



太和铁矿选矿流程产品工艺矿物学研究

曾令熙¹, 谭其尤², 张志成¹, 黄亚琴¹

(1. 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 四川 成都 610041;

2. 重钢太和铁矿, 四川 西昌 615000)

摘要:太和铁矿尾矿中有价金属含量较高,为渣清有益元素在选矿产品中的存在状况及变化趋势,对选矿流程产品的工艺矿物学进行了研究,查清了选矿流程产品的物质组成情况,为进一步提高其资源利用水平打下基础。

关键词:选矿流程产品; 工艺矿物学; 太和铁矿

中图分类号:P575 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2008)03-0031-04

太和铁矿是攀西地区四大钒钛磁铁矿床之一^[1]。多年来,随着开采深度的增加,采场层位的变化,矿石性质亦发生一定变化,从而导致选矿产品品位的波动。在目前选矿流程中,亦存在部分技术指标波动较大,尾矿中有价金属含量较高,伴生成分未得到充分利用的情况^[1,2]。为查清有益元素在选矿产品中的存在状况及变化趋势,进一步提高矿石有效利用率,本文对选矿流程产品的工艺矿物学进行了研究,查清了选矿流程产品的物质组成情况,为

进一步提高其资源利用水平打下基础。

1 样品的采集

本次试验工作以现有生产流程为依据,选厂72h连续取样,共选取选矿流程中10个主要工序产品为研究对象,其样品组成情况如下:(1)原矿;(2)选铁流程:选铁一段尾矿、选铁二段尾矿、铁精矿;(3)选钛流程:选铁一段尾矿溢流、强磁一段尾矿、强磁二段尾矿、硫钴精矿、浮钛尾矿、钛精矿。

[3]吴平霄,张惠芬,郭九皋,等. 柱撑蒙脱石的微结构变化

研究[J]. 无机材料学报,1999,14(1):95~100.

Experimental Study on Adsorptive Characteristics of Clay Minerals for the Cu^{2+} , Cd^{2+} and Cr^{3+} in Wastewaters

XU Yu-fen

(South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong, China)

Abstract: Using bentonite and kaolin as adsorbents, an experimental research on adsorptive capacity of some kinds of clay minerals for heavy metal ions in wastewaters was carried out. The test results showed that pH values have obvious effect on adsorptive capacity. When the pH value is increased, the adsorption amount of bentonite and kaolin for the heavy metal ions is also increased obviously. Under the condition of initial concentration is the same, the adsorptive capacity of montmorillonite for heavy metal ions is more than kaolin. The order of adsorptive capacity of montmorillonite and kaolin for these heavy metal ions is $\text{Cr}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Cd}^{2+}$. By means of langmuir equation to fit the adsorption isotherm, the correlation coefficient attained over 0.98.

Key words: Bentonite; Kaolin; Adsorption; Heavy metal ions

收稿日期:2007-10-19; 改回日期:2008-04-18

作者简介:曾令熙(1963-),男,副研究员,主要从事工艺矿物学研究。

2 样品的化学成分

在钽钛磁铁矿中最主要的组成元素是铁、钛以及氧、钒、硅、钙、铝和镁；其次是钾、钠、硫、钴、镍、铜和磷等。本次试验样的化学多项分析结果见表1、2。

表1 原矿与选铁一段尾矿化学多项分析/%

| 项目 | TFe | FeO | TiO ₂ | V ₂ O ₅ | Co | S |
|--------|-------|-------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|
| 原矿 | 28.90 | 21.22 | 12.54 | 0.22 | 0.018 | 0.577 |
| 选铁一段尾矿 | 14.32 | 15.02 | 10.52 | 0.030 | 0.019 | 0.749 |
| 项目 | Ni | Cu | Se | MgO | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ |
| 原矿 | 0.018 | 0.031 | 0.0019 | 6.41 | 21.88 | 8.50 |
| 选铁一段尾矿 | 0.015 | 0.035 | 0.0024 | 7.80 | 35.04 | 10.72 |
| 项目 | K | Na | Cr ₂ O ₃ | CaO | MnO ₂ | P ₂ O ₅ |
| 原矿 | 0.148 | 0.481 | 0.013 | 6.40 | 0.27 | 0.16 |
| 选铁一段尾矿 | 0.212 | 0.916 | 0.005 | 9.74 | 0.29 | 0.276 |

