

吉林大黑山贫钼矿石选矿试验研究

刘学胜, 孟宪瑜

摘 要:针对矿石中钼品位较低、部分氧化、辉钼矿颗粒较细,黄铁矿、黄铜矿相对含量较高,含较多的易泥化脉石矿物的特点。通过一段粗磨、精矿再磨、抛弃第二尾矿的工艺流程和石灰抑制黄铁矿、水玻璃分散抑制矿泥脉石、精选采用硫化钠抑制黄铜矿的药剂条件,使辉钼矿得以充分合理的回收。

关键词:钼;铜;硫;泥化;再磨;硫化钠;二尾矿

中图分类号:TD924 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-9492(2003)02-0004-04

近年来国际市场上钼金属价格一直在稳步上升。而作为钼金属出口大国的我国钼矿山矿石却越来越趋于贫化。使得选矿的钼精矿品位和回收率受到影响。因此对于贫钼矿石的合理开发利用成为选矿领域的一项重要研究课题。

吉林大黑山钼矿是亚洲第二大储量的钼矿床,其矿石大部分为贫钼矿石,含钼一般为0.1%左右。目前吉林镍业集团有限公司正在筹建3000t/d的钼浮选厂处理该矿石。进行该矿石的选矿试验研究,对于开发这一大型矿床,合理利用钼资源是极为重要的。也为我国钼矿石的逐渐贫化寻求一条可行之路。

试验在通过对矿石性质研究基础上,针对矿石中钼品位较低且部分氧化,辉钼矿主要以细颗粒嵌布在脉石中,矿石中含黄铁矿、黄铜矿相对较高,并含较多的易泥化脉石矿物等特点。采用一段粗磨矿、粗精矿两次精选后精矿再磨再精选、精尾矿再扫选后弃为第二尾矿流程,使用石灰抑制黄铁矿、水玻璃分散抑制矿泥脉石、硫化钠抑制黄铜矿、煤油为捕收剂、松醇油为起泡剂的药剂条件,获得了原矿钼0.1063%(钼氧化率12.26%)、铜0.078%,钼精矿含钼47.05%、含铜0.16%、钼回收率88.14%的理想指标。

1 矿石性质

1.1 矿石物质组成

大黑山贫钼矿石中矿物种类较多,金属矿物较少,合计为3.79%,其中黄铁矿最多占2.51%(占金属矿物的66.23%)。非金属矿物以石英、长石为

主,且含较多的易泥化矿物。矿石中各矿物含量统计结果见表1。

表1 矿石矿物含量统计结果/%

金属矿物		非金属矿物	
名称	含量	名称	含量
黄铁矿	2.51	石英	52.93
黄铜矿	0.33	长石	22.44
闪锌矿	0.03	黑云母	2.57
方铅矿	0.05	白云母	3.21
辉钼矿	0.26	方解石	3.84
钛铁矿	0.30	萤石	0.32
褐铁矿	微	高岭土	3.20
辉铜矿	微	磷灰石	微
铜蓝	微	锆石	微
斑铜矿	微	榍石	微
赤铁矿	0.31	绢云母	7.70

原矿多元素分析结果见表2。

表2 原矿多元素分析结果/%

元素	Cu	Mo	Pb	Zn	Fe	Mn	As	S
含量	0.078	0.106	痕	0.014	2.11	0.036	0.021	1.68
元素	Re	CaO	TiO ₂	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	
含量	痕	0.018	0.50	0.073	12.39	0.378	68.48	

原矿钼物相分析结果表明,硫化钼中钼占0.093%,氧化钼中钼占0.013%,钼氧化率为12.26%。

1.2 辉钼矿浸染粒度及产出特征

矿石中辉钼矿以细粒为主,其中+0.1mm仅占11.99%,而-37μm占34.56%,见表3。

矿石中辉钼矿主要以板状、板条状、叶片状、星散状及其集合体产出在脉石中,且辉钼矿对黄铁矿有交代作用和包裹黄铁矿颗粒。但绝大多数辉钼矿多浸染在脉石矿物或沿脉石裂缝侵入与脉石关系密切。

