进内直角加工方法

■ 贵州航天职业技术学院机械工程系 （遵义 563000） 韦泰敢

摘要： 本文介绍了一种在数控机床上实现定向插削功能的方法，在不增加硬件投入的前提下，以最经济的改进成本，减少了重复定位和装夹，优化了型腔内直角工艺方案。详细阐述了实现机床主轴任意角度定向功能所需要设置的NC参数、I/O信号、PMC控制程序及零件工艺方案优化前后的对比分析。

1. 任务来源

近年来随着汽车、国防、航空及航天等工业的高速发展以及铝合金等新材料的应用，智能化、个性化和精细化已成为制造业发展的新动力。

我院校工厂接到一批需要内直角加工的特殊连接器订单，其技术要求如图1所示。

2. 加工工艺分析

该批零件数量为20件，材料为2A12-T4铝合金，为高强度硬铝，属易加工材料。由零件图1可知，零件型腔及四处腔壁凸台、两侧直角沟槽、两大平面的防滑槽及孔加工等均属于常见工艺，用通用虎钳为夹具通过多次装夹转换，用加工中心可轻松完成加工。但图1中型腔的2处内直角，长度尺寸26mm只有0.06mm的公差，型腔宽度只有6.6mm，且与外形尺寸对称度要求为0.06mm，整体外形表面质量要求高且不能有表面划痕，若采用常规数控铣削加工方法，切削成形时由于铣刀自身的圆柱形结构会在内直角处会残留有R角，无法对直角进行加工，如图2所示。

常见传统工艺方法加工难以满足该产品的技术要求，例如精密铸造法不仅成本高且不适用于小批量生产，用传统插削法需要专用机床，成本高，用刨削法效率均较低，用普通铣削法无法在小型腔内完成等。更为重要的

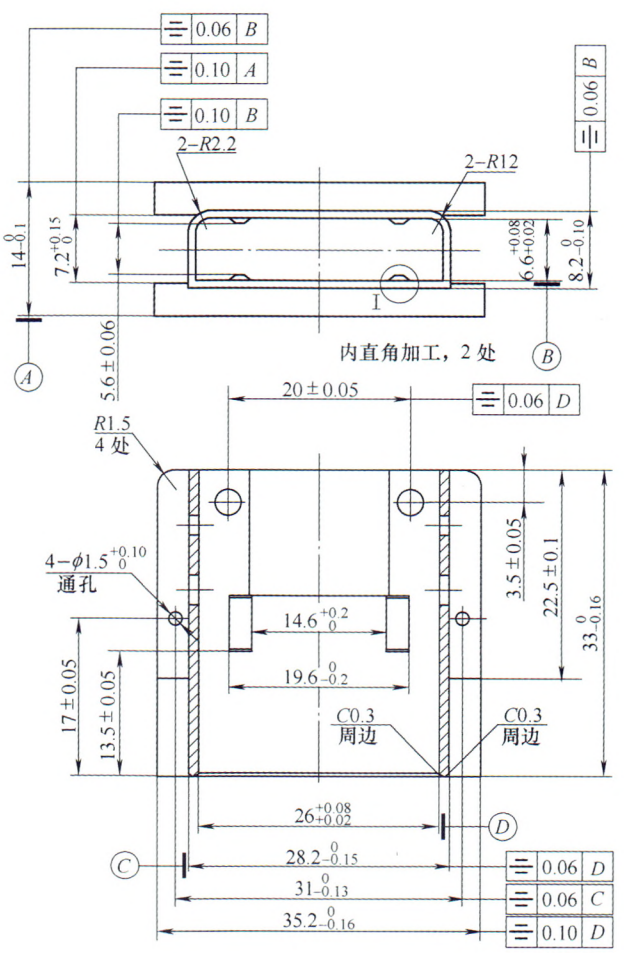


图1 零件简图

是，以上诸法对封闭型腔、阶梯型腔、盲孔或有障碍台肩的内直角或键槽则都难有作为。

因此本例中只能制作铜极用电火花机进行放电腐蚀加工图1中的两处内直角，该方法需重复定位与装夹，对工装夹具及电极精度、操作人员技术经验要求高，从而导致成本高、效率低，且还增加了工序与工序间周转环节，同时也增加了零件表面碰伤划痕的风险。其整体工艺过程如表1所示，包含电加工工序（红色部分）。

