

水射流粉碎技术发展及其在云母粉碎中的应用

钱玉鹏, 程亮, 朱瀛波

(武汉理工大学资源与环境工程学院, 湖北 武汉, 430070)

摘要:介绍了近几年来水射流粉碎技术的发展现状及存在的问题,探讨了该技术在粉碎非金属矿物方面的优势,并利用自主研发的高、低压水射流磨进行粉碎云母试验研究,分析了水射流压力、流量、靶距等参数对云母粉碎的影响,具有较好的工业应用前景。

关键词:水射流;非金属矿;粉碎;云母;应用

中图分类号:TD453.3;TD977+.3 文献标识码:B 文章编号:1001-0076(2009)06-0012-05

The Development of Water-jet Comminuting Technology and its Application in Mica Comminution

QIAN Yu-peng, CHENG Liang, ZHU Ying-bo

(College of Resources and Environmental Engineering Wuhan University of Technology, Wuhan, Hubei 430070, China)

Abstract: This paper described the development status and existing problems of water-jet comminuting technology in recent years, and explored the advantages of this technology in comminuting nonmetal minerals. The experimental research on comminuting mica by self-developed high and low pressure water-jet mills was carried out. The pressure, flow rate, target distance of water-jet which had effect on crushing mica were analyzed. It had a better industrial application prospect.

Key words: water-jet; nonmetal minerals; comminution; mica; application

1 前言

水射流技术是矿物粉碎工艺中的新技术。通过水射流的高聚能冲击,在物料内部晶粒界面处产生应力波反射所形成的张力,致使物料荷载破坏,提高粉碎效率,具有保持颗粒原始结晶形态和表面光泽度、解离性与分离特性良好等特点。研究水射流磨在解理发达的非金属矿粉碎工艺中的应用,对保护矿物材料的晶体形状、降低矿物材料铁污染、节能降耗和减少环境污染等非金属矿物加工的关键技术具有重要意义,以此带动特殊晶型非金属矿的粉碎、剥片与分级等共性技术的进步。

2 水射流粉碎新技术发展现状

2.1 水射流粉碎新技术的研究现状

关于水射流粉碎技术,我国于上世纪90年代就取得了一定的研究基础,中国矿业大学开发的GYJ-35高压均浆开片机^[1]就是水射流磨的一种,它采用矿浆加压后,零压力突然释放后产生空穴效应,使物料释压解离,达到粉碎的目的,曾在云母、高岭土等矿物剥片粉碎中应用;北京科技大学方涓等^[2]利用前混合磨料射流的工作原理,研制了一种高压水射流粉碎装置,进行了高压水射流超细粉碎云母的

• 收稿日期:2009-10-26;修回日期:2009-11-10

基金项目:“十一五”科技支撑计划项目(编号:2008BAE60B03)

作者简介:钱玉鹏(1984-),男,湖北武汉人,硕士研究生在读,主要从事矿物功能材料研究。

试验研究,但上述设备由于生产能力不高、粉碎效率差,一直没能实现大规模推广和应用。

近年来,我国在水射流粉碎技术的研究,主要集中于粉碎装置方面,陕西西安理工大学牛争鸣^[3]将高压水射流粉碎、研磨、振动等粉碎原理综合利用,研制了一台复合式水力超细粉碎研磨装置,实现了颗粒的超细粉碎;中国科学院广州能源研究所徐晓东等^[4]研发出一种脉冲空化水射流超细粉碎装置,该装置利用高压水射流发生设备的能量及其原始的脉冲激励,在振荡室内形成稳定脉冲,强化空化侵蚀对物料颗粒的粉碎作用,扩大粉碎物料的范围,提高物料颗粒的粉碎效率;在粉碎工艺方面,北京工业大学付胜等^[5]提出利用热力辅助高压水射流对煤、高岭土进行超细粉碎,热处理在颗粒表面产生的裂纹粉碎效果明显,粉碎后粒度更小,粒度分布更窄,是一种有效的超细粉碎方法;另外,崔龙连等^[6]和郭楚文等^[7]分别对高压水射流粉碎的工艺参数和能耗方面做了相关研究。以上一系列的研究成果,对推广水射流粉碎技术的应用具有积极作用。

