

讨论

关于鼓式刨片机刀鼓设计中几个问题的探讨

阮 维 之

(中国林科院木材工业研究所)

摘 要

鼓式刨片机是刨花板生产中比较理想的刨花制备设备,它的关键部件是刀鼓。本文首先介绍了刀鼓的主要类型和双曲面刀鼓的结构特点,然后对双曲面刀鼓设计中双曲面尺寸、底刀双曲线尺寸、驱动功率和生产能力的计算以及诸切削参数的选择和计算进行探讨,并就BX444长材刨片机实际检测结果,验证了文中所述的部分计算方法。

关键词 刨片机;鼓式刨片机

前 言

鼓式刨片机是刨花板工业中广泛使用的一种刨花制备设备,它可将原木、小径木、大枝桠、板皮、板条等原料直接加工成优质普通刨花、大片刨花或长丝刨花,故有万能刨片机之称。

鼓式刨片机的特点以及它和其它刨片机的区别主要在于刀鼓。鼓式刨片机的刀鼓主要分为直刃刀鼓和斜刃刀鼓两种,斜刃刀鼓又分为圆柱面斜刃刀鼓和双曲面斜刃刀鼓。直刃刀鼓由于不连续切削,振动大,噪音大,故使用较少。斜刃刀鼓属于连续性纵横向切削,振动小,噪音小,刨花质量好,是一种比较理想的刀鼓。圆柱面斜刃刀鼓为保证伸刀量处处一致,必须将刨刀刃磨成双曲线形,虽然刀鼓加工方便,但刨刀刃磨困难,故亦少用。双曲面斜刃刀鼓加工当然也较困难,但刨刀刃磨为直线形,刃磨方便。刀鼓加工是一次性进行,而刨刀刃磨却要经常进行,所以这种刀鼓在国外刨片机上广泛采用。在1989年鉴定的我国自己设计制造的BX-444长材刨片机上也采用了这种刀鼓。

一、双曲面刀鼓的结构特点

根据所设计的刨刀斜角,刀鼓加工成双曲面形,表面镀硬质铬以便提高刀鼓表面耐磨能力,延长使用寿命,磨损后还可以重新修复。斜刀槽沿刀鼓圆周均匀分布。刨刀通过螺钉固定在刀夹上,

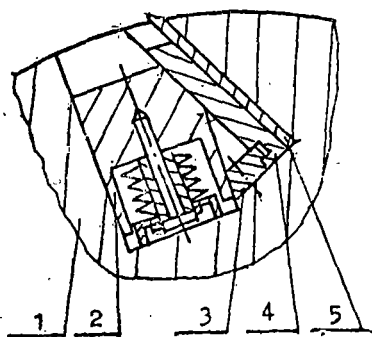


图1 刀槽装配图

- 1.刀鼓体 2.楔形压刀块 3.压刀条
4.刀夹 5.刨刀

刀夹连同刨刀在刀鼓端向插入刀槽并由固定在刀槽内的压刀条定位。带有碟形弹簧的楔形压刀块将刀夹和刨刀自动压紧在刀槽内,刀鼓运转时在离心力作用下会压得更紧。装刀时用压刀装置把压刀块压下,从端向把附有刨刀的刀夹插入刀槽,然后松开压刀装置,就完成了装刀操作。

刀夹和刨刀可根据所要求的伸刀量预先在调刀装置上调好,换刀时只需将磨钝的刨刀连同刀夹抽出,换上装好新刀磨刨刀的刀夹即可。由于调刀在机外进行,所以安全可靠,方便省时。

在刀鼓端部装有刮刀,在出料口装有底刀,底刀方向和刀鼓轴线平行,故底刀刃为双曲线。

二、几个参数的计算

1. 刀鼓双曲面尺寸计算

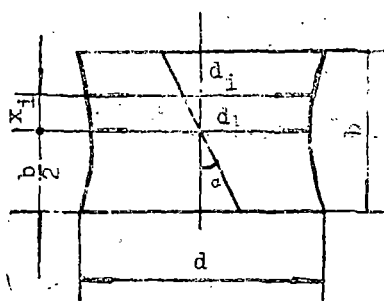


图2 刀鼓双曲面尺寸计算

先求出刀鼓中间截面直径

$$\begin{aligned} d_1 &= 2 \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{b}{2} \tan \alpha\right)^2} \\ &= 2 \sqrt{\frac{d^2}{4} - \frac{b^2 \tan^2 \alpha}{4}} \\ &= \sqrt{d^2 - b^2 \tan^2 \alpha} \quad (\text{mm}) \end{aligned} \quad (1)$$

