

且将大大提高矿床工业利用率。

因此，完善对现有矿山原料基地实际状况的控制计算形式和方法并加以分析，将可提高

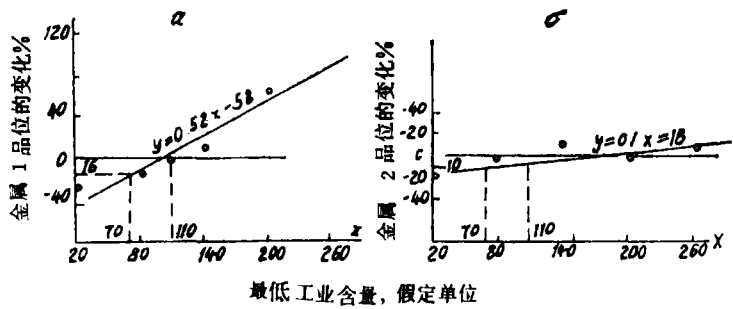


图 3 金属 1 (a) 和金属 2 (b) 金属平均含量的变化与平衡表内储量的实际值的关系

矿山的生产成绩，并为谨慎对待国家矿产原料创造必要的条件。

肖红译自《Комплексное использование минерального сырья》1980, № 9, 3—7.
林树校

用分别采矿和选矿的方法提高各主要类型硫化铜镍矿石的综合利用效率

Х.А. Базоев 等

“十月”矿床的致密硫化铜—镍矿石，在矿物组成定性、定量方面、结构组织特征、有用组份的富集，以及每吨矿石中金属总含量方面，都很不相同。根据这些主要参数，全部矿石明显地分为以下五种天然类型，其矿物组成如表 1^[1]。

为了补充表中所列的数据，指出，在第一和第二种类型矿石中，钼主要在镍黄铁矿中，主要呈同晶形的杂质(80—90%)，而铂形成单独矿物的微细的分离体。在第三种类型矿石中，铂和钼 50—60% 为独立矿物，其粒度为 0.01—1 毫米，这些矿物的其余部分在硫化物中呈同晶形的杂质。在第四种和第五种类型矿石中，铂和钼主要(80—90%) 形成独立矿物，其粒度在 0.1—3 毫米之间。

鉴于上述自然矿石类型的矿物组成特点，可以归纳成三个工业等级。

表 1 各种自然矿石类型的分类和矿物组成

矿石的自然类型	矿物含量										
	镍黄铁矿			黄铜矿 假定单位	方黄铜矿 假定单位	塔拉希特 (Талхит) 假定单位	磁黄铁矿		陨磁铁 假定单位	磁铁矿 假定单位	
	共计	%					共计 假定单位	单斜晶的六方的			
		粗粒	细粒								
	假定单位	假定单位	假定单位	假定单位	假定单位	假定单位	假定单位	假定单位	假定单位	假定单位	假定单位
第一类型：细粒不均一的镍黄铁矿—黄铜矿—磁黄硫铁矿	1.0	15	85	1.3	—	—	5.8	32	68	—	16
第二类型：粗粒镍黄铁矿—黄铜矿—磁黄铁矿，黄铜矿网状分布	1.2	50	50	2.1	0.2	—	5.9	6	94	—	1.2
第三类型：镍黄铁矿—黄铜矿（莫依胡基特矿）—陨硫铁—方黄铜矿	1.1	90	10	1.0	4.9	+	+	未测定	未测定	1.9	1.4
第四类型：镍黄铁矿—方黄铜矿—陨硫铁—黄铜矿石	0.9	100	—	5.1	1.2	—	—	—	—	1.8	0.7
第五类型：镍黄铁矿—方黄铜矿—塔尔希特（莫依胡基特矿）矿石	1.0	100	—	—	3.1	5.0	—	—	—	0.1	1.0

(1) 磁黄铁矿等级*——第一和第二矿石类型；

(2) 方黄铜矿等级——第三矿石类型(表2)；

(3) 塔拉希特矿(莫依胡基特矿)等级——第四和第五矿石类型。

所分等级,实际在所有有用组份含量,最终是在每吨矿石中金属价值方面,明显不同(表3)。

表2 工业等级矿石的矿物组成

工业等级矿石	矿 物 含 量, 假 定 单 位						
	镍黄铁矿	黄铜矿	方黄铜矿	(莫依胡基特矿) 塔拉希特矿	磁黄铁矿	陨磁铁	磁铁矿
磁黄铁矿	1.0	1.6	0.1	—	5.3	—	1.2
方黄铜矿	1.0	0.9	4.4	+	+	1.7	1.3
塔拉希特矿 (莫依胡基特矿)	0.9	0.4	4.8	4.5	—	0.1	0.9

