



卧式搅拌磨机能量利用率的研究

黄业豪¹, 李茂林^{1,2}, 姜兴科¹

(1. 武汉科技大学 冶金矿产资源高效利用与造块湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430081; 2. 长沙矿冶研究院有限责任公司, 湖南 长沙 410012)

摘要:为了探讨搅拌叶轮转速、矿浆浓度和介质类型对 GN8 型搅拌磨机能量利用率的影响,以搅拌叶轮转速、矿浆浓度(矿浆中矿粉质量分数)和介质类型为变量进行能量利用率研究。结果表明:在矿浆浓度相同的情况下,不论磨矿介质是刚玉球还是氧化锆球,搅拌叶轮转速为 1 160 r/min 时的能量利用率均低于 870 r/min 时的;在搅拌叶轮转速相同的情况下,以刚玉球为磨矿介质,矿浆浓度为 40% 时的能量利用率高于矿浆浓度为 60% 时的,以氧化锆球为磨矿介质时,结果恰好相反;在搅拌叶轮转速相同的情况下,当矿浆浓度为 40% 时,以刚玉球为磨矿介质时的能量利用率高于以氧化锆球为磨矿介质时的,当矿浆浓度为 60% 时,结果恰好相反。

关键词:卧式搅拌磨机; 叶轮转速; 矿浆浓度; 介质类型; 能量利用率

中图分类号:TD921

文献标志码:A

文章编号:1008-5548(2016)01-0044-04

Keywords: horizontal stirred mill; disc speed; slurry concentration; grinding media; energy efficiency

搅拌磨机是一种细磨、超细磨的研磨设备,广泛应用于矿业、颜料、化工、建材、农业、医药等诸多领域^[1]。搅拌磨机主要由搅拌轴、搅拌叶轮和研磨室构成,在搅拌轴搅拌的过程中,搅拌叶轮带动研磨介质和研磨物料,通过冲击、剪切、摩擦等多种形式的作用力达到粉碎物料的目的^[2]。在普通磨矿作业的过程中,耗电量约占全厂投资的 50%^[3],而搅拌磨机一般用于细磨或超细磨作业,其耗电量会大于普通磨矿作业^[4],因此,对搅拌磨机能量利用率影响因素的研究具有重要的意义。Toraman 等^[5]研究表明,搅拌叶轮转速和矿浆浓度对磨矿效率都有一定的影响;Jankovic^[6]认为磨矿介质的应力强度能够反映出磨矿效率与转速的关系;Kwade 等^[7]研究表明,叶轮转速、矿浆浓度和研磨介质类型对磨矿效率都有重要影响。搅拌叶轮转速、矿浆浓度和研磨介质的类型等因素对磨机能量利用率的研究已经比较成熟,但是这 3 种因素对 GN8 型卧式搅拌磨机能量利用率的影响仍有一定的研究意义。本文中为了探讨搅拌叶轮转速、矿浆浓度和介质类型对 GN8 型搅拌磨机能量利用率的影响,以搅拌叶轮转速、矿浆浓度和介质类型为变量对磨机能量利用率进行研究。

1 实验

为了研究在磨矿介质不同的情况下搅拌叶轮转速对磨机能量利用率的影响规律是否一致,以及在介质不同的情况下矿浆浓度对磨机能量利用率的影响规律是否一致,设计如下方案:实验原料为市售石英粉,特征粒径 d_{50} (累积体积分数为 50% 时对应的颗粒粒径)为 61.756 μm ,粒度特性如图 1 所示。磨矿设备为 GN8 型卧式搅拌磨机,结构示意图如图 2 所示,装机电机功率为 5.5 kW,搅拌叶轮直径为 0.14 m,最大转速可达 2 900 r/min,转速连续可调。实验变化参数为介质类型、矿浆浓度(矿浆中矿粉质量分数,以下同)、搅拌速度和磨矿时间,各参数设置如表 1 所示。

Research on Energy Efficiency of Horizontal Stirred Mill

HUANG Yehao¹, LI Maolin^{1,2}, JIANG Xingke¹

(1. Key Laboratory of Efficient Utilization of Metallurgical Mineral Resource and Agglomeration of Hubei Province, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China; 2. Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy Co., Ltd., Changsha 410012, China)