然后可求出刀鼓任意截面直径

$$\begin{aligned} d_i &= 2 \sqrt{\left(\frac{d_1}{2}\right)^2 + (X_i \tan \alpha)^2} \\ &= 2 \sqrt{\frac{d_1^2}{4} + X_i^2 \tan^2 \alpha} \\ &= \sqrt{d_1^2 + 4X_i^2 \tan^2 \alpha} \quad (\text{mm}) \end{aligned} \quad (2)$$

式中: α —刨刀和刀鼓轴线在切削平面上投影的夹角(度);

d —结构设计确定的刀鼓端头直径(mm);

d_1 —刀鼓中间截面直径(mm);

b —结构设计确定的刀鼓长度(mm);

X_i — i 截面到刀鼓中间截面的距离(mm);

d_i — i 截面直径(mm)。

2. 底刀双曲线尺寸的计算

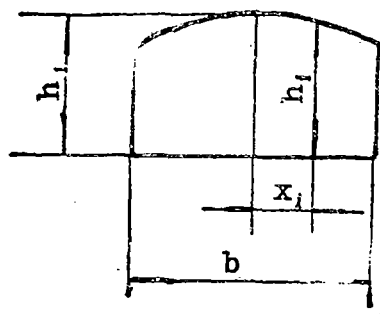


图3 底刀双曲线尺寸计算

底刀中间宽度 h_1 可根据结构设计确定。

$$h_1 = h_1 - \frac{d_1 - d_1}{2} \quad (\text{mm}) \quad (3)$$

式中: h_1 —底刀中间宽度(mm)

h_1 —底刀任意位置宽度(mm);

b —底刀长度(mm);

X_1 —底刀任意位置到中间位置的距离(mm)。

3. 切削参数的计算

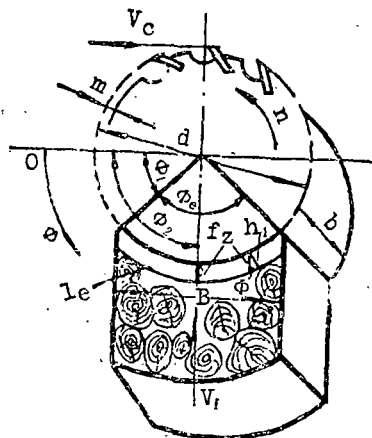


图4 鼓式刨片机切削原理图

V_c —切削速度 V_f —进料速度

ϕ, ϕ_1, ϕ_2 —回转角 ϕ_0 —接触角 f_z —每齿

进料量 l_0 —接触弧长 B —料槽宽度 b —刀

鼓长度 d —刀鼓直径 h —刨花厚度

m —伸刀量 n —刀鼓转速

$$\text{切削速度 } V_c = \frac{d \pi n}{60} \quad (\text{m/s}) \quad (4)$$

$$\text{进料速度 } V_f = \frac{Z_w f_z n}{1000} \quad (\text{m/min}) \quad (5)$$

式中 Z_w 为有效刀片数,如刀鼓装有 Z 把带状刀,则

$$Z_w = Z, \text{ 如果采用梳状刀, 则 } Z_w = \frac{Z}{2}.$$

$$\text{每齿进料量 } f_z = \frac{1000 V_f}{Z_w n} \quad (\text{mm}) \quad (6)$$

$$\text{接触角 } \phi_0 = 360^\circ \frac{l_0}{d \pi} \quad (^\circ) \quad (7)$$

$$\text{式中: } \sin \frac{\phi_0}{2} = \frac{B}{d}$$

$$\text{刨花厚度 } h = f_z \sin \phi \quad (\text{mm}) \quad (8)$$

为了提高刨片机生产率,希望接触角越大越好,但刀鼓能够完全切削料槽中木材的条件是 $B \leq d_0$ 。这时 $\phi_1 = 0$, $h_{min} = 0$, $\phi_2 = 90^\circ$, $h_{max} = f_z$,在整个接触弧上刨花厚度的变化是从 $0 \sim f_z \sim 0$ 。可见刨花最大厚度 h_{max} 只与每齿进料量有关,与接触角大小无关,而刨花最小厚度 h_{min} 则与接触

