



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113293296 A

(43) 申请公布日 2021.08.24

(21) 申请号 202110604271.8

G22B 23/02 (2006.01)

(22) 申请日 2021.05.31

(71) 申请人 中伟新材料股份有限公司

地址 554300 贵州省铜仁市大龙经济开发区2号干道与1号干道交汇处

申请人 长沙卓瑞冶金环境技术开发有限公司

(72) 发明人 陶吴 刘燕庭 阎硕 冯德茂 匡三双 茹国生

(74) 专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务所(特殊普通合伙) 11463

代理人 彭月

(51) Int. Cl.

G22B 5/10 (2006.01)

G22B 5/08 (2006.01)

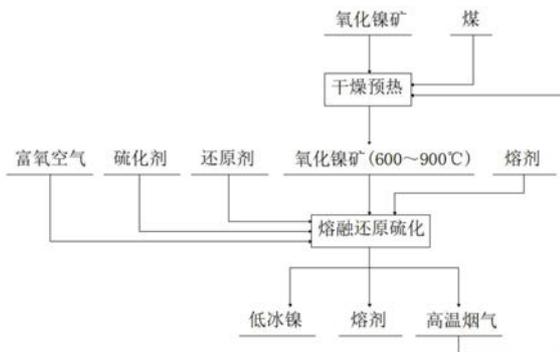
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

一种氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,主要包括将氧化镍矿进行干燥预热,产出温度为600~900℃的热态氧化镍矿;将干燥预热后的氧化镍矿、熔剂连续加入熔炼炉熔池内;将还原剂、硫化剂、富氧空气喷入熔炼炉内熔池反应区,控制富氧空气对还原剂的氧气过剩系数α为0.3~0.4;控制炉内温度为1400~1550℃,炉内加入的物料在熔融状态下发生还原硫化反应,产出低冰镍和炉渣;该方法用于氧化镍矿冶炼,具有环境保护好、流程短、原料适应性强、生产成本低等特点。



1. 一种氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,其特征在于,包括:

(1) 干燥预热:将氧化镍矿进行干燥预热,产出温度为600~900℃的热态氧化镍矿;

(2) 熔融还原硫化:将干燥预热后的氧化镍矿、熔剂连续加入熔炼炉熔池内;将还原剂、硫化剂、富氧空气喷入熔炼炉内熔池反应区,控制富氧空气对还原剂的氧气过剩系数 α 为0.3~0.4;控制炉内温度为1400~1550℃,熔炼炉内加入的物料在熔融状态下发生还原硫化反应,产出低冰镍和炉渣。

2. 根据权利要求1所述的氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,其特征在于,所述步骤(1)还包括对预热后的热态氧化镍矿进行筛分,控制进入熔炼炉内的热态氧化镍矿的粒径小于50mm。

3. 根据权利要求1所述的氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,其特征在于,熔融还原硫化反应过程中产生的高温烟气返回步骤(1)中用于对氧化镍矿进行干燥预热。

4. 根据权利要求1所述的氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,其特征在于,熔融还原硫化反应过程中产生的烟气经除尘后进入脱硫系统进行脱硫,采用氧化钙或碳酸钙作为脱硫剂,脱硫过程产生的硫酸钙返回步骤(2)中用作熔剂和硫化剂。

5. 根据权利要求1所述的氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,其特征在于,所述熔剂为硫酸钙、碳酸钙中的至少一种,所述熔融还原硫化步骤中按照氧化镍矿与熔剂的质量比为100:5~15进行加料。

6. 根据权利要求1所述的氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,其特征在于,所述还原剂为焦粉、烟煤或无烟煤,所述还原剂的粒度为200目以上大于80%,氧化镍矿与还原剂加入量的质量比为100:15~25。

7. 根据权利要求1所述的氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,其特征在于,所述硫化剂为硫磺、硫酸钙中的至少一种,氧化镍矿与硫化剂按照氧化镍矿与硫的质量比为100:2~4进行加料。

8. 根据权利要求1所述的氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,其特征在于,所述硫化剂为硫磺、硫酸钙中的至少一种,所述硫化剂以粉末状喷入熔炼炉内,所述硫化剂的粒度为100目以上大于80%。

9. 根据权利要求1所述的氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,其特征在于,所述硫化剂为硫磺,所述硫化剂以液态形式喷入熔炼炉内熔池反应区。

10. 根据权利要求1所述的氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,其特征在于,所述熔融还原硫化步骤中,喷入熔炼炉内熔池反应区的富氧空气中氧气的体积浓度为80~95%。

11. 根据权利要求1所述的氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,其特征在于,所述熔融还原硫化步骤中,还原剂与硫化剂通过压缩空气喷入熔池反应区,富氧空气以及输送还原剂与硫化剂的压缩空气的压力为0.2Mpa~0.4Mpa。

