中国科技论文在线 www.paper.edu.cn

Series No. 337 金 属 矿 山 总第337期
July 2004 METAL MINE 2004年第7期

助磨剂对铝土矿选择性磨矿过程强化的研究 *

袁致涛 王泽红 印万忠 韩跃新 孙 伟
(东北大学) (辽宁省分析测试研究中心)

摘 要 铝土矿在磨矿过程中存在明显的选择性磨矿行为,Al_2O_3 在粗粒级富集,而 SiO_2 在细粒级富集。在磨矿过程中加入助磨剂后,这一过程可得到强化,与未加助磨剂相比 A/S 大于 9 的产品产率可进一步提高 9 %,Al_2O_3 回收率提高 10 %以上。

关键词 铝土矿 选择性磨矿 助磨剂

Study on Intensifying Selective Grinding of Bauxit Ores by Grinding Aid

Yuan Zhitao Wang Zehong Yin Wanzhong Han Yuexin
(Northeast University)

Shun Wei
(Liaoning provincial Center of Analysis Test and Research)

Abstract There is evident selective grinding behaviour in the grinding of bauxie ore, Al_2O_3 concentrating in coarse fraction while SiO_2 in fine fraction. Addition of grind aid can intensify this process. Compared with the grinding without grinding aid, the grinding with the addition of aid can increase the weight percent of the product with A/S ratio greater than 9 by 9 % and the Al_2O_3 recovery by over 10 %.

Keywords Bauxit, Selective grinding, Grinding aid

铝土矿是铝和耐火材料工业的主要原料,随着社会经济的发展,世界铝的需求量呈现稳步增加的趋势,铝的消费结构也发生着深刻变化,由最初的军工、航空航天、电力机械等传统的消费领域转向建筑、交通运输及包装等行业,因而对铝的需求量进一步增加。虽然我国铝工业的发展很快,已成为铝生产大国,但由于我国对铝的需求量增加更快,需要大量进口。截止到 1997 年,我国累计进口铝 678.89 万 t,占我国铝消费量的 30 %。因而,我国十分重视铝土矿资源的开发利用,在"九五"攻关和国家重点基础研究发展规划项目中均有铝土矿选矿、铝硅分离的研究课题。我国有丰富的铝土矿资源,但大部分是一水硬铝石型铝土矿,其特点是铝高硅高,铝硅比低,氧化铁含量一般也较低[1]。全国铝硅比在 4～7 之间的铝土矿约占总储量的 60 %,提高铝硅比是我国铝土矿选矿的重点。有关铝土矿选矿脱硅技术的研究较多,常见的选矿脱硅法有选择性碎解、洗选-筛分流程、选择性絮凝、浮选法和化学选矿脱硅法等,其中研究较多的是浮选法脱硅。近两年来,正浮选脱硅取得了一定的突破。但是,从铝土矿选矿的研究报道来看,铝土矿浮选一般要求磨矿细度在 -200 目80 %～90 %以上,这就要求对矿石进行细磨,因而其能耗很高;同时,铝土矿是极易泥化的矿种之一,细磨时产生的大量矿泥会恶化浮选的作业环境,影响选别指标,造成金属流失;再者,细磨使选别精矿脱水困难,而铝土矿精矿所带的水分在拜耳法溶出阶段须以蒸发方式除去,这会导致氧化铝生产的能耗和成本增加。

我国铝土矿中一水硬铝石为主要含铝矿物,其硬度为 6.5～7,主要含硅矿物为高岭石、伊利石、叶腊石等,它们的硬度都小于 3,可见含铝矿物与含硅矿物之间存在着明显的硬度差。利用这种差异,通过磨矿过程工艺参数的优化与调整实现铝土矿选择性磨矿过程是可行的:一水硬铝石和含硅矿物在粗

* 国家重点基础研究发展规划("973"计划)资助项目(编号:G1999064901)。

袁致涛,东北大学资源与土木工程学院,讲师,博士,110004 辽宁省沈阳市和平区东北大学 139 信箱。
韩跃新,东北大学资源与土木工程学院,教授,博士,博士生导师,110004 辽宁省沈阳市和平区东北大学 139 信箱。