角 ϕ_0 有关, ϕ_0 越大则 h_{min} 越小。

$$h_{min} = f_z \cdot \sin \phi_1 = f_z \sin (90^\circ - \frac{\phi_0}{2})$$

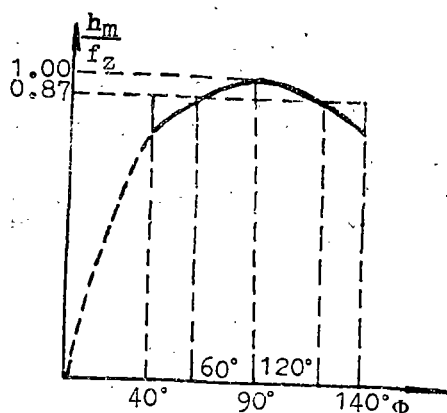


图5 沿接触弧方向刨花厚度的变化

刨花厚度变化与 ϕ 角变化的关系如图5, 当 $\Phi_0 = 100^\circ$ 时, 刨花平均厚度大约相当于 $\Phi = 60^\circ$ 时的厚度。

$$h_m = f_z \sin 60^\circ = 0.87 f_z \text{ (mm)} \quad (9)$$

根据刨花板工艺的要求, 刨花厚度 h 变化越小越好, 也就是说料槽宽度 B 越小越好, 这与提高刨片机生产率是矛盾的。在鼓式刨片机设计中一般取 $\Phi_0 = 90^\circ \sim 110^\circ$, $\frac{h_{min}}{h_{max}} = 0.57 \sim 0.71$, 既考虑到刨花板工艺的要求, 又保证了一定的生产率。

4. 生产能力的计算

对于连续刨削的Z型短材刨片机

$$Q = 60n \cdot Z_w \cdot b \cdot B \cdot \gamma \cdot \mu \cdot K_t / 1000 \\ = 60V_f \cdot b \cdot B \cdot \gamma \cdot \mu \cdot K_t \text{ (kg/h, 绝干)} \quad (10)$$

式中: n —刀鼓转速 ($1/\text{min}$);

Z_w —有效刀片数;

f_z —每齿进料量, 即刨花最大厚度 h_{max} (mm);

b —被加工木段长度等于刀鼓长度 (m);

B —供料器链条之间的距离 (m);

γ —木材绝干密度 (kg/m^3);

μ —原料填充系数, 指料槽中原料实积体积与料槽容积之比, 其大小直接影响生产率, 当原料状态比较好时, μ 值可达0.4~0.5, 一般只能达到0.2~0.3, 甚至更小。

K_t —时间利用系数, 考虑到因理顺料槽中原料等而造成的停机或空运转时间, 一般取 $K_t = 0.9 \sim 0.95$ 。

V_f —进料速度 (m/min)

对于循环切削和间歇进料的V型长材刨片机

$$Q = B \cdot b \cdot H \cdot m \cdot \mu \cdot K_t \cdot \gamma \text{ (kg/h, 绝干)} \quad (11)$$

式中: B 、 H —料槽的宽度和高度 (m)

m —切削1小时刀鼓 (或料槽) 循环运行次数,

$$m = \frac{60}{\frac{H}{n \cdot f_z \cdot Z_w} + t_k}, \quad t_k \text{ 为刀鼓 (或料槽)}$$

每次循环的空行程和停止时间 (min)。其余参数与 (10) 式中相同。

5. 刀鼓驱动电机功率计算

选择功率合适的驱动电机是刨片机设计中主要内容之一。一般把刨片机的刀鼓当作铣刀来计算, 首先计算刨切时各刀片的切削力 F_c , 然后再计算切削功率。

切削力按下式计算

$$F_c = K_{c0.5} b \sqrt{h_m} \quad (12)$$

式中 $K_{c0.5}$ 是一个与刨花厚度无关, 只跟树种和材质有关的切削力常数。

对松木和云杉等约为 $9 \text{ N}/\text{mm} \sqrt{\text{mm}}$;

对山毛榉等硬杂木约为 $12 \text{ N}/\text{mm} \sqrt{\text{mm}}$ 。

在接触角 $\Phi_0 = 100^\circ$ 时

$$F_c = K_{c0.5} b \sqrt{0.87 f_z} = 0.93 K_{c0.5} b \sqrt{f_z} \\ = 0.93 K_{c0.5} b \sqrt{\frac{1000 V_f}{Z_w \cdot n}} \text{ (N)} \quad (13)$$

式中: n 为 $1/\text{min}$ 。

$$\text{切削功率 } N_c = \frac{M \cdot n}{974} \text{ (kw)}$$

$$\text{式中: } M = \frac{F_c \cdot d}{2 \times 9.81} \frac{\Phi_0}{360^\circ} \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

$$N_c = \frac{M \cdot n}{974} = \frac{F_c \cdot d \cdot Z_w \cdot n}{2 \times 9.81 \times 974} \cdot \frac{\Phi_0}{360^\circ} \\ = \frac{F_c \cdot d \cdot n \cdot Z_w \cdot \Phi_0}{19108 \cdot 360^\circ} \text{ (kw)} \quad (14)$$

