

无卡轴旋切机变速进给模型与恒线速旋切运动轨迹模型的研究

鲁霞, 熊光明, 胡国清, 王炎滨, 黄玉程, 刘文艳
(厦门大学机电工程系, 福建 厦门 361005)

摘要: 详细分析了无卡轴旋切机的工作原理, 推导了旋切过程中刀刃进给速度与圆木直径的数学模型, 同时得出旋切时间的近似计算式。从中可知, 旋切过程中刀刃进给速度必须按一定规律变化才能保证旋切机正常工作。建立了旋切机恒线速旋切的运动轨迹模型, 推导出旋切机恒线速旋切时间的精确计算式, 并在此基础上提出了旋切时间简便的近似计算式。这些研究结果均可用于指导设计和进行实际生产。

关键词: 无卡轴旋切机; 刀刃变速进给; 恒线速旋切; 运动轨迹; 旋切时间

中图分类号: TS64 文献标识码: A 文章编号: 1001-4462(2006)01-0012-04

Study on the Model both Cutting Variable-speed of the Log-core Veneer Lathe and Moving Locus Model with Constant-speed Peeling

LU Xia, XIONG Guang-ming, HU Guo-qing, WANG Yan-bin,
HUANG Yu-cheng, LIU Wen-yan

(Department of Mechanical and Electrical Engineering, Xiamen University, Fujian Xiamen 361005, China)

Abstract: Working principle of log-core veneer lathe had been analyzed in detail, and the mathematical model between the knife-carriage feeding speed and the diameter of the log core was established, in the meantime, the approximation cutting time formula was also derived. The feeding speed must be changed with continuousness and a rule, which can let the lathe work well. Moving locus model of invariable-speed peeling was also founded, precision calculating formula of invariable-speed peeling was deduced. In the same time, the simplification cutting-speed formula was also derived. These results of the research will provide a guide for the designing and the producing practice.

Key words: log-core veneer lathe; cutting variable-speed peeling; constant-speed peeling; moving trace; peeling time

1 无卡轴旋切机的工作原理

如图 1 所示, 驱动辊 1、2 和压尺辊 3 逆时针旋转, 固定在刀刃上的旋切刀片以速度 V (mm/min) 进给。当驱动辊 1、2 和压尺辊 3 以恒定的转速旋转时, 驱动圆木以转速 n_1 (r/min) 旋转, 圆木的转速 n_1 (r/min) 是变化的。假设驱动辊与圆木间无相对滑动, 那么圆木表面的线速度恒定。因此, 为了旋切出厚度 m 均匀的单板, 要求刀刃进给速度 V 在旋切过程中必须以一定的规律连

续变化。

2 无卡轴旋切机刀刃的变速进给模型

设驱动辊 1、2 和压尺辊 3 的直径均为 d , 半径为 r , 转速为 n_1 (r/min); 旋切单板的厚度为 m (mm); 驱动辊 1、2 间的中心距为 δ (mm); 刀刃进给速度为 V (mm/min)。

