

## 大型超细搅拌磨机的研制和应用

张国旺<sup>1,2</sup>, 黄圣生<sup>2</sup>, 李自强<sup>1</sup>, 赵湘<sup>1</sup>, 肖守孝<sup>1</sup>

(1.长沙矿冶研究院, 湖南长沙 410012; 2.中南大学 资源加工与生物工程学院, 湖南长沙 410083)

**摘要:**介绍了LXJM大型超细搅拌磨机的基本结构特点和工作原理,从筒体、搅拌器和传动装置等方面优化设计了超细立式搅拌磨机,提出了最佳的磨机工艺流程,并应用在造纸涂布用亚微米重质碳酸钙的湿法超细加工中,将所生产的产品与国外同类产品进行了比较,产品满足造纸工业的要求。

**关键词:**超细搅拌磨机;重质碳酸钙;超细粉体

**中图分类号:**TD453

**文献标识码:**A

**文章编号:**1008-5548(2006)04-0048-04

## Design and Application of Large-scale Superfine Stirring Mill

ZHANG Guo-wang<sup>1,2</sup>, HUANG Sheng-sheng<sup>2</sup>,LI Zi-qiang<sup>1</sup>, ZHAO Xiang<sup>1</sup>, XIAO Shou-xiao<sup>1</sup>

(1. Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy, Changsha 410012; 2. School of Resources Processing and Bioengineering, Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** The basic structure and working principle of large-scale superfine stirring mill was introduced. The vertical superfine stirring mill was designed optimally in barrel, stirrer, driving unit. The optimum process flow of mill was suggested. The superfine stirring mill was used to produced submicron heavy calcium carbonate for paper coating. The products were compared to the same product from abroad and met the needs of paper making industry.

**Key words:** superfine stirring mill; heavy calcium carbonate; superfine powder

众所周知,在粉碎设备的发展长河中,球磨机家族占有非常重要的历史地位。它的应用相当广泛,技术也非常成熟,直至现在仍是很重要的设备,例如在水泥和矿业行业,甚至到现在的干法超细重钙生产中,仍然是稳定可靠的卧式球磨机和超细干法分级机配套为主要大量生产方式。

随着现代工业生产的不断发展,对粉碎的要求

也越来越高,传统的球磨机已经不能满足其特定要求,因此人们试图寻找和发明更高效、更节能、更超细的粉碎设备。在此背景下,搅拌磨机的发明和不断完善的过程就开始了。1928年 Klein 和 Szegvari 提出搅拌磨机概念及完成湿磨粉碎,1948年高速搅拌球磨机(Du Pont 砂磨机)问世,1952年日本河端重胜博士发明塔磨机(Tower Mill)。直到上世纪60年代由于新材料的发展,各种搅拌磨机开始出现。现在造纸、塑料、涂料等行业的发展,需要的颜料粒度很小,例如重钙涂布级要求小于 $2\mu\text{m}$ 粉体要大于90%~95%, $d_{50}$ 要小于 $0.7\sim 0.5\mu\text{m}$ ,而且产量较大,要求从2万t/年到5万t/年甚至10万t/年,因此研磨设备的研究非常活跃。国内上世纪80年代末开始,从80L剥片机开始,出现了100、300、500L剥片机,近年出现了1800、2000、3000、3600、5600L大型超细搅拌磨机,直至现在设备品种增多,设备质量也在不断提高,已从以往油漆、颜料行业的小型砂磨机正向金属矿和非金属矿应用的大型搅拌磨机发展。

长沙矿冶研究院从上世纪70年代末就着手立式螺旋搅拌磨机(或简称立磨机或塔磨机)的研制,到80年代先后在试验室和中试研制了JM-230, JM-260和JM-460立式螺旋搅拌磨机,在此基础上进行了广泛的工作参数和物料的细磨试验,终于在1989年12月JM-500型干式立式螺旋搅拌磨机通过了湖南省科委组织的鉴定,1990年JM-1000型湿式塔磨机通过了冶金工业部和国家黄金管理局组织的鉴定,1998年KJLM-400型超细搅拌磨机通过了江苏省科委组织的鉴定,并先后获四项国家专利。

