

文章编号: 1004-0609(2004)S1-0091-07

我国的铝土矿资源和高效低耗的氧化铝生产技术^①

顾松青

(中国铝业股份有限公司 郑州研究院, 郑州 450041)

摘 要: 分析了我国一水硬铝石型铝土矿资源的特点及其对氧化铝生产工艺流程、能耗和成本的影响, 论述了为实现我国氧化铝工业可持续发展, 高效低耗地开发利用我国中低品位一水硬铝石矿资源的技术路线, 提出了采用选矿拜耳法、石灰拜耳法、新并联法和串联法等新技术改进现有的拜耳法和联合法氧化铝生产工艺以及亟待开发的节能降耗和提高质量的重大新工艺和关键技术。

关键词: 铝土矿资源; 一水硬铝石; 中低品位矿; 氧化铝生产; 拜耳法; 联合法; 能耗

Alumina production technology with high efficiency and low consumption from Chinese bauxite resource

GU Song-qing

(Zhengzhou Light Metal Research Institute, Chalco, Zhengzhou 450041, China)

Abstract: The characteristics of Chinese diasporic bauxite resource and the influences of its behaviors on alumina production processes were analyzed. The technology development for further utilization of Chinese middle-low grade diasporic bauxite with high efficiency and low consumption was discussed. The improvement directions and key technology to be developed in both Bayer Process and Combination Process in China were shown for the sustainable development of Chinese alumina industry.

Key words: bauxite resource; diasporic bauxite; middle and low grade bauxite; alumina production; bayer process; combination process; energy consumption

金属铝是性能优异、用途广泛、关联度大的基础有色金属材料, 在国民经济发展中具有不可替代的重要作用。

我国铝工业经过了半个世纪的发展, 现在已成为年产 500 多万 t 原铝、600 多万 t 氧化铝、年产值上千亿元的大型产业。我国已成为世界第一原铝生产国、第二氧化铝生产国, 在世界铝工业中具有举足轻重的地位。

我国金属铝人均消费少于 4 kg/a, 低于世界平均水平, 仅为发达国家消费水平的 15%~20%。由于我国经济的持续强劲增长, 消费大量金属铝的交通运输、电力、轻工业、包装等工业发展的快速拉动, 在可预计的将来, 我国铝工业仍将以一定的速度增长。

铝工业是一种资源性产业, 其发展建立在铝土矿、能源、电力等资源的开发利用的基础上。

由表 1、表 2 可见, 原铝生产消耗大量的铝土矿和能源燃料。按目前我国的原铝和氧化铝的生产能力, 每年消耗铝土矿约 1 000 万 t 左右, 电力约 1 万 MW, 煤炭约 1 000 万 t, 石油焦和煤沥青约 300

表 1 生产 1 t 铝的主要资源消耗量

氧化铝	电力	石油焦和煤沥青
1.93~2.00 t	15~16 MW·h	600 kg

表 2 生产 1 t 氧化铝的主要资源消耗量

铝土矿	煤炭、重油	碱	新水
1.8~2.0 t	1.5 t	60 kg	10~20 t

① 基金项目: 有色金属矿产资源可持续发展战略研究资助项目

作者简介: 顾松青(1946-), 男, 教授级高工, 博士。

通讯作者: 顾松青, 电话: 0371-8918262; E-mail: gsqzzlmri@yahoo.com.cn

万t, 纯碱或烧碱 30~ 40 万t。

我国氧化铝工业经过前 20 年、特别是近 10 年的科技进步, 技术水平和装备水平已大大提高, 主要技术经济指标已得到优化, 与世界先进氧化铝工业的差距已明显缩小。但矿石资源明显贫化、能耗仍相对过高、产品质量尚不能完全满足电解铝要求等可持续发展问题已经日趋明显。

我国氧化铝工业界应更系统全面地认识和研究我国的铝土矿资源, 加快开发应用可处理我国中低品位一水硬铝石矿资源的新工艺新技术, 扩大国内外可经济利用的铝资源量, 进行高效、节能、清洁的氧化铝生产, 使我国的铝土矿资源的利用和氧化铝工业实现可持续发展。