假设驱动辊与圆木间无相对滑动, 而驱动辊 1、2 固定不动, 则在旋切过程中, 圆木一方面绕其中心旋转, 另一方面在压尺辊 3 的作用下又向驱动辊 1、2 作

收稿日期: 2005-09-26

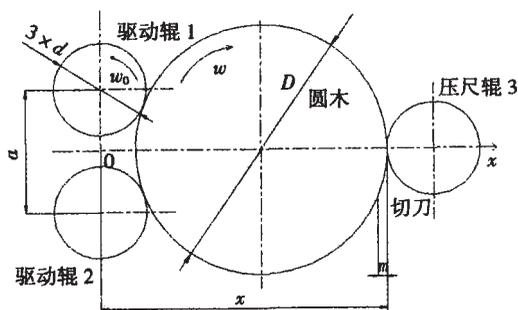


图 1 旋切机旋切系统简图

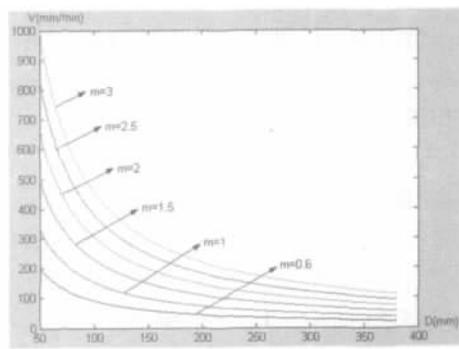


图 2 刀刃进给速度 V 随圆木直径 D 的变化曲线

中心平面移动。

圆木与驱动辊表面线速度相同, 即:

$$D \omega = d \omega_0$$

在旋切过程中, 当驱动辊转速 n_0 (r/min) 不变时, 圆木的转速 n (r/min) 随圆木直径的不断变小而变大。

旋切圆木时, 旋切刀刃在驱动辊 1、2 的对称中心面上, 圆木旋切刀刃的水平坐标为:

$$x = \frac{D}{2} + \sqrt{\left(\frac{D+d}{2}\right)^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2}$$

$$x = \frac{D}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(D+d)^2 - a^2}$$

两边对时间 t 求导数, 可求得旋切点的水平运动速度:

$$V = \frac{dx}{dt} = \frac{1}{2} \times \left(1 + \frac{D+d}{\sqrt{(D+d)^2 - a^2}} \right) \times \frac{dD}{dt}$$

由于 $D \omega = d \omega_0$, $dD/dt = -2 \omega m \omega_0$, 所以有:

$$V = \frac{dx}{dt} = - \left(1 + \frac{D+d}{\sqrt{(D+d)^2 - a^2}} \right) \omega m \omega_0 \quad (1)$$

式 1) 中负号表示 V 的方向与坐标轴的方向相反。

为保证旋切单板的厚度, 要求刀刃的进给速度 V 应满足式 1)。

取 $a=97\text{mm}$, $m=0.6\sim 3\text{mm}$, $r=48\text{mm}$, $n_0=74\text{r/min}$, $D_{\text{max}}=380\text{mm}$, $D_{\text{min}}=50\text{mm}$ 。

将以上参数代入式(1)进行仿真, 可得刀刃进给速度 V 随圆木直径 D 的变化曲线, 如图 2 所示。

从图 2 可看出, 在 d, a, m 确定的情况下, 刀刃进给速度 V 与圆木直径 D 有关, 在旋切过程中 D 越来越小, V 随之越来越大。m 值越大, 旋切机的刀刃进给速度变化越快。与 V 对应旋切时间 t 的近似计算如下:

$$\frac{dD}{dt} = -2 \omega m \omega_0$$

$$D \times dD = -2 \omega m \omega_0 \times d \times dt$$

两边积分得:

$$\int_{D_0}^D D \times dD = \int_0^t -2 \omega m \omega_0 \times d \times dt$$

$$\frac{D^2}{2} - \frac{D_0^2}{2} = -2 \omega m \omega_0 \times d \times t$$

$$t = \frac{D_0^2 - D^2}{4 \omega m \omega_0 \times d} \quad (2)$$

$a, m, r, n_0, D_{\text{max}}, D_{\text{min}}$ 取值与图 2 相同, 通过仿真可得刀刃进给速度随时间的变化曲线如图 3 所示。

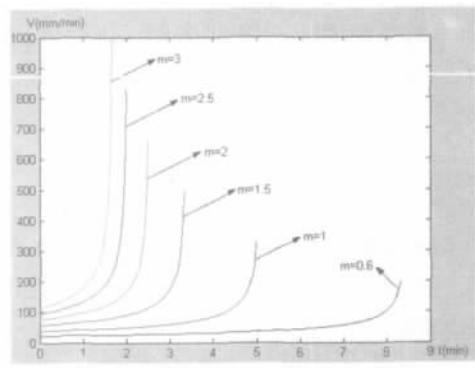


图 3 刀刃进给速度随时间的变化曲线

由图 3 可看出, 在 d, a, n_0, m 确定的情况下, 刀刃进给速度 V 随时间 t 的推移逐渐增大。m 越大旋切机的刀刃进给速度增大的越快, 用的时间越少。

