

# 铜镍合金选择性两段加压浸出试验研究

贺来荣<sup>1,2</sup>, 苏俊敏<sup>1,2</sup>, 赵秀丽<sup>1,2</sup>, 郭金权<sup>1,2</sup>, 陈彩霞<sup>1,2</sup>, 宗红星<sup>1,2</sup>,  
张媛庆<sup>1,2</sup>, 马军虎<sup>1,2</sup>, 欧晓健<sup>1,2</sup>, 席海龙<sup>1,2</sup>, 李全<sup>1,2</sup>

(1. 镍钴资源综合利用国家重点实验室, 甘肃 金昌 737100; 2. 金川集团股份有限公司, 甘肃 金昌 737100)

[摘要] 现有火法工艺处理铜镍合金时,存在物料反复冶炼、周转量大、贵金属分散、回收率低的问题,湿法工艺存在全浸液铜、镍分离难度大的问题。本文在分析铜镍合金成分的基础上,以镍冶炼厂产出的铜镍合金为原料开展试验研究,一段工序采用CuSO<sub>4</sub>作为浸出剂,将镍单质和硫化镍转变为镍离子进入溶液,而铜离子形成沉淀进入渣相,实现镍的选择性浸出;二段工序在浸出渣中加入硫酸并通入氧气,将单质铜和硫化铜全部浸出,贵金属富集于渣中;三段工序对硫酸铜溶液进行浓缩结晶。结果表明,控制合适的两段加压浸出条件,产出总渣率为4.61%,铜的总浸出率为99.19%,镍的总浸出率为99.43%,贵金属富集倍数为21.69。浸铜液经浓缩结晶,产出硫酸铜结晶纯度为98.35%,符合硫酸铜结晶产品一级品标准要求。该工艺试剂用量少、无废水排放,是一种绿色环保工艺,具有推广价值。

[关键词] 铜镍合金; 铜镍分离; 选择性浸出; 绿色冶金; 贵金属回收

[中图分类号] TF811; TF815; TF803.2 [文献标志码] A [文章编号] 1672-6103(2023)02-0157-07

DOI:10.19612/j.cnki.cn11-5066/tf.2023.02.019

镍元素一般以硫化镍的形态赋存于矿床中,同时伴生有硫化铜、硫化铁等金属硫化物及氧化镁、二氧化硅等非金属氧化物<sup>[1]</sup>,在熔炼过程中,硫化物熔点低,熔化为液相,氧化镁及二氧化硅等氧化物熔点高而未熔化<sup>[2]</sup>,漂浮在液相表面,可使硫化物和氧化物得到有效分离<sup>[5]</sup>。利用铁与镍、铜亲氧性的不同,对液态硫化物进行吹炼,得到高镍锍<sup>[3]</sup>。高镍锍经高硫磨浮即可得到一次镍精矿、一次铜精矿和一次铜镍合金<sup>[4]</sup>。另外,在镍冶炼过程中,还会产出大量含铜、镍的废渣,经还原熔炼后,也可产出部分铜镍合金。由于合金相在火法冶炼过程中捕收贵金属的能力较强,铜镍合金中还含有大量的贵金属。

目前,铜镍合金的处理方法有火法冶炼工艺和湿法冶炼工艺<sup>[5]</sup>。火法冶炼工艺是对铜镍合金进行二次硫化,产出二次高镍锍,再按照高硫磨浮的流程产出二次镍精矿和二次铜精矿,分别并入一次镍

精矿和一次铜精矿,产出的二次铜镍合金贵金属含量较高,可作为生产贵金属的原料。该工艺优点为工艺成熟可靠,其缺点为物料反复冶炼,周转量大,且贵金属容易分散,回收率低<sup>[6]</sup>。湿法冶炼工艺是在常压条件下,对铜镍合金进行酸浸,产出含铜、镍溶液,回收铜镍有价金属,产出浸出渣也可作为生产贵金属的原料<sup>[7]</sup>。其优点为直接对铜镍合金进行开路处理,避免了物料在冶炼系统中反复周转,减少了贵金属的分散,提高了贵金属的回收率<sup>[8]</sup>,但其产出的全浸液进行铜、镍分离时难度较大。

