

提质白马铁精矿工艺矿物学研究

杨道广

(攀钢集团研究院有限公司, 钒钛资源综合利用国家重点实验室, 四川 攀枝花 617000)

摘 要: 以白马铁矿选矿厂提质前后的原矿、精矿和尾矿为研究对象, 采用化学分析、AMICS 等研究手段, 对样品进行了多元素、矿物组成和单体解离度分析。研究了白马铁精矿品位提高到 59% 后, 其钛磁铁矿、钛铁矿、脉石含量变化规律, 钛磁铁矿单体解离度、Fe 的主要损失、钛的变化规律等; 钛磁铁矿中存在类质同相元素取代及客晶矿物, 客晶矿物中的片状钛铁矿、细针状钛铁尖晶石呈微细粒嵌布的形式是导致提质白马铁精矿的 TiO_2 含量降低困难的主要原因。

关键词: 钒钛磁铁矿; 白马铁精矿; 工艺矿物学; 客晶矿物; 塔磨机

中图分类号: TF041, TD92 文献标志码: A 文章编号: 1004-7638(2020)06-0081-07

DOI: 10.7513/j.issn.1004-7638.2020.06.015

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



听语音
与作者互动
聊科研

Study on Process Mineralogy of Baima Iron Concentrate

Yang Daoguang

(Pangang Group Research Institute Co., Ltd., State Key Laboratory of Vanadium and Titanium Resources Comprehensive Utilization, Panzhihua 617000, Sichuan, China)

Abstract: Taking the raw ore, concentrate and tailings from Baima concentrate in Panxi zone as the research object, the chemical elements, mineral compositions and monomer dissociation degree of the samples were analyzed by means of chemical analysis and AMICS. The content of titanomagnetite, ilmenite and gangue, the degree of dissociation of titano-magnetite monomer, the main loss of Fe and change of titanium content were investigated when the grade of Baima iron concentrate was raised to 59%. The main reason for the difficulty in reducing TiO_2 content in the extracted Baima iron concentrate is that the lamellar ilmenite and fine acicular ilmenite spinel present in the form of micro fine inlay.

Key words: vanadium titano-magnetite, Baima iron concentrate, process mineralogy, chadacryst minerals, tower mill

0 引言

攀枝花钒钛磁铁矿是我国著名的三大共生矿产之一, 已探明钒钛磁铁矿储量 100 多亿 t^[1-3], 其中铁储量占全国各类铁矿总量的 10% 左右, 其钛储量约占全国的 86%, 世界的 35%; 钒储量约占全国的 48%, 居世界第四位, 全国第一位, 但是攀西钒钛磁铁矿的选别难度大, 铁精矿存在着铁品位低、 TiO_2 及 S 含量高的问题, 导致利用攀西铁精矿冶炼的企业高炉炉渣 TiO_2 含量高、入炉品位低、硫负荷高, 能耗

高, 技术经济指标改善难度大。

近年来, 随着选矿技术及装备的进步, 特别是高效细磨设备塔磨机在选矿领域的广泛应用, 攀西地区的民营企业安宁铁钛, 利用攀西钒钛磁铁矿, 通过工艺升级改造, 可获得 TFe 品位 61%、 TiO_2 含量 6% 的钒钛铁精矿^[4]。而攀钢白马和密地选厂生产的钒钛铁精矿品位在 54%~55%、 TiO_2 含量 10%~12%。攀钢采用低品位钒钛磁铁矿冶炼不仅消耗大量的优质焦炭, 导致成本和能耗偏高, 而且随着环保形势日益严峻, 冶炼工序的减排压力巨大, 公司竞争力大大降

收稿日期: 2019-12-27

作者简介: 杨道广(1986—), 男, 工程师, 硕士, 主要从事矿物选别、分离及冶金研究, E-mail: 365794635@qq.com。

低,为此开展白马矿工艺矿物学研究及白马铁精矿提质工艺技术研究具有重要的战略意义。

1 白马铁精矿工艺矿物学研究

为了查明白马铁精矿提质的可行性及可能的工艺技术路线,首先对白马铁精矿进行了工艺矿物学

研究。

1.1 白马铁精矿化学组成

试验原料中,白马铁精矿为白马选矿厂二期二段磁选钒铁精矿,安宁铁精矿为三段磨选钒铁精矿。采用化学分析测定样品的化学组成。试验结果如表 1 所示。

表 1 白马和安宁钒铁精矿多元素化学分析结果
Table 1 Chemical components of Baima and Anning iron concentrates

