

矽酸盐型镍矿石矿物加工技术研究*

刘广龙

(金川集团公司选矿厂,甘肃金昌,737104)

摘要 针对矽酸盐型镍矿石采用目前成熟的浮选方法回收其中的镍,在产出合格镍精矿的前提下,通过强化矿浆分散、脱泥的小型试验和工业试验,镍回收率提高有限。为进一步提高镍回收率,对工艺条件、流程结构和选矿设备进行分析,提出建议,以期充分利用有限的镍资源。

关键词 矽酸盐镍矿;浮选;镍回收率;工艺条件;流程结构;设备

中图分类号:TD954 文献标识码:B 文章编号:1001-0076(2006)06-0028-05

Research on Dressing Technology of a Silicates Type Nickel Ore

LIU Guang-long

(Concentrator of Jinchuan Group Corporation, Jinchang, Gansu 737104, China)

Abstract : In this research, the ripe flotation technology was used to recover nickel from a silicates type nickel ore. Under the condition of producing qualified nickel concentrate, the increase of nickel recovery is limited in a bench test and commercial test by strengthening pulp dispersion and desliming. In order to further increasing nickel recovery and making the most of this nickel resources, some suggestions were given such as improving technological condition, flowsheet structure and processing equipments.

Key words : silicates type nickel ore ; flotation ; nickel recovery ; technological condition ; flowsheet structure ; processing equipments

地处青藏高原东北边缘的某矽酸盐型镍矿床发现于1958年初,由于种种原因,直到20世纪80年代初才开始矿山、选矿厂的设计、建设和投产工作。

1 矿石储量与物理化学性质

矿体于地表形成铁帽—氧化矿带,形成含镍绿泥石和含镍褐铁矿带。以含镍绿泥石为主的矿石呈黄绿至暗绿色的松软块状,由含镍绿泥石、含镍蛭石、碳酸盐类及石英、铁质组成,镍品位0.60%~0.80%。以含镍褐铁矿为主的矿石呈褐色、黄褐色至褐黑色的多孔、粉末状,胶结物为褐铁矿,镍品位

1.80%~2.40%。矿石矿物组成复杂,主要含镍矿物有辉铁镍矿、紫硫镍铁矿、含镍绿泥石、含镍蛭石,尚有少量镍黄铁矿、针硫镍矿、镍华及含镍高岭土,其它有用矿物有黄铁矿、黄铜矿、孔雀石、胆矾、褐铁矿、闪锌矿、辉钼矿、自然铜等。脉石矿物主要为石英、长石、黑云母、角闪石、绿泥石、石榴子石等。

氧化矿石中镍90%以上呈矽酸镍状态存在,矿物分析结果为紫硫镍铁矿含镍19.60%、辉铁镍矿含镍28.54%、黄铁矿含镍0.41%、角闪石含镍0.05%、长石含镍0.06%。矿石中氧化镍、硫化镍、硫酸镍和硅酸镍4种物相占有率均在25.00%左

* 收稿日期 2006-04-14 修回日期 2006-09-12

作者简介 刘广龙(1973-),男,甘肃镇原县人,选矿工程师,大学本科,从事选矿科研、技改和生产管理等工作。

右,随着红土矿资源的开发,氧化镍和硅酸镍物相的占有率呈现明显上升趋势。原矿含镍0.60%~1.50%,含铜0.32%~0.48%,因矿山处于回采阶段,矿石性质和主金属镍品位波动较大,镍品位在0.73%~1.08%区间的概率为82.6%。

2 小型试验

2.1 工艺方案

2.1.1 试验方法

小型浮选试验在XFD—0.75、1.0、1.5型单槽浮选机中进行,试验产品分别过滤、烘干、称重并分析镍、铁含量以计算选别指标。

2.1.2 试验药剂

试验用药剂主要有工业品级的碳酸钠(Na₂CO₃)、水玻璃(Na₂SiO₃)、六偏磷酸钠、腐殖酸钠、单宁酸盐。

2.1.3 工艺方案

磨矿过程中产生的矿泥对浮选作业影响较大,不仅造成浮选药剂大量消耗,而且破坏浮选过程的选择性。消除或减轻矿泥影响的方法主要包括强化矿浆分散和脱泥。为此试验考查了强化矿浆分散和脱泥两种工艺方案的可行性。同时考虑到矿石储量、矿山出矿情况、现有厂房设施和综合技术经济指标等因素,只考虑一段磨矿一段浮选。

