

刮板式巧克力精磨机研磨诸因素的分析

李由生 周为民

(上海轻工业专科学校)

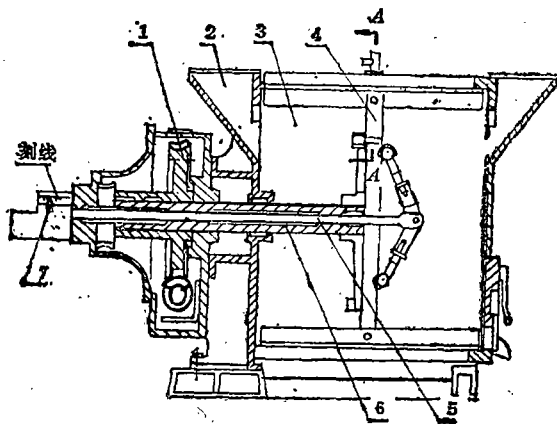
摘要 本文主要对精磨机在工作时, 由于转动速度、研磨位移、刮刀对齿形条接触面积大小和刮刀对齿面接触压力等因素, 导致巧克力细度的变化作详细的分析, 并通过实验方法来确定研磨压力的大小, 以便在使用时控制刮刀与缸径面的压力, 正确选择理想的研磨规范, 达到满意的巧克力细度。

关键词 研磨行程; 接触面积; 接触压力; 巧克力细度

1 精磨机结构和研磨原理简介

1.1 精磨机结构简介

精磨机主要由: 传动部分、拉杆组件、缸体三大部分所组成。传动部分是由电动机带动主轴, 并通过蜗杆传动, 传递给刮刀作圆周运动; 拉杆组件是由手轮或电动机, 并通过蜗杆、蜗轮使拉杆作前后移动, 调节伞杆使刮刀起压紧或松开缸周壁的作用; 缸体包括缸本体和固紧在缸周壁600余根衬条; 刮刀在缸体之间作相对滑动作用。



1——蜗轮 2——料斗 3——缸体 4——刮刀 5——拉杆 6——主轴 7——指针

图1 精磨机简图

1.2 精磨机研磨原理简介

刮刀是研磨巧克力浆料的运动件, 衬条是固定在缸内壁上的齿形被磨物。

研磨时应具备五点要求: a. 刮刀必须绕轴中心旋转运动; b. 刮刀对衬条的接触压力; c. 刮刀组件与衬条的接触角 α ; b. 衬条之间的容槽大小; e. 刮刀与衬条之间的接触面积

本文1989年11月30日收到

和行程。

设一刮刀与一齿形衬条接触时,由于刮刀旋转运动,刮刀沿齿顶面滑动,同时带动部分浆料进入到二齿之间,并受到压研,当进入二齿之间时,由于刮刀具有一定的压弹性,使刮刀落入容槽内,同时又将该槽内的浆料大部分挤出,并渗入到周围的浆料中去,当刮刀再次与下一齿形顶面作相对滑动,又把刚才浆料进行压研、挤压,就这样周而复始地进行下去,因为刮刀有几十把,因此同时将粗粒巧克力浆料碾碎成细粒巧克力浆料,达到精磨的目的,如图2所示。

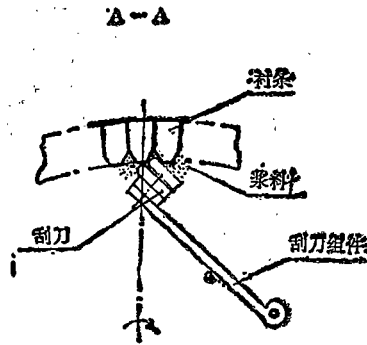


图2 研磨示意图

2 研磨几个参数分析

2.1 刮刀绕主轴中心的旋转速度即刮刀沿齿形衬条作相对滑动

浆料在刮刀与齿形衬条面之间(接触面)碾碎,因而滑动接触面积的大小,直接影响碾碎粒度,面积大碾碎滑动时间长,路程也长,有足够的时间进行接触,面积小碾磨不够,导致颗粒不完全粉碎,同时,旋转速度对碾磨效率起一定作用。

2.2 刮刀对衬条的接触角 α

接触角 α 的作用,主要是在一定的张角内,容存一定量的浆料,然后由于滑动,只有部分物料进入到接触面中进行磨碎,当刮刀由一衬条移动到另一齿形衬条,物料又进入后刮刀张角内储积,以备后刮刀工作用,但角度不能太大,否则正压力 Q 会减小,摩擦力也相应减小,不利于碾磨。