2 我国的铝土矿资源

2.1 我国铝土矿资源的储量和分布

我国已探明铝土矿矿区 315 处。按矿产储量最新分类计, 我国铝土矿储量约 5.39 亿t, 基础储量 7.16 亿t, 资源量 17.87 亿t, 总资源储量 25.03 亿t。

我国铝土矿资源较为集中, 主要分布在山西、河南、贵州、广西 4 省区。以上 4 省区铝土矿保有储量占全国保有储量的 91.1%。矿床类型以沉积型为主, 主要分布在山西、河南、贵州。而储存于广西、云南的铝土矿主要是堆积型矿床, 约占我国总储量的 11%。

我国铝土矿分布状况见图 1。

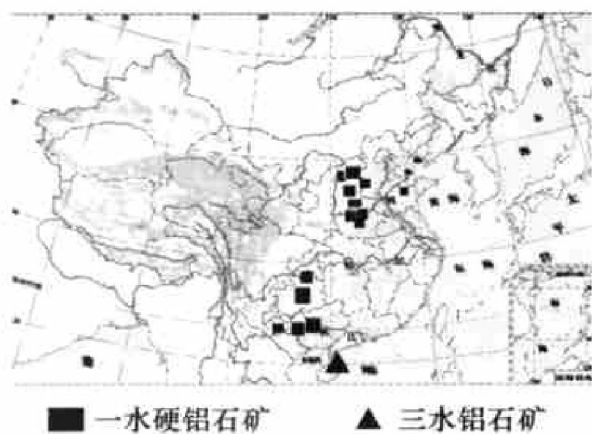


图 1 我国主要铝土矿床分布

2.2 我国铝土矿资源的特点

我国绝大多数铝土矿(约 95%)都是一水硬铝石型铝土矿。只有海南等地的铝土矿是三水铝石型, 但至今尚未工业开采。

我国典型的铝土矿的化学成分和矿物组成列于表 3。从表 3 可见, 我国铝土矿的化学成分一般都

是高铝、高硅和低铁(少部分例外), 即氧化铝含量高, 氧化硅含量也高, 铝硅比较低(多数在 4~ 7 之间)。铝硅比 9 以上的优质铝土矿仅占总储量的 18.5%。全国 40 多个典型矿区铝土矿的加权平均铝硅比仅为 6 左右。除广西等少数矿区外, 大多数铝土矿氧化铁含量都在 5% 以下。贵州和山东还有相当数量的高硫含量的铝土矿, 目前尚未开发利用。

表 3 我国部分铝土矿的化学成分和矿物组成

项目	成分	广西 那豆矿	河南 淝池矿	河南 新安矿	山西 孝义矿
平均 化学 成分	Al ₂ O ₃	56.22	64.35	71.90	66.30
	SiO ₂	6.21	9.94	7.81	13.36
	Fe ₂ O ₃	19.15	5.93	1.05	1.02
	TiO ₂	3.35	1.95	3.90	3.30
平均 物相 组成	一水硬铝石	60.25	69.52	78.58	65.71
	三水铝石	2.18	—	—	—
	高岭石	4.99	2.77	7.65	25.85
	赤铁矿	5.48	2.45	—	—
	针铁矿	15.41	—	—	—
	锐钛矿	2.69	1.60	3.49	2.90
	方解石	0.49	1.20	—	—
	石英	1.08	1.10	0.46	0.44
	伊利石	—	7.11	6.21	2.01

含硅矿物是铝土矿中的主要杂质矿物, 一般以高岭石、伊利石、叶腊石及长石等铝硅酸盐矿物形态存在。我国各地的铝土矿所含的硅矿物各不相同, 造成了各地氧化铝生产流程和技术上的较大差异。山西矿中的硅矿物主要是容易预脱硅的高岭石。而河南矿则以伊利石、叶腊石和云母类矿物为主。贵州矿含有高岭石、绿泥石和伊利石。广西矿中除了高岭石外, 还有较多的鲕绿泥石。与国外的铝土矿不同, 我国铝土矿中以石英的形式存在的硅矿物较少。

