

金川镍矿浮选尾砂的物质组成及开发应用研究

温德清, 王正辉, 王玉山

(金川有色金属公司技术中心, 甘肃 金昌 737100)

摘 要: 选矿尾砂是金川公司最大的工业废弃物和污染源, 其潜在利用价值、治理及其综合利用途径一直是工程技术人员探讨的重大课题。物质组成研究表明, 金川镍矿选矿尾砂含 Ni 0.20%~0.25%、Cu 0.16%~0.25%、Co 0.008%~0.02%, 主要矿物为橄榄石、辉石、蛇纹石、透闪石、绿泥石, 少量为磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿等, 大多数颗粒粒径为 50~140 μm 。可以通过有价值组分的回收、井下充填物料这两种途径综合回收利用。

关 键 词: 镍尾矿; 物质组成; 开发应用

中图分类号: TD982 文献标识码: B 文章编号: 1002-2802(2001)03-0198-05

目前, 金川有色金属公司完成了二期扩建工程, 年产矿石 330~350 万 t, 入选原矿镍品位 1.2%~1.5%, 铜品位 0.6%~0.8%, 分段磨矿后细度 75% 为 -200 目, 浮选尾矿全年超过 100 万 m^3 。自 1963 年投产至今, 选矿尾矿累计已达 1 500 万 m^3 , 堆存在两座尾矿库, 既加速生态环境的恶化, 损害人民生活健康和农业生产, 又增加了企业生产成本, 付出了巨额治理费和赔偿费。随着国有企业改制工作的逐步深入, 矿产资源供给和富余人员安置问题也日益成为必须解决的紧迫而重大事情。针对这种现状, 弄清选矿尾砂的潜在利用价值、探寻治理方法及其综合利用途径就成为金川有色金属公司工程技术人员日益迫切的重大课题。

1 选矿尾砂的矿物学特征

1.1 化学成分

金川超基性岩型硫化铜镍矿床现有两个生产矿

山: 龙首矿和二矿区。金川有色金属公司选矿厂现有两个生产车间, 一浮选车间处理龙首矿富矿石, 原矿镍品位 1.2%~1.4%、铜品位 0.6%~0.7%, 采用三磨三选流程; 二选车间主要处理二矿区富矿石, 原矿镍品位 1.35%~1.50%、铜品位 0.75%~0.81%, 采用二磨二选流程。二个选矿车间排弃的尾砂化学成分基本相同, 一般含镍 0.20%~0.25%、含铜 0.16%~0.25%、含钴 0.008%~0.02%、含金 0.03%~0.09 g/t、含银 0.51.5 g/t、含铂 0.03~0.10 g/t, 主要成分是氧化硅、氧化镁和氧化铁, 其次是氧化钙、氧化铝, 此外还有少量氧化铬、氧化钛、氧化钠和氧化钾等成分(表 1)。

1.2 矿物组成

选矿尾砂中绝大部分为脉石矿物, 少量的金属硫化物和金属氧化物, 以及微量的贵金属矿物, 脉石矿物主要为橄榄石、辉石、蛇纹石、透闪石、绿泥石、棕闪石、滑石, 其次为斜长石、云母、碳酸盐、磷灰石;

表 1 选矿尾砂的化学成分 (%)
Table 1 Chemical compositon of dressing tailing (%)

样品	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	CaO	TFe	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	Ni	Cu	S
一选尾矿 (X ₁)	35.50	28.62	1.81	3.12	10.22	0.90	0.21	0.12	0.16	0.22	0.17	1.06
一选尾矿 (X ₂)	37.56	25.98	1.77	4.10	9.50	0.85	0.20	0.15	0.13	0.19	0.18	0.88
一选尾矿 (X ₃)	38.12	25.65	1.69	4.52	10.95	0.71	0.19	0.21	0.11	0.20	0.18	0.85
二选尾矿 (X ₄)	37.65	28.75	2.45	2.85	11.72	0.87	0.25	0.20	0.18	0.25	0.23	1.88
二选尾矿 (X ₅)	37.52	27.52	2.30	2.80	10.05	0.71	0.22	0.20	0.19	0.23	0.20	1.65
二选尾矿 (X ₆)	36.81	29.57	2.80	2.43	12.08	0.56	0.30	0.31	0.20	0.24	0.25	2.17