收稿日期:2003-03-21
作者简介:刘学胜(1949-),男,辽宁沈阳人,沈阳有色金属研究院工程师,辽宁沈阳,110023

表 3 辉钼矿浸染粒度统计结果/%

含量 矿石类型	粒级 / μm						合计
	+ 150	- 150 + 100	- 100 + 75	- 75 + 56	- 56 + 37	- 37	
试验贫矿	4.53	7.46	9.48	18.38	25.79	34.36	100.0

由于该矿石钼氧化率达 12.26%，而目前国内对于钼氧化矿物尚无有效选矿方法，又因辉钼矿嵌布粒度较细，矿石中含较多的高岭土、绢云母等易泥化矿物，磨矿中必然产生大量矿泥，加之黄铁矿、黄铜矿含量相对较高，这将对提高钼精矿质量和回收率产生不利影响并增加选别工艺难度。

2 浮选试验研究

2.1 流程预选试验探索

考虑矿石特点和经济因素，主要对一段磨矿、多次精选与一段粗磨、精矿再磨精选流程进行了对比试验，一段磨矿细度为 $-75\mu\text{m}$ 占 65%，粗精矿再磨细度为 $-75\mu\text{m}$ 占 90%，粗扫选药剂为石灰、水玻璃，捕收剂为煤油，起泡剂为松醇油，五次精选。精选药剂为水玻璃、氰化钠。试验结果见表 4。

表 4 预选试验不同流程对比结果/%

流程 方案	产品名称	产率	品 位		回 收 率	
			钼	铜	钼	铜
一 段 磨 矿	钼精矿	0.17	26.470	7.13	42.25	15.32
	钼精尾矿	7.20	0.638		43.10	
	钼扫精矿	2.60	0.117		2.82	
	尾 矿	90.03	0.014		11.83	
	原 矿	100.0	0.1065		100.0	
粗 精 再 磨	钼精矿	0.14	35.50	9.22	45.40	16.33
	钼精尾矿	6.90	0.602		39.00	
	钼扫精矿	1.76	0.114		1.88	
	尾 矿	91.20	0.016		13.72	
	原 矿	100.0	0.106		100.0	

从表 4 中看出粗精矿再磨后精选精矿品位及回收率均好于一阶段磨矿多次精选的指标。对于大型选矿厂，矿石钼品位较低，钼矿物嵌布粒度较细，采用一段粗磨、粗精矿再磨再精选流程，对于降低磨矿成本提高精矿指标，从技术上和经济上应是最佳的选择。

2.2 粗选条件对指标的影响

磨矿细度试验、工艺流程及条件见图 1，不同磨矿细度与浮选指标的关系见图 2。

从图 2 看出，磨矿细度达 $-75\mu\text{m}$ 占 55% 以上时，回收率曲线都在 90% 以上波动，但幅度不大。这主要是原矿钼有 12.26% 的氧化矿随泡沫机械夹杂或连生存在波动所致。从经济上考虑粗选磨矿细度在 $-75\mu\text{m}$ 占 55% 已达辉钼矿最大回收率。此时辉钼矿单体解离度为 58.83%。

