某多金属矿山中贫矿石综合利用研究*

闫金哲,彭海平,张智超,刘文丽

(包头钢铁(集团)有限责任公司宝山矿业公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 对某多金属矿山堆置中贫矿石采用弱磁-强磁-反浮选工艺可获得品位64.22%、回收率77.69%的铁精矿;对强磁尾矿采用一粗三精正浮选工艺,可得到品位55.85%、回收率60.08%的稀土精矿;对稀选尾矿采用一粗六精-强磁工艺可得到品位91.7%、回收率29.67%的萤石精矿。

关键词: 中贫矿;铁矿石选别;稀土浮选;萤石选别

中图分类号: TD95;TD981 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)06-0004-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.06.011

Study on Comprehensive Utilization of Middle Low Grade Ore in a Polymetallic Mine

Yan Jin-zhe, Peng Hai-ping, Zhang Zhi-chao, Liu Wen-li

(*Baoshan Mining Co. of Baotou Iron & Steel (Group) Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The iron ore concentrate with grade of 64.22% and recovery rate of 77.69% could be obtained by taking the process of weak magnetic separation-strong magnetic separation-reverse flotation to the middle low grade ore stacked in a polymetallic mine; the rare earth ore concentrate with grade of 55.85% and recovery rate of 60.08% could be obtained by taking the process of direct flotation with one-time rougher flotation and three-time concentration to the tailings of high intensity magnetic separation; the fluorite concentrate with grade of 91.7% and recovery rate of 29.67% could be obtained by taking the process of one-time rougher flotation and six-time concentration-strong magnetic concentration to the tailings of rare earth ore beneficiation.

Key words: middle low grade ore; iron ore separation; rare earth flotation; selection of fluorite

包钢做为我国西北地区最大的钢铁企业,必须有可靠、持续的矿石资源做基础。现白云鄂博铁矿主矿采场出矿能力即将进入减产期,2013年开始白云鄂博铁矿铁矿石产能从1 200万t逐年下降,近三年维持在1 000万t,主矿生产能力下降,解决铁矿石资源接续问题迫在眉睫[1]。

在白云鄂博铁矿建矿初期,开采出的富原矿直接入炉冶炼,而将部分中、低品位的难选中贫矿石堆置,总量约1 640万t,其铁品位为28.4%,稀土品位为5.2%。本文结合传统选矿方法和新工艺设备,对中贫堆置矿开展技术研究,实现资源高效利用,为资源配置和生产调整提供依据,对延长矿山服务年限,缓减资源接续问题具有重要的意义。

1 中贫矿石可行性试验研究

现存中贫堆置矿是1959—1964年进行富矿直

* 收稿日期:2021-06-07

作者简介:闫金哲(1985-),男,河南省邓州市人,工程师,现从事铁、稀土、萤石选矿工作。

接入炉冶炼时采富弃贫堆置在矿山的矿石，该矿石类型复杂，属于难选矿石，堆放时间较长，氧化程度较深，矿石经过长期风化、水浸及氧化，物理化学性质发生了较大变化，给选别带来很大困难。

1.1　中贫矿原矿性质

中贫矿石原矿多元素分析、矿物组成分析、铁物相分析见表 1—表 3。

表 1　中贫矿石多元素分析及烧损(质量分数)　%

TFe	FeO	REO	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Al_2O_3	SiO_2	S
34.8	1.2	7.35	0.21	0.090	16.25	0.72	0.52	7.08	0.464
P	F	MnO	TiO_2	Zn	BaO	Nb_2O_5	SC_2O_3	ThO_2	I_g
1.23	9.47	1.06	0.39	0.061	2.15	0.16	0.013 28	0.048	4.46

表 2　矿物组成分析(体积分数)　%

铁矿物	萤石	碳酸盐	稀土矿物	重晶石	磷灰石	石英	长石	硅酸盐矿物	其它
50.54	17.52	2.12	10.21	3.27	4.96	5.81	0.68	2.42	2.47

表 3　铁物相分析(体积分数)　%

磁铁矿	赤、褐铁矿	硅酸铁	黄铁矿	菱铁矿
16.4	6.9	10.74	0.46	0.30

从原矿分析数据可知，中贫矿铁矿物占比 50.54%，萤石矿物占比 17.52%，稀土矿物占比 10.21%，磷灰石和重晶石合计占比 8.23%，硅酸盐、石英和长石合计占比 8.91%。