© 1995-2004 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

磨条件下选择性解离,使 Al_2O_3 在粗粒级富集,SiO_2 在细粒级富集,这样通过控制粒度可得到部分高铝硅比的粗粒级产品。

1 试验样品

试验矿样取自河南。将矿样用颚式破碎机、对辊粉碎机进行粉碎并筛分,使其粒度达到 3.5 mm 以下。将粉碎后的矿样分成 4 个级别,确定各级别的质量百分比,每次磨矿所取原料按此比例进行混合,以确保每次磨矿原料粒度组成的一致。磨矿原料的粒度分析及各粒级的 Al_2O_3、SiO_2 品位及 A/S 见表 1。

表 1 磨矿原料的粒度组成、Al_2O_3 及 SiO_2 品位分布

粒级/mm	产率/%		Al_2O_3 品位/%		SiO_2 品位/%		A/S	
	个别	累积	个别	累积	个别	累积	个别	累积
+2.0	7.24	7.24	74.04	74.04	7.25	7.25	10.21	10.21
-2.0+0.5	13.00	20.24	69.73	71.27	7.74	7.56	9.01	9.43
-0.5+0.28	11.22	31.46	68.39	70.24	8.40	7.86	8.14	8.94
-0.28+0.154	10.67	42.13	67.23	69.48	9.47	8.27	7.10	8.40
-0.154+0.076	11.47	53.60	64.88	68.50	10.52	8.75	6.17	7.83
-0.076+0.043	5.20	58.80	63.91	68.09	11.19	8.97	5.71	7.59
-0.043	41.20	100.00	57.39	63.68	14.44	11.22	3.97	5.68

从表 1 可见,粗粒级的 A/S 较细粒级的 A/S 大,说明在粉碎过程中含铝矿物与含硅矿物之间就存在选择性粉碎现象。按 A/S 比大于 9 计算,产率只有约 30 %、Al_2O_3 回收率约 33 %。

2 助磨剂对铝土矿选择性磨矿过程的强化

在磨矿过程中磨矿介质的形状、介质尺寸、料球比、介质充填率、转速率、磨矿浓度、磨矿方式及介质配比对铝土矿的选择性磨矿会产生一定的影响[2]。

(1) 在不加助磨剂的条件下对上述矿样用球磨机进行湿式磨矿,球形介质为 ϕ30∶ϕ20∶ϕ15 = 30 %∶50 %∶20 %,介质充填率 40.00 %,料球比 1.2,转速率 91 %,磨矿浓度 70 %,磨矿时间 8 min。按铝硅比大于 9 估算,可以得到产率为 43.00 % +0.074 mm 粗粒级精矿,Al_2O_3 回收率为 47.00 %;

(2) 用振动磨进行湿式磨矿,ϕ15 mm 球形介质,介质充填率 70.00 %,料球比 0.9,振幅 2.3 mm,磨矿浓度 70 %,磨矿时间 6 min 时,按铝硅比大于 9 估算,+0.074 mm 粗粒级产品产率可达到 46.00 %,Al_2O_3 回收率 50.00 %。

两者比较,相对原矿,采用球磨机时 A/S 比大于 9 的产品产率提高约 13.00 %,采用振动磨时 A/S 比大于 9 的产品产率提高约 16.00 %。振动磨的选择性磨矿效果比球磨机效果好,这与振动磨利用研磨介质做高频振动而对筒内物料进行冲击、磨擦、剪切等作用有关。

为强化铝土矿选择性磨矿过程,进一步提高铝硅比大于 9 的粒级的产率,在湿式球磨机过程中加入 ZM-1 助磨剂,在同样的磨矿条件下进行磨矿试验。不同助磨剂用量下产品的粒度组成、各粒级 Al_2O_3 和 SiO_2 品位、铝硅比见表 2。

