

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 51388 – 2020

镍冶炼厂工艺设计标准

Standard for process design of nickel plants

2020 – 01 – 16 发布

2020 – 08 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 联合发布
国家市场监督管理总局

中华人民共和国国家标准

镍冶炼厂工艺设计标准

Standard for process design of nickel plants

GB 51388 - 2020

主编部门：中国有色金属工业协会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 2 0 年 8 月 1 日

中国计划出版社

2020 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

2020 年 第 40 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《镍冶炼厂工艺设计标准》的公告

现批准《镍冶炼厂工艺设计标准》为国家标准,编号为 GB 51388—2020,自 2020 年 8 月 1 日起实施。其中,第 5.1.2(12)、5.1.3(11、12、13、14)、5.2.1(7)、5.2.2(3)、5.5.2(3)、6.1.2(3)、6.2.7(4)、10.1.8、10.1.9、10.3.2(3)条为强制性条文,必须严格执行。

本标准在住房和城乡建设部门户网站(www.mohurd.gov.cn)公开,并由住房和城乡建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2020 年 1 月 16 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发 2016 年工程建设标准规范制订、修订计划的通知》(建标函〔2015〕274 号)的要求,编制组进行了广泛深入的调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上制定本标准。

本标准的主要技术内容是:总则,术语,原料、辅助材料、燃料及熔剂,物料贮存与准备,硫化铜镍精矿冶炼工艺,氧化镍矿冶炼工艺,其他有价金属回收,镍冶炼三废处理,冶金计算,总平面和车间配置,辅助生产设施。

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本标准由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国有色金属工业工程建设标准规范管理处负责日常管理,由中国恩菲工程技术有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中国恩菲工程技术有限公司(地址:北京市复兴路 12 号,邮政编码:100038)。

本 标 准 主 编 单 位:中国有色工程有限公司

中国恩菲工程技术有限公司

本 标 准 参 编 单 位:镍钴资源综合利用国家重点实验室

吉林吉恩镍业股份有限公司

新疆新鑫矿业股份有限公司

中色镍业有限公司

瑞木镍钴管理(中冶)有限公司

本 标 准 参 加 单 位:杭州中环化工设备有限公司

江苏蓝电环保股份有限公司

昆明嘉和科技股份有限公司

景津环保股份有限公司

本标准主要起草人员:陆业大 刘 诚 李曰荣 丁淑荣
张宇飞 陆金忠 李少龙 徐小锋
李建辉 张金勇 于 睿 高晓艳
金永新 胡志亮 石海明
本标准主要审查人员:王海北 卢笠渔 欧晓健 顾明杰
王多冬 王树清 曹永健 孟庆伟
王瑞峰

目 次

| | | |
|-----|---------------------|--------|
| 1 | 总 则 | (1) |
| 2 | 术 语 | (2) |
| 3 | 原料、辅助材料、燃料及熔剂 | (5) |
| 3.1 | 原料 | (5) |
| 3.2 | 辅助材料 | (5) |
| 3.3 | 燃料 | (6) |
| 3.4 | 熔剂 | (8) |
| 4 | 物料贮存与准备 | (9) |
| 4.1 | 物料贮存 | (9) |
| 4.2 | 物料准备 | (11) |
| 5 | 硫化铜镍精矿冶炼工艺 | (16) |
| 5.1 | 造钼熔炼 | (16) |
| 5.2 | 镍钼吹炼 | (18) |
| 5.3 | 高镍钼磨浮 | (20) |
| 5.4 | 镍电解精炼 | (21) |
| 5.5 | 高镍钼湿法精炼 | (23) |
| 6 | 氧化镍矿冶炼工艺 | (27) |
| 6.1 | 氧化镍矿火法冶炼 | (27) |
| 6.2 | 氧化镍矿湿法冶炼 | (30) |
| 7 | 其他有价金属回收 | (35) |
| 7.1 | 一般规定 | (35) |
| 7.2 | 铜回收 | (35) |
| 7.3 | 钴回收 | (35) |
| 7.4 | 贵金属回收 | (35) |

| | | |
|------|------------------|--------|
| 8 | 镍冶炼三废处理 | (36) |
| 8.1 | 废渣 | (36) |
| 8.2 | 废水 | (36) |
| 8.3 | 废气 | (37) |
| 9 | 冶金计算 | (38) |
| 10 | 总平面和车间配置 | (39) |
| 10.1 | 一般规定 | (39) |
| 10.2 | 物料贮存与准备 | (40) |
| 10.3 | 硫化铜镍精矿火法冶炼 | (41) |
| 10.4 | 氧化镍矿火法冶炼 | (41) |
| 10.5 | 镍湿法冶炼 | (42) |
| 11 | 辅助生产设施 | (45) |
| | 本标准用词说明 | (46) |
| | 引用标准名录 | (47) |
| | 附:条文说明 | (49) |

Contents

| | | |
|-----|---|--------|
| 1 | General provisions | (1) |
| 2 | Terms | (2) |
| 3 | Raw materials, auxiliary materials, fuels and flux ... | (5) |
| 3.1 | Raw materials | (5) |
| 3.2 | Auxiliary materials | (5) |
| 3.3 | Fuels | (6) |
| 3.4 | Flux | (8) |
| 4 | Storage and preparation of materials | (9) |
| 4.1 | Material storage | (9) |
| 4.2 | Material preparation | (11) |
| 5 | Metallurgical process of copper nickel sulfide concentrate | (16) |
| 5.1 | Sulfide smelting | (16) |
| 5.2 | Matte coveting | (18) |
| 5.3 | High nickel matte slow cooling | (20) |
| 5.4 | Nickel electrolysis refinery | (21) |
| 5.5 | High matte hydrometallurgy refinery | (23) |
| 6 | Metallurgical process of nickel oxide | (27) |
| 6.1 | Pyrometallurgy of nickel oxide | (27) |
| 6.2 | Hydrometallurgy of nickel oxide | (30) |
| 7 | Valuabal metal recovery | (35) |
| 7.1 | General requirements | (35) |
| 7.2 | Copper recovery | (35) |
| 7.3 | Cobalt recovery | (35) |

| | | |
|------|---|--------|
| 7.4 | Noble metal recovery | (35) |
| 8 | Waste treatment of nickel metallurgy process | (36) |
| 8.1 | Waste solid | (36) |
| 8.2 | Waste water | (36) |
| 8.3 | Waste gas | (37) |
| 9 | Metallurgical calculation | (38) |
| 10 | Plot plan and workshop general arrangement | (39) |
| 10.1 | General requirements | (39) |
| 10.2 | Storage and preparation of material | (40) |
| 10.3 | Pyrometallurgy of copper nickel sulfide concentrate | (41) |
| 10.4 | Pyrometallurgy of nickel oxide | (41) |
| 10.5 | Hydrometallurgy of nickel | (42) |
| 11 | Auxiliary facilities | (45) |
| | Explanation of wording in this standard | (46) |
| | List of quoted standards | (47) |
| | Addition; Explanation of provisions | (49) |