我国铝土矿中的铁矿物大多以赤铁矿的形式存在, 有时有少量的硫铁矿。但广西红土型一水硬铝石矿中的大部分铁矿物是以针铁矿或铝针铁矿的形态存在。我国铝土矿中的钛矿物主要为锐钛矿, 还有少量的金红石, 含量为 2%~ 4%。

2.3 我国铝土矿资源与世界铝土矿资源的比较

世界铝土矿资源极为丰富。据 2001 年数据统计, 世界铝土矿总储量为 246 亿t, 基础储量为 340 亿t。除地中海东部巴尔干地区和我国华北、西南这

些较小的矿带外，其余大型的铝土矿矿带基本都位于热带及亚热带地区。世界铝土矿储量在近 50 年间增长 10 倍以上，特别是 20 世纪五六十年代和 90 年代，随着澳大利亚、巴西、印度等国和拉丁美洲发现大规模铝土矿之后，世界铝土矿储量大幅度增长。尽管目前世界年耗铝土矿约 1.5 亿t，但总储量仍有增长趋势。

表 4 国外已探明的铝土矿储量、品位和矿物类型

国别	储量* / 亿t	基础储量/ 亿t	平均品位/ %		矿物类型
			Al ₂ O ₃	SiO ₂	
几内亚	74.0	86.0	40~ 50		三水铝石
澳大利亚	44.0	87.0	32~ 52	2~ 5	三水铝石
牙买加	20.0	25.0	50	2~ 3	三水铝石
巴西	18.0	29.0	55		三水铝石
印度	7.7	14.0	45~ 60	1~ 5	三水铝石
圭亚那	7.0	9.0			三水铝石
希腊	6.0		56~ 58	2~ 4	一水硬铝石 一水软铝石
苏里南	5.8	6.0	55	2~ 3	三水铝石
委内瑞拉	3.2	3.5	51		三水铝石
俄罗斯	2.0	2.5			一水硬铝石 一水软铝石
其他国家	58.3	78.0			
合计	246.0	340.0			

世界铝土矿资源分布极不均匀，其中约 80% 以上集中分布在少数几个国家。某些铝工业发达的国家却严重缺乏铝土矿资源，如美国、俄罗斯、法国和德国所拥有的铝土矿储量之和，还不到世界储量的 2%。澳大利亚和几内亚两国的储量约占世界总储量近一半。西半球的巴西、牙买加、圭亚那、苏里南和委内瑞拉五国的储量占接近世界总储量的 1/4。

铝土矿储量丰富国家的矿石类型主要为三水铝石和一水软铝石矿，仅中国、希腊、俄罗斯、南斯拉夫和伊朗等国有一定规模的一水硬铝石矿。世界铝土矿开采的平均品位 A/S 为 10 以上，低于 10 的矿一般不能直接用经济的拜耳法处理。

由表 5 所示，我国铝土矿和世界大部分铝土矿相比，具有明显差别。

2.4 我国铝土矿资源存在的主要问题

2.4.1 铝土矿资源的难处理性

我国铝土矿的矿物类型绝大多数为一水硬铝石型铝土矿，其中的主要含铝矿物为一水硬铝石，这是一种难于浸出的矿物。用传统的拜耳法处理这类

矿石时，要求溶出温度高，使用的碱液浓度也高，因而生产上采用的工艺条件比用三水铝石或一水软铝石为原料时苛刻。这给拜耳法系统的溶出、分解、蒸发等重要工序的技术和装备带来了一系列困难。

表 5 我国铝土矿和国外大部分铝土矿的主要区别

铝土矿	储量	基础储量	人均储量	品位 A/S	一般矿体大小	主要矿石类型	主要硅矿物类型
国外矿	246 亿t	340 亿t	4.0 t	> 10	大型 > 1.0 亿t	三水铝石 一水软铝石	大部分简单高岭石、石英
我国矿	5.39 亿t	7.16 亿t	0.4 t	大多 4~ 7	中小型 < 0.3 亿t	一水硬铝石	大部分复杂高岭石、伊利石等

