# **数控加工中心的智能运行与维护系统**

## **一、数控加工中心的应用范围**

数控加工中心的加工工艺有着许多普通机床无法比拟的优点，通常从零件的形状、精度要求、周期性等方面综合考虑，从而决定其是否适合用加工中心加工。一般来说，加工中心适合加工以下几种类型的零件。(http://www.aoweidun.com/article.php?name=20201028160451)

1．既需要加工平面又需要加工孔系的零件

既需要加工平面又需要加工孔系的零件是加工中心的首选加工对象。利用加工中心的自动换刀功能，使这类零件在一次装夹后就能完成其平面的铣削和孔系的加工。节约了装夹和换刀的时间，零件的生产效率和加工精度都得以提高。这类零件常见的有箱体类零件和盘、套，板类零件。

2．要求多工位加工的零件

这类零件—般外形不规则，且大多数要点、线、面多工位混合加工。若采用普通机床，只能分成好几个工序加工，工序较多，时间较长。利用一些加工中心的多工位点、线、面混合加工的特点，可用较短的时间完成大部分甚至全部工序。

3．结构形状复杂的零件

结构形状复杂的零件其加工面是由复杂曲线、曲面组成的，通常需要多坐标联动加工，在普通机床上一般无法完成，加工这类零件选择加工中心是最好的方法。典型的零件有凸轮类零件﹑整体叶轮类零件和模具类零件。

4.加工精度要求较高的中小批量零件

加工中心其有加工精度高、尺寸稳定的特点。对加工精度要求较高的中小批量零件选择加工中心加工，容易获得要求的尺寸精度和形状、位置精度，并可得到很好的互换性。

5．周期性投产的零件

当用加工中心加工零件时，花在工艺准备和程序编制上的时间占整个工时的很大比例。对于周期性生产的零件，可以反复使用第一次的工艺参数和程序，大大缩短生产周期。

6. 需要频繁改型的零件

这类零件通常是新产品试制中的零件，需要反复试验和改进。加工中心加工时，只需要修改相应的程序及适当调整一些参数，就可以加工出不同的零件形状，缩短试制周期，节省试制经费。

## **二、刀具的磨损及其危害**

刀具的磨损分为三个阶段：初期磨损、正常磨损、急剧磨损。在初期磨损阶段刀具的主要磨损原因是刀具的温度低，并没有到达最佳的切削温度，这时，刀具的磨损主要是磨料磨损，这样的磨损对刀具的影响比较大，很容易导致刀具崩刀。这个阶段是非常危险的阶段，处理不好，可能直接导致刀具崩刀失效。当刀具度过初期磨损期，刀具的切削温度到达一定的数值，这是主要的磨损是扩散磨损，它的作用主要是导致局部剥落。所以，磨损比较小，比较慢。当磨损到一定程度，刀具就失效了，就进入了急剧磨损期。

刀具出现严重磨损之后，切削力可以增大到正常的3倍。而切削力对主轴电极的使用寿命有很大的影响，主轴电机的寿命和受力是反比3次方的关系。例如，在切削力增大3倍的情况下，进行加工10分钟，就相当于主轴在正常情况下使用10\*33=270分钟。此外，刀具磨损更会影响加工零部件的尺寸精度和表面光洁度。

上面我们说到刀具在初期磨损阶段，很容易崩刀，为了避免出现崩刀现象，我们必须对刀具进行磨合。使刀具的切削温度逐渐的升高到合理的温度。经实验验证，使用相同加工参数加工进行的比较。可以看出磨合后，刀具寿命增加了2倍多。在刀具的正常磨损阶段，与刀具磨损相关的错误如果未能得到补偿，届时得到的产品可能会报废。如果可以进行实时、准确的监控，则可以动态调整机器参数以补偿刀具磨损，从而最大限度地减少浪费。