试验原料	TFe	FeO	TiO ₂	V ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	S
白马铁精矿	56.12	32.97	10.46	0.771	0.49	3.61	4.56	4.22	0.46
安宁铁精矿	55.50	30.00	7.80	0.580	1.40	2.80	5.80	3.30	0.60
安宁提质精矿	61.70	27.00	6.00	0.700	0.50	2.00	2.00	2.30	0.60

由表 1 可知,安宁普通铁精矿经过提质以后 TFe 品位可以提高到 61.7%,TiO₂、CaO、MgO、SiO₂ 和 Al₂O₃ 均有所下降。白马铁精矿 TFe 品位比安宁提质铁精矿 TFe 低 5.58 个百分点,TiO₂、MgO、SiO₂、Al₂O₃ 均比安宁提质铁精矿高。因此白马铁精矿 TFe

品位还有进一步增加的空间,提质降杂主要的需要去除的杂质成分为:TiO₂、MgO、SiO₂、Al₂O₃ 和 S。

1.2 白马铁精矿物相组成

利用矿物特征自动定量分析系统 AMICS 对白马铁精矿进行了矿物组成分析,结果如表 2 所示。

表 2 白马铁精矿矿物组成分析结果
Table 2 Mineral compositions of Baima iron concentrate

钛磁铁矿	钛铁矿	橄榄石	钛辉石	绿泥石	钙长石	磁黄铁矿	其他
74.61	6.06	6.23	3.09	3.08	3.34	1.24	2.35

由表 2 可知,白马铁精矿中主要矿物为钛磁铁矿,其次为钛铁矿、橄榄石、钛辉石、绿泥石和少量磁黄铁矿,其矿物中的钛磁铁矿含量为 74.61%,剩下 25.39%的矿物中,除 6.06%的钛铁矿,其余约 18%左右为脉石矿物,这说明白马铁精矿提质是有潜力的。

1.3 白马铁精矿单体解离度

目标矿物单体解离是选矿分选的前提,因此采用 AMICS 系统对钛磁铁矿单体解离度进行了测定,结果如表 3 所示。

表 3 钛磁铁矿单体解离度分析结果
Table 3 Dissociation degree of titano-magnetite monomer

解离度级别 /%	颗粒数 / 个	钛磁铁矿 /%
0	5 880	0
0~30	452	1.49
30~60	768	8.25
60~80	1 308	17.16
80~90	1 336	23.19
90~100	5 512	36.41
100	7 020	13.50

注:0%表示完全不含钛磁铁矿的颗粒,0%~30%表示颗粒中有 0%~30%面积的钛磁铁矿,100%表示整个颗粒全是钛磁铁矿。下同。

由表 3 可知,80%面积为钛磁铁矿的颗粒均视为单体颗粒条件下,目前白马铁精矿中钛磁铁矿的单体解离度为 84.58%,表明其还含有大量贫连生体颗粒,因此可以通过进一步细磨,增加钛磁铁矿的单体解离度,以达到提质的目的。

2 白马铁精矿提质工艺流程

从上面分析结果可以看出,要进行白马铁精矿提质可以通过细磨增加钛磁铁矿单体解离度,然后再进行磁选。

由于白马二期管道输送车间有现成的细磨设备,因此在白马二期车间进行铁精矿提质试验。试验以白马选矿厂二期二段磁选精矿作为原矿,二段磁选精矿和塔磨机排矿在泵池混合以后经旋流器分级,旋流器分级所得粗粒沉砂进入塔磨机再磨,细粒溢流再经高频细筛分级。高频细筛筛上产物进入塔磨机再磨,筛下产物进入磁选机进行磁选,磁选精矿经浓缩过滤得到最终铁精矿产品。具体提质工艺流程如图 1 所示。