3 旋切机恒线速旋切的运动轨迹模型

旋切机恒线速旋切时, 主轴转速恒定, 而圆木作变速旋转, 旋切机的运动轨迹理论上不是阿基米德螺旋线, 但压尺辊每旋转一周, 刀刃的进给量是相等的, 即:

$$\frac{m_1}{2\pi} = \frac{m_2}{2\pi} = \frac{m}{2\pi} = \dots = \text{常数}$$

而每瞬时:

$$\frac{\Delta m_1}{\Delta \theta_1} = \frac{\Delta m_2}{\Delta \theta_2} = \frac{\Delta m_3}{\Delta \theta_3} = \dots = \text{常数}$$

式中: $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots$ 分别是切割厚度 m_1, m_2, m_3, \dots 时的

极角。

以上特点是由机械传动的结构所决定的,它具有阿基米德螺旋线的基本特点,因此可以用阿基米德螺旋线来研究恒线速旋切运动变化的规律。

4 旋切时间的精确计算

在恒线速旋切机上,旋切的运动轨迹可以用阿基米德螺旋线来研究。因此,将单板和圆木的有关参数引入阿基米德螺旋线的方程中,整理计算即可求出我们需要的有关参数和数值,然后计算出精确的恒线速旋切机的旋切时间。

设 h 为刀刃的旋切高度,当 $h=0$ 时, $r=a\theta$, r 为极径, a 为阿基米德螺旋线的分割圆或渐开线的基圆半径。

当 $h=-a$ 时,可得:

$$r^2 = a^2 (\theta^2 + 1)$$

此方程表示旋切轨迹为渐开线。

根据生产经验,如果旋切轨迹为渐开线,则使刀刃相对圆木的切割角不能随圆木直径减小而自动变小,影响单板的生产质量,故很少采用。因此,目前将阿基米德螺旋线作为设计旋切机刀刃与圆木间运动关系的理论曲线。

4.1 圆木瞬时半径 r 的确定

阿基米德螺旋线的极坐标方程为 $r=a\theta$,如图4所示。式中 r 为极径, θ 为极角, a 为直线运动速度与旋转速度的比值。

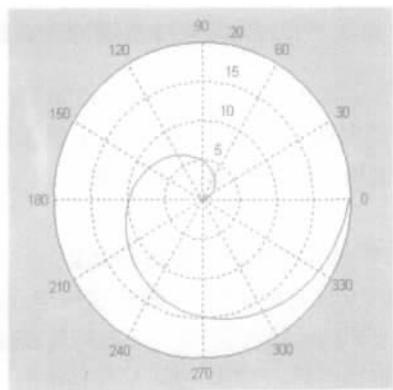


图4 阿基米德螺旋线

首先确定参数 a 单板的名义厚度 $m=r_1-r_2=a\theta_1-a\theta_2=2\pi a$, 所以 $a=m/2\pi$, 故圆木的瞬时半径 r 通式如下:

$$r = \frac{m\theta}{2\pi} \quad (3)$$

4.2 极角 θ 值与圆木直径 D 的关系

由式(3)可知, $m\theta=2\pi r$, 即 $\theta=\pi D/m$, 所以当圆木从直径 D_0 旋切到 D_k 时, θ 值应由 $\pi D_0/m$ 变化到 $\pi D_k/m$ 。

为了弄清圆木旋切轨迹的变化规律,取圆木直径 $D_0=90\text{mm}$, $D_k=50\text{mm}$, $m=2\text{mm}$, $a=97\text{mm}$, $n_0=74\text{r/min}$, 可得圆木旋切轨迹如图5所示。