本文针对铜镍合金原料湿法冶炼工艺铜、镍分离难度大的问题,开展了铜镍合金选择性两段加压浸出试验研究,实现了铜镍合金中铜和镍的分步浸出,便于后续流程的进一步处理。该方法为同类企业处理铜镍合金提供了新思路。

## 1 试验部分

### 1.1 试验原料、试剂及设备

试验所用原料为镍冶炼厂产出的铜镍合金,经高温水雾化后,得到-200目占比大于80%的铜镍合金粉。外观颜色为黑灰色,主要化学成分见表1。试验所用试剂及设备分别见表2、表3。

[收稿日期] 2022-11-16

[第一作者] 贺来荣(1984—),陕西绥德人,本科,高级工程师,从事镍、铜、钴的湿法冶炼工艺研究。

[引用格式] 贺来荣,苏俊敏,赵秀丽,等. 铜镍合金选择性两段加压浸出试验研究[J]. 中国有色冶金, 2023, 52(2): 157-163.

表1 铜镍合金化学成分

Table 1 Chemical compositions of copper-nickel alloy

成分	Ni/%	Cu/%	Fe/%	S/%	Pt/(g·t <sup>-1</sup> )	Pd/(g·t <sup>-1</sup> )	Au/(g·t <sup>-1</sup> )
含量	63.28	24.37	1.51	9.72	87	63	32

表2 试验试剂

Table 2 Test reagents

材料	规格	来源	作用
硫酸	试剂纯,98%	白银良友化学试剂有限公司	原料浸出
五水硫酸铜	工业级	金川集团股份有限公司铜业公司	配置溶液
瓶装氧气	工业级,99.5%	金川集团股份有限公司动力厂	氧化剂
水	自来水	—	配置浆料

表3 主要试验设备

Table 3 Main test equipments

材料	规格	生产企业	作用
高压釜	5L	威海新元化工机械有限公司	原料浸出
高压釜	20L	威海新元化工机械有限公司	扩大试验
循环水真空泵	SHZ-D(III)	巩义市瑞德仪器设备有限公司	浸出物料液固分离
烘箱	DHG-9140A	济南泰医生物技术有限公司	烘干渣样
精密电子称	FA-E/JA-P	济宁市裕泽工业科技有限公司	称量固体物料重量
蒸发结晶器	E-1010	巩义市予华仪器有限责任公司	硫酸铜结晶
离心过滤机	PS200	张家港市润星机械	结晶过滤

1.2 试验流程及原理

1.2.1 试验流程

铜镍合金粉主要有价元素为铜和镍,还含有一些硫和少量的铁。其中,铜和镍主要以合金的形态存在,少部分以硫化物的形态存在。

1)一段置换浸镍。采用含铜溶液在高温的条件下对铜镍合金粉进行浸出,原料中的镍转变为镍离子,以硫酸镍的形式进入溶液中,铜离子生成单质铜或硫化铜进入渣中。浸出液中镍离子浓度较高,还含有少量的铜离子和铁离子,送镍冶炼厂经净化后,可制备硫酸镍结晶产品,也可进行电积,产出电积镍产品;浸出渣用于下一步浸铜。

2)二段浸铜。一段置换浸镍渣中主要成分为硫化铜和铜单质,还含有少量的镍单质及硫化镍,在高温高压的条件下,通入氧气使其进行氧化,同时加入硫酸保持酸性环境进行浸出。浸出渣中贵金属含量较高,可作为回收贵金属原料;浸出液主要成分为硫酸铜,用于生产硫酸铜结晶。

