

基于数控机床的插铣加工方法

■ 中航工业成都凯天电子股份有限公司（四川 610091） 罗文红 胡永明 蔡国富

摘要：本文通过对几类常见铸件机箱零件垂直面的常规加工方法归纳总结，提出一种可在数控机床上进行插铣的加工方法。该方法相对于普通插床具有效率高、加工表面质量高及可程序控制等优点。目前已推广应用于各类航空惯导、飞控铸件机箱的插铣加工中。

铸件机箱及框架类零件内腔均存在元器件安装定位的垂直面，由于该垂直面为安装定位面，其尺寸精度和形位公差精度要求往往很高。常规加工方法是利用普通插床插铣或者电火花加工，此类加工方法虽能达到产品要求，但存在制造周期长、工人劳动强度大且受工种限制等因素，导致产品交付困难，无法满足分厂快速发展及客户的需求。为有效解决此类铸件机箱产品的生产瓶颈问题，一种基于数控机床的插铣加工方法应运而生。该方法基于数控机床的垂直运动，设计制造一种插铣刀具，达到比普通插床加工精度更高的技术要求。本文选取三类典型铸造零件进行深入的工艺分析，通过对各类加工方法的提炼总结，提出一种基于数控机床的插铣加工方法，解决机箱产品垂直面的加工难题，并得到产品验证。

1. 垂直面常规加工方法

（1）安装座。安装座有三处垂直面，如图1所示，垂直面高96mm，对底面垂直度

为0.03mm，表面粗糙度值 $R_a=1.6\mu\text{m}$ 。

安装座的三处垂直面主要有两类加工方法：①数铣→电火花→钳工。②数铣→普通插床→钳工。

两种加工方法的主要缺点：一是加工制造周期长；二是产品质量不高。两种方法加工时间如表1所示。

方法1采用电火花加工，不仅加工时间长，而且表面质量差。

方法2采用普通插床加工，由于垂直度要求很高，不能采用活

动刀头，只能用固定刀头装夹刀具，导致刀具在零件表面往复摩擦，刀具使用寿命大大缩短，同时产品加工表面质量较差。

此外，两种方法皆需要依靠钳工对垂直面进行打磨抛光，导致工人劳动强度大，生产效率低，无法满足大批量、稳定化生产的需要。

（2）机箱。机箱内腔有4处圆凸台面，如图2所示，4处圆凸台面要求共面，对机箱底面的垂直度为0.02mm，表面粗糙度值 $R_a=1.6\mu\text{m}$ 。

主要加工方法：数铣→普通插床→钳工。

缺点：加工制造周期长。

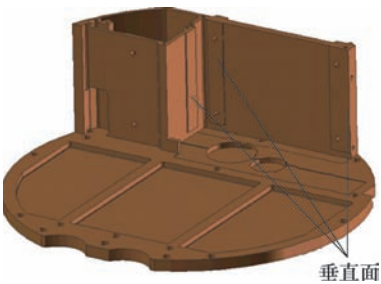


图1 安装座

表1 安装座垂直面常规方法加工时间
(单位: min/件)

工序 项目	数铣	电 火花	普通 插床	钳工	合计
方法1	30	180	—	240	450
方法2	30	—	120	180	330

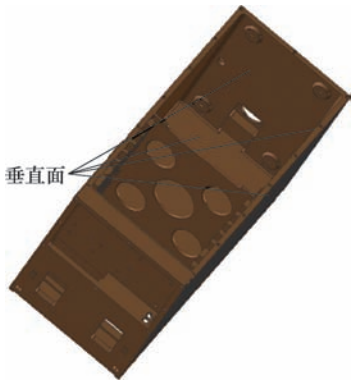


图2 机箱

数铣加工时间120min, 电火花120min, 钳工打磨180min, 加工时间共计420min。

机箱内腔4处凸台面高出机箱内壁仅1mm, 靠近机箱底面的两处圆凸台距机箱上表面170mm, 超过加工中心机床行程, 故无法用铣刀加工。采用普通插床加工, 由于此零件精度要求高, 无法用活动刀头加工, 只有通过插削加工, 留少量余量, 再由钳工研磨的方法加工, 这样工人劳动强度大, 生产效率低, 不能满足高效生产需要。

(3) 内框架。内框架垂直面如图3所示。内腔垂直面对上表面的垂直度为0.02mm, 相对距离为180mm, 高度为130mm, 表面粗糙度值 $R_a=0.8\mu\text{m}$ 。

