



红土镍矿资源开发及工艺进展

徐敏^{1,2}, 许茜¹, 刘日强¹

(1. 东北大学材料与冶金学院, 辽宁 沈阳 110004;

2. 黑龙江公安警官职业学院, 黑龙江 哈尔滨 150025)

摘要:介绍了从红土镍矿中提取镍的工艺技术现状,并指出了未来的发展方向,以期为低品位氧化镍矿石的开发提供参考。

关键词:红土镍矿; 氨浸法; 高压酸浸法; 常压酸浸法

中图分类号:TD982 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2009)03-0028-03

1 前言

由于镍具有良好的机械强度和延展性^[1],而且耐高温,化学稳定性好,在空气中不易氧化,因此已成为发展现代航空工业、国防工业和建立人类高水平物质文化生活的现代化体系不可缺少的金属。

目前,全球已探明的镍储量约为1.6亿t,其中硫化矿约占30%,红土镍矿约占70%。由于硫化镍矿资源品质好,工艺技术成熟,现约60%的镍产量来源于硫化镍矿,但因硫化镍矿的长期开采,全球硫化镍矿已出现资源危机^[2~3]。为此,全球镍行业将资源开发的重点瞄准储量丰富的红土镍矿(低品位氧化镍矿)资源。我国《有色金属工业中长期科技发展规划(2006~2020年)(征求意见稿)》已明确将氧化镍矿开发利用列为重点项目。

2 红土镍矿的主要冶金工艺

由于红土镍矿成分复杂,因此根据红土镍矿矿床不同的分层,可采取不同的提取方法,目前国内外主要采取火法和湿法两种处理工艺。

2.1 火法工艺

2.1.1 镍铁工艺

首先将矿石干燥、预热和煅烧,得到焙砂,然后将焙砂加入电炉或高炉,经高温还原熔炼,产出粗镍

铁合金。在还原熔炼的过程中几乎所有的镍和钴的氧化物都被还原成金属,而铁的还原则通过焦炭的加入量加以调整,最后将粗镍铁合金经过吹炼产出成品镍铁合金^[4]。

据资料报道,使用该技术冶炼红土镍矿生产镍铁的含镍量最高可接近8.5%至9%,含磷量低于0.035%。

2.1.2 镍钨工艺

镍钨生产工艺是在镍铁工艺的基础上,在电炉熔炼过程中加入硫化剂,产出低镍钨,然后再通过转炉吹炼生产高镍钨。镍钨的成分可以通过还原剂焦炭和硫化剂的加入量加以调整。还原硫化熔炼的硫化剂可供选择的有黄铁矿(FeS_2)、石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、硫磺和含硫的镍原料。高镍钨产品一般镍质量分数为79%,硫质量分数为19.5%。全流程镍回收率约70%^[5]。

2.1.3 选择性还原工艺

传统镍精矿的火法冶金过程反应温度高并会产生大量的 SO_2 ,还原焙烧-磁选法是利用粉煤灰作为还原剂,在450℃高温下强烈还原固相氧化镍和氧化钴,使焙砂中的镍和钴100%呈金属状态,然后通过湿式磁选回收镍和钴。二者回收率接近100%。

Ontola等^[6]的研究表明,产品中镍的品位取决

收稿日期:2008-11-26

作者简介:徐敏(1977-),女,讲师,冶金物理化学专业博士研究生。

于实验原料和实验条件。当还原性气体的含量控制在 0.2~0.33 时,产物中 $\text{Ni}:\text{Fe} > 2$;随着反应时间的增加,镍铁含量增加而 Ni/Fe 比有所降低;流态化床中的反应速度明显优于管式炉。刘岩等^[7]的研究也表明,镍精矿采用氧化焙烧-氢气还原-磁选分离的技术可以在比较低的温度下制备镍铁合金粉。

与传统的镍火法冶金相比,选择性还原法的最大优点是反应温度低,能源消耗少,但此种方法得不到纯的金属镍。

火法工艺处理红土镍矿,最大的缺点是能源消耗高,采用电炉熔炼仅电耗就约占生产成本的 50%,再加上氧化镍矿熔炼前的干燥和焙烧预处理工艺的燃料消耗,总的能耗可能要占生产成本的 65% 以上。另外,火法处理工艺对处理的红土镍矿品位有一定要求,矿石含镍每降低 1%,生产成本大约提高 3%~4%。