其次，由于我国铝土矿中二氧化硅含量高，大部分属中低品位矿，因此不宜直接用单纯的拜耳法处理，造成流程复杂，能耗物耗高，这是与国外铝土矿不同的又一特点。

2.4.2 资源的保证程度低，品位问题突出

随着氧化铝工业和其他需用铝土矿工业的快速发展，铝土矿资源，特别是优质资源的短缺，已充分显现出来。按目前的生产需求估算，我国每年需消耗的铝土矿多达 1 000 多万t，其中大多是优质矿或次优质矿。

目前优质铝土矿供需矛盾十分突出，矿山均不同程度出现了贫化趋势，特别是河南等地的高铝矿已濒临枯竭，众多用户争先采购有限的优质资源。我国铝土矿资源基础储量中 80% 以上为中低品位矿，目前高品位优质铝土矿平均服务年限少于 10 年。如果没有新的大规模的高品位铝土矿发现、探明并开发，我国北方地区氧化铝厂的拜耳法系统将在数年之后面临高铝矿资源严重短缺的局面。这不但将增加单位产品耗矿量，而且将使生产成本大大增加。

表 6 我国探明的铝土矿服务年限比较

氧化铝年产量/ 万t	600	800	1 000	1 200
储量静态服务年限/a	45	34	27	22
基础储量静态服务年限/a	60	45	36	30

我国中低品位矿现有储量尚可支撑 20~ 40 年，某些资源量经过详探后还可补充成储量。但我国氧化铝生产系统如果不进行技术装备的更新升级，将难于适应矿石品位的逐渐下降所带来的能耗和生产成本的升高，最终丧失市场竞争力。

2.4.3 我国铝土矿资源的特点对氧化铝生产技术

的重大影响

目前我国基础储量中可工业规模应用的铝土矿都是一水硬铝石矿。以拜耳法处理此类矿,必须采用高温、高碱浓度的溶出技术,才能得到可接受的溶出效果。这就可能对氧化铝生产技术带来如下重大影响:

1) 拜耳法溶出系统的预热、溶出技术装备和能耗问题。

2) 种子分解和赤泥分离的高碱浓度问题。

3) 拜耳法母液的蒸发强度问题。

4) 在高温高碱浓度条件下矿浆中复杂硅矿物的反应、结疤及其对传热、运行周期的影响问题。

这 4 个问题主要涉及到系统节能(解决能耗高的问题)以及各工序工艺技术和装备的适应性和最佳化。

另外,我国铝土矿 80% 以上为中低品位矿,这种铝土矿如用简单的传统拜耳法处理,在溶出过程中将因形成大量水合铝硅酸钠沉淀,带来碱和铝的重大损失,引起碱耗大幅度上升,铝的回收率急剧下降。所引起的成本的激增,导致我国的中低品位矿无法采用传统的拜耳法生产氧化铝。

为解决这一难题,我国铝工业经过几十年的探索实践,开发应用了烧结法和混联法等技术,形成了目前我国 90% 以上的氧化铝生产能力。但是这 2 种方法带来了生产系统复杂、基建投资大、能耗高等一系列问题。

与国外氧化铝工业相比,我国氧化铝厂一般规模较小,平均能耗高一倍以上。另外,由于一水硬铝石溶出难度大,溶出后铝酸钠溶液分解的饱和度较低,导致我国拜耳法种分生产砂状氧化铝的技术难度极高。这些都是我国氧化铝亟待解决的关键技术问题。

2.4.4 我国氧化铝工业可持续发展的关键问题

我国氧化铝工业的迅猛发展和我国铝土矿资源有限的保证程度已形成鲜明的对比。

国内对氧化铝的强烈需求促使我国氧化铝规模和技术水平不断提高。但是对氧化铝生产成本至关重要的铝土矿资源,特别是优质高品位资源已逐渐减少,平均保证程度少于 10 年。今后我国氧化铝工业的发展只能建立在资源量还较充裕的中低品位铝土矿的基础上。

