

低品位微细鳞片石墨矿选矿试验

李向益, 乐智广, 曾茂青

(国土资源部 昆明矿产资源监督检测中心, 云南 昆明 650218)

摘要:某石墨矿原矿样固定碳含量为 8.17%, 石墨嵌布粒度极细, 部分石墨单体粒度小于 10 μm , 属于低品位难选微细鳞片石墨矿。依据矿石性质, 进行了详细的条件试验和流程, 最终确定合适的选矿工艺流程为“一次粗磨一次粗选一次扫选, 粗精矿六次再磨七次精选”的闭路流程。闭路试验最终获得了精矿固定碳含量为 85.49%、回收率为 86.95% 的技术指标, 为同类石墨矿资源的合理开发利用提供借鉴。

关键词:低品位; 微细鳞片石墨; 再磨; 精选; 中矿

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2017.04.014

中图分类号:TD985 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2017)04-0066-04

石墨具有耐高温、导热导电、化学稳定性、润滑性等优良的物理、化学性能, 是一种重要的、用途广泛的非金属矿物材料和原料^[1]。近年随着石墨应用领域的不断扩大, 以石墨为原料研究出多种新型石墨材料, 如石墨烯材料、锂离子电池负极材料球形石墨、纳米石墨等^[2]。但是目前由于石墨用途广泛, 用量逐年增加, 石墨矿资源尤其是易选优质鳞片石墨资源不断减少, 因此合理开发我国储量较大、品质较差的低品位微细鳞片石墨资源成为一种必然趋势^[3]。

1 原矿性质

1.1 原矿化学多元素及固定碳含量分析

石墨试样化学多元素分析见表 1。

表 1 试样化学多元素及固定碳含量分析结果/%

Table 1 Multi-element and fixed carbon analysis results of the run-of-mine ore

固定碳	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO
8.15	61.57	12.01	5.18	0.64	0.50
Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P	S	烧损
0.33	2.48	0.52	0.32	0.05	11.33

1.2 原矿结构构造、矿物组成及嵌布特征

矿石属于低品位微细粒鳞片石墨矿, 矿石主要结构有显微鳞片状结构、他形粒状结构及包含结构,

矿石构造为定向构造和块状构造。矿石中主要矿物: 石墨 8%, 石英 50%, 绢云母 20%, 高岭石 6%, 绿泥石 4%, 斜长石 3%, 褐铁矿及磁铁矿 3%, 角闪石、透闪石及透辉石 3%。

矿石中石墨嵌布粒度极细, 多数小于 30 μm , 很大一部分石墨单体粒度甚至小于 10 μm 。石墨与绢云母、石英等矿物相互包裹或镶嵌连生, 嵌布关系极其复杂, 选别作业中即使细磨也难以完全单体解离。

2 选矿试验研究

2.1 粗选条件试验

鳞片石墨具有很好的天然可浮性, 在很宽的 pH 值范围内均可浮选, 通常在中性或者弱碱性条件下, 采用煤油或者柴油作为捕收剂, 2#油作为起泡剂进行阶段磨矿阶段选别。但是当石墨嵌布粒度很细时, 往常规磨矿难以使石墨单体解离, 导致石墨精矿品位和回收率较低。因此对粗选磨矿细度、捕收剂煤油用量, 起泡剂 730A 用量进行优化试验, 以获得较优的粗选指标。

2.1.1 磨矿细度试验

磨矿细度在浮选过程中极为重要, 适宜的磨矿细度可以保障目的矿物单体充分解离而又不至于过磨泥化, 是获得较好选别指标的关键。

收稿日期: 2015-10-14

作者简介: 李向益 (1987-), 男, 硕士, 主要研究方向为选矿及矿产综合利用。

磨矿细度试验采用1次粗选流程,捕收剂煤油用量为240 g/t,起泡剂730A用量为75 g/t,试验结果见图1。

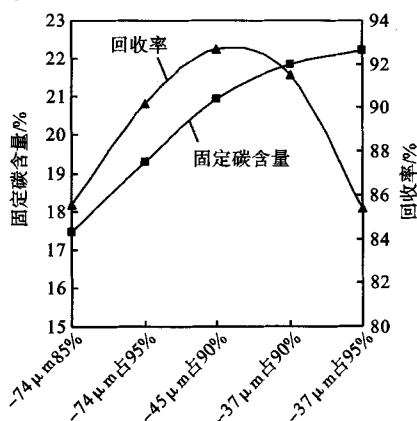


图1 磨矿细度对粗精矿指标的影响

Fig. 1 The effects of grinding fineness on the index of graphite roughing

由图1可以看出,随着磨矿细度的提高,粗精矿固定碳含量不断增加后趋于平稳,回收率则先上升后大幅下降。综合石墨粗精矿固定碳含量和回收率考虑,粗选合适的磨矿细度为-45 μm 90%。