12. 根据权利要求1所述的氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,其特征在于,还包括向炉内液面以上气相空间第二次喷入富氧空气,用以燃烧炉内液面以上气相空间内的一氧化碳。

13. 根据权利要求10所述的氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,其特征在于,第二次喷入富氧空气中氧气的体积浓度为60~80%,该第二次喷入富氧空气的压力为

0.05Mpa~0.1Mpa。

14. 根据权利要求1所述的氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,其特征在于,控制所产出的低冰镍的金属化率 $Me_{\text{形式}}$ 为0.20~0.35,该低冰镍的金属化率 $Me_{\text{形式}}$ 为:低冰镍中硫的理论含量 $S_{\text{理论}}$ 与低冰镍中硫的实际含量 $S_{\text{实际}}$ 差值比上低冰镍中硫的理论含量 $S_{\text{理论}}$, $Me_{\text{形式}} = (S_{\text{理论}} - S_{\text{实际}}) / S_{\text{理论}}$,硫的理论含量 $S_{\text{理论}}$ 为低冰镍中铁、镍、钴均被完全硫化时的理论含硫量。

15. 根据权利要求1所述的氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,其特征在于,物料在熔炼炉内熔融还原硫化反应时间为1~1.5h。

一种氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及氧化镍矿冶炼技术领域,具体而言,涉及一种氧化镍矿熔融还原硫化一步冶炼低冰镍的方法。

背景技术

[0002] 镍是一种重要的战略金属,具有耐高温、抗腐蚀、良好的延展性等特点,广泛地应用于不锈钢、电镀以及电池材料等领域。镍矿资源主要为硫化镍矿和氧化镍矿,硫化镍矿含镍较高,更加容易开发利用,随着硫化镍矿资源减少,开发利用氧化镍矿成为必然趋势。全球氧化镍矿资源占镍矿总量的70%以上,主要分布在赤道附近的印度尼西亚、新喀里多尼亚、古巴、菲律宾、巴西、哥伦比亚和多米尼加等国。

[0003] 目前处理氧化镍矿的工艺主要有湿法和火法,湿法工艺主要有氨浸工艺和酸浸工艺,但湿法工艺存在原料适应性差、投资高、浸出渣容易对环境造成污染等问题,因此,湿法工艺处理氧化镍矿占比较低。

[0004] 火法工艺处理氧化镍矿按照熔炼产品又可以分为镍铁工艺和镍铈工艺,其中镍铁工艺是指将氧化镍矿还原熔炼得到镍铁合金,镍铈工艺是指外加硫化剂,生产过程中进行造铈和造渣,得到中间产品低冰镍,然后通过吹炼工艺得到高冰镍。目前火法工艺按照熔炼设备主要有高炉熔炼工艺、鼓风炉熔炼工艺、回转窑直接还原粒铁工艺、回转窑预还原—电炉熔炼工艺。

[0005] 高炉熔炼工艺将氧化镍矿烧结块配料加入小高炉进行还原熔炼,产出炉渣和含镍生铁,但原料适应性差、镍铁含镍品位低、能耗高、容易结炉等。鼓风炉造铈熔炼氧化镍矿工艺,将氧化镍矿、硫化剂、熔剂、焦炭等分批加入鼓风炉进行熔炼,产出低冰镍和炉渣,然而由于鼓风炉设备小,该工艺处理量小,且原料适应性差、环境污染严重、需要使用大量优质焦炭,能耗高。回转窑直接还原粒铁工艺处理红土矿生产镍铁,也称大江山法,流程短,能耗低,但操作条件苛刻、操作难度大、耐火材料使用周期短。回转窑预还原—电炉熔炼工艺是目前世界范围内冶炼生产镍铁的主流工艺,可实现大规模生产,镍铁产品质量优良,但是电炉能耗高,装机负荷大。

[0006] 随着全球电池材料对镍的需求量快速增长,传统的硫化镍矿资源已经无法满足市场需求,而氧化镍矿主要去向为不锈钢领域,因此开发利用氧化镍矿生产中间产品用于电池材料领域势在必行。

[0007] 鉴于此,特提出本发明。

发明内容

[0008] 本发明旨在解决目前氧化镍矿冶炼过程存在的技术缺陷,提供一种氧化镍矿生产低冰镍的方法,该方法具有环境友好、流程短、原料适应性强、生产成本低等特点。

[0009] 本发明是这样实现的:

[0010] 一种氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,包括:

[0011] (1) 干燥预热:将氧化镍矿进行干燥预热,产出温度为600~900℃的热态氧化镍矿;