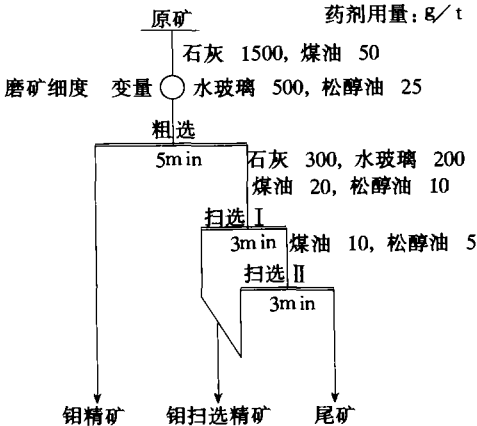


图 1 粗选磨矿细度试验流程及条件

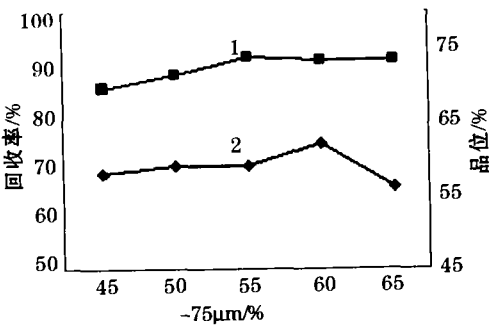


图 2 磨矿细度与浮选指标关系

1—钼回收率；2—钼精矿品位
粗选调整剂分别采用石灰、水玻璃对选别指标的影响见图 3。

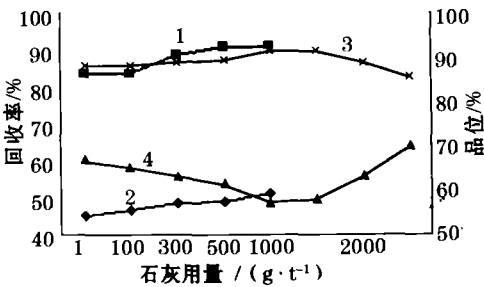


图 3 粗选调整剂与浮选指标关系

1—用水玻璃时钼回收率；2—用水玻璃时钼品位；
3—用石灰时钼回收率；4—用石灰时钼品位
从图 3 可看出，石灰用量在 1000~1500g/t 时，钼回收率曲线达较高值，此时矿浆 pH 值为 7.5~8.0，而大于或小于这个用量钼回收率曲线都明显下降。再从水玻璃用量上看是随着用量增加，分散矿泥和对脉石的抑制作用比较明显，粗精矿钼品位及

回收率曲线都有不同程度升高,但当用量达 500g/t 以上时,回收率有所下降。

由于原矿钼品位较低,辉钼矿嵌布粒度细,所以粗选主要以最大力度地提高钼回收率为主,试验比较,煤油捕收效果较好,用量较少,为 40g/t,起泡剂中松醇油好于其它起泡剂,用量为 25g/t。

2.3 精选流程及条件对选别指标的影响

2.3.1 再磨前精选的必要性

因粗精矿中仍含有一定量的矿泥,更有一部分可浮性好的黄铁矿与高岭土、云母等脉石矿物互含,经再磨后将使矿泥进一步增加。严重影响下一步对钼精矿品位和回收率的提高,恶化钼、铜分离浮选过程,必须再磨前除之。通过再磨前的精选加入石灰、水玻璃,达到了理想的效果,两次精选可使再磨前的产率由粗精矿的 5.5%~6.0%,降至 0.5% 以下,精矿品位钼从 2%~3% 提高到 20% 以上。钼回收率达 83.0% 以上(作业回收率达 90% 以上)。可见再磨前精选效果明显,不但减少了再磨负荷,提高了钼品位,也为下一步再磨后抑铜创造了良好条件,是处理该类矿石流程中必需的一个步骤。

2.3.2 精矿再磨细度对精选指标的影响

工艺流程见图 4,再磨细度与精选指标关系见图 5(由于再磨前两次精矿产率太小,故本试验和其后抑铜药剂试验都采取再磨前一次精选)。

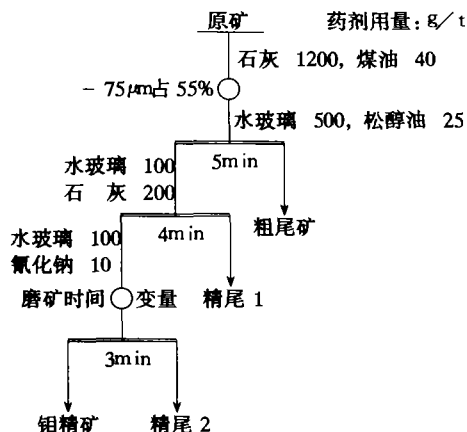


图 4 精矿再磨细度试验及条件

从图 5 看出,再磨后经一次精选在钼回收率变化不大的情况下,再磨 6min(-75 μ m 占 92%)时钼精矿品位明显提高,由不再磨的 17.14% 提高到 25.06%,此时辉钼矿单体解离度为 88.31%。如再增加磨矿时间将使矿物泥化严重,影响精选效果。