2.2 强化矿浆分散试验

因为矿浆含矿泥多和胶结物含量大,先做分散剂条件试验。生产实践常用矿浆分散剂有Na₂CO₃、Na₂SiO₃、六偏磷酸钠等无机药剂,以及腐殖酸钠、单宁酸盐等有机药剂。Na₂CO₃起泡快、泡沫丰富且发黏、消泡时间长,其最佳矿浆浮选温度在30℃左右;Na₂SiO₃常温即可,常用作硅质脉石矿物(主要是石英)抑制剂,主要是利用HSiO₃⁻选择性地吸附于石英表面使其亲水性增强;Mw-1是经化学改性制得,泡沫流动性好且易消泡,目前仅处于小型化工生产阶段,货源有限。

试验根据国内硫化镍选矿厂浮选工艺条件,试验确定磨矿细度为65%—200目(—0.074mm),在磨矿机中加入一定量Na₂CO₃,可使矿浆达到较好分散状态。其原因可能是含镍褐铁矿物的零电点在3.0左右,当pH值低于7.0时,矿物间产生异凝聚

作用,Na₂CO₃可调节pH值在8.5~10.0间,使矿物表面均带负电,从而呈分散状态。与此同时,添加Na₂SiO₃等分散剂,以进一步强化矿浆分散。六偏磷酸钠对石英等有抑制作用,腐殖酸钠对铁矿物有较强絮凝作用,导致上浮的泡沫量增大,含镍矿物选择性变差,但精矿中铁品位和回收率下降幅度更大。总体,Na₂SiO₃配合Na₂CO₃可起到良好的矿浆分散作用,且Na₂SiO₃价格便宜,使用方便,是较为理想的分散剂。因该地区温差较大,腐殖酸钠和单宁酸盐等有机药剂易结冻而不能充分发挥药效且价格较高,因此优先选用无机药剂。

在Na₂CO₃用量1000g/t和Na₂SiO₃用量400~600g/t的条件下,精矿中铁品位和回收率得到有效提高;当Na₂SiO₃用量超800g/t时,精矿中镍品位和回收率大幅提高,可能是Na₂SiO₃用量过大后,对石英、褐铁矿等矿物起抑制作用。在固定Na₂SiO₃用量600g/t,随Na₂CO₃用量增加,精矿中铁品位下降而镍品位小幅上升。当Na₂CO₃用量达到1500g/t时,镍指标相对较好且多次试验证实稳定。

2.3 脱泥试验

实验室用起泡剂类酯105、2#油、正己醇和MIBC(4-甲基-2-戊醇)等进行脱泥,脱泥产率基本相同,但用MIBC时镍的损失率较低。酯105、2#油的粘度比正己醇和MIBC大,相应泡沫也较粘。MIBC浮选的泡沫量适中且泡沫较脆,体现出了较好的选择性脱泥性能。试验确定以MIBC脱泥最好。脱泥试验表明,脉石矿物可浮性好,脱除大量易浮矿泥,减少了其对后续浮选作业的影响,为提高精矿镍品位和回收率创造了条件。

表1 MIBC脱泥试验指标(%)

产品	镍品位	产率	镍回收率
矿泥	0.22	6.20	1.33
脱泥后产物	1.14	93.45	98.67
原矿	1.08	100.00	100.00

2.4 细度试验

在Na₂CO₃、Na₂SiO₃用量分别为1500g/t、800g/t时,乙、丁基黄药用量为300g/t条件下,做了—200目含量55%、60%、65%、70%、76%五个细度试验。在一定范围内,磨矿细度提高,浮选精矿中镍、铁品位和回收率都提高,但细度超过65%时,镍品位和回收率开始下降,可能由于含镍矿物存在过磨