[0012] (2) 熔融还原硫化:将干燥预热后的氧化镍矿、熔剂连续加入熔炼炉熔池内;将还原剂、硫化剂、富氧空气喷入熔炼炉内熔池反应区,控制富氧空气对还原剂的氧气过剩系数 α 为0.3~0.4;控制炉内温度为1400~1550℃,炉内加入的物料在熔融状态下发生还原硫化反应,产出低冰镍和炉渣;所产出的低冰镍含镍15%~30%,含钴0.5%~3%,镍金属回收率为88%~96%,钴金属回收率为80%~90%。

[0013] 进一步地,所述步骤(1)还包括对预热后的热态氧化镍矿进行筛分,控制进入熔炼炉内的热态氧化镍矿的粒径小于50mm,后续热态氧化镍矿以小尺寸颗粒状加入熔池熔炼炉内进行反应,粒径小、快速熔化,反应速度快。

[0014] 进一步地,所述还原剂为焦粉、烟煤或无烟煤,所述还原剂的粒度为200目以上大于80%,氧化镍矿与还原剂加入量的质量比为100:15~25。

[0015] 进一步地,所述硫化剂可以为硫磺、硫酸钙、硫化镍精矿、硫铁矿等;所述硫化剂优选为硫磺、硫酸钙,进一步优选为硫磺,其中,硫酸钙可以通过烟气钙法脱硫得到,返回用作熔剂和硫化剂,硫磺作为硫化剂,相对于硫化镍精矿、硫铁矿等硫化矿作为硫化剂,在熔炼过程中不会引入新的金属杂质,不会增大炉渣产量,避免了硫化剂中金属杂质对低冰镍产品的影响。

[0016] 进一步地,所述硫化剂以粉末状喷入熔炼炉内,所述硫化剂的粒度为100目以上大于80%,优选为200目以上大于80%,所述氧化镍矿与硫化剂按照氧化镍矿与硫的质量比为100:2~4进行加料。

[0017] 可选地,当所述硫化剂为硫磺时,硫磺还能够以液态形式喷入熔炼炉内熔池反应区。

[0018] 进一步地,熔融还原硫化反应过程中产生的高温烟气返回步骤(1)中用于对氧化镍矿进行干燥预热,然后烟气经除尘后进入脱硫系统进行脱硫,采用氧化钙或碳酸钙作为脱硫剂,脱硫过程产出硫酸钙,所产生的硫酸钙返回步骤(2)中用作熔剂和硫化剂。

[0019] 进一步地,所述熔剂为硫酸钙、碳酸钙中的至少一种,所述熔融还原硫化步骤中按照氧化镍矿与熔剂的质量比为100:5~15进行加料。

[0020] 进一步地,所述熔融还原硫化步骤中,喷入熔炼炉内熔池反应区的富氧空气中氧气的体积浓度为80~95%,还原剂与硫化剂通过压缩空气喷入熔池反应区,富氧空气以及输送还原剂与硫化剂的压缩空气的压力为0.2Mpa~0.4Mpa。

[0021] 进一步地,向炉内液面以上气相空间第二次喷入富氧空气,该第二次喷入富氧空气中氧气的体积浓度为60~80%,该第二次喷入富氧空气的压力为0.05Mpa~0.1Mpa,用以燃烧炉内液面以上气相空间内的一氧化碳CO。

[0022] 进一步地,控制所产出的低冰镍的金属化率 $Me_{\text{形式}}$ 为0.20~0.35,该低冰镍的金属化率 $Me_{\text{形式}}$ 为:低冰镍中硫的理论含量 $S_{\text{理论}}$ 与低冰镍中硫的实际含量 $S_{\text{实际}}$ 差值比上低冰镍中硫的理论含量 $S_{\text{理论}}$, $Me_{\text{形式}} = (S_{\text{理论}} - S_{\text{实际}}) / S_{\text{理论}}$,其中, $S_{\text{理论}}$ 为低冰镍中的铁、镍、钴分别完全以硫化亚铁(FeS)、二硫化三镍(Ni_3S_2)、硫化钴(CoS)形式存在时即低冰镍中铁、镍、钴均被完全硫化时的理论含硫量。

[0023] 进一步地,物料在熔炼炉内熔融还原硫化反应时间为1~1.5h。

[0024] 进一步地,以上用于还原硫化的熔炼炉为圆形立式结构或是方形立式结构的熔池熔炼炉。

[0025] 本发明具有以下有益效果:

[0026] (1) 解决了目前氧化镍矿主要产品为用于不锈钢领域的镍铁合金,难以用于电池材料的局限性,为未来电池材料领域对镍中间产品的巨大需求提供镍资源保障。

[0027] (2) 本发明采用焦粉或粉煤作为燃料和还原剂,硫磺粉或硫酸钙作为硫化剂,还原剂与硫化剂直接喷入反应区域的熔池中,利用效率高,气氛容易控制,硫化效率高,烟气脱硫系统负荷小,烟气处理成本低。