2.3 接触面积和行程关系

接触面积是指刮刀长度与齿形长度相对的单元接触面积,接触面积太大,巧克力浆料粒度磨不细,因为在齿形条之间容槽被刮刀跨桥即刮刀尖端部分不能把槽内物料推出被磨研,另外刮刀锐边渐磨损成大平面,碾磨也相应失效。同时,大面积的接触说明了滑动行程相应地缩短,因此面积大,行程短,面积小,行程长,后者比前者有利,解决办法:更换刮刀和衬条。

2.4 衬条之间的容槽大小

容槽是储存浆料的地方,容槽大,浆料颗粒在槽内容量也大,刮刀将大部分物料推出碾磨是困难的,总是有部分积存在凹槽内,这部分粗粒始终得不到压研,因此浆料变粗腻,欲使浆料变细,只能加多衬条数量,使凹槽容量减小,刮刀能将大部分物料取出压研,使浆料变

细。当然衬条数量增多,凹槽更小,带来的是:加工衬条的难度高,另一方面衬条加速磨损,寿命短。故过多的衬条,不能达到碾细的目的。

2.5 刮刀对衬条的接触压力 Q

从局部受力简图可见(图3),在接触点 D 处,受到主动力 P (绕圆 O 旋转)、摩擦力 F 以及刮刀对齿形衬条(两弹性体)相互压紧的接触压力 Q 等三个平衡力的作用。主动力 P 是沿刮刀长度平面平行力系的合力即 $\Sigma p' = p$,同理得到 $\Sigma Q' = Q$, $\Sigma F' = F$ 。接触压力 Q 的大小,决定了碾磨物料颗粒的细度,当其他条件都确定时,它的存在是极为重要的物理参数。压力过大并不能加快研磨作用,相反使摩擦力增大而损坏衬条或刮刀;压力过小能压碎颗粒,而粒度也达不到一定的细度。精磨机的细度要求为 $20-25\mu\text{m}$,甚至更细些,为此正确选择接触压力是至关重要的。

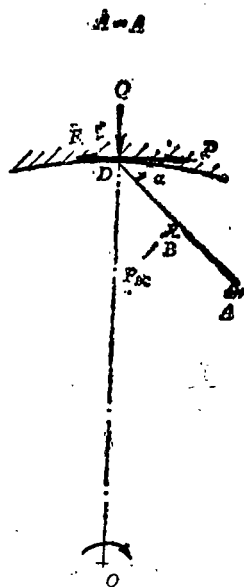


图3 局部受力图

3 接触压力 Q 之实验测试

从受力简图中可见,用计算的方法来确定压力 Q 是较困难的,我们借助于实验方法,测得在匀速旋转时的 Q 值,并计算其余二力的参数值。

3.1 主轴扭矩 M 的确定

用应力分析、应变计测试法,测量出主轴扭曲时的应变值,从而通过电桥原理,经操作后,得到一系列位移与应变值对应值,然后计算相应的扭矩 M 值。

3.1.1 位移 y 值的计算

a. 图4所示位移 y ,实际上是虚位移,无法直接测量,只能在刮刀组件上 B 点处,选一个能作为测得位移的机械量值,后按相似比例法、三角函数,计算出虚位移 y 值。此位移 y 即是沿主轴半径方向的位移量,也就是刮刀组件,压着缸壁的虚位移,根据这个虚位移,可以求出接触压力 Q 。

b. 虚位移 y 的计算 从图4可见,是沿中心线 OD 的延长的长度。工作时,主轴与刮刀组件一起运转,即圆心 O 、刮刀支点 A 为同一平面,张紧时,只是 D 点绕 A 旋转(近似地认为),这样由原位置 D 、 B 点分别转至 E 和 C 点,形成两个相似三角形。于是:

$$\frac{BC}{DE} = \frac{200}{320}$$

设 BC 为单位位移 0.3mm ,则

$$\frac{0.3}{y'} = \frac{200}{320} \quad y' = 0.48\text{mm}$$

图4 位移比例图

B 点的单位位移可由实验测得。

每次在 B 点上按 0.3mm 增加,便可得一组 y' 值。

已知刮刀与切线的夹角为 45° (平均值)。

则

$$y = 0.48 \times \cos 45^\circ = 0.34\text{mm}$$

依次可以计算出 y 的虚位移值,见表1。

表1 位移应变测试数据(μm)

n 测量次数	y_{BC} (位移)(mm)							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
1	15	20	30	43	54	68	75	102
2	16	20	29	39	54	69	78	91
3	15	21	30	40	54	68	79	97
4	17	21	33	42	55	69	72	102
$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i' = \bar{y}'$	16	21	31	41	54	69	76	100
y (虚位移)(mm)								
	0.34	0.68	1.02	1.36	1.70	2.04	2.38	2.72