3. 解决思路及方案

针对本零件的技术要求而言，工艺方案设计应减少装夹次数，尽可能地一次装夹加工成形。众所周知，加工中心主轴的前后支承均采用成对角接触球轴承，可以承受径向载荷和轴向载荷，因此可考虑在铣床上实现微量插削功能。在四新思想（新知识、新技术、新工艺、新方法）指导下，笔者认为对数控加工中心进行改造，增加的“主轴任意角度定向”功能，可以在主轴停转锁紧后令Z轴上下往复移动，结合自制插刀可实现指定角度的微量插削功能，如图3～图5所示。

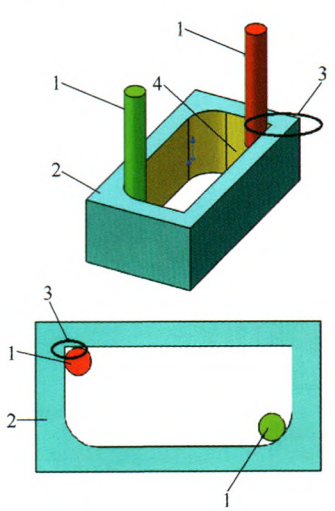


图2 残留R角示意图

1. 立铣刀 2. 连接器 3. 残留R角 4. 待加工内直角

在完成零件的内腔精加工后，采用微量插削方法去除内R角的残留余量，能很好地保证尺寸精度，可省掉电火花加工工序，工艺过程如表1所示，不包含红色电加工工序，可见微量插削功能的实现可有效的优化加工工艺。

4. 设备功能的实现

我院拥有的VMC600机床配备了市场上主流的FANUC串行主轴，但只具备基本的主轴定向功能，为满足本次小批量定向插削生产要求，兼顾“以最低成本创造最大效益”原则，可在不增加任何硬件投入的基础上，对原机床进行二次开发方可实现任意角度定向插削功能。

主轴定向的控制是由硬件连接、参数设定和PMC梯形图组成，其具体实现过程如下：

参数设置。0i-D的参数设定



图3 自制插刀



图4 往复插削a

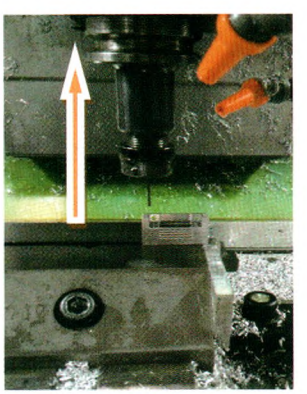


图5 往复插削b

表1 机械加工工艺过程卡片

工序号	工名序称	工序内 容	车间	设备	备注
1	铣	铣两平面	金	X51	—
2	铣	铣削成形A	金	TC-S2Z	—
3	铣	铣削成形B	金	TC-S2Z	—
4	铣	铣R角	金	XK8130A	—
	电	电火花清2处型腔内直角	—	—	（设备改进后该工序已省略）
5	铣	铣槽A	金	XK8130A	—
6	铣	铣槽B	金	XK8130A	—
7	铣	铣防滑槽	金	XK8130A	—
8	钳	钻孔	金	Z4006	—
9	钳	去毛刺	铣	手工	—
—	检	按工艺图检验，抽样数按Q/LK.J（08）1	检	—	—
10	镀	光饰处理，按Q/LK.J（08）17	镀	HD-750CL	—
11	镀	Ep.Ni7Cd18，c1B，Q/LK.J(03)91	镀	—	—
—	检	按设计图样检验，抽样数按Q/LK.J（08）1	检	—	—
12	—	入库	镀	—	—

