

文章编号: 1672-4461(2008)05-0078-02

提高球磨机工作效率的有效途径

邵 霞, 雷兆敏

(白银有色金属公司 西北铅锌冶炼厂, 甘肃 白银 730900)

摘 要: 本文通过对球磨机磨矿过程基本原理的阐述, 揭示了球磨机转速与填充率的关系, 表明了正确选择磨矿介质、钢球尺寸, 合理确定装球比例能够有效提高球磨机的工作效率。

关键词: 球磨机; 基本原理; 临界转速; 充填率; 磨矿介质; 装球比例

中图分类号: TG231.3

文献标识码: B

The Practical Way of Promoting Ball Mill Effectiveness

SHAO Xia LEI Zhao-min

(North-West Zinc and Lead Smelter Factory, Baiyin 730900 China)

Abstract This paper presentation the principle of ball mill working process revealing the relation between the stuff and the round velocity, express the way of right select the media and the size of steel ball rational control the ratio of different size steel ball could promote the working effectiveness of ball mill

Key Words ball mill principle, critical round velocity, stuff fullness, media of stuff, ratio of ball size

1 引言

球磨机是矿山、冶炼、化工等行业生产中的重要设备之一。掌握球磨机磨矿过程的基本理论, 摸索其磨矿作业的规律, 找出影响球磨机生产效率的因素, 对提高球磨机的工作效率具有重要的意义。

2 球磨机磨矿过程的基本理论

磨矿作业大部分在装有許多磨矿介质的圆筒内进行, 由于筒体的不断旋转而将磨矿介质带到一定的高度, 然后借自重下落, 这样就产生破碎物料所需的冲击力。同时, 由于磨矿介质在筒体内沿筒体轴心作公转和自转, 使磨矿介质之间与筒体接触区间产生挤压和磨削力, 从而使矿石磨碎。

磨矿作业中, 加水者称湿式磨矿, 不给水则叫干式磨矿。磨矿作业多采用硬度及比重较大的锻钢(或铸钢)制造成圆球和长棒, 磨碎较软的矿石时, 有时采用砾石。

磨矿作业的基本原理如下:

球在球磨机内的运转情况, 主要视筒体旋转速度快慢而定, 转速较低时, 球被带到较小高度, 然后

借自重与水平线成自然休止角下滑(见图 1, 1-1)这时的磨矿作用是球运动时产生的冲击力与磨剥力的总和, 球磨机的这种工作制度叫“泻落式”。球磨机的转速增大, 球在离心力的作用下, 被提升的高度也随之增大, 到一定高度后离开筒壁沿抛物线轨道下落, 由于球在高空下落时具有一定的水平初速度, 故产生一定的动能和冲击力, 使球继续运动(见图 1, 1-2), 这种磨矿制度叫“抛落式”的。球磨机的操作基本上就是根据这个道理。

球磨机的转速再提高, 当达到某种速度极限时, 球就在离心力作用下随筒体一起转动, 而不脱离筒壁, 这不再发生磨矿作用, 称为球磨机的离心运转, 这种速度叫“离心转速”或“临界转速”(见图 1, 1-3)。

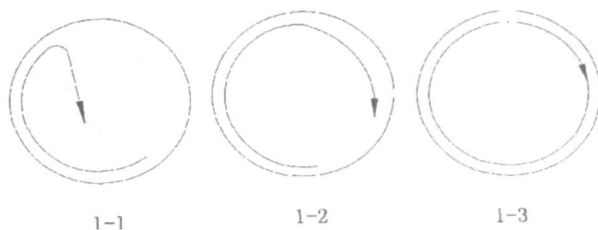


图 1 球在球磨机内的运转情况

球在球磨机内的运动力学比较复杂,但粗略了解和分析一下球的运动状态,对确定球磨机的合理转速、提高磨矿效率有一定的意义。

球磨机在临界转速时实际不发生磨矿作用,见图 2,若省去球与筒壁的滑动现象,则筒体周速 = 球的周速。若使球脱离筒壁或所在回转层必须使离心力 $F \leq W \cos\alpha$, A 点为球的脱离点。球在 A 点下落时其离心力 $F = W \cos\alpha$, 而离心力 $F = m v^2 / r$ 若使球脱离筒壁必须使 $m v^2 / r \leq W \cos\alpha$, $m = W / g$ 即: $W v^2 / r g \leq W \cos\alpha$, 可得 $\cos\alpha \geq v^2 / r g$ $v = \pi D n / 60 = \pi m / 3 Q$ 所以:

$$\cos\alpha \geq (\pi m / 30)^2 / r g \text{ 可得: } \cos\alpha \geq m^2 / 900$$

式中: W - 钢球重量, kg g - 重力加速度, 9.81 m/s^2 ; v - 筒体表面线速度, m/s ; r - 球所在回转层半径, m ; n - 筒体每分钟转速, r/min ; D - 球磨机直径, m 。

