

# 鲕状高磷赤铁矿选矿脱磷试验研究\*

曾克文

(北京矿冶研究总院)

**摘要** 根据某鲕状高磷赤铁矿的矿石性质,采用反浮选—焙烧—磁选流程,获得铁品位 60.09%,铁回收率 70.04%,含磷 0.23% 的铁精矿,有效地解决了鲕状赤铁矿含磷偏高的问题,可为我国开发高磷赤铁矿提供技术参考。

**关键词** 鲕状赤铁矿 反浮选工艺 脱磷 焙烧

## Experimental Research on Mineral Separation & Dephosphorization of the Oolitic High Phosphorus Hematite

Zeng Kewen

(Beijing General Research Institute of Mining and Metallurgy)

**Abstract** According to the ore property of the oolitic high phosphorus hematite, the reverse flotation-roasting-magnetic separation technical process is adopted, and the iron concentrate with 60.09% iron grade, 70.04% iron recovery & 0.23% phosphorus is obtained. Thus the problem of too much phosphorus in the oolitic hematite can be effectively solved, thus providing a technical reference for exploiting high phosphorus hematite.

**Keywords** Oolitic hematite, Reverse flotation process, Dephosphorization, Roasting

随着我国国民经济的迅速发展,钢铁需求量日益增大。我国目前铁矿石自给率为 50% ~ 60%,铁矿资源将呈严重不足态势,无法满足钢铁工业对原料的需求。而我国有储量几十亿 t 的高磷鲕状赤铁矿,由于含磷、铝和硅偏高,选矿难度大而无法利用,严重地阻碍了钢铁工业的发展,开发和利用高磷鲕状赤铁矿将显得尤其重要。为此对某鲕状高磷赤铁矿进行了脱磷试验研究。

### 1 矿石性质

对某鲕状高磷赤铁矿进行矿物工艺学研究,矿石多元素化学分析结果见表 1。

表 1 赤铁矿多元素化学分析结果 %

元 素	TFe	P	S	Mn	As	SiO <sub>2</sub>	
含 量	42.59	0.87	0.026	0.15	0.0068	22.32	
元 素	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	C	烧减
含 量	6.99	3.90	0.76	0.11	0.66	0.24	3.56

从表 1 可见,虽然矿石中铁品位较高,为 42.59%,但有害元素磷的含量也较高,达 0.87%。

矿石中铁、磷等元素主要以独立矿物存在,其中铁矿物组成较为复杂,主要为赤铁矿,其次为褐铁矿,其它还有少量菱铁矿、磁铁矿等;磷的独立矿物

主要为胶磷矿;脉石矿物主要为石英、鲕绿泥石和高岭石,其它脉石矿物还有微量的无定形碳、方解石、锆石等。

(1) 赤铁矿。它与鲕绿泥石、磷灰石、石英、褐铁矿的嵌布关系都较密切,赤铁矿多与鲕绿泥石互层形成同心环带结构。鲕核则主要为石英,其次为赤铁矿、褐铁矿、鲕绿泥石、胶磷矿,有时也有上述两种矿物以集合体的形式构成鲕粒的核心,鲕绿泥石和胶磷矿经常以集合体的形式嵌布于赤铁矿和鲕绿泥石组成的同心环带鲕粒中。另外,还可见赤铁矿和石英的紧密连生体,也常嵌布于赤铁矿和鲕绿泥石组成的同心环带鲕粒中。

(2) 胶磷矿。它是矿石中最重要的磷矿物。主要呈不规则状嵌布于其它脉石矿物间隙或鲕状赤铁矿颗粒间隙中。胶磷矿与赤铁矿的嵌布关系紧密,有时胶磷矿呈鲕状赤铁矿核心形式存在,偶尔胶磷矿呈鲕环的形式与赤铁矿互层呈同心环带结构组成鲕粒

\* “十一五”国家科技支撑计划项目(编号:2007BAB15B01)。  
曾克文(1964—),男,北京矿冶研究总院矿物加工科学与技术国家重点实验室,研究员,博士,100044 北京市西直门外文兴街 1 号。

