“填充式”加工方法在薄壁异形零件中的巧妙应用

淮海工业集团有限公司二分厂　（山西长治　046012）　张兵胜　刘　波　张泽云

摘要：基于异型复杂薄壁零件加工，利用低温合金的熔点与所加工零件的熔点差异较大的原理，从填充材料的选择、零件加工基准的转换和填充方法的设计3个方面，详细说明了“填充式”加工方法的原理和思路。该方法突破了传统加工方法无法解决的难题，操作简单，成本低廉，有着很好的推广利用价值。

1. 零件结构及加工思路

“填充式”加工方法的思路是：先把熔点相对低的物质熔化后填充在零件的非加工区域，从而提高零件的结构刚性，改善切削性能。然后对其余部位进行加工，加工完成后再将填充物熔化分离后取出。此方法适用于结构复杂、刚性较差的异型薄壁零件。如图1所示，叶片壁厚为0.6mm，长度为15mm，中空结构，属于典型的薄壁异型零件。经过实践证明，用“填充式”加工方法后，可以获得满意的加工精度和效果。

图1　叶轮零件

2. 填充材料的选择

填充材料的选择是该加工方法的核心内容之一。因为：①所选材料在固态时必须要有足够的强度，保证零件在切削力作用下不发生变形。②填充材料的熔点要选择得合适。材料的熔点过高，在填充过程中会导致零件退火，使其力学性能受到影响；熔点过低，有可能出现刀具切削热使材料熔化的现象，起不到增加零件刚性和固定零件的作用。③填充材料与零件材料分子间的亲合力不能过大，必须保证加工完成后能够顺利地将两种材料进行分离。④材料的选择还应考虑被加工零件的熔点，避免出现在熔化填充材料时把零件材料熔化的现象。

常用的填充材料有锡、铅和石蜡等。但其实这些材料都不太适用于平时的机械零件加工，因为石蜡熔点太低，只能用于填充一些易切削的塑料类零件，而锡、铅的熔点又太高，填充时操作困难，而且容易使零件的力学性能发生变化。在经过查找相关资料和数次工艺试验后，选中了一种具有特殊物理性能的合金材料——低温合金，它是一种熔点较低且强度较高的铅合金材料，用水浴法在80℃就可以很容易地将其熔化（水浴加热可以有效地避免填充材料的高温氧化），并且不会影响零件的力学性能。另外，此合金材料与铁系金属在常温常压下不会发生化学反应或粘连，易于分离，分离开的合金材料还可以重复利用，在减小浪费的同时还减小了对环境的污染。

3. 零件基准的转化

正常的机械加工要求基准重合，即：工序基准与设计基准重合，以使所加工尺寸受定位误差的影响最小。由于“填充式”加工方法的特殊性，一般需要对零件加工基准进行转换。比如：需加工内部的零件要将其外部基准转化到填充夹具上，需加工外轮廓的零件要将其内部基准转化到填充夹具上，最后只需以转化后的基准定位即可。因为零件的

加工基准要转化到填充夹具上，所以填充夹具与零件的配合精度将直接影响加工零件的精度，其数值大小决定了所加工零件的精度。显然，配合精度越高则定位误差越小，对零件的加工精度影响越小。

4. 填充方式的设计

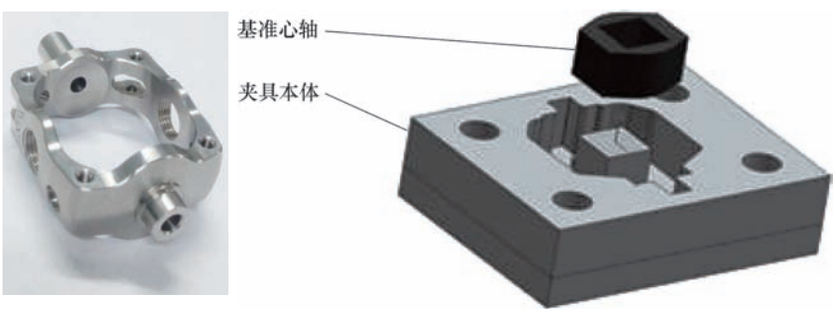
根据零件的结构和工艺特点，在实际应用过程中，填充方式大致可以分为3种不同的类型，分别予以介绍和说明：

（1）对于外形复杂而要加工内轮廓的异型零件，即如图1所示的零件，必须以外形定位进行填充。通过设计如图2所示的具有规则形状的容器类夹具，可以使零件的加工基准——零件轴线转化到夹具的回转轴线上，继而实现对零件的填充及装夹。填充夹具首先应具有规则的外轮廓，以便于加工时的装夹；它还应该是一个下端封闭的容器，这样才可以使流体状的填充零件不会流失并在凝固后将零件有效固定；夹具与零件的配合间隙视零件的加工精度而定，一般可以取0.005～0.015mm，内孔与外圆的同轴度越小越好，实际操作中可以采用内孔、外圆一次装夹加工完成的方法来减小同轴度误差。在夹具填充操作时，首先以夹具内孔对零件的外圆定位，将熔化的填充材料浇入零件与夹具的间隙，待填充材料凝固后，方可夹持夹具外圆加工叶轮的中空结构。

