某萤石精矿提质降杂试验研究*

张 荣[1],曾永杰[1],裴 斌[2],卢方宏[1]

(1. 包头钢铁(集团)有限责任公司宝山矿业公司,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司巴润矿业分公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章介绍了某细粒复杂难选萤石浮选精矿应用高梯度磁选机提质降杂的试验研究。在磨矿粒度小于0.013 mm占70%的条件下,实验室通过高梯度磁选机,在不同场强的情况下对浮选精矿进行磁选试验。试验结果表明:随着磁场强度升高,磁性杂质去除越多,萤石矿物含量逐渐升高,非磁性产品产率和萤石回收率均随场强升高而降低,在磁场强度为1.7 T时,精矿萤石矿物含量从84.97%提升至93.63%,回收率为59.51%,提出了萤石精矿提质降杂的最佳条件,对实际生产具有指导意义。

关键词: 萤石;磁选;高梯度磁选机
中图分类号: TD97;TD924 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)06-0008-05
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.06.012

Experimental Study on Improving Quality and Reducing Impurities of a Fluorite Ore Concentrate

Zhang Rong[1], *Zeng Yong-jie*[1], *Pei Bin*[2], *Lu Fang-hong*[1]

(1. *Baoshan Mining Co. of Baotou Iron & Steel (Group) Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Barun Mining Branch Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, the experimental study on improving quality and reducing impurities of a fine-grained fluorite flotation concentrate that is difficult to be separated with the high gradient magnetic separator is introduced. Under the condition that grinding size smaller than 0.013 mm accounts for 70%, the magnetic separation tests were carried out to flotation concentrate at different field strengths with high gradient magnetic separator in laboratory. The test results showed that the mineral content of fluorite gradually increased, the more the magnetic impurities were removed as well as the productivity of non-magnetic products and recovery rate of fluorite decreased with the increase of magnetic field strength, the mineral content of fluorite in concentrate increased from 84.97% to 93.63% and recovery rate was 59.51% when magnetic field strength was 1.7 T. The optimal conditions for improving quality and reducing impurities of fluorite concentrate are proposed, which are with the important guiding significance for actual productions.

Key words: fluorite; magnetic separation; high gradient magnetic separator

萤石是生产氢氟酸的主要原料,目前主要用于 化工、建材和冶金三大行业。化学工业对萤石产品

* **收稿日期:** 2021-08-25
作者简介: 张 荣(1984-),男,布依族,贵州省兴义市人,工程师,现从事选矿技术研究工作。

的质量要求很高，一般要求 CaF_2 含量在 93% ~ 98%，二氧化硅和其他有害杂质含量要严格限制。萤石还广泛应用于玻璃、陶瓷、水泥等建材工业中；在冶金行业，萤石作为一种助熔剂，可用于钢铁和有色金属冶炼，一般 CaF_2 含量要求在 65% 以上，杂质二氧化硅含量不大于 32%，硫和磷的含量分别不高于 0.3% 和 0.08%[1-2]。某细粒萤石矿原矿品位为 20%，经磨矿分级后，粒度小于 0.074 mm 达到 98%，一粗七精浮选后，浮选精矿萤石矿物含量达到 85% 左右，精矿粒度小于 0.013 mm 达到 70% 以上。精矿中弱磁性杂质含量较高，还有少量的磷灰石、重晶石等非磁性杂质，矿物嵌布粒度细，相互包裹现象严重。本研究对该萤石浮选精矿进行强磁选试验，通过不同场强条件试验，综合考虑精矿品位与回收率，选择最经济的场强，为该萤石精矿达到酸级萤石（CaF_2 含量大于 93%）标准提供技术保障[3-4]。

1　试样性质

本次试验矿样为该萤石矿浮选七精精矿，取样时现场生产稳定，分批次取样，混匀为本次试验矿样。试样多元素分析结果见表 1。

表 1　试样多元素分析（质量分数）　%

名称	TFe	REO	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Al_2O_3
萤石浮选精矿	1.8	2.77	0.054	0.048	60.4	0.16	0.072
名称	SiO_2	BaO	F	S	P	**其他**	
萤石浮选精矿	0.56	3.09	25.71	0.765	0.45	4.12	