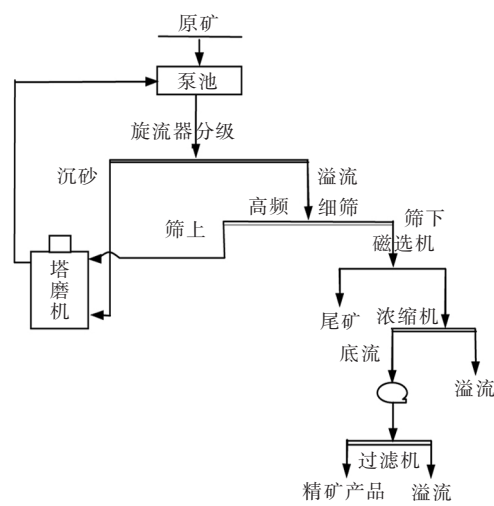


图 1 白马铁精矿提质工艺流程
Fig.1 Process flow chart of quality improvement of Baima iron concentrate

3 提质流程产品的物质成分分析

3.1 化学成分分析

对白马铁精矿提质流程中的提质原矿、提质精矿和尾矿进行化学成分分析 结果如表 4 所示。

表 4 白马铁精矿提质多元素化学成分分析
Table 4 Multi element analysis results of Baima iron concentrate %

名称	TFe	FeO	TiO ₂	V ₂ O ₅	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	S
提质原矿	56.88	32.97	9.45	0.726	0.41	3.07	3.61	3.49	0.43
提质精矿	59.25	33.7	9.46	0.769	0.17	2.17	1.97	3.09	0.36
尾矿	18.85	17.69	8.31	0.091	4.33	16.95	29.05	9.52	1.81

表 5 细磨选矿产品矿物组成分析
Table 5 Mineral compositions of fine mill dressing products %

名称	钛磁铁矿	钛铁矿	橄榄石	钛辉石	绿泥石	钙长石	其他
提质原矿	81.54	3.34	3.87	3.06	1.59	0.77	5.83
提质精矿	84.08	3.08	2.57	1.32	1.43	0.33	7.19
尾矿	3.50	4.45	22.51	18.17	22.98	5.28	23.11

本次提质产生的尾矿主要以脉石矿物为主 ,橄榄石、钛辉石及绿泥石 含量最高 ,合计量为: 63.66%。钛铁氧化物: 钛磁铁矿及钛铁矿的含量较少 ,分别为: 3.5% 及 4.45% ,从尾矿的矿物组成来看 ,钛磁铁矿的含量仅为 3.5% ,说明细磨磁选的选别效果较好 ,主要抛掉的都是杂质成分。

3.3 元素物相分布分析

3.3.1 铁的物相分布

为了了解提质前后 Fe 的物相分布 ,对白马铁精

由表 4 可知 ,通过细磨磁选 ,铁精矿品位由 56.88% 提高到 59.25% ,提高 2.37 个百分点; V₂O₅ 由 0.726% 提高到 0.769% ,提高 0.043 个百分点 , CaO、MgO、Al₂O₃、SiO₂ 和 S 品位均有下降 ,而含量下降最多的是 SiO₂ ,由 3.61% 下降到 1.97% ,下降 1.64 个百分点 ,TiO₂ 基本保持不变。细磨磁选的所得精矿的产率和回收率分别为 94.13% 和 98.06% ,选别效果较优。

3.2 物相组成分析

为了了解提质前后矿物组成变化情况 ,对白马铁精矿提质流程中的提质原矿、提质精矿和尾矿进行矿物组成分析 ,结果如表 5 所示。

由表 5 可知 ,提质原矿和提质精矿的矿物组成种类基本相同 ,都是以钛磁铁矿为主 ,其次为钛铁矿、橄榄石、钛辉石等。

白马铁精矿通过细磨磁选提质 ,钛磁铁矿含量由 81.54% 提高到 84.08% ,增加 2.54 个百分点。钛铁矿由 3.34% 降低到 3.08% ,减少 0.26 个百分点; 橄榄石由 3.87% 降低到 2.57% ,减少 1.30 个百分点; 钛辉石由 3.06% 降低到 1.32% ,降低 1.74 个百分点 ,脉石成分总含量比提质前下降 2.7 个百分点。