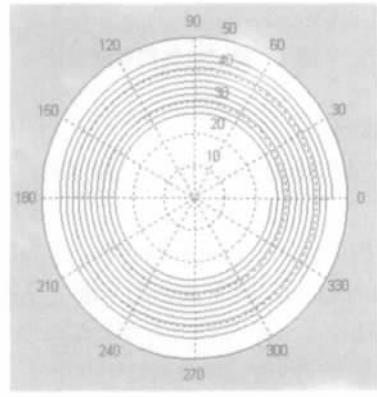


图5 圆木的旋切轨迹

4.3 单板弧长 S 的计算

单板弧长 S 即单板的长度,弧长元素如下:

$$ds = \frac{m}{2\pi} \sqrt{1+\theta^2} d\theta \quad (4)$$

当圆木的直径从 D_0 旋切到 D_k 时,设 θ 从 β 变化到 α , 即 $\alpha=\pi D_k/m$, $\beta=\pi D_0/m$, 对(4)式从 α 到 β 作定积分, 即:

$$\begin{aligned} S &= \int_{\alpha}^{\beta} \frac{m}{2\pi} \sqrt{1+\theta^2} d\theta \\ &= \frac{m}{2\pi} \left[\frac{\theta}{2} \sqrt{1+\theta^2} + \frac{1}{2} \ln(\theta + \sqrt{1+\theta^2}) \right] \Big|_{\alpha}^{\beta} \\ &= \left[\frac{\beta\sqrt{1+\beta^2} - \alpha\sqrt{1+\alpha^2} + \ln\left[(\beta + \sqrt{1+\beta^2}) / (\alpha + \sqrt{1+\alpha^2}) \right]}{4\pi} \right] \frac{m}{4\pi} \quad (5) \end{aligned}$$

4.4 旋切时间 t 的计算

由于恒线速旋切机的切削速度是一个常量, 即 $v=\pi Dn$, 所以旋切时间 $t=S/v$, 即:

$$t = \left[\frac{\beta\sqrt{1+\beta^2} - \alpha\sqrt{1+\alpha^2} + \ln\left[(\beta + \sqrt{1+\beta^2}) / (\alpha + \sqrt{1+\alpha^2}) \right]}{4\pi v} \right] \frac{m}{4\pi v} \quad (6)$$

式(6)即为恒线速旋切机旋切时间的精确计算式。

4.5 旋切时间 t 的近似计算及其与精确时间的比较

近似处理。由于在一般情况下 $\alpha^2 \gg 1, \beta^2 \gg 1$, 因此 $\sqrt{1+\beta^2} \approx \beta, \sqrt{1+\alpha^2} \approx \alpha$, 则 (6) 式可简化为:

$$t = \left[\beta^2 - \alpha^2 + \ln\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \right] \frac{m}{4\pi v} \quad (7)$$

考虑到 $\ln(\beta/\alpha) \approx (\beta^2 - \alpha^2)$, 所以式 (7) 可进一步简化为:

$$t = \frac{m}{4\pi v} (\beta^2 - \alpha^2) \quad (8)$$

将 $\alpha = \pi D_k/m, \beta = \pi D_0/m$ 代入式 (8) 得:

$$t = \frac{\pi (D_0^2 - D_k^2)}{4mv} \quad (9)$$

式 (9) 可作为一般情况下旋切时间的近似计算式。

精确时间和近似时间的比较。设给定 $D_0=380\text{mm}, D_k=50\text{mm}, m=2\text{mm}, r=48\text{mm}, a=97\text{mm}, n_0=74\text{r/min}$ 。

将圆木的线速度 $v=371.9646\text{mm/s}$ 代入式 (6), 得 $t=149.8108\text{s}$; 再将数据代入式 (9), 得 $t=149.8100\text{s}$ 。两个计算结果相比较, 绝对误差为 0.0008s , 相对误差 0.0005% , 由此可知式 (9) 的计算是准确可靠的, 根据上面分析可得, 用简单的时间近似计算公式就足以满足实际需要。