金属硫化物主要有磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿,其次为马基诺矿、紫硫镍矿、古巴矿、墨铜矿、铜蓝、黄铁矿;金属氧化物主要为磁铁矿、铬铁矿、钛铁矿、赤铁矿;贵金属矿物主要有银金矿、金银矿、砷铂矿、铋碲钨矿。尾矿矿物定量结果见表 2,硫化铜和硫化镍矿物的损失状态见表 3、表 4。

表 2 尾矿矿物定量结果 (%)
Table 2 Mineral component of dressing tailing (%)

样 品	镍黄铁矿	紫硫镍矿	黄铜矿	墨铜矿	黄铁矿	磁黄铁矿	金属氧化物	脉 石
一选尾矿 (X ₁)	0.15	0.41	0.42	0.08	0.49	0.48	11.70	86.17
一选尾矿 (X ₂)	0.28	0.20	0.37	0.10	0.35	0.61	9.82	88.17
一选尾矿 (X ₃)	0.35	0.10	0.40	0.12	0.21	0.69	9.17	88.86
二选尾矿 (X ₄)	0.55	0.08	0.20	0.76	0.05	0.49	4.96	92.81
二选尾矿 (X ₅)	0.31	0.02	0.28	0.62	0.03	0.68	5.85	92.11
二选尾矿 (X ₆)	0.72	0.02	0.18	0.30	0.02	0.58	8.03	90.05

表 3 尾矿中硫化铜的损失状态
Table 3 Loss states of Cu sulfides in dressing tailing

项 目	样 品	单 体	与硫化物连生	与氧化铁连生	与脉石连生	三种以上连生
占有率/ %	一选尾矿 (X ₁)	7.6	10.0	8.3	43.6	30.5
	一选尾矿 (X ₂)	8.2	8.3	15.6	38.8	29.1
	二选尾矿 (X ₄)	24.3	12.1	17.2	22.8	23.6
	二选尾矿 (X ₅)	9.7	18.5	6.1	29.9	35.8
铜矿物粒度/μm	综合样	0.2~24	1~40	0.2~36	0.1~80	0.2~60
连生体粒度/μm	综合样		6~68	9~212	8~358	16~285

表 4 尾矿中硫化镍的损失状态

Table 4 Loss states of Ni sulfides in dressing tailing

项 目	样 品	单 体	与硫化物连生	与氧化铁连生	与脉石连生	三种以上连生
占有率/ %	一选尾矿(X ₁)	6.7	7.3	27.2	33.5	25.3
	一选尾矿(X ₂)	9.1	1.8	6.9	53.6	28.6
	二选尾矿(X ₄)	17.2	7.2	6.1	40.5	29.0
	二选尾矿(X ₅)	10.1	3.6	5.9	38.7	41.7
	综合样(XZ1)	0.4~20	1~18	0.5~32	0.2~60	1~80
镍矿物粒度/μm	综合样(XZ1)	—	4~46	16~160	18~240	21~195

1.3 粒级分布

径为 140~50 μm。

由表 5 可知 ,浮选尾矿的粒度较细 ,大多颗粒粒

表 5 尾矿的粒级分布 (%)

Table 5 Distribution of particle size of dressing tailing (%)