主要加工方法: 数铣→普通插床→钳工。

缺点: 加工制造周期长。数铣加工时间240min, 普通插床120min, 钳工打磨210min, 加工时间共计570min。

内框架刚度差, 技术要求高, 如果采用慢走丝线切割加工, 可以一次保证质量要求。但一方面铸件中存在少量的杂质或夹渣, 该类物质不导电, 从而导致线切割加工过程中, 钼丝漂移, 错误切割到非加工的导电部位, 导致零件报废。另一方面慢

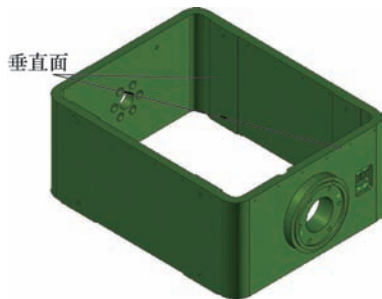


图3 内框架

走丝线切割加工成本高, 效率低, 不能适应快速、高效的生产需要。

采用普通插床加工面, 由于产品精度高, 插削刀具在零件表面往复摩擦导致刀具磨损大, 无法保证垂直度和表面粗糙度质量要求, 必须留少量余量, 由钳工研磨, 保证产品的各项技术要求。

综合上述三类典型铸件零件垂直面加工分析可知: 常规的加工方法虽然能保证产品质量, 但是制造周期长, 加工效率低, 生产成本低, 工人劳动强度大, 无法满足批量化、稳定化且高效快速化的生产需要。

2. 解决方案

为解决上述三类零件生产中遇到的相同瓶颈问题, 借鉴普通插床的加工原理, 结合分厂机床设备特点, 提出一种基于数控机床的插铣加工方法。该方法是对已丧失部分功能的VA-35数控机床进行工艺改进, 变废为宝, 改进后的数控机床可作为数控插床使用, 能有效解决上述各类零件的加工难题。

(1) VA-35数控机床改造。

由于VA-35数控机床老旧, 且定位精度降低, 目前只能用于零件精度要求低的粗加工。虽然机床做旋转运动的精度降低, 但是机床主轴做上下往返运动的精度是完好的。考虑到上述提到的三类零件主要为垂直面加工, 结合普通插床的加工原理, 若能将数控机床进行改造, 只利用其主轴做普通插床的上下往返运动, 即可实现普通插床的功能。不仅如此, 数控机床较普通插床还具有

其他优点:

行程大。VA-35垂直方向行程达450mm, 比普通插床行程大250mm。

可实现程序控制, 更便于操作, 减少人为操作找尺寸带来的不便和误差大的缺点。

可实现单向进给运动。刀具下降至最低点后可利用数控编程, 进行退刀, 不损伤已加工面的表面质量。

润滑冷却更加充分。

基于上述优点, 设计制造一种可用于数控机床的插铣刀具, 如图4所示, 法兰盘3联接在机床主轴箱端盖上, 插刀杆2固定安装在法兰盘3中, 配合间隙为0.05mm, 插刀杆的前端安装VBGT11 03 04LF刀片1, 该刀具的使用可将数控机床改造为数控插床。此类改造未使用机床主轴, 对主轴精度无影响。由于留给插削加工余量较小(不大于0.2mm), 并且插削铝材切削力小, 切削过程无冲击, 主轴在下降过程中主轴箱质量远远大于切削力, 所以对机床丝杠精度和导

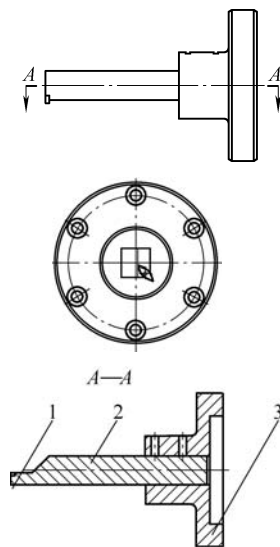


图4 一种可用于数控机床的插铣刀具
1.刀片 2.插刀杆 3.法兰盘

轨精度无影响。

(2) 机床对比。普通插床的加工原理如图5所示。普通插床在刀具下降至最低点时不能作退刀运动，只能沿已加工面垂直升起，这样刀具通过已加工面时，会不停地摩擦，导致拉伤已加工面，影响加工面表面粗糙度质量。普通插床靠工人手动进给、手动润滑、手动找坐标尺寸，带来人为操作的不确定性，手动操作误差较数控控制大，工人劳动强度高，且生产效率较低。

