

# 关于在车床上精密振动攻丝装置的试制与研究

栾 斌

(长春光学精密机械学院)

**摘要:** 振动切削作为一种新的加工方法, 在国际上受到许多国家的重视。如美国、日本等先进国家中已被成功地应用在精密、超精密加工上。本文针对普通攻丝方法的弊病, 根据超声波振动原理, 通过理论分析, 设计制造了在车床上用的精密振动攻丝装置, 解决了小直径精密内螺纹的加工难题。该装置经过实验证明可以在生产实际中使用, 并在精度、粗糙度方面取得了满意效果。

## 一、前 言

随着科学技术的不断发展, 对机械产品的精度要求越来越高, 高精度的零部件, 已可用各种新的精密加工方法加工出来, 而在装配这些精度的部件时, 精密的外螺纹和内螺纹是不可缺少的。本文对在车床上加工精密内螺纹的装置进行了研究。

## 二、精密振动攻丝的产生

当前, 精密外螺纹的加工方法比较容易解决, 而内螺纹的精加工, 尤其是  $M6$  以下的内螺纹采用通常的加工方法就会遇到许多难以克服的困难。例如, 车、磨等工具难以深入, 刀具的刚度低加工出的内螺纹精度也不理想, 只得用攻丝的方法解决。然而, 常用的攻丝方法由于工具很细, 攻丝的速度慢, 切削性能不好, 丝锥很容易折断; 被加工的内螺纹精度, 粗糙度不甚理想, 有效直径扩大。为了提高内螺纹的加工精度, 我们采用了超声波切削方法, 即振动攻丝法。

## 三、振动攻丝的原理分析

小直径的丝锥在切削加工中最大的难题是易折断, 其次是切削速度低影响精度和粗糙度, 针对这种情况, 采用超声波振动攻丝, 可以减少扭矩, 增加丝锥的抗扭刚度, 又可增加切削速度 (普通攻丝由于加工方法本身的限制, 不能过分提高回转速度), 实践证明, 可得到与丝锥形状, 尺寸一致的理想的内螺纹。原因是超声波在切削过程中在切削速度方向引入脉冲小振幅的超声振动, 形成了所谓瞬时快速切削, 从而加强了丝锥的扭转刚度, 从下面的振动方程式中可知:

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\varepsilon \frac{d\theta}{dt} + s\theta = \frac{t_c}{T} M_i + \frac{2}{\pi} M_i \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin n \frac{t_c}{T} \pi \cos n \omega t$$

其中

- $J$ : 丝锥的惯性矩。
- $s$ : 丝锥的扭转刚度。
- $\theta$ : 丝锥的角位移。
- $T$ : 丝锥的振动周期。
- $t_c$ : 丝锥振动周期中的净切削时间。
- $\omega$ : 丝锥的(强迫振动)角效率。
- $\omega_n$ : 锥丝的固有频率。
- $M_i$ : 最大脉冲切削力矩。

从式中, 若  $\omega \gg \omega_n$  时, 式就可以化简为:

$$\theta \approx \frac{M_i}{s} \cdot \frac{t_c}{T} = M_i/s \cdot \frac{T}{t_c}$$

从上式中可知, 振动攻丝时  $\theta$  减少了  $\frac{T}{t_c}$  倍, 即丝锥的扭转刚度比原来提高了  $\frac{T}{t_c}$  倍。

#### 四、车床上精密振动攻丝装置与实验方法

图1为在车床上使用的精密振动攻丝装置, 试验是在CM6132车床上进行的, 攻丝装置固定在刀架上, 工件夹持在车床主轴上, 利用丝杠进给进行振动攻丝  
振动攻丝的条件:

- 振动频率: 28kHz      振幅:  $6\mu\text{m}$
- 所用丝锥:  $M5 \times 0.8$       转数: 80rpm
- 工件材料: 碳素钢、黄铜、铝

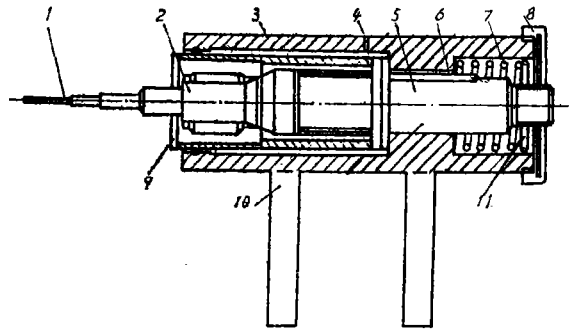


图1 1-丝锥 2-换能器组合 3-套筒 4-引出线 5-轴 6-导向键  
7-弹簧 8-后盖 9-前盖 10-夹持器 11-调整螺母

普通车床即可进行振动攻丝, 但作为实验的车床最好精化一下, 主要是提高主轴回转精度, 同时要特别注意攻丝装置的安装, 要求在丝锥长度内, 水平和垂直两方向上的跳动在  $8\mu\text{m}$  之内, 并牢固地固定在刀架上。开动电源后, 应确认系统确实振动后开始攻丝, 在攻丝

过程中可以观察到，当丝锥前端一接触工件时立即进入切削，切屑薄而平滑，振动攻丝所得内螺纹表面与普通法攻丝的内螺纹表面的差别用肉眼就能明显分开，螺纹表面要亮得多。

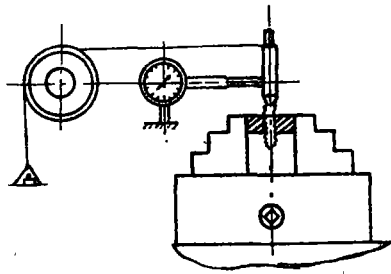


图2 测试方法

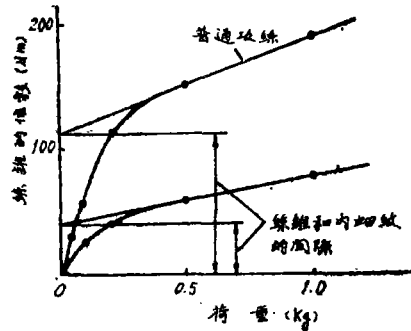


图3 普通攻丝与振动攻丝攻丝比较  
图中下边的曲线为振动攻丝

图2所示的测试方法可测出振动攻丝和普通攻丝加工出的内螺纹与丝锥间的间隙值。由图3的曲线可见，普通攻丝内螺纹与丝锥的间隙在 $40\sim 130\mu\text{m}$ 之间变化，振动攻丝内螺纹与丝锥的间隙在 $40\mu\text{m}$ 之内变化。

## 五、结束语

目前，振动切削作为一种新的加工方法在国际上受到越来越多的国家重视，美国、日本等国家已应用在精密加工和超精密机械加工上。本文利用超声波振动原理，通过理论分析，设计制造了车床上使用的精密振动攻丝装置。该装置经过实验证明，可以在生产中推广使用，并在精度、粗糙度方面取得了满意的效果，但本装置的调整部分有待进一步改进。

### 参 考 文 献

- [1] 隈部淳一郎，精密加工振動切削基礎と応用，实教出版株式会社，1979年。

## A Precise Vibro-threading Device for the Lathe

Luan Bin

### Abstract

The vibro-cutting as a new method of machining has attracted increasing attention and has been successfully used for precise and ultraprecise cutting in the United States and Japan. A precise vibro-threading device on the lathe for use in threading female screw with small dimension developed by the author in terms of the principle of ultrasonic vibration has been introduced in this article. It is verifiable that this device is efficient for improving the accuracy and roughness of the surface of the thread.