存在。另外,胶磷矿颗粒中有许多微细的赤铁矿包体,这部分赤铁矿也很难完全与胶磷矿单体解离。

## 2 选矿试验

该鲕状高磷赤铁矿中含磷矿物主要为胶磷矿,对该矿进行了反浮选脱磷—焙烧—磁选流程试验研究。

### 2.1 反浮选粗选抑制剂用量试验

在磨矿细度  $-0.074\text{ mm}$  占  $89\%$ ,BK-420 捕收剂用量  $375\text{ g/t}$  时,粗选 BK-620 抑制剂用量试验结果见图 1。

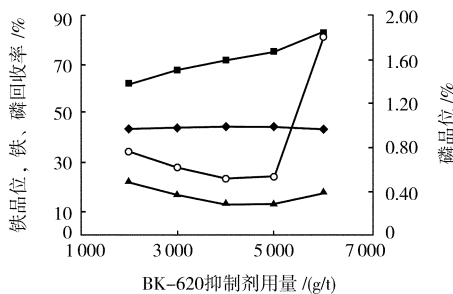


图 1 粗选 BK-620 抑制剂用量试验结果

◆—铁品位;■—铁回收率;○—磷回收率;▲—磷品位

从图 1 可见,BK-620 抑制剂用量由  $2\ 000\text{ g/t}$  增至  $4\ 000\text{ g/t}$ ,精矿中磷含量由  $0.49\%$  降至  $0.29\%$ ;继续增加抑制剂用量,由  $5\ 000\text{ g/t}$  增至  $6\ 000\text{ g/t}$ ,铁精矿中的磷含量上升,精矿中磷含量由  $0.29\%$  增加至  $0.39\%$ 。在抑制剂用量  $4\ 000\text{ g/t}$  时,精矿含磷量达到最低值,磷含量为  $0.29\%$ 。因此选择 BK-620 抑制剂用量为  $4\ 000\text{ g/t}$ 。

### 2.2 反浮选粗选捕收剂用量试验

在磨矿细度  $-0.074\text{ mm}$  占  $89\%$ ,BK-620 抑制剂反浮选粗选用量  $4\ 000\text{ g/t}$  时,粗选 BK-420 捕收剂用量试验结果见图 2。

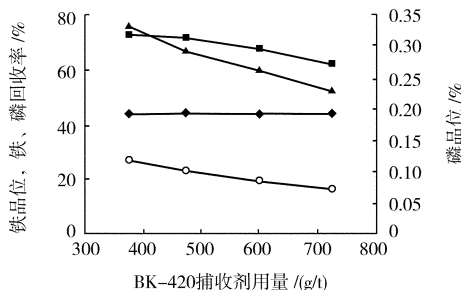


图 2 粗选 BK-420 捕收剂用量试验结果

◆—铁品位;■—铁回收率;○—磷回收率;▲—磷品位

从图 2 可见,BK-420 捕收剂用量由  $375\text{ g/t}$  增至  $625\text{ g/t}$ ,铁精矿中磷含量由  $0.33\%$  降至  $0.23\%$ ,但铁精矿的回收率也有很大的降低,由  $73.59\%$  降至  $61.82\%$ ,综合考虑铁精矿的回收率和磷含量,确定选用 BK-420 捕收剂用量为  $375\text{ g/t}$ 。

### 2.3 反浮选精选捕收剂用量试验

在确定粗选药剂制度后,进行了精选 BK-420 捕收剂用量试验,结果见图 3。

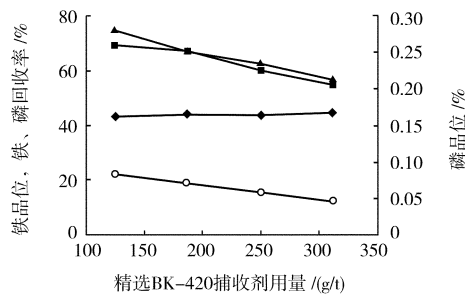


图 3 精选 BK-420 捕收剂用量试验结果

◆—铁品位;■—铁回收率;○—磷回收率;▲—磷品位

从图 3 可见,精选捕收剂用量为  $312\text{ g/t}$  时,精矿含磷量已降至  $0.21\%$ ,但铁精矿铁回收率下降太多,综合考虑铁精矿回收率和铁精矿含磷量,精选 BK-420 捕收剂用量定在  $250\text{ g/t}$ 。

