

文章编号:1003-7837(2004)02-0087-06

钽铌矿资源概况及选矿技术现状和进展

高玉德, 邹 霓, 董天颂

(广州有色金属研究院选矿工程研究所, 广东 广州 510651)

摘 要:我国的钽占世界储量的20%, 铌占世界储量的1.5%。目前钽铌矿的选矿多以重选为主, 但重选法选别细粒钽铌矿的回收率非常低。对细粒钽铌矿, 一般采用浮选, 其中比较有效的捕收剂有脂肪酸类、膦酸类、羧基酸类和阳离子型捕收剂。

关键词:钽铌矿; 重选; 浮选药剂; 回收率

中图分类号:TD955

文献标识码:A

钽和铌具有熔点高(钽为2996℃, 铌为2468℃)、延性好、蒸气压低、耐蚀性强和热导率高等优良特性, 是电子、原子能、宇宙航行、钢铁、化工等工业的重要原料。据国际钽铌研究中心(TIC)的统计^[1], 1996~1999年世界对铌钽需求的增长速度约为8%, 2000~2002年的增长速度约为12%, 估计今后5~10年会保持12%以上的增长势头。

我国钽铌工业起步较晚, 20世纪60年代开始建厂生产, 目前已基本建成较完善的采、选、冶的钽铌工业生产体系。为了满足对钽铌需求的不断增长, 必须处理贫、细、杂钽铌矿石。采用一般的重选方法回收-37 μm物料中的钽铌矿物, 回收率非常低。如江西宜春钽铌矿的次生矿泥用摇床处理, 作业回收率仅11%。80年代德国的克哈德公司与英国的巴特莱斯公司用“莫兹利旋流器-BM翻床-横流皮带溜槽”工艺进行试验, 作业回收率仅18%。目前, 采用浮选方法能较大幅度提高细粒钽铌矿的选矿回收率。

1 钽铌矿产资源概况

1.1 钽铌矿床^[2]

钽和铌元素广泛分布于各类岩石中, 在地壳中的平均含量(质量分数, 下同)分别为0.00025%和0.002%。钽铌矿床的特点是类型多、成矿复杂、分布

稀少。钽铌矿床的主要类型有(1)黑云母、微斜长石花岗岩型矿床, 含 Ta_2O_5 0.0008%~0.005%, Nb_2O_5 0.012%~0.03%; (2)锂云母、黄玉、蚀变花岗岩型矿床, 含 Ta_2O_5 0.005%~0.026%, Nb_2O_5 0.01%~0.03%; (3)锂云母、钠长石蚀变花岗岩型矿床, 含 Ta_2O_5 0.01%~0.018%, Nb_2O_5 0.008%~0.01%; (4)微斜长石花岗伟晶岩型矿床, 含 Ta_2O_5 0.003%~0.007%, Nb_2O_5 0.004%~0.012%; (5)微斜长石钠长石花岗伟晶岩型矿床, 含 Ta_2O_5 0.003%~0.01%, Nb_2O_5 0.006%~0.029%; (6)锂辉石、钠长石花岗伟晶岩型矿床, 含 Ta_2O_5 0.006%~0.012%, Nb_2O_5 0.008%~0.017%; (7)钠长石花岗伟晶岩型矿床, 含 Ta_2O_5 0.007%~0.04%, Nb_2O_5 0.008%~0.016%; (8)钠长石、锂云母花岗伟晶岩型矿床, 含 Ta_2O_5 0.015%~0.22%, Nb_2O_5 0.012%~0.015%; (9)霓石、霓霞正长岩碱性岩岩浆岩矿床, 含($Ta_2O_5 + Nb_2O_5$) 0.41%~0.8%; (10)霓石正长岩碱性岩岩浆岩矿床, 含 Ta_2O_5 0.001%~0.025%, Nb_2O_5 0.05%~0.5%; (11)碳酸岩型矿床, 含 Ta_2O_5 0.0007%~0.04%, Nb_2O_5 0.03%~1.58%; 以及区域变质矿床、风化壳型矿床、洪/冲积砂矿床和沉积矿床等。

1.2 钽铌储量^[2]

1.2.1 国外钽铌储量

国外钽铌储量分别为 Ta_2O_5 306.48 kt , Nb_2O_5 32459 kt ,见表 1. 钽储量较大的国家主要是前苏联、澳大利亚、法国、埃及和泰国等. 近十年来 ,有些国家加强了钽资源的勘探 ,尤其钽原料的生产矿山大力开展钽的勘探 ,保证了钽原料的生产和供应.