表2 部分选矿产品的化学多项分析/%

| 项目 | 铁精矿 | 钛精矿 | 硫钴精矿 | 选铁二段尾矿 | 选铁一段尾矿溢流 | 强磁一段尾矿 | 强磁二段尾矿 | 浮钛尾矿 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|
| TFe | 54.06 | 33.59 | 26.42 | 14.83 | 15.99 | 9.54 | 10.57 | 12.13 |
| FeO | 30.68 | 39.11 | 24.43 | 15.36 | 16.42 | 9.01 | 11.54 | 13.20 |
| TiO ₂ | 13.41 | 47.51 | 20.89 | 11.95 | 12.02 | 3.71 | 6.02 | 6.38 |
| S | 0.161 | 0.115 | 7.22 | 0.777 | 1.09 | 0.951 | 0.547 | 0.08 |
| SiO ₂ | 3.91 | 1.90 | 18.15 | 32.27 | 32.58 | 40.61 | 39.80 | 36.00 |
| Al ₂ O ₃ | 2.69 | 1.25 | 5.64 | 10.36 | 9.76 | 12.97 | 10.51 | 9.81 |
| Co | 0.013 | 0.0098 | 0.125 | 0.020 | 0.032 | 0.021 | 0.016 | 0.011 |
| V ₂ O ₅ | 0.46 | 0.089 | 0.005 | 0.002 | 0.02 | 0.026 | 0.027 | 0.054 |
| P ₂ O ₅ | 0.018 | 0.019 | 0.070 | 0.268 | 0.292 | 0.451 | 0.200 | 0.118 |
| Ni | 0.011 | 0.018 | 0.091 | 0.015 | 0.021 | 0.014 | 0.013 | 0.012 |
| Se | 0.0005 | 0.0023 | 0.0022 | 0.0026 | 0.0030 | 0.0026 | 0.0034 | 0.0029 |
| Cu | 0.041 | 0.012 | 0.133 | 0.025 | 0.020 | 0.024 | 0.018 | 0.017 |

的矿物组成划分为三种矿物类型；其一为铁钛的氧化物类矿物，主要组成矿物有钛磁铁矿、钛铁矿、赤铁矿、褐铁矿等；其二为硅酸盐类矿物，主要的组成矿物有辉石、长石、绿泥石等；其三为硫化物类矿物，由黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿等矿物组成。

构成矿石的主要矿物为钛磁铁矿、钛铁矿，对该类矿物的选别将直接影响矿石的利用程度；硫化物矿物是本样中具有综合利用价值的矿物，对其主要矿物黄铁矿的利用可以进一步提升该矿的利用价值。硅酸盐矿物是样品中的脉石矿物，需作为尾矿剔除。

3.2 主要矿物含量

对本样的主要组成矿物含量测定结果见表3。

由表1、表2可以看出，原矿中TFe的含量为28.90%，TiO₂的含量为12.54%；铁精矿中TFe的含量为54.06%，TiO₂含量为13.41%；钛精矿中TiO₂的含量为47.51%，TFe为33.59%；强磁一段尾矿中TFe及TiO₂含量最低，分别为9.54%和3.71%。V₂O₅的含量范围为0.002%~0.46%；Co的含量为0.0098%~0.125%；S的含量范围为0.115%~7.22%。

3 样品的矿物成分

3.1 矿物组成

本次试验经过显微镜下鉴定、重砂分析、电子探针、X光衍射及扫描电镜等多种方法，确定了本样的矿物组成。根据矿物利用价值和工艺性质，对本样

3.3 硫化物的组成

硫化物主要呈黄铁矿形式存在，主要分布于硫

表3 主要矿物(组)含量/%

| 项目 | 钛磁铁矿 | 钛铁矿 | 硫化物 | 赤、褐铁矿 | 脉石 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 原矿 | 32.78 | 14.93 | 1.14 | 2.82 | 48.33 |
| 选铁一段尾矿 | 0.53 | 17.57 | 1.79 | 2.57 | 77.54 |
| 选铁二段尾矿 | 1.08 | 20.37 | 1.77 | 2.75 | 74.03 |
| 铁精矿 | 82.22 | 7.50 | 0.24 | 2.36 | 7.68 |
| 选铁一段溢流 | 0.70 | 21.10 | 2.89 | 1.40 | 73.91 |
| 强磁一段尾矿 | 0.21 | 3.95 | 2.09 | 1.32 | 92.43 |
| 强磁二段尾矿 | 0.27 | 7.95 | 1.61 | 2.38 | 87.79 |
| 硫钴精矿 | 0.43 | 34.57 | 14.63 | 2.53 | 47.84 |
| 浮钛尾矿 | 0.51 | 9.03 | 0.16 | 4.98 | 84.98 |
| 钛精矿 | 0.37 | 92.12 | 0.24 | 2.66 | 4.61 |

