

西部某矿区钛精矿工艺矿物学研究

李潇雨, 周满赓

(中国地质科学院矿产综合利用研究所, 四川 成都 610041)

摘要:以攀西钒钛磁铁矿的钛精矿为研究对象,对原料及炉熔炼中间产品进行了详细的工艺矿物学研究,查清了产品的物质组成、赋存状态和嵌布特征,以及镁钙等杂质矿物在工艺过程中的行为和变化,为最佳综合利用工艺条件的选择提供了依据。

关键词:工艺矿物学; 钛精矿; 镁

中图分类号:P575 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2009)0-0024-04

1 引言

2004年,全球对钛制品的需求出现了突发性暴涨,其上涨态势比最近10年来的任何时间都更为强劲,从而导致短期内钛的原料市场随之短缺。随着世界经济的平稳增长,钛白粉消费规模的扩张以及航空、军工、民用等部门用钛量的增加,全球钛原料市场很可能再度出现短缺局面^[1]。目前,全球有工业利用价值的钛资源主要是钛铁矿、锐钛矿、板钛矿、白钛矿、钙钛矿和金红石。大量开采利用的是钛铁矿和金红石,其中钛铁矿占绝大多数^[2]。

目前,攀钢已建成我国最大的钛铁矿生产基地,但是因其品位较低,直接用于制取金属钛和钛白粉

时,生产率低、“三废”量大、生产成本低^[3],常常需预先将其镁钙等杂质含量降低,制成高附加值的钛产品原料。因此,如何充分、高效、经济合理地利用钛精矿是当前必须解决的重大课题。为此,攀钢钛业公司委托我们对其钛精矿进行了详细的工艺矿物学研究。

2 钛铁矿精矿的工艺矿物学研究

2.1 化学成分

钛铁矿精矿的化学成分见表1。

2.2 矿物组成

钛铁矿精矿的矿物组成见表2。

2.3 矿物含量及特征

表1 钛铁矿精矿的化学组成/%

TFe	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	SiO ₂	CaO	MgO	V ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	S	P	Sc ₂ O ₃
30.72	5.27	34.78	47.82	3.33	1.18	5.75	0.066	1.16	0.104	0.0053	0.0054

表2 钛铁矿精矿的矿物组成

项目	金属矿物		非金属矿物
	氧化物	硫化物	
主要	钛磁铁矿、钛铁矿	磁黄铁矿、黄铁矿	中-拉长石、橄榄石、普通辉石
次要	磁铁矿、磁赤铁矿、褐铁矿	黄铜矿、镍黄铁矿	黑云母、普通角闪石、蛇纹石、绿泥石、伊丁石、异剥辉石
少量	金红石、白钛石、赤铁矿、钙钛矿	方黄铜矿、紫硫镍矿、蓝辉铜矿、马基诺矿、斑铜矿、墨铜矿	绢云母、透闪石、黝帘石、石英、锆石、绿帘石、钠长石、榍石、方解石、磷灰石、尖晶石

收稿日期:2008-09-05; 改回日期:2008-10-13

作者简介:李潇雨(1981-),女,助理工程师,硕士,主要从事工艺矿物学研究。

原料样品为攀钢钛业公司选钛厂生产的钛精矿,样品中钛铁矿含量达 93%,硫化物 0.06%,钛磁铁矿 1.50%,脉石 5.44%(其中辉石、橄榄石、中拉长石各占 60%、25%、15%)。主要矿物的工艺特征分述如下:

(1) 钛铁矿

指与钛磁铁矿密切共生的粒状钛铁矿。在选铁工艺中进入磁选尾矿,是回收钛精矿的物料。钛铁矿为稳定型矿物,但在岩浆晚期或岩浆期后受热液蚀变时,被金红石、锐钛矿、钙钛矿、榍石、白钛石从钛铁矿边缘和裂隙轻微交代。