矿提质流程中提质前后的原矿、精矿和尾矿进行含 Fe 物相分布分析 ,结果如表 6 所示。

由含 Fe 物相分析结果可知 ,在提质原矿和提质精矿中 Fe 主要赋存相为钛磁铁矿。白马铁精矿经过提质以后 ,Fe 在钛磁铁矿中的分布率从提质原矿的 91% 提高到提质精矿的 93.35%。而尾矿中含 Fe 赋存相主要为橄榄石、钛辉石、绿泥石、钛磁铁矿及钛铁矿 ,其中的钛磁铁矿和钛铁矿中 Fe 的分布率仅为 23.73% ,因此细磨磁选过程中 Fe 损失主要为尾矿中的含铁脉石矿物。

表 6 含 Fe 物相分布
Table 6 Distribution of phases containing Fe

名称	钛磁铁矿	钛铁矿	橄榄石	钛辉石	绿泥石	黄铁矿	磁黄铁矿	蛇纹石	其他
提质原矿	91.00	1.92	1.45	1.56	0.46	0.18	0.68		2.75
提质精矿	93.35	1.81	0.50	0.48	0.39	0.05	0.88		2.54
尾矿	13.64	10.09	20.54	18.28	18.03	4.05	4.55	4.01	6.81

3.3.2 钛的物相分布

为了了解提质前后 Ti 的物相分布情况,对白马铁精矿提质流程中提质前后的原矿、精矿和尾矿进行 Ti 的物相分布分析,结果如表 7 所示。

表 7 Ti 的物相分布
Table 7 Phase distribution of Ti in different minerals

名称	钛磁铁矿	钛铁矿	橄榄石	钛辉石	绿泥石
提质原矿	84.96	10.66	0.41	1.7	0.1
提质精矿	86.63	10.90		0.73	
尾矿	7.71	40.54	5.22	26.16	6.52

由 Ti 的物相分析结果可知,在提质原矿和提质精矿中,Ti 的主要赋存相为钛磁铁矿,其次为钛铁矿。白马铁精矿经过提质以后,Ti 在钛磁铁矿中的分布率从提质原矿的 84.96% 提高到提质精矿的 86.

63%。尾矿中 Ti 主要赋存在钛铁矿、钛辉石中,Ti 在这两种矿物中的分布率分别达到 40.54% 和 26.16%。按 3.1 节精矿产率 94.13% 计算,500 万 t 白马铁精矿通过提质以后,提质原矿中的 TiO_2 总量为 47.25 万 t,精矿中的 TiO_2 总量为 44.52 万 t,减少 2.73 万 t。

3.3.3 镁的物相分布

为了了解提质前后 Mg 的物相分布情况,对白马铁精矿提质流程中的提质原矿、提质精矿和尾矿进行 Mg 的物相分布分析,结果如表 8 所示。

由含 Mg 物相分析结果可知,在提质原矿和尾矿中,Mg 的主要赋存相为橄榄石、钛磁铁矿和绿泥石。结合 3.1 节小结精矿产率 94.13% 计算,白马铁精矿经过提质,Mg 在提质精矿中的分布率为 2/3,在尾矿中的分布率为 1/3。

表 8 含 Mg 物相分布
Table 8 Phase distribution of Mg in different minerals

名称	钛磁铁矿	钛铁矿	橄榄石	钛辉石	钙长石	绿泥石	其他
提质原矿	34.75	1.14	35.93	5.76	0.61	13.87	7.94
提质精矿	39.15	0.90	31.15	2.52	0.30	6.89	19.09
尾矿	30.08	1.14	33.16	7.75		14.36	13.51