钴精矿、强磁尾矿中。强磁性矿物磁黄铁矿含量很低,其分布亦较分散,在铁精矿、硫钴精矿和浮钛尾矿中见到。黄铜矿的含量很低,在各个样品分布较分散。

3.4 主要矿物(组)的化学成分

对主要矿物(组)进行了电子探针分析及单矿物化学分析,其结果见表4。

表4 主要矿物(组)的化学成分分析结果/%

| 项目 | 钛磁铁矿 | 钛铁矿 | 脉石 | 硫化物 | 赤、褐铁矿 |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TFe | 59.89 | 33.41 | 5.32 | 47.10 | 63.21 |
| TiO ₂ | 10.78 | 52.12 | 1.61 | 0.03 | 7.99 |
| S | 0.02 | 0.03 | 0.015 | 50.10 | 0.10 |
| Co | 0.013 | 0.006 | 0.011 | 0.69 | 0.01 |
| V ₂ O ₅ | 0.62 | 0.01 | 0.04 | 0.00 | 0.10 |

4 样品的粒度组成

4.1 粒度分布

粒度分布结果显示,选别流程中不同产品的粒度组成差别较大,根据其粒度组成情况将流程产品分为两类:其一由分选尾矿组成,其粒度较粗,0.074mm以下粒级的含量仅在30%~45%之间,其中选铁尾矿最粗,0.074mm以下含量为28.6%~29.7%;其二由选别精矿组成,0.074mm以下的含量占60%~80%之间,其中铁精矿最细,0.074mm以下含量为80.25%。

4.2 主要矿物解离度

主要矿物的解离度测定结果如下:

钛磁铁矿除在铁精矿中含量很高外,在其他产品中的含量很低;

钛铁矿在相同粒级中的矿物单体含量接近,其中+0.154mm粒级单体含量在65%~75%之间,-0.154+0.074mm粒级单体含量在85%左右,-0.074mm粒级矿物单体含量在90%以上。本次各产品的解离效果较好,除个别样品外单体含量均在80%以上。与钛铁矿呈连体的矿物主要是脉石矿物,其连生体含量占连体总量的80%左右;

黄铁矿在较粗粒级中的解离度较差,+0.154mm粒级单体含量一般不超过60%,-0.154+0.074mm粒级单体含量为68%~75%,-0.074+0.044mm粒级单体含量为80%~87%,-0.044mm粒级矿物单体含量在90%以上。黄铁矿的连生体

主要与脉石相连,其中金属矿物大于1/2的粗连体在60%以上。

5 对流程的选别效果分析

5.1 铁矿物的分选

本流程选别铁的目的矿物为钛磁铁矿,在选铁流程各产品中钛磁铁矿的分布情况见表5。表5结果显示,钛磁铁矿93%以上得以回收于铁精矿中,同时铁精矿中亦回收了50%以上的赤、褐铁矿。因此,该流程对铁的分选回收取得了较好的结果。

表5 钛磁铁矿在选铁流程各产品中的分布率/%

| 选铁一段尾矿 | 选铁二段尾矿 | 铁精矿 |
|--------|--------|-------|
| 6.60 | 0.12 | 93.28 |

5.2 钛矿物的分选

本流程选别钛的目的矿物为钛铁矿,在选钛流程各产品中钛铁矿的分布情况见表6。结果显示,本流程对钛的回收率为51.25%,有近一半的钛铁矿损失。在溢流产品中有15.12%的钛铁矿,矿物分析显示这部分钛铁矿96%呈单体,但矿物粒度偏细,0.044mm以下占80%。强磁一段尾矿中钛铁矿的矿物含量为10.50%,且呈连生体的含量较大,在现有选别条件下属合理损失。强磁二段尾矿中钛铁矿含量为6.86%,因产品粒度较粗,使目的矿物的分选受到影响。硫钴精矿中钛铁矿含量较高,矿物单体含量为93%。浮钛尾矿中钛铁矿含量亦较高,主要与矿物粒度较粗有关。通过工艺矿物学分析,在选钛流程中目的矿物损失较大,除少量为合理损失外,大部分可以回收,其中需要加强细粒级矿物的分选,以及控制合理的分选粒度。

表6 钛铁矿在选钛流程各产品中的分布率/%

| 选铁一段尾矿溢流 | 强磁一段尾矿 | 强磁二段尾矿 | 硫钴精矿 | 浮钛尾矿 | 钛精矿 |
|----------|--------|--------|------|------|-------|
| 15.12 | 10.50 | 6.86 | 6.89 | 9.38 | 51.25 |