1 总 则

1.0.1 为推动镍冶炼技术进步,规范镍冶炼厂工艺设计,做到安全可靠、环保节能、经济合理,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、改建和扩建的镍冶炼厂工艺设计。

1.0.3 镍冶炼厂工艺设计时,安全、环保、消防及职业健康等设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。

1.0.4 镍冶炼厂工艺设计应根据项目地理位置、资源、上下游市场情况以及外部能源介质条件,合理确定产品方案,并应获得项目主要原辅材料、供电、供水等基础资料。

1.0.5 镍冶炼厂工艺设计应采用成熟可靠、技术经济指标先进的冶炼工艺,并应采用先进的技术装备,提高自动化、智能化控制水平。

1.0.6 镍冶炼厂工艺设计选用国内尚无工业化应用的新工艺,应完成连续扩大试验或工业试验;从国外引进的新工艺,应有成熟的工厂生产业绩和完整工艺包。

1.0.7 镍冶炼厂工艺设计应对原料中有价元素综合回收,提高资源综合利用率,并应兼顾经济性。

1.0.8 镍冶炼厂厂址应符合国家及当地政府相关产业规划和环保政策。

1.0.9 镍冶炼厂工艺设计除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 硫化铜镍精矿 nickel and copper sulfide concentrate

硫化铜镍矿石经选矿富集得到的精矿。

2.0.2 氧化镍矿 nickel oxide ore

含镍橄榄岩在热带或亚热带经大规模长期风化淋滤变质而成的矿物,通常称为红土镍矿。

2.0.3 低镍锍 low nickel matte

火法冶炼过程中产出的镍、铜、铁的硫化共熔物,镍+铜含量通常小于50%。

2.0.4 高镍锍 high nickel matte

火法冶炼过程中产出的镍、铜、铁的硫化共熔物,镍+铜含量大于75%,铁含量小于4.5%。

2.0.5 造锍熔炼 sulfide smelting

将原料中的有价金属熔炼成锍的方法。

2.0.6 熔池熔炼 bath smelting

将含镍精矿、熔剂等物料加入炉内,富氧空气通过喷枪鼓入熔池内完成造锍的冶炼过程。

2.0.7 闪速熔炼 flash smelting

将干细硫化铜镍精矿、熔剂等炉料与富氧空气通过精矿喷嘴喷入反应塔,迅速完成造锍熔炼,镍锍和炉渣在沉淀池内进行分离的冶炼过程。

2.0.8 低镍锍吹炼 converting

熔融低镍锍通过鼓入空气或富氧空气,氧化除去低镍锍中的部分铁、硫及其他杂质元素,获得高镍锍的冶炼过程。

2.0.9 高镍锍缓冷、磨浮分离 high nickel matte slow cool-

ing, milling and floatation

熔融高镍铋在设定时间内经过缓慢冷却、磨矿、浮选,将高镍铋中的镍、铜初步分离的过程。

2.0.10 高镍铋粒化 high nickel matte granulation

通过物理方法快速冷却熔融状态的高镍铋,使高镍铋成为一定规格颗粒物的过程。

2.0.11 镍电解 nickel electrolysis

以硫化镍或粗镍金属为阳极,金属盐水溶液为电解液,在电化作用下阳极溶解,阴极析出金属镍的过程。

2.0.12 镍电积 nickel electro-winning

采用不溶阳极,在电化作用下使电解液中的镍离子沉积在阴极上获得金属镍的过程。

2.0.13 阳极泥热滤 anode slag filtering

将镍电解过程产出的富含元素硫的阳极泥通过加热熔化和过滤,分离部分元素硫,使贵金属富集并副产硫磺的过程。

2.0.14 加压浸出 pressure leaching

在压力高于 0.1MPa、温度高于水的沸点下进行的浸出过程,需要时可通入空气或氧气。

2.0.15 高镍铋硫酸选择性浸出 high nickel matte sulfuric acid selection leaching

采用常压和加压浸出相结合的方法进行分段浸出,高镍铋中的镍、钴被浸出进入溶液,铜根据工艺需要选择性浸出或抑制在浸出渣中,铁和贵金属等进入浸出渣的过程。

2.0.16 氧化镍矿焙烧预还原 nickel oxide ore pre-reduction

在还原气氛下加热氧化镍矿,使矿石中的物理水彻底蒸发、结晶水除至 1% 以下,并还原氧化镍矿中部分铁和镍的氧化物转变为低价金属氧化物或金属,产出焙砂的过程。

2.0.17 氧化镍矿电炉还原熔炼 nickel oxide ore electric furnace reduction smelting

氧化镍矿在电炉中高温、还原气氛条件下,镍的氧化物和部分铁的氧化物被还原转变为金属,并熔化分为镍铁和渣两相熔体的熔炼方法。

2.0.18 镍铁精炼 ferro-nickel refining

熔融镍铁通过控制适当的工艺条件并加入熔剂,脱除镍铁中部分硫、磷、硅、碳杂质元素得到精炼镍铁的过程。

2.0.19 镍铁粒化 ferro-nickel granulation

熔融镍铁通过物理方法形成固体颗粒的过程。

2.0.20 中和除铁铝 iron and aluminum removal by neutralization

以化学沉淀法将溶液中的铁、铝生成沉淀物,从溶液中除去铁、铝等杂质的方法,中和剂一般为石灰石、石灰、氧化镁、碳酸钠、氢氧化钠等。

2.0.21 氢氧化镍钴沉淀 nickel and cobalt hydroxide precipitation

以化学沉淀法将溶液中的镍、钴生成氢氧化镍钴沉淀物,从溶液中回收镍、钴等有价金属的方法,中和剂一般为氢氧化钠、氧化镁、石灰。

2.0.22 溶剂萃取 solvent extraction

利用水溶液中某些组分在有机溶剂中分配比的不同,选择性地分离或富集的方法。

2.0.23 电解镍 electrolytic nickel

镍电解或镍电积过程中产出的符合现行国家标准《电解镍》GB/T 6516 或与下游用户协定要求的产品。

2.0.24 镍铁 ferro-nickel

氧化镍矿火法冶炼产出的符合现行国家标准《镍铁》GB/T 25049 或与下游用户协定要求的产品。