巴西、加拿大、前苏联、扎伊尔和肯尼亚等国在世界铌资源中占主导地位. 巴西是铌资源大国 ,其储量占世界的 65% .巴西和加拿大铌资源几乎全部是烧绿石. 尼日利亚和扎伊尔多为铌铁矿资源.

表 1 国外钽铌储量
Table 1 Reserves of Ta and Nb in other countries

国家	Ta_2O_5		Nb_2O_5		国家	Ta_2O_5		Nb_2O_5	
	储量 /kt	分布率 /%	储量 /kt	分布率 /%		储量 /kt	分布率 /%	储量 /kt	分布率 /%
巴西	3.10	1.0	21200	65.3	马来西亚	0.91	0.3	—	—
澳大利亚	68.66	22.4	2485	7.7	美国	—	—	11	0.3
加拿大	2.75	0.9	1600	4.9	乌干达	—	—	600	1.8
前苏联	190.0	62.0	3170	9.8	肯尼亚	—	—	740	2.3
尼日利亚	3.18	1.0	434	1.3	法国	12.60	4.1	—	—
泰国	7.30	2.4	—	—	埃及	11.20	3.7	—	—
扎伊尔	1.82	0.6	1900	5.9	其他	4.96	1.6	220	0.7

1.2.2 国内钽铌储量

我国的钽工业储量为 61.34 kt ,占世界储量的 20.01% ;铌工业储量为 486.49 kt ,占世界储量的 1.50% .我国包头白云鄂博矿 Nb_2O_5 的潜在储量 1520 kt ,其铌矿物晶粒细、相互嵌布、选矿富集困难 ,

经济而有效地回收该铌矿物的工艺尚未过关. 福建南平西坑钽铌矿已探明大型矿床 2 处 ,中型矿床 1 处 ,其中 14 号脉含 Ta_2O_5 0.048% , Nb_2O_5 0.016% ,该矿将是我国钽资源的基地之一. 截止 2002 年 ,我国钽铌工业储量见表 2.

表 2 我国钽铌储量
Table 2 Reserves of Ta and Nb in China

矿山	$w[(TaNb)_2O_5] /%$	Ta_2O_5		Nb_2O_5	
		储量/kt	分布率/%	储量/kt	分布率/%
江西宜春钽铌矿	0.024	17.65	28.77	14.32	2.94
新疆可可托海矿	0.02	0.17	0.28	0.10	0.02
新疆阿勒泰矿	0.028	0.30	0.49	0.20	0.04
栗木老虎头矿	0.0152	0.10	0.16	0.12	0.03
栗木水溪庙矿	0.0298	2.20	3.59	2.26	0.46
江西石城钽铌矿	0.028	0.35	0.57	0.24	0.05
广东横山钽铌矿	0.05	0.70	1.14	0.28	0.06
江西横峰钽铌矿	0.072	—	—	5.55	1.14
广东泰美钽铌矿	0.025	—	—	22.25	4.57
江西大吉山矿	0.0235	2.50	4.08	1.60	0.33
广东永汉钽铌矿	0.008	—	—	2.60	0.53
福建南平钽铌矿	0.028	1.82	2.97	1.56	0.32
湖南香花岭	0.0257	5.53	9.02	5.30	1.09
湖南湘东金竹垅	0.0235	3.10	5.05	2.70	0.55
广东博罗 525 矿	0.0217	5.42	8.84	7.31	1.50
内蒙包头矿	0.1~0.2	—	—	50.10	10.30
内蒙古 801 矿	0.313	21.5	35.04	370	76.07
总计		61.34	100.00	486.49	100.00

万方数据

2 钽铌矿的矿物工艺学特性

铌铁矿-钽铁矿简称铌钽铁矿,其化学通式为 AB_2O_6 ,A为铁、锰,B为铌、钽.从纯铌到钽的不同形式具有一系列同晶结构,其特点是铁和锰的比例不固定,其中含 Nb_2O_5 1.97%~78.88%, Ta_2O_5 5.56%~83.57%, MnO 1.26%~16.25%, FeO 1.89%~16.25%,还有Ti,Zr,W,TR,U等类质同象混入物^[3].组元中若铌占多数,就称该矿物为铌铁矿;如果组元中钽占多数,则称为钽铁矿.矿物的晶格为斜方结构,空间群记号为 P_{can} .结构由A和B八面体的层所组成.相同的八面体在层中以边连接成链,再与共同顶点相连.一个A八面体层通过顶点与邻连的B八面体层从两方面相连,形成BAB结构.