自从1990年山东乳山金矿选矿厂应用立式螺旋搅拌磨机以来,长沙矿冶研究院在推广应用时,不断完善其结构和改进耐磨材质,并利用长期从事粉磨设备研制和选矿制粉工艺研究的优势,设计出了具有自主知识产权的系列化立式螺旋搅拌磨机,产品不断更新,已在黄金、磁材、锰业、化工、稀土和

收稿日期:2005-11-22。

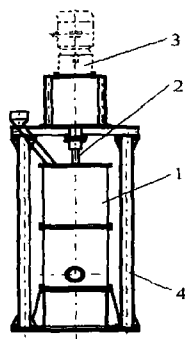
基金项目:国家自然科学基金重点项目(编号:50434010)。

第一作者简介:张国旺(1963-),男,教授级高级工程师。电话:0731-8657076,8642870,13808462653。

无机非金属等行业应用 200 多台套。最近又研制出 LXJM3600 型大型超细搅拌磨机, 在太阳纸业高旭化工公司和广东东莞立伟达(台资)公司成功应用, 取得了重钙碳酸钙湿法研磨设备大型化生产的突破, 此举必将促进湿法研磨重钙品质的提高和生产成本的降低。

## 1 设备结构和工作原理

LXJM 大型超细搅拌磨机的结构如图 1 所示, 由筒体、组合式搅拌器、传动装置和机架等组成。筒体内充满一定的磨矿介质(锆珠、瓷珠或玻璃珠)。传动装置带动搅拌轴以中等速度旋转, 通过优化的搅拌器结构强制带动介质球和物料在筒体内做多维循环旋转运动, 物料在磨矿介质重量压力和搅拌器回转产生的挤压力下通过摩擦和冲击碰撞被有效地研磨。矿浆经加料口泵送入磨腔内, 成品浆由上部筛网过滤溢出排入贮浆桶。



1.筒体; 2.搅拌器; 3.传动装置; 4.机架

图 1 大型超细搅拌磨机结构图

## 2 大型磨机的设计及工艺

### 2.1 磨机的设计

由于影响超细搅拌磨机磨矿过程的因素很多, 例如被磨物料的性质和被磨物料所处的状态、希望的产品细度以及机械结构诸因素等, 单纯从理论上进行设计还不太可能。我们采取的方法是: 进行必要的理论分析, 通过间歇式运转的实验室磨机试验, 再与已经运转的磨机所获得的经验相结合, 确定大型超细立式搅拌磨机的基本结构和最佳参数, 然后进行机械设计。

筒体: 筒体高度影响介质表面压力, 介质表面

压力随筒体高度增加而逐步增大, 当超过一定高度后, 变化极小。根据国外设备的情况及我们的经验, 筒体径高比取 1:5~1:6。筒体衬板采用耐磨不锈钢、高分子材料衬板或刚玉衬, 特殊行业可根据具体要求设计。筒体上须合理设置泵送料口、浆料溢流口、排球口及清洗口等, 考虑到发热情况, 筒体设计为夹套形式, 实际证明冷却效果良好。

搅拌器: 搅拌器是该设备的关键部件, 采用组装圆盘结构和叶片结构, 较好地解决了启动问题和磨损问题。在大量的试验研究基础上, 对其结构参数进行了选定, 不是简单地、机械地仿造。其原则是搅拌器外径至筒体内壁的间隙应满足不卡球、充分利用能量传送给介质球运动和筒壁磨损低。该间隙大小还与转速、介质尺寸和搅拌器结构等有关。叶片数量的选择主要考虑了能量的输送频率、介质充填量、功率输入情况、磨矿停留时间, 同时也考虑了搅拌体的受力情况及设备稳定性。