2.0.25 氢氧化镍钴 nickel and cobalt hydroxide

湿法冶炼过程中产出富含镍、钴的氢氧化物产品。

2.0.26 硫化镍钴 nickel and cobalt sulfide

湿法冶炼过程中产出富含镍、钴的硫化物产品。

3 原料、辅助材料、燃料及熔剂

3.1 原 料

3.1.1 硫化铜镍精矿应符合下列规定：

1 精矿质量应符合现行国家标准《重金属精矿产品中有害元素的限量规范》GB 20424 和《有色金属矿产品的天然放射性限值》GB 20664 的有关规定；

2 精矿中镍+铜含量不宜低于 5.5%，镍含量不宜低于 2.0%；

3 精矿水分含量不宜高于 14.0%。

3.1.2 氧化镍矿应符合下列规定：

1 当采用加压酸浸工艺时，镍含量宜大于 1.0%，镁含量宜小于 4.0%；

2 当采用常压酸浸工艺时，镍含量宜大于 1.3%；

3 当采用回转窑—电炉工艺时，镍含量宜大于 1.5%，硅镁比(SiO_2/MgO)宜为 1.4~2.8。

3.1.3 镍铈、氢氧化镍钴、硫化镍钴等含镍物料可作为镍冶炼的原料。

3.2 辅 助 材 料

3.2.1 当采用回转窑—电炉工艺冶炼氧化镍矿时，电炉宜采用自焙电极，电极糊的理化指标应符合现行行业标准《电极糊》YB/T 5215 的有关规定。

3.2.2 镍铁精炼采用的石灰粉和萤石粉的化学成分宜符合表 3.2.2-1、表 3.2.2-2 的规定，碳化钙应符合现行国家标准《碳化钙（电石）》GB 10665 的有关规定。

表 3.2.2-1 石灰粉化学成分

| 项目 | 化学成分(%) | | | | 活性度 | 粒度 (目) | 生烧 (%) | 过烧 (%) |
|----|---------|------------------|-------|-------|------|-----------|-----------|-----------|
| | CaO | SiO ₂ | S | P | | | | |
| 数值 | ≥88 | ≤2 | ≤0.03 | ≤0.04 | >300 | ~100 | 12 | 1.5 |

表 3.2.2-2 萤石粉化学成分

| 项目 | 化学成分(%) | | | | 粒度(mm) |
|----|------------------|------------------|-------|-------|--------|
| | CaF ₂ | SiO ₂ | S | P | |
| 数值 | ≥90 | ≤5 | ≤0.05 | ≤0.05 | ≤0.149 |

3.2.3 硫酸应符合现行国家标准《工业硫酸》GB/T 534 的有关规定。

3.2.4 盐酸应符合国家现行标准《工业用合成盐酸》GB 320 或《高纯盐酸》HG/T 2778 的有关规定。

3.2.5 氢氧化钠(烧碱)应符合现行国家标准《工业用氢氧化钠》GB/T 209 或《高纯氢氧化钠》GB/T 11199 的有关规定。

3.2.6 碳酸钠(纯碱)应符合现行国家标准《工业碳酸钠及其试验方法 第1部分:工业碳酸钠》GB 210.1 的有关规定。

3.2.7 亚硫酸钠应符合现行行业标准《工业无水亚硫酸钠》HG/T 2967 的有关规定。

3.2.8 焦亚硫酸钠应符合现行行业标准《工业焦亚硫酸钠》HG/T 2826 的有关规定。

3.2.9 液氯应符合现行国家标准《工业用液氯》GB 5138 的有关规定。

3.2.10 溶剂萃取用稀释剂 260 号溶剂油应符合现行国家标准《油漆及清洗用溶剂油》GB 1922 的有关规定。

3.3 燃 料

3.3.1 当使用原煤作燃料时,原煤灰分宜小于 16%,低发热值宜

大于 21MJ/kg。

3.3.2 当使用粉煤作燃料时,粉煤的质量指标宜符合表 3.3.2 的规定。用作燃料的粉煤粒度宜满足 0.074mm 筛下物大于或等于 85%、水分含量小于 1%的要求。

表 3.3.2 粉煤的质量指标

| 发热值(MJ/kg) | 挥发分(%) | 灰分(%) | 含硫量(%) |
|------------|--------|-------|--------|
| ≥23 | <30 | <15 | <1 |

3.3.3 用作还原的煤,质量要求宜符合表 3.3.3 的规定。

表 3.3.3 还原煤的质量指标

| 固定碳(%) | 挥发分(%) | 灰分(%) | 含硫量(%) | 粒度(mm) | 备注 |
|--------|--------|-------|--------|--------|---------|
| ≥60 | <20 | <20 | <1 | 5~25 | 硫化铜镍矿冶炼 |
| ≥40 | <40 | <20 | <1 | 5~25 | 氧化镍矿冶炼 |

3.3.4 焦炭的理化指标宜符合表 3.3.4-1 的规定,焦炭的成分宜符合表 3.3.4-2 的规定。

表 3.3.4-1 焦炭理化指标

| 低发热值(MJ/kg) | 反应性(CRI%) | 抗碎强度(M ₂₅ %) | 粒度(mm) |
|-------------|-----------|-------------------------|--------|
| >25 | ≤35 | ≥83.0 | 40~120 |

表 3.3.4-2 焦炭成分

| 成分(%) | 挥发分(%) | 灰分(%) | 水分(%) |
|-------|--------|--------|-------|
| | <1.80 | <15.00 | <6.00 |

3.3.5 兰炭应符合现行国家标准《兰炭产品品种及等级划分》GB 25212 的有关规定。

3.3.6 当采用柴油作燃料时,低发热值不宜低于 40MJ/kg。

3.3.7 当采用重油作燃料时,宜采用 100 号重油或 200 号重油,低发热值不宜低于 39MJ/kg。

3.3.8 当采用燃气作为燃料时,燃气的低发热值应符合下列规定:

- 1 天然气的低发热值不宜小于 $31.4\text{MJ}/\text{m}^3$ ；
- 2 液化石油气的低发热值不宜小于 $46.0\text{MJ}/\text{kg}$ ；
- 3 发生炉冷煤气的低发热值不宜小于 $5.23\text{MJ}/\text{m}^3$ 。