当前,摆在我国氧化铝科技界面前最重要的任务是:尽快开发相应的先进适用的生产技术,以有竞争力的成本从中低品位一水硬铝石矿生产出满足我国电解铝工业要求的高质量砂状氧化铝。要在近

年内保护我国有限的优质铝土矿资源,加紧勘探、开发新的优质铝土矿资源,研究利用国外铝资源,实施我国新的氧化铝工业资源战略的同时,加快开发应用我国中低品位铝土矿生产砂状氧化铝的高效低耗新工艺,才能实现我国氧化铝工业的可持续发展。

3 我国中低品位铝土矿生产砂状氧化铝的高效低耗新工艺开发

3.1 我国中低品位铝土矿高效低耗生产氧化铝的主要技术思路

由表 7 可见,我国氧化铝工业所采用的主要技术是联合法和烧结法,烧结法在所有的生产能力中占 48.8%,几乎为一半。烧结法比例过高是我国氧化铝工业能耗高的最重要的原因(见表 8)。

表 7 2002 年我国氧化铝厂的设计产能和实际产量(万 t)

氧化铝厂	中州	山东	平果	郑州	贵州	山西	合计	所占比例/%
拜耳法		16.0	43.4	74.1	32.6	73.0	239.1	51.2
烧结法	54.0	64.0		32.9	20.7	56.5	228.1	48.8
合计	54.0	80.0	43.4	107.0	53.3	129.5	467.2	100
实际氧化铝产量	80.5	85.0	45.1	127.0	65.5	136.7	539.8	

表 8 国内外氧化铝厂吨氧化铝能耗比较

中国氧化铝厂	能耗/(GJ·t ⁻¹)	国外氧化铝厂(均为拜耳法)	能耗/(GJ·t ⁻¹)
中国纯烧结法厂	36.23	希腊圣尼古拉厂	14.60
中国纯拜耳法厂	13.73	法国氧化铝厂	13.50
中国联合法厂	30.82	德国施塔德厂	9.60
中国平均	~ 30.80	西澳大利亚 4 个厂	11.00~14.00

由表 9 可见,各种能耗约占我国氧化铝厂生产成本的 43%,是影响成本的最重要的因素,也是我国氧化铝工业与国际氧化铝工业相比最主要的差距。我国氧化铝厂最主要的耗能工序是:烧结法烧成、蒸发、拜耳法溶出和烧结法脱硅。

按照系统节能理论的分析,为大幅度降低生产能耗,最重要的是降低高耗能工序在整个生产系统中的比例;提高整体循环效率和重要工序的产出率,降低高耗能工序的单位能耗。

表 9 国内外氧化铝成本构成比较

项目	国外氧化铝	国内氧化铝
原料费用	29%	29%
能源费用	16%	43%
制造费用	34%	21%
人工费用	21%	7%

因此，采用新技术，尽可能扩大拜耳法在生产系统中的份额，缩小烧结法的比例，是系统节能最重要的方向，也是开发高效低耗氧化铝生产技术的最主要的技术思路。

强化烧结法、间接加热强化拜耳溶出、降膜蒸发、悬浮焙烧等技术的开发应用都是提高循环效率和工序产出率，降低高耗能工序单位能耗的最关键的技术。

在现有的联合法中，铝土矿品位的下降必然导致烧结法比例的增大，造成能耗和成本的增高。因此，开发应用于中低品位铝土矿的高效低耗新技术显得特别重要和迫切。

研究开发高效低耗处理中低品位一水硬铝石矿新工艺的总体技术思路是：尽可能采用或扩大能耗低、效率高、流程简单的间接加热、强化溶出的拜耳法，缩小或强化高耗能的烧结法。在氧化铝生产能耗大幅度下降的同时保证适当的回收率和碱耗指标。在拜耳法和烧结法均被强化后，最优化配置拜耳法和烧结法的相互关联。