传动装置: 采用电机直接驱动行星齿轮减速机的组合, 较好地达到搅拌器转速工作范围。设备如图 2 所示。

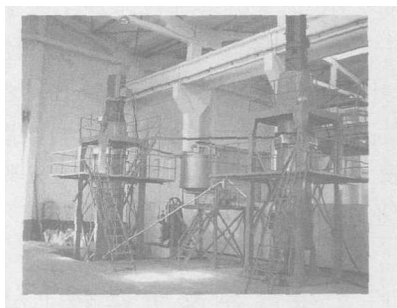


图 2 大型超细搅拌磨机设备

### 3.2 磨机的工艺

工艺流程示意如图 3 所示, 湿法研磨碳酸钙生产线基本工艺流程步骤为:

(1) 按拟定的磨矿条件(即原矿、水、助剂的配比)将原矿、水、助剂加入调浆池搅拌一定的时间使之均匀;

(2) 用渣浆泵或齿轮泵将调浆池中搅拌均匀的

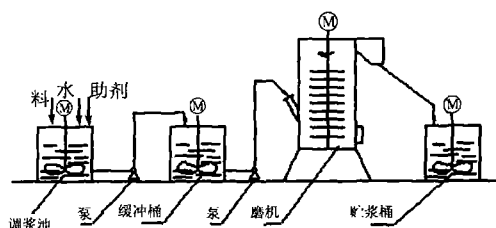


图 3 大型湿法超细搅拌磨机粉碎工艺

表2 设备配置表

| 设备名称   | 型号规格               | 材质  | 装机功率/kW |
|--------|--------------------|-----|---------|
| 调浆池    | 3~5 m <sup>3</sup> | 不锈钢 | 7.5     |
| 渣浆泵    | 2寸                 | /   | 5.5     |
| 缓冲桶    | 10 m <sup>3</sup>  | 不锈钢 | 7.5     |
| 隔膜泵    | 50 型               | 不锈钢 | 3.0     |
| 超细搅拌磨矿 | 3 600 L            | /   | 250     |
| 振动筛    | 800 型              | 不锈钢 | 1.1     |
| 贮浆桶    | 5 m <sup>3</sup>   | 不锈钢 | /       |
| 管道及阀门  | 视现场平面布置定           | 不锈钢 |         |

原矿浆打入缓冲桶中;

(3)用隔膜泵将在缓冲桶中继续搅拌的原矿浆从磨机底部打入磨机中磨矿;

(4)随着磨机中矿浆的逐渐增多,磨矿产品(即磨细后的矿浆)从磨机上部溢流口溢出,通过振筛机,顺管道流入贮浆桶中。必要时设置多级振动筛或分级设备,以确保产品最大粒径及粒度分布符合要求。

以上流程是通过控制溢流的流量大小来控制矿浆在磨机中的停留时间,从而控制产品的细度以及产量的大小,属于开路连续生产工艺流程。

对于小于 2  $\mu\text{m}$  颗粒含量大于 60%~90%的产品,可采用一段磨矿,对于小于 2  $\mu\text{m}$  颗粒含量大于 90%~95%或更高的产品,建议采用两段磨矿。

如表 2 是年产 1.6 万 t 小于 2  $\mu\text{m}$  颗粒含量大于 90%的湿法研磨生产设备配置。

### 3 磨机在湿法研磨重钙行业中的应用

3 600 L 大型超细搅拌磨机已成功地应用在山东某大型造纸企业,原矿和 90 级湿法重钙粒度分布见图 4,其设备在湿法重质碳酸钙生产现场见图 5,产品细度小于 2  $\mu\text{m}$  含量大于 68%的处理能力为 4.6 t/h(固含量 72%,按浆料计),能耗小于 40~50 kWh/t。产品细度小于 2  $\mu\text{m}$  含量大于 90%的处理能力 2.1 t/h(固含量 72%,按浆料计),能耗小于 80~90 kWh/t。