5 结 论

1. 太和铁矿矿石是经济价值较高的矿石类型,主元素铁、钛的含量较高,伴生组钒、钴、镍、铜、硫等可供综合利用。

2. 在目前的选铁流程中,对钛磁铁矿取得了较好的回收利用。但矿样中钛磁铁矿约50%发生磁赤铁矿化,磁赤铁矿在氧化条件下易于形成赤铁矿,

而后者是尾矿中最常见的铁矿物损失形式,因此应密切监视入选原矿的成分变化。

3. 选铁一段尾矿与选铁二段尾矿中矿物含量、粒度分布、解离状况等方面接近,二者应合并为选铁流程的入选原料,以减少钛铁矿的损失。钛铁矿在选铁一段尾矿及选铁二段尾矿中矿物含量分别为 17.57%、20.37%,钛铁矿呈单体的含量分别为 84.10% 和 83.53%。

4. 钛铁矿在强磁二段尾矿、硫钴精矿、浮钛尾矿中损失较大,其矿物解离状况较好,受楣石、白钛石交代的量低,可以通过优化选矿流程得以部分回收。钛铁矿在强磁二段尾矿、硫钴精矿、浮钛尾矿中的矿

物含量分别为 7.95%、34.57%、9.03%,呈单体的含量分别为 86.40%、93.30%、92.42%。

5. 伴生元素硫、钴、镍、铜主要以硫化物形式存在,但其含量低,独立利用价值不大,需采用多元素综合回收提高其利用价值。在选矿产品中除硫钴精矿外,强磁尾矿的硫化物分布率较高,可作为硫等元素的回收对象。

参考文献:

[1] 袁国红. 重钢太和铁矿选钛流程技术改造[J]. 金属矿山, 2001(6): 39~40.
[2] 王兆元. 从太和铁矿选铁尾矿中回收钛铁矿的工业试验研究[J]. 江西有色金属, 2004(3): 16~18.

Process Mineralogy Research on the Products of Mineral Processing Flowsheets of Taihe Iron Ore

ZHEN Ling-xi¹, TAN Qi-You², ZHANG Zhi-cheng¹, HUANG Ya-qin¹

(1. Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Chengdu, Sichuan, China;
2. Taihe Iron Mine, Chongqing Iron & Steel Co., Xichang, Sichuan, China)

Abstract: In Taihe iron ore, the contents of valuable metals are higher. In order to identify the occurrence of the useful elements in minerals and their transferring tendency, the process mineralogy research on the products of mineral processing flowsheets has been performed. It can lay a good foundation for further increasing utilization coefficient of the mineral resources.

Key words: Products of mineral processing flowsheets; Process mineralogy; Taihe iron ore

(上接 17 页)

3 结 论

1. 由于矿石中自由金和硫化矿物包裹金含量都非常高,并且金的嵌布关系密切,采用单一浮选或者单一重选都无法大幅度提高金精矿品位和回收率。

2. 黄铁矿具有较好的可浮性,可通过浮选法回收黄铁矿来富集金。在浮选之前进行重选预先回收一部分自由金,可以减轻浮选作业的压力,增加原矿处理能力,并提高金的总体回收率。

3. 对于微细粒嵌布的金矿物,经过再磨进一步

使其与载金矿物单体解离,有利于精选提高精矿品位。因此,采用粗精矿再磨浮选工艺适合处理该矿石。

参考文献:

[1] 聂光华,刘春龙. 微细粒金矿石选矿试验研究[J]. 中国矿业, 2006(11): 76~78.
[2] 杨金林,张红梅,等. 柬埔寨某金矿矿石可选性试验研究[J]. 中国矿山工程, 2005(5): 19~21.
[3] 孙玉波. 重力选矿[M]. 北京:冶金工业出版社, 1982.
[4] 胡为柏. 浮选(修订版)[M]. 冶金工业出版社, 1989.
[5] 张红梅,杨金林. 某难选金矿石浮选工艺试验研究[J]. 黄金, 2006(5): 39~41.

Experimental Research on Mineral Processing Technologies for a Refractory Gold Ore

CHEN Wei, TONG Xiong

(Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: According to the characteristics of the refractory gold ore, a great variety of technological flowsheet schemes of flotation separation have been explored. The test results indicated that the combined flowsheet consisting of gravity separation, flotation and regrinding of rough flotation concentrate can obtain better mineral processing indexes.

Key words: Refractory gold ore; Gravity separation; Flotation; Regrinding of rough concentrate