3)浓缩结晶。二段产出浸出液含铜较高,通过

蒸发和降温进行浓缩结晶得到硫酸铜结晶产品。结晶母液中除了含有铜离子,还含有一定量的镍离子,可与水配置成置换浸出前液返一段置换浸镍。

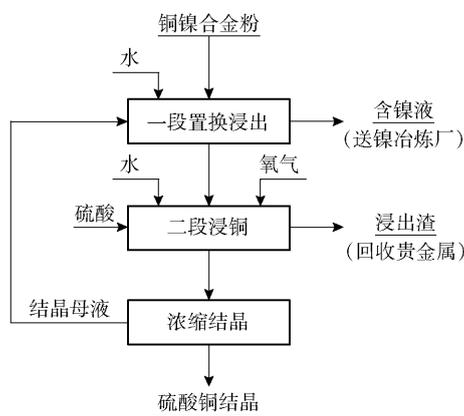
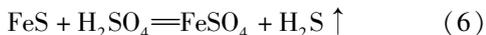
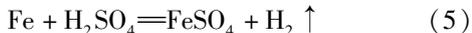
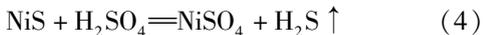
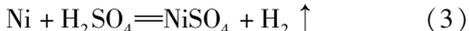


图1 铜镍合金选择性两段加压浸出工艺流程图

Fig.1 Process flow chart of selective two-stage pressure leaching of Cu-Ni alloy

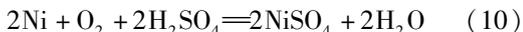
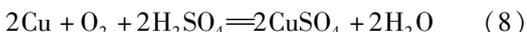
1.2.2 试验原理

一段置换浸镍涉及的主要反应见式(1)~(7)。



一段置换浸出主要利用  $\text{CuSO}_4$  作为浸出剂,将镍单质和硫化镍转变为镍离子进入溶液,而铜离子形成沉淀进入渣相,实现镍的选择性浸出;铁与镍的浸出行为类似,同时有少量硫酸参与镍离子的浸出反应。

二段浸铜涉及的主要反应见式(8)~(11)。



二段浸铜采用氧气进行氧化,加入的硫酸将单质铜和硫化铜全部浸出,同时将剩余的镍单质及硫化镍也全部浸出;产出的渣量较低,而且贵金属富集倍数高,可作为提取贵金属的生产原料。

浓缩结晶涉及的主要反应见式(12)。



将含铜溶液蒸发浓缩,控制浓缩液降温过程,硫酸铜会以  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  结晶的形式从浓缩液中析出,而镍等其他杂质元素含量较低,析出较少,从而可得到纯度较好的硫酸铜结晶产品。

### 1.3 试验方法

称取 300 g 铜镍合金粉原料,与一定量的含铜溶液混合,并加入少量硫酸调整溶液 pH 值,将浆料倒入高压釜中进行一段置换浸镍,当温度升至设定值后开始计时,保温反应一定的时间,降温泄压,将反应后的物料从高压釜内抽出,采用真空抽滤泵过滤,得到置换浸镍渣和含镍液。将置换浸出渣与一定量的水、硫酸混合,再次倒入高压釜中进行二段浸铜反应,当温度升至设定值后开始计时,并通入氧气,保温反应一定的时间,降温泄压,将反应后的物料从高压釜内抽出,采用真空抽滤泵过滤,得到二段浸铜渣和含铜液。含铜液浸出浓缩结晶,产出硫酸铜结晶产品,结晶母液用于配置一段置换浸镍所需含铜液。

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 一段置换浸镍试验

#### 2.1.1 铜离子浓度对镍、铁置换浸出效果的影响

固定反应条件:原料 300 g,液固比 6:1(体积质量比, mL/g,下同),反应温度 180 °C,反应时间 4 h。经计算,铜离子理论浓度为 47 g/L,分别开展溶液中铜离子浓度为 47 g/L、50 g/L、53 g/L、56 g/L、59 g/L 的 5 组条件试验,调整浆料 pH 值为 2.0(加入 20 mL 浓硫酸),考察镍的置换浸出效果。试验结果如图 2 所示。

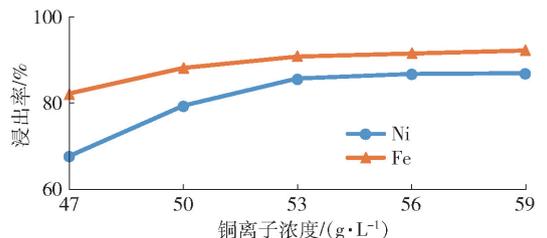


图 2 溶液铜离子浓度对镍、铁置换浸出率的影响

Fig. 2 Effect of copper ion concentration in solution on nickel, iron replacement leaching rate