在铁物相分析中，磁铁矿占 16.4%，在磁选管试验中回收率较低。硅酸铁和赤、褐铁矿占比合计 17.64%。

2　试验方案及数据

2.1　中贫矿选铁小型试验

中贫矿选铁采用弱磁－强磁－混合磁精矿再磨一粗两扫反浮选流程，弱磁场强 1 800 Oe，强磁场强 8 000 Oe。弱磁选后可得到精矿产率 16%、铁品位 64.80%、回收率 30.1% 的铁精矿，尾矿铁品位 28.6%；弱磁尾矿进行强磁选后可得到作业产率 36.03%、铁品位 50.4%、作业回收率 63.67% 的强磁精矿，强磁尾矿铁品位降至 16.2%。强精与弱精混合后可得到流程产率 46.2%、综合品位 55.4%、流程回收率 74.6% 的混合铁精矿。

混合精矿闭路反浮选试验数据见表 4，铁精矿多元素分析见表 5。

表 4　混合精矿闭路反浮选试验数据　%

	产率	铁品位	回收率
精矿	67.02	64.22	77.69
尾矿	32.98	36.43	22.31
原矿	100.00	55.40	100.00

表 5　铁精矿多元素分析(质量分数)　%

矿样	TFe	SiO_2	P	S	F	K_2O	Na_2O
铁浮精	64.22	3.967	0.088	0.025	0.254	0.106	0.073

通过一粗两扫 5 组闭路试验，得到作业回产率 67.02%、品位 64.22%、作业回收率 77.69% 的浮选铁精矿，尾矿铁品位 36.43%。

中贫矿石在破磨过程中表现为易碎易磨、易泥化，浮选矿泥较大。

2.2　中贫矿选稀土小型试验

稀土浮选采用选铁强磁选尾矿一粗三精正浮选流程，强磁尾矿分析见表 6—表 8。

表6 强磁尾矿多元素分析及烧损(质量分数) %

TFe	FeO	REO	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Al_2O_3	SiO_2	S
16.50	0.4	10.17	0.30	0.10	25.12	1.00	0.80	11.43	0.789
P	F	MnO	TiO_2	Zn	BaO	Nb_2O_5	SC_2O_3	ThO_2	I_g
1.84	15.26	1.01	0.38	0.061	3.21	0.19	0.016 48	0.051	6.47

表7 强磁尾矿矿物组成(体积分数) %

铁矿物	萤石	碳酸盐	稀土矿物	重晶石	磷灰石	石英	长石	硅酸盐矿物	其它
24.55	28.48	2.39	14.93	4.89	7.48	9.41	1.27	4.45	2.15

表8 强磁尾矿粒度分析(质量分数) %

<0.025 mm	0.025~0.038 mm	0.038~0.045 mm	0.045~0.074 mm	>0.074 mm
70.4	16.2	2.8	8.2	2.4

从表8可以看出:强磁尾矿小于0.074 mm粒级占比97.6%,小于0.025 mm粒级占比70.4%,粒度较细,泥化现象较为严重,提高了选矿难度。

强磁尾矿一粗三精闭路浮选试验数据见表9。

表9 强磁尾矿一粗三精矿闭路浮选试验数据 %

	产率	稀土品位	回收率
精矿	10.94	55.85	60.08
尾矿	89.06	3.73	39.92
原矿	100.00	10.17	100.00

通过一粗三精闭路试验,得到产率10.94%、稀土品位55.85%、作业回收率60.08%的稀土精矿,尾矿稀土品位3.73%。一精中矿稀土品位6.27%,故采用粗选尾矿和一次精选中矿排尾、二精三精中矿闭路返回的流程。

2.3 中贫矿选萤石小型试验

萤石浮选采用稀土浮选尾矿一粗六精浮选-强磁选试验流程,稀土浮选尾矿分析见表10—表13。

表10 萤石给矿(稀选尾矿)多元素分析及烧损(质量分数) %

TFe	FeO	REO	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Al_2O_3	SiO_2	S
15.10	0.30	3.47	0.40	0.24	28.58	1.25	0.95	18.52	1.005
P	F	MnO	TiO_2	Zn	BaO	Nb_2O_5	SC_2O_3	ThO_2	I_g
0.96	16.52	1.10	0.36	0.060	3.59	0.20	0.015 69	0.029	5.49