[0028] (3) 相对于现有高炉及鼓风炉熔炼工艺采用焦炭为燃料,本发明整个工艺过程以煤或焦粉作为燃料和还原剂,并采用高浓度富氧熔炼,物料热态入炉,系统能耗低、效率高。

[0029] (4) 具有原料适应性强,相对湿法工艺,可以处理含镁铝高的氧化镍矿,相对于电炉工艺,产品为低冰镍,氧化镍矿中的钴得到回收,可用于后续的电池材料领域,所产出的低冰镍具有较高的品位和较高的镍、钴回收率。

[0030] (5) 与湿法工艺相比,产出的熔炼渣性质稳定,不会对环境造成污染,且原料适应性强,可以处理含镁铝高的氧化镍矿。

附图说明

[0031] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本发明的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0032] 图1为本发明氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法的流程示意图。

具体实施方式

[0033] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。实施例中未注明具体条件者,按照常规条件或制造商建议的条件进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市售购买获得的常规产品。

[0034] 请参阅图1,本发明提供一种氧化镍矿熔融还原硫化生产低冰镍的方法,该方法包括以下步骤:

[0035] (1) 干燥预热:将氧化镍矿进行干燥预热,产出温度为600~900℃的热态氧化镍矿。

[0036] (2) 熔融还原硫化:将热态氧化镍矿、熔剂从炉顶加入熔炼炉熔池内。将还原剂、硫化剂、富氧空气从炉身喷入炉内熔池反应区域,控制炉内还原剂与鼓入富氧空气中氧的耗量指标,氧气过剩系数 α 为0.3~0.4。向炉内液面以上气相空间第二次喷入富氧空气,控制炉内温度为1400~1550℃;向炉内加入的物料在熔融状态下发生还原硫化反应,产出低冰镍和炉渣,控制低冰镍的金属化率 $Me_{\text{形式}}$ 为0.20~0.35,所产出的低冰镍含镍15%~30%,含钴0.5%~3%,镍金属回收率为88%~96%,钴金属回收率为80%~90%。

[0037] 根据附图1,该方法主要分为氧化镍矿干燥预热和氧化镍矿熔融还原硫化两部分。

[0038] 【氧化镍矿干燥预热】

[0039] 氧化镍矿进行干燥预热,主要目的是脱除氧化镍矿的物理水和结晶水,并将氧化镍矿预热至600~900℃,为下一步的熔炼提供热态物料,提高熔炼效率,物料温度越高,越有利于下一步熔炼,但是过高的出料温度,干燥预热设备容易形成炉结,影响设备运行。在氧化镍干燥预热工序中,热源采用下一步工序熔炼的高温烟气,不足热量采用粉煤燃烧补充。氧化镍矿干燥预热设备可采用回转窑或其他设备,这里不作特别限制。干燥预热产出的热态物料经过格栅筛分,筛下物控制小于50mm,具体粒径不作具体要求,较小粒径的氧化镍矿比表面面积大,反应速度快,利于充分反应。

[0040] 【氧化镍矿熔融还原硫化】

[0041] 干燥预热设备产出的热态氧化镍矿与熔剂从炉顶连续加入熔炼炉中,还原剂、硫化剂、富氧空气从炉身喷入熔池反应区域,物料在熔池反应区域完成还原硫化等系列反应,反应生成低冰镍和炉渣,低冰镍和炉渣在炉内反应区域以下实现分离,低冰镍间断放出,炉渣连续放出水淬。

[0042] 本发明熔炼采用粉煤或焦粉作为燃料和还原剂,所述的焦粉或粉煤(烟煤或无烟煤),粒度为200目以上大于80%,其中氧化镍矿与还原剂加入量的质量比为100:(15~25),还原剂直接喷入熔池反应区域。本发明采用硫磺或硫酸钙作为硫化剂,粒度为200目以上大于80%,氧化镍矿与硫化剂(按硫的质量)加入量的质量比为100:(2~4),硫化剂直接喷入熔池反应区域,硫化效率高,硫化剂利用率可达80%以上,即硫化剂中的硫80%以上进入低冰镍产品中,少量进入炉渣中,剩余部分以SO₂形式进入烟气中,进而后续烟气脱硫系统负荷小,烟气处理成本低,有利于环保。

[0043] 本发明采用富氧空气强化熔炼,富氧空气中氧气的体积浓度为80~95%,富氧空气压力为0.2~0.4Mpa,富氧空气喷入量与原料处理量以及燃料还原剂喷入量有关,在此不作限制。

[0044] 本发明熔融还原硫化反应过程,通过控制氧气过剩系数从而控制反应气氛,氧气过剩系数 α 为0.3~0.4,发明人发现,过低的氧气过剩系数会导致更多的铁被还原,从而导致低冰镍品位降低,过高的氧气过剩系数会导致渣含镍升高,从而降低了镍金属的回收率。