2.2 湿法工艺

2.2.1 氨浸工艺

还原焙烧-氨浸工艺(RRAL)是由 Caron 教授发明的,因此又称 Caron 流程。氨浸是将焙烧矿用 NH_3 及 CO_2 将金属镍和钴转化为镍氨及钴氨络合物进入溶液^[8]。氨浸法是最早的湿法处理工艺,首先通过还原焙烧,使镍、钴和部分铁还原成合金,然后再经过多级逆流氨浸,浸出液经硫化沉淀,沉淀母液再除铁、蒸氨,产出碱式硫酸镍,碱式硫酸镍再经煅烧转化成氧化镍,也可以经还原生产镍粉。

采用该工艺生产的镍块中镍质量分数可达 90%,全流程镍的回收率达 75%~80%。与火法冶炼流程相比,钴可以部分回收,回收率约 40%~50%^[9]。但氨浸法只适合处理红土镍矿床上层的红土矿,不适合处理下层硅镁含量高的矿层,这就极大的限制了氨浸法的发展,从上世纪 70 年代以后就没有新建工厂选用该工艺。

2.2.2 高压酸浸工艺

高压酸浸法(PAL)是用硫酸选择性浸出氧化镍矿中的镍和钴^[9-10],包括矿浆制备、浸出和镍钴回收 3 道工序。常温下,用硫酸浸出氧化镍矿石,大量的铁会随镍和钴一起被浸出;随着温度升高,镍、钴浸出率稍有下降,但铁浸出率则大幅度降低。在温度 505~541K 时,镍和钴的浸出率在 95% 以上,而铁的浸出率很低。

PAL 工艺最大的优点是钴的浸出率高,可达 90% 以上,大大高于其他工艺流程^[4]。但这种工艺适合处理以针铁矿为主的矿石,不太适合处理泥质较多的矿石。

2.2.3 常压酸浸工艺

常压酸浸工艺是目前红土镍矿处理工艺研究较为热门的方向。常压酸浸法处理红土镍矿的一般工艺为:对红土镍矿先进行磨矿和分级处理,将磨细后的矿浆与洗涤液和硫酸按一定的比例在加热的条件下反应,镍浸出进入溶液,再采用碳酸钙进行中和处理,过滤,得到的浸出液用 CaO 或 Na_2S 做沉淀剂进行沉镍。

李建华^[11]用硫酸在常压条件下对金川低品位红土镍矿进行了酸法制粒堆浸工艺研究,矿石破碎到 $< 20\text{mm}$,采用 N_2O_3 作为黏合剂,380g/L H_2SO_4 凉溶液作为润湿剂进行制粒 4 级串联柱浸,镍浸出率可达 85% 以上。

常压浸出方法具有工艺简单、能耗低、不使用高压釜、投资费用少、操作条件易于控制等优点,但是浸出液分离困难,浸渣中镍含量仍较高。

3 发展方向

3.1 红土镍矿酸浸工艺的改进

目前,能够采用火法工艺处理的红土镍矿已越来越少,因此将来的发展方向将以湿法为主。PAL 法已实现工业化和产业化,但由于其采用高压条件操作,对设备、规模、投资、操作控制等有很高要求,难以普遍推广。若能实现常压条件下的操作,必将会带来镍提取技术的革命性转变。

3.2 酸溶络合浸出

一些微生物在其生长繁殖过程中能衍生出有机酸,如柠檬酸、草酸、酒石酸、氨基酸等。在氧化矿中金属常以氧化物形态存在,因此凡能与这些有机酸生成络合物的金属均能被这些微生物浸出。与自养微生物不同,异养微生物要求含有有机物的培养基,因而培养成本较高,如何得到廉价代用品是今后重要的研究内容。

3.3 微波加热-氯化法

由于微波可以选择性地加热有价金属氧化物,并能促进镍的氯化反应,使镍及其他有价金属转变成氯化物,因此可采用微波加热-氯化法回收镍等有价金属^[12-13]。 Ni 、 Cu 、 Co 的氧化物均能被微波加

热,而 MgO 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 等几乎不吸收微波,因而微波加热可以缩短氯化焙烧时间,降低过程能耗,提高镍浸出率。可见,微波氯化处理低品位氧化镍矿石是一种应用前景较好的提镍新方法。