现象,虽然微细粒金属矿物增多,但选别效率和镍回收率下降,综合比较,最佳磨矿细度为 65% - 200 目。随磨矿细度的提高,含镍矿物的解离度增加,而存在于胶质褐铁矿中镍矿物的过粉碎随之增加,导致其在矿泥中的损失增加。因此,选择合理的磨矿细度,要兼顾选择性脱泥和有用矿物的单体解离,根据该类矿石中有用和脉石矿物的性质差异,考虑进行选择磨矿。

表 2 脱泥前后对比指标(%)

指标	原矿 镍品位	精矿 镍品位	尾矿 镍品位	镍回 收率
脱泥	1.08	5.80	0.22	82.77
未脱泥	1.05	5.43	0.32	73.88

3 选矿厂生产现状

选矿厂距离采场 12.0 km,矿山采出的矿石由矿运卡车运至选矿厂的原料场。选矿厂的建设充分利用山体自然高差地理特征,破碎筛分、磨矿分级、浮选和精矿脱水作业厂房从高到低呈阶梯状布置。各厂房空间狭小,设备安装相对集中。选矿厂每年 4 月~10 月生产,第一年 11 月~次年 2 月处于停产阶段,次年 03 月为工业设施、设备大修期。

3.1 工艺流程与设备配置

选矿厂采用“两段一闭路破碎、一段闭路磨矿分级、一段浮选、两段精矿脱水”原则流程(图 1)。浮选作业由一段粗选 I、一段粗选 II、一段一次扫选、一段二次扫选、一段三次扫选、一段四次扫选和扫精选共 7 个分作业完成,一次扫选、二次扫选和三次扫选泡沫进入扫精选作业,扫精选作业尾矿返回粗选 I,四次扫选泡沫返回三次扫选,粗选 I、粗选 II 和扫精选的泡沫为最终镍铜混合精矿,四次扫选尾矿为最终尾矿。一段粗选 I、一段粗选 II、一段一次扫选作业各 2 台 4A 浮选机,一段二次扫选、一段三次扫选、一段四次扫选和扫精选作业各 4 台 3A 浮选机,共 22 台“ A ”型浮选机。

精矿脱水作业主要由 1 台浓缩机(直径 9.0 m、中心传动式)和 1 台卧式板框压滤机完成,滤饼水分 17.0%~21.0%。精矿浓密机溢流水、滤液和尾矿澄清水直接排入当地的河道。