[0045] 熔炼温度主要受渣型的影响,原料含氧化镁越高将导致熔炼温度随之升高,本发明控制熔融还原硫化过程温度为1400~1550℃,可以处理含镁铝高的氧化镍矿,适用于多种渣型的氧化镍矿,熔炼温度通过粉煤或焦粉喷入量进行调节,在此不作具体限制。

[0046] 本发明向炉内熔体上部气相空间喷入富氧空气,富氧空气中氧气的体积浓度为60~80%,富氧空气压力为0.05Mpa~0.1Mpa,富氧空气喷入角度为水平向下45°~55°,空间喷入富氧空气主要用于燃烧烟气中CO并将反应热量返回熔池。

[0047] 本发明控制低冰镍的金属化率 $Me_{形式}$ 为0.20~0.35,低冰镍的金属化率 $Me_{形式}$:低冰镍中硫的理论含量 $S_{理论}$ 与低冰镍中硫的实际含量 $S_{实际}$ 差值比上低冰镍中硫的理论含量 $S_{理论}$, $Me_{形式} = (S_{理论} - S_{实际}) / S_{理论}$,其中, $S_{理论}$ 为低冰镍中铁、镍、钴均被完全硫化时的理论含硫量,具体将铁完全转化为硫化亚铁(FeS)、将镍完全转化为二硫化三镍(Ni₃S₂)及将钴完全转化为硫化钴(CoS)后低冰镍的理论含硫量,发明人发现将产品低冰镍金属化率控制在合理范围内,能够保证所得产品具有较高的镍品位和较高的镍、钴回收率。

[0048] 【烟气回收利用】

[0049] 熔融还原硫化反应过程中产生的高温烟气返回步骤(1)中用于通过热交换对氧化镍矿进行干燥预热,降温后的烟气经布袋除尘器除尘后送入脱硫系统进行脱硫,脱硫系统采用氧化钙或碳酸钙作为脱硫剂,吸收烟气中的二氧化硫,使得烟气中的二氧化硫含量符合国家排放标准,脱硫过程产生的硫酸钙返回熔融还原硫化过程中用作熔剂和硫化剂。

[0050] 以下结合具体实施例对本发明的特征和性能作进一步的详细描述。

[0051] 实施例中所采用氧化镍矿含镍1.55%,含钴0.07%,含铁16%,含氧化镁23%,含二氧化硅36%。

[0052] 实施例1

[0053] 氧化镍矿经过回转窑干燥预热,产出温度为600℃热态氧化镍矿,干燥预热产出的热态物料经过格栅筛分,筛下物控制小于50mm。按照氧化镍矿:碳酸钙=10:1配比,将热态氧化镍矿与熔剂碳酸钙从炉顶连续加入富氧熔池熔炼炉,同时按照氧化镍矿:粉煤:硫磺=100:18:2,通过炉身向熔池反应区域喷入还原剂粉煤和硫化剂硫磺,同时喷入氧气浓度为85%的富氧空气,富氧空气压力为0.2Mpa,氧气过剩系数为0.3;向炉内熔体上部气相空间喷入氧气浓度为60%的富氧空气,角度为水平向下45°,控制熔炼温度为1500℃,物料在熔池反应区域发生还原硫化反应,反应生成低冰镍和炉渣,低冰镍含镍27.2%,含铁45.62%,含钴0.99%,含硫25.2%,镍金属回收率93.5%,钴金属回收率85.1%,低冰镍金属化率0.32。还原硫化炉渣含NiO:0.09%,FeO:17.18%,SiO₂:35.87%,CaO:5.63%,MgO:22.36%,Al₂O₃:4.46%。低冰镍间断放出,炉渣连续放出水淬。熔炼烟气通过烟道进入回转窑干燥预热氧化镍矿,回转窑出口排出的烟气经过布袋除尘器除尘后送脱硫系统,使得烟气中的二氧化硫含量符合国家排放标准。

[0054] 实施例2

[0055] 与实施例1相比,除控制氧气过剩系数0.35外,其余参数与实施例1相同,在此不再赘述,反应生成的低冰镍含镍28.1%,含钴1.0%,含铁43.59%,含硫26.3%,镍金属回收率92.8%,钴金属回收率82.6%,低冰镍金属化率0.28。还原硫化炉渣含NiO:0.12%,FeO:17.37%,SiO₂:35.79%,CaO:5.62%,MgO:22.31%,Al₂O₃:4.45%。还原硫化烟尘制粒后返回熔炼。低冰镍间断放出,炉渣连续放出水淬。熔炼烟气通过烟道进入回转窑干燥预热氧化镍矿,回转窑出口排出的烟气经过布袋除尘器除尘后送脱硫系统,使得烟气中的二氧化硫含量符合国家排放标准。