由图 2 可知,随溶液中铜离子浓度的增大,镍和铁的置换浸出率均增大,且铁的置换浸出率大于镍的置换浸出率。当溶液中铜离子浓度达到 53 g/L 时,镍和铁的置换浸出率不再增大,表明残留的镍和铁较为稳定。综合考虑确定适宜的置换浸出溶液铜离子浓度为 53 g/L,此时,一段置换浸出液镍离子浓度为 38.27 g/L,铜离子浓度为 4.86 g/L,镍的浸出率 85.65%,铁的浸出率为 90.85%。

#### 2.1.2 反应温度对镍、铁置换浸出效果的影响

固定反应条件:原料 300 g,液固比 6:1,铜离子浓度 53 g/L,反应时间 4 h,调整浆料 pH 值为 2.0(加入 20 mL 浓硫酸)。开展反应温度为 160 °C、170 °C、180 °C、190 °C、200 °C 的 5 组条件试验,考察镍的置换浸出效果。试验结果如图 3 所示。

由图 3 可知,随着温度的升高,镍和铁的置换浸出率均增大,反应温度对镍的置换浸出率影响较大,对铁的置换浸出影响相对较小。当反应温度超过 180 °C 时,镍和铁的置换浸出变化很小。综合考虑,确定反应温度 180 °C 为宜,此时镍的浸出率为 86.46%,铁的浸出率为 91.55%。

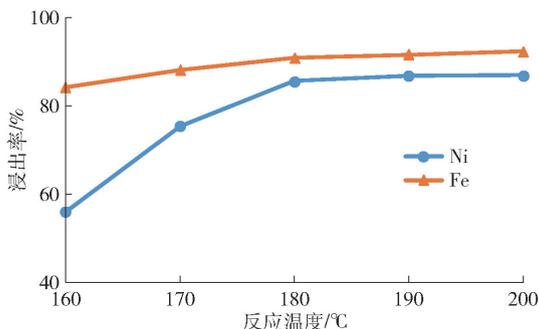


图3 反应温度对镍、铁置换浸出率的影响

Fig. 3 Effect of reaction temperature on nickel, iron displacement leaching rate

2. 1. 3 反应时间对镍、铁置换浸出效果的影响

固定反应条件:原料 300 g,液固比 6:1,铜离子浓度 53 g/L,反应温度 180 °C,浆料 pH 值 2.0(加入 20 mL 浓硫酸)。开展反应时间为 2 h、3 h、4 h、5 h、6 h 的 5 组条件试验,考察镍的置换浸出效果。试验结果如图 4 所示。

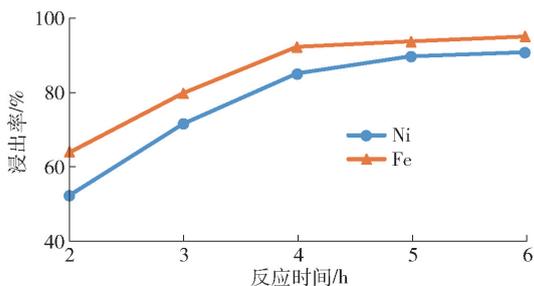


图4 反应时间对镍、铁置换浸出率的影响

Fig. 4 Effect of reaction time on nickel, iron displacement leaching rate

由图 4 可知,随着反应时间的延长,镍和铁的置换浸出率均增大,当反应时间达到 4 h 以上时,镍和铁浸出率增长缓慢,表明反应基本完成。综合考虑,确定反应时间 4 h 为宜,此时镍的浸出率为 85.04%,铁的浸出率为 92.26%。