2.2 水射流粉碎技术存在的问题及建议

经过二十多年的发展,水射流粉碎技术已展示了良好的应用前景,但不足的是,目前我国大部分的水射流粉碎装置均处于实验室研究阶段,能应用于工业生产的水射流粉碎装置屈指可数,且主要应用于煤的粉碎,使水射流粉碎技术的发展受到制约。而水射流粉碎在非金属矿加工应用中,已形成规模化生产的典型应用是云母纸浆前处理段的云母粉碎,但装置却十分原始,处理能力仅为15~20 kg/h,而美国、意大利、德国、丹麦等水射流技术领先的国家早已应用于工业化生产,部分产品已达商品化。

因此,我们开展了水射流粉碎技术在粉碎非金属矿中的应用研究,特别是针对具有特殊晶型的非金属矿种,大力研发非金属矿粉碎专用水射流设备,提高我国非金属矿矿物加工技术水平,同时,加大工业实践研究,形成规模化、产业化生产思路,实现水射流粉碎技术与非金属矿加工工艺的共同进步。

3 水射流粉碎在非金属矿中的应用

众所周知,绝大多数非金属矿物以其独特的晶型结构、优异的表面性能成为各行各业应用的焦点,而传统粉碎设备,如球磨机、雷蒙磨、冲击磨、搅拌磨

等,粉碎原理主要为压缩破坏,均难以实现晶型控制粉碎,超细粉碎能耗相对较高,且存在着粉碎提纯乏力或分选效率低下,磨矿介质、冲击体磨损对产品的掺杂污染等问题,直接影响产品纯度和色泽,制约了非金属矿物加工行业的发展。因此,如何在非金属矿加工粉碎过程中保持矿物的晶体形态,提升产品档次,成为了急需解决的技术难题。

3.1 水射流粉碎非金属矿的优势

水射流粉碎是以水楔和应力波反射张力、高聚能冲击和空化剥蚀为主,对颗粒实行拉伸破坏、冲击破坏和剪切破坏,实现对物料的粉碎,其优于传统粉碎最重要的特征在于:把对材料的压缩破坏变为对材料的拉伸破坏。这一特征对非金属矿的粉碎加工具有特别的意义。

因此,我们认为水射流粉碎非金属矿具有以下优势:

(1) 张力作用的解离粉碎方式显著降低粉碎能耗,提高粉碎效率;

(2) 剧烈的湍流作用可以避免细颗粒的团聚,有利于粉碎和分级;

(3) 可以很好地保持颗粒的原始结晶形态和表面光泽度;

(4) 由于良好的解离性与分离特性,可使物料内部的不同成分更好地分开,因而,在粉碎的同时具有提纯作用;

(5) 设备专用,对产品无污染,易得到良好的表面质量、粒度分布较窄的颗粒产品;

(6) 粉碎工艺安全,无污染,设备简单,无运动部件,故维修量小,利于工业化应用。

3.2 水射流磨粉碎云母实例应用

鉴于以上分析,我们在“十一五”国家科技支撑计划的大力支持下,研制了以水射流粉碎为核心技术的高低压两台水射流磨,用于云母原矿的粉碎,以期解决目前云母加工粉碎工艺中水力制浆机处理量低下、产品粒度不稳定、石英掺杂等问题,并经过一系列的研究,确定了低压磨生产造纸云母粉浆料,高压磨生产高档云母粉的工艺思路,完善了云母加工工艺,提升了产品档次。

3.2.1 水射流磨粉碎云母系统

云母粉碎装置由可调压柱塞泵、水射流磨和储料罐组成,是一套完整的云母粉碎系统。柱塞泵为

水射流磨提供动力输出,储料罐为浆料收集取样装置,主要设备为高、低压水射流磨,均采用后混合作用方式^[8],其原理见图1,二者的区别在于低压磨为固定靶,水射流方向与加料方向相同;高压磨的靶距可调,水射流方向与加料方向垂直。被粉碎的颗粒由进料口进入,经高速水射流加速后,喷射到坚硬的靶体上,达到粉碎目的。