2.3.3 铜抑制剂种类选择及硫化钠用量的抑铜效果

由于原矿含铜相对较高,为 0.078%,且因磨矿中产生的铜离子作用,缩小了各矿物之间的可浮性

差异。在前再磨试验条件中采用氰化钠抑铜效果很不理想,再磨后一次精选精矿含钼 25.06% 时含铜为 7.15%。如增加大量氰化钠必增加处理尾水排放的环保费用,从而加大成本。为寻求较低廉又环保的抑铜药剂,试验对四种抑制剂的抑铜效果进行考察,其中硫化钠抑铜效果见图 6。

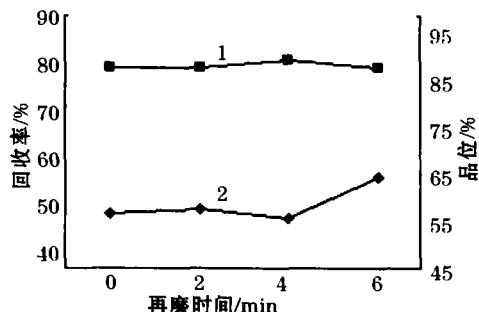


图 5 再磨细度与浮选指标的关系

1—钼回收率;2—钼精矿品位

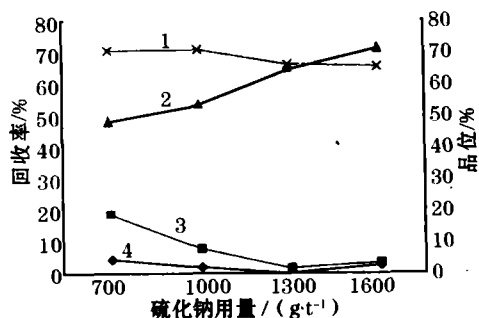


图 6 硫化钠用量与选矿指标的关系

1—钼回收率;2—钼品位;3—铜回收率;4—铜品位

从硫化钠用量与抑铜效果关系曲线看出,硫化钠用量(再磨中)为 1200g/t 时,经两次精选后钼精矿品位达 45.17%,含铜为 0.211%。而当增加硫化钠用量至 1500g/t 时钼精矿含铜不再降低。因此硫化钠抑铜再磨加入量应在 1200~1500g/t。

2.4 再磨后一次精选尾矿再选与抛弃第二尾矿

再磨后一次精选,脱除了大部分矿泥,也抑制了大部分铜矿物,但 8.37% 的钼进入精选尾矿。而精尾中大量铜矿物、矿泥及硫化钠药剂如闭路正常返回前流程作业必将产生恶性循环,其中硫化钠将对黄铁矿产生一定的活化作用,加之矿泥必然影响最终钼精矿质量及回收率。经中矿正常返回闭路试验证明,钼回收率较低为 84.95%,从铜金属分布情况看,尾矿加精矿合计为 55.64%,即 44.46% 的铜在中矿中恶性循环没有进入尾矿。这也必将最终影响钼精矿质量,是一个必须解决的问题。因此有必要对再磨后精选尾矿再扫选后抛弃最终第二尾矿。其试验流程及条件见图 7,试验结果见表 5。

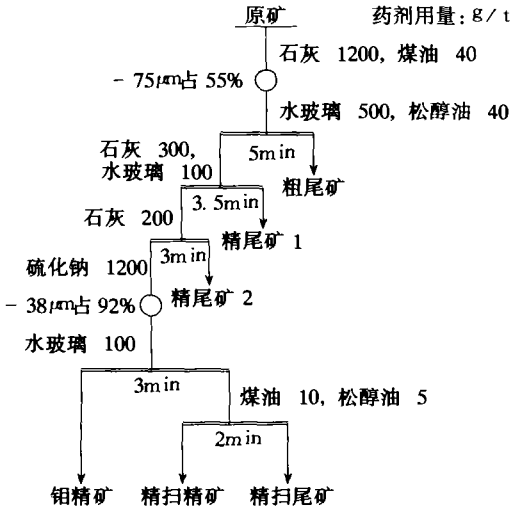


图 7 再磨后抑铜精选尾矿再
扫选钼试验流程及条件

表 5 再磨精选尾矿再扫选试验结果/%

产品名称	产率	品 位		回 收 率	
		钼	铜	钼	铜
钼精矿	0.16	47.813	1.563	71.89	3.28
精扫精矿	0.05	13.400	3.970	6.30	2.63
精尾矿 2	0.65	1.092	0.420	6.67	3.55
精尾矿 1	5.00	0.093	0.297	4.42	19.61
精扫尾矿	0.21	1.063	8.670	2.07	23.95
粗尾矿	93.93	0.0098	0.038	8.65	46.98
原 矿	100.0	0.1064	0.076	100.0	100.0

