

# 低频振动钻削的工具磨损 和断屑问题研究

栾 斌

(长春光机学院)

**摘要:** 本文根据振动切削原理对低频振动钻削中的工具磨损和切屑处理等作了基础研究, 得出磨损最佳区和切屑变化与频率比之间的关系。

## 一、前 言

随着科学技术的发展, 对各种机械零件的加工精度和表面质量要求越来越高, 同时, 在机械制造中日益增多的采用新的难以加工的材料, 这就对加工技术提出了更高的要求。因此在不断改善传统加工方法的同时, 而努力寻求新的加工方法, 振动切削加工就是其中之一。

在振动切削中, 国内外对超声波的切削研究比较多, 但对于  $\text{Hz} = 0 \sim 200\text{Hz}$  的所谓低频振动切削, 目前尚未系统的研究和报导。本文对低频振动钻削的工具磨损和切屑变化规律、断屑等基础问题作了探讨。

## 二、实 验 装 置

按照振动切削理论, 振动方向必须与切削方向同向, 才能收到最佳效果。但是, 对于钻削来说, 要实现这一点是不容易的。这是因为钻头切削机理, 是麻花钻在钻体的端面上做成从中心到外圆的切削刃, 而切削刃上的各点的切削方向也是随着从外圆到中心的移置变动而发生变化, 所以不能以某一点的切削方向作为振动方向, 而取其中心的横刃处钻头轴线方向为它的切削方向。钻头中心附近的横刃的前角是负前角, 所以钻削时横刃处发生严重的挤压而造成很大的轴向力。对于麻花钻来说钻孔时有55%左右的轴向抗力由横刃产生。本实验是在各种金属板上钻底孔, 为改善横刃的切削条件, 就在轴向上加上一个正弦振动。

具体装置和原理见图1和图2。

图1是本研究使用的低频振动加工装置, 图2是其原理图。实验是把低频振动装置装在数控铣床上进行的。对实验装置的要求如下:

1. 能够输出精确正弦波的振动, 其振幅、频率 ( $20 \sim 200\text{Hz}$ ) 显示、可调。
2. 额定压力  $210\text{kg/cm}^2$
3. 定位精度应限制在  $0.01\text{mm}$  之内

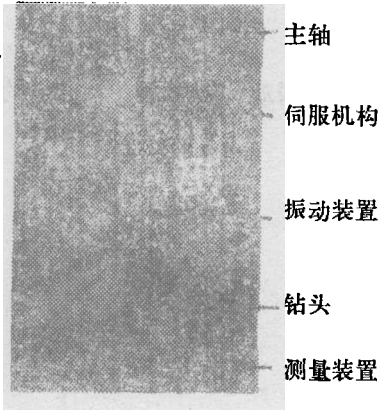


图 1

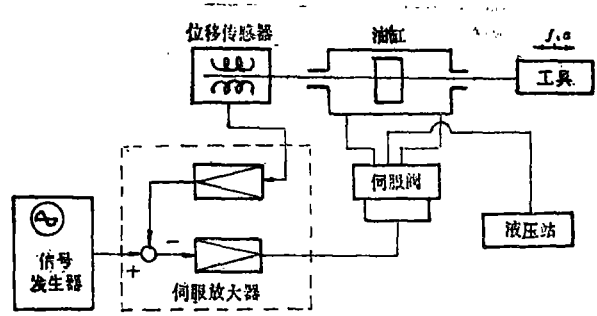


图 2

### 三、实验条件、方法与结果

#### 1. 钻头磨损

(1) 材料：①碳素钢45\*

试样A：板厚50mm，钻深为30mm的盲孔

试样B：板厚20mm，钻通孔 ②不锈钢C618Ni9

试样：板厚10mm，钻通孔

(2) 工具：6枝普通标准麻花 $\phi 5$ 钻头。应注意 $\phi 5$ 钻头应在万能工具显微镜下挑选，其几何参数（外径、顶角、螺旋角、横刃宽度等）尽量相同。

(3) 切削条件，如表1。

表 1

材 料	孔 类	切 削 条 件					注：
		转 速	进 给 量	频 率 Hz	振 幅	润 滑 条 件	
45*	通 孔	840rpm	0.1	20~100	0~0.15	干 切	一般切削可停止轴向振动其它完全一样
	盲 孔	1390rpm	0.05	20~80	0~0.05	干 切	
不 锈 钢	通 孔	420rpm	0.1	20~80	0~0.15	机 油 与 锭 子 油	

