

# 中药粉碎设备的研究及应用

徐 瑛, 刘根凡, 舒朝辉

(华中科技大学 能源与动力工程学院, 湖北 武汉 430074)

**摘 要:** 分析了中药物料的粉碎特性和粉碎机理, 根据粉碎机理的分类, 介绍了一些常用粉碎设备及其在中药粉碎中的应用现状, 提出了提高中药粉碎效率的途径, 指出了当前中药粉碎设备的不足之处, 并对中药粉碎设备的发展改进提出了一些设想。

**关键词:** 中药; 粉碎机理; 粉碎机; 发展趋势

中图分类号: R282.4 文献标识码: A

文章编号: 1008-5548(2004)02-0025-04

## Research and Application Status of Grinding Equipments for Traditional Chinese Medicine

XU Ying, LIU Gen-fan, SHU Zhao-hui

(School of Energy and Power Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The characteristics of materials of traditional Chinese medicine and the mechanism of pulverization are discussed. Based on that the approach to raise the efficiency of traditional Chinese medicine grinding equipments is suggested. The main grinding equipments are introduced and their application of traditional Chinese medicine grinding is outlined. The problems that the current traditional Chinese medicine grinding equipments exist are analysed and the development trends of the equipments are pointed out.

**Key words:** traditional Chinese medicine; mechanism of pulverization; grinding equipments; development trend

粉碎是中药材加工和中药制剂生产工艺中的重要环节, 是制药生产中基本操作之一, 也是药剂制备的基础。近年来, 随着“中医中药热”的兴起, 各国医药界对中医药的独特疗效产生了浓厚的兴趣, 大量的高新技术引入到中药的研究之中。中药微粉化、中药细胞级粉碎等给中药的粉碎提出了更高的要求, 中药粉碎工艺设备即将各味中药粉碎到最佳粒度的研究成为热点。由于不同品种的中药材性质差异较大, 必须根据实际的情况分别对待, 国内现有的

粉碎设备很难解决各种类型中药材的粉碎目标的要求<sup>[1]</sup>。因此, 针对中药的不同品种, 对其进行粉碎设备的研究、开发、生产是很有必要的。

## 1 粉碎机理、方法及中药物料的基本特性

### 1.1 粉碎机理

物体的形成依赖于分子间的内聚力, 物体因内聚力的不同显示出不同的硬度和性能。因此粉碎时必须借助于外力来部分地破坏物质分子间的内聚力, 才能把固体药物粉碎。所用外力的大小应随药物的硬度及性能而定。固体药物机械粉碎的过程就是用机械的方法增加药物的表面积, 即是机械能转变成表面能的过程。在外力的作用下, 物料的内部可产生压缩、拉伸、剪切等各种应力。在应力超过一定的临界值(一般为弹性极限)时物料就被破碎或发生塑性变形, 达到一定程度后破碎。理论上, 物料内部的应力超过物料本身分子间的内聚力即可引起物料的破碎, 但物料破碎时实际的破坏强度有时仅是理论破坏强度的 $1/100 \sim 1/1000$ <sup>[2]</sup>, 其原因是物料内部存在构造上的缺陷。通常认为物料受到不同粉碎力作用后, 首先要产生相应的变形或应变, 并以变形的形式积蓄于物料内部。当局部积蓄的变形能超过某临界值时, 裂解就发生在脆弱的断裂线上。从这一角度分析, 粉碎至少需要两方面的能量: 一是裂解发生前的变形能, 这部分能量与颗粒的体积有关; 二是裂解发生后出现新表面所需的表面能, 这部分能量与新出现的表面积的大小有关。如物料粉碎时未超过弹性极限, 则只能产生变形和应力, 当外力移去后物料又恢复原来状态, 变形的机械能以热量显现出来。若对物料所施加的力超过弹性极限, 则物料破碎, 应力所释放的能量一部分作为新的表面能量, 其余的能量表现为热量。因此, 物料的粉碎可以使用非变形或在很小的范围内变形或应变的方法来降低能耗。