3.2 处理我国中低品位铝土矿的高效低耗的氧化铝生产新工艺

3.2.1 改进的拜耳法技术

用传统的拜耳法技术处理中低品位矿，由于碱耗过高，氧化铝回收率过低，因而造成成本高、经济上不可行。但拜耳法系统较简单、能耗低、投资省、效率高。平果氧化铝厂纯拜耳法处理高品位一水硬铝石矿的成功经验证明，我国氧化铝工业如采用拜耳法，同样可以达到国际先进水平的能耗(见表 8)和生产成本。

改进的拜耳法技术主要包括选矿拜耳法和石灰拜耳法。

选矿拜耳法采用浮选技术对中低品位铝土矿选矿，所得精矿的 A/S 大于 10，可直接用拜耳法处理。此流程中，中低品位铝土矿并不直接进入氧化铝生产系统。浮选技术可采用正浮选和反浮选。关键技术在于选矿药剂的选择、开发和应用。应最大限度地控制选矿药剂进入拜耳法系统。通过工业实

验证明，选精矿在拜耳法系统中的溶出、沉降性能优良。如采用双流法技术，可使选精矿在间接加热过程中的结疤问题得到圆满解决。可以通过选矿工艺的改进以及拜耳法采取适当的技术措施，消除或大大减轻选矿药剂对拜耳法系统的影响。

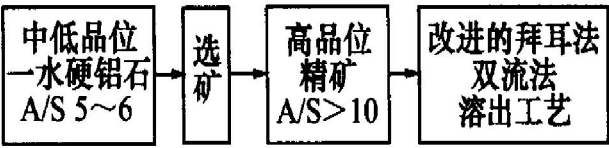


图 2 选矿拜耳法的技术思路

石灰拜耳法技术可利用原有拜耳法系统，只需将石灰添加量提高到 CaO/SiO₂ 大于 2，直接用拜耳法处理中低品位铝土矿。该技术可使赤泥的 N/S (钠硅比) 小于 0.2，从而大大降低碱耗和成本，而不必采用高能耗的烧结法处理拜耳法赤泥。该技术投资小，简单易行，而且可减轻加热面的结疤。石灰拜耳法的关键技术在于应用碱液化灰工艺，以减少反苛化的影响；同时应采用相应新技术解决沉降系统负荷增大的问题。石灰添加量应通过实验研究求得最佳化。

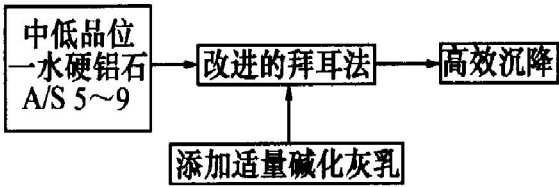


图 3 石灰拜耳法的技术思路

选矿拜耳法和石灰拜耳法都已得到半工业试验和工程化研究的证明，均可经济地处理中低品位一水硬铝石矿。

随着铝土矿 A/S 的升高，石灰拜耳法的优势更趋明显。如 A/S 达到 8~9，石灰用量可以大大减少，石灰拜耳法对赤泥沉降的副作用明显减弱，成本进一步降低。但如矿石 A/S 下降到一定程度，石灰拜耳法中的石灰添加量和沉降负荷将加大、成本升高。而此条件下，选矿拜耳法的优势则更为明显，因为选矿拜耳法的矿石原料仅对选矿效率和回收效率有影响，对拜耳法本身无直接影响。

3.2.2 改进的新联合法技术

我国氧化铝厂除平果铝厂以外，都是(或者将是)联合法生产厂家。已经形成的庞大的联合法生产系统(包括烧结法)，在未来铝土矿资源品位下降的趋势下，如何通过技术创新和改造，形成改进的新联合法技术，是我国氧化铝工业实现可持续发展十分迫切需要解决的一个关键问题。

联合法中的拜耳法系统可以通过选矿拜耳法和

石灰拜耳法,提高溶出效果,降低碱耗,逐渐与烧结系统分离而独立。也就是现有联合法中约占60%的产能可以直接采用改进的拜耳法(包括间接加热、强化溶出技术)处理。

联合法中的烧结法系统可以通过提高矿石品位A/S至5~6,即采用我国资源量较大的中等品位铝土矿,以达到强化烧成、提高系统循环效率和产出率、降低能耗的目的。因而也形成相对独立的强化烧结法系统。