铌铁矿-钽铁矿的晶格参数一般与试样的成分有关,其波动范围如下: a 为0.5133~0.5054 nm; b 为1.445~1.405 nm; c 为0.5762~0.5683 nm.铌钽锰矿中原子间距^[4]: $Mn-O$ 为0.212~0.214 nm, $Ta-O$ 为0.186~0.212 nm.矿物的颜色有黑色、棕黑色和红褐色.莫氏硬度为:铌铁矿4.3~6.5,钽铁矿6.5~7.2.铌铁矿的显微硬度为2400~8000 MPa,钽铁矿为8000~10700 MPa.

铌铁矿-钽铁矿的磁化率为 $(22.1 \sim 37.2) \times 10^{-6}$.铌铁矿的介电常数为10~12,钽铁矿为7~8.矿物的密度5.15~8.20 g/cm³(随钽的含量增高而增大)^[5].

3 钽铌矿的选矿技术

钽铌矿的选矿一般先采用重选丢弃大部分脉石矿物,获得低品位混合粗精矿.由于混合粗精矿的矿物组成复杂,一般含有多种有用矿物,分选难度大,所以通常采用多种选矿方法,如重选、浮选、电磁选或选冶联合工艺进行精选,使多种有用矿物分离.

3.1 国外钽铌选矿

处理粉矿或原生泥含量多的矿石,洗矿作业必不可少.澳大利亚格林布斯矿风化伟晶岩冲积粘土粗选厂,设有两个洗矿系统,用直径1.5 m、孔径10 mm的圆筒筛将原矿两次洗矿后,筛下物料入选,筛上大块物料及粘土球进入自磨机磨至约4 mm,再用孔径10 mm的圆筒筛筛分,筛下物料入选,筛上物料丢弃或返回再磨.洗矿耗水5 m³/t,圆筒筛处理量达350 t/h(折合数据).

国外钽铌选矿厂重视采用高效磨矿分级设备,以降低钽铌矿物的泥化.格林布斯矿原生伟晶岩粗选厂用周边排矿棒磨机与振动筛闭路,取得较好的选别结果.加拿大伯尼克湖钽矿经不断改进,目前采用的磨矿流程很有特色.该矿用一台 $D2.4 \text{ m} \times 3.6 \text{ m}$ 马西型格子球磨机和A-C水平振动筛(直线筛)闭路,筛分粒度2.5 mm,筛下物料用德瑞克筛按0.2 mm分级,-2.5+0.2 mm粒级用螺旋选矿机选别,其尾矿经弧形筛脱水后返回再磨.球磨机由两种产品构成循环,即采用一台磨机实现两段闭路磨矿,磨矿循环负荷小易形成过粉碎,该磨矿回路经调整后循环负荷率为180%左右.

国外对钽铌铁矿矿石的粗选仍以重选为主,并多用高效的重选设备,流程简单.如格林布斯矿对-10 mm原矿直接用跳汰机粗选.加拿大伯尼克湖钽矿在20世纪80年代形成的重选-浮选-重选流程日趋完善,该流程仍以重选为主,浮选只用于处理细泥.重选设备有GEC螺旋选矿机、3层悬挂式戴斯特摇床、霍尔曼矿泥摇床和横流皮带选矿机.前苏联采用浮选对重选精矿中的钽铁矿、细晶石与黄玉进行分离,捕收剂为异羟肟酸,调整剂为草酸,在盐酸介质中($pH=2$)浮选,当给矿含 Ta_2O_5 2.52%时,精矿品位27%,回收率90%.