图 3 为钻头磨损测点位置图。磨损测量是在投影仪上进行的。



图 3 工具磨损测量点

1—后刀面磨损， 2—外缘转角处， 3—横刃磨损， 4—刃带磨损， 5—前刀面磨损。

### (4) 钻头磨损实验结果

#### ① 钻45\*钢盲孔

加工条件为，转速：1390rpm，进给量：0.03mm/转，[振动钻削时加在轴向上的低频振动振幅：0.03mm，频率90Hz。

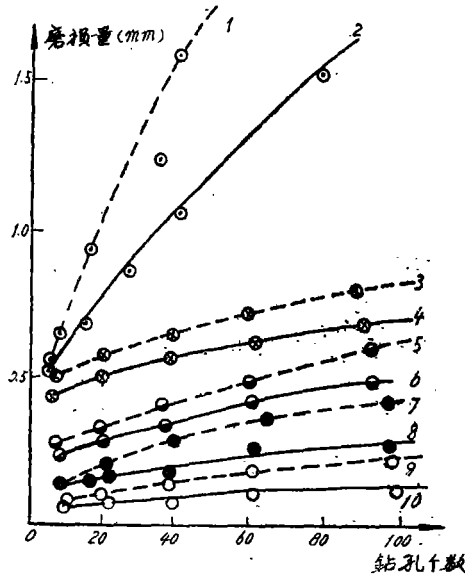


图4 磨损曲线

1,2—刃带磨损, 3,4—横刃磨损 5,6—外缘转角处;  
 7,8—后刀面磨损 9,10—前刀面磨损,  
 ——振动切削 .....普通钻削

图4为加工45\*钢盲孔时，振动钻削与普通钻削实测工具磨损曲线。由图中曲线可见，振动钻削钻头比普通钻削钻头的寿命长（图中所用参数为实验中的最佳值）。

#### ② 钻削45\*钢通孔

在轴向振动钻削的情况下，钻头的磨损与振幅A、频率比  $P = \frac{\text{振动数Hz}}{\text{钻头转速}}$ 、进给量f有关系。一般说P较小时： $0.5f \leq A \leq 0.75f$ 的范围内，切削热、钻头磨损、切削力等与普通钻削没什么明显区别。 $A \geq f$ 时，钻头磨损、切削热等平均值小于普通钻削。在改变各种参数的情况下，钻削45\*时能够找出最佳钻削区域。

#### ③ 钻削不锈钢通孔

低频振动钻削不锈钢的钻头磨损比普通钻削磨损大。原因主要是标准麻花钻的切削角度不适合韧性特殊钢材料以及由于断续切削造成材料的冷作硬化。在上面的实验条件下，找不出象钻削45\*钢那样的最佳切削区域来。

### 2. 断屑

断屑实验所用材料、工具及切削条件与磨损实验完全相同。

#### (1) 普通钻削与振动钻削

图5为普通钻削时两主刃切削过程的立体剖面图。从图可知，普通钻削时切削厚度是不变的，即：

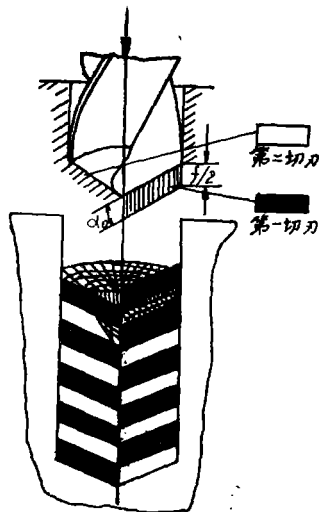


图5 钻削中两切刃切削立体剖面

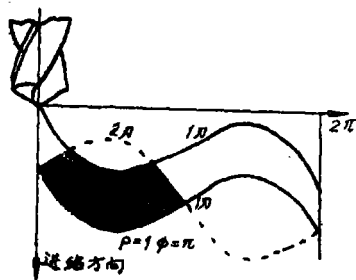


图6

$$\alpha_0 = \frac{f}{2} \sin \alpha, \quad (\alpha, \text{主切刃的主偏角})$$

但对于低频振动钻削来说，由于在轴向上加一正弦振动，切削厚度就产生了相应的变化。图6所示为加振动钻头每转一周， $P = 1$ ， $\phi = \pi$ 时两刃的运动轨迹。

### (2) 实验结果

#### ① 钻削45\*钢

实验中可以看到，在普通钻削或在低频振动钻削振幅 $A < 0.02\text{mm}$ 时切屑是连续的长带状， $A \geq 0.05\text{mm}$ 时切屑变成了短带状。随着改变振动次数切屑的形状出现了节状、扇形、针状。一般规律：