Abstract: To investigate the effect of stirrer discs speed, slurry concentration and grinding media type on energy efficiency of GN8 stirred mill, the energy efficiency was studied by taking stirrer discs speed, slurry concentration and grinding media type as variables. The results show that when the slurry concentration is the same, the energy efficiency with stirrer discs speed of 1 160 r/min is lower than that with stirrer discs speed of 870 r/min, no matter the grinding medium is corundum ball or zirconia ball. When the stirrer discs speed is constant and the corundum ball is taken as grinding media, the energy efficiency with slurry concentration of 40% is higher than that with slurry concentration of 60%, while the result is the opposite when the zirconia ball is taken as grinding media. When the stirrer discs speed is constant, the energy efficiency taking the corundum ball as grinding medium is higher than that of taking the zirconia ball as grinding medium with slurry concentration of 40%, while the result is the opposite with the slurry concentration of 60%.

收稿日期:2015-04-06, 修回日期:2015-05-12。

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目,编号:2007BAB15B01。

第一作者简介:黄业豪(1990—),男,硕士研究生,研究方向为微细粒磨矿与分级技术。电话:15387091140,E-mail:huangyehao168@163.com。

设定介质填充率为 40%。每隔 5 min 从磨机中取样,连续取样 5 次,将样品烘干缩分后,采用 Mastersizer 2000 型激光粒度分析仪进行粒度分析。

单位输入能量 E 的计算公式^[8]如下:

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i, \quad (1)$$

$$E = 60 \frac{\bar{P} - P_k}{m} t, \quad (2)$$

式中: E 为单位输入能量, kJ/kg; n 为测量次数; $\bar{P}$ 为 n 次测量功率的平均值, kW; P_i 为第 i 次测量的功率值, kW; P_k 为磨机空转功率, kW; m 为入磨干矿粉的质量, kg; t 为磨矿时间, min。

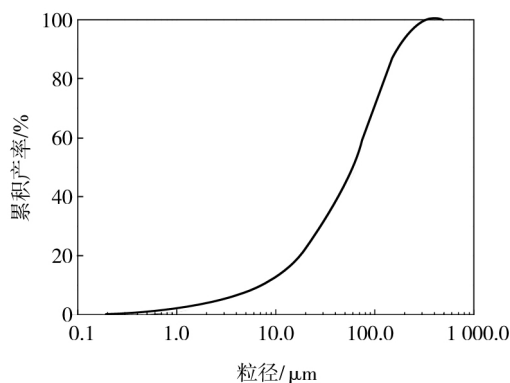


图 1 原矿粒度特性曲线

Fig. 1 Particle size characteristic curve of raw materials

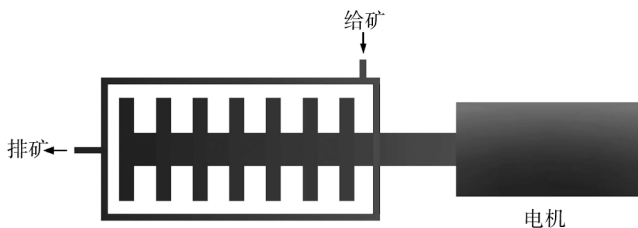


图 2 GN8 型卧式搅拌磨机结构示意图

Fig. 2 Structure schematic diagram of GN8 horizontal stirred mill

表 1 实验参数

Tab. 1 Experimental parameters

实验 编号	介质 类型	介质粒径/ mm	矿浆浓度 /%	介质密度/ (kg·m ⁻³)	搅拌叶轮转速/ (r·min ⁻¹)
1	刚玉球	1±0.1	40	3 910	870
2	刚玉球	1±0.1	40	3 910	1 160
3	刚玉球	1±0.1	60	3 910	870
4	刚玉球	1±0.1	60	3 910	1 160
5	氧化锆球	1±0.1	40	6 050	870
6	氧化锆球	1±0.1	40	6 050	1 160
7	氧化锆球	1±0.1	60	6 050	870
8	氧化锆球	1±0.1	60	6 050	1160