由表 5 看出,再磨后一次精选尾矿再选可获得钼扫选精矿品位钼 13.40%,回收率 6.30%。精扫选尾矿含钼 1.063%,金属分布率 2.07%,如经两次或三次扫选便可最终抛弃第二个尾矿,使工艺流程合理完善。

2.5 综合开路试验

在各主要流程及条件试验研究基础上进行了综合开路试验。其工艺流程及药剂条件见图 8,试验结果见表 6。

表 6 综合开路试验结果/%

产品名称	产率	品 位		回 收 率	
		钼	铜	钼	铜
钼精矿	0.12	55.333	0.251	62.40	0.39
精尾矿 5	0.02	35.500	2.000	6.67	0.52
精尾矿 4	0.03	10.000	6.000	2.82	2.37
精扫精矿 1	0.05	13.400	3.970	6.30	2.63
精扫精矿 2	0.04	3.750	5.000	1.40	2.63
精尾矿 2	0.65	1.0928	0.420	6.67	3.55
精尾矿 1	5.00	0.0934	0.297	4.42	19.61
扫精矿 1	1.70	0.220	0.137	3.48	3.03
扫精矿 2	0.90	0.077	0.153	0.66	1.84
尾矿 2	0.17	0.400	9.529	0.67	21.32
尾矿 1	91.32	0.0053	0.035	4.51	42.11
原 矿	100.0	0.1064	0.076	100.0	100.0

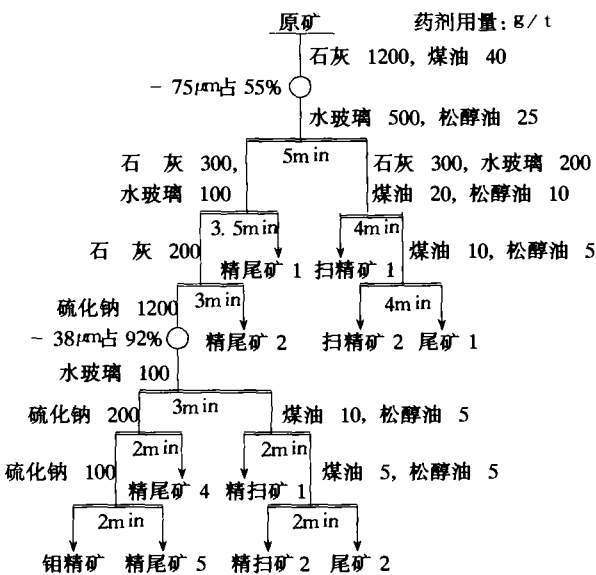


图 8 综合开路试验流程及条件

从表 6 可看出,综合开路试验的流程及条件获得较好的选别指标,其精矿钼品位达 55.33%,含铜 0.251%,尾矿 1 钼品位 0.0053%,尾矿 2 钼品位 0.40%,含铜 9.529%,钼仅损失回收率 0.67%(可作为铜精矿出售)。同时各中矿钼品位及金属分布比较合理。