3.4 熔 剂

3.4.1 镍火法冶炼主要熔剂的化学成分应符合表 3.4.1 的规定。

表 3.4.1 熔剂化学成分(%)

| 名称 | CaO | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | SiO ₂ + Al ₂ O ₃ | F |
|-----|--------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|---|-------|
| 石灰石 | >50.00 | — | — | — | <3.50 | <3.00 | — |
| 生石灰 | >85.00 | — | — | — | <5.00 | — | — |
| 石英石 | <3.00 | >85.00 | <5.00 | <3.00 | — | — | <0.10 |

3.4.2 镍火法冶炼主要熔剂的粒度应符合表 3.4.2 的规定。

表 3.4.2 熔剂的粒度(mm)

| 工序 | 石英石 | 石灰石 |
|----------|-------|------|
| 闪速熔炼 | <1 | — |
| 顶吹熔炼 | 5~15 | 5~15 |
| 侧吹熔炼 | 5~15 | 5~15 |
| 转炉吹炼 | 15~50 | — |
| 电炉贫化 | 15~50 | — |
| 回转窑—电炉熔炼 | 15~50 | 5~30 |

3.4.3 硫化铜镍精矿火法冶炼的石英石熔剂可采用含贵金属且二氧化硅含量高的其他矿物。

4 物料贮存与准备

4.1 物料贮存

4.1.1 物料贮存应符合下列规定：

- 1 原矿堆场应采取防水、排水措施；
- 2 矿石堆场或贮存矿仓应配备承担装卸料、倒堆、混料、取样等作业的设施；
- 3 位于寒冷地区的镍冶炼厂，精矿贮存矿仓宜设置采暖设施，运输距离长的宜设置解冻设施。

4.1.2 硫化铜镍精矿的贮存应符合下列规定：

- 1 应设置精矿仓，宜贮存 7d~30d 的用量；
- 2 采用火车运输入厂的精矿贮存宜采用半地下式精矿仓，来源不同或成分差别大的精矿应分格贮存；矿仓应设置防火设施；精矿仓地下部分宜采取防渗措施，深度宜小于 6m；其他运输方式入厂的精矿，宜采用半地下式或地面式的精矿仓；
- 3 精矿仓内应设置贮存和转运返料的场地；
- 4 采用抓斗桥式起重机时，起重机的工作级别不宜低于 A6；应根据生产、检修等情况设置备用；采用抓斗进行配料时，应设计量设施。

4.1.3 氧化镍矿原料贮存应符合下列规定：

- 1 原矿应设专用料场及配料设施，自有原料的，贮存时间宜大于 3d，以外购原料为主的原矿贮存时间宜大于 20d；
- 2 原矿贮运设施应设有防粘和防堵设施；
- 3 原矿浆贮存时间宜大于 12h。

4.1.4 含镍中间物料的贮存应符合下列规定：

- 1 氢氧化镍钴物料的贮存时间宜大于 10d，氢氧化镍钴物料

宜贮存于地面有顶棚的仓库内；

2 镍铈物料宜设料仓贮存，贮存时间宜大于 7d；

3 缓冷的高镍铈块堆高不宜超过 2m，袋装物料不宜超过 3 层；有挡墙的库房，挡墙高度不宜低于 3m；

4 装卸料、倒运设备宜选用抓斗桥式起重机、装载机。

4.1.5 辅助材料的贮存应符合下列规定：

1 辅助材料应贮存在有顶棚的仓库内，石英石、石灰石等块状物料的贮存时间宜大于 7d，萤石、碳化钙、碳酸钠、固体氢氧化钠等袋装粉料贮存时间宜大于 10d。

2 碳化钙贮存、运输与使用应采取防火、防爆等安全措施，并应符合现行国家标准《危险货物电石包装检验安全规范》GB 19453 和《常用化学危险品贮存通则》GB 15603 的有关规定。

3 耐火材料的贮存应符合下列规定：

1)耐火材料贮存仓库宜配备型砖加工及粉料加工设备；

2)耐火材料贮存仓库容量，宜贮存 3 个月～12 个月的大、中、小修计划所需用量；

3)耐火材料仓库内耐火砖堆放的高度宜为 2m，堆与堆之间应留出宽度不小于 0.8m 的通道；地面应能承受堆积荷载 $50\text{kN/m}^2 \sim 60\text{kN/m}^2$ ；

4)仓库应采取防雨、防潮、排尘、通风措施；

5)仓库内应设置起重运输设备。

4 硫酸的贮存应符合下列规定：

1)应建立硫酸贮存库，其贮存能力应根据硫酸供应周期确定，宜为 10d～30d；

2)硫酸贮存库可设置在室外，在寒冷地区应采取防冻措施；

3)硫酸贮槽及硫酸输送泵应设置在防酸腐蚀围堰内，并应在围堰内设置集液坑及排液泵。

5 盐酸的贮存应符合下列规定：

1)应建立盐酸贮存库，其贮存能力应根据盐酸供应周期确

定,宜为 10d~20d;

2) 盐酸贮存库应设置环保通风及处理设施;

3) 盐酸贮槽及盐酸输送泵应设置在防酸腐蚀围堰内,并应在围堰内设置集液坑及排液泵。

6 液碱的贮存应符合下列规定:

1) 应建立液碱贮存库,其贮存能力应根据液碱供应周期确定,宜为 10d~20d;

2) 液碱贮存库应设置收集及环保通风设施;

3) 液碱贮槽及液碱输送泵应设置在防腐蚀围堰内,并应在围堰内设置集液坑及排液泵。

7 液氨的贮存应符合现行国家标准《常用化学危险品贮存通则》GB 15603 的有关规定;贮存时间应根据用量及运输距离确定,贮存区域应设置氨浓度检测仪。

4.1.6 燃料的贮存应符合下列规定:

1 原煤贮存仓库内煤堆堆存允许高度和堆存期限应符合表 4.1.6 的规定;

表 4.1.6 煤堆堆存期限和堆存允许高度

| 煤 种 | | 堆存时间 ≤ 60 d | 堆存时间 > 60 d |
|-------|--------------------------|------------------|---------------|
| 褐煤(m) | | 2.0~2.5 | 1.5~2.0 |
| 烟煤(m) | $V_{\text{燃}} > 20\%$ | 2.5~3.5 | 2.0~2.5 |
| | $V_{\text{燃}} \leq 20\%$ | 3.5 | 2.5 |
| 无烟煤 | | 无限制 | 无限制 |

2 焦炭宜贮存于有顶棚的仓库中,贮存时间宜大于 20d;

3 重油库的贮存能力宜大于 30d 的用量,贮罐的数量不应少于 2 个。

4.2 物 料 准 备

I 硫化铜镍精矿造钽

4.2.1 硫化铜镍精矿造钽工艺配料应符合下列规定:

1 宜采用调控方便或能自动调控的仓式配料方法;配料偏差宜为 $\pm 2\%$,配料前,精矿水分含量宜为 $7\% \sim 12\%$;也可采用堆式配料,并应设置自动堆料机和取料机;堆场应设置永久性硬地面,并应设置在室内;

2 配料仓宜采用钢板制作,仓内壁应设防黏结衬里,外壁应装设振打装置,锥体部仓壁倾斜度不宜小于 65° ;

3 配料仓出口应装设给料和计量装置;

4 配料仓出料处应设置通风、收尘装置。

4.2.2 硫化铜镍精矿造钼工艺圆筒干燥应符合下列规定:

1 当硫化铜镍精矿含水量超过 12% 时,应进行预干燥,并宜采用圆筒干燥机;

2 应采用顺流干燥工艺,并宜利用本厂热烟气或热风作热源,也可采用煤粉、天然气、重油等燃料;

3 干燥强度宜为 $35\text{kg(水)}/(\text{m}^3 \cdot \text{h}) \sim 50\text{kg(水)}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$;当采用燃料作为热源时,能耗应小于 $7\text{MJ}/(\text{kg} \cdot \text{水})$;

4 圆筒干燥机日作业时间不宜小于 18h ;

5 给料应均匀;圆筒干燥机加料管宜选用不锈钢管,下料管与水平面夹角应大于 80° ,并应缩短加料管长度;

6 圆筒干燥机应设置各种形式的扬料和防黏结装置,厂房应设置检修设施;

7 圆筒干燥机宜采用调速电动机驱动,鼓风机的风量、燃料用量应自动调节,圆筒干燥机出口烟气温度、烟气量及燃烧室出口气体温度和压力等应设置检测仪表,整个生产过程宜集中控制。

4.2.3 硫化铜镍精矿造钼工艺的气流干燥应符合下列规定:

1 精矿需干燥到水分含量为 1% 以下时,宜采用气流干燥;进入气流干燥系统的精矿水分含量低于 7% 时,可不设短圆筒干燥机,精矿与热风应直接进入鼠笼打散机;

2 气流干燥用的短圆筒干燥机入口气流温度应由整个干燥系统的热平衡计算确定,并不宜大于 400°C ,圆筒内气流平均速度

宜为 $12\text{m/s} \sim 15\text{m/s}$;

3 气流干燥宜利用本厂的废热气作为热源;

4 短圆筒干燥机应为顺流式,宜采用调速电动机驱动;

5 鼠笼打散机处应设置检修设施;

6 气流干燥管内的流速宜为 $16\text{m/s} \sim 18\text{m/s}$,气流管出口处的温度应设置自动调节和控制设施;

7 气流干燥管末端应设置将干精矿收集到干精矿仓的多级收尘系统,干精矿仓应设置料位检测仪表;

8 整个气流干燥系统应采取保温隔热措施。

4.2.4 硫化铜镍精矿造硫工艺的蒸汽干燥应符合下列规定:

1 含水量高于 12% 精矿的预干燥和含水量低于 12% 精矿的深度干燥,宜采用蒸汽管热传导型圆筒干燥装置。

2 应选择顺流干燥工艺。

3 蒸汽干燥装置的结构形式宜采用设备筒体与蒸汽管一同转动的方式,并应调速。

4 热源宜采用余热锅炉产生的饱和蒸汽。

5 饱和蒸汽入口压力宜为 $0.3\text{MPa} \sim 2.1\text{MPa}$ 。

6 精矿含水量要求小于 0.3% 时,蒸汽干燥工艺参数应符合下列规定:

1) 精矿出口温度宜为 $100^{\circ}\text{C} \sim 130^{\circ}\text{C}$;

2) 载气出口温度宜为 $110^{\circ}\text{C} \sim 130^{\circ}\text{C}$;

3) 蒸汽消耗量宜为 $180\text{kg}/(\text{t}-\text{干精矿}) \sim 190\text{kg}/(\text{t}-\text{干精矿})$ 。

7 蒸汽干燥装置有效工作时间不宜小于 22h/d。

8 蒸汽干燥系统应集中控制。

9 蒸汽干燥系统应采取保温隔热措施。

4.2.5 硫化铜镍精矿的制粒应符合下列规定:

1 入炉物料 60% 以上的物料粒度应达到 $8\text{mm} \sim 10\text{mm}$,并宜采用圆盘制粒机;

2 制粒后的物料含水量宜为 10%。

II 氧化镍矿火法冶炼

4.2.6 氧化镍矿火法冶炼工艺的破碎及干燥应符合下列规定：

1 矿石干燥宜采用回转干燥窑，加入干燥窑的湿矿粒度宜小于 150mm，干燥后水分含量宜为 18%~22%；

2 应采用顺流干燥工艺，宜利用本厂热烟气或热风作热源，也可采用煤粉、天然气、重油、煤气等燃料；

3 干燥强度宜为 $20\text{kg(水)}/(\text{h} \cdot \text{m}^3) \sim 40\text{kg(水)}/(\text{h} \cdot \text{m}^3)$ ；采用燃料作为热源时，能耗宜小于 $7\text{MJ}/(\text{kg} \cdot \text{水})$ ；

