

# 铣削过程中刀具损坏的监测

夏正权

(精密机械工程系)

## 摘 要

刀具损坏的监测是实现机械加工自动化的必要措施,它早已引起国际机械加工学术界的重视,並已取得一定的进展,但迄今为止,对于在线的旋转刀具,由于切削信息收集和传感器设计存在较大困难,因而对铣削过程中铣刀损坏的监测技术仍进展不快。

刀具损坏包括刀具破损和刀具磨损,前者引起刀头和工作不相触,后者带来铣削扭矩增加,因此,切削信息采集已经做到,信息传输和处理也变成可能。

本文系作者在美国威斯康辛大学期间,就参与承接美国通用汽车公司委托的科研任务而做的实验工作加以阐述,並对今后设想提出建议。

## 一、课题介绍及背景材料

美国通用汽车公司(General Motor Corporation)于1985年委托威斯康辛大学机械系一个科研课题,任务是:“在大型数控铣床上发展一种计算规系,並相应提出传感器结构和特性的建议。通过实验,要求在铣削加工过程中,当刀头有损坏时,能在该铣刀仅旋转两周的短暂时间内完成监测和处置任务,最后完成对模具制造单元适应控制(Adaptive Control)的需要”。作者参与这项科研工作。

刀具损坏监测是实现机械加工自动化的必要措施。它早已引起国际机械加工行业和学术界的重视,並已取得一定的进展。过去研究的重点大多集中在加工过程的加工参数和被加工工件的尺寸、形状和加工质量等方面。意大利都灵大学付校长G. F. Micheletti 教授曾就加工信息的传感方法归纳为\*:

1.直接量法 直接度量刀头的变化。

(1)光学传感器:利用光的反射,光纤传输,电视技术等。

(2)电阻传感器:利用刀头损坏所引起电阻变化。

(3)放射物质传感器:度量带有放射性物质的刀具材料的实际消耗。

(4)气动传感器:利用气压在通过隙缝时的压力变化。

本文1986年10月12日收到。

•Micheletti, G.F., Inprocess Tool Wear Sensors for Cutting Operations, CIRP.  
No2, 1976.

2.间接量法 是利用由于刀具损坏所引起的其它加工参数的变化而加以传感。

- (1)切削力或力矩。
- (2)振动和声波分析。
- (3)被加工表面的粗糙度。
- (4)加工工件的尺寸变化。
- (5)刀台和工件的实际距离。
- (6)切削温度及热电效应。
- (7)系统的能源输出。

但是，上述方法对于本课题要求对铣削过程进行监测还有一定困难。这是因为这里一是要求在线监测(on line)，二是铣刀处于旋转状态。

二、实验方法

实验由二部分组成。一是信息的采集，二是信息的传输和处理。

信息采集如图 1 所示。测力仪、加速计及光学码盘所收集的信号通过磁带送入计算机。数据可由磁盘加以贮藏。

经过在 Harries 800 计算机上的处理结果，获得工件 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 方向的切削力(图2、3、4)。

