

锤片式粉碎机的理论分析和结构改进措施探讨

朱新华¹ 郭文川¹ 阎晓利¹ 田沛玉²

(1 西北农业大学机电学院, 陕西杨凌 712100) (2 陕西澄城县农机管理站, 陕西澄城 715200)

摘要 对锤片式粉碎机的粉碎机理进行了简要分析, 从而得出粉碎室内环流是粉碎机大功耗、低效率的主要原因, 认为可以通过改变转子结构来降低环流速度, 并提出了提高粉碎机的生产率和度电产量的具体措施。

关键词 锤片式粉碎机, 双转子结构, 室内环流

分类号 S224.29

饲料厂的原料粉碎目前国内外大都采用锤片式粉碎机, 这种粉碎机主要是靠高速旋转的锤片对物料产生强烈的冲击力而达到物料破碎的目的。其主要特点是适应性强、结构简单, 因此被广泛应用。但是, 无论是锤片式、齿爪式、还是超微气流粉碎机, 普遍存在功耗高、度电产量低的问题^[1]。饲料厂用于粉碎的功耗占粉状饲料生产总功耗的60%~70%, 由此可见, 这里的功耗是很大的。本文的目的是在对锤片式粉碎机工作过程分析的基础上, 通过改变粉碎机的结构, 达到提高度电产量的目的。

1 问题的提出

固体物料冲击粉碎过程实际上就是在机械力的作用下, 固体物料块或颗粒发生变形进而而破碎的过程。显然, 只有粉碎的作用力足够大, 在物料内瞬间产生的应力, 超过物料的强度极限时, 物料才能发生破碎。使物料颗粒破碎的能量大小或力的大小, 实际上就是锤片与颗粒、器壁与颗粒或颗粒与颗粒之间相对速度大小的问题。相对速度大, 则破碎力大, 破碎物料的强度就高, 这一理论可由下面的推导证明。假定物料颗粒相对锤片的速度为 v , 物料的重量为 G , 那么物料的动能 E 则为:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \frac{G}{g}v^2 \quad (1)$$

动能 E 只有一部分用于物料颗粒的粉碎上, 这部分动能为 ΔE , 则:

$$\Delta E = \frac{Gv^2}{2g}(1 - \epsilon^2) \quad (2)$$

式中, ϵ 为冲击粉碎后颗粒速度的恢复系数($\epsilon < 1$)。

假设硬脆的物料颗粒是绝对弹性体, 则颗粒冲击所需要的功可表示为:

$$W = \frac{\sigma^2 G}{2KY} \quad (3)$$

式中, σ 为颗粒的强度极限; K 为物料的弹性模量; Y 为物料的比重; G 为颗粒的重量。

显然, 为了使物料颗粒发生粉碎, 必要的条件是:

$$\Delta E \geq W \quad (4)$$

这样, 将(2)式和(3)式代入(4)式中, 即可得到使颗粒发生粉碎的临界冲击速度 v , 即

$$v = \sigma \sqrt{\frac{g}{K\gamma(1-\epsilon^2)}} \quad (5)$$

上述公式是把物料看成绝对弹性体的假设条件下推导出的。对大多数物料是成立的, 即使部分物料不是绝对弹性体, 上面的公式仍能定性表示出冲击速度与各种因素的关系。

物料发生冲击碰撞时的速度, 就是彼此碰撞时的相对速度。在迎面碰撞时, $v = v_1 + v_2$, 在追赶碰撞时, $v = v_1 - v_2$ 。显然, 迎面碰撞对物料颗粒粉碎是最为有利的方式, 那么, 合理的结构应当尽可能地促使物料颗粒发生迎面碰撞。

2 分析与讨论

物料在粉碎室内运动及碰撞破碎的过程是复杂的, 但物料颗粒在常规粉碎室内碰撞大致可概括为以下几种情况(图 1):