3.4 碱熔融法

通过碱熔融反应可以破坏红土镍矿中金属与硅氧四面体之间形成的极强的化学键,然后采用水浸或碱浸的方法可得到富含金属的滤渣。此方法的优点在于最大化利用红土镍矿中的有价元素,渣量少,并可实现碱的循环利用。但目前该工艺还不成熟,需要更深一步研究。

参考文献:

- [1] 刘岩,翟玉春,王虹. 镍生产工艺研究进展[J]. 材料导报,2006,20(3):79~81,96.
- [2] 陈庆根. 氧化镍矿资源开发与利用现状[J]. 湿法冶金,2008,27(1):7~9.
- [3] 彭容秋. 镍冶金[M]. 长沙:中南大学出版社,2005.
- [4] 李小明,唐琳,刘仕良. 红土镍矿处理工艺探讨[J]. 铁合金,2007(4):24~28.
- [5] 李建华,程威,肖志海. 红土镍矿处理工艺综述[J]. 湿法冶金,2004(4):191~194.
- [6] Antola O, Holappa L, Paschen P. Nickel ore reduction by hydrogen and carbon monoxide containing gases[J]. Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, 1995(15):169.
- [7] 刘岩,翟玉春. 氧化还原法制备镍铁合金粉的研究[J]. 矿产综合利用,2005(4):1.
- [8] 周金雄. 氧化镍矿开发工艺现状及发展方向[J]. 云南冶金,2005,34(6):33~36.
- [9] Roorda H. J., Hermans J. M. A. Energy Const rains in the extraction of Nickel from Oxides ores[J]. Erzmetall, 1981,34(3):882~887.
- [10] Buchanan D. Nickel[M]. A Counnidity Review. London: Institute of Mining and Metallurgy, 1982.
- [11] 李建华. 金川低品位氧化镍矿的酸法制粒堆浸工艺研究[J]. 铀矿冶,2007,26(3):161~165.
- [12] 王成彦. 元江贫氧化镍矿的氯化离析[J]. 矿冶,1997,6(3):55~59.
- [13] 中南矿冶学院冶金研究室. 氯化冶金[M]. 北京:冶金工业出版社,1978.

Exploitation of Laterite – nickel Mineral Resources and Technology Advances

XU Min^{1,2}, XU Qian¹, LIU Ri-qiang¹

(1. Northeastern University, Shenyang, Liaoning, China;

2. Heilongjiang Police Officer Vocational College, Harbin, Helongjiang, China)

Abstract: This article introduced the present situation of the technologies for extracting nickel from laterite – type nickel ore, and pointed out future developmental direction in hope of providing reference for exploitation of low – grade nickel oxidized ores.

Key words: Laterite – nickel ore; Ammonical leaching; Higher pressure acid leaching; Atmospheric pressure acid leaching

欢迎订阅 2009 年《矿产综合利用》(双月刊)

《矿产综合利用》杂志是经原国家科委批准,由中国地质科学院矿产综合利用研究所主办的矿业科技刊物,1980 年创刊,国内外公开发行,1992 年~2000 年连续三届入选全国中文核心期刊,1987 年至今长期入选中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)。主要报道国内矿产综合利用科研成果与技术进展,矿产资源分析与地质评价,二次资源的回收利用以及选冶新工艺、新技术、新药剂、新设备等。设有选冶试验、工艺矿物、综合评述、资源开发、利废工艺、设备研制、问题讨论和试验简讯等栏目。

《矿产综合利用》融科研、技术、生产、管理为一体,内容丰富,实用性强。主要读者对象为从事矿产资源开发和利用的生产企业、科研、设计、管理部门的工程技术人员、管理人员及大专院校师生等。

征订办法:《矿产综合利用》全年 6 期,每期定价 5.00 元(含邮费),全年 30.00 元。邮汇订刊款请寄四川省成都市武侯区二环路南三段五号《矿产综合利用》编辑部(邮政编码 610041)。银行信汇:中国民生银行成都永丰支行,帐号:2003014400000040,户名:中国地质科学院矿产综合利用研究所。汇款请写明“订约期刊款”。

联系电话:(028)85592322 E-mail:kcsl@chinajournal.ent.cn 联系人:胡青华