2 结果与分析

2.1 搅拌叶轮转速对能量利用率的影响

图 3 所示为搅拌叶轮转速对磨矿粒度及能量利用率的影响。由图 3(a)、(b)可知,以刚玉球为磨矿介质时,不论矿浆浓度是 40%还是 60%,在达到同样磨矿细度的情况下,转速为 870 r/min 时磨机所需能量均小于转速为 1 160 r/min 时磨机所需能量。由图 3(c)、(d)可知,以氧化锆为磨矿介质时,不论矿浆浓度是 40%还是 60%,在达到同样磨矿细度的情况下,转速为 870 r/min 时磨机所需能量均小于转速为 1 160 r/min 时磨机所需能量。原因是搅拌叶轮在转动的过程中将能量传递给磨矿介质,介质在运动的过程中会发生介质碰撞,从而实现磨碎物料的目的;介质的应力强度可以有效地表示研磨介质所具有的能量,搅拌叶轮速度增大,研磨介质的应力强度也会增大;当研磨介质所具有的能量超过了矿物粉碎所需要的能量时,就会造成能量的浪费,即能量利用率会降低。由图 3 可以得出如下结论:对于 GN8 型卧式搅拌磨机,不论矿浆浓度是 40%还是 60%,不论介质类型是刚玉球还是氧化锆球,搅拌叶轮转速为 870 r/min 时磨机的能量利用率高于搅拌叶轮转速为 1 160 r/min 时的能量利用率。

2.2 矿浆浓度对能量利用率的影响

图 4 所示为矿浆浓度对磨矿粒度及能量利用率的影响。由图 4(a)、(b)可知,以刚玉球为磨矿介质,当搅拌叶轮转速分别为 870、1 160 r/min 时,在单位输入能量一致的情况下,与矿浆浓度为 60%时的情形相对比,矿粉质量分数为 40%的矿浆更有利于磨细,即矿浆浓度为 40%时的能量利用率较高。由图 4(c)、(d)可知,以氧化锆球为磨矿介质,当搅拌叶轮的转速分别为 870、1 160 r/min 时,在单位输入能量一致的情况下,与矿浆浓度为 40%的情形相对比,矿浆浓度为 60%时更有利于磨细,即矿浆浓度为 60%更有利于能量利用。当矿浆浓度不同时,磨机的能量利用率会有所变化,然而提高矿浆浓度是否有利于磨矿和提高磨机的能量利用率,这与介质的类型有一定关系。

2.3 介质类型对能量利用率的影响

图 5 所示为刚玉球与氧化锆球对磨矿细度和磨机能量利用率的影响。由图 5(a)、(b)可知,当矿浆浓度为 40%时,不论搅拌叶轮转速为 870 r/min 还是 1 160 r/min,在达到同样磨矿细度的情况下,以刚玉球为研磨介质时磨机所需的能量均小于以氧化锆球为研磨介质时磨机所需的能量,说明当矿浆浓度为 40%时,不论搅拌叶轮转速为 870 r/min 还是 1 160 r/min,以刚玉球为研磨介质更有利于能量的利用。由图 5(c)、(d)可知,当矿浆浓度为 60%时,不论搅拌叶轮转速为 870 r/min