数控机床经过改造成为数控插床后的加工原理如图6所示。刀具在程序控制下做上下运动，下刀切削时刀具接触加工表面，下降至最低点后，利用程序控制刀具作退刀运动，刀具抬起离开加工表面，回到加工原点。刀片采用VBGT11 03 04LF硬质合金刀片，锋利耐磨，易于更换，能

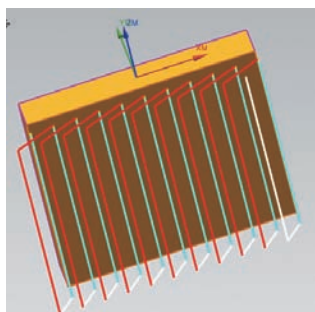


图5 普通插床加工原理模拟

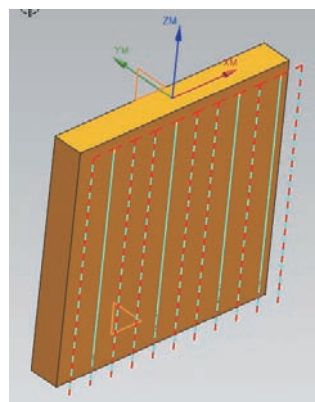


图6 数控插床加工原理模拟

获得较高的表面粗糙度质量。刀具运动靠数控程序控制，零件加工的尺寸精度得到有效控制。此外，通过退刀编程处理可有效控制刀具运动，避免像普通插床插刀的往复运动时对已加工面的拉伤，保证加工面的表面质量。

(3) 效果验证。采用数控插床加工后，各类零件的生产效率大大提升，产品质量也得到巨大提高。改善后的安装座、机箱及内框架的主要加工流程为：数铣→数控插铣→钳工，其加工制造时间如表2所示。

表2 改善后加工时间列表

(单位: min/件)				
工序 项目	数铣	数控 插铣	钳工 (去毛刺)	合计
安装座	30	25	10	65
机箱	—	40	10	50
内框架	—	120	10	130

从表2可以看出：安装座用数控插铣加工后，加工时间较方法1缩短385min，较方法2缩短265min，生产效率提高至少5倍。零件经过打表测量，垂直度实测为0.015mm，表面粗糙度值 $R_a=0.8\mu\text{m}$ ，完全符合图样要求。

机箱采用数控插加工：加工时间较常规加工缩短370min，生产效率提高近10倍。零件送三坐标计量中心计量，垂直度实测为0.01mm，表面粗糙度值 $R_a=0.8\mu\text{m}$ ，完全符合图样要求。

内框架采用数控插加工，加工时间较常规加工缩短440min，生产效率提高近5倍。零件送三坐标计量中心计量，垂直度实测为0.015mm，表面粗糙度值 $R_a=0.8\mu\text{m}$ ，完全符合图样要求。

通过上述三种类型零件加

工验证后，不难发现，零件的实际尺寸精度、形位公差精度及表面粗糙度质量都比图样要求的要高，产品质量得到巨大提高。更重要的是，生产效率得到巨大提高，许多产品按以往要45天交付客户，经过改用数控插铣加工后，提前7天就可以给客户发货，而且产品质量较之前有巨大提高，受到客户高度赞扬。

3. 结语

基于数控机床的插铣加工方法不仅能成倍提高生产效率，缩短零件制造周期，还大大提高了产品质量。与此同时，基于数控机床的插铣加工大大降低了工人劳动强度，为分厂节约大量成本，对分厂降本增效、推行AOS生产运营管理及内部市场化等方面都起到巨大作用，创造巨大经济效益。改善的产品加工方法已纳入工艺文件中，进行固化，保障了产品生产的稳定性。

另外，该数控插铣方法已进行广泛应用，如电器盒、外框架等产品。基于数控机床的插铣加工方法得到领导及同事的一致肯定，同时也得到了客户的一致好评，该加工方法取得成功。

参考文献：

- [1] 王先逵. 机械制造工艺学[M]. 北京：机械工业出版社，2001.
- [2] 李庆涛. 机床夹具设计[M]. 北京：机械工业出版社，1984.
- [3] 臧勇. 现代机械设计方法[M]. 北京：冶金工业出版社，1998.
- [4] 冯冠大. 典型零件机械加工工艺[M]. 北京：机械工业出版社，1986.

MW (收稿日期：20160320)