2.6 闭路试验验证

在综合开路流程及条件的基础上进行了闭路试验验证,工艺流程及条件见图 9,试验最终指标见表 7。

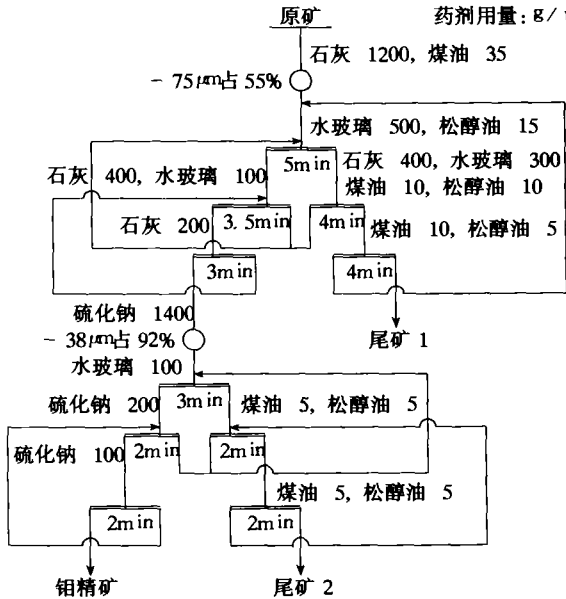


图 9 闭路试验流程及条件

通过闭路试验结果看出,对于大黑山的低品位细颗粒含铜、硫、矿泥的钼矿石,采用一段粗磨矿,粗选用煤油和松醇油最大限度地提高钼回收率,粗精

(下转第 10 页)

厂各项成本费用逐年降低,经济效益稳步上升。2002 年,全年处理氰渣 38871.72t,原矿品位 8.49%,回收率 82.476%,累计成本 70 元/t,铅金属销售价格为 2000 元/t,全年累计利润 272.27 万元。再加上铅精矿中的金、银计价收入,选铅厂全年赢利非常可观。

4 结语

三山岛金矿选铅厂在近 10 年的生产过程中,不断提高工艺技术水平,改进设备配置,选铅指标不断上升,企业效益稳步增长。

但是,目前生产中仍存在着如下问题:

- 1. 原矿品位波动较大,对浮选工艺流程和浮选操作提出了更高的要求。
- 2. 由于是利用氰渣选铅,原矿中含有的过多药剂及原矿的严重泥化,影响了选铅指标的进一步提高。

这些问题还需要认真分析,通过在生产实践中不断探索,逐步解决。

采用浮选方法从氰渣中回收有用矿物,方法简单,易于掌握,投资较少,收益良好,值得许多黄金企业借鉴推广。

THE PRODUCTION PARCTICE OF THE SANSHANDAO GOLD MINE
ABOUT THE RECOVERING THE LEAD FROM THE CYANIDATION RESIDUE

JI Guang-hui, ZHANG Guo-qiang
(The Sanshandao Gold Mine of Shandong Gold Group Limited
Corporation, Laizhou Shandong 261442, China)

ABSTRACT

The paper introduced that the lead processing plant of the Sanshandao Gold Mine have constantly improved the production technology, increased the production index, and gotten the better economic profit.

KEY WORDS: cyanidation residue; lead flotation; production index; improvement; economical profit

(上接第 7 页)

矿加石灰、水玻璃经两次精选脱除黄铁矿和矿泥脉石,精矿再磨加硫化钠抑铜精选,精尾矿两次扫选,钼扫选精矿参与精选循环,精扫选尾矿为第二尾矿弃之,该工艺流程及药剂条件是处理大黑山矿石的较好选择。试验最终获得了较高的钼精矿品位及回收率。

表 7 闭路试验结果/%

产品名称	产率	品 位		回 收 率	
		钼	铜	钼	铜
钼粗精矿	0.199	47.035	0.160	88.14	0.38
尾矿 2	0.622	0.434	8.087	2.54	64.24
尾矿 1	99.179	0.010	0.028	9.32	35.38
原 矿	100.00	0.1062	0.078	100.0	100.0

3 结语

大黑山钼矿是亚洲第二大钼矿床,其矿石大部

分为品位较低的贫钼矿石,由于钼矿物颗粒较细,且有 12.26% 的氧化部分。金属矿物中大部分为黄铁矿,含铜相对较高,脉石矿物中含较多的易泥化矿物。这就必然造成选矿工艺复杂,且很难获得较好的选别指标,从而长期影响了大规模开发利用这一大型资源。而技术上解决以贫矿为主大型矿床矿石的选别问题,对我国的钼矿业持续发展起到了一定作用。

由于目前国内外除水冶法外尚无对氧化钼矿石的有效选别方法。本试验研究获得了钼精矿品位 47.035%、含铜 0.16%、钼回收率 88.14% 的理想指标。据吉林镍业集团有限公司测算,建 3000t/d 选矿厂技术和经济上是可行的。如进一步加强对铜的回收其选矿综合经济效益应是较为可观的。