试样主要化学成分为 CaO 和 F，还有少量的 Fe、REO、BaO 等。试样中各种矿物含量见表 2。

表 2　试样矿物组成（体积分数）　%

名称	萤石	铁矿物	稀土矿物	重晶石	磷灰石	其他
萤石浮选精矿	84.97	2.99	5.70	2.16	1.84	2.34

试样物相分析表明，试样矿物组成比较复杂，主要矿物为萤石、稀土、铁矿物、重晶石、磷灰石，含有少量碳酸盐矿物，其中弱磁性矿物（铁矿物和稀土矿物）占比 8.69%。试样中萤石解离度及萤石与杂质矿物连生情况见表 3。

表 3　试样解离度（体积分数）　%

名称	萤石解离度	与铁矿物连生	与稀土矿物连生	与重晶石连生	与磷灰石连生	与其他矿物连生
萤石浮选精矿	89.56	3.45	6.02	0.83	<0.1	0.57

显微镜下观察，矿样粒度不均匀，萤石解离度高，达到 89.56%。铁矿物、稀土矿物大部分与萤石连生，单体极少见。包裹体粒径微细（0.020 ~ 0.065 mm）。重晶石、磷灰石多以单体出现，并且粒度较细，粒度基本在小于 0.013 mm 以下。

2　选矿试验研究

由于本次试验矿样萤石解离度高，接近 90%，并且约有 20% 的萤石颗粒在 5 μm 以下，已经泥化，试验不再将矿样细磨，直接将混匀的试样进行强磁选试验。由于本试验主要验证在高梯度磁场下，去除萤石精矿中的弱磁性杂质，只进行开路磁选。

2.1　1.3 T 背景场强条件试验

取混匀的试样 50 g，加水调成浓度 20% 的矿浆，在 1.3 T 的背景场强条件下，进行高梯度强磁选试验，试验数据见表 4。

表4 1.3 T背景场强条件下矿物含量(体积分数) %

名称	萤石	铁矿物	稀土	重晶石	磷灰石	其他
试验原矿	84.97	2.99	5.70	2.16	1.84	2.34
非磁性矿物	88.54	0.89	4.25	3.16	2.01	1.15
磁性矿物	69.59	5.81	12.57	5.76	2.35	3.92

由表4可知,在1.3 T背景场强下不能有效去除磁性杂质,非磁性产品中磁性杂质(本文中指铁矿物和稀土矿物,下同)含量达到5.14%,磁性杂质含量依然偏高。

2.2 1.5 T背景场强条件试验

取混匀的试样50 g,加水调成浓度20%的矿浆,在1.5 T的背景场强条件下,进行高梯度强磁选试验,试验数据见表5。

表5 1.5 T背景场强条件下矿物含量(体积分数) %

名称	萤石	铁矿物	稀土	重晶石	磷灰石	其他
试验原矿	84.97	2.99	5.70	2.16	1.84	2.34
非磁性矿物	89.76	0.75	3.37	3.15	1.99	0.98
磁性矿物	72.34	4.86	10.28	5.85	2.46	4.21

通过表5说明,在1.5 T背景场强下不能有效去除磁性杂质,非磁性产品中磁性杂质含量达到4.12%,磁性杂质含量依然偏高。

2.3 1.7 T背景场强条件试验

取混匀的试样50 g,加水调成浓度20%的矿浆,在1.7 T的背景场强条件下,进行高梯度强磁选试验,试验数据见表6。

表6 1.7 T背景场强条件下矿物含量(体积分数) %

名称	萤石	铁矿物	稀土	重晶石	磷灰石	其他
试验原矿	84.97	2.99	5.70	2.16	1.84	2.34
非磁性矿物	93.63	0.56	0.89	2.82	1.95	0.15
磁性矿物	74.80	3.85	9.37	5.66	2.70	3.62