烧绿石矿的选矿主要采用浮选方法,为提高精矿质量和降低药剂消耗,近年来,回收烧绿石的选矿流程加强了脱泥、除铁及脱硫、磷、铅、钡等作业.尼奥贝克烧绿石矿对-0.2 mm的入选原矿用旋流器脱除-10 μm 矿泥,并按泥砂分别选别.先用脂肪酸捕收剂浮选磷灰石和碳酸盐矿物,然后磁选脱铁,再用胺类捕收剂浮选烧绿石,最后对烧绿石精矿进行浮选脱硫和盐酸浸出,以降低硫、磷和碳酸盐矿物的含量.当原矿含 Nb_2O_5 0.6%~0.7%时,获得最终精矿品位58%~62%,回收率60%~65%.

3.2 国内钽铌选矿

3.2.1 钽铌矿的粗选

国内钽铌矿的原矿品位一般很低,其矿物性脆、密度大.为了保证磨矿粒度,避免过粉碎,一般采用阶段磨矿、阶段选别的流程.江西宜春钽铌选矿厂采用侧向弧形筛取代直线振动筛进行筛分,现场探索试验结果表明:筛上夹细降低14.70%,筛下夹粗减少4.3%,筛分效率提高17.72%.该设备的试验成功,为现场一段磨矿筛分改造提供了新途径^[6].福建南平西坑钽铌矿是一个大型花岗伟晶岩矿床,1998年广州有色金属研究院对该矿石进行了选矿试验研

究,提出了阶段磨矿、阶段选别的工艺,为该矿建厂提供设计依据。一段磨矿采用棒磨机,并与筛子构成闭路,以减少过粉碎;二段磨矿采用球磨机,并与高频振动细筛构成闭路,除能严格控制粒度外,还可增加处理能力,提高磨矿效率。该矿粗选为单一重选流程,重选设备有 GL 螺旋选矿机、螺旋溜槽和摇床。入选原矿品位 $(\text{TaNb})_2\text{O}_5$ 0.0499%,经粗选后的粗精矿品位 $(\text{TaNb})_2\text{O}_5$ 14.94%(其中 Ta_2O_5 10.79%),对原矿回收率为 74.30%(Ta_2O_5 回收率为 74.96%)。

3.2.2 钽铌矿的精选

粗选获得的粗精矿一般是混合粗精矿,需经进一步精选,分离出多种有用矿物。粗精矿矿物的组成不同,采用的分离方法也不同,一般是多种方法联合使用。如福建南平钽铌精选采用磁-重-浮流程,先用 6% 盐酸溶液清洗矿物表面,再用弱磁选除去强磁性矿物及铁屑,将经弱磁选选别后的矿物烘干并筛分成 +0.2, -0.2+0.1 和 -0.1 mm 三个级别,分别用干式强磁选机经一次粗选、一次扫选获得钽铌精矿。干式强磁选的非磁性部分用重选回收锡石并抛尾,重选的精矿经浮选脱除硫化矿获得锡精矿。精选结果:钽铌精矿品位 $(\text{TaNb})_2\text{O}_5$ 45.64%(其中 Ta_2O_5 32.57%)。精选作业回收率 94.11%,对原矿回收率 69.92%(Ta_2O_5 回收率 69.071%)^[7]。

3.2.3 细粒钽铌矿的浮选

江西大吉山钨矿的 69 号矿体是一个大型含钽铌钨花岗岩矿体,该矿中主要有用矿物为黑钨矿、白钨矿、钽铌铁矿和细晶石,有用矿物嵌布粒度很细,大部分为 40~74 μm ,采用常规的重选方法,钽回收率仅 25%~33%。广州有色金属研究院采用浮-重联合流程回收钽铌及伴生的钨矿物,在浮选给矿品位 WO_3 0.088%, Ta_2O_5 0.0145% 时,浮选精矿品位 WO_3 10.84%, Ta_2O_5 1.8%,钨和钽的回收率分别为 85% 和 87%。精矿富集比在 100 倍以上,然后再重选富集,水冶分离钽和钨,钽的选冶回收率达 44%。