和相关信号如表2、表3所示。

梯形图编制。以VMC600加工中心的原梯图基础上编制的0*i*-D的梯图为例进行说明（见图6）。

注意：以上梯图仅供参考，需进行M代码的译码和的FIN信号处理。

控制说明：

（1）通过M200 B**修改赋予G78、G79值的不同，用多个功能指令来实现多个固定角度的定位。

（2）当执行M19将0赋予G78、G79，则主轴的偏移量为NO.4077 中的值。

（3）当执行M200将B**中的值赋予G78、G79，则主轴的偏移量为 NO.4077+B**。

（4）编程时可通过B**来指定主轴偏移量，目标角度值B＝**×4 095/360。G78、G79 中的值与偏移角度的关系是【0，4095】与【0，360】的线性关系。

5. 零件加工的实现

（1）用小直径刀具，如ϕ2mm做清角加工，令残留的内*R*角余量尽可能的最小，在微量插削加工前，应先调整刀具刃口与型腔壁的平行度。方法：MDI方式下运行M200 B**，令主轴定向，试切，然后反复更改B**的值，直至型腔壁无台阶为止。

（2）技巧：用手盘动插刀刃口至指定角度，可在 DNG445 中查看主轴的偏移量，该偏移量＝NO.4077+B**，反过来即可求得B**的值。

注意：生产任务未完成前，调整好的刀具与刀柄不能产生位

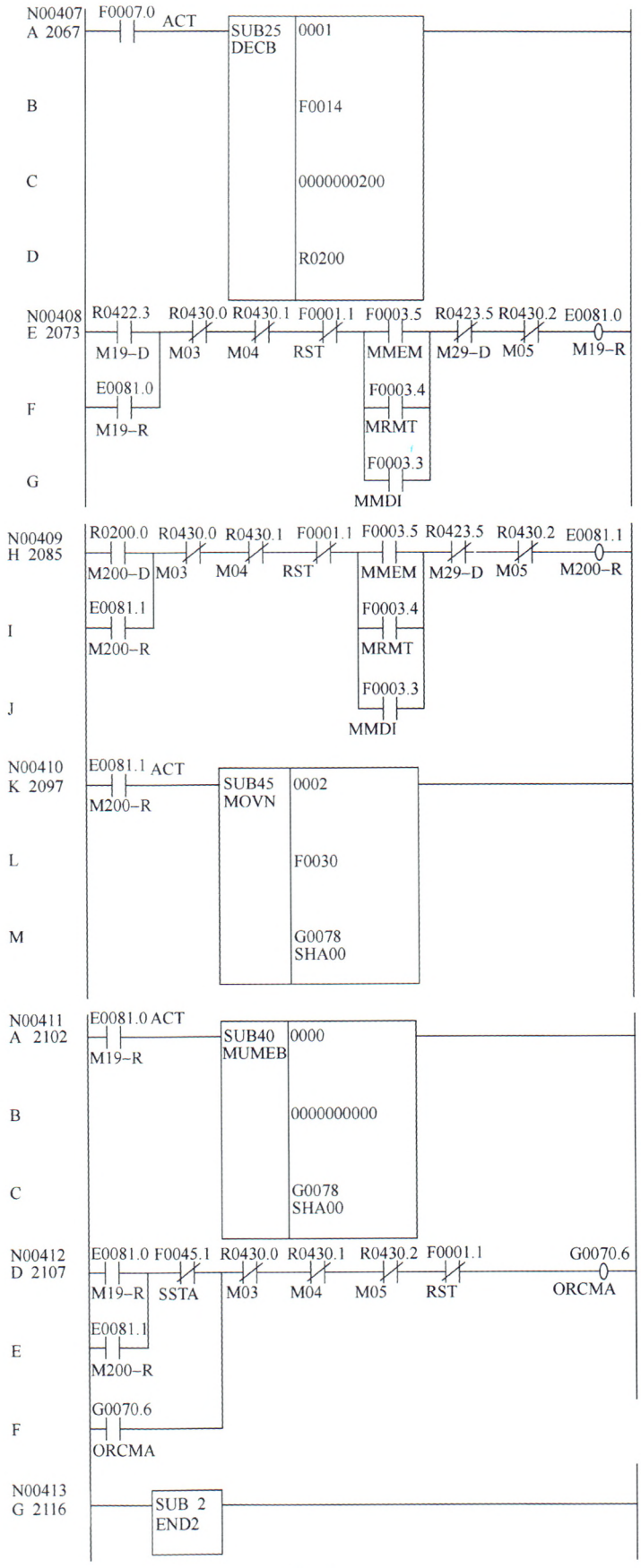


图 6

表2 参数设定

参数	说明
3729#0 置 1	打开主轴定向位置外部设定功能
8135#4 置 0	使用主轴定向功能
4077	主轴定向停止位置位移量
3117#1 置 1	DNG445 显示功能有效（显示主轴位置数据）

表3 相关信号

信号	说明
G70.6	主轴定向开始
F45.7	主轴定向结束
G78 G79	主轴停止外部偏移量，取值范围是【0，4095】

注：NO.4031为主轴定向固定型偏移量。未使用主轴定向外部设定时，主轴位置偏移量为（NO.4077）+（NO.4031）；当使用主轴定向外部设定后，4031该参数无效，主轴位置偏移量为（NO.4077）+（G78、G79）。