### 2.4 磨矿细度试验

在确定粗选、精选药剂用量后,进行磨矿细度条件试验。结果见图 4。

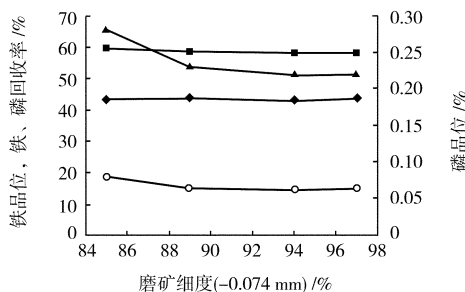


图 4 磨矿细度试验结果

◆—铁品位;■—铁回收率;○—磷回收率;▲—磷品位

从图 4 可见,当磨矿细度为  $85\% - 0.074\text{ mm}$  时,精矿含磷量  $0.28\%$ ;磨矿细度为  $89\% - 0.074\text{ mm}$  时,精矿含磷量  $0.23\%$ ;磨矿细度达  $-0.074\text{ mm}$  占  $97\%$  时,精矿含磷量  $0.22\%$ ,铁品位也变化不大。因此脱磷磨矿细度定为  $89\% - 0.074\text{ mm}$ 。

### 2.5 反浮选全开路试验

在条件试验的基础上,按图 5 所示流程及条件进行了反浮选脱磷开路试验,试验结果见表 2。

从表 2 可见,在 1 次粗选、1 次精选、1 次扫选条件下,可获得含磷  $0.24\%$ 、铁回收率  $61.18\%$  的铁精矿。

### 2.6 脱磷浮选闭路试验

在开路试验的基础上,按图 6 流程进行了闭路试验。试验结果见表 3。

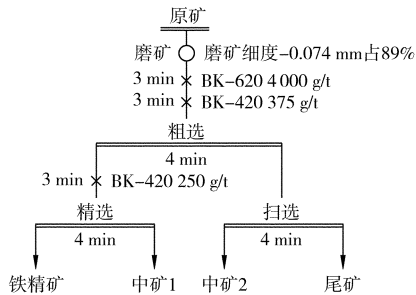


图5 反浮选脱磷开路试验流程

表2 反浮选脱磷全开路试验结果 %

产 品	产 率	品 位		回 收 率	
		Fe	P	Fe	P
铁精矿	59.20	43.63	0.24	61.18	16.24
中矿1	10.72	40.23	0.77	10.22	9.44
中矿2	17.85	40.34	1.45	17.06	29.58
尾 矿	12.23	39.84	3.20	11.54	44.74
原 矿	100.00	42.21	0.87	100.00	100.00

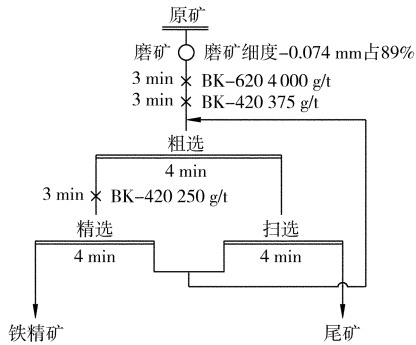


图6 反浮选脱磷闭路试验流程

表3 反浮选脱磷闭路试验结果 %

产 品	产 率	品 位		回 收 率	
		Fe	P	Fe	P
精 矿	79.94	45.22	0.23	84.74	21.21
尾 矿	20.06	32.45	3.41	15.26	78.79
原 矿	100.00	42.66	0.87	100.00	100.00