3.1.2 扭矩 M 的计算由 y_{BC} 、 ε 之测试数据,便可按下式计算出 M 一组对应值。

$$M = \frac{\pi R^3(1 - \alpha^4)}{1 + \mu} \cdot \frac{E}{A} \varepsilon_{\text{测}} \quad (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (1)$$

式中

R ——主轴外半径, $D/2(\text{m})$

α —— d/D

d ——主轴内直径(m), 此处取0.056m

D ——主轴外直径(m), 此处取0.115m

μ ——材料泊桑比0.28

E ——弹性模数 $2 \times 10^{10} \times 9.806(\text{N}/\text{m}^2)$

$\varepsilon_{\text{测}}$ ——应变($\mu\varepsilon$)(10^{-6})

A ——电桥系数, 测试中为半桥取2

3.2 摩擦力 F 的计算

$$F = Q \cdot f(\text{N}) \quad (2)$$

式中

Q ——接触压力(N)

f ——滑动摩擦系数, 取0.2

又因为匀速运动的主动动力 p 与摩擦力 F 等效故

$$p = F = M \cdot \frac{2}{D_g}(\text{N}) \quad (3)$$

式中

D_g ——缸直径(m), 取0.952m

将(1)、(2)式代入(3)式, 经简化后得

$$Q = \frac{p}{f} = \frac{2M}{D_g f} = \frac{\pi R^3 (1 - \alpha^4) \cdot E \cdot \varepsilon_{测}}{D_g \cdot f (1 + \mu) A} \quad (\text{N}) \quad (4)$$

各参数计算结果列于表2。

表2 各种参数计算汇总

y (mm)	M (N·m)	F (N)	Q (N)
0.34	345.34	725.50	3627.50
0.68	453.18	952.05	4760.25
1.02	668.98	1405.42	7027.10
1.36	884.78	1858.78	9293.90
1.70	1165.32	2448.15	12240.75
2.04	1489.02	3128.19	15640.95
2.38	1640.08	3445.55	17227.75
2.72	2158	4533.61	22668.05

实际上 y 虚位移与机器上的每格刻度的位移是不相同的, 若按表2所示 y 数值, 相应对应于刻度为0.3mm, 0.60mm, 0.90mm……, 现直接绘出接触压力 Q (又称压紧力) 与刻线之间线性关系图(见图5)。在操作中使用比较方便又容易控制。

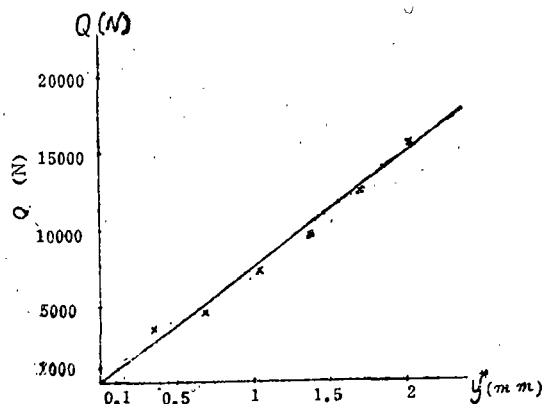


图5 压紧力与刻线之间关系

y^* 为机器上的刻线, 每一格刻线表示虚位移1mm

4 选取接触压力的优化条件

在旋转速度、接触面积、滑动行程、接触角、衬条齿形均决定时, 合理地选取接触压力 Q 是关系到巧克力碾磨细度的关键。根据实践应用以及所提供的资料分析, 当刮刀全部压缸后(约 $y = 0.34\text{mm}$)进而选取进给位移 $y(y^*)$ 范围为1.70—2.04, 压力 Q 范围为12240.75—15640.95N 之内较为合适, 此量程系根据三个假设条件: (a) 缸内无巧克力浆料; (b) 非匀速运动状态; (c) 无润滑油剂。因而与实际情况有一定差距, 表2所测各种数据, 都是为静态所测, 当巧克力浆料加入缸内作匀速旋转时, 除了由于物料对刮刀组件的阻力, 需提高电