表3 矿石中有用组份的分布特征

矿石等级	含 量, 假 定 单 位					每吨矿石价值 假定单位
	镍	钴	铜	铂与钯	金	
磁黄铁矿	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
方黄铜矿	1.0	0.8	2.2	2.0	3.0	1.5
塔拉希特矿	0.8	0.5	4.0	6.6	10.6	2.1

铜、铂、钯和金的含量,以及一吨矿石的价值,由磁黄铁矿向方黄铜矿和塔拉希特矿($\text{Cu}_9\text{Fe}_8\text{S}_{16}$)和莫依胡基特矿($\text{Cu}_9\text{Fe}_8\text{S}_{16}$)(这些矿物都是立方体形黄铜矿易氧化的变种)方向逐渐增高。钯的分离体和铂和钯独立矿物的粒度也这样增大。

从所划分出的工业等级中,每一等级矿石储量大,而且在矿脉中具有一定的限制^[5],这就决定可以分别开采,无须改变矿山所采用的回采方法。此时磁黄铁矿或塔拉希特矿石中方黄铜矿杂质的含量可不得超过10—15%。

由变化系数表示的有用组分含量的变化,在每一等级矿石中,都大大低于整个致密矿石,这个因素意义很大,因为当组织按等级分别开采和选别之时,能够保证选矿厂的给矿质量稳定。

* 矿石等级是按其主要造矿矿物而命名的。

表 4 矿石组成的变化特征

矿石等级	含量的变化 V, %					
	镍	铜	钴	铂	钼	金
整个矿石 (各等级的总和)	28	70	35	99	86	150
磁黄铁矿	12	39	20	53	41	85
方黄铜矿	17	20	18	34	28	99
塔拉希特矿 (莫依胡基特矿)	17	13	26	40	33	49

1979年以前,致密的硫化矿矿石一起采矿和一起选矿,然后得铜精矿、铜—镍中矿和镍浮选尾矿,后者是磁黄铁矿粗精矿。磁黄铁矿粗精矿由于它不可能冶金处理,所以要暂时堆积起来。

所分的各等级矿石物质组成的上述工艺特点,其储量丰富,以及可能在矿山实现分别采矿,这是可以制定处理致密硫化矿分别选矿工艺的基础,这种工艺保证比一起选别的,更能有效综合利用。

曾经按图1和图2的不同方案,对所有划分的三种等级矿石工艺试样,进行了试验室的研究

(1) 按图 1 一起选别所有三种工业等级矿石的混合料;

(2) 分别选别方黄铜矿和塔拉希特矿石(按流程 2)和磁黄铁矿矿石(按图 1 流程)的配料;

(3) 分别选别所有三种工业等级矿石(磁黄铁矿和方黄铜矿,按图 1 流程;和塔拉希特矿石,按图 2 流程);