2. 2 二段浸铜试验

在最佳试验条件下开展一段置换浸镍试验后,以产出的一段置换浸镍渣为原料,开展二段浸铜试验。

2. 2. 1 硫酸用量对铜、镍浸出率的影响

取 300 g 铜镍合金原料开展一段置换浸镍,以一段浸出渣为原料开展二段浸铜试验。固定反应条件:液固比 10:1,反应温度 160 °C,氧分压 0.2 MPa,

反应时间 4 h。经计算,理论硫酸消耗量为 205 mL,分别开展硫酸用量为理论用量的 0.9 倍、1.0 倍、1.1 倍、1.2 倍、1.3 倍的 5 组条件试验,考察铜和镍的浸出效果。试验结果如图 5 所示。

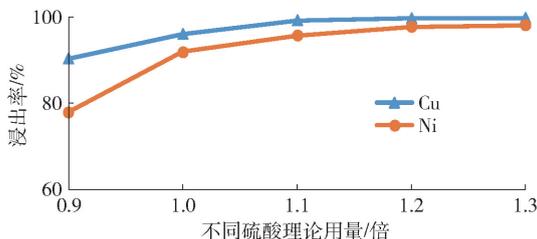


图5 不同用酸量对铜镍浸出率的影响

Fig. 5 Effect of different acid consumptions on copper and nickel leaching rate

由图 5 可知,随着硫酸用量的增加,铜和镍的浸出率呈逐渐增大的趋势,且铜的浸出率大于镍的浸出率。当用酸量为理论用酸量的 1.1 倍以上时,铜和镍的浸出率基本不再增加。综合考虑,确定硫酸用量为理论用酸量的 1.1 倍,此时渣率为 4.94%,贵金属富集 20.24 倍,铜浸出率为 99.06%,镍浸出率为 95.66%。

2. 2. 2 反应温度对铜、镍浸出率的影响

取 300 g 铜镍合金原料开展一段置换浸镍,以一段浸出渣为原料开展二段浸铜试验。固定反应条件:液固比 10:1,硫酸加入量为理论量的 1.1 倍,氧分压 0.2 MPa,反应时间 4 h。分别开展反应温度为 150 °C、160 °C、170 °C、180 °C、190 °C 的 5 组条件试验,考察铜和镍的浸出效果。试验结果如图 6 所示。

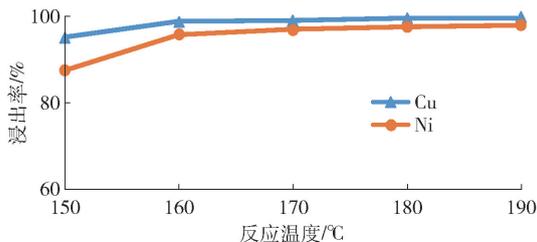


图6 不同反应温度对铜镍浸出率的影响

Fig. 6 Effect of different reaction temperatures on copper and nickel leaching rate

由图 6 可知,随着反应温度的升高,铜、镍的浸出率升高,当反应温度超过 160 °C 时,铜、镍的浸出率变化很小。综合考虑,确定二段浸铜反应温度为 160 °C,此时铜的浸出率为 99.31%,镍的浸出率为

96.83%。

### 2.2.3 反应时间对铜浸出率的影响

取300 g铜镍合金原料开展一段置换浸镍,以一段浸出渣为原料开展二段浸铜试验。固定反应条件:液固比10:1,硫酸加入量为理论量的1.1倍,氧分压0.2 MPa,反应温度160 ℃。分别开展反应时间为2 h、3 h、4 h、5 h、6 h的5组条件试验,考察铜和镍的浸出效果。试验结果如图7所示。

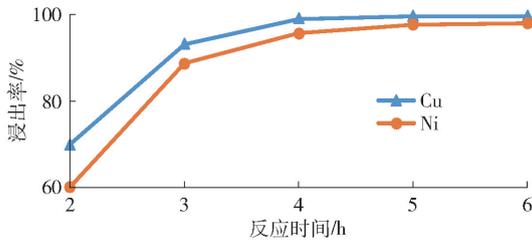


图7 不同反应温度对铜镍浸出率的影响

Fig.7 Effect of different reaction temperatures on copper and nickel leaching rate