收稿日期: 2003-06-18, 修回日期: 2003-09-18

基金项目: 国家技术创新基金资助项目, 编号: 02BK-016。

第一作者简介: 徐瑛(1979-), 女, 硕士研究生。

# 综 述

## 1.2 粉碎方法

物料粉碎时,对物料的作用力主要有压缩、撞击、研磨、劈裂、剪切等,但多数情况下,作用于物料的力是上述几种力的联合作用。一般粗碎以撞击(冲击)力与压缩力为主,细碎以剪切力与摩擦力为主<sup>[3]</sup>。(1)压碎:物料置于两个粉碎面之间,施加压力后物料因应力达到其抗压强度极限而被粉碎。这种粉碎方式仅适用于脆性物料,如食品加工中常用的对辊粉碎机,如果对辊的线速度相等,则为纯粹的挤压过程。(2)击碎:物料在瞬间受到冲击力而被破碎。多用于脆性物料的粉碎,粉碎范围很大。(3)磨碎:物料在两工作面或各种形状的研磨介质之间受到摩擦、剪切作用而被磨削成为细粒,多用于小块物料或韧性物料的粉碎。(4)剪切破坏:用一个平面和一个带刀棱的工作表面剪切物料,物料沿剪切力作用线的方向破裂。这是一种能耗较低的粉碎方式,可用以粉碎韧性物料,如对辊磨粉和磨碎过程。在磨碎过程中,物料与物料或物料与机件表面之间在一定的压力和相对运动条件下,物料表层受剪切力的作用,当剪应力达到物料的剪切强度极限时,物料就被层层削落而粉碎。由于不同的物料往往具有不同的粉碎力学特征,因此,不同的物料通常要用不同的粉碎方法。不同的粉碎方法或设备一般兼具两种以上的粉碎形式。对于特别坚硬的物料不易剪碎,而用冲击性的折断或压碎比较有效;对于韧性物料不易撞碎或击碎,而用剪切研磨较合适。因此,对于特定的物料,可以找到一种较为合适的粉碎方法,使粉碎效率最高。

## 1.3 中药物料的基本特性

中药物料的特点与中药本身的组成及性质有密切关系。中药与一般的无机矿物既有共同性又有其自身的特点,其种类繁多,因此组成成分和结构复杂多样<sup>[4]</sup>,可以用作药用资源的中药涉及天然植物、动物及矿物原料,以天然植物为多数。从组成植物体部分的基本成分来看,主要是一些普遍存在的初级代谢物,如纤维素、叶绿素、淀粉、蛋白质、树脂、树胶、糖类等,这些成分一般无药用价值,而生物活性成分通常是以初级代谢产物为基体,分布于初级代谢产物的细胞内和细胞间质,由其衍生出来的次级代谢产物,如生物碱、萜类、黄酮、蒽醌、氨基酸等,它们在植物体内的含量很低,多则百分之几,少则百万分之几。因此,中药的超细粉碎主要是基体成分的

破碎,根据基体成分含量的多少将中药大致分为以下几类:(1)淀粉性药物:苡仁、绿豆等;(2)纤维性药物,如当归、甘草等;(3)油脂挥发性药物:乳香、五味子、益智等。除了以上植物类中药外,还有动物类中药和矿物类中药,如鲨鱼软骨、蚕蛹、珍珠、滑石等。