3.3.4 硅的物相分布

为了了解提质前后 Si 的物相分布情况,对白马

铁精矿提质流程中的提质原矿、提质精矿和尾矿进行 Si 的物相分布分析,结果如表 9 所示。

表 9 Si 的物相分布
Table 9 Phase distribution of Si in different minerals

名称	钛磁铁矿	钛铁矿	橄榄石	钛辉石	钙长石	绿泥石	其他
提质原矿	33.36	0.97	29.64	8.03	8.75	11.64	7.61
提质精矿	39.01	1.29	26.01	7.4	4.74	8.91	12.64
尾矿	0.27	0.26	32.12	15.90	12.06	30.64	8.75

由 Si 的物相分析结果可知,在提质原矿和精矿中,Si 的主要赋存相为钛磁铁矿、橄榄石和绿泥石,Si 的总分布率达 74.64% 和 73.93%。结合 3.1 节小结精矿产率 94.13% 计算,白马铁精矿经过提质,Si 在提质精矿中的分布率为 53.13%,在尾矿中的分布率为 46.87%。

3.3.5 铝的物相分布

为了了解提质前后 Al 的物相分布情况,对白马铁精矿提质流程中的提质原矿、提质精矿和尾矿进行 Al 的物相分布分析,结果如表 10 所示。

由 Al 的物相分析结果可知,在提质原矿和提质精矿中,Al 的主要赋存相为钛磁铁矿,Al 在钛磁铁

矿中分布率达 68.76%和 70.04%。结合 3.1 节小结精矿产率 94.13%计算,白马铁精矿经过提质,Al 在提质精矿中的分布率为 83.34%,在尾矿中的分布率为 16.66%。

表 10 Al 的物相分布
Table 10 Phase distribution of Al in different minerals %

名称	钛磁铁矿	钛铁矿	橄榄石	钛辉石	钙长石	绿泥石	其他
提质原矿	68.76	1.70	6.59	3.05	5.48	7.64	6.78
提质精矿	70.04	1.91	3.16	2.62	2.61	6.19	13.47
尾矿	0.70	1.23	17.28	11.92	15.98	45.26	7.63

3.4 单体解离度分析

为了了解提质前后钛磁铁矿单体解离度变化情况,通过 AMICS 系统,设置亮度 50.84、对比度 19.49、最小矿物面积 100 μm² 条件下,对白马铁精矿提质流程中的二段精矿、提质原矿、提质精矿和尾矿进行单体解离度分析,分析结果如表 11 所示。

表 11 提质流程产品中钛磁铁矿单体解离度分析结果
Table 11 Analysis results of dissociation degree of titano-magnetite monomer

解离度 级别/%	钛磁铁矿单体解离度/%			
	二段精矿	提质原矿	提质精矿	尾矿
0~30	1.49	0.43	0.28	18.88
30~60	8.25	3.33	2.15	24.38
60~80	17.16	10.66	10.16	17.58
80~90	23.19	13.37	17.39	22.61
90~100	36.41	35.68	35.95	11.70
100	13.50	36.50	34.07	4.48

对比二段精矿和提质原矿中钛磁铁矿的单体解离度可知:通过细磨以后,钛磁铁矿的贫连生体(<60%)减少,由 9.74%减少到 3.76%,100%的单矿物颗粒由 13.5%增加到 36.50%。细磨磁选精矿中只有少量贫连生体(<60%)为 2.43%,细磨磁选尾矿中的钛磁铁矿颗粒主要以贫连生体和中连生体为主。

3.5 钛磁铁矿内部结构特征

从细磨磁选前后化学、元素走向、单体解离度分析结果可以看出,通过细磨磁选白马铁精矿 TFe 品位可以提高到 59%以上,Si、Mg、Al 和 S 均有降低,但 TiO₂ 品位基本保持不变。为了查明白马铁精矿在细磨磁选过程中 TiO₂ 难以降低的原因,对白马铁精矿进行了相关工艺矿物学研究。

3.5.1 片状钛铁矿固溶体分离结构

通过扫描电镜—电子能谱、电子探针针对钛磁铁矿单矿物颗粒的内部结构分析发现,白马钛磁铁矿是一种复合物,其内部可见片状、针状、连珠状等形态各异的客晶矿物^[4-5],这也是攀西矿区钛磁铁矿