表4 二段浸铜液浓缩结晶结果

Table 4 Concentration crystallization results of two-stage copper leaching solution

试验样品	结晶母液成分/(g·L <sup>-1</sup> )				结晶母液 体积/mL	硫酸铜结晶成分/%			结晶量/g
	Cu	Ni	Fe	pH 值		Cu	Ni	Fe	
原液	88.13	3.84	0.18	1.00	4 000	—	—	—	—
1#	91.52	10.59	0.50	0.50	1 450	25.03	0.039	0.011	857.24
2#	92.17	10.38	0.49	0.50	1 480	24.97	0.036	0.012	884.17
3#	91.83	10.52	0.48	0.50	1 460	25.11	0.032	0.011	891.66
平均	91.84	10.50	0.49	0.50	1 463	25.04	0.036	0.011	877.69

## 2.4 全流程验证试验研究

为了进一步验证铜镍合金选择性两段浸出试验效果,取铜镍合金原料1 500 g,在20 L的加压釜内开展了扩大试验。一段置换浸镍试验条件:液固比6:1,溶液铜离子浓度53 g/L(投入1 917 g五水硫酸铜),反应温度180 ℃,反应时间4 h。二段浸铜试验条件:液固比10:1,硫酸加入量为理论量的1.1倍(投入1 128 mL浓硫酸),氧分压0.2 MPa,反应温度160 ℃,反应时间4 h。浓缩结晶试验条件:二段浸铜液体积蒸发率为60%,进行降温结晶。试验结果及各元素金属平衡见表5。

由表5可知,全流程验证试验结果与条件试验结果基本吻合。产出的浸镍液含镍38.27 g/L,含铜4.86 g/L,含铁2.07 g/L,经过净化除杂后,可得到

较为纯净的硫酸镍溶液,用于制备镍产品。产出的硫酸铜结晶产品含铜25.03%,换算成合五水硫酸铜纯度为98.35%,符合硫酸铜结晶产品一级品标准要求。经两段浸出,总渣率为4.61%,铜的总浸出率为99.19%,镍的总浸出率为99.43%,贵金属富集率达到21.69倍。

## 2.3 浓缩结晶试验

二段浸铜液中铜离子较高,含有少量的镍离子,进行浓缩结晶,产出硫酸铜结晶产品;将结晶母液配置成含一定浓度的铜离子溶液,用于一段置换浸出,同时可有效富集二段浸铜液中镍金属。量取4 000 mL二段浸铜液,控制体积蒸发率为60%,之后按照1 ℃/3 min的速度降温结晶。结晶试验结果见表4。

试验结果显示,二段浸铜液控制蒸发浓缩率为60%,经过冷却结晶,铜的平均结晶率为62.34%,产出的硫酸铜结晶产品平均含铜25.04%,换算成五水硫酸铜纯度为98.34%,符合硫酸铜结晶产品一级品标准要求。

较为纯净的硫酸镍溶液,用于制备镍产品。产出的硫酸铜结晶产品含铜25.03%,换算成合五水硫酸铜纯度为98.35%,符合硫酸铜结晶产品一级品标准要求。经两段浸出,总渣率为4.61%,铜的总浸出率为99.19%,镍的总浸出率为99.43%,贵金属富集率达到21.69倍。

## 3 结论

本文采用择性两段加压浸出工艺对镍冶炼过程产生的铜镍合金开展了浸出试验,一段以铜镍合金为原料,采用硫酸铜溶液选择性浸出镍及部分铁,二段以一段浸出渣为原料,采用硫酸溶液选择性浸出铜和剩余镍,主要得出以下结论。