2.1.2 捕收剂煤油用量条件试验

石墨浮选常用的捕收剂是煤油或者柴油,通常煤油的选择性较好,所得精矿的固定碳含量较高,而柴油的捕收性较好,对应精矿的回收率较高。为了获得较高品位的石墨精矿,采用煤油作为石墨捕收剂,在粗选磨矿细度为-45 μm 90%,730A用量为75 g/t条件下进行煤油用量条件试验,试验结果见图2。

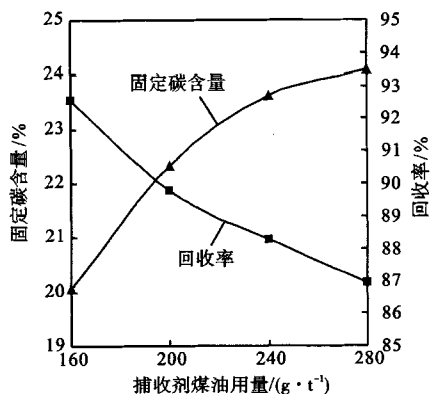


图2 煤油用量对粗精矿指标的影响

Fig. 2 The effects of kerosene dosage on the index of graphite roughing

由图2可知,随着煤油用量的增加,粗精矿固定碳含量先逐渐降低,回收率呈现逐步上升后趋于稳定。综合考虑,确定石墨粗选捕收剂煤油的合适用量为240 g/t。

2.1.3 起泡剂730A用量条件试验

在粗选磨矿细度为-45 μm 90%,煤油用量为240 g/t的条件下进行起泡剂730A用量试验,试验结果见图3。

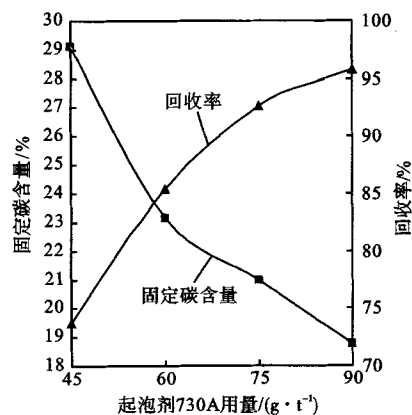


图3 730A用量对粗精矿指标的影响

Fig. 3 The effects of 730A dosage on the index of graphite roughing

由图4可知,随着起泡剂730A用量的增加,石墨精矿固定碳含量逐渐降低,而回收率则有较大幅度升高。综合考虑,确定730A用量为75 g/t。

2.2 精选I再磨细度试验

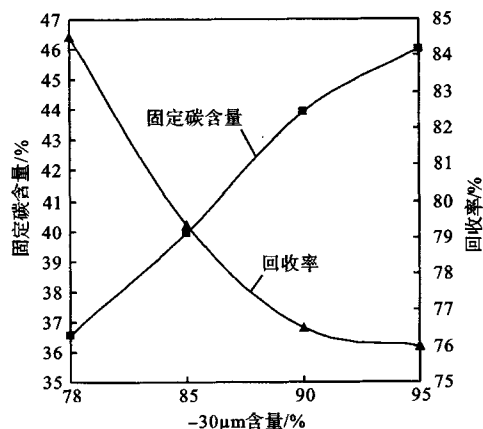


图4 精选I再磨细度对精矿指标的影响

Fig. 4 The effects of regrinding fineness on the index of graphite concentrate I

在确定的粗选条件下,粗选仅能得到固定碳含量为21%左右的石墨粗精矿,固定碳含量较低。镜

下观察粗精矿中石墨主要是集合体形式,与微细粒脉石矿物包裹或连生,导致粗精矿品位较低。因此在精选 I 不添加任何药剂的条件下对粗精矿进行再磨再选试验,其中粗精矿不磨时其细度为 $-30\ \mu\text{m}$ 78%。精选 I 再磨细度试验结果见图 4。

由图 4 可知,随着精选 I 再磨细度的增加,精矿固定碳含量先大幅度升高后升幅减缓,回收率则呈逐渐降低后趋于稳定的趋势,同时可以看出精选 I 不再磨(其细度为 $-30\ \mu\text{m}$ 78%)时,其精矿固定碳含量仅有 36%~37%。从尽量提高精矿固定碳含量考虑,确定石墨精选 I 再磨细度为 $-30\ \mu\text{m}$ 90%。