TFe 品位低,TiO₂ 含量高的根本原因。

从图 2 可以看出,有一部分相对较厚的片状客晶矿物在钛磁铁矿中呈规则的定向排列,且贯穿于整个钛磁铁矿颗粒,接触面平直,其厚度大约在 5~10 μm。

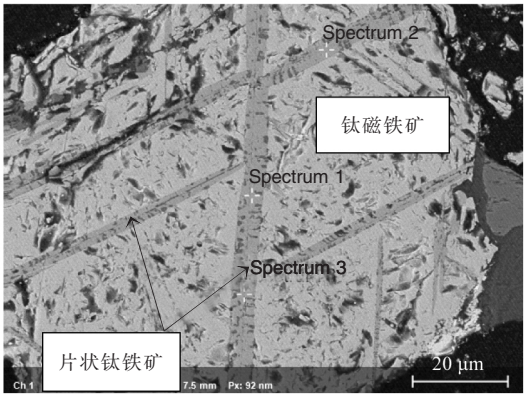


图 2 钛磁铁矿内部片状钛铁矿扫描电镜形貌
Fig.2 SEM of lamellar ilmenite in titano-magnetite

图 2 中客晶矿物的 3 个样点的能谱分析结果见表 12。分析结果表明:三个样点的主要成分为 Fe、Ti、O,含有少量的 Mg 和 Mn。Fe 和 Ti 的原子个数比为 0.96~1.06,可知该区域为片状钛铁矿,其中 Mg 和 Mn 主要以 Mn²⁺、Mg²⁺的形式置换钛铁矿中的 Fe²⁺。

表 12 片状钛铁矿能谱分析结果
Table 12 Energy spectrum analysis results of lamellar ilmenite %

	Fe	Ti	O	Mg	Mn
样点 1	35.88	33.73	28.05	1.29	1.05
样点 2	34.27	35.67	27.54	1.37	1.14
样点 3	35.83	33.78	27.95	1.23	1.21

3.5.2 纯净的钛磁铁矿颗粒

从图 3 可以看出,部分磁铁矿颗粒比较干净,偶见细粒嵌布的针状客晶矿物。钛磁铁矿的能谱分析结果见表 13,从能谱分析结果可以看出 4 个样品点

的主要元素成分为 Fe, 其次为 Ti, 同时含有少量的 Mg、Mn、V 和 Al, Fe 和 Ti 的原子个数比为 6.3~11.45, 可知该区域为钛磁铁矿, Ti、V、Mn、Mg 以类质同象的形式赋存于钛磁铁矿晶格中, Al 是由于磁铁矿中包裹有细小粒状的含 Al 脉石矿物所致。

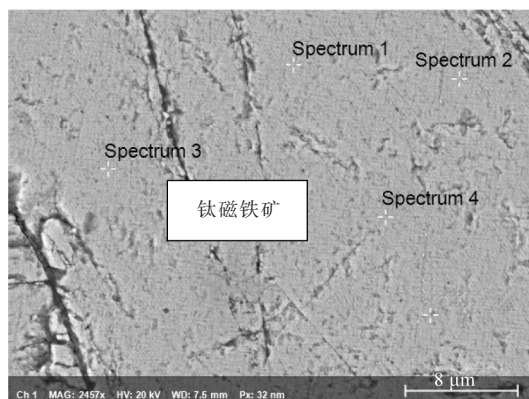


图3 纯净的钛磁铁矿颗粒扫描电镜形貌
Fig.3 SEM of pure titanomagnetite particles

表13 钛磁铁矿能谱分析结果
Table 13 Energy spectrum analysis results of titanomagnetite %

	Fe	Ti	O	Mg	Mn	V	Al
样点1	65.76	10.10	21.83	0.81	0.31	0.46	0.73
样点2	68.02	5.94	23.12	0.77	0.19	0.48	1.47
样点3	64.78	6.91	23.34	1.29	0.39	0.56	2.73
样点4	61.89	9.82	24.85	0.91	0.39	0.50	1.65

3.5.3 细针状钛铁晶石固溶体分离结构

从图4可以看出,有颗粒中的客晶矿物呈细针状分布于钛磁铁矿颗粒中,平行定向排列,接触面平直。其厚度 $<1\mu\text{m}$,长度为 $50\sim 100\mu\text{m}$ 。根据前人研究结果^[1],此种客晶矿物应该是钛铁晶石。