从表3可见,反浮选脱磷闭路试验获得了铁品位45.22%,含磷量0.23%,铁回收率84.74%的铁精矿。

### 2.7 磁化焙烧温度试验

对脱磷后的铁精矿进行了磁化焙烧温度试验,试验流程及试验条件见图7,试验结果见图8。

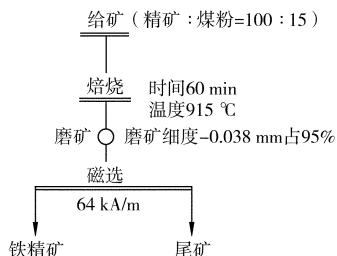


图7 磁化焙烧试验流程

从图8可见,磁化焙烧—磁选能提高精矿品位,

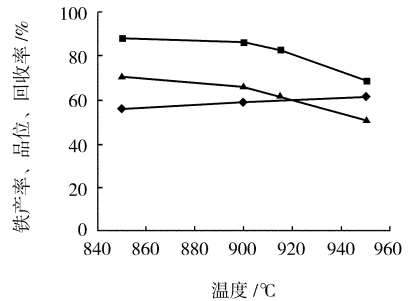


图8 磁化焙烧温度试验结果

◆—铁品位;■—铁回收率;▲—铁产率

温度由850 °C 升至950 °C,铁精矿品位由56.24% 升至61.23%,但铁精矿回收率由87.99% 降至68.40%。综合考虑,选用焙烧温度915 °C 条件下进行焙烧时间试验和煤粉用量试验。

### 2.8 磁化焙烧时间试验

对脱磷后的铁精矿进行了磁化焙烧时间试验,试验结果见图9。

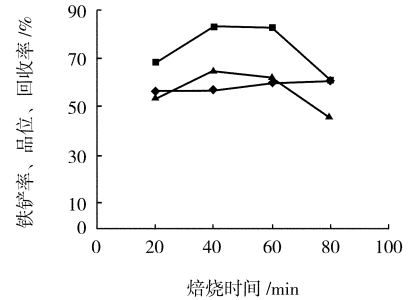


图9 磁化焙烧时间试验结果

◆—铁品位;■—铁回收率;▲—铁产率

从图9可见,焙烧时间由20 min 延至60 min,铁精矿品位由56.43% 升至60.02%,铁精矿回收率由68.32% 升至82.56%。综合考虑,选用焙烧时间60 min。

### 2.9 磁化焙烧煤粉用量试验

对脱磷后的铁精矿进行了磁化焙烧煤粉用量试验,试验结果见图10。

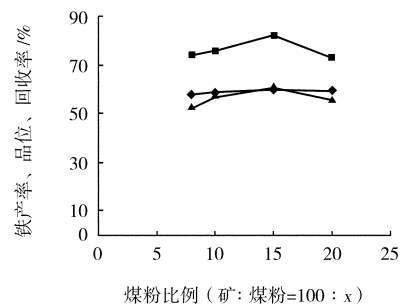


图10 磁化焙烧煤粉用量试验结果

◆—铁品位;■—铁回收率;▲—铁产率

(下转第46页)

加拿大杰尔顿铁矿主要铁矿物为赤铁矿,其次为磁铁矿。赤铁矿的嵌布粒度为 5 ~ 30 μm;磁铁矿较粗,嵌布粒度为 20 ~ 200 μm;脉石矿物主要为石英、硅酸盐及氯化物。选矿厂流程为选择性絮凝—脱泥工艺,采用两段磨矿、4 次选择性絮凝—脱泥,用玉米淀粉作磁、赤铁矿的选择性絮凝剂,在半工业试验中,取得了精矿产率 34.10%,铁品位 65.00%,铁回收率为 74.60% 的较好结果,而矿泥的铁含量仅为 11.40% [2]。

湖南祁东铁矿属沉积变质矿床,为酸性硅质微细粒嵌布难选贫铁矿矿石,是我国微细粒复杂难选铁矿的典型代表。其铁矿物以赤铁矿为主,其次是磁铁矿及少量假象赤铁矿;赤铁矿的嵌布粒度大多在 2 ~ 30 μm;磁铁矿粒度为 10 ~ 300 μm;脉石矿物以石英为主,其次是绢云母、绿泥石、长石、阳起石、透闪石、方解石、白云石和黝帘石。长沙矿冶研究院从 20 世纪 70 年代至今,对该矿的选矿技术进行了持续多年的研究,2006 年对祁东铁矿进行了多方案的试验研究对比,最终采用选择性絮凝脱泥—反浮选工艺顺利完成了扩大连选试验,并取得了精矿产率 31.91%,铁品位 64.16%,铁回收率 70.67% 的技术指标。2007 年建成了年处理原矿量 30 万 t 的工业试验厂,2008 年工业调试稳定运转阶段取得了精矿铁品位 63.02%,铁回收率 65.83% 的生产技术指标。