大多数中药在通常情况下是固体,一般以块状、粒状、结晶、无定形存在,表现出的物理性质主要有:(1)硬度:即物料的坚硬程度,反映了物料对磨耗的抵抗性,物料的硬度越高,物料抵抗塑性变形的能力越强,越不容易被磨碎。植物类中药的硬度多为软质,而一些骨甲类药材则比较硬而且韧<sup>[5]</sup>。(2)脆性:反映了物料塑变区域的长短。脆性大,塑变区域短,在破坏前吸收的能量小,亦即容易被击碎或撞碎。多数矿物类中药均具有相当的脆性,粉碎时沿晶体的结合面碎裂成微小晶体,故较易于粉碎。非极性晶体药物因缺乏相应的脆性,受外力产生变形而阻碍粉碎,同时这类物质有较强的内聚力来平衡外加机械力。(3)韧性:韧性与脆性相反,受外力时虽然变形但不易折断,含纤维多的或含角质的中药都具有相当的韧性。另外,韧性与物料的含湿量有关,如深度干燥后多具有坚韧特性,增加了粉碎的难度,故中药在超细粉碎前应适当干燥,控制物料的含湿量。以上特性对中药粉碎有重要影响,表明中药粉碎并非简单的等同于常规粉碎,它决定了粉碎作用力的选择,也决定了粉碎设备的选型。

## 2 常用的粉碎机及其在中药粉碎中的应用现状

粉碎是中药材加工和中药制剂生产工艺中的重要环节。目前常用的粉碎设备有机械冲击式粉碎机、气流粉碎机和球磨机(包括普通球磨机、振动磨以及搅拌磨)等。

### 2.1 机械冲击式粉碎机

机械冲击式粉碎机是由电动机驱动高速旋转的叶轮上带有活动的刀片(或锤头)对中药进行粉碎。粉碎效率高、粉碎比大、结构简单、运转稳定,适合中软硬度物料的粉碎。其主要力场为冲击力和摩擦力两种力场,比较适合脆性中药,如矿物药以及苡米、绿豆等含淀粉较多的中药。其粉碎细度可以通过设备内腔的筛网来控制。但在粉碎时由于高速机械碰撞,粉碎腔必须进行冷却。特别是在刀片(或锤头)和

被粉碎物撞击的瞬间, 粉碎温度是很高的, 可达  $100 \sim 250^{\circ}\text{C}$  以上。这有可能对植物类草药的有效成分造成的一定损失, 对动物类的脂肪或胶状物会引起粘壁, 堵塞粉碎进出通路而无法粉碎。浙江省嵊州机械厂将高精度涡轮式分级和高速冲击微粉碎机结合, 开发出新一代高效节能 CWJ 超微粉碎机, 比较成功地解决了粉碎过程中的温升问题<sup>[6]</sup>。另外, 冲击式粉碎机由于高速运转, 易产生磨损, 用于中药的生产会造成污染, 这是有待解决的问题。

## 2.2 气流粉碎机

气流粉碎机是以压缩空气或过热蒸汽通过喷嘴产生的超音速高速气流作为颗粒的载体, 颗粒与颗粒之间或颗粒与固定板之间发生冲击性挤压、摩擦和剪切等作用, 从而达到粉碎的目的。与普通机械冲击式超微粉碎机相比, 气流粉碎机可将产品粉碎得很细(产品粒度可达  $1 \sim 10 \mu\text{m}$ ), 粒度分布范围窄, 即粒度更均匀; 不含运动部件和运动死角, 容易达到易于清洗的要求。又因为气体在喷嘴处膨胀可降温, 粉碎温度较低。在气流粉碎机的研究方面, 南京理工大学江苏省超细粉体工程技术研究中心研制的 GQF 型超音速气流超细粉碎分级系统, 采用 LAVA 原理, 集国际上先进的多项管技术、流化床技术及卧氏分级系统于一体, 具有良好的自动分级功能, 产品粒度细且均匀, 一般物体粒度  $d_{50} < 2 \mu\text{m}$ <sup>[7]</sup>。不过, 一般认为气流粉碎机在粉碎纤维性、韧性中药比较困难, 而且在粉碎作业时存在相对高速气流, 将药物挥发成分带走, 造成药效损失, 所以只适合脆性中药的微粉碎, 而不太适合动植物中药的微粉碎。