式中: F_c 的单位为N, d 为m, n 为 $1/\text{min}$ 。

若 $\Phi_0 = 100^\circ$

$$N_c = \frac{0.93 K_{c0.5} b \sqrt{\frac{1000 V_f}{Z_w}} \cdot d \cdot n \cdot Z_w \cdot 0.28}{19108 \sqrt{Z_w} \sqrt{n} \cdot 1000} \\ = 4.3 \times 10^{-7} K_{c0.5} b d \sqrt{V_f} \sqrt{Z_w} \sqrt{n} \text{ (kw)} \quad (15)$$

考虑到进料槽充满系数 μ 和机械效率 η , 则驱动功率为

$$N_a = N_c \frac{\mu}{\eta} \text{ (kw)} \quad (16)$$

如果把两种结构和工作状态的刨片机进行比较

较, 则

$$\frac{N_{a2}}{N_{a1}} = \frac{K_{z0.52}}{K_{c0.51}} \cdot \frac{b_2}{b_1} \cdot \frac{d_2}{d_1} \cdot \sqrt{\frac{V_{f2}}{V_{f1}}} \times \sqrt{\frac{n_2}{n_1}} \cdot \sqrt{\frac{Z_{w2}}{Z_{w1}}} \cdot \frac{\mu_2}{\mu_1} \cdot \frac{\eta_1}{\eta_2} \quad (17)$$

三、讨论

1. 关于伸刀量

伸刀量 m 是控制刨花厚度的主要条件之一, 它最小要等于刨花最大厚度, 即 $m \geq h_{m,x} = f_z$ 。如果调整的伸刀量 m 远远大于每齿进给量 f_z , 则在切削力作用下木材的颤动增大, 会产生较多的大颗粒刨花, 且对刀具也不利。如果调整的伸刀量 m 小于 f_z , 则木材会紧紧压在刀鼓表面上产生大量的磨擦热, 甚至会引起燃烧。

2. 关于刨花厚度的控制

如果要改变刨花的厚度, 首先要调整比较合适的伸刀量 m , 一般调整到比要求的刨花最大厚度 $h_{m,x}$ 大0.3mm左右。但伸刀量只是保证刨花厚度的必要条件之一, 而不是全部条件。要保证一定的刨花厚度除调整合适的伸刀量外, 还必须选择合适的刀鼓转速 n 和进料速度 V_f 。转速 n 在刀鼓直径 d 确定之后主要考虑保证合适的切削速度, 切削速度主要根据刨花厚度和树种选择, 一般为15~40m/s。根据式(4)可求出 $n = \frac{60V_c}{\pi d}$, 然后根据式(5)求出

$$V_f = \frac{Z_w f_z n}{1000} \quad (m/min)$$

由此可见, 当刀鼓结构已定时, 刨花厚度 h_m 随转速 n 的增加而减少, 随进给速度 V_f 的增大而增大。

如果通过改变刀鼓转速 n_1 到 n_2 的方法使刨花厚度从 $h_{m1} = 0.2mm$ 增加到 $h_{m2} = 0.4mm$, 根据式(9)、(6)可得出

$$\frac{h_{m2}}{h_{m1}} = \frac{0.4}{0.2} = \frac{V_f Z_w n_1}{Z_w V_f n_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

根据式(17)得出

$$\frac{N_{a2}}{N_{a1}} = \sqrt{\frac{n_2}{n_1}} = \frac{\sqrt{0.2}}{\sqrt{0.4}} = 0.7。$$

如果通过改变进料速度的方法使 h_m 从0.2mm变到0.4mm, 可得出

$$\frac{h_{m2}}{h_{m1}} = \frac{0.4}{0.2} = \frac{V_{f2}}{V_{f1}}$$

$$\frac{N_{a2}}{N_{a1}} = \sqrt{\frac{V_{f2}}{V_{f1}}} = \sqrt{\frac{0.4}{0.2}} = 1.4 = 2 \times 0.7。$$

从以上分析可以看出通过降低刀鼓转速增加刨花厚度, 切削功率下降。而通过提高进给速度增加刨花厚度则切削功率上升。前一种方法生产率下降, 后一种方法生产率提高, 也就是说生产一立方米刨花所消耗的功是不变的。