3.2 生产技术指标

在流程改造前,按照原浮选流程结构和药剂制

度生产,技术指标见表 3。

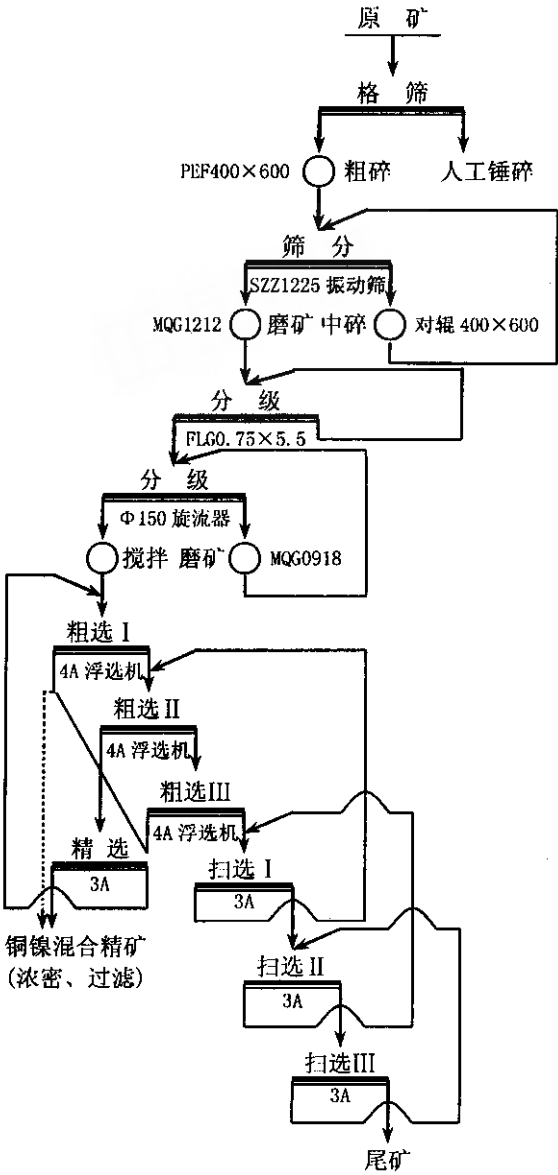


图 1 某硫酸盐型镍矿选矿厂原则流程

表 3 生产流程改造前、后技术指标对比(%)

改造前				改造后			
原矿镍	精矿镍	尾矿镍	镍回收率	原矿镍	精矿镍	尾矿镍	镍回收率
0.74	4.60	0.48	39.22	0.62	5.29	0.27	59.49
0.87	5.77	0.55	40.66	0.73	5.58	0.37	52.82
0.93	5.68	0.67	31.69	0.85	5.69	0.28	70.53
1.02	5.62	0.70	35.81	0.93	5.73	0.33	68.46
1.12	6.40	0.60	51.26	1.02	6.56	0.53	52.26
1.25	5.48	0.72	48.79	1.08	5.43	0.32	74.76
1.35	6.18	0.76	49.83	1.34	6.63	0.35	77.98
1.43	5.90	0.79	51.66				
1.50	5.90	0.79	54.63				

4 改造方案与技术指标

工艺参数、设备参数的调整和流程改造的根本出发点是在确保精矿镍品位(5.50%)合格的前提下,尽量提高镍回收率。

4.1 主要技术措施

(1)一段一次磨矿作业由两台平行作业的MQG1212磨机完成,一段二次磨矿作业为1台MQG0918磨机,一段一次磨机每天分别补加 $\Phi 100$ mm铸球8个左右,一段二次磨机每天补加 $\Phi 100$ mm铸球4个左右。流程考查发现,磨机排矿、溢流中粗粒级主要为0.074~2.0 mm石英颗粒。通过对磨机介质充填率、衬板和铸球磨损情况进行测量和分析,根据磨矿机钢球补加经验公式并结合矿石性质,将一段一次磨机调整为每天补加 $\Phi 80$ mm铸球10个左右,一段二次磨机每天补加 $\Phi 60$ mm铸球6~7个,随后对磨矿机排矿做细度试验,发现一段一次磨机排矿细度提高4.00%~6.00%,一段二次磨机排矿细度提高5.0%左右,一段溢流细度达到-200目45.0%~58.0%。

(2)针对浮选作业段22台‘A’型浮选机吸气管失去应有的功能的问题,对浮选机进行全面检修和更换吸气、浆管,检修后充气量明显增加,粗选作业泡沫层变厚同时泡沫实而大。

(3)将其原来在四次扫选作业添加的丁基黄药、丁基铵黑药用量前移,并分配到粗选Ⅰ、扫选Ⅰ,药剂制度作微小改动后指标为:原矿镍品位0.75%、精矿镍品位5.46%、尾矿镍品位0.45%、镍回收率43.59%。在这之前指标为:原矿镍品位0.75%、精矿镍品位5.33%、尾矿镍品位0.55%、镍回收率29.74%。在此基础上,加大粗选Ⅰ、扫选Ⅰ丁基铵黑药用量和扫选Ⅱ黄药后技术指标为:原矿镍品位0.75%、精矿镍品位6.12%、尾矿镍品位0.30%、镍回收率63.07%。

4.2 改造方案

(1)该厂一段一次分级作业选用螺旋提升装置在中部的高堰式分级机,由于螺旋将矿泥提升到中部后因断带而继续回流入分级区,造成分级返砂几乎为零,而且干扰分级的正常进行。鉴于此情况,将螺旋分级机下部分级区外槽加高7.0~8.0 cm,溢