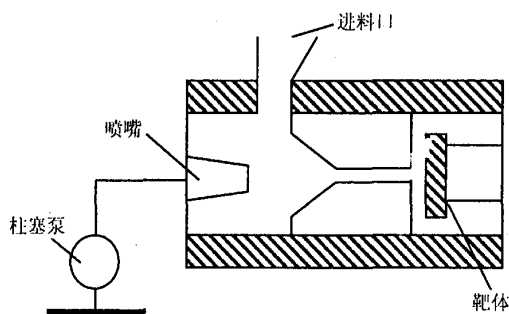


图1 后混合式颗粒粉碎装置原理

3.2.2 低压水射流磨粉碎云母研究

低压水射流磨主要用于生产高质量云母粉造纸浆料,其压力一般小于10 MPa,经过对云母粉造纸浆料化验分析发现,粉体粒度不能过细,否则会因细粒级含量过高而影响纸张的抗张强度。因此,我们研究了射流水压和溢流量对粉体粒级含量的影响,得到最佳的工艺参数,为工业应用提供依据。

3.2.2.1 射流水压对云母浆料粗粒级含量的影响

射流水压作为粉碎设备的动力源是影响云母粉碎效果的重要因素。因此,我们控制入料速度40 kg/h,调节射流水压为4 MPa、5 MPa、6 MPa、7 MPa、8 MPa分别进行试验,待料浆颜色达到乳白色后,即可进行取样,分析浆料中+80目以上含量。试验数据与结果见图2。

从图2发现,随着压力的升高浆料中+80目含量逐渐增加。经分析可知,射流水压增大时,加快了溢流速度,使得较大片云母无法沉降便迅速由溢流口排出,增大了浆料中粗粒级的含量,有利于造纸云母粉浆料的生产,当射流水压为6 MPa时,+80目含量可达24.9%,但当压力继续增大时,射流的直接冲击力增加,粉碎效果增强,纸浆中-80目云母粉粒径变小,径厚比下降,使得生产出的云母纸致密程度降低,间接降低了纸浆的质量,不利于造纸。因此,选择射流水压6 MPa,既能保证浆料中+80目的万方数据

含量,同时又不至于将云母粉碎得过细,是较为合适的工作压力。

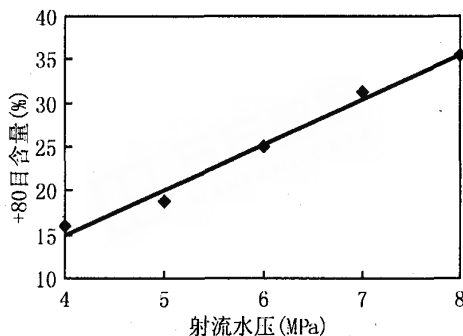


图2 射流水压对云母粉浆料+80目含量的影响

3.2.2.2 溢流量对云母粉浆料粒级含量的影响

溢流量是影响粉碎效果的重要因素,它能够改变颗粒在磨机中的沉降速度,从而实现对产品浆料粒级含量的控制,我们以+80目含量为控制指标,试验数据与结果见图3。

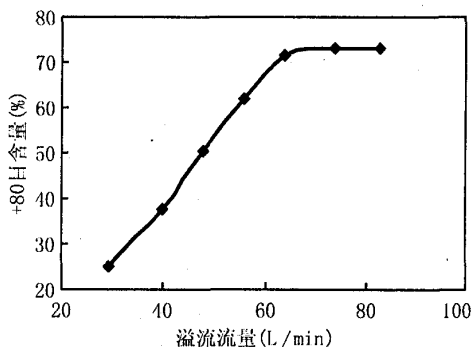


图3 溢流量对云母粉浆料+80目含量的影响

从图3中我们发现,随着溢流量的加大,粉碎后浆料中+80目含量逐渐增多,当水量为63.9 L/min时趋于稳定,+80目含量达到71.7%,继续加大水量,粗粒级含量变化不明显。分析原因是由于溢流量的增大加快了溢流速度,使得粉碎后的大片云母无法沉降便迅速由溢流口排出,增加了浆料中粗粒级的含量,而磨机粉碎能力是一定的,当水量继续增大时,粗粒级含量趋于稳定,最佳溢流量为65.0 L/min。

3.2.3 高压水射流磨粉碎云母研究

高压水射流磨主要用于高档云母粉的生产,其工作压力较高,一般为15~30 MPa,冲击粉碎作用更加明显,能够获得较细的云母粉。因为主要以20

~50 μm 范围内云母粉颗粒具有最佳的珍珠光泽。因此,我们研究了射流水压和冲击靶距对粉碎后云母粉 20~50 μm 含量的影响,为更好地分析磨机的粉碎性能,给料选择低压磨粉碎后物料,矿浆浓度为 50%,入料速度控制为 12 kg/h,入料粒度大于 150 μm 。