3. 关于刀鼓直径 d 和刀片数的确定

生产能力是刨片机设计中的主参数, 其他参数的确定主要是为了保证生产能力的实现。确定刀鼓直径 d 还要考虑在比较合适的转速下获得合适的切削速度。为保证刀槽布置合理和加工方便, 刀鼓长度一般不大于0.6 d 。刀鼓直径确定之后, 在刀鼓强度和加工工艺允许的情况下, 尽量设计较多的刀片, 这样在工作时同时参加切削的刀片就多, 切削平稳, 产量也增加。

4. 关于进料速度

理论上进给速度按公式(5)计算, 在实际工作中, 尽量考虑到为防止木材紧紧压在刀鼓表面上而将伸刀量加大, 但为了切削稳定, 伸刀量不宜加大太多, 所以一般将进给速度乘以系数 η , η 值随刨花厚度不同而改变, 刨花越厚 η 值越大, η 值一般取0.75~0.90。

5. 关于生产能力

机器的结构参数 d 、 Z_w 、 b 、 Φ 等确定之后, 要提高生产能力只有提高进给速度。按公式(6),

$$f_z = \frac{1000V_f}{Z_w \cdot n}, \text{ 则必须以相同的比率增加转速}$$

n , 这时切削功率就要上升。在设计计算驱动功率和选择电机时一般按最不利条件进行计算, 如按刨切硬杂木选取 $K_{c0.5}$ 值, 取最大进给速度, 填充系数 μ 也取可能达到的较大值, 所以一般情况下都有较大的功率储备。

四、BX444长材刨片机检测情况

BX444长材刨片机的设计计算基本上按上述方法进行, 经试制、试验和检测, 证明上述计算方法是符合实际的。

BX444长材刨片机有关技术参数如下:

刀鼓直径 (mm)	350
刀片数 (梳刀、片)	6 或 4
料槽尺寸 (长×宽×高, mm)	2290×270×240
驱动电机功率 (kw)	30
切削速度 (m/s)	15, 20, 34
刨花厚度 (mm)	0.25~1.2
刨花长度 (mm)	18, 36, 60

刨刀斜角

14°

算, 经加工、检验和使用, 刀鼓符合要求。

1. 刀鼓双曲面和底刀双曲线尺寸按上述方法计

2. 有关参数计算值和实测值对照表。

序号	项 目	单 位	计算值	实测值	序号	项 目	单 位	计算值	实测值
1	刀鼓转速 n	1/min	1876	1890	8	空载功率	kw		3.6
2	切削速度 V_c	m/s	34.47	34.74	9	机械效率 η			0.88
3	有效片数 Z_w	片	3	3	10	负载功率	kw	8.9	7.8
4	每齿进料量 f_z	mm	0.45	0.45	11	噪 音	dB(A)	≤ 89	81.8
5	伸刀量 m	mm	0.7	0.7	12	刨花合格率	%	70	83.5
6	进料速度 V_f	m/min	1.899	1.89	13	主轴承温升	℃	≤ 35	18
7	填充系数 μ			0.35	14	生产能力(绝干)	kg/h		468

注: 1. 实测时刨切原料为桐木, $\phi=170\text{mm}$, 含水率为23%, 桐木绝干密度按 240kg/m^3 计算, 生产能力是折合成绝干密度为 450kg/m^3 标准材的数值。

2. 考虑到桐木比松木更松软, 取 $K_{c0.5}=8\text{N/mm}\sqrt{\text{mm}}$ 。

3. 机械效率按 $\eta=(30-3.6)/30=0.88$ 计算。

4. 负载功率计算按实测切削条件计算。

参考文献

- (1) 诸葛俊鸿译, 1983, 碎料板生产工艺计算, 《林产工业》碎料板生产工艺计算专辑, 45-49。
 (2) 农林部设计院, 1978, 刨花的制造, 《林产

工业》人造板原料的削片和刨片再碎设备专辑, 88-96。

- (3) G. Maier, 1984, 关于鼓式刨片机的刨片技术关系, Holz als Roh- und Werkstoff, 42, 371-374.

Discussion on some problems of drum design in drum flaker

Ruan Weizhi

(Inst. of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry)

Abstract

The drum flaker is an ideal machine for making flakes in particleboard production, and the drum is a keypart. In this article, the main types of drums and the structure characteristics of the hyperboloidal drum were introduced. The design parameters of hyperboloidal drum and its dead knife, the driving power, productive capacity as well as selection and calculation of some cutting parameters were studied. According to the examination results of Model BX444 drum flaker, the design calculation methods stated by the article were verified.

Keywords Flaker, Drum flaker

(责任编辑 姜 征)