流堰加高6.0~6.6 cm,避免了因螺旋叶片断带造成的不能提升返砂问题。螺旋分级机分级区外槽和溢流堰加高,同时将磨机垫高5.2 cm,磨机排矿趋于平缓。

(2)该厂采用原浮选流程生产,存在主要问题是不能有效发挥药剂作用,造成镍铜混合精矿品位合格率和回收率偏低。改造后流程见图1,具体是:将原扫选作业改为精选作业,精选尾矿返回粗选Ⅱ第二槽,精选泡沫为最终镍铜混合精矿。将原一次扫选改为粗选Ⅲ,粗选Ⅰ、粗选Ⅱ和粗选Ⅲ泡沫进入精选作业。原扫选Ⅱ、扫选Ⅲ、扫选Ⅳ依次改为扫选Ⅰ、扫选Ⅱ、扫选Ⅲ作业,扫选尾矿为最终尾矿,扫选Ⅲ泡沫返回扫选Ⅱ,扫选Ⅱ泡沫返回扫选Ⅰ,扫选Ⅰ泡沫返入粗选Ⅱ第二槽。对于粗选Ⅰ作业,其泡沫走向可根据原矿性质和镍品位做出选择,当原矿中硫化物相占绝对优势或镍品位超过0.80%时,粗选Ⅰ泡沫可作为最终镍铜混合精矿,否则,进入精选作业再富集,确保精矿镍品位合格(5.50%)。

4.3 技术指标

通过对工艺条件、设备参数进行优化和流程改造,精矿镍品位可保证在5.50%以上,同时回收率也有所提高。流程改造后技术指标见表3。

5 结论与建议

5.1 磨矿作业的调整

(1)常规浮选粒级范围是0.01~0.12 mm,粗于这个粒级的矿粒因其机械脱力过大而不能被气泡带起上浮。细于该粒级的因静电力、表面力、布朗力等作用不上浮。

(2)由于该矿特定的镍矿石性质,加之以往科技攻关仅局限于浮选作业,形成似乎所能上浮的东西是一个定数。如果针对该矿床镍矿石性质认真选择磨矿工艺,并把影响浮选的因素向前延伸到浮选给矿特性上,即磨矿、浮选结合起来,会出现新的技术突破和转折。

(3)在不改变选矿原则流程前提下,可通过改变磨矿介质形状来提高磨矿细度。选矿生产中最突出的问题是过磨和过粉碎,特别是易泥化的脉石矿物大量过粉碎,即使精矿镍品位难以提高,又使主要含镍矿物的回收受到一定抑制。用钢球作介质是难以做到减轻过磨和过粉碎的。该选矿厂可考虑采用

线性接触的短柱形介质或锻球取代钢球。

5.2 流程结构优化

精矿质量与回收率不高的主要原因是以硅酸镍形式存在的镍未得到充分的磨矿解离与浮选富集。因此建议该矿在找矿有大的突破情况下,或新建该类矿石选矿生产线时,宜采用“两段磨矿、两段浮选、中矿再磨再选”流程,以适应矿石性质和保证产品的质量,确保镍金属回收率。一段利用成熟的硫化镍矿石浮选技术,主要提取富集于矿石中的硫化镍,产出高质量镍铜混合精矿;二段主要回收以氧化镍形式存在的镍,产出低质量镍铜混合精矿。两种精矿既可分开,也可混合以调节总精矿质量,同时达到提高回收率的目的。

5.3 浸出技术的研究与应用

目前世界提取的镍金属有 2/3 来自硫化镍矿石,其余来自氧化镍矿。矽酸盐型镍矿石浸出技术难点在于硅酸类矿物在酸性溶液中形成层网状结构,不利于镍的提取。国内对矽酸盐型镍矿石浸出技术,目前没有进行专门的研究和缺乏生产实践经验,而碱法浸出技术不能使铜、铁与镍有效分离,因此应加紧进行该类矿石矿物加工技术专题的研究。目前国内开发矿产资源提取的镍金属有 85% 来自金川硫化铜镍矿床,其余来自吉林、新疆、青海、云南、四川等地的硫化镍矿床及其它矿床。因此必须加大此类氧化镍矿资源开发的技术投入与产业的研究,争取早日突破红土矿加工技术,充分利用成熟的技术开采矽酸盐型镍矿石和加工,延长矿山服务年限,综合利用有限的镍资源。