[0056] 实施例3

[0057] 与实施例1相比,除控制氧气过剩系数0.4外,其余参数与实施例1相同,在此不再赘述,反应生成的低冰镍含镍28.8%,含钴1.01%,含铁41.58%,含硫27.6%,镍金属回收率91.3%,钴金属回收率80.2%,低冰镍金属化率0.21。还原硫化炉渣含NiO:0.13%,FeO:17.52%,SiO₂:35.73%,CaO:5.61%,MgO:22.71%,Al₂O₃:4.36%。还原硫化烟尘制粒后返回熔炼。低冰镍间断放出,炉渣连续放出水淬。熔炼烟气通过烟道进入回转窑干燥预热氧化镍矿,回转窑出口排出的烟气经过布袋除尘器除尘后送脱硫系统,使得烟气中的二氧化硫含量符合国家排放标准。

[0058] 实施例4

[0059] 与实施例1相比,不同在于调整硫化剂加入量,本实施例按照氧化镍矿:粉煤:硫磺为100:18:2.5进行加料,其余参数与实施例1相同,在此不再赘述,物料在熔池反应区域发

生还原硫化反应,反应生成低冰镍和炉渣,低冰镍含镍26.12%,含铁45.66%,含钴0.97%,含硫26.30%,镍金属回收率93.81%,钴金属回收率85.60%,低冰镍金属化率0.272。还原硫化炉渣含NiO:0.11%,FeO:17.08%,SiO₂:35.92%,CaO:5.64%,MgO:22.39%,Al₂O₃:4.46%。低冰镍间断放出,炉渣连续放出水淬。熔炼烟气通过烟道进入回转窑干燥预热氧化镍矿,回转窑出口排出的烟气经过布袋除尘器除尘后送脱硫系统,使得烟气中的二氧化硫含量符合国家排放标准。

[0060] 实施例5

[0061] 与实施例1相比,不同在于调整硫化剂加入量及熔炼温度,本实施例按照氧化镍矿:粉煤:硫磺为100:18:3进行加料,控制熔炼温度为1450℃,其余参数与实施例1相同,在此不再赘述,物料在熔池反应区域发生还原硫化反应,反应生成低冰镍和炉渣,低冰镍含镍25.34%,含铁45.80%,含钴0.94%,含硫26.97%,镍金属回收率94.02%,钴金属回收率86.43%,低冰镍金属化率0.25。还原硫化炉渣含NiO:0.11%,FeO:16.98%,SiO₂:35.96%,CaO:5.65%,MgO:22.41%,Al₂O₃:4.67%。低冰镍间断放出,炉渣连续放出水淬。熔炼烟气通过烟道进入回转窑干燥预热氧化镍矿,回转窑出口排出的烟气经过布袋除尘器除尘后送脱硫系统,使得烟气中的二氧化硫含量符合国家排放标准。

[0062] 实施例6

[0063] 与实施例5相比,不同在于调整硫化剂加入量,本实施例按照氧化镍矿:粉煤:硫磺为100:18:3.5进行加料,其余参数与实施例5相同,在此不再赘述,物料在熔池反应区域发生还原硫化反应,反应生成低冰镍和炉渣,低冰镍含镍24.86%,含铁45.98%,含钴0.92%,含硫27.31%,镍金属回收率94.44%,钴金属回收率86.47%,低冰镍金属化率0.237。还原硫化炉渣含NiO:0.10%,FeO:16.91%,SiO₂:36.00%,CaO:5.65%,MgO:22.44%,Al₂O₃:4.47%。低冰镍间断放出,炉渣连续放出水淬。熔炼烟气通过烟道进入回转窑干燥预热氧化镍矿,回转窑出口排出的烟气经过布袋除尘器除尘后送脱硫系统,使得烟气中的二氧化硫含量符合国家排放标准。

[0064] 实施例7

[0065] 与实施例5相比,不同在于调整硫化剂加入量,本实施例按照氧化镍矿:粉煤:硫磺为100:18:4进行加料,其余参数与实施例5相同,在此不再赘述,物料在熔池反应区域发生还原硫化反应,反应生成低冰镍和炉渣,低冰镍含镍23.20%,含铁46.92%,含钴0.86%,含硫28.12%,镍金属回收率95.14%,钴金属回收率87.43%,低冰镍金属化率0.213。还原硫化炉渣含NiO:0.09%,FeO:16.64%,SiO₂:36.12%,CaO:5.67%,MgO:22.51%,Al₂O₃:4.49%。低冰镍间断放出,炉渣连续放出水淬。熔炼烟气通过烟道进入回转窑干燥预热氧化镍矿,回转窑出口排出的烟气经过布袋除尘器除尘后送脱硫系统,使得烟气中的二氧化硫含量符合国家排放标准。