在钒钛磁铁矿中,钛铁矿以他形晶粒状的单体或与钛磁铁矿形成连体充填于脉石矿物间隙中,粒度较粗,接触界线平坦,是钛铁矿的主要产出形态。粒度较细的自形~半自形钛铁矿包于脉石中,数量少,难与脉石解离。由固溶体分离形成的钛铁矿,主要在钛磁铁矿中以板状、片晶、显微片晶的形式存在。还有少量钛铁矿在普通辉石、角闪石中呈片晶沿解理分布,粒度细,难于解离。粒状钛铁矿在低倍镜下看似比较干净,但在高倍油浸镜下仍可清楚地看出亦属固溶体分离的复合矿物,其中客晶矿物有钛磁铁矿、赤铁矿、镁铁矿、尖晶石等显微片晶,沿钛铁矿[0001]晶面呈有规律、定向、断续排列。粒状钛铁矿嵌布特征简单,与其他矿物接触界线平直,易于解离成单体。

在钛精矿中,钛铁矿是最主要的矿物,其含量为 93%,粒度集中在 0.074~0.043mm,多数为单体产出,偶见与钛磁铁矿和脉石连生,单体解离度 94.8%。

(2) 钛磁铁矿

钛磁铁矿是主要含铁的工业矿物,在钒钛磁铁矿中主要发育两种产状:一是呈他形晶粒状以单体和集合体形式与粒状钛铁矿密切共生,充填于早结晶的脉石矿物间隙中,粒度较粗,接触界线平坦,易于解离,是钒钛精矿的主要回收对象;二是粒度细、含量少,呈自形~半自形晶粒状包含于脉石矿物中的钛磁铁矿,与脉石不易解离。

在钛精矿中钛磁铁矿的含量仅为 1.5%,粒度细小,多数为单体产出,部分与钛铁矿呈连体产出,较难进一步的分离去除。

(3) 硫化物

钛精矿中的硫化物含量甚微,仅为 0.06%,主

要是磁黄铁矿,其次为黄铜矿、黄铁矿、镍黄铁矿等,其他矿物含量极少。

(4) 脉石矿物

脉石矿物主要由斜长石、橄榄石、辉石(普通辉石、透辉石、异剥辉石)组成。在钛精矿中多以单体产出,颗粒细小。

2.4 工艺粒度和单体解离度

钛精矿的粒度组成见表 3。钛精矿中主要矿物的单体解离度见表 4。

表 3 钛精矿的粒度组成

粒级/mm	+0.2	-0.2 +0.10	-0.10 +0.074	-0.074 +0.043	-0.043 +0.02	-0.02
含量/%	0.25	17.07	27.95	30.00	22.96	1.77
累计/%	0.25	17.32	45.27	75.27	98.23	100.00

表 4 钛精矿中主要矿物的单体解离度/%

钛铁矿	钛磁铁矿	硫化物	脉石
90~95	85~90	90	90

原料样品中钛铁矿纯净,单体解离度好,硫化物、钛磁铁矿和脉石均以单体为主,各矿物之间关系简单,工艺粒度集中于 0.074~0.043mm,各矿物保持其在原矿中的物理化学特性,有利于选矿工艺再精选。

3 钛精矿在选矿、焙烧预处理过程中的工艺矿物学特征

3.1 样品焙烧条件

样品焙烧条件见表 5。

表 5 样品焙烧条件

编号	原编号	焙烧温度/℃	焙烧时间/min	备注
T1	TF001	—	—	原料样品
T2	TF051	850	120	自然缓冷
T3	TF053	800	120	急冷
T4	TF054	750	120	急冷
T5	TF055	700	120	急冷
T6	TF056	900	120	急冷
T7	TF058	850	120	急冷
T8	TF061	800	120	制备的选矿样

3.2 镜下和扫描电镜测试结果分析

实体镜下,焙烧样 T2~T8 矿物成分和原料样 T1 基本一致,温度 800℃ 以上焙烧样脉石颗粒边部变红,钛铁矿表面由光滑变至毛糙,边部出现红色内

反射。

主要利用矿物钛铁矿在 T2 ~ T8 焙烧样中保持原矿样外形,内部元素钛、铁有迁移活动,出现以下现象:

(1)大部分钛铁矿颗粒出现反应边现象,反应边成分为 Fe_2O_3 ,能谱分析铁元素增高。电子探针成分分析:颗粒中部 TiO_2 58.35%, FeO 34.60%, MgO 6.68%;颗粒边部 TiO_2 50.45%, FeO 41.97%, MgO 7.32%。

(2)钛铁矿颗粒中元素迁移的方式以铁为主,主要以 Fe_2O_3 的成分和钛铁矿形成细条带状、镶边状、文象状结构。

(3)典型的含铁脉石析出 Fe_2O_3 。

(4)迁移形成的 Fe_2O_3 ,绝大部分颗粒除少量反应边外,以 $<5\mu$ 的粒度存在于钛铁矿中,两者无法用机械方法解离。

(5)焙烧样中钛铁矿与脉石颗粒大部份有 Fe_2O_3 的反应边,其磁性和其他表面性质会有改变。

3.3 焙烧样品选矿后再焙烧样的分析

共 8 批样品,经 $650^\circ\text{C} \sim 900^\circ\text{C}$ 温度焙烧及酸洗,其工艺矿物学共同特征如下:

(1)钛铁矿和脉石保持原矿物颗粒状态,钛铁矿含量 94% ~ 96%,脉石(以中拉长石为主,少量钛辉石,微量橄榄石)6% ~ 4%。

(2)钛铁矿普遍带磁赤铁矿镶边,反光下反射率较钛铁矿高,有红色至橙红色内反射,此现象随焙烧温度增高而增多。

(3)在钛铁矿颗粒内部铁、钛元素价态有变化,边部三价铁增多,但成分变化不大。

(4)经显微镜、电子探针、扫描电镜分析,镁、铝在钛铁矿中呈类质同象,成分稳定。铝含量甚微,原料中大部份铝由残留脉石中的中拉长石引起。

3.4 样品中镁铝的赋存状态

经电子探针和扫描电镜测试,钛铁矿中镁的集中变化范围为 3.9% ~ 6.0%,镁 90% 以上以类质同象形式赋存于钛铁矿中。原料样品焙烧后镁的成分随铁的价态变化稍有变化,但钛铁矿矿物未遭破坏,

镁在钛铁矿中的形式不会改变。

经电子探针和扫描电镜测试,钛铁矿中铝的集中变化范围为 0.1% ~ 0.2%,以类质同象形式赋存于钛铁矿中。矿样中的铝 85% 存在于以斜长石(铝硅酸盐类矿物)为主的矿物中。

样品经焙烧后,通过选矿工艺或湿法冶金工艺有希望去除样品中相当数量的铝、硅等杂质,但 90% 以上的镁无法以机械选矿的方式去除。

4 结 语

原料样品在 900°C 以下温度焙烧,钛铁矿内部铁的价态发生变化,钛铁矿磁性增强,对利用磁选分离钛精矿中残留的脉石有利,可以去除原料样品中相当数量的硅、铝、钙。而钛铁矿中含量在 4.0% ~ 7.0% 的氧化镁,虽然经焙烧有集中或分散的迹象,但始终以类质同象的方式存在于钛铁矿中,因此机械选矿无法理想降镁。

攀枝花钒钛磁铁矿中的钛铁矿,因含镁高,在电炉制高钛渣时,镁亦进入钛渣,致使产品二氧化钛纯度达不到 90% 以上,难以成为高附加值的钛产品原料。根据原料样品中矿物组成和钛铁矿的矿物性质,降镁必须破坏钛铁矿的晶格,可尝试在火法和湿法冶金中去寻求解决的途径。

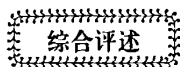
参考文献:

- [1] 德洪. 全球钛制品需求短暂回落有可能孕育着钛市场的新一轮增长[J]. 世界有色金属, 2007(12): 60 ~ 62.
- [2] 胡克俊. 攀枝花钛资源经济价值分析[J]. 世界有色金属, 2008(1): 36 ~ 42.
- [3] 范晓慧, 郭宇峰, 等. 钛精矿制取富钛料新工艺[J]. 矿产综合利用, 2002(4): 3 ~ 7.
- [4] 周满庚, 李潇雨. 西部钒钛磁铁矿工艺矿物学研究报告[R]. 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 2007.
- [5] 吴本茂, 孟长春, 等. 攀枝花钒钛磁铁矿工艺矿物学研究[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1998.
- [6] 张建延. 白马铁矿选矿工艺矿物学研究[J]. 矿产保护与利用, 2006, 4(2): 36 ~ 41

Process Mineralogy Research on the Titanium Concentrate from a Mining Field Panxi Region

LI Xiao-yu, ZHOU Man-geng

(Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Chengdu, Sichuan, China)



综合评述

石棉尾矿的危害及综合利用途径

苏庆平, 龙小玲

(成都理工大学材料与化学化工学院, 四川 成都 610059)

摘要:石棉尾矿对环境具有极大的危害性,必须加以严格管理和及时处理、处置;同时石棉尾矿又是一类可以利用的矿物资源,具有较大的综合利用价值。本文分析了当前石棉尾矿的处理处置技术,认为利用石棉尾矿提取非金属矿物材料是一种值得推广的先进技术,这种技术不仅能够有效地破坏石棉的结构,消除石棉尾矿的危害性,而且可以生产出市场需求的非金属矿物材料,为企业创造经济效益。

关键词:石棉尾矿; 环境危害; 综合利用; 变废为宝

中图分类号:TD985 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2009)01-0027-05

石棉尾矿是在石棉矿采选中产生的矿物残渣,主要成分为蛇纹石,还含有少量滑石、白云石和方解石。化学成分主要为 SiO_2 、 MgO 和少量铁、铝、钙等其他物质。我国是世界上石棉生产大国,石棉储量居世界第三位,但我国石棉矿中含石棉量不高,一般在1%~4%之间,即生产一吨石棉将产生近百吨石棉尾矿。据统计,我国每年生产石棉34万多吨,年产生石棉尾矿数千万吨,目前全国石棉尾矿的贮存量已达到几十亿吨。这些庞大的尾矿山不仅占据了大量土地资源,而且污染环境,对人类健康和安全构成严重威胁。

1 石棉尾矿对环境的危害

在石棉矿开采和使用中,长期吸入石棉粉尘可以导致劳动者患上石棉肺、肺癌和间皮瘤等疾病。

据统计,1949~1980年,我国石棉肺发病人数1786人;1980~1986年为2503人,累积患病人数4289人,死亡622人,死亡率14.5%。至2003年底,全国累积患病人数达7907人,死亡923人,死亡率11.67%^[1]。

石棉尾矿在长期堆存下对矿区及周边环境造成的危害主要表现在:

(1)侵占土地,破坏生态环境。石棉矿长期开采将产生数量巨大的尾矿山,这些尾矿山不仅占据了有限的土地资源,而且严重破坏了当地的生态环境。尾矿山上寸草不生,如果遇上暴雨山洪,极易引发泥石流、山体坍塌等地质灾害。

(2)大气污染。石棉尾矿中含有大量未选出的细小短纤维,这些短纤维随风飘荡,造成大气质量的破坏。我国《工业场所有害因素职业接触限值》

Abstract: Using a titanium concentrate produced from the vanadous titanomagnetite in Panxi Region as research target, the detailed process mineralogical research of the raw material and middles of smelting furnace was performed. The mineralogical composition of the products, the form of occurrence and dissemination characteristics, as well as the behavior of the impurities of magnesium and calcium, etc., and their variation under technological processes were identified. These research results provided bases for selecting optimal technological conditions of comprehensive utilization of the mineral resources.

Key words: Process mineralogy; Titanium concentrate; Magnesium - removal

收稿日期:2008-08-21

作者简介:苏庆平(1953-),男,副教授,长期从事仪器分析及危险废物处理处置的教学与科研工作。