4 干燥窑的驱动宜采用变频电动机，干燥窑应采取密封措施，干燥窑内应设置扬料装置；

5 干燥窑生产的干矿宜筛分、破碎，出料粒度宜小于 50mm；

6 干燥烟气应采用高效除尘器净化达标后排放；

7 干燥窑排出的烟气温度宜高于烟气露点温度 50℃ 以上。

4.2.7 氧化镍矿火法冶炼工艺的配料应符合下列规定：

1 宜设置干矿贮存堆场，贮存时间宜为 3d~5d；

2 所有配料应采用自动计量设施，配料秤精度的允许偏差宜为 $\pm 0.5\%$ ；

3 配料仓贮存物料量宜为 4h~8h 用量，料位检测宜采用称重传感器；锥体仓壁倾斜度宜大于 60°；

4 主要原料的单条生产线配料仓数不宜少于 2 个，其他物料宜统一设置备用；

5 配料仓设置应符合本标准第 4.2.1 条的规定。

4.2.8 氧化镍矿火法冶炼工艺的烟尘制粒应符合下列规定：

1 烟尘宜处理后返回生产线，处理方式宜采用圆盘制粒、压球、真空挤压工艺；

2 圆盘制粒宜采用干矿作为黏结剂。

III 高镍钨精炼

4.2.9 当高镍钨种类多、成分差别大时，宜进行配料。

4.2.10 高镍硫磨矿的料仓应符合下列规定：

1 高镍硫球磨给矿前宜设置给矿料仓，料仓贮料量宜为 8h～16h 用量，料仓锥体仓壁倾斜度宜大于 50°；

2 给矿料仓宜采用钢板制作，仓壁锥段外壁应设置振打装置；

3 给矿料仓下方应设置定量给料设备，输送设备宜选用胶带输送机。

4.2.11 高镍硫磨矿应符合下列规定：

1 块状高镍硫应进行破碎，破碎宜选用重锤、颚式破碎机等设备，需要进行选矿的，应符合本标准第 5.3 节的规定；

2 高镍硫宜细磨至 0.074mm 筛下物占 95% 以上，并宜采用磨矿-分级的闭路磨矿工艺；

3 球磨机给水量、排料浓度宜采用自动控制。

IV 氧化镍矿湿法冶炼

4.2.12 氧化镍矿湿法冶炼物料准备应符合下列规定：

1 当原料成分、耗酸杂质波动大时，应配矿，应保证矿浆成分相对稳定；

2 对于高压酸浸工艺，原料铬含量大于 1.5% 时，宜设置选铬设施降低铬含量；

3 矿浆浓度宜为 33%～48%，矿浆浓缩设备宜选用深锥浓密机；

4 原矿浆贮存时间宜为 8h～24h。

V 氢氧化镍钴精炼

4.2.13 氢氧化镍钴精炼浆化宜采用机械搅拌槽，可连续浆化或间断浆化，浆化槽上方应设置机械通风设施。

4.2.14 采用吨袋包装的氢氧化镍钴原料宜采用机械破袋设备，并应设置废袋的清洗装置。

4.2.15 物料应设置计量装置。

5 硫化铜镍精矿冶炼工艺

5.1 造 铈 熔 炼

5.1.1 造铈熔炼冶炼工艺应符合下列规定：

1 造铈熔炼工艺流程应根据生产规模、原料、燃料等条件，经过方案比较和论证后确定；

2 以硫化铜镍精矿为原料的镍冶炼厂，可采用闪速熔炼、富氧顶吹浸没熔池熔炼、侧吹熔炼，也可采用国外已经工业化应用的一步炼镍(DON)工艺；

3 以硫化铜镍精矿为原料的镍冶炼厂，造铈熔炼和镍铈吹炼过程的冶炼烟气余热应回收利用，烟气中硫的回收率应达到 96% 以上；

4 熔炼产生的炉渣宜综合利用。

5.1.2 闪速熔炼冶炼工艺应符合下列规定：

1 日处理精矿量应大于 1200t。

2 年作业时间应大于 7800h。

3 精矿含氧化镁不宜大于 5%，大于 5% 时宜采用带贫化区的闪速炉，大于 7.5% 时不宜采用闪速熔炼工艺。

4 由原料至高镍铈的镍回收率应大于 95.5%。

5 当闪速炉处理的中间返料含有部分块状物料时，应细磨至 0.074mm 筛下物占 80% 以上。

6 入炉物料水分含量不应大于 0.3%。

7 闪速炉应设置炉顶干料贮仓，贮仓应设置保温设施和破拱的振打装置，贮存时间宜大于 4h。

8 炉料各组分的配料偏差宜为 $\pm 0.5\%$ 。干精矿配料宜采用仓式配料法，应采用无级调节的计量装置，并应自动控制。

9 宜采用中央喷嘴。

10 反应塔规格尺寸的确定应符合下列规定：

1) 入炉物料在反应塔中的下落时间宜为 $2.5\text{s} \sim 4.0\text{s}$ ；

2) 烟气流速度宜为 $2.0\text{m/s} \sim 3.2\text{m/s}$ ；

3) 容积热强度不宜大于 $3000\text{MJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ ；

4) 反应塔高度宜为 $6.5\text{m} \sim 8.0\text{m}$ 。

11 炉体应采用弹性结构及水冷却结构。反应塔宜采用耐高温、耐冲刷性能强、热稳定性好的耐火材料砌筑。

12 冷却水必须设置高位水塔，水泵供电电源必须为一级负荷。

13 冷却水应使用软化水。

14 沉淀池应设置烧嘴孔、观察孔和负压检测孔等。

15 炉体应设置温度检测装置。

16 低镍钼中镍+铜含量宜为 $30\% \sim 50\%$ ，镍含量不宜大于 28% 。

17 熔炼渣铁硅比(Fe/SiO_2)宜为 $1.0 \sim 1.3$ ，弃渣镍含量不宜大于 0.30% 。

18 工艺风应为富氧空气，含氧浓度宜大于 50% 。

5.1.3 富氧顶吹浸没熔池熔炼、侧吹熔池熔炼冶炼工艺应符合下列规定：

1 顶吹炉日处理精矿量宜大于 600t ，侧吹炉日处理精矿量宜大于 300t ；

2 年作业时间宜大于 7500h ；

3 由原料到高镍钼的镍回收率应大于 94% ；

4 顶吹炉入炉物料应制粒；

5 物料各组分的配料偏差宜为 $\pm 2\%$ ；

6 低镍钼中镍+铜含量宜为 $30\% \sim 45\%$ ，镍含量不宜大于 28% ；

7 炉渣铁硅比(Fe/SiO_2)宜为 $0.8 \sim 1.3$ ，炉渣含氧化钙宜为

3%~5%;

- 8 烟尘率应小于 3%;
- 9 工艺风富氧浓度宜大于 50%;
- 10 炉渣应回收有价金属;
- 11 冷却水必须设置高位水塔,水泵供电电源必须为一级负荷;
- 12 炉顶必须设置应急煤仓;
- 13 顶吹炉喷枪必须设有紧急提升装置;
- 14 顶吹炉喷枪的供电电源必须为一级负荷;
- 15 侧吹炉工艺风应设置应急风源。

5.1.4 沉降电炉冶炼工艺应符合下列规定:

1 用于处理富氧顶吹浸没熔池熔炼、侧吹熔池熔炼产出的熔体,应以热态形式流入沉降电炉。

2 沉降电炉冶炼的主要工艺参数应符合下列规定:

- 1) 炉床单位面积功率宜为 $50\text{kW}/\text{m}^2 \sim 100\text{kW}/\text{m}^2$;
 - 2) 电能消耗宜为 $100\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{t}-\text{渣}) \sim 160\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{t}-\text{渣})$;
 - 3) 操作电压宜为 $80\text{V} \sim 140\text{V}$;
 - 4) 沉降电炉作业宜交替沉降和贫化,贫化时间不宜小于 3h;
 - 5) 电炉渣宜进一步还原降低渣含镍,弃渣镍含量不宜大于 0.3%。
- 3 烟气宜与其他冶炼烟气混合后制酸。