图 6 为工业大型超细搅拌磨机生产的造纸涂布用亚微米重钙颜料与国外某公司的产品粒度比较。

从图 6 可见,工业大型超细搅拌磨机生产的重钙浆料达到国外某公司产品粒度,粒度  $d_{90}$  小于 2  $\mu\text{m}$ ,作为涂布颜料已应用于造纸工业,满足其生产要求。

大型超细搅拌磨机从 2004 年 6 月份运行以来,显示出设备性能稳定、噪音低、能耗省和操作简便等优点。工业大型超细搅拌磨机的研制成功,必将带动湿法研磨重钙生产厂家的技术进步,提高湿法重钙产品品质,大大降低能耗,降低生产成本。以

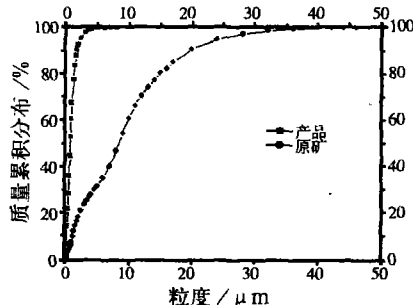


图4 重质碳酸钙原矿和 90 级(小于 2  $\mu\text{m}$  颗粒含量 90%)湿法重钙的粒度分布



图5 大型超细搅拌磨机在亚微米级重质碳酸钙生产现场应用

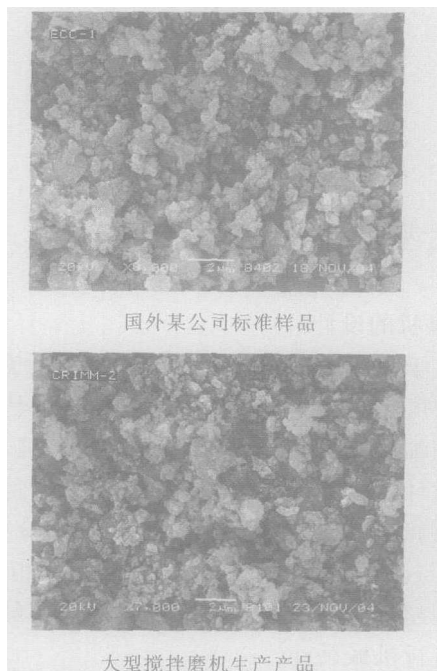


图6 大型搅拌磨机生产重钙与国外生产重钙产品的粒度比较

生产 10 万 t 亚微米重钙浆料为例,如每吨节省电费 20 元,则一年节省电费达 200 万元,效益相当可观。

### 参考文献(References):

- [1] 张国旺. 立式螺旋搅拌磨机在工业中的应用[J]. 金属矿山, 1998(9):36-38.
- [2] 张国旺. 我国塔磨的研制和应用[J]. 化工矿山技术, 1990(6).
- [3] 张国旺. 破碎粉磨设备的现状和发展[J]. 粉体技术, 1998, 4(3): 37-42
- [4] 张国旺. 搅拌型球磨机的研究和发展[A]. 中国颗粒学会制备与处理学术会议, 徐州, 1995.
- [5] 黄圣生. 料层破碎新工艺研究[J]. 有色金属(选矿部分), 1985(5).
- [6] 张国旺. 立式螺旋搅拌磨矿机的理论和设计[A]. 湖南省科学技术协会首届青年学术年会论文集[C]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1992.
- [7] 柴山敦. タワーミルKD-3 型粉碎機において攪拌スクリーンの回転速度が粉碎効果に与える影響[J]. 資源と素材, 1997, 113(11):842-846.
- [8] STIEF D E. Tower mill and its application to fine grinding[J]. Minerals and Metallurgical Processing, 1987, (4):45
- [9] MARMOR F. Energy-saving fine-grinding using the sala-agitated-mill SAM[J]. Aufbereitungs-Technik, 1993, 34(10):506-511.
- [10] 张国旺. 重质碳酸钙粉磨设备及工艺[J]. 无机盐工业, 1999, 31(2):40-41.
- [11] 宋宝祥. 造纸研磨碳酸钙制造、应用及发展现状[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2004(1): 3-8.
- [12] 方苍舟, 陈贤树. 重钙类非金属矿超细加工工艺探讨[J]. 中国非金属矿工业导刊, 1999(5):74-76.