3.5.4 连珠状镁铝尖晶石固溶体分离结构

从图5可以看出,部分客晶矿物以连珠状分布于钛磁铁矿颗粒中,呈定向平行排列。宽度约 $1\mu\text{m}$,长度 $30\sim 50\mu\text{m}$ 。对图5中3个样品点进行能谱分析,分析结果见表14。从能谱分析结果可以看出,连珠状客晶矿物的主要成分是 Fe、Al、Mg,还含有少量的 Ti,可知连珠状客晶矿物为镁铝尖晶石^[1]。

通过钛磁铁矿颗粒内部结构分析结果可知,白马钛磁铁矿是由主晶钛磁铁矿、客晶片状钛铁矿、针状钛铁晶石及连珠状镁铝尖晶石组成的复合矿物^[1-2],含 Ti 较高的客晶矿物只有片状钛铁矿和钛铁晶石,由于这些客晶矿物在细磨过程中没有充分解离,所以

通过细磨磁选所得铁精矿的 TiO_2 品位没有降低。而安宁钛磁铁矿颗粒中客晶矿物的形状以粒状客晶矿物为主,直径 $>5\mu\text{m}$ ^[4,6],相比白马铁精矿中客晶矿物,其解离难度较小, TiO_2 降低难度更小。

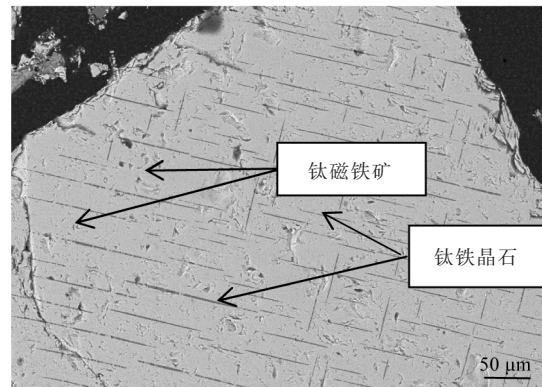


图4 钛磁铁矿内部钛铁晶石扫描电镜形貌
Fig.4 Scanning electron micrograph of ilmenite in titanomagnetite

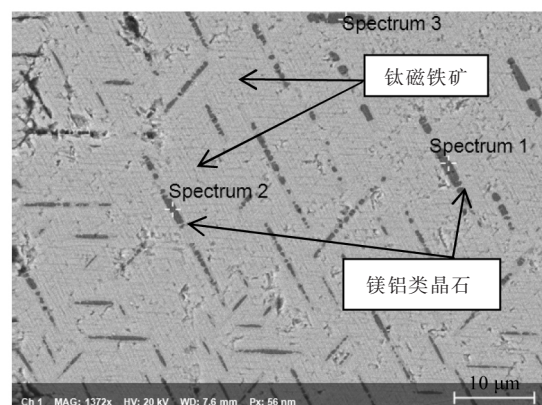


图5 钛磁铁矿内部镁铝尖晶石扫描电镜图片
Fig.5 SEM picture of magnesia alumina spinel in titanomagnetite

表14 客晶矿物能谱分析结果
Table 14 Energy spectrum analysis results of chadacryst minerals %

	Fe	Mg	Al	Ti	O
样点1	17.20	11.05	34.28	1.98	35.50
样点2	15.54	11.03	35.70	1.22	36.51
样点3	13.68	11.89	37.45		36.98

但通过钛磁铁矿内部结构分析来看,白马铁精矿的客晶矿物中的片状钛铁矿厚度尺寸相对较大,厚的可以达到 $5\sim 10\mu\text{m}$,通过细磨有进一步解离的可能,因此提铁降钛技术的关键点在于在破磨过程中选择恰好合适的破磨方式,使得钛磁铁矿晶格破

坏的过程中,恰好沿着片状钛铁矿与钛磁铁矿的接触面破碎,从而达到解离片状钛铁矿客晶的目的,但同时难度也很大。因此,磨矿设备及工艺的选择至关重要,三段磨矿可考虑:棒磨—球磨—搅拌磨工艺或高压辊磨—球磨—搅拌磨工艺等。