表11 萤石给矿(稀选尾矿)矿物组成分(体积分数) %

铁矿物	萤石	碳酸盐	稀土矿物	重晶石	磷灰石	石英	长石	硅酸盐矿物	其它
22.52	32.66	1.87	4.82	5.86	4.49	15.85	1.50	7.72	2.71

表12 稀选尾矿样品萤石解离度(体积分数) %

萤石单体	与铁矿物连生	与稀土矿物连生	与硅酸盐矿物连生	与其它矿物连生
52.88	25.94	17.06	3.73	0.39

表13 萤石原矿粒度分析(质量分数) %

<0.025 mm	0.025~0.038 mm	0.038~0.045 mm	0.045~0.074 mm	>0.074 mm
68.4	15.6	3.8	9.2	3.0

稀土尾矿(萤石给矿)中铁矿物含量较高,占比 22.52%,萤石矿物占比 32.66%,碳酸盐矿物较少,占比 1.87%,稀土矿物占比 4.82%,与萤石浮选性质相近的重晶石和磷灰石占比和为 10%左右。

萤石原矿小于 0.074 mm 粒级占比 97.0%,小于 0.045 mm 粒级占比 87.8%,小于 0.025 mm 粒级占比 68.4%,粒度很细,萤石单体解离度仅为 52.88%,共生关系复杂,主要与稀土和铁矿物共生,萤石品位提升会非常困难,强磁工艺尤为重要。

稀选尾矿一粗六精浮选 - 强磁选试验数据如表 14。

表 14　稀选尾矿一粗六精浮选 - 强磁选试验数据　%

	产率	稀土品位	回收率
精矿	11.2	91.7	29.67
尾矿	88.8	24.9	70.33
原矿	100.0	34.62	100.00

萤石采用一粗六精浮选 - 强磁闭路试验,得到作业产率 11.2%、品位 91.7%、作业回收率 29.67%的萤石精矿,尾矿萤石品位 24.9%,一精中矿萤石品位 28.9%,二精中矿萤石品位 32.8%,实际生产中一中、二中可以抛尾。

表 15　萤石浮精矿物组成(体积分数)　%

铁矿物	萤石	碳酸盐	磷灰石、重晶石	稀土矿物	长石、石英	其他
3.44	87.49	1.26	1.80	1.52	0.69	2.70

由表 15 可见,萤石浮选精矿中的主要杂质为铁矿物,碳酸盐、磷灰石、重晶石、稀土等可浮性相近的杂质含量基本在 1.5% ~1.8%。显微组织见图 1,萤石浮选精矿中铁矿物和稀土矿物主要以与萤石的连生和包裹形式存在,嵌布粒度极细,几乎都在 50 μm以下,35 μm 以下占 80%。

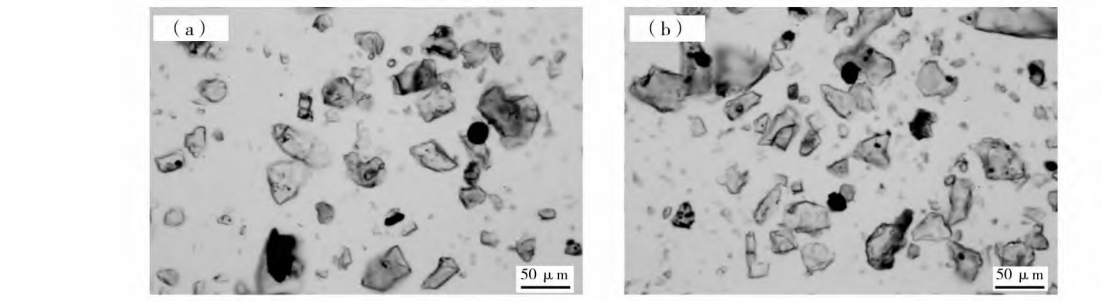


图 1　萤石浮选精矿显微组织

强磁选后,从显微镜下观察萤石强磁精矿,见图 2,矿物颗粒不均匀,25 μm 以下的颗粒居多。

由表 16 可见,萤石强磁精矿中的萤石矿物占比 91.21%,铁矿物明显减少,从原来的 3.44% 降至 1.64%,稀土矿物也有所降低,从原来的 1.52% 降至 1.16%。从显微组织看杂质矿物有明显减少,强磁选对去除铁矿物和稀土矿物有较好的效果。