通过表6说明,在1.7 T背景场强下能有效去除磁性杂质,非磁性产品中磁性杂质含量达到1.45%,磁性杂质除去较多,同时萤石矿物含量较原矿提高8.66个百分点。

2.4 2.0 T背景场强条件试验

取混匀的试样50 g,加水调成浓度20%的矿浆,在2.0 T的背景场强条件下,进行高梯度强磁选试验,试验数据见表7。

表7 2.0 T背景场强条件下矿物含量(体积分数) %

名称	萤石	铁矿物	稀土	重晶石	磷灰石	其他
试验原矿	84.97	2.99	5.70	2.16	1.84	2.34
非磁性矿物	93.85	0.42	0.81	2.93	1.85	0.14
磁性矿物	80.14	3.25	6.85	5.36	2.26	2.14

通过表7说明,在2.0 T背景场强下能有效去除磁性杂质,非磁性产品中磁性杂质含量达到1.23%,磁性杂质除去较多,同时萤石矿物含量较原矿提高8.88个百分点。

图 1 为磁性和非磁性产品中萤石矿物含量随场强的变化。

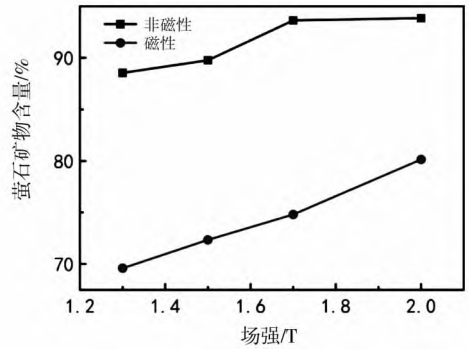


图 1　萤石矿物含量随场强的变化

通过图 1 看出，随着磁场强度增加，磁性、非磁性产品中萤石矿物含量均随之增加，当磁场强度从 1.7 T增至 2.0 T 时，磁性产品中萤石矿物含量升高幅度明显高于非磁性产品中萤石矿物含量升高幅度。

图 2 为磁性和非磁性产品中铁矿物含量随场强的变化。

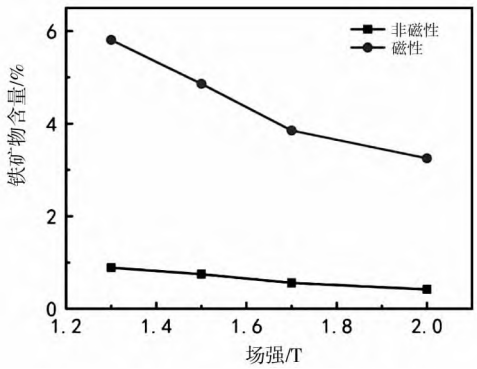


图 2　铁矿物含量随场强的变化

通过图 2 看出，随着磁场强度增加，磁性、非磁性产品中铁矿物含量均随之降低，当磁场强度从 1.7 T 增至 2.0 T 时，磁性产品中铁矿物含量降低幅度明显低于非磁性产品中铁矿物含量降低幅度。

图 3 为磁性和非磁性产品中稀土矿物含量随场强的变化。

通过图 3 看出，随着磁场强度增加，磁性、非磁性产品中稀土矿物含量均随之降低，当磁场强度从 1.5 T增至 1.7 T 时，非磁性产品中稀土矿物含量降低幅度最明显。