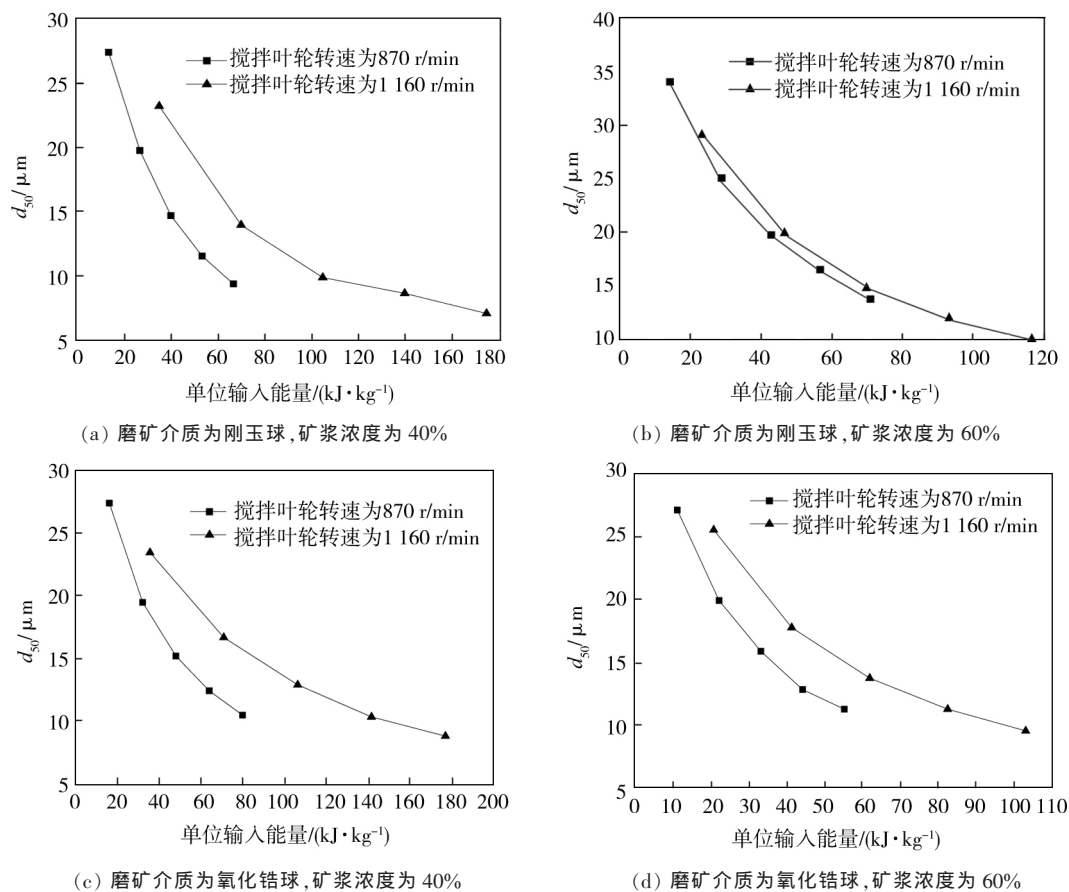


图 3 搅拌叶轮转速对磨矿粒度及能量利用率的影响

Fig. 3 Particle size of grinding products and energy efficiency with different stirrer discs speeds