若离心力 $F \geq W \cos\alpha$, 则球不脱离筒壁而随筒壁旋转, 此时球磨机的转速称为临界转速。

其脱离角 $\alpha = 90^\circ$ $\cos\alpha = 0$, 从式 $\cos\alpha \geq m^2 / 900$ 可知:

$$\cos\alpha = 0 = m_{\text{临界}}^2 / 900, \text{ 可得 } n_{\text{临界}} = 42.2 / \sqrt{D}$$

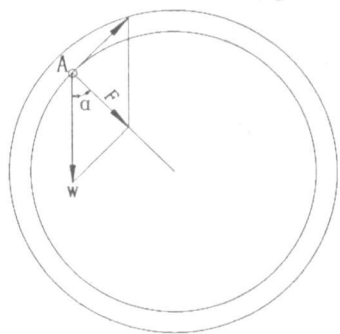


图 2 球磨机在临界转速时

若假设球为质点, 故可视球的回转半径与球磨机回转半径相等, 球磨机的最适宜转速应保证筒体内钢球提升到使钢球从此位置离开筒壁下落时, 具有最大的下落高度, 即产生最大的动能和冲击力。生产实践中采用的球磨机实际转速大多低于理论临界转速。

3 影响球磨机生产效果的因素

3.1 合理控制球磨机转速与充填率关系, 可以提高球磨机处理能力

球磨机处理能力与球磨机转速成正比, 但提高转速以后应相应降低球荷充填率 (球荷容量与球磨机有效容量之比), 否则对提高处理量不利。试验表明, 其它条件不变, 临界转速大小主要取决于球的

充填率。充填率愈大, 临界转速愈小。在同一转速下, 球荷充填率愈高生产率愈高, 但以低于 40% 为宜, 当球荷充填率小于 25% 时, 在技术、经济上是不合理的。球的充填率大时, 球数增加, 从而增加了磨矿作用, 这是提高充填率有利的一面, 但由于前面所述, 球磨机最适宜转速与球充填率有关, 充填率提高, 球磨机离心转速相应降低, 这对磨矿作用是不利的一面, 当充填率增加时, 球磨机装矿的有效容积减小, 也相应降低生产能力。试验证明: 当球磨机转速率为 80% 时, 其球荷充填率与动力消耗成正比。一般工业上转速率及充填率在下面范围内较合适:

转速率: $K = 76\% \sim 90\%$; 球充填率: $\Phi = 35\% \sim 48\%$ 。

$$W = (\pi / 4) D^2 \cdot L \cdot \delta \cdot \Phi$$

式中: W - 装球量, t ; D - 球磨机直径, m ; L - 球磨机长度, m ; Φ - 球磨机充填率; δ - 钢球视比重, 取值 4.8

则: $W = 3.77 D^2 \cdot L \cdot \Phi$, 根据此式计算西北铅锌冶炼厂焙烧车间球磨机一段、二段充填率 Φ_1 、 Φ_2 见表 1。

表 1 球磨机参数

参数	W	D	L	Φ
球磨机一段	10	1.75	4.001	21.6
球磨机二段	5	1.75	2.117	20.5

焙烧车间球磨机转速率 $K = 74.4\%$, 可见其转速率、充填率均偏小, 应作适当调整。

3.2 磨矿介质的影响

钢球是球磨机的主要磨矿介质, 钢球的比重和尺寸大, 其冲击作用亦大。钢球的耐磨性好, 硬度大则磨剥力强, 对处理硬度大、结构致密的难磨矿石应多加比重大、尺寸大的钢球。但为了有效地磨剥细粒矿石, 增加单位时间内球的打击次数, 则要求增加较多的小球。

钢球的比重、硬度、成份与韧性是钢球的主要技术指标, 按标准要求, 锻钢球、轧钢球比重为 7.8 铸钢球、铸铁球比重 7.5 如砂眼较多可降至 7.1 以下。

铸铁球虽含 C 高, 但硬度达不到要求, 砂眼空心较多, 比重小破碎现象较严重。钢球质量下降, 磨矿效果显著下降, 钢球单耗却上升。因而, 选用硬度高、韧性较好的锻钢、铸钢球较适宜。