包头白云鄂博矿的矿石性质非常复杂,特别是铌矿物以贫、细、杂而被选矿界公认为难选矿物。尽管目前选矿技术比过去有很大的进步,但稀土的选矿回收率仍然较低,铌的选矿回收仍处于研究阶段。广州有色金属研究院采用浮选法对稀土浮选尾矿中的铌矿物进行富集,用 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 为活化剂, D-1 为钙矿物的抑制剂,及以羟肟酸为主的组合捕收剂,在 $\text{pH}=6$ 的介质中进行铌浮选,经浮选富集的铌粗精矿脱硫后,采用弱磁-摇床工艺精选,分别获得富铌铁精矿和铁精矿。富铌铁精矿 1 含 Nb_2O_5 1.66%,精

矿 2 含 Nb_2O_5 0.59%,铌总回收率 35.58%^[8]。陈源泉等人对白云鄂博矿的稀土浮选尾矿研究后提出,将稀土浮选尾矿浓缩脱泥后,用氧化石腊皂和水玻璃反浮萤石及残余的稀土矿物,将槽内产品浓缩后,用氟硅酸铵和氧化石腊皂浮选铁矿物,选铁尾矿加硫酸、羧甲基纤维素、水杨羟肟酸、 C_{5-9} 羟肟酸和草酸,经一次粗选、三次精选得到品位 Nb_2O_5 1.67%,回收率 40.14% 的铌浮选精矿,该精矿再经强磁选将铁、铌分离,得到非磁性产品铌精矿和磁性产品铌次精矿。

4 钽铌矿浮选药剂的研究现状及进展

4.1 钽铌矿物的捕收剂

目前,浮选钽铌矿比较有效的捕收剂有脂肪酸类、膦酸类、羟肟酸类和阳离子型捕收剂,其应用列于表 3。

4.1.1 脂肪酸类捕收剂

前苏联 C. И. 波立金和 Ю. А. 格拉德基赫两人于 1959 年采用氧化矿捕收剂如油酸、油酸钠、十三烷酸钠、硫酸烷脂钠和异辛基磷酸钠详细研究了铌铁矿-钽铁矿、电气石和石榴石的可浮性^[9]。试验表明:使用脂肪酸类作捕收剂时,饱和烃基的捕收能力比不饱和的差。当 pH 为 6~8 时,用油酸钠浮选铌铁矿-钽铁矿极有成效,但在强酸性介质和强碱性介质中均受抑制。

对脂肪酸进行改性,如在分子中引入新的有效活性基团磺酸基、多羧基、硫酸基、卤素、胺(氨)基、胺基酰基和酰胺基等,能提高其选择捕收性。

4.1.2 膦酸类捕收剂

膦酸与钽、铌等稀有金属矿物作用时,可形成牢固的表面化合物,其羟基向外,使矿物疏水,但与脉石矿物不存在这种化学吸附。该类捕收剂对钽铌矿物捕收能力强、选择性好,缺点是含膦物质在生产和使用上都存在污染问题。朱建光等人^[10]用膦酸类捕收剂回收离心机的重选精矿的试验表明:苄基膦酸和甲苯膦酸是钽铌矿物的有效捕收剂,膦酸与黄药混用可提高钽铌矿物的回收率。

4.1.3 膦酸类捕收剂

膦酸在水溶液中的溶解度随 pH 的改变而改变,一般在碱性介质中溶解度大,原因是生成了碱金属盐。因膦酸与 Ca^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Sn^{2+} 等金属离子可生成难溶盐,故能捕收钽铌矿物。用双膦酸捕收铌铁金红石的研究表明^[11]:双膦酸在铌铁金红石表面

主要以化学吸附形式被吸附,在矿浆 pH 为 2~4 时,双膦酸是钽铁金红石良好的捕收剂,其回收率达到 90.87%~91.70%。

4.1.4 羟膦酸类捕收剂

早期羟膦酸及其盐用于浮选孔雀石和赤铁矿,后来用作各种稀有金属矿的捕收剂。用 C₇₋₉羟膦酸浮选黄绿石矿,其精矿含 Nb₂O₅ 6%~20%,回收率 65%~66%^[12]。用工业异羟膦酸配以变压器油对我国某地钽铌细泥矿进行粗选,当给矿品位 Nb₂O₅ 0.094%时,可得粗精矿品位 Nb₂O₅ 0.9%~1.0%,回收率 90%左右^[13]。