但联合法中两种技术仅仅互相独立,还不能使联合法系统达到最优化配置。改进的新联合法,应充分发挥已有的烧结法的某些特殊优势,弥补我国一水硬铝石矿拜耳法生产的某些不足。

主要应开发、应用的与此相关的关键技术包括:

1) 烧结法低分子比粗液与拜耳法溶出矿浆合流脱硅

该技术的主要目的是:利用烧结粗液分子比低(α_k 约为1.2左右)的优势,通过合流,有效地降低一水硬铝石矿拜耳法溶出矿浆的 α_k ,大大提高拜耳法种分的产出率和全流程循环效率,同时有利于砂状氧化铝的生产。

2) 取消或减小烧结法种分,烧结法精液全部深度脱硅进行连续碳分生产砂状氧化铝。

该技术的主要目的是:利用烧结法碳分分解率可达90%以上,大大高于烧结法种分分解率,同时易于生产砂状氧化铝的优点(已经攻关成功),提高烧结法的总循环效率。烧结法粗液脱硅所需调整液可以用拜耳法系统相应的洗液或分解母液代替,以达到拜耳、烧结两大体系母液的相互交换,有利于消除有机物对拜耳法的影响。

3) 烧结法母液加种深度碳分,所得的细氢氧化铝用于拜耳法溶出后增浓技术。

此技术的主要目的是:进一步提高烧结法循环效率,同时更好地降低拜耳法精液的 α_k ,使拜耳法种分精液 α_k 达到1.4左右,为实现拜耳种分完全砂状化打下重要基础。

以上联合法的改进所形成的关键技术归结为:

1) 联合法中的拜耳法和烧结法相对独立。

2) 联合法中的拜耳法采用间接加热、强化溶出的改进拜耳法技术(选矿拜耳法和石灰拜耳法)。

3) 联合法中的烧结法采用中等品位矿的强化烧结法技术。

4) 采用烧结粗液或后加烧结法深度碳分的氢氧化铝和拜耳法溶出矿浆合流的技术,大幅度降低

分解粗液的 α_k ,提高拜耳法和烧结法的总循环效率和产出率,同时有利于生产砂状氧化铝。

5) 取消或减小联合法中的烧结法种分系统,也可以拜耳法溶液做烧结法脱硅的调整液,提高烧结法的总产出率。通过溶液交换,以烧结法消除有机物给拜耳法带来的危害。

联合法系统经过以上改进后,将充分发挥联合法的优势,实现高效低耗处理中低品位铝土矿,提高产量,大幅度降低能耗,生产出高质量的砂状氧化铝。

当联合法系统中的拜耳法无法强化时,可考虑改造成串联法处理中低品位铝土矿。在串联法中,烧结法的生产比例可以尽可能缩小,同时上述联合法的某些改进技术同样可用于串联法。

3.3 在改进的拜耳法和改进的新联合法中尚需开发的高效节能的关键技术

3.3.1 缩小循环母液浓度差所涉及的技术

拜耳法循环和烧结法循环系统中,都存在溶出和分解的浓度差问题,即循环母液蒸发强度问题,这是制约全系统能耗和循环效率十分关键的问题。缩小浓度差,意味着大幅度节能;提高系统操作浓度,意味着提高产出率。

最重要的是在高浓度下如何实施一系列单元操作的技术,如赤泥沉降、分解、过滤等,又要保持系统正常运转,达到各工序的操作目标。

这里最大的难点是烧结法湿法系统的高浓度技术,包括烧结法高浓度的溶出、赤泥分离及洗涤、脱硅和连续碳分等。

3.3.2 间接加热技术和提高热效率、热回收率的技术

对拜耳法溶出和烧结脱硅等预热过程,采用间接加热技术,避免蒸汽对溶液的充稀,是这些工序节能的最主要的技术。氧化铝厂的间接加热技术和设备必然遇到一些含硅矿物在加热面结疤、从而降低传热效率的问题。