移不可拆卸，若需从主轴上取下刀柄应记下刀尖方向，再次安装时应保持方向一致。

（3）微量插削程序：

```
O0001
G21
N102G0G17G40G49G80G90
G90G54X50.Y50.
M200B1024（主轴在某角度上定向）
G43H1Z50.
6Z1.
M98P0002L100
G90G0Z50.
M5
G91G28Z0.
G28Y0.
M30
O0002
G91G01Z-33.5F2000
Z33.5
X-0.1
M99
```

6. 结语

以上实例表明，设备的功能改进可大幅优化产品的加工工艺，提高生产效率和质量。经过试件的量产测试，改进后的微量插削功能稳定可靠，加工程序正确，方便灵活，具有普遍适用性、经济性和较高的实用价值，值得推广运用。目前该功能主要针对FANUC串行主轴系统改进，模拟主轴或其他数控系统还需要进一步研究其改进方法，需进一步进行论证其安全性、可靠性后方可投产。

参考文献：

[1] FANUC公司. FANUC系列0*i*-D连接说明书（功能篇）[E]. FANUC公司，2008.

[2] FANUC公司. FANUC系列0*i*-D参数说明书[E]. 日本：FANUC公司，2008.

[3] FANUC公司. FANUCPMC梯形图语言编程说明书[E]. 日本：FANUC公司，2008.

[3] 韦泰敢，田蕾，侯毅. 基于PMC的电子手轮故障诊断与维修[J]. 现代机械，2011（5）：63-65.

MW（收稿日期：20170208）

《金属加工（热加工）》2017年第8期要目

汽车前纵梁钢板激光填丝熔焊质量控制
焊接相关作业的安全投入与管理
数控空气等离子切割工件的若干缺陷探讨
6061铝合金T型接头PD位置焊缝根部链状气孔
AB100空铁机车构架组焊工艺研究
埃及不锈钢车车顶钢结构焊接工艺
铝合金车体车顶结构修补工艺
铝合金动车组侧墙板平面度尺寸超差控制
45钢拐臂的铆焊工艺
手工焊机热输入采集系统的设计与应用分析
Q690D低合金高强钢复杂箱体焊接工艺研究
带式输送机铸焊滚筒焊接工艺研究
等离子弧粉末堆焊控制系统的研究
焊接凹坑的围堤效应
某型军车空调蒸发器壳体组焊夹具的设计
水平段连铸辊断裂失效浅析