3.3 合理确定钢球尺寸、球磨机的装球比例及合理补球

钢球尺寸、装球比例及补球比例对球磨机操作有较大影响。

(下转第 83 页)

(3) 铸机的连浇率明显提高。

拉坯速度明显提高。

(4) 铸机的运行参数明显优化, 运行的平稳性及

表 2 实施后工艺技术参数

断面	使用前拉速	使用情况简介	备注
220×1 250	0.85 m/min	使用正常, 0.9~1.0 m/min 之间, 最大为 1.1 m/min	机型为弧形结晶器弧形连铸机
220×1 250	0.85 m/min	使用正常, 0.9~1.0 m/min 最大为 1.1 m/min	铸机基本半径 7.5 m
160×1 350	0.9 m/min	使用正常, 1~1.1 m/min 最大拉速为 1.2 m/min	钢包为 50 t
160×1 250	0.9 m/min	使用正常, 0.9~1.0 m/min 之间, 最大为 1.1 m/min	

表 3 实施后铸坯表面质量的改进

钢种	振动参数	平均振痕深度 (mm)	铸坯检验量 (t)	铸坯横裂纹量 (t)	横裂发生率 (%)
普碳钢	调整前	1.0	673	146	21.7
	调整后	0.4	684	72	10.5
中碳钢	调整前	1.0	786	125	15.9
	调整后	0.4	773	49	6.3

参考文献:

- [1] 张铭鼎, 等. 连续铸钢技术的发展 [J]. 上海金属, 1996 (5).
- [2] 贺江南. 浅谈转炉连铸机结晶器振动系统改造 [J]. 南钢科技与管理, 2005 (3).

[3] 王受田, 关杰. 攀钢 1 350 mm 板坯连铸机设备 [J]. 重型机械, 1996 (4).

[4] 蔡开科. 连续铸钢 [M]. 北京: 科学出版社, 1990

收稿日期: 2008-03-11

作者简介: 贾华川, 工程师, 毕业于东北大学。

(上接第 79 页)

3.3.1 钢球尺寸的确定

钢球尺寸取决于球的比重、球磨机中矿石的粒度组成, 要求的产品粒度和矿石的物理性质等因素。根据一般的经验, 矿块愈大, 矿石愈硬, 装入的球径就应大些。但充填率一定时, 装入的大球愈多, 则单位时间内总冲击的次数减少, 磨矿作用相应小些。当给矿粒度较小, 要求产品较细时, 应适当增加小球。

可按下面的公式计算球径大小

$$D = id^n$$

式中: D —钢球直径, mm; d —给矿粒度, mm; i — n —常数, 主要与矿石性质有关。

可根据经验确定对最大给矿粒度 d_{\max} 和最小给矿粒度 d_{\min} 相应的最适宜的装球尺寸, 然后求常数 n 及 i 。

3.3.2 钢球比例的确定

在计算适宜的球径与相应给矿粒度关系之后, 应根据球磨机总给矿 (新给矿 + 返矿) 粒度特性决定合理装球——即钢球的配比问题。其步骤为:

(1) 测定返砂比, 并对返砂和球磨机给矿进行筛析。根据筛析结果计算球磨机总给矿粒度特性绘制曲线。

(2) 根据总给矿粒度特性曲线和适宜球径——给矿粒度关系, 算出应加入的不同尺寸钢球比例。

(3) 根据总加球量和各种球的比例, 计算应加入的各级球重。

3.3.3 合理补球

球磨机中钢球在运转过程中不断磨损, 为了保持球荷充填率和球的合理配比, 保持球磨机的稳定操作, 必须进行合理补球, 抵偿磨损。合理补球是提高磨矿效率的关键问题之一。根据球磨机实际情况, 定期检查球荷组成, 积累数据, 不断修正补球比例, 最后达到稳定球荷配比和合理补球目的。一般补球时只补大球, 不补小球, 因为小球可由大球磨损得到。

综上所述, 选择球磨机最佳转动速度、充填率及优质钢球, 真实、细致地绘制给矿粒度特性曲线, 从而确定适宜的钢球尺寸、钢球比例, 并在生产中逐步掌握补球规律, 是提高球磨机工作效率的有效途径。

收稿日期: 2007-12-10

作者简介: 邵霞 (1972-), 女, 甘肃白银人, 机械工程师, 1996 年毕业于昆明理工大学机械设计与制造专业。