样 品	> 160 μm	160~140 μm	140~100 μm	100~75 μm	75~50 μm	50~30 μm	30~20 μm	< 20 μm
综合样(XZ1)	5.83	16.50	35.90	10.80	16.45	3.63	2.18	8.71
综合样(XZ1)	2.07	7.68	33.85	12.02	18.47	3.15	4.63	18.13
综合样(XZ1)	3.10	10.14	21.29	14.86	19.27	10.60	3.70	17.04
一选尾矿(X ₁)	3.11	7.42	13.70	10.34	12.10	22.57	10.00	20.76
二选尾矿(X ₄)	7.78	10.12	14.12	13.54	10.77	13.14	20.20	10.33
二选尾矿(X ₅)	4.01	9.55	23.64	11.16	17.02	5.13	10.40	19.09
平 均	4.32	10.23	23.75	12.12	15.68	9.70	8.52	15.68

2 选矿尾砂的开发应用研究

尾砂资源化综合利用的技术途径 ,包括有价值组分的综合回收利用、生产建筑材料与装饰材料、用作充填物料、用作无机肥料、复垦植被等方式。金川镍矿浮选尾砂通过详细的矿物学研究 ,我们认为可以采取两种有效的综合利用途径 :有价值组分的回收利用和用作充填物料。其他途径难以实行的原因并不是技术上行不通 ,主要是由于金川有色金属公司地理位置偏僻、干旱缺水等因素的制约。

2.1 尾砂中有价组分的回收利用

作为我国三大资源综合利用基地之一 ,金川镍矿除了生产主金属镍 (占国内市场 80 %以上)、铜 (占国内市场 15 %) 之外 ,副产品有钴 (占国内市场 44 %)、金、银、铂、钯、钼、铌、钽、铯、硫磺和硒。但在选矿环节 ,只有一种产品即铜镍混合精矿 (浮选尾砂弃放在尾矿库) 。选矿厂从投产至今所制订的流程

结构和药剂制度一直是以回收镍、铜为目标 ,至于其它伴生组分的回收没有采取特别的强化措施 ,原则上是能得多少算多少 ,所以与主金属镍、铜相比回收率要低得多。研究资料表明 ,金、银、铂、钯的选矿回收率只有 50 %左右 ,钼、铌、钽、铯的回收率一般不超过 45 % ,从流程结构和药剂制度等方面加以完善之后可以显著提高贵金属的选矿回收率。随着经济体制改革的逐步深入 ,尾砂中有价组分的综合回收利用工作将得到足够的重视 ,充分发挥资源的潜在价值是矿产企业在市场经济条件下的必然要求。

贫镍硫化物的生物冶金工艺是当今镍工业领域的一大亮点 ,目前澳大利亚已完成了工业性试验 ,展示出光明的前景。对金川尾砂进行的初步试验表明 ,采用生物浸出工艺可以回收 80 % Ni 、75 % Cu 和 65 % Co ,形势喜人。

2.2 尾砂在井下充填中的应用

龙首矿和二矿区都是典型的采用充填采矿法的

矿山。龙首矿的年充填量为 30 余万 m^3 、二矿区的年充填量为 70 万 m^3 ,这两个矿山的充填工艺自建矿以来一直采用粗骨料(- 25 mm 细石)和细砂(- 3 mm 棒磨砂)高浓度充填,单位成本高达 130 元,且严重污染井下作业环境。按目前的生产规模,金川矿山充填工艺每年最多消耗 26~28 万 m^3 尾砂,约占年排放量的 25 %,占尾矿库全部尾砂的 1.7 %。在这种情况下,公司领导和工程技术人员对尾砂在井下充填中的应用课题都引起了足够重视。

1985 年开始进行了全尾砂自流管送胶结充填、分级尾砂作胶结充填骨料、全尾砂和细砂二合一用作骨料、全尾砂胶结充填工艺及设备科研专题,取得了大量的科学实验数据。1994 年 2 月开始进行工业系统的设计和建设,在二矿区建设了一座包括两套尾砂自流系统和一套尾砂膏体充填系统的充填站,于 1999 年 6 月正式投入生产,选矿尾砂在井下充填中得到应用。