当 $P = \text{整数} + 0.5$ 时，切屑断屑，但切屑过于短小不易排出。一般 $0.35 \leq A \leq 0.75$ 范围内排出性好。

#### (3) 钻削不锈钢

振动钻削不锈钢， $A \geq 0.5f$ 时即可断屑，但随着振动数的提高和振幅加大，钻头磨损加快，切屑变形为针状，排出性能逐渐变坏。

#### (4) 低频振动钻削的频率比与切削厚度、切屑形状的关系

以上实验可知，低频振动钻削的切削厚度变化产生了良好的断屑作用。图7为低频振动钻削时的频率比，相比、切削厚度的关系 ( $P < 1$ 的部分切屑变化规律不太明显，没有画出)，从图中可见， $P$ 对切削厚度影响最大，切屑随着 $P$ 值不同而不同。通过钻头两切削刃的运动轨迹差，可求出切削厚度变化公式：

$$\alpha_0 = \frac{f}{2} + 2A \sin P \frac{\pi}{2} \cos P \left( \theta + \frac{\pi}{2} \right)$$

其中： $f$ 进给量， $A$ 钻头振幅， $P$ 频率比， $\theta$ 钻头的旋转角

从图7和实验、测量还可看到 $P$ 对切屑的形状的影响，当 $P$ 值为偶数时切屑形状是波形而连续； $P$ 值为奇数时切屑为断续的。控制 $P$ 值大小，可以使切屑变成圆锥螺旋线形，顺利排、断屑。

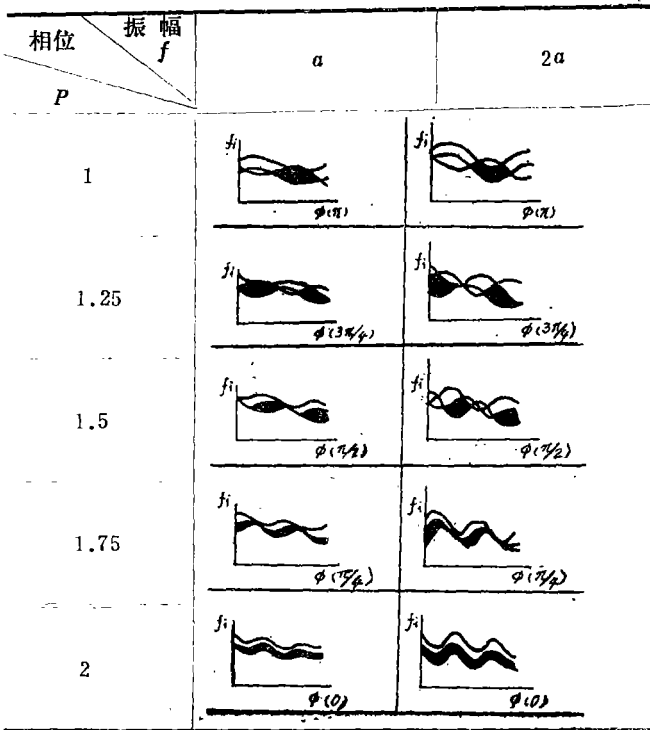


图7 频率比、相位、切削厚度关系

图8、9、10是 $P = 0, 0.25, 0.5$ 的切屑形状。其中图8是普通钻削时的切屑、从图9、10可见，切屑节距 $t$ 和螺旋角 $\alpha$ 与 $P$ 的关系。

即： $P = 0.25$ ，相位角为 $\frac{\pi}{4}$ 时， $t$ 以4节为一周期； $P = 0.5$ 、 $\varphi = \frac{\pi}{2}$ 时， $t$ 以2节为一周期。而且形成 $t$ 变大、 $\alpha$ 变小的规律。

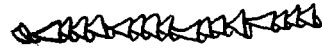


图8 (上) $P = 0$

图9 (中) $P = 0.25 \quad \phi = \frac{\pi}{4}$

图10 (下) $P = 0.5 \quad \phi = \frac{\pi}{2}$

## 四、结 束 语

1. 研究表明，低频振动钻削从工具磨损方面看，适用于碳素钢而不适于特殊钢。
2. 低频振动钻削中，钻头磨损主要部位在横刃。
3. 低频振动钻削的切屑形状与频率比有直接关系。
4. 低频振动钻削对排屑、断屑有良好效果。

### 参 考 文 献

- [1] 隈部淳一郎，机械工作法表面加工，（日）实教出版株式会社，1983年。
- [2] 隈部淳一郎，精密加工振动切削基础と応用，（日）实教出版株式会社，1979年。

## A Study on Wearing Capacity of Twist Drill and Chip Breaking Under Low Frequency Vibration

Luan Bin

### Abstract

By using the principles of vibrocutting experiment study on wearing capacity of drilling tool and chip disposal under low frequency vibration is presented in this paper also included in this paper are the optimal range of the wearing capacity of twist drill and the relationship between the formation of the chip and the frequency-to-rotations ratio.