(上接第 43 页)

从图 10 可见,煤粉比例为 100:15 时较合适,此时铁精矿品位达 60.02%,铁精矿回收率 82.96%。

### 2.10 流程试验

对原矿进行反浮选脱磷,脱磷后的铁粗精矿选用焙烧温度 915 ℃,焙烧时间为 60 min,焙烧矿:煤比例为 100:15 作为焙烧条件,焙烧产品磨至 90% - 0.038 mm 进行磁选。然后进行反浮选—焙烧—磁选流程试验,其结果见表 4。

表 4 原矿反浮选—焙烧—磁选试验结果 %

产品名称	产 率	品 位		回 收 率	
		Fe	P	Fe	P
磁选精矿	48.98	60.09	0.23	70.02	12.99
磁选尾矿	31.08	20.01	0.24	14.79	8.60
浮选尾矿	19.94	32.02	3.41	15.19	78.41
原 矿	100.00	42.04	0.87	100.00	100.00

从表 4 可见,最终铁精矿产率 48.98%,铁精矿

### 3 选择性絮凝的发展方向

随着我国细粒、微细粒铁矿研究开发工作的不断深入,选择性絮凝工艺及理论都得到了广泛的应用和发展。在实践应用中,选择性絮凝工艺也暴露出了一些问题,需要选矿科技工作者们去开展更深层次的技术研究,以推动该工艺在工业实践应用中日臻完善。下一步应着重从以下几个方面进行更深层次的研究。

(1) 研发更高选择性的絮凝剂,以降低选择性絮凝过程中的包裹和磁夹带。

(2) 研制磁(脉冲) - 重复合力场高效脱泥装置,以解决矿泥的脱除量和铁含量不能统一的难题。

(3) 解决脱泥产出的高分散悬浮矿浆沉降澄清、回水循环利用、环境保护等方面的问题。

### 参 考 文 献

[1] 许 时. 矿石可选性研究[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1987.  
 [2] 王旭艳. 矿石分选新技术新工艺与选矿过程控制检测标准及工艺设备选择计算实用手册[M]. 西安: 中国知识出版社, 2005.  
 [3] 胡筱敏, 等. 赤铁矿的磁种团聚—高分子絮凝及其重选分离的研究[J]. 金属矿山, 1991(12): 43-45.  
 [4] 徐建本. 祁东铁矿选矿工艺研究[J]. 矿冶工程, 1989(2): 28-30.

(收稿日期 2010-07-12)

品位 60.09%, 铁回收率 70.02%, 含磷 0.23%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6.24%, SiO<sub>2</sub> 5.81%。

### 3 结 论

该鲕状高磷赤铁矿中含磷矿物主要是胶磷矿, 采用反浮选脱磷—焙烧—磁选工艺, 可获得铁品位 60.09%, 含磷量 0.23%, 铁回收率 70.04% 的铁精矿, 可为我国开发某高磷赤铁矿提供技术依据。

### 参 考 文 献

[1] 童 雄, 黎应书, 等. 难选鲕状赤铁矿的选矿新技术试验研究[J]. 中国工程科学, 2005(9): 323-326.  
 [2] 崔吉让, 方启学, 黄国智, 等. 高磷铁矿石脱磷工艺现状及发展方向[J]. 矿产综合利用 1998(6): 20-24.  
 [3] 王成行, 童 雄, 孙吉鹏, 等. 某鲕状赤铁矿磁化焙烧—磁选试验研究[J]. 金属矿山 2009(5): 57-59.  
 [4] 任亚峰, 余永富. 难选红铁矿磁化焙烧技术现状及发展方向[J]. 金属矿山, 2005(11): 20-23.

(收稿日期 2010-07-12)