在铜浮选回路按两个流程选别时,实际采用同一种药剂制度;镍和磁黄铁矿回路的浮选制度,在以前的文章[7]中,曾经有过介绍。

所研究的一起选别和分别浮选的工艺指标列于表 5。

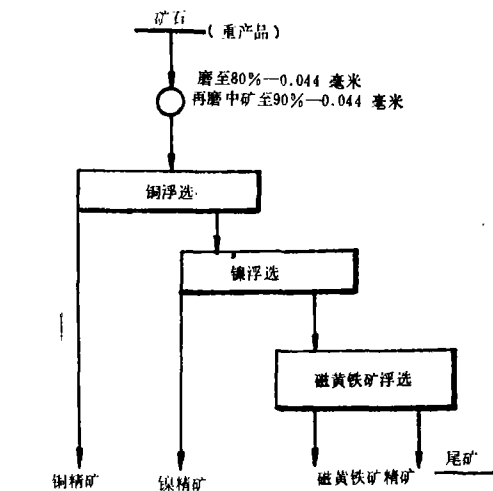


图 1 磁黄铁矿、方黄铜矿和所有三种工业等级矿石混合料的浮选流程

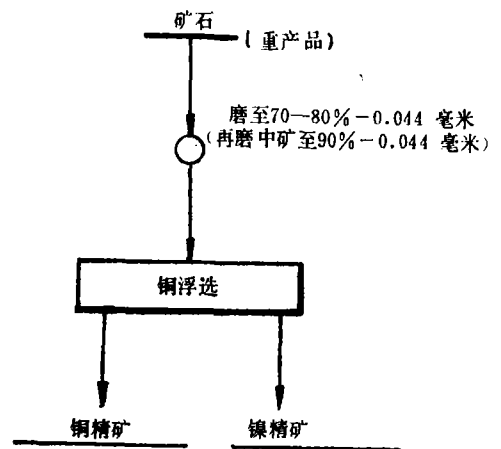


图 2 塔拉希特矿和方黄铜矿等二种矿石混合料的浮选流程

正如所做的研究结果所表明的那样，分别选别可以：

(1) 由于减少了准白金在尾矿中的损失，主要在磁黄铁矿中的损失，主要精矿（铜和镍）中的准白金的回收率可提高 7—9 %；

(2) 可以提高铜精矿和铜品位，和镍精矿中镍的品位（分别提高 2 % 和 45 %），而不降低回收率，看来这是由于减少了易氧化的和在表面生成可溶于水的薄膜的莫依胡基特和塔拉希特铜矿物对磁黄铁矿的活化影响，以及减少镍精矿被磁黄铁矿贫化之结果。

从达到最好的工艺指标观点出发，分别选别所有三种等级矿石是最佳的方案。但是，在现有的选矿厂仅可能按两个矿流组织处理矿石。

考虑到所得到的试验室研究结果，1976 年在矿山组织了选择性开采塔拉希特矿（第一矿流）然后在选矿厂的单独系统处理。浮选流程规定泡沫作为铜精矿，槽内产品作为镍（铜—镍产品）精矿，这样就能保证从这些最有价值的矿石中回收所有有用组分到精矿中，后者送火法冶炼。

第二矿流送选矿厂的给矿是：带按采矿条件不能选择性回采的塔那希特矿石的磁黄铁矿和方黄铜矿矿石混合物。这一矿流按获取铜精矿、磁黄铁矿粗精矿和铜镍中矿的流程，进行选别。

1977 年推行分别处理矿石的工艺，与一起选矿比较，有色金属和铂金属的损失要少得多，磁黄铁矿粗精矿暂时储存，从而相应地提高了各主要（铜和镍）精矿的回收率（表 6），而质量并没有下降。

推行分别选别的方案，由于改进了采矿工作的组织，保证较充分回收塔拉希特（莫依胡基特）矿（选择性采矿），可以进一步提高工艺指标。

矿山必须组织分别回采三种等级矿石。在该情况下，根据采矿和选矿工艺的特点，分别回采，要使磁黄铁矿和塔拉希特矿石中其它等级的矿石的数量要最少。而方黄铜矿等级可以含一定数量的其它等级的杂质，主要是磁黄铁矿。

表 5 根据所研究的一起和分别选别三个等级工业矿石的方案工艺指标

产品名称	所有等级矿石一起选别					方黄铜矿和塔拉希特矿混合料与磁黄铁矿分别选别					各种等级矿石分别选别				
	品位, %		回收率, %			品位, %		回收率, %			品位, %		回收率, %		
	镍	铜	镍	铜	准白金总量	镍	铜	镍	铜	准白金总量	镍	铜	镍	铜	准白金总量
铜精矿	0.9	25.3	10.65	85.95	38.75	0.78	26.13	9.51	89.11	27.00	0.62	26.45	7.28	88.01	50.09
镍精矿	7.2	4.46	72.43	12.85	46.95	8.70	4.45	73.68	10.52	67.54	10.30	5.71	72.60	11.23	42.68
磁黄铁矿精矿	2.46	0.59	15.17	1.04	12.89	1.89	0.13	15.99	0.32	4.89	1.89	0.24	19.28	0.71	6.50
尾矿	0.44	0.14	1.75	0.76	1.41	0.28	0.06	0.82	0.05	0.48	0.28	0.06	0.84	0.05	0.73

表 6 根据 1977 年统计的一起和分别选别的工艺指标的比较

产 品	品位, %		回收率, %			
	镍	铜	镍	铜	铂	钯
一起选别的磁						
黄铁矿粗精矿	1.67	1.38	18.45	4.35	27.85	14.0
分别选别时的磁						
黄铁矿粗精矿	1.49	0.92	17.10	2.60	20.00	7.1
回收率之差			1.35	1.75	7.85	6.9