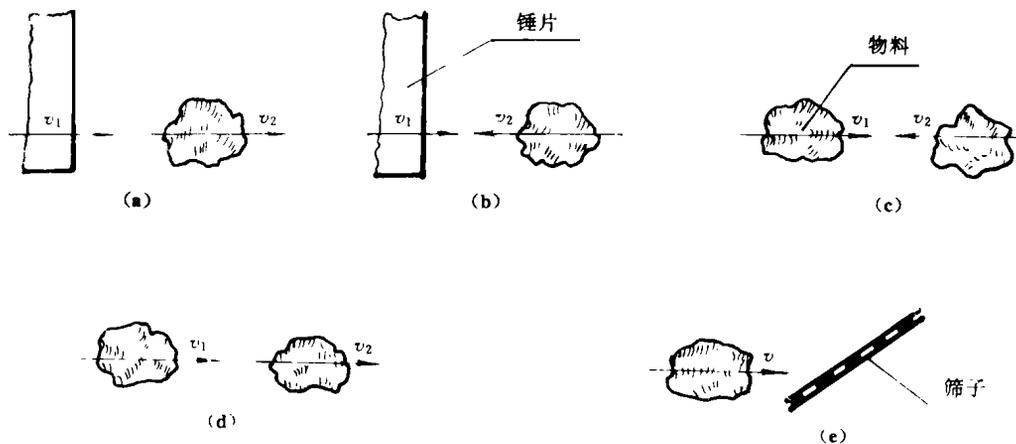


图 1 各种碰撞方式示意图

- (a). 锤片与颗粒追赶碰撞; (b). 锤片与颗粒迎面碰撞; (c). 颗粒与颗粒迎面碰撞
(d). 颗粒与颗粒追赶碰撞; (e). 颗粒与筛面碰撞

上述 5 种碰撞方式中, (b)、(c) 为迎面碰撞, 是最有效的方式。但由于环流作用使这两种方式存在的机会很小。(e) 方式存在的可能性也不大, 因为筛面往往有一层物料。(a)、(d) 两种为追赶碰撞, 它是目前这种粉碎机中最主要的冲击粉碎方式, 很显然, 追赶碰撞中, 只有当两者速差大于一定值时, 才能使物料破碎, 而当速差小于这一值时, 就不能使物料破碎, 而成为无效碰撞。由于环流是以略低于锤片的速度与锤片同向旋转, 速差较小, 大部分碰撞为无效碰撞, 只能使物料发生形变而不能使之破碎。

由上面的分析可知, 目前这种锤片式粉碎机之所以能耗大的主要原因是无效碰撞太

多,大多数碰撞仅能使物料颗粒变形而不能破碎,进而将机械能转化成了热能等而损失。究其根本原因是由于环流作用使大多数物料以稍低于锤片头部的线速度与锤片同向旋转,造成锤片与物料颗粒之间的碰撞大多数为追赶碰撞。此外,较高的环流速度不利于物料穿过筛面,因为物料相对筛面运动的合适速度一般较低。那么,物料不能及时排出,就会造成过度粉碎,从而导致生产率低、度电产量低、粒度不均匀等一系列问题。因此,从理论上讲,彻底改善这一问题的关键必然是通过改变锤片式粉碎机的结构,降低环流速度。

近年来,国内外许多生产厂家和科研单位曾对破坏环流做了大量工作^[2],研制了许多形式的粉碎室,如环筛偏心式、全筛水滴式、3/4筛水滴式、全筛桃形式、六角、八角形粉碎室、椭圆形粉碎室等。实践证明^[3],粉碎室结构的改进对提高粉碎效率有一定的作用,但并不明显,度电产量仍然很低。尤其对大中型粉碎机要求喂料速度较高时,在锤筛间隙较大的转角处容易积料,减小了筛分面积,大颗粒在此也难以反弹。有人曾试验证明^[3],在高喂料速度时,六角形粉碎室比圆形粉碎室效率更低,因此仅通过改变粉碎室结构而达到破坏环流的目的是不够的。

3 措施与建议

笔者认为通过改变转子的结构可以降低环流速度。这样可增加锤片与颗粒间相对速度,增加有效碰撞机会,达到高效的目的。

具体措施如下:1)采用双转子结构,两转子转向相反,两转子的宽度之和约等于常规宽式单转子的宽度。如图2所示;2)锤片按螺旋线方式安装,两转子上锤片安装旋向相反;3)采用圆筛偏心式粉碎室结构。上述三项措施同时采用。