5.2 镍 铈 吹 炼

5.2.1 P-S 转炉吹炼工艺应符合下列规定:

- 1 加入的冷料和熔剂的含水量应小于 3%。
- 2 供风系统应符合下列规定:
 - 1) 鼓风压力宜为 $50\text{kPa} \sim 130\text{kPa}$;

- 2) 鼓风强度宜为 $0.50\text{m}^3/(\text{cm}^2 \cdot \text{min}) \sim 0.65\text{m}^3/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$;
- 3) 送风时率宜为 $60\% \sim 75\%$;
- 4) 工艺风氧气浓度不宜高于 25% ;
- 5) 风量应能调节, 送风管路应设置联锁的快速切断和放空装置。
- 3 P-S 转炉吹炼的产品应符合下列规定:
 - 1) 高镍钨铁和硫的含量宜根据下游精炼工艺要求调整;
 - 2) 渣铁硅比 (Fe/SiO_2) 宜为 $1.8 \sim 2.5$, 应进行贫化处理回收有价金属。
- 4 应在不停吹条件下能够加入熔剂和冷料, 熔剂和冷料应采用计量设备。
- 5 应设置捅风眼机, 多台转炉的捅风眼机应互为备用, 并应设置专用的炉口清理机。
- 6 应设置密封烟罩和环保烟罩。
- 7 必须设置事故停电时的安全倾转装置和应急电源。
- 8 转炉送风系统应设快速切断阀。
- 5.2.2 保温炉的工艺设计应符合下列规定:
 - 1 低镍钨、高镍钨和阳极板浇铸宜设置保温炉;
 - 2 驱动装置应具有快、慢两种转速功能;
 - 3 必须设置事故停电时的安全倾转装置和应急电源;
 - 4 燃料可采用重油、煤气、柴油、天然气等, 并宜采用纯氧燃烧;
 - 5 应设置烟气处理系统。
- 5.2.3 低镍钨、高镍钨粒化的工艺设计应符合下列规定:
 - 1 可采用冲水粒化或无水粒化等工艺;
 - 2 冲水粒化水钨比应大于 20, 水压应大于 0.25MPa ;
 - 3 无水粒化应采用氮气粒化、雾化水换热, 氮气压力应大于 0.8MPa ;

- 4 粒化尾气应进行脱硫处理。
- 5.2.4 硫化镍阳极板熔铸工艺应符合下列规定：
 - 1 磨浮分离的二次硫化镍精矿应设置精矿仓，贮存时间宜为4d~7d；
 - 2 阳极板保温时间不应少于48h；
 - 3 浇铸废板和残极可与二次硫化镍精矿共同处理；
 - 4 阳极板浇铸温度应为900℃~1000℃，熔体浇铸成板后应在模具中冷却至540℃起模；
 - 5 炉渣及流槽黏结物等冷料宜返转炉吹炼处理。
- 5.2.5 转炉渣处理工艺应符合下列规定：
 - 1 应以热态进入下道工序，可单独贫化，亦可返沉降电炉处理；
 - 2 采用电炉贫化时，应加入还原剂、硫化剂和熔剂等，还原剂可采用焦炭、兰炭、无烟煤，硫化剂可采用黄铁矿、含镍硫较高的原矿、干硫化铜镍精矿、低镍铈等；
 - 3 贫化电炉的主要工艺参数应符合本标准第5.1.4条第2款的规定。

5.3 高镍铈磨浮

- 5.3.1 高镍铈磨矿分级的工艺应符合下列规定：
 - 1 磨矿分级作业宜采用两段一闭路流程，磨矿给料粒度应小于20mm，控制分级溢流粒度应为0.053mm筛下物大于90%；
 - 2 磨矿作业的分级设备可选用螺旋分级机或水力旋流器组；
 - 3 合金宜在二段分级返砂及二次镍精矿中提取；
 - 4 磨矿耗电量宜为25kW·h/(t-高镍铈)~35kW·h/(t-高镍铈)。
- 5.3.2 高镍铈浮选工艺应符合下列规定：
 - 1 浮选作业宜采用抑镍浮铜的多段浮选流程；
 - 2 浮选设备宜选用充气机械搅拌式浮选机，亦可采用浮选柱

与浮选机联合选别方式；

3 浮选作业精矿为二次铜精矿时，铜含量宜为 65%~67%，镍含量宜小于 5.0%；尾矿为二次镍精矿时，镍含量宜为 66%~68%，铜含量宜小于 3.2%；二次镍精矿和二次铜精矿水含量不宜大于 10%；

4 浮选耗电量宜为 $10\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{t}-\text{高镍硫}) \sim 15\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{t}-\text{高镍硫})$ 。

5.4 镍电解精炼

5.4.1 镍电解精炼工艺应符合下列规定：

- 1 可溶阳极电解宜采用硫化镍阳极电解工艺；
- 2 电解槽宜采用乙烯基树脂混凝土材质；
- 3 硫化镍阳极电解厂房应采取通风措施，封闭厂房应采取强制通风方式，温暖地区可设置半开放式外墙；
- 4 应采取降低镍电解车间酸雾的措施；
- 5 5000t/a 及以上镍电解项目宜采用成套始极片加工机组，宜包括始极片整形机组、吊耳切割机组、导电棒转运机组等，导电棒抛光、始极片剥离机组宜根据项目情况确定；
- 6 硫化镍阳极电解工艺所产阳极泥应回收贵金属和硫磺。

5.4.2 硫化镍阳极电解应符合下列规定：

- 1 宜采用硫酸盐—氯化物混酸体系的可溶阳极隔膜电解工艺。
- 2 生产槽阴极宜为镍始极片，种板槽阴极宜为钛材。
- 3 硫化镍阳极电解工艺参数及指标宜符合下列规定：
 - 1) 年作业时间不宜小于 7920h；
 - 2) 镍电解阴极液成分指标宜符合表 5.4.2 的规定；

表 5.4.2 镍电解阴极液成分指标

| 杂质 | Ni | Cu | Fe | Co | Pb | Zn | Na | Cl | pH 值 |
|-----|-----------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-----------------|-----------------|-------------|
| 阴极液 | 80g/L~ 85g/L | <3 mg/L | <1 mg/L | <20 mg/L | <2 mg/L | <2 mg/L | 10g/L~ 40g/L | 35g/L~ 40g/L | 4.5~ 5.0 |