5 结束语

本文推导出的刀刃变速进给模型的理论计算公式可以用来指导无卡轴旋切机刀刃进给系统的设计, 采用近似计算式 (9) 计算恒线速旋切机的旋切时间, 具有运算快捷、准确可靠等优点, 为在恒线速旋切机的设计及单板生产中计算生产率、生产周期及确定有关的设计参数、工艺参数等提供了可靠的理论依据和计算方法。

参考文献:

- [1] 魏伟, 席平原. 木材圆木旋切机及其进给机构设计研究 J. 机械设计与研究, 2004, 20(3): 19-20.
- [2] 潘天红, 陈山, 陈学永, 等. 无卡轴旋切机变速进给模型与控制系统的的设计 J. 组合机床与自动化加工技术, 2003, 2(2): 13-64.
- [3] 刘志强, 张晓峰, 陈东北, 等. 高转速小径木液压双卡轴旋切机的设计与研制 J. 林业机械与木工设备, 2002, 30(12): 16-18.
- [4] 徐锦强, 缪宗华, 王瑞灿. 无卡轴旋切机变速进给理论的研究与计算公式 J. 林业机械与木工设备, 2001, 29(3): 10-12.
- [5] 张绍纯, 朱孝生, 巴兴强, 等. 单板旋切厚度均匀性分析及改进措施 J. 东北林业大学学报, 1997, 25(2): 75-77.
- [6] 肖金. 单板旋切过程中旋切后角的计算 J. 林产工业, 1997, 24(1): 22-25.
- [7] 王翠萸, 李梦川. 单板旋切过程中旋切后角的计算 J. 林业机械与木工设备, 1999, 27(2): 11-12.
- [8] 姜贵君, 甘新基, 欧阳富. 恒线速旋切机旋切时间的计算 J. 林产工业, 1996, 23(1): 42-44.

(上接第7页)

无损检测 (又称非破坏检测) 是在不破坏物质原有材质和形状情况下, 对材料的某些特性进行检测。无损检测的最大优点是不破坏材料的原有特性, 而且能在短时间内获得结果, 以便操作人员做出判断, 有利于生产的连续性和生产效率的提高。

板材的检测是保证产品质量必不可少的重要环节, 板材的大规模应用以及市场竞争的日益激烈必然导致板材检测设备市场需求的增加和对检测设备检测要求的提高。在线无损检测应该满足如下基本要求: 检测过程自动控制; 数据处理智能化; 适时显示检测结果, 并能打印和保存。因此, 检测设备必须配备计算机。图 11 是国外最新的原木和板材检测设备。

3 结束语

综观国际木工机械新技术的发展, 我国木工机械的发展前景应该是无限光明的, 应在市场经济的机遇和挑战中利用国外先进技术, 确定最佳的产品开发方向, 发展我国的木工机械。由于我们在技术上与国外的差距极大, 我们的企业只有尽快增加危机感, 采取必要的对策,

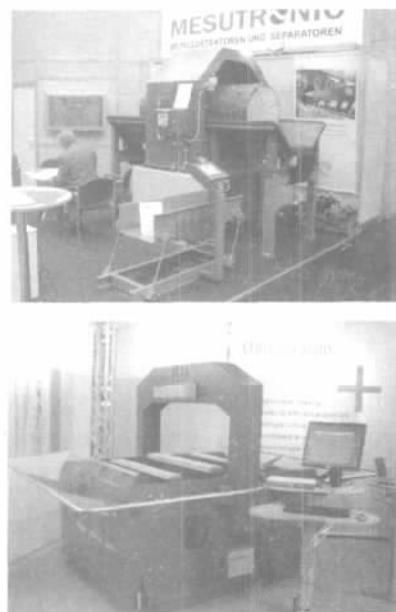


图 11 国外最新的原木和板材检测设备

抓住机遇, 扬长避短, 才能在经济全球化过程中使我们能更好地利用国外的木工机械新技术, 再创辉煌。