4 结论

1) 通过细磨磁选对白马铁精矿提质以后,白马铁精矿 TFe 品位可以从 56.88% 提高到 59.25%, 所得提质精矿的产率和回收率分别为 94.13% 和 98.06%。

2) 白马铁精矿提质以后,相比原矿,提质精矿中钛磁铁矿含量由 81.54% 提高到 84.08%, 增加 2.54 个百分点。钛铁矿、橄榄石、钛辉石等杂质成分均有所下降。

3) Fe 在尾矿中赋存相主要为橄榄石、钛辉石、绿泥石、钛磁铁矿及钛铁矿,其在尾矿中的钛磁铁矿和钛铁矿分布率仅为 23.73%, 其损失主要为含铁脉石矿物。

4) 元素矿相分布情况分析结果表明,钛磁铁矿相是 Fe、Ti、Mg、Al、Si 等元素的载体,在白马钛磁铁矿中存在类质同象取代及客晶矿物, Ti 在钛磁铁矿相中的分布率达到 80% 以上, Ti 在钛铁矿中的分布率约为 10%。

5) 白马矿中的钛磁铁矿中存在含钛高的片状钛铁矿、钛铁晶石等客晶矿物,呈微细粒嵌布形式,提铁降钛技术的关键点在于在细磨过程中选择合适的接触面破碎以破坏其晶格,达到解离片状钛铁矿客晶,提高其解离度的目的。

参考文献

- [1] Institute of Comprehensive Utilization of Mineral Resources, Chinese Academy of Geosciences. Panxi vanadium titanium magnetite resources and comprehensive utilization technology [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2015.
(中国地质科学院矿产综合利用研究所. 攀西钒钛磁铁矿资源及综合利用技术 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2015.)
- [2] Zhu Junshi. V-Ti-magnetite beneficiation [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1995.
(朱俊士. 钒钛磁铁矿选矿 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1995.)
- [3] Liu Yachuan, Ding Qiguang, Wang Jinliang. Comprehensive utilization of important common and associated minerals in western China [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2008.
(刘亚川, 丁其光, 汪锦亮. 中国西部重要共、伴生矿产综合利用 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2008.)
- [4] Zhou Mangeng, Li Xiaoyu, Wang Jing. The influence of the property change of Panzhihua titanomagnetite on the grade of iron concentrate [J]. Comprehensive Utilization of Mineral Resources, 2012 (5): 29-31.
(周满赓, 李潇雨, 王婧. 攀枝花钛磁铁矿性质变化对铁精矿品位的影响 [J]. 矿产综合利用, 2012 (5): 29-31.)
- [5] Li Junhan. Study on process mineralogy of Huili Zhujiang V-Ti-magnetite in Sichuan [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2014.
(李俊翰. 四川会理竹箐钒钛磁铁矿工艺矿物学研究 [D]. 成都: 成都理工大学, 2014.)
- [6] Zhou Mangeng. Study on the trend and state of main valuable elements in Panzhihua vanadic titanomagnetite [R]. Institute of Mineral Comprehensive Utilization, Chinese Academy of Geosciences, 2013.
(周满赓. 攀枝花钒钛磁铁矿主要有价元素走向及其状态研究 [R]. 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 2013.)

编辑 杨冬梅

龙蟒佰利联拟投资设立全资子公司

(12月10日消息) 龙蟒佰利集团股份有限公司根据公司经营业务及战略发展的需要,为进一步加强公司原材料供给能力,实施创新驱动绿色发展战略,于2020年12月8日召开的第七届董事会第十二次会议审议通过了《关于投资设立全资子公司的议案》,公司拟出资7 000万元人民币在山东省日照市成立山东龙佰钛业科技有限公司、出资10 000万元人民币在河南省焦作市成立河南佰利新能源材料有限公司(暂定名,最终名称以工商行政管理部门核准登记为准)。

摘自 <http://www.hlhuanan.gov.cn/hnngghlcnnewstock.cfi.cn/p20201209000175.html>