1)一段浸镍最佳工艺参数为:溶液铜离子浓度

表5 全流程验证试验结果及各元素金属平衡

Table 5 Full-process validation test results and metal balance of each element

分析项	物料名称	数量	Cu			Ni			Fe			贵金属(Au,Pt,Pd 合计)		
			含量/ (%,g/L)*	重量/ g	占比/ %	含量/ (%,g/L)*	重量/ g	占比/ %	含量/ (%,g/L)*	重量/ g	占比/ %	含量/ (%,g/L)*	重量/ g	占比/ %
投入	原料	1 500.00 g	64.28	964.20	66.90	26.37	395.55	100	1.51	22.65	100	182	0.273	100
	五水硫酸铜	1 917.20 g	24.88	477.00	33.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	合计	—	—	1 441.20	100	—	395.55	100	—	22.65	100	—	0.273	100
产出	浸镍液	9 150.00 mL	4.86	44.47	3.09	38.27	350.17	88.53	2.07	18.94	83.62	0.000 11	0.001 0	0.37
	二段浸铜渣	69.21 g	16.78	11.61	0.81	3.26	2.26	0.57	1.04	0.72	3.18	3 947	0.273	100.06
	结晶母液	5 160.00 mL	92.51	477.35	33.12	7.92	40.87	10.33	0.47	2.43	10.71	0.000 17	0.000 9	0.32
	硫酸铜结晶	3 572.24 g	25.03	894.13	62.04	0.04	1.25	0.32	0.01	0.43	1.89	—	—	—
	误差	—	—	13.63	0.95	—	1.01	0.25	—	0.14	0.60	—	-0.002 1	-0.75
	合计	—	—	1 441.20	100	—	395.55	100	—	22.65	100	—	0.273	100

注:标“\*”单位表示,固体物质采用“%”,液体物质采用“g/L”。

53 g/L,液固比 6:1,反应温度 180 ℃,反应时间 4 h;二段浸铜最佳工艺参数为:液固比 10:1,硫酸加入量为理论量的 1.1 倍,氧分压 0.2 MPa,反应温度 160 ℃,反应时间 4 h。在此条件下,铜的总浸出率为 99.19%,镍的总浸出率为 99.43%,二段浸出渣中贵金属富集倍数为 21.69 倍。

2)采用二段浸铜液产出的五水硫酸铜结晶产品纯度为 98.35%,符合硫酸铜结晶产品一级品标准要求。

3)该工艺总渣率为 4.61%,硫酸铜结晶母液经配置后返回一段浸出,整个过程试剂用量少、无废水排放,是一种绿色环保工艺。

#### [参考文献]

- [1] 蒋开喜. 加压湿法冶金[M]. 北京:冶金工业出版社,2016.  
JIANG Kaixi. Pressure hydrometallurgy[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2016.
- [2] 朱福良,黄达,于倩倩,等. 铜镍合金中 Cu,Ni 的选择性浸出研究[J]. 湿法冶金,2008,27(4):227-229.  
ZHU Fuliang, HUANG Da, YU Qianqian, et al. Selective leaching of copper and nickel from copper-nickel alloy[J]. Hydrometallurgy of China,2008,27(4):227-229.
- [3] 陆管,武家艳. 铜镍合金的研究及其应用综述[J]. 有色金属材料与工程,2020,41(3):55-60.  
LU Jing, WU Jiayan. Review on research and application of Cu-Ni

alloys[J]. Nonferrous Metal Materials and Engineering,2020,41(3):55-60.

- [4] 张嘉凝. B10 铜镍合金加工变形组织与腐蚀性能研究[D]. 北京:北京有色金属研究总院. 2018.  
ZHANG Jianing. Processing deformed microstructure and corrosion behavior of b10 Cu-Ni alloy[D]. Beijing: General Research Institute for Nonferrous Metals, 2018.
- [5] 王永霞,李大胜. 含铜抗菌不锈钢材料研究概况[J]. 盐城工学院学报:自然科学版,2017,30(1):1-8.  
WANG Yongxia, LI Dasheng. Survey of research on copper-bearing antibacterial stainless steel[J]. Journal of Yancheng Institute of Technology(Natural Science Edition),2017,30(1):1-8.
- [6] 李少龙. 氯化浸出工艺在高镍铈浸出系统中的应用[J]. 中国有色冶金,2020,39(5):27-30.  
LI Shaolong. Application of chloride leaching processing high-nickel matte leaching system[J]. China Nonferrous Metallurgy, 2020,39(5):27-30.
- [7] 彭荣秋. 镍冶金[M]. 长沙:中南大学出版社,2005:143-153.  
PENG Rongqiu. Nickel metallurgy[M]. Changsha:Central South University Press, 2005:143-153.
- [8] 刘新建. 铜阳极泥全湿法处理新工艺的研究[D]. 沈阳:东北大学,2009.  
LIU Xinjian. Study on new processes of treating copper anode slime by hydrometallurgy[D]. Shenyang: Northeastern University, 2009.