## 2.3 球磨机

球磨机是用于微粉碎的传统设备, 其特点是粉碎比大、结构简单、机械可靠性强、磨损零件容易检查和更换、工艺成熟、适应性强, 但是传统球磨机的效率低、耗能大、加工时间长, 使其使用受到限制。几十年来, 球磨机经历了不同的发展过程, 振动磨、搅拌磨就是在传统球磨机基础上改进设计出来的, 这些机型既利用了原球磨机的各种优点, 又根据不同的结构具有不同的特色。搅拌磨采用高转速和高介质充填率及小介质尺寸, 获得了极高的功率密度, 使细物料的研磨时间大大缩短, 是超微粉碎中能量利用率最高、最有发展前途的一种设备。但是, 由于其处理量小、易磨损, 且多用于湿式粉碎, 不适合中药粉碎。在中药的超微粉碎中, 振动磨是国内外

研究最多、应用最广泛的一种设备。当前德国、日本对动植物药的超微粉碎也多选用振动磨。我国学者在这方面也取得了不少成果, 济南倍力粉体技术工程有限公司研制的新型第三代振动磨, 利用高强度的振动使物料在磨筒内受到高加速度的撞击、切磋, 可在极短的时间内达到理想的粉碎效果, 并可使物料达到精密的混合(分散)效果。该公司与山东省医药工业研究所联合, 试验了数百种中药的超细粉碎, 并且在  $\beta$ -环糊精包合及生药膏剂等方面做了有益的尝试。作为商品, 已相继开发的有传统名贵中药人参、珍珠、鹿角、灵芝花粉等, 成药中已有消渴灵片等产品面市。

## 3 当前中药粉碎设备存在的问题

(1) 现有的研究主要强调的是粉碎的粒度, 对超细粉碎的研究比较多, 对粗粉碎方面研究较少。粗粉碎方面大都借用现有的设备, 且普遍存在粉碎温度过高和效率较低的问题。而在超细粉碎中, 大部分是以撞击、细磨为主, 而剪切力粉碎的研究仍在继续。对于根茎类中药的粉碎来说, 其物料的主要成分是植物纤维, 韧性较大, 脆性较小, 物料吸收的应变能量大, 粉碎的难度较大。研究发现, 对于这类物料的粉碎, 最有效的力场是剪切力场, 这样才能极大地提高粉碎效率。在机械式粉碎中, 物料粉碎过程中有少量剪切力的作用。在气流粉碎中, 实现剪切力的粉碎也有这种可能。目前这种研究仍在继续, 以便更好、更有效地对纤维类中草药进行粉碎。

(2) 药品的生产有其严格的质量检测标准, 一般的粉碎设备并不直接适用于药品的生产, 目前研制的设备大多由矿物粉碎设备改进而来, 至于如何防止粉碎过程中的交叉污染, 如何实现清洗、消毒以及自动化控制等等, 都在研究之中<sup>[10]</sup>。

(3) 产品趋同化严重、重设备轻工艺。现在的中药粉碎设备, 大多用同一台设备实现多类中药的粉碎。但是中药除了品种不一样外, 还有水分、原粒度分布、粉碎环境等诸多因素。因此, 到目前为止, 要用同一台设备、同一种粉碎工艺实现同一粒度的粉碎还有一定难度。只能根据具体中药, 针对具体要求来进行粉碎加工。而且, 现在的中药粉碎, 大多重视设备的研究, 在工艺流程上研究较少。

(4) 粉碎效率低下, 目前, 粉碎机械的效率仅有  $0.1\% \sim 2\%$ <sup>[11]</sup>。特别是根茎类中药的粉碎, 由于纤



## 综 述

维性物质的韧性大,物料吸收的应变能量大,不容易发生应力集中,不容易断裂或破裂,影响粉碎效率。另一方面,由于细粉没有及时分离出去以及粉碎时大量料头的存在也会影响粉碎效率,因此,把粉碎设备和分级设备联合起来是提高效率的一个有效途径。