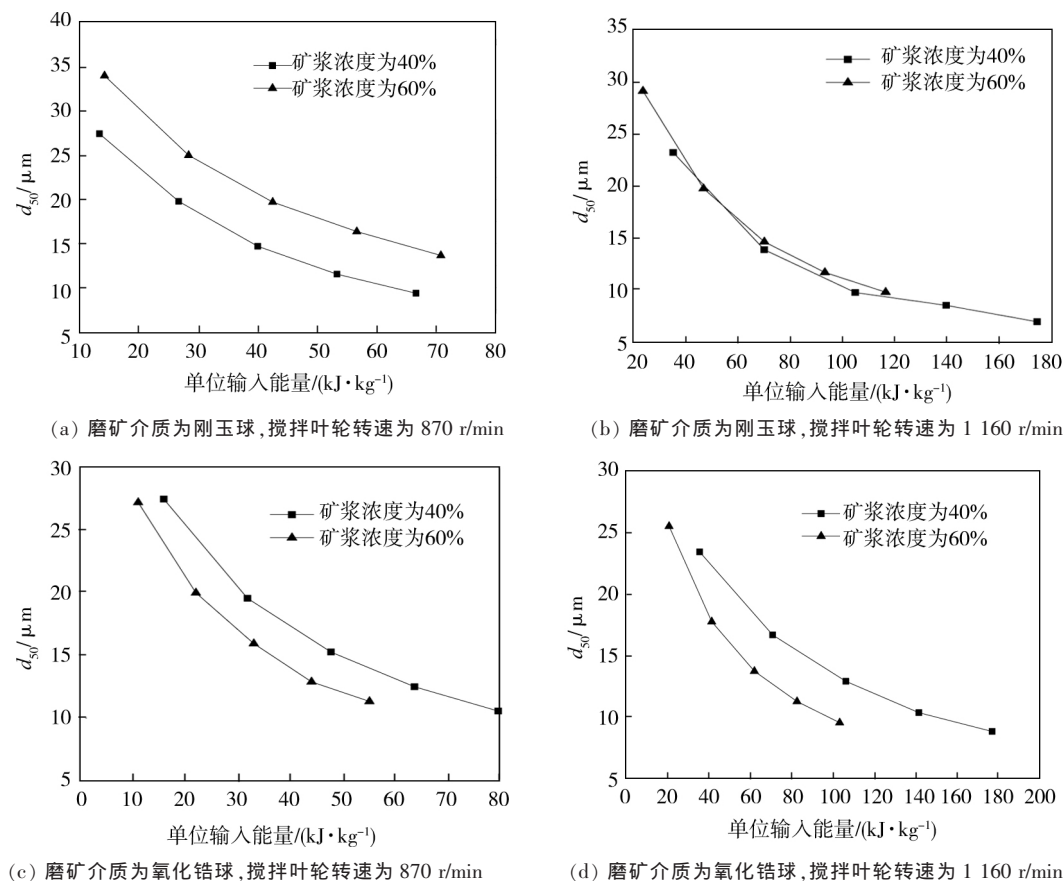


图 4 矿浆浓度对磨矿粒度及能量利用率的影响

Fig. 4 Particle size of grinding products and energy efficiency with different slurry concentrations