图2　填充叶轮零件外形辅具示意图

（2）对于具有不规则内轮廓、需要对外形部分进行加工的零件，就不能再使用上述的方法进行填充了，此类零件如图3a所示。这个零件的特点为：零件的毛坯是铸造成形件，没有可用来可靠定位的部位；零件结构特殊，属于薄壁、框架类零件，故夹紧困难。对于这类零件，在设计填充夹具时，必须将零件的外部粗基准转化到内部的精基准上，以实现随后对零件精确定位及加工。

根据零件的结构特点，设计的填充夹具如图3b所示：该夹具首先要通过夹具本体的型腔对零件的外轮廓定位，然后将基准心轴装在夹具型腔中央的定位柱上，最后在基准心轴与零件的缝隙中浇入填充材料。待填充材料凝固后，将铸在一起的零件与基准心轴取出，这时就将零件原来的铸造面粗基准转化到了基准心轴中央方孔的精基准上。加工时再配以一个简单的以方孔定位的夹具即可实现对零件的精确定位。



(a)　　(b)

图3　填充内部零件及辅具示意图

（3）“填充式”加工法还可用于对薄壁筒状零件的填充，以增强零件的结构刚性。图4所示是薄壁长筒类零件，壁厚只有0.2mm，筒身长47.5mm。

图4　薄壁长筒零件

常规的方法完成此零件的加工，需要做一系列规格不同的心轴，用于对内孔的撑紧，以提高零件的刚性。此方法费时、费力不说，仅仅是做一大堆工装，对于小批量加工来说无疑就是巨大的浪费。而采用“填充式”加工则完全省去了以上繁琐的步骤，它只需在加工完内孔后把填充材料浇入内孔，即可对外圆进行加工。并且车削完成，切下零件后可以直接夹持外圆进行铣削，而无需考虑筒身会被夹持变形和顶部悬臂在加工过程中的受力变形等问题，这点是常规的心轴工装做不到的。

辅助花键在工程机械齿轮加工中的应用

临沂恒跃齿轮有限公司　（山东　276003）　薛振威

摘要：针对工程机械齿轮加工过程中，部分齿轮总长设计内花键较短且位置偏向一端，企业没有立式拉床而采用卧式拉床加工时精度达不到要求的问题，采用增加辅助花键的方法，确保了加工精度。

1. 齿轮结构

在工程机械齿轮加工过程中，部分齿轮总长设计内花键较短且位置偏向一端（见图1），如果加工企业没有立式拉床，采用卧式拉床加工时，齿坯拉削及心轴定位容易偏斜，后面工序精度达不到要求，进而影响整个零件精度。

2. 不加辅助花键对精度的影响

齿轮热处理之前的加工工艺过程为：粗车→镗孔车基准→拉花键→精车→车辅助花键→滚齿。如果在镗孔工序将孔镗到最终尺寸，即不加辅助花键时，在后面两步工序中会对精度产生如下影响：

（1）在拉花键工序，因花键本身尺寸较短，而工件尺寸较长，拉花键时，齿坯在拉刀上因自重原因，无花键一端易倾斜，齿坯轴线跟拉刀轴线成一定夹角，这样拉成的齿坯实际上内花键的轴线跟齿坯的轴线已经偏斜，零件装上心轴，检查外圆和远离花键孔一端跳动，满足不了工艺要求。

5. 结语

一般情况下，薄壁零件的加工可以采用高转速、快进给、轻切削方式进行。而“填充式”薄壁异型零件加工工艺是一种新兴的零件装夹方法，它突破了传统加工方法无法解决的异型薄壁类零件的装夹难题，定位精度可以达到0.02mm左右，也是一种适用于多品种、小批量异型薄壁零件的加工方式。

参考文献：

[1] 杨家斌. 实用五金手册[M]. 北京：机械工业出版社，2003.
[2] 杨叔子. 机械加工工艺师手册[M]. 北京：机械工业出版社，2006.
[3] 王苗法. 低熔点合金在叶片生产中的应用[M]. 哈尔滨：汽轮机技术杂志出版社，1987.
[4] 邹宇超. 低熔点合金的开发与利用[M]. 北京：物理测试杂志出版社，1993.

MW（收稿日期：20151026）

专家点评

文中提到的“填充式”加工方法适用于结构复杂、刚性较差的异型薄壁零件，是一种新兴的零件装夹方法。利用一种低熔点、高强度的铅合金材料，熔化后填充到工件的内腔和薄弱部位，增加工艺刚性，节省工装费用。“填充式”加工方法操作简单、成本低廉，突破了传统加工方法无法解决的装夹难题，有着很好的应用价值。