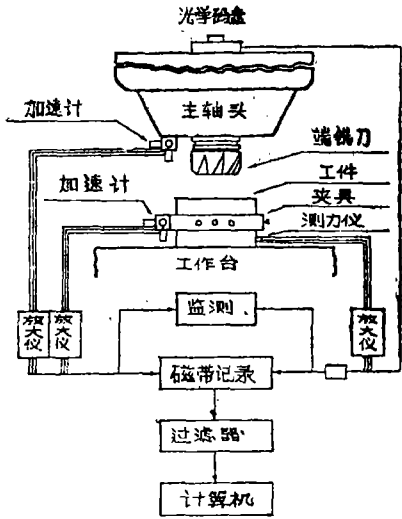


图 1

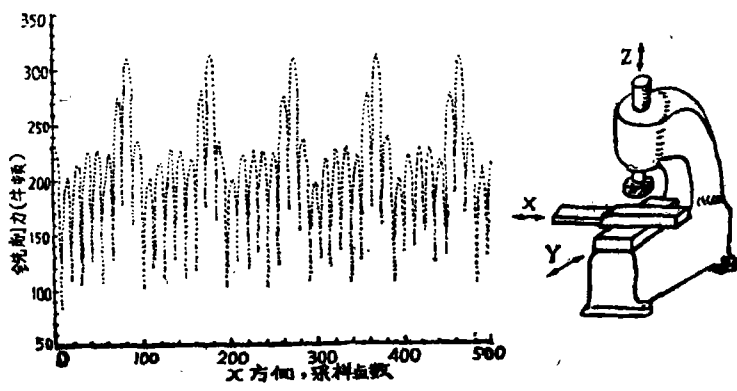


图2

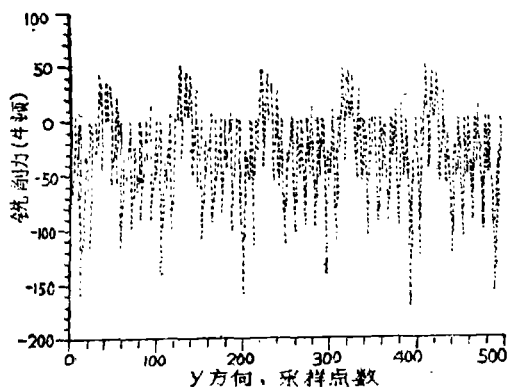


图 3

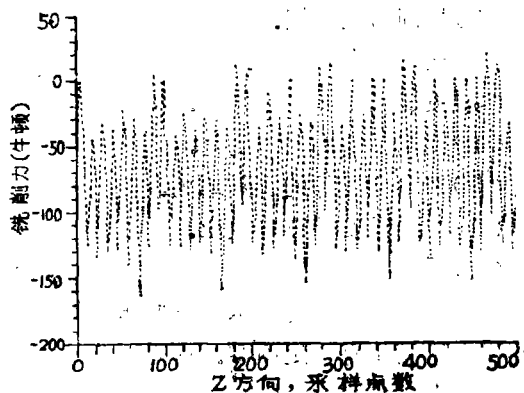


图 4

### 三、分析意见和监测设想

分析实验数据说明,在铣削过程中存在着切削力和切削力矩的信息。这些信息随着刀具的损坏而异。刀头的磨损要引起切削力和切削力矩的增加,而刀头的破损则会导致波峰数的变化。

于是,一个监测方案诞生了。

1.设计一个无线传感器(Wireless Sensor)。它由以下四部分组成:

(1)应变仪 利用安装在主轴上或刀头上的应变仪来传感加工过程力矩或力的变化。

(2)振荡电路 将上述信息的变化变成电路的频率变化。

(3)无线发射 这比有线传输要免去传输中的干扰。

(4)无线接收 便于在加工部位之外进行遥测。

由于当前集成元件的发展,因而无线收发部分能够实现,并以极小体积直接按装在主轴或刀头上。其简图见图 5 所示。

2.发展一个信号处理系统,以便对刀具的损坏作出监测。它包括:

(1)设计一个计数电路,供读出每转的波峰数。当这数少于每转的刀头接触数,则说明刀头有破损发生。

(2)设计一个调制器(Modulator),控制力矩或力信号的平均值。当此值超出某一预定值,则说明刀具磨损发生。

(3)做出相应的数学模型及计算机软件。

总结此设想,集中到一点,即是在一些软件支持下的遥控。这一设想,已得到有关人士的认可。

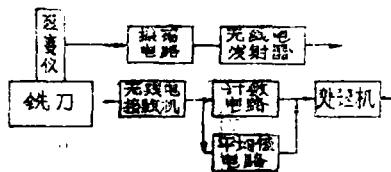


图 5

#### 四、后 记

美国十分重视高等学校里的科研工作,即使拥有庞大科研力量的工业界,也把一部分科研开发资金投入高等学校作一些新概念、新原理的探索。本课题就是这种模式。其新实验装置、试验方法和数据采集是课题组一起做的,并已告一段落,分析意见已被认可。在此基础上,于是对今后的实际应用提出了作者的建议(*Proposal*),下一步工作将随作者的访美结束而转入国内进行。本文仅仅是抛砖引玉,其目的在于引起国内同行专家们的兴趣,共同追赶当前的国际水平。

## Monitoring and Detecting of Tool Failures in Milling Process

Xia Zhengquan

### Abstract

Monitoring and detecting of tool failures are the essential measures in automatic production, both in adaptive control of constraint and adaptive control optimization (ACC and ACO). But, up to now, there are still some difficulties in the monitoring of rotating milling cutter on line.

Tool failures include breakage and wear. The former makes the cutter non-contact to the workpiece and the later leads to torque increase, hence some algorithms have to determine whether any tooth has broken or worn on a face-milling cutter within two complete revolutions.

Our objective will be achieved due to emitting and then receiving the changing signals with a special sensor and signal process system.