图 4 为磁性和非磁性产品中萤石产率随场强的变化。

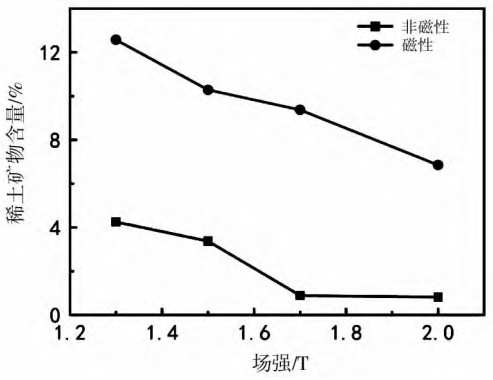


图 3　稀土矿物含量随场强的变化

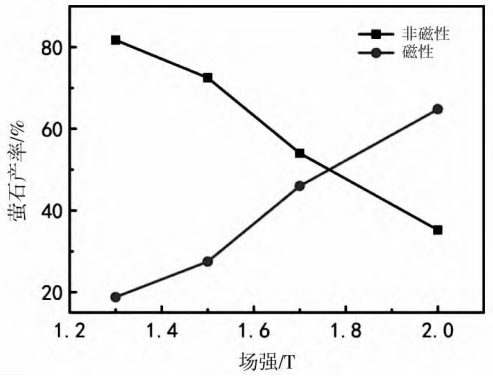


图 4　磁性和非磁性产品中萤石产率随场强的变化

通过图 4 看出，随着磁场强度增加，磁性产品的产率随之增加，非磁性产品的产率随之降低。

图 5 为磁性和非磁性产品中萤石回收率随场强的变化。

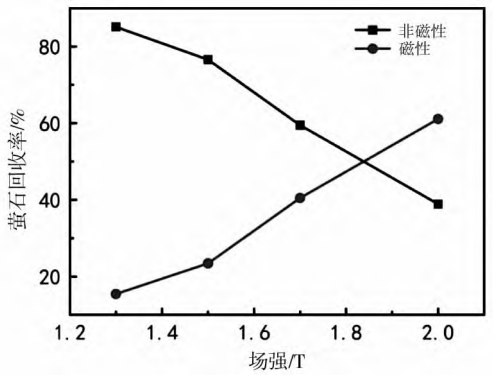


图 5　萤石回收率随场强的变化

通过图 5 看出，随着磁场强度增加，磁性产品中萤石回收率随之增加，非磁性产品中萤石回收率随之降低。

图6为非磁性产品中萤石矿物含量、回收率随场强的变化。

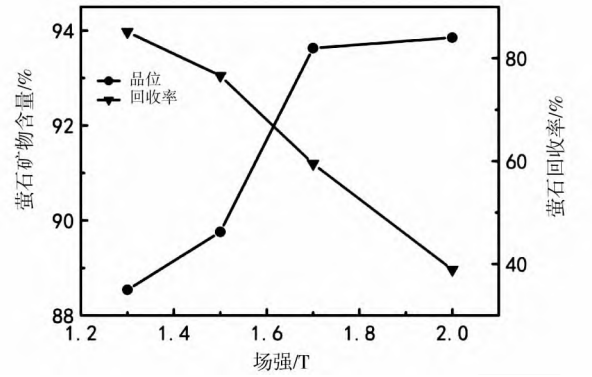


图6 非磁性产品中萤石矿物含量、回收率随场强的变化

通过图6看出，随着磁场强度增加，非磁性产品中萤石回收率随之降低，萤石矿物含量随之升高。在场强高于1.7 T后，萤石矿物含量升高幅度明显变缓，萤石回收率却降低明显。

3 结论

(1) 萤石浮选精矿萤石矿物含量为84.97%，磁性杂质含量为8.69%，粒度小于0.013 mm占70%以上，萤石单体解离度为89.56%，磁性杂质跟萤石共生关系复杂，可以用强磁选方法去除磁性杂质，以获得较高矿物含量的萤石精矿。

(2) 通过将该萤石浮选精矿不同背景场强下强磁选试验发现，强磁机能够去除该萤石浮选精矿中的磁性杂质，且随着磁场强度升高，磁性杂质去除越多，萤石矿物含量逐渐升高，非磁性产品产率和萤石回收率均随场强升高而降低。

(3) 当场强为1.7 T时，非磁性产品中萤石矿物含量达到93.63%，产率为54.01%，回收率为59.51%，在矿物含量达到预期的情况下，能较好的兼顾精矿产率和萤石回收率，建议采用1.7 T背景场强的高梯度磁选机。

参 考 文 献

[1] 邹灏，张寿庭，方乙，等. 中国萤石矿的研究现状及展望[J]. 国土资源科技管理，2012，29(5)：35－42.

[2] 宋忠宝，栗亚芝，张江华，等. 一种重要的非金属资源——萤石矿的开发及利用[J]. 西北地质，2005，38(4)：54－59.

[3] 涂文懋，高惠民，管俊芳，等. 细粒难选萤石矿选矿试验研究[J]. 非金属矿，2008，31(3)：25－28.

[4] 王成行，童雄，孙吉鹏. 水玻璃在选矿中的应用与前景分析[J]. 国外金属矿选矿，2008，(10)：6－10.