表 16　萤石强精矿物组成(体积分数)　%

铁矿物	萤石	碳酸盐	磷灰石、重晶石	稀土矿物	石英长石	其他
1.64	91.21	2.02	2.63	1.16	<0.1	0.92

(下转第 30 页)

表4 管体力学性能

项目	$R_{t0.5}$/MPa	R_m/MPa	A_{50}/%	-20 ℃ 纵向全尺寸冲击 KV_2/J	180 ℃ 冷弯试验(d = 2.0 T)
热轧卷板	574~645	691~790	34~38	161~304	合格
协议要求	≥550	≥650	≥25	≥100	拉伸面不得出现任何裂纹、裂缝和断裂

4 结束语

采用低碳+铌钛微合金化成分设计及控轧控冷工艺在包钢2 250 mm热轧生产线成功开发出高强度旋挖钻机钻杆用热轧卷板,其化学成分和轧制工艺设计合理,强韧性匹配良好,具有良好的低温冲击性能及焊接性能,能够满足客户高强度旋挖钻机钻杆的生产,已累计供货近千吨,实现了包钢高强度旋挖钻机钻杆用热轧卷板产品的批量生产和供货。

参 考 文 献

[1] 黎剑峰,王利树. 直缝焊管在钢结构中的应用前景[J]. 冶金丛刊,2011,(6):46-50.

[2] 赵培林,路峰,王建景. 700 MPa级超高强度汽车大梁用钢研究与开发[J]. 轧钢,2011,28(2):12-16.

[3] 卢军辉,王晓春,张慧,等. Nb-Ti微合金化610 MPa级汽车大梁钢板工艺研究[J]. 炼钢,2011,27(4):61-64.

[4] GB/T 10561—2005,钢中非金属夹杂物含量的测定标准评级图显微检验法[S].

(上接第7页)

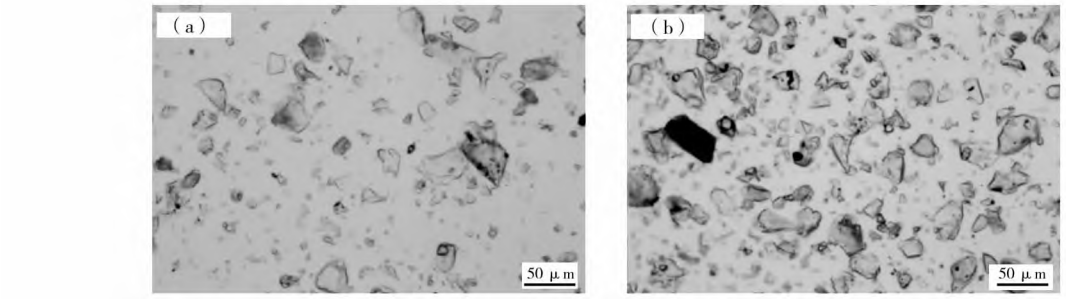


图2 萤石强磁精矿显微组织

3 结论

(1) 中贫矿矿石类型复杂,属于难选矿石,堆放时间较长,氧化程度较深,矿石经过长期风化、水浸及氧化,物理化学性质发生了较大变化,易碎易磨易泥化,整个试验过程中,磨矿粒度细,选矿难度大,且生产时会对水系统造成严重影响。

(2) 中贫矿选铁,可以获得铁品位64.22%的铁精矿,回收率77.69%。

(3) 中贫矿选稀土,可获得稀土品位55.85%的稀土精矿,回收率60.08%。

(4) 中贫矿选萤石,可获得萤石品位91.7%的萤石精矿,回收率29.67%。

参 考 文 献

[1] 谭程鹏,冯其明,欧乐明. 金平白马寨镍矿中贫矿强化浮选研究与实践[J]. 有色金属(选矿部分),2011,(3):16-19.