表 2 助磨剂强化铝土矿选择性磨矿过程的试验结果

药剂用量/%	粒级/mm	产率/%	Al_2O_3 品位/%	SiO_2 品位/%	A/S	
					个别	累积
0.5	+2.0	4.98	74.49	5.53	13.47	13.47
	-2.0+0.5	11.80	74.56	5.29	14.09	13.83
	-0.5+0.28	22.91	72.23	6.66	10.85	12.21
	-0.28+0.154	34.24	70.14	8.26	8.49	10.72
	-0.154+0.076	46.13	67.46	9.44	7.15	9.55
	-0.076+0.043	51.80	65.41	10.24	6.39	9.09
	-0.043	100.00	56.40	14.95	3.77	5.68
1.0	+2.0	5.42	75.06	5.32	14.11	14.11
	-2.0+0.5	12.31	74.92	5.34	14.03	14.07
	-0.5+0.28	23.31	72.26	6.93	10.43	12.10
	-0.28+0.154	34.62	69.78	8.36	8.35	10.60
	-0.154+0.076	46.42	67.15	9.53	7.05	9.45
	-0.076+0.043	52.18	65.86	10.10	6.52	9.04
	-0.043	100.00	56.24	14.95	3.76	5.68
1.5	+2.0	5.93	75.52	5.45	13.86	13.86
	-2.0+0.5	13.97	73.53	5.78	12.72	13.19
	-0.5+0.28	24.75	72.24	7.05	10.25	11.75
	-0.28+0.154	35.64	70.05	8.49	8.25	10.43
	-0.154+0.076	47.2	67.65	9.41	7.19	9.45
	-0.076+0.043	52.89	65.65	10.01	6.56	9.04
	-0.043	100.00	55.87	15.05	3.71	5.68
2.0	+2.0	5.98	75.16	5.55	13.54	13.54
	-2.0+0.5	14.54	74.06	5.61	13.20	13.33
	-0.5+0.28	25.27	71.91	6.90	10.42	11.96
	-0.28+0.154	35.98	69.82	8.26	8.45	10.69
	-0.154+0.076	47.49	67.47	9.41	7.17	9.60
	-0.076+0.043	53.2	65.59	10.12	6.48	9.16
	-0.043	100.00	55.86	15.22	3.67	5.68

从表 2 可见,加入助磨剂后,+0.043 mm 粒级产率相对原矿降低 5.60 %～7.00 %,+0.043 mm 以上各粒级 Al_2O_3 品位都有所上升,而 SiO_2 品位有所下降;-0.043 mm 情形正相反。因此 +0.043 mm 以上各粒级的 A/S 都有所增加。随药剂用量的

© 1995-2004 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

中国科技论文在线 www.paper.edu.cn

增加,累计 A/S 超过 9 的产品的产率约 52.00%、53.50%、54.00%、55.00%,此时 Al_2O_3 回收率约为 57.40%、59.10%、59.80%、60.60%,此时分离粒度约为 0.043 mm。与未加助磨剂的球磨机结果相比,A/S 超过 9 的产品的产率有明显的提高,产品中的 Al_2O_3 的回收率也提高了 10.00%以上。

助磨剂是在磨碎过程中,向磨机系统添加的化学药剂总称。其作用是提高磨矿效率、加快矿石颗粒的破碎速度;并因药剂的分散作用,而改变矿浆流变学特征。关于助磨剂的作用机理,有两种主要观点:一是列宾捷尔和韦斯特武德提出的"吸附降低硬度"学说,认为助磨剂在颗粒上的吸附,降低了其表面能或引起近表面层晶格的位错迁移,产生点或线的缺陷,从而降低颗粒的强度和硬度。同时阻止新生裂纹闭合,促进裂纹扩展;二是"矿浆流变学调节"学说,认为助磨剂通过调节矿浆的流变学性质和矿粒的表面电性等,降低矿浆的粘度,促进颗粒的分散,从而提高矿浆的可流动性,阻止矿粒在介质和衬板上的粘附以及颗粒之间的团聚[3、4]。从矿物的晶体结构上看,一水硬铝石的晶体结构为链状结构基型,化学键结合紧密,而矿石中含硅矿物如高岭石、伊利石、叶蜡石等均属于层状构造的铝硅酸盐,其单位层间靠微弱分子键连接。加入助磨剂后,层状构造的铝硅酸盐矿物更容易受到破坏而进入细粒级,从而提高了粗粒级产品的 A/S,也就是强化了铝土矿的选择性磨矿现象。