5.4 强化矿浆分散技术的应用

采用强化矿浆分散浮选脱泥新工艺,流程简单、药剂种类少、选别效率较高。在细度 73% - 200 目、 Na_2CO_3 、 Na_2SiO_3 用量分别为 1 500 g/t、800 g/t 时实现矿浆的强化分散,选别矽酸盐型镍矿石获得镍精矿品位 5.43%、镍回收率为 74.76% 的优良指标。

5.5 脱泥新工艺的研究

选矿过程中的矿泥(粒度小于 0.01 mm)是不可避免的,其在含镍矿物表面形成“矿泥覆盖”,减弱捕收剂吸附,从而降低含镍矿物的浮选速率和回收率,还会降低其疏水性;其次,回收的含镍矿物表

面附着有矿泥,会降低精矿镍品位。澳大利亚的芒特肯斯选矿厂对磨矿分级的溢流进行脱泥,在浮选前脱出了粒度小于 0.006 mm、产率 15% 左右的矿泥,矿泥用浮选柱处理后抛尾,消除了矿泥对后续作业的影响,提高了精矿质量。因此,进行脱泥新工艺的研究很有必要。

对于矽酸盐型镍矿石目前试验确定以 MIBC 脱泥最好。脱泥试验表明,脉石矿物可浮性好,脱除大量易浮矿泥,减少了其对后续浮选过程的影响,为提高精矿镍品位和回收率创造了条件。

5.6 应用新型高效浮选机

针对该矿浆需要强化分散的工艺要求,建议采用喷射浮选机或 SF 系列浮选机。目前研制成功的无搅拌机构的喷射浮选机,采用带有拱形摆线型导气叶片喷嘴的搅拌装置,使矿浆呈螺旋状喷出,可增加矿浆与空气接触面积和夹带空气能力,充气量大,被高速喷射出的矿浆处于混合室的负压区,呈过饱和状态溶解于矿浆的空气以微泡形式有选择性地疏水矿物表面析出,起到强化气泡矿化捕集细粒矿物的作用。或选用自吸气、自吸浆的 SF 系列浮选机,其主叶片一是吸入空气,二是吸入矿浆。辅叶片抽吸下部矿浆向四周循环,离心力大,对三相流体有较大加速作用,从而提高叶轮腔真空度,提高吸气量。辅叶片产生矿浆下循环,即使槽底到叶轮距离有所加大,但不会产生沉槽现象,所以相应减少了叶轮浸没深度,增加吸气量,又有足够搅拌力。

参考文献:

- [1] 朱建光,等. 有机化学[M]. 北京:冶金工业出版社,1985.
- [2] 《选矿设计手册》编委会. 选矿设计手册[M]. 北京:冶金工业出版社,1988.
- [3] 刘承科,梁乃懋. 普通化学[M]. 长沙:中南工业大学出版社,1989.
- [4] 刘广龙,刘元科. 球磨机钢球添加问题探讨[J]. 矿山机械,1999,27(4): 21-22.
- [5] 刘广龙. 二矿区富矿石选矿捕收起泡剂选择试验[J]. 矿业研究与开发,2002,22(5): 24-26.
- [6] 刘广龙. 浮选机开发特点与研究设计方向[J]. 金属矿山,2004,24(增刊): 56-62.
- [7] 刘广龙. 矿物加工工程中的浸出技术[J]. 中国矿山工程,2004,33(6): 28-32.
- [8] 刘广龙. 硅酸化硫化镍矿石浮选工艺探讨[J]. 矿产保护与利用,2005,(5): 28-31.
- [9] 刘广龙. 滑石—碳酸盐硫化镍矿石浮选工艺研究[J]. 中国矿山工程,2005,34(6): 11-14,21.