3.2.3.1 射流水压对云母粉细粒级含量的影响

射流水压是影响云母粉碎细度的重要因素,因此,我们研究了在固定冲击距离时,射流水压对粉碎后云母粉 20~50 μm 含量的影响,试验数据与结果见图 4。

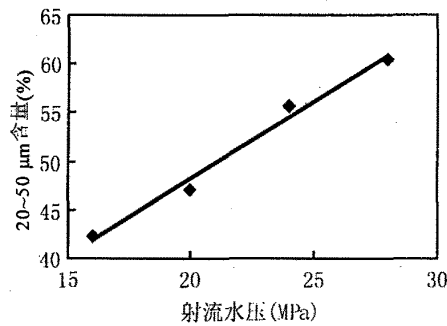


图4 射流水压对云母粉 20~50 μm 含量的影响

如图 4 所示,随着射流水压的增大,云母粉中 20~50 μm 含量逐渐增多,说明射流水压的增大能够使粉体变细,但过高的射流水压使得小于 20 μm 的含量明显增加,不利于产品的分散与分级,因此,我们选择 20~50 μm 含量约为 50% 时,对应的射流水压 22 MPa 为最佳工作参数。

3.2.3.2 冲击靶距对云母粉细粒级含量的影响

靶距影响云母粉在高速射流中的加速距离,对粉碎质量有一定影响,为此,我们研究了靶距对云母粉细粒级含量的影响,试验数据与结果见图 5。

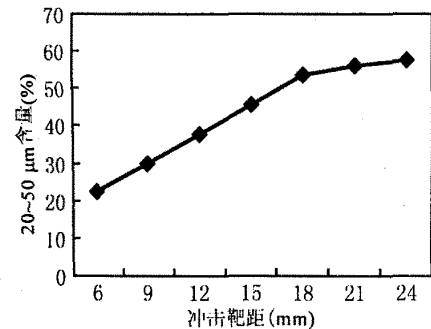


图5 冲击靶距对云母粉 20~50 μm 含量的影响

万方数据

分析上述数据可知,冲击靶距的增加有利于粉体的加速,使得粉碎作用加强,当靶距为 18 mm 时,20~50 μm 含量 54.7%,之后趋于平缓,因此,冲击靶距为 18 mm 最为合适。

3.2.4 粉碎效果评价

粉碎后云母粉粉体表面光泽度和径厚比是衡量云母粉质量的重要指标,因此,我们对上述条件下生产的云母粉浆料进行了表面形态的观察,并采用半叠片法测定其径厚比^[8],同时,利用低压水射流磨生产的云母粉浆料造纸,测定纸张抗张强度,与工业现场生产纸张进行对比,衡量低压水射流磨的工业应用前景。