### 4 对中药粉碎设备发展改进的设想

(1)在流程上考虑提高能量的利用率,根据 Sergio Alvarado 等的研究,提高粉碎机效率的决定性的参数是喂料的粒度,因此,在工艺流程上采用分段粉碎的方法,整个粉碎过程分为粗粉碎、细粉碎、超细粉碎3段,这样可以使每一段进料的物料的粒度减小,以提高粉碎设备的效率,据研究,这样优化之后,可以节省10%的能量消耗<sup>[12]</sup>。

(2)在原理上考虑提高有效粉碎能,重视粉碎基础理论的研究。针对具体物料特性,进行设备开发设计。如对根茎类植物最有效的为剪切力场,应开发以剪切力场为主,外加研磨、冲击、摩擦等力的综合作用的粉碎设备。

(3)在结构上开发粉碎与分级相结合的闭路工艺及设备,重视对高效分级设备以及一些粉碎辅助设备如粒度微细化、粒度分布均匀化或颗粒形状特定化、品质高纯化、表现处理功能化等等的研究,从总体上优化工艺流程、降低能耗、提高生产率。

(4)在经济上提高和改进现有粉碎设备的性能,降低生产成本。

(5)在材质上采用高耐磨材料,不仅可减少设备相关部件磨损对粉碎产品造成的污染,而且可以提高粉碎设备的使用寿命。

(6)粉碎过程自动化监测及控制也是热点。采用在线测量监控设备,可在线监测中药粉体的含水

量、温度、流量、料位、压力、粒度分布等。如根茎类中药的含水量也是要考虑的因素,物料的含水量过多,会使物料的脆性降低,韧性增加,易产生塑性变形导致粉碎效率的降低。采用红外原理在线监测装置,可以很好地控制水分的含量。

总的来说,开发出的设备除了具有可行性(设备能够满足工业生产的需求)、可靠性(能够适应工业现场特定的环境下稳定正常的长期工作)、经济性(成本不能太高,应具有较好的性价比)、生产能力大、产量高、使用寿命长这些优点外,还要使设备规范化、标准化、科学化、体系化,使产品质量监控贯穿整个粉碎工序。

### 参考文献:

- [1] 刘逢芹,高新跃.试论中药现代化研究的前景[J].时珍国医国药,2002,13(6):8.
- [2] 李启衡.粉碎理论概要[M].北京:冶金工业出版社,1993:145.
- [3] 郑水林.超细粉碎[M].北京:中国建材工业出版社,1999:6.
- [4] 李式模,王群.中草药低温粉碎研究[J].低温工程,1988,10:31-33.
- [5] 袁惠新,俞建峰.超微粉碎机的理论、实践以及其对食品工业发展的作用[J].包装与食品机械,2001,19:1.
- [6] 吴宏富.高效节能CWJ超微粉碎机在浙江丰利问世[J].河南化工,2000,(3):5.
- [7] 王爱武,吕文海,耿晖.超微粉碎在中药生产中的应用概况及展望[J].时珍国医国药,2000,11(7):669.
- [8] 顾莹.探寻中药现代化之路——记济南倍力粉体技术工程有限公司[J].中国经贸导刊,2000,49:47.
- [9] 沈平娴.制药粉体工程技术与中药现代化[J].世界科学技术,1999,3:47.
- [10] 单熙滨.制药工程[M].北京:北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社,1994:161.
- [11] Sergio Alvarado. Energy-exergy Optimization of Comminution[M]. Elsevier Science Ltd,1998:153-158.

## 好消息

为了增加本刊的信息量,更好地为广大粉体企业服务,本刊专门留出部分补白的版面(半版),供发布信息。凡是发布具有公益性质的信息均免费发布,凡发布展会消息、技术转让、产品广告等,均享受每则200元的优惠价格。版面有限,欲订从速。

订版热线 0531-7154935 5567058 联系人:王琦