3 结 论

(1) 铝土矿在粉碎过程中存在选择性磨矿现象,Al_2O_3 在粗粒级中发生富集,而 SiO_2 在细粒级中富集。

(2) 相对原矿,未加助磨剂时采用球磨机 A/S 比大于 9 的产品产率提高约 13.00%,采用振动磨 A/S 比大于 9 的产品产率提高约 16.00%。

(3) 加入助磨剂后,铝土矿在磨矿过程中的选择性磨矿现象进一步得到强化,A/S 比大于 9 的产品产率进一步提高 9.00%以上。

(4) 通过加入助磨剂强化铝土矿选择性磨矿过程后,由于合格 A/S 的粗粒级产品产率更高,降低了浮选所要处理的物料量,这对铝土矿的选矿及氧化铝的生产都具有重要意义。

参 考 文 献

1 魏新超,等. 铝土矿在球磨机中的选择性磨矿特性研究. 中国矿业,2002(2):19～22

2 韩跃新,等. 铝土矿在不同磨矿方式下的选择性磨矿行为研究. 金属矿山,2003(增刊):173～178

(收稿日期 2004-03-15)

(上接第 21 页)

4 结 论

(1) 热分析(TG-DTA)和 XRD 和 IR 研究表明,在热处理过程中,伊利石结构中的硅能够被活化。伊利石在 500～700 ℃脱去羟基,在 1 100 ℃左右的温度下结构发生改变,产生非晶态物质,层状结构中的硅被活化为无定形 SiO_2,而伊利石中的 α-SiO_2 在 500～1 200 ℃的加热过程中未发生变化。

(2) 对伊利石热活化-碱浸脱硅的研究结果表明,适宜的工艺条件为热活化温度 1 100～1 150 ℃,热活化时间 90～120 min,浸出温度 95～110 ℃,Na_2O_K = (120～150) g/L,浸出时间 90～120 min。在上述条件下可获得 45%左右的总脱硅率。XRD 分析结果表明,热作用下伊利石结构中的硅活化生成的无定形 SiO_2 可溶于 NaOH 溶液而被脱除,而原有的 α-SiO_2 则不能被脱除。

(3) 由于碱浸脱硅过程中钠硅渣的大量生成,使得已进入溶液的 Na_2SiO_3 又返回到精矿中,导致伊利石的脱硅率降低。

参 考 文 献

1 方启学,黄国智. 我国铝土矿资源特征及其选矿脱硅技术. 国外金属矿选矿,2000,37(5):11～12

2 姜 涛,邱冠周,李光辉,等. 中低品位铝土矿选矿预脱硅的新进展. 矿冶工程,1999,19(2):3～6

3 李光辉. 铝硅矿物的热行为及铝土矿石的热化学活化脱硅:[学位论文]. 长沙:中南大学,2002

4 刘 今,程汉林,吴若琼. 低铝硅比铝土矿预脱硅研究. 中南工业大学学报,1996,27(6):666～670

5 Tao Jiang, Guanghui Li, Xiaohui Fan, et al. Thermal behaviors of kaolinite-diasporic bauxite and desilication from it by roasting-alkali leaching processing. Light Metals 2002, TMS 2002:89～94

6 姜 涛,李光辉,范晓慧,等. 一水硬铝石型铝土矿热活化-碱浸脱硅新工艺(Ⅰ). 中国有色金属学报,2000,10(4):534～538

7 罗 琳. 一水硬铝石型高硅铝土矿化学选矿脱硅与综合利用研究:[学位论文]. 长沙:中南大学,1997

8 周张健,陈代璋. 伊利石的物化性能及其高温演化. 矿物岩石,1999,19(3):20～22

9 赵继安. 伊利石的综合利用. 矿产综合利用,1996,(6):37～39

10 闻 辂. 矿物红外光谱学. 重庆:重庆大学出版社,1989

(收稿日期 2004-02-28)

© 1995-2004 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.