[0066] 实施例8

[0067] 与实施例1相比,不同在于调整氧气过剩系数为0.1,熔炼温度为1550℃,其余参数与实施例1相同,在此不再赘述,物料在熔池反应区域发生还原硫化反应,反应生成低冰镍和炉渣,低冰镍含镍19.22%,含铁55.31%,含钴0.71%,含硫23.96%,镍金属回收率95.80%,钴金属回收率87.41%,低冰镍金属化率0.38。还原硫化炉渣含NiO:0.07%,FeO:15.30%,SiO₂:36.70%,CaO:5.76%,MgO:22.87%,Al₂O₃:4.56%。低冰镍间断放出,炉渣连

续放出水淬。熔炼烟气通过烟道进入回转窑干燥预热氧化镍矿，回转窑出口烟气经过布袋除尘器除尘后送脱硫系统，使得烟气中的二氧化硫含量符合国家排放标准。本实施例数据表明，氧气过剩系数过低会导致大量的铁被还原，使得低冰镍品位降低。

[0068] 实施例9

[0069] 与实施例1相比，不同在于调整氧气过剩系数为0.6，熔炼温度为1550℃，其余参数与实施例1相同，在此不再赘述，物料在熔池反应区域发生还原硫化反应，反应生成低冰镍和炉渣，低冰镍含镍20.8%，含铁45.61%，含钴0.52%，含硫32.13%，镍金属回收率76.80%，钴金属回收率47.34%，低冰镍金属化率0.05。还原硫化炉渣含NiO:0.41%，FeO:16.94%，SiO₂:35.85%，CaO:5.63%，MgO:22.35%，Al₂O₃:4.45%。低冰镍间断放出，炉渣连续放出水淬。熔炼烟气通过烟道进入回转窑干燥预热氧化镍矿，回转窑出口烟气经过布袋除尘器除尘后送脱硫系统，使得烟气中的二氧化硫含量符合国家排放标准。本实施例数据表明，氧气过剩系数过高会导致金属回收率降低。

[0070] 实施例10

[0071] 与实施例5相比，不同在于调整硫化剂加入量与熔炼温度，本实施例按照氧化镍矿:粉煤:硫磺为100:18:6进行加料，熔炼温度为1500℃，其余参数与实施例5相同，在此不再赘述，物料在熔池反应区域发生还原硫化反应，反应生成低冰镍和炉渣，低冰镍含镍18.51%，含铁46.50%，含钴0.69%，含硫33.52%，镍金属回收率95.44%，钴金属回收率87.73%，低冰镍金属化率0.004。还原硫化炉渣含NiO:0.09%，FeO:15.94%，SiO₂:36.49%，CaO:5.73%，MgO:22.78%，Al₂O₃:4.51%。低冰镍间断放出，炉渣连续放出水淬。熔炼烟气通过烟道进入回转窑干燥预热氧化镍矿，回转窑出口烟气经过布袋除尘器除尘后送脱硫系统，使得烟气中的二氧化硫含量符合国家排放标准。本实施例数据表明，硫化剂加入量过多会导致低冰镍品位降低。

[0072] 实施例11

[0073] 与实施例5相比，不同在于调整硫化剂加入量与熔炼温度，本实施例按照氧化镍矿:粉煤:硫磺为100:18:1进行加料，熔炼温度为1500℃，其余参数与实施例5相同，在此不再赘述，物料在熔池反应区域发生还原硫化反应，反应生成低冰镍和炉渣，低冰镍含镍28.54%，含铁50.02%，含钴0.97%，含硫19.44%，镍金属回收率90.10%，钴金属回收率76.43%，低冰镍金属化率0.51。还原硫化炉渣含NiO:0.16%，FeO:17.14%，SiO₂:35.87%，CaO:5.63%，MgO:22.36%，Al₂O₃:4.45%。低冰镍间断放出，炉渣连续放出水淬。熔炼烟气通过烟道进入回转窑干燥预热氧化镍矿，回转窑出口烟气经过布袋除尘器除尘后送脱硫系统，使得烟气的二氧化硫含量符合国家排放标准后排出。本实施例数据表明，硫化剂不足会导致金属化率过高，同时影响金属回收率。

[0074] 实施例1-11的反应参数以及产品各项性能数据汇总如下表1所示。

[0075] 表1

[0076]

	矿硫比	氧过剩系数	熔炼温度(℃)	低冰镍						
				Me 形式	含 Ni (%)	含 Fe (%)	含 Co (%)	含 S (%)	Ni 回收率 (%)	Co 回收率 (%)
实施例 1	100: 2	0.3	1500	0.32	27.2	45.62	0.99	25.2	93.5	85.1