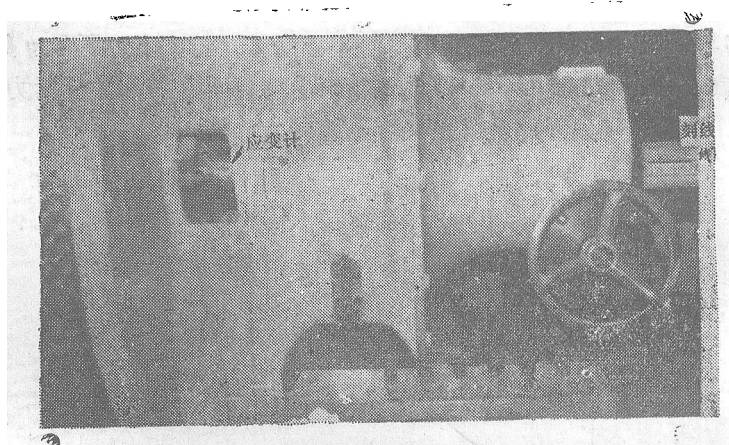
动机功率外,其摩擦系数会大大地减小,接触压力相应地减弱,原因是巧克力内有油脂,为了提高物料的碾磨细度,则必将提高位移 y 进差量即 y 可增至2.38mm, Q 提高到17227.75N,这样才能保持浆料粒度在20—25 μm 之间,甚至更细程度,如果过多超出设定范围,刮刀组件失去弹性,会发生很大的变形,甚至会断裂。

5 结 语

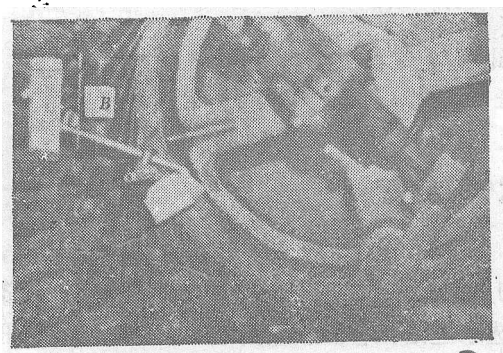
实践证明,精磨机的碾磨细度,只有在各种参数决定情况下,才取决于接触压力,如其中有一个参数发生变更或者几个发生变动,压力也会随之而改变,务必以新的位移和压力取代之,因此本文的实验都是在结构已知和运动状态可知的情况下作的,详细可参阅精磨机结构图。

另外,除了上述分析所选定的参数外,还不能忽略碾磨延续时间,并非位移、压力确定了,就能解决细度问题,更为重要的是时间的持久性,将物料上下翻腾研压,使粗粒度有足够时间碾碎,达到磨细的目的。

精磨机上的各测点位置见图片。



图片1 应变计在主轴上测试位置



图片2 测试刮刀位移(B点)的位置

参 考 文 献

- 1 南京工学院等. 理论力学. 人民教育出版社, 1980
- 2 渡道理著. こずみケーズとその应用. 日刊工业新闻社, 昭和52年4月
- 3 吉林工业大学农机系等. 应变片电测技术. 机械工业出版社, 1978
- 4 Stephen P Timoshenko. Mechanics of Materials. 1978
- 5 机械设计手册. 化学工业出版社, 1979

The Analysis of the Factors of Chocolate Grinding Mill

Li Yousheng Zhou weimin

(Shanghai Special College of Light Industry)

Abstract This paper intends to analyse the variation of the fineness of chocolate mass due to those factors as rotating velocity, grinding displacement, the area of contact surfaces, etc. and to find away to determine the contact pressure by experimental method, so that a proper contact pressure can be selected and a satisfactory grinding fineness can be obtained.

Keywords Grinding displacement, contact surface, grinding fineness, contact angle

甜度较低具保健功能的高麦芽低聚糖通过省级鉴定

以麦芽三糖至七糖占总糖70%以上的高麦芽低聚糖浆(不含糊精)以及糖粉是采用与国外不同的菌种(高温根霉)与传统制曲工艺制造酶制剂, 生产周期很短, 酶活高、成本低。利用此酶制造出的糖浆与糖粉类似美、日产品。我院与阜宁粮油食品厂合作, 已生产出20多吨产品并应用于糖果、蛋糕以及人参口服液生产中, 试销后反映良好。5月29日由江苏省科委主持鉴定, 专家一致认为: 该新产品质量好、口感好、成本较低, 有明显经济效益。采用高温根霉低聚糖酶生产高麦芽低聚糖, 填补了国内空白, 达到国际先进水平。

(金其荣、徐云)