### 新书讯

## 集聚行业权威专家、强势专业媒体联袂打造粉体技术与开发大型工具书 《中国粉体工业通鉴》(2006 版) 全新出版

一年一卷, 内容全新的《中国粉体工业通鉴》第 2 卷(2006 版), 日前由中国建材工业出版社出版, 面向全国发行。这是由我国粉体行业 100 余个知名专家及专业媒体联袂打造的粉体技术与开发应用大型实用工具书。全书 100 余万字, 精装本。

本卷亮点之一: 由我国粉体界著名专家卢寿慈教授担纲编委会主任, 集中吸纳了沈志刚、郑水林、吴建明、张立德、李森蓉、李炳炎、胡庆福、刘英俊、梁勇、陈宏勋、王宏勋、葛士强、黄之初、钟家湘、唐文骞、陈希荣等一批活跃在我国粉体行业第一线的知名专家学者加盟编委会, 并为本卷撰稿, 全方位、多角度、客观真实地记录中国粉体工业的新发展, 展望“十一五”粉体工业的发展趋势和广阔前景, 融前瞻性、学术性、权威性、指导性、专业性、实用性、系统性于一体; 对于国内外粉体企业、投资机构及政府相关部门了解和研究中国粉体工业将具有重要的参考价值。本卷突破了时间界限, 具有长期保存价值。

本卷亮点之二: 为顺应“有效整合全社会科技资源, 促进科技成果向现实生产力转化”(温家宝总理语) 的需求, 本卷首次推出 170 余家粉体相关科研院所; 200 余所高等院校 2000 多项粉体技术成果; 近 600 名粉体专家名录; 700 多项最新粉体专利题录; 提供了近万个粉体领域的国债项目、国家重点新产品、国家火炬计划项目、国家科技成果重点推广计划项目、科技兴贸行动计划项目、科技创新基金项目、拟在建项目、技术转让项目等项目信息, 更是粉体从业者寻求商机、投资合作的“宝典”。

本卷适合化工、轻工、矿业、冶金、机械、建材、农业、食品、医药、环保、军工、新材料以及高新技术等不同行业各个领域的相关人士阅读、收藏。

欢迎邮购以下粉体专著, 书目价格如下:

|                  |            |             |       |
|------------------|------------|-------------|-------|
| 中国粉体工业通鉴(2006 版) | 定价 198 元/本 | 优惠价 150 元/本 | 免收邮寄费 |
| 中国粉体工业通鉴(2005 版) | 定价 200 元/本 | 特 价 100 元/本 | 免收邮寄费 |
| 中国粉体工业产业政策汇编     | 定价 58 元/本  | 优惠价 50 元/本  | 免收邮寄费 |
| 超细粉碎工程           | 定价 65 元/本  | 优惠价 60 元/本  | 免收邮寄费 |

注: 如在二个月内没有收到书, 请来电查询。

详情请浏览中国粉体工业通鉴网站 [www.ftj.cn](http://www.ftj.cn)

订书电话: 0575-6899158 传真: 0575-6047158

邮箱: [ftj001@sina.com](mailto:ftj001@sina.com)

汇款地址: 312500 浙江新昌城关新叶小区 2 幢 241

室收款人: 中国粉体工业通鉴编委会 吴宏富