4.1.5 阳离子型捕收剂

阳离子型捕收剂在水溶液中发生水解反应,在强碱介质中,OH⁻ 浓度大,不利于水解反应进行,捕

收剂阳离子浓度降低,对浮选不利;在强酸介质中,钽铌矿物表面大多带正电,不利于阳离子型捕收剂浮选;只有在中性介质中,阳离子型捕收剂才是钽铌矿物的有效捕收剂。巴西 Araxa 选厂采用胺类捕收剂,浮选烧绿石获得良好的效果。另有研究表明,十二烷基醋酸胺在中性介质中能有效地浮选钽铁矿类矿物。

4.1.6 其它捕收剂

新药剂 N₂ 对钽铌矿物捕收性能的研究表明^[14],高碳链的 N₂ 是钽铌矿物的有效捕收剂,该捕收剂在钽铌矿物表面的吸附是化学吸附。用 N-亚硝基苯胺浮选白云鄂博钽矿取得较好的选别效果^[15]。前苏联别尔格尔 Γ.C. 的探索试验表明^[9],烃基硫酸酯也可用于伟晶岩矿床钽铁矿-钽铁矿的浮选。

表 3 几种不同药剂在钽铌浮选中的应用^[7]
Table 3 Application of several reagents in flotation of Ta-Nb mineral

药剂名称	入选试料	给矿品位 (Nb ₂ O ₅)/%	精矿		试验规模
			Nb ₂ O ₅ /%	回收率/%	
烷基羟膦酸	包头稀土尾矿	0.185	2.842	26.42	工业
烷基羟膦酸	包头原生钽矿	0.169	0.668	66.86	小型
NM-50	黄绿石矿石	0.5	10.8	85.4	工业
NM-50	钽矿重选尾矿	0.078	3.5	35.46	工业
AC-15	包头 2 号矿体	0.25	15.81	54.27	半工业
苯丙烯基羟膦酸	包头贫氧化矿	0.22	0.62	41.37	小型
苯乙烯膦酸	栗木钽铌矿	0.015	0.671	63.41	小型
苯乙烯膦酸	包头絮凝尾矿	0.361	6.63	26.31	小型
苯乙烯膦酸	富锰钽铌矿	0.075	3.04	90.38	小型
双膦酸	黄绿石矿石	0.194	29.84	61.00	小型
苄基膦酸	富锰钽铌矿	0.054	28.53	80.50	小型
甲苯膦酸	包头絮凝尾矿	0.361	6.63	26.31	小型
二胺	奥卡矿	0.44	51.0	69.2	工业
二胺	阿拉克萨矿	2.58	59~65	65.0	工业
RA	包头稀土尾矿	0.238	2.24	27.76	小型
亚硝基苯胺	包头西矿	0.07	10.4	13.45	小型
SDL	包头稀土尾矿	0.22	3.04	27.54	小型

4.2 浮选钽铌矿的调整剂

钽铌矿的主要脉石矿物是硅酸盐类矿物、萤石和碳酸盐矿物。这些矿物的典型抑制剂是水玻璃、六偏磷酸钠、淀粉、焦磷酸、磷酸氢钠、木素磺酸钠、丹宁、乳酸、柠檬酸、酒石酸等。pH 对钽铌浮选有较大的影响,常用于调整 pH 的调整剂有硫酸、盐酸、氢氧化钠、苏打等。

4.3 浮选钽铌矿存在的问题分析

4.3.1 捕收剂的捕收性

万方数据

分子中含有官能团—COOH,—SO₄H,—SO₃H 的捕收剂,其捕收能力强、选择性差,只适用于浮选矿物组成简单、以石英为主要脉石的钽铌细泥。羟膦酸类对钽铌细泥的捕收能力较脂肪酸弱,但选择性较好。膦酸类对钽铌矿的捕收能力比较强,但对 Fe²⁺, Ca²⁺ 离子敏感,对浮选过程影响较大。

4.3.2 捕收剂的环境污染及药剂成本

膦酸能与钽、铌等金属矿物形成牢固的表面化合物,羟基向外,使矿物疏水,而与脉石矿物不存在这种化学吸附,因此捕收能力强、选择性好。同时膦

酸对 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子不敏感,对含方解石高的矿石适应性强,但肿酸毒性较高,会造成环境污染。与膦酸、磺化琥珀酸配合使用的调整剂氟硅酸钠或氟化钠也有一定的毒性。在钽铌细泥的浮选中,药剂用量大,价格高,同时,有些药剂毒性较大,需增加环保费用,从而使选矿成本上升。使用羟肟酸浮选时,效果较好,但药剂用量较大。