[0077]

实施例 2	100: 2	0.35	1500	0.28	28.1	43.59	1.0	26.3	92.8	82.6
实施例 3	100: 2	0.4	1500	0.21	28.8	41.58	1.01	27.6	91.3	80.2
实施例 4	100: 2.5	0.3	1500	0.272	26.12	45.66	0.97	26.3	93.81	85.6
实施例 5	100: 3	0.3	1450	0.25	25.34	45.80	0.94	26.97	94.02	86.43
实施例 6	100: 3.5	0.3	1450	0.237	24.86	45.98	0.92	27.31	94.44	86.47
实施例 7	100: 4	0.3	1450	0.213	23.2	46.92	0.86	28.12	95.14	87.43
实施例 8	100: 2	0.1	1550	0.38	19.22	55.31	0.71	23.96	95.80	87.41
实施例 9	100: 2	0.6	1550	0.05	20.8	45.61	0.52	32.13	76.80	47.34
实施例 10	100: 6	0.3	1500	0.004	18.51	46.50	0.69	33.52	95.44	87.73
实施例 11	100: 1	0.3	1500	0.51	28.54	50.02	0.97	19.44	90.10	76.43

[0078] 通过上述实施例及其结果表明,氧过剩系数、硫化剂添加量、熔炼温度等参数均对产出的低冰镍的品位、镍回收率、钴回收率等产品性能产生影响,本发明通过控制上述参数在合理范围内,能够使产出的低冰镍具有较高的品位和较高的镍、钴回收率,所产出的低冰镍含镍15%~30%,含钴0.5%~3%,镍金属回收率为88%~96%,钴金属回收率为80%~90%,且硫化效率高,硫化剂利用率可达80%以上,烟气脱硫系统负荷小,烟气处理成本低,有利于环保。

[0079] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

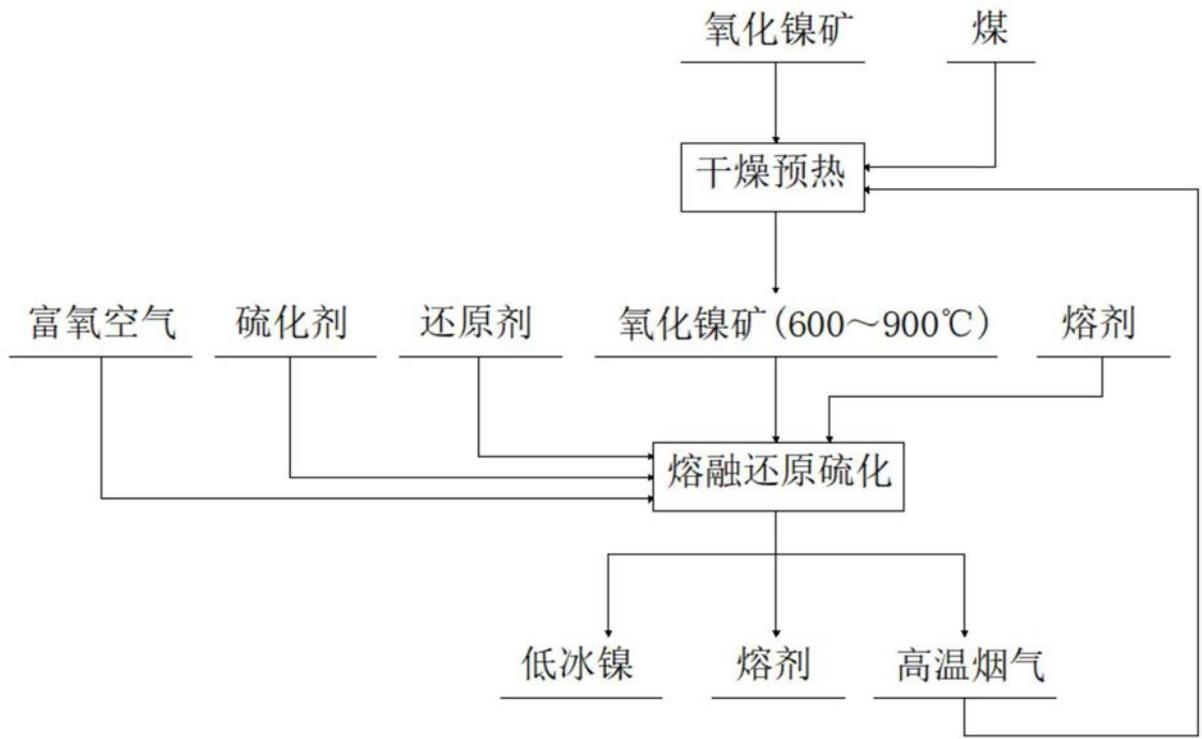


图1