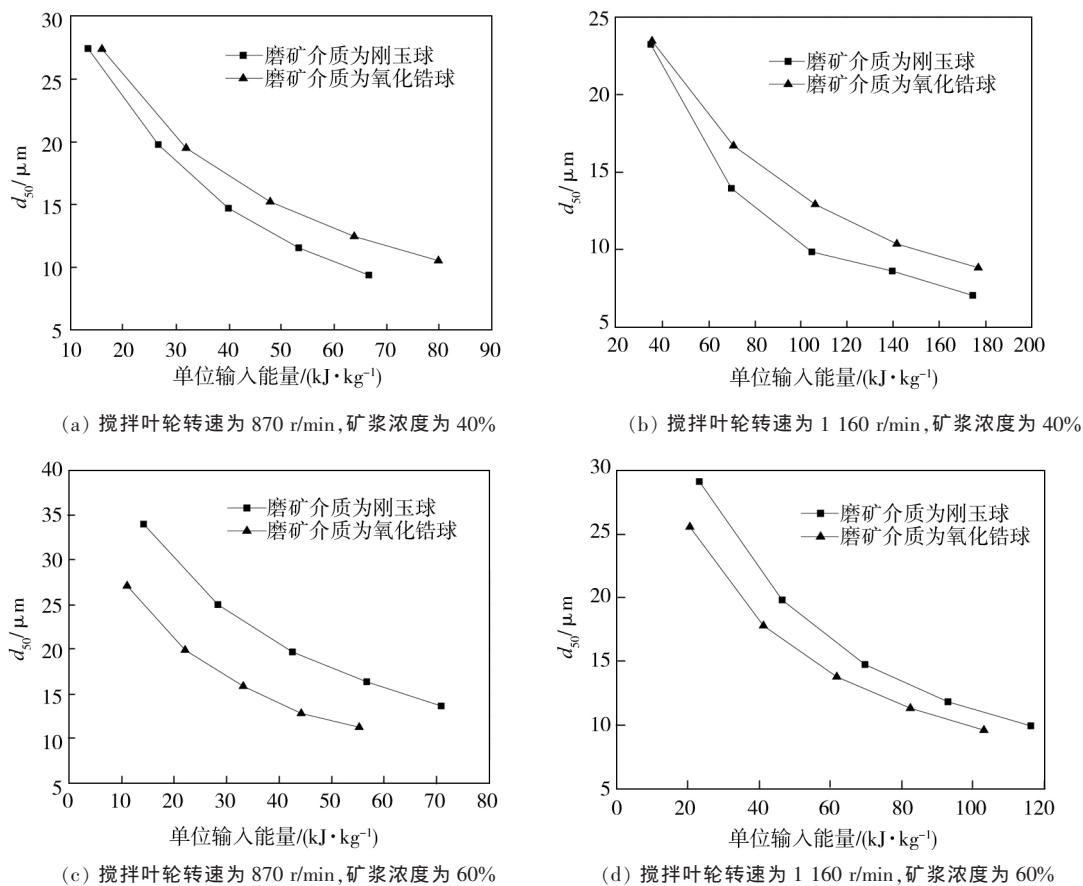


图 5 介质类型对磨矿粒度及能量利用率的影响

Fig. 5 Particle size of grinding products and energy efficiency with different grinding media types

还是 1 160 r/min, 在达到同样磨矿细度的情况下, 以氧化锆球为研磨介质时磨机所需的能量均小于以刚玉球为研磨介质时磨机所需的能量, 这说明当矿浆浓度为 60% 时, 不论搅拌叶轮转速为 870 r/min 还是 1 160 r/min, 以氧化锆球为研磨介质更有利于能量的利用。当矿浆浓度为 40% 时, 以氧化锆球为磨矿介质时的能量利用率低于以刚玉球为研磨介质时的能量利用率, 而当矿浆浓度为 60% 时, 以氧化锆球为磨矿介质时的能量利用率高于以刚玉球为研磨介质时的能量利用率, 原因可能是当矿浆浓度为 60% 时, 矿粉含量较多, 磨矿介质所受阻力的大小对能量利用率影响比较明显, 相对于氧化锆球, 表面比较粗糙的刚玉球受到了较大的阻力作用。

3 结论

1) 在矿浆浓度相同的情况下, 磨矿介质不论是刚玉球还是氧化锆球, 搅拌叶轮转速为 1 160 r/min 时磨机的能量利用率均低于搅拌叶轮转速为 870 r/min 时的能量利用率。

2) 在搅拌叶轮转速相同的情况下, 当矿浆浓度为 40% 时, 以刚玉球为磨矿介质时磨机的能量利用率高于以氧化锆球为磨矿介质时的能量利用率, 当矿浆浓

度为 60% 时, 结果恰好相反。

3) 在搅拌叶轮转速相同的情况下, 以刚玉球为磨矿介质时, 矿浆浓度为 40% 时磨机的能量利用率高于矿浆浓度为 60% 时的能量利用率, 当以氧化锆球为磨矿介质时, 结果恰好相反。

参考文献 (References):

- [1] 王清华, 李建平, 刘学信. 搅拌磨的研究现状及发展趋势[J]. 洁净煤技术, 2005, 11(3): 101-103.
- [2] 李茂林, 杨鑫, 崔瑞. 卧式搅拌磨搅拌叶轮形状对粉碎效果的影响[J]. 中国粉体技术, 2012, 18(2): 17-19.
- [3] 邓善芝, 王泽红, 程仁举, 等. 助磨剂作用机理的研究及发展趋势[J]. 有色矿冶, 2010, 26(4): 25-27.
- [4] 崔瑞, 李茂林, 王光辉. 国内外矿用搅拌磨机的应用及研究现状[J]. 矿山机械, 2012, 40(12): 4-10.
- [5] TORAMAN O Y, KATLRCLOGLU D. A study on the effect of process parameters in stirred ball mill[J]. Advanced Powder Technology, 2011, 22(1): 26-30.
- [6] JANKOVIC A. Variables affecting the fine grinding of minerals using stirred mills[J]. Minerals Engineering, 2003, 16: 337-345.
- [7] KWADE A, SCHWEDES J. Breaking characteristics of different materials and their effect on stress intensity and stress number in stirred media mills[J]. Powder Technology, 2002, 122: 109-121.
- [8] 崔瑞, 李茂林, 王光辉. 应力强度对 GN 型磨机磨矿粒度及能量利用率的影响[J]. 矿冶工程, 2012, 32(增刊 1): 136-138.