(1) 井下充填工艺对尾矿的要求:二矿区的尾砂充填工艺所包括的膏体充填系统和自流系统中,形成的充填体都必须满足下向胶结充填采矿法人工假顶的强度要求,即 $R_7 \geq 2.5 \text{ MPa}$, $R_{28} \geq 5.0 \text{ MPa}$ 。自流系统构成料浆的材料中细粒级(- 20 μm)的含量不能过多,如果细粒级的含量过多,料浆充填到采矿进路后凝固时间就会延长,影响充填体早期强度的形成。膏体充填的配料的粒度分布必须连续,配

料中 - 20 μm 的细粒级含量必须大于 15 %,只有这样才能配制出稳定性和流动性良好的素膏体,素膏体的可泵性才能满足活塞泵的泵送条件和充填管路的布置条件。依据浮选尾矿的矿物学研究资料和对公司自备热电厂粉煤灰的级度测试数据,确定了尾砂的准确用量(表 6)。

表 6 每立方米料浆中尾砂和粉煤灰的用量

Table 6 Dosage of dressing tailing and coal ash per m^3 mortar

充填系统	料浆类别	浓度/ %	尾砂/ kg	粉煤灰/kg
自流系统	打底料浆	75~77	464~488	0~50
	接顶料浆	75~77	495~521	40~60
膏体系统	素膏体	79~81	625~803	300
	胶结膏体	78~79	526.5~678.8	252

(2) 尾砂应用带来的效益:尾砂应用于金川矿山井下充填,既有显著的社会环境效益,又带来了巨大的经济效益(表 7)。膏体充填系统每年充填 20 万 m^3 ,可为矿山节约资金 914 万元;自流充填系统每年充填 30 万 m^3 ,可为矿山节约资金 480 万元。与此同时,由于尾矿的利用,可为选矿厂节约尾砂排放费用 23 万元以上。尾矿的利用也缓解了环境污染,为西部开发再造秀美山川做出了积极贡献。此外,由于膏体充填料具有的不分层、不离析、固化速度快等特点,提高了充填体的整体强度,减少了井下排水排泥量,改善了井下作业的安全性和环境条件。

表 7 单位充填成本对比(元)

Table 7 Costs comparison of unit filling (RMB yuan)

项 目	单 位	单 价	棒磨砂自流充填		尾砂自流充填		尾砂膏体充填	
			单 耗	单位成本	单 耗	单位成本	单 耗	单位成本
水 泥	t	250	0.31	77.5	0.31	77.5	0.2	50.0
棒磨砂	t	39.0	1.2	46.8	0.7	27.3	0.6	23.4
尾 砂	t	6.11	/		0.5	30.55	0.7	4.28
水 费	m^3	0.55	0.5	0.28	0.5	0.28	0.55	0.25
电 费	kW · h	0.32	2.0	0.64	2.0	0.64	3.0	0.96
备件消耗				1.46		1.46		1.51
人员工资				3.38		3.38		3.94
工资附加				0.46		0.46		0.56
合 计				130.52		114.52		84.8

Substance Component and Exploiting Studies of Dressing Tailing in the Jinchuan Nickel Ore Deposit

WEN De-qing ,WANG Zhen-hui ,WANG Yu-shan

(*Technological Center of Jinchuan Nonferrous Complex , Gansu Jinchang , 737100 , China*)

Abstract :Dressing tailing is the biggest industrial waste and pollutant of Jinchuan Nonferrous metals Co. Its potential values and comprehensive utilization is one of the important problems for engineering technologists at present. Mineralogical research indicates that Jinchuan dressing tailing contains Ni 0.20 %~0.25 % , Cu 0.16 %~0.25 % , Co 0.008 %~0.02 % . Minerals are mainly composed of olivine , pyroxene , serpentine , tremolite , chlorite , and small amounts of barkevikite , talc , plagioclase , carbonate , pyrrhotite , pentlandite , chalcopyrite , magnetite , etc. The particles of tailing are generally 50~140 μm in grain size. The tailing could be utilized by retrieving useful elements and applying as mining filling.

Key words : nickel tailing ; substance component ; exploiting