2.3 开路流程试验

石墨的鳞片状结构导致其在磨矿过程中难以通过一次性磨矿使其充分单体解离,尤其是当石墨鳞片与鳞片之间未能剥离时,鳞片间夹杂着的微细粒脉石矿物随着石墨一起进入浮选石墨精矿,导致石墨精矿固定碳含量较低。因此,为了要获取较高固定碳含量的石墨精矿,通常采用多段磨矿多段选别。精选再磨主要靠矿物与磨矿介质之间的剪切力作用使石墨鳞片磨剥分离,同时片层间的微细粒的脉石矿物脱落达到解离,通过反复多次浮选选别提高石墨精矿固定碳含量。在粗选条件试验及精选 I 再磨细度试验的基础上,进行一次粗磨一次粗选一次扫选、粗精矿六次再磨七次精选的开路试验,流程见图 5,试验结果见表 2。

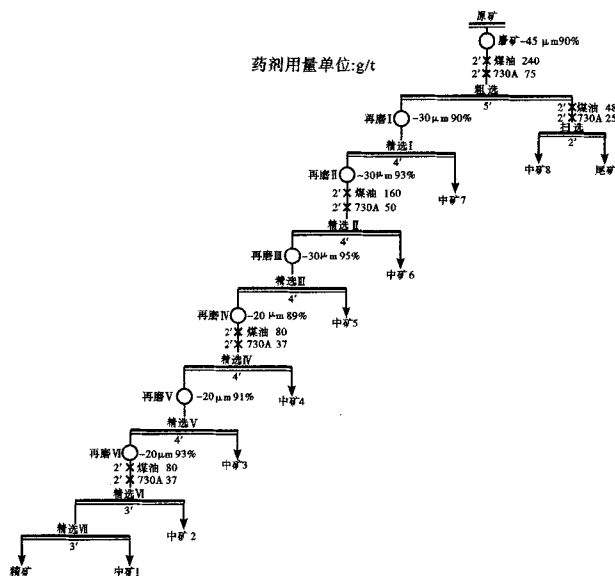


图 5 开路试验流程

Fig. 5 Flowsheet of open-circuit test

由表 2 可知,原矿经一次粗选一次扫选,粗精矿六次再磨七次精选,可获得石墨精矿固定碳含量为 87.85%、回收率为 36.91%,尾矿固定碳含量为 0.42%,尾矿固定碳损失率为 3.29%的技术指标。开路试验中固定碳回收率较低,中矿中固定碳分布较高,在闭路试验中随着中矿的返回,精矿的回收率会得到大幅度地提高。

表 2 开路流程试验结果

Table 2 Results of open-circuit test

产品名称	产率/%	固定碳含量/%	回收率/%
精矿	3.44	87.85	36.91
中矿 1	0.88	80.21	8.62
中矿 2	1.07	73.11	9.56
中矿 3	1.18	65.64	9.46
中矿 4	1.58	40.84	7.88
中矿 5	2.42	30.77	9.10
中矿 6	5.77	3.82	2.69
中矿 7	13.85	4.31	7.29
中矿 8	5.67	7.50	5.19
尾矿	64.14	0.42	3.29
原矿	100.00	8.19	100.00

2.5 闭路试验

闭路试验中中矿的返回方式依据中矿性质不同而变化。石墨选矿中中矿的返回方式主要有:(1)中矿一次循序返回;(2)中矿单独处理;(3)中矿集中返回;(4)多种处理方式联合工艺^[4]。