应利用溶液硅化学和结晶学的一些基本理论,在工艺技术上改进,使间接加热面不结疤或少结疤,从而提高传热效率,减少溶液浓差,达到既强化过程又节能的目的。高温溶液潜能的有效释放是通过热回收技术实现的。这也是节能技术的重要组成部分。

3.3.3 砂状氧化铝生产技术

鉴于我国的一水硬铝石矿资源,为提高氧化铝生产系统的循环效率和节能,必须采取高浓度的拜

耳法种子分解制度。在这样的种分条件下生产砂状氧化铝的技术难度非常大。

一方面应按上面所述的技术尽可能降低拜耳法种子分解的原液 α_K ; 另一方面应进一步持续开发高 α_K 、低过饱和度的砂状技术。

3.3.4 在线检测和控制技术

拜耳法溶出配料和烧结前多组分配料是达到拜耳溶出和烧成这两个关键工序最优化运行的前提。这些配料通常是针对多组成和多相体系, 其配料的准确和稳定的程度直接关系到体系反应总效果。配料中一些关键的在线检测和控制技术, 是决定该工序以及全系统的效率、稳定性、能耗等水平的重要因素。因此这些配料技术是氧化铝生产的关键技术之一。开发出各种可靠的在线检测一次元件、检测方法以及符合不同被控体系的控制策略是该技术成功的关键。

3.3.5 大型、高效、节能设备的开发应用

开发和应用节能泵、节能搅拌器、节能风机以及其它一些节电产品; 开发提高煤粉、重油及煤气等燃料燃烧效率的装置和技术; 在各工序中尽可能采用大型高效节能的设备等都将有利于实现高效低耗生产氧化铝。

3.3.6 热电与氧化铝联合节能技术

氧化铝生产的主要能源介质为煤、蒸汽与电, 热电厂的主要产品为电与蒸汽。氧化铝厂如果实现与热电的联合可以同时满足氧化铝生产的电与蒸汽需求。发电后的蒸汽用于氧化铝生产的溶出或蒸发工序, 以及用来加热洗水等, 蒸汽冷凝水可以被热电厂回收循环使用, 从而达到能量分级管理, 最优化利用, 同时大大提高热和水的利用率。

参考文献

- [1] Patricia A, Plunkert. Bauxite and Alumina, Mineral Commodity Summaries[M]. USA: US Geological Survey: Minerals Yearbook, 2003.
(<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/>)
- [2] 王安建, 王高尚, 张建华, 等. 矿产资源与国家经济发展[M]. 北京: 地震出版社, 2002.
- [3] 汪旭光, 潘家柱. 21 世纪中国有色金属工业可持续发展战略[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2001, 142 - 161.
- [4] 顾松青, 尹中林, 齐利娟. 我国氧化铝工业发展中的重大关键技术[A]. 第四届全国轻金属冶金学术会议论文集[C]. 青岛: 中国有色金属学会轻金属冶金学术委员会, 2001. 14 - 19.
- [5] 顾松青, 齐利娟, 尹中林. 我国氧化铝工业的系统节能[A]. 中国有色金属学会第五届学术年会论文集[C]. 北京: 中国有色金属学会, 2003. 217 - 221.
- [6] 马朝建. 选矿拜耳法生产氧化铝新工艺及在中州铝厂的产业化[J]. 轻金属, 2001(特刊): 50 - 54.
- [7] 尹中林, 顾松青. 并行法氧化铝生产新工艺——我国混联法氧化铝生产工艺的发展方向[J]. 世界有色金属, 2001, 7: 4 - 8.
- [8] 尹中林, 李新华, 范卫东. 石灰拜耳法新工艺及其应用前景[A]. 第四届全国轻金属冶金学术会议论文集[C]. 青岛: 中国有色金属学会轻金属冶金学术委员会, 2001. 150 - 154.
- [9] Anich I, Bagshaw T, Margolis N, et al. The alumina technology roadmap[J]. Light Metals, 2002. 193 - 198.

(编辑 黄劲松)