考虑到在诺里尔斯克采冶联合企业实行部分分别处理各等级矿石的结果良好, 在该企业的二号选厂, 必须规划分别处理磁黄铁矿和方黄铜矿等级的矿石。

结 论

1. 根据各种类型致密硫化铜镍矿石的矿物组成和选别的工艺特点, 以及其在矿脉中广泛分布的情况, 划分三个工业等级 (磁黄铁矿、方黄铜矿和塔拉希特矿), 并建议加以分别选别。
2. 在现有选矿厂实行处理塔拉希特矿, 与磁黄铁矿和方黄铜矿等级矿石分开处理, 得到高的技术经济和工艺效果。
3. 随着新建选矿厂的投产, 必须实行分别采矿和处理所有三种工业等级的矿石。

参 考 文 献

- [1] Слуцкий Н.Н., Ларионов А.Г., Парвиайней Н.В. Особенности состава природных типов и промышленных сортов руд Октябрьского месторождения—В.кн. Комплексное испол. минеральн. сырья—Л. ЛГН 1973, с 5—6.
- [2] Генгин А.Д. Минералы платиновых металлов и их ассоциации в медно-никелевых рудах Норильского месторождения.—М.Наука, 1968—108с.
- [3] Генгин А.Д. Гладышев Г.Д. Закономерности распределения и формы-нахождения элементов группы платины в рудах Норильских месторождений—М.Авгореферат работ сотрудников НГЕМ АН СССР, 1970, с.1—3 (Тр./НГЕМ).
- [4] Генгин А.Д. Обзор минералогии металлов платиновой группы.—В кн: Сплавы благородных металлов—М.Наука 1977.
- [5] Слуцкий Н.Н., ларионов А.Г., Парвиайней Н.В. Геологич. предпосылки раздел добычи промышл. сортов руд Октябрьского местор.—В кн.: Комплекс. использ. минерал. сырья—Л., ЛГИ, 1973, с 6—7.
- [6] Будько Н.А. Диагностика «Халькопиритоподобных» минералов дифрактоме-

трическим методом—обогащ. руд, 1978, №4, с.38—41.

[7] Вансеев N. N., Липкина Т.Е., Калашникова С.Н. Флотация разделенных никельпирротинового концентратов—обогащ. руд. 1973, №7, с. 11—15

方敏之译自《Обогащение руд》，1980，

№1, 1—5.

关于不同氧化程度的白钨矿— 硫化矿石的选别条件

В. Г. Стрельцын 等

处理东方2号矿床白钨矿的滨海采选联合企业，拥有丰富的矿石贮量。这种矿石一方面是坡积砂矿，由褐色的亚粘土和半氧化和氧化矿石的碎屑组成，另一方面是本身氧化的和半氧化的白钨矿—硫化矿，白钨矿—石英矿石极少。

在原生和氧化带各种矿石分布太杂，要按各种比例经常混合矿石并处理之。

试验室研究和选矿厂的生产实践证实，处理氧化的白钨矿—褐铁矿矿石和带大量这种矿石的混合料，选别指标大大下降，而选别流程和工艺制度也与设计大不相同。

因此，了解氧化矿的选别特点及其在选矿厂的处理条件，是其中一个最迫切的任务。

这个工作分以下两个方面进行：

- (1) 制定制度和进一步确定氧化矿的流程；
- (2) 确定氧化矿和原生矿以不同比例处理和单独处理时的选别指标。

氧化矿的选别

从氧化矿中回收白钨矿指标低的主要原因是：存在大量矿泥，矿泥主要为粘土矿粒和铁化的赭石，其存在，由于大量形成泡沫和药剂制度调整指标的变化，导致工艺过程破坏。

无数比较试验证明，必要预先除去这种矿泥。不脱泥和预先除去—15微米粒级85—90%的白钨矿浮选结果列于表1。从表中可以看到，实行脱泥也会提高粗精矿的品位及其回收率。当浮选未经脱泥的矿石时，加大油酸钠用量1—2倍，浮选指标并没有改善。

其二，使白钨矿难从氧化矿中回收的主要原因是：存在大量铁化的白钨矿，对它回收要求具有特殊的条件。

进一步确定从经脱泥的氧化矿中浮选白钨矿的条件，可以确定，苏打的最佳用量在1250