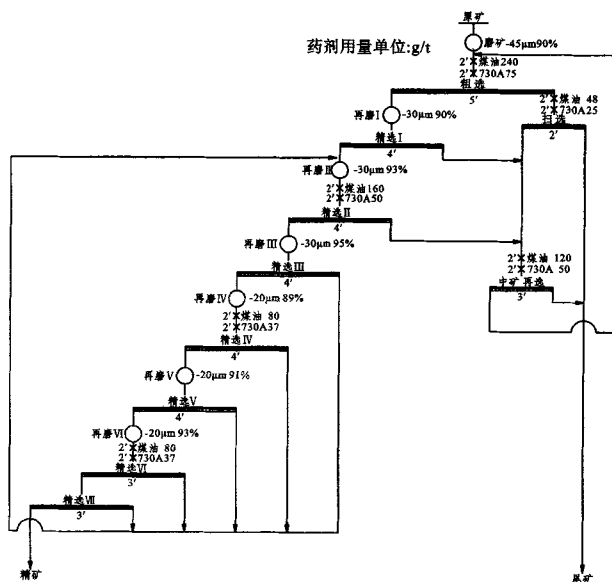


图 6 闭路试验流程

Fig. 6 Flowsheet of closed-circuit test

由表 2 开路试验结果可知,中矿 6~8 总产率高 达 25.29%、固定碳占有率为 15.18%,而固定碳含

量很低,仅有 4.91%,若直接返回将会影响浮选效果,不利于最终精矿固定碳含量的提高,因此这部分中矿需进行单独再选处理(见图 6);中矿 6~8 再选试验可得固定碳含量为 14.92%,回收率为 13.43%的再选精矿,再选精矿可返回粗选作业;再选尾矿固定碳含量为 0.80%,固定碳损失率为 1.75%,可直接抛尾。中矿再选实现二次抛尾,减少中矿的返回量同时降低难选脉石矿物返回对浮选作业的影响。而中矿 1~5 合并产率为 7.13%、固定碳含量为 51.23%,与流程中精选 I 精选精矿的固定碳含量接近,因此可将中矿 1~5 合并集中返回再磨 II。在粗选条件试验、精选 I 再磨细度试验及开路试验的基础上,进行了全闭路流程试验,试验流程见图 6,试验结果见表 3。

表 3 闭路试验结果

Table 3 Results of closed-circuit test

产品名称	产率/%	固定碳含量/%	回收率/%
精矿	8.29	85.49	86.95
尾矿	91.71	1.16	13.05
原矿	100.00	8.15	100.00

由表 3 可知,原矿经闭路试验流程选别后,可获得固定碳含量为 85.49%、回收率为 86.95%的石墨精矿。石墨精矿达到国家中碳 LZ(-)45-85 标准,可用作铸造原料和耐火原料。

3 结 论

(1) 矿石属于低品位难选微细鳞片石墨矿,原

矿固定碳含量为 8.17%。矿石主要由石墨、石英、绢云母、高岭石、绿泥石、斜长石组成。矿石中绢云母、高岭石和绿泥石等粘土矿物含量高,磨矿时易泥化。

(2) 矿石中石墨嵌布粒度极细,大部分石墨单体粒度小于 30 μm ,甚至部分石墨单体粒度小于 10 μm 。石墨与脉石矿物嵌布关系复杂,即使细磨也难以完全单体解离。

(3) 通过一次粗磨粗选,一次扫选,粗精矿六次再磨七次精选的闭路流程试验,可获得固定碳含量为 85.49%、回收率为 86.95%的石墨精矿。石墨精矿达到国家中碳 LZ(-)45-85 标准,可用作铸造原料和耐火原料。

(4) 石墨精矿固定碳含量较低的主要原因:一是石墨嵌布粒度极细,与脉石矿物嵌布关系复杂,即使细磨也很难达到充分单体解离;二是矿石中含有大量的粘土矿物,细磨过程中易泥化导致分选指标变差。

参考文献:

- [1] 时虎. 石墨的开发及其应用[J]. 化工科技市场, 2001(12): 24-27.
- [2] 李向益. 含隐晶质细鳞片石墨选矿试验研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2013.
- [3] 张福良, 殷腾飞, 周楠, 等. 我国石墨资源开发利用现状及优化路径选择[J]. 炭素技术, 2013(06): 31-35.
- [4] 彭伟军, 张凌燕, 李向益. 石墨中矿处理方式研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2013(S1): 180-183.

Experimental Research on Beneficiation of a Low-grade and Super-fine Flake Graphite Ore

Li Xiangyi, Le Zhiguang, Zeng Maoqing

(Kunming Mineral Resources Surveillance Testing Centre, Ministry of Land and Resources, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: A graphite ore belongs to the low-grade and super-fine flake graphite ore, which contains 8.17% fixed carbon, and the dissemination size of the ore is super fine, some graphite size is even lesser than 10 μm . According to the ore properties a series of conditions test was carried on. And the proper closed Beneficiation process was achieved, which was one roughing grinding, one roughing and one scavenging, then six regrinding and seven cleaning. The results show that finally the graphite concentrate of fixed carbon with the grade of 85.49% and recovery of 86.95% was achieved through the whole closed-circuit test, which has some reference value for this type of mineral graphite resources utilization.

Keywords: Low grade; Super-fine Flake Graphite; Regrinding; Cleaning; Middling