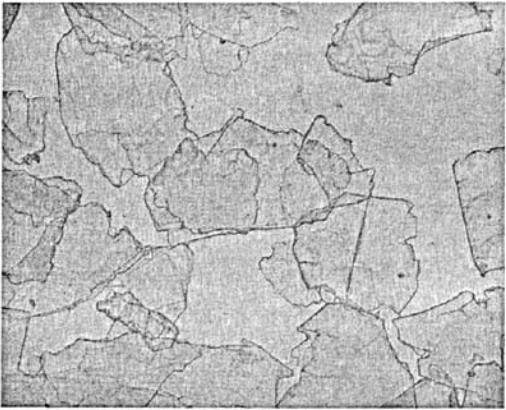


图6 低压磨云母粉表面形态照片×50

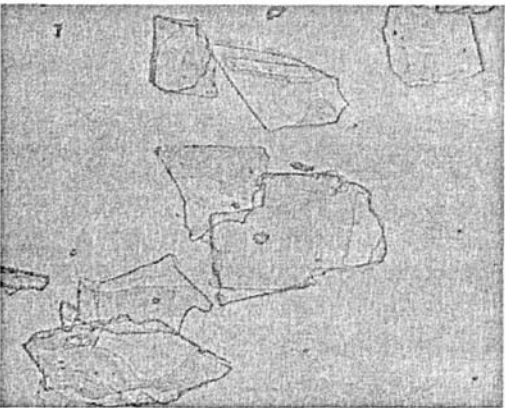


图7 高压磨云母粉表面形态照片×100

观察图 6、图 7、图 8 照片可以发现,水射流磨粉碎后的云母粉体表面洁净,无阶梯状;半叠片法能很好地对颗粒厚度进行统计,单层云母薄片看得很清

晰,经过计算,粉碎后的云母粉径厚比可达 70~90,大大提升了产品质量,并在试验纸样抄取器上分别利用低压水射流磨粉碎浆料和工业现场浆料进行造纸效果对比,结果分析发现,低压水射流磨纸张强度可达 1.5 N/cm,工业现场浆料纸张强度仅为 0.3 N/cm,抗张强度提高了 4 倍,粉碎效果优异。

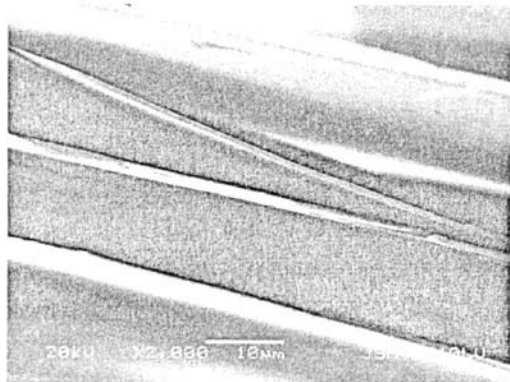


图8 半叠片法云母粉厚度 SEM 照片 ×2000

3.3 小结

经过上述应用研究,我们可以得到以下结论:

(1)水射流磨是一种有效的云母粉碎设备,粉碎后云母粉体表面洁净,粒度均匀,具有较大径厚比,比传统干式粉磨机和湿式磨机具有较大优势;

(2)低压水射流磨用于云母粉造纸浆料的生产,控制射流水压 6 MPa 和溢流量 65 L/min 能够得到符合造纸云母粉浆料要求的产品,利用该浆料制造云母纸,其抗张强度可达 1.5 N/cm,较工业现场纸浆提升了 4 倍;高压磨用于高档云母粉的生产,控制射流水压 22 MPa 和冲击靶距 18 mm 可以使得粉碎后云母粉 20~50 μm 含量达到 54.7%;

(3)上述数据均为实验室条件下取得,数据的变化趋势具有一定的工业指导意义,特别是我们利用低压水射流磨进行工业试验过程中发现,该磨机

能够极大地改善现有设备处理量低下、粉碎效果不稳定的状况,具有较好的工业推广价值。

4 展望

针对非金属矿粉碎特性,大力发展以水射流粉碎为原理的非金属矿加工新技术及新装备,加强粉碎工艺研究,完善水射流粉碎机理论,提升非金属矿深加工产品档次,实现粒度超细、级配合理、形貌可控、表面改性的非金属矿生产加工过程,为提高我国非金属矿产品加工技术水平、大幅度节能减排、降低生产成本、减小环境负荷、提高资源的综合利用率、增强非金属矿产品国际竞争力提供强有力的技术支撑。

参考文献:

- [1] 周建国,周淑文. 高压均浆超细粉碎机研制[J]. 非金属矿,1995,(6):18-21.
- [2] 方涓,江山,殷秋生,等. 高压水射流超细粉碎云母的实验研究[J]. 中国安全科学学报,1995,(S1):36-41.
- [3] 牛争鸣,王科,谭立新. 复合式水力粉碎装置的研究[J]. 西安理工大学学报,2007,(04):390-393.
- [4] 徐晓东,陈勇,吴创之,等. 一种脉冲空化水射流超细粉碎装置.[P]. CN1416959,2003-05-14.
- [5] 付胜,朱全,段雄. 热力辅助高压水射流超细粉碎矿物实验[J]. 北京工业大学学报,2007,33(12):1257-1261,1266.
- [6] Longlian Cui, Liqian An, Weili Gong, et al. A novel process for preparation of ultra-clean micronized coal by high pressure water jet comminution technique[J]. Fuel, 2007,86(5/6):750-757.
- [7] Guo Chu-Wen, Dong Lu. Energy Consumption in Comminution of Mica with Cavitation Abrasive Water Jet[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2007, 17(2):251-254.
- [8] 白翠萍. 云母粉径厚比测定方法研究[D]. 武汉:武汉理工大学.