很显然,采用双转子结构,一定程度上可降低环流速度,在较小的环流速度下可提高筛分效率,还可增大碰撞物料的力。锤片采用螺旋线排列方式,环流就会作螺旋运动,两相向的环流会增加迎面碰撞的机会,同时会降低环流速度。如图3所示,其中A、B分别为左右两转子产生环流中的质点。采用圆筛偏心式粉碎室结构,可吸取这种结构的优点。

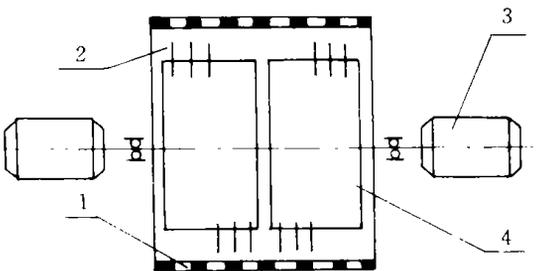


图2 双转子锤片粉碎机示意图

1. 电机; 2. 转子; 3. 筛子; 4. 锤片

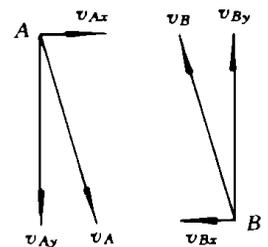


图3 环流运动示意图

$v_{AX}(v_{BX})$. 质点A(B)轴向速度;
 $v_{AY}(v_{BY})$. 质点A(B)切向速度;
 $v_A(v_B)$. 质点A(B)合速度

和度电产量, 降低功耗。由于条件所限, 目前这种结构在实践上还未得到证明。在此, 谨与各位探讨。

参 考 文 献

- 1 范祖尧主编. 现代机械设备设计手册. 第 3 版. 北京: 机械工业出版社, 1996
- 2 周晓静, 于翠萍. 重视饲料厂的粉碎工段. 粮食与饲料工业, 1997(7): 14 ~ 15
- 3 徐春塘. 粉碎理论有新说. 饲料工业, 1992(1): 20

An Investigation of Hammer-Mill's Theory and its Structure Improvement Measure

Zhu Xinhua¹ Guo Wenchuan^Y an Xiaoli Tian Peiyu²

(1 College of Mechanical and Electronics Engineering, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

(2 Farm Machinery Administration Station, Chengcheng, Shaanxi 715200)

Abstract Based on the analysis of hammer-mill's crush theory, it is concluded that crushing room circulation is the most important reason for mill's higher power consumption and lower efficiency. The measure of reducing circulation's speed by changing rotor structure proposed in this paper will improve mill's productivity and per degree electricity's production.

Key words hammer-mill, double rotor structure, room circulation

· 会 讯 ·

第三届中国国际农业科技年会将于 1999 年 4 月召开

由农业部和中国科学技术协会联合主办的中国国际农业科技年会, 已连续成功的举办了两届, 主题分别为“畜牧业与畜产品加工”与“种子工程和农业发展”。第三届中国国际农业科技年会于 1999 年 4 月 13 ~ 16 日在北京国际会议中心召开, 以“植物保护与植物营养”为主题, 同时举办“国际植物保护与植物营养学术讨论会”和“国际植物产品与肥料博览会”。旨在紧密跟踪国际农业科技发展的主流趋势, 探讨国际植物保护与植物营养领域的关键技术和问题, 促进和加强国内外相关领域的交流与合作。

第三届年会是我国植物保护与植物营养领域的一次盛会, 也是国际植物保护和植物营养领域前沿理论、先进技术和优势产品在中国的首次整体展示。有关专家、学者及企业代表均可报名参加。

联系地址及单位 北京朝阳区麦子店街 20 号楼中国农学会
中国国际农业科技年会办公室

邮编 100026 电话 010- 64194494 64194707

传真 010- 64194484 Email bao@cav.net.cn