## Experimental study on selective two-stage pressure leaching of copper nickel alloy

HE Lairong<sup>1,2</sup>, SU Junmin<sup>1,2</sup>, ZHAO Xiuli<sup>1,2</sup>, GUO Jinquan<sup>1,2</sup>, CHEN Caixia<sup>1,2</sup>, ZONG hongxing<sup>1,2</sup>,  
ZHANG Yuanqing<sup>1,2</sup>, MA Junhu<sup>1,2</sup>, OU xiaojian<sup>1,2</sup>, XI Hailong<sup>1,2</sup>, LI Quan<sup>1,2</sup>

(1. State Key Laboratory for Comprehensive Utilization of Nickel and Cobalt Resources, Jinchang 737100, China;

2. Jinchuan Group Co. Ltd., Jinchang 737100, China)

**Abstract:** At present, when dealing with copper-nickel alloy, the pyrometallurgical process has the problems of repeated smelting of materials, large turnover, dispersion of precious metals and low recovery rate; The hydrometallurgy process has the problem of difficult separation of copper and nickel in the full immersion solution. Based on the analysis of the composition of copper-nickel alloy, this paper carries out experimental research on copper-nickel alloy produced by the nickel smelter. In the first stage,  $\text{CuSO}_4$  was used as the leaching agent to convert nickel and nickel sulfide into nickel ions into solution, while copper ions form precipitates and enter the residue. In the second stage, sulfuric acid was added to the leaching residue and oxygen was introduced to leach copper and copper sulfide, and precious metals were enriched in the residue. The three-stage process concentrates and crystallizes the copper sulfate solution. The results show that the total residue yield is 4.61%, the total leaching rate of copper is 99.19%, the total leaching rate of nickel is 99.43%, and the enrichment multiple of precious metals is 21.69. The copper leaching solution was concentrated and crystallized, and the purity of copper sulfate crystal was 98.35%, which met the first-class standard requirements of copper sulfate crystal products. The process has less reagent consumption and no wastewater discharge. It is a green metallurgy process and has promotion value.

**Key words:** copper nickel alloy; copper-nickel separation; selective leaching; green metallurgy; precious metals recovery

## 多家有色企业入选专精特新示范企业名单

国务院国资委日前印发《创建世界一流示范企业和专精特新示范企业名单》。创建世界一流示范企业包括上海汽车集团股份有限公司等7家,专精特新示范企业共有中国核工业集团有限公司等200家。多家有色企业入选专精特新示范企业名单。

入选专精特新示范企业名单的有色企业有:国家电力投资集团有限公司国核宝钛锆业股份公司,中国宝武钢铁集团有限公司欧冶链金再生资源有限公司,中国铝业集团有限公司云南驰宏国际锆业有限公司,中国五矿集团有限公司株洲硬质合金集团有限公司、中冶赛迪集团有限公司,中国诚通控股集团有限公司天津力神电池股份有限公司,中国有色矿业集团有限公司宁夏东方钽业股份有限公司,中国稀土集团有限公司定南大华新材料资源有限公司,中国有研科技集团有限公司有研粉末新材料股份有限公司,矿冶科技集团有限公司北京当升材料科技股份有限公司、北矿检测技术股份有限公司;内蒙古自治区中国北方稀土(集团)高科技股份有限公司,福建省长汀金龙稀土有限公司,河南省河南豫光金铅集团有限责任公司,云南省贵金属新材料控股集团有限公司、云南锡业股份有限公司,甘肃省金川集团镍盐有限公司,青海省青海西部镁业有限公司。

(资料来源:中国有色金属报)