近年来,国内外许多学者在钽铌浮选药剂的选择、研制方面做了大量工作,并取得了一定进展,但由于药剂价格太高,目前只有国外少数钽铌矿山采用浮选方法,如加拿大奥卡选矿厂、巴西阿拉克萨矿。随着越来越多的难选钽铌资源的开发,预计对选择性好、价格合理的钽铌选矿药剂需求也会不断增加。

5 结 语

(1) 钽铌矿的粗选一般采用重选法,精选则采用重选、浮选、电磁选或选冶联合工艺;处理粉矿或原生泥含量多的矿石,洗矿作业必不可少,同时采用高效磨矿分级设备,以降低钽铌矿物的泥化。

(2) 浮选钽铌的常用捕收剂有脂肪酸类、肿酸类、膦酸类、羟肟酸类、阳离子型捕收剂等,捕收剂的环境污染及药剂成本问题至关重要。

(3) 随着化学工业的发展,原料来源广泛、合成工艺简单、易生物降解、选择性好、无毒无害、价格合理的药剂将不断出现,以满足钽铌选矿厂的需求。

参考文献:

- [1] 高敬. 世界钽原料供需分析[J]. 稀有金属快报, 2002, (2): 5-6.
- [2] 周德胜, 王向东, 何季林. 有色金属进展(钽铌部分)[M]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1995. 109-112.
- [3] 张志雄. 矿石学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1981. 102-103.
- [4] 王濮, 潘兆鲁, 翁玲宝, 等. 系统矿物学(上册)[M]. 北京: 地质出版社, 1982. 560.
- [5] Елютин А В, Жоршунов В Г. 钽与铌[M]. 马福康, 邱向东, 贾厚生, 等译. 长沙: 中南工业大学出版社, 1997. 39.
- [6] 丁勇. TY-5000 试验型侧向弧形筛的初步研制[J]. 江西有色金属, 1999(4): 14-17.
- [7] 刘敏娉, 董天颂. 稀有金属选矿评述[J]. 有色金属(选矿部分), 2001(增刊): 110.
- [8] 叶志平, 孙兴来, 李英霞. 强磁尾矿综合回收稀土、钽选矿工艺研究[J]. 有色金属(选矿部分), 1996, (6): 1-4.
- [9] 波立金 С И, 格拉德基赫 Ю Ф, 贝科夫 Ю А. 钽铌矿的选矿[M]. 克诚, 译. 北京: 中国工业出版社, 1965. 54-55.
- [10] 朱建光. 钽资源开发应用技术[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1992.
- [11] 任噪, 杨则器, 池汝安. 双膦酸捕收钽铁金红石机理研究[J]. 有色金属, 1998(3): 55-59.
- [12] 王淀佐. 浮选药剂作用原理及应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1982. 307.
- [13] 见百熙. 浮选药剂[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1981.
- [14] 雷春雨. 新药剂 N_2 对钽铌矿物的捕收性能和作用机理[J]. 北京矿冶研究总院学报, 1992(2): 23-31.
- [15] 徐金球, 肖红. 新型捕收剂亚硝基苯胍胺的合成及性能研究[J]. 化工矿山技术, 1996(4): 15-17.

General situation of tantalum-niobium ore resource and advances of mineral processing technology of tantalum-niobium ore

GAO Yu-de, ZOU Ni, DONG Tian-song

(Research department of Mineral Processing Engineering, Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals, Guangzhou 510651, China)

Abstract: The tantalum and niobium reserves of China amount to 20% and 1.5% of world wide reserves, respectively. At present, most of Ta-Nb ores are processed by use of gravity concentration, with which the recovery of fine-grained Ta-Nb mineral is very low. As for fine-grained Ta-Nb mineral, the flotation is generally adopted, and effective collectors is fatty acids, arsenic acids, phosphonic acids, hydroxamic acids and cationics.

Key words: tantalum-niobium ore; gravity concentration; flotation reagent; recovery