## **三、数控加工中心的智能运行与维护问题**

加工中心在运行的过程中，被加工零件的材料类型、加工参数（如进给量、切削深度等）都会对刀具的磨损过程产生影响，从而影响加工任务的执行。美国国家航空航天局和UC Berkeley大学实验室共同对松浦 MC-510V 加工中心铣削加工的刀具磨损进行了详细的实验，实验情况和实验参数如表1和2所示，详细实验数据及说明见附件。

Table 1: 数据名称及含义

|  |  |
| --- | --- |
| Case | 案例数量(1-16) |
| run | 每个案例中实验的测量次数 |
| VB | 刀具磨损量 |
| time | 实验中的测量时刻（每个案例的都从0时刻开始） |
| DOC | 切削深度（每个案例运行过程中不变） |
| feed | 进给量（每个案例运行过程中不变） |
| material | 零件材料种类（每个案例运行过程不变） |
| smcAC | 交流主轴电机电流信号 |
| smcDC | 直流主轴电机电流信号 |
| vib\_table | 工作台振动信号 |
| vib\_spindle | 主轴振动信号 |
| AE\_table | 工作台噪音信号 |
| AE\_spindle | 主轴噪音信号 |

Table 2: 实验参数

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 案例编号 | 切削深度  mm | 进给量mm/rev | 零件  材料 | 案例编号 | 切削深度  mm | 进给量mm/rev | 零件  材料 |
| 1 | 1.5 | 0.5 | 铸铁 | 9 | 1.5 | 0.5 | 铸铁 |
| 2 | 0.75 | 0.5 | 铸铁 | 10 | 1.5 | 0.25 | 铸铁 |
| 3 | 0.75 | 0.25 | 铸铁 | 11 | 0.75 | 0.25 | 铸铁 |
| 4 | 1.5 | 0.25 | 铸铁 | 12 | 0.75 | 0.5 | 铸铁 |
| 5 | 1.5 | 0.5 | J45钢 | 13 | 0.75 | 0.25 | J45钢 |
| 6 | 1.5 | 0.25 | J45钢 | 14 | 0.75 | 0.5 | J45钢 |
| 7 | 0.75 | 0.25 | J45钢 | 15 | 1.5 | 0.25 | J45钢 |
| 8 | 0.75 | 0.5 | J45钢 | 16 | 1.5 | 0.5 | J45钢 |

从实验数据的分析可知，被加工零件的材料类型、加工过程中进给量和切削深度的差异性均会导致刀具磨损程度的差异性，从而形成数控加工中心加工精度退化轨迹的差异性。

当面对具有不同材料类型、不同加工精度要求、不同切削量的多样性零件加工任务时，一个具有智能化的运行与维护系统对数控加工中心的高效运营管理具有重要意义。实现上述目标，数控加工中心的智能运行与维护系统要具备如下功能：

1.基于传感器信号的刀具磨损状态预测（加工精度预测）

基于传感器数据和刀具退化数据，制定刀具退化预测模型。

2. 基于零件特征和设备状态的加工参数智能选取

基于零件材料和精度要求，确定最优加工顺序和加工参数（进给量/切削深度/智能刀具补偿）。其中，加工中心的加工精度与刀具磨损具有正比例关系，假设产品精度要求与刀具磨损状态具有如下函数关系：

加工中心加工精度=*f*(刀具磨损)≤产品尺寸公差(产品精度要求)。

3. 刀具日常维护与更换的智能决策

基于生产任务预测，动态制定刀具磨损阈值和刀具更换阈值，并基于传感器信号数据智能提醒刀具的维护和更换。

4. 数控加工中心智能维修决策

大修/维修决策（暂缺乏加工中心故障数据）。

请设计一个数控加工中心的智能运行与维护系统，并基于附件中的数控加工中心铣削加工的刀具退化数据，通过仿真验证所设计的智能运行与维护系统的有效性。

## **四、附件**

附件1：铣削加工数据说明；

附件2：松浦 MC-510V 加工中心参数；

附件3：数据集“mill”，mat格式结构化数据（Matlab软件）。