- 3) 阴阳极液镍浓度差宜为 $10\text{g/L} \sim 15\text{g/L}$;
- 4) 同极距宜为 $180\text{mm} \sim 200\text{mm}$, 电流密度宜为 $180\text{A/m}^2 \sim 230\text{A/m}^2$;
- 5) 电解槽内镍电解液温度宜为 $60^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$;
- 6) 残极率宜为 $20\% \sim 25\%$;
- 7) 电流效率不宜低于 90% , 直流电耗不宜高于 $3500\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{t}-\text{镍})$ 。

4 宜设置阴极液贮槽、阳极液贮槽及高位槽, 阴极液、阳极液贮存时间宜为 $8\text{h} \sim 12\text{h}$, 高位槽贮存时间宜为 $10\text{min} \sim 20\text{min}$ 。

5.4.3 镍阳极液净化工艺应符合下列规定:

1 镍阳极液采用中和除铁工艺, 应符合下列规定:

- 1) 温度宜为 $65^\circ\text{C} \sim 75^\circ\text{C}$, 反应时间宜为 $1\text{h} \sim 3\text{h}$;
- 2) 氧化剂可采用空气或富氧;
- 3) 中和终点酸碱度(pH 值)宜为 $3.5 \sim 4.0$;
- 4) 除铁后镍阳极液含铁不宜大于 10mg/L 。

2 采用化学沉淀法除铜, 应符合下列规定:

- 1) 温度宜为 $60^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$, 反应时间宜为 0.5h ;
- 2) 除铜剂可采用硫化氢、活性硫化镍或镍精矿;
- 3) 终点酸碱度(pH 值)宜为 $2.5 \sim 3.5$;
- 4) 除铜后镍阳极液含铜不宜大于 3.0mg/L 。

3 采用氧化水解工艺除钴, 应符合下列规定:

- 1) 温度宜为 $60^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$, 反应时间宜为 $2\text{h} \sim 3\text{h}$;
- 2) 氧化剂宜采用氯气、氯酸钠或黑镍;
- 3) 终点酸碱度(pH 值)宜为 $4.5 \sim 5.0$;
- 4) 除钴后镍阳极液含钴不宜大于 20mg/L 。

4 采用溶剂萃取工艺净化镍阳极液, 应符合下列规定:

- 1) 宜采用溶剂萃取回收铜、化学沉淀除铁、P507 或 C272 萃取回收钴、P204 深度萃取除铜、离子交换除铅的工艺;
- 2) 萃取净化后镍阳极液主要杂质成分宜符合表 5.4.3 的

规定。

表 5.4.3 萃取净化后镍阳极液主要杂质成分

| 杂质 | Cu | Fe | Co | Pb | Zn |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 数值 | <2mg/L | <1mg/L | <2mg/L | <1mg/L | <1mg/L |

5.4.4 造液工艺应符合下列规定：

1 电解造液应符合下列规定：

- 1) 电解液镍含量宜为 50g/L~60g/L；
- 2) 起始溶液含酸宜为 4g/L~40g/L；
- 3) 最终溶液含酸宜为 50g/L~180g/L，镍含量宜大于 80g/L；
- 4) 阳极电流密度宜为 $120\text{A}/\text{m}^2 \sim 160\text{A}/\text{m}^2$ ；
- 5) 阴极电流密度宜为 $150\text{A}/\text{m}^2 \sim 300\text{A}/\text{m}^2$ ；
- 6) 电解液温度宜为 $60^\circ\text{C} \sim 65^\circ\text{C}$ 。

2 浸出造液宜采用硫酸选择性浸出或氯化浸出，硫酸选择性浸出应符合本标准第 5.5.2 条的规定。

3 氯化浸出造液应符合下列规定：

- 1) 浸出液固比宜为 4 : 1；
- 2) 氧化剂宜采用氯气；
- 3) 氧化还原电势宜为 450mV~500mV；
- 4) 浸出温度宜为 $100^\circ\text{C} \sim 110^\circ\text{C}$ ；
- 5) 浸出渣镍含量不宜大于 2%。

5.5 高镍钪湿法精炼

5.5.1 高镍钪湿法精炼工艺应符合下列规定：

- 1 宜选用硫酸选择性浸出工艺；
- 2 镍回收率应大于 98.5%；
- 3 应根据溶液中镍、钴、铜及杂质的含量选择浸出液的净化工艺；
- 4 镍电积应采取通风及酸雾处理措施。

5.5.2 高镍铈的硫酸选择性浸出工艺应符合下列规定：

1 常压浸出工艺应符合下列规定：

- 1) 宜设置两段常压浸出；每段常压浸出时间宜为 5h~8h，浸出温度宜为 70℃~90℃；一段常压浸出终点的酸碱度 (pH 值) 宜为 5.6~6.2，二段常压浸出终点的酸碱度 (pH 值) 宜为 1~2；
- 2) 浸出槽中应通入压缩空气或富氧；
- 3) 镍浸出率宜为 30%~50%；
- 4) 浸出成品液中镍离子浓度宜为 80g/L~100g/L。

2 加压浸出工艺应符合下列规定：

- 1) 宜设一段或两段加压浸出；
- 2) 各段加压浸出时间宜为 4h~5h，浸出温度宜为 140℃~160℃，浸出压力宜为 500kPa~800kPa，氧气分压宜为 200kPa~400kPa；
- 3) 氧气宜为工业氧，氧气纯度宜大于 90%；
- 4) 应设置控制加压釜内浸出温度的冷却装置；
- 5) 采用两段浸出的第一段加压浸出终点酸碱度 (pH 值) 宜为 1.5~3.5，第二段加压浸出终点酸度宜为 10g/L；
- 6) 闪蒸尾气应设置处理设施。

3 加压浸出系统高压釜本体连接的氧气隔离阀，事故状态下必须关闭。

5.5.3 浸出成品液的净化工艺应符合下列规定：

1 黑镍除钴时间宜为 1.5h~2.0h，除钴温度宜为 70℃~80℃，净化后液钴含量宜小于 10mg/L；

2 萃取法除钴宜采用皂化萃取工艺，钴萃取后溶液钴含量宜小于 1mg/L。

5.5.4 镍电积工艺应符合下列规定：

1 年作业时间不宜小于 7920h。

2 宜采用不溶阳极隔膜电积工艺。电解槽宜采用乙烯基树

脂混凝土材质。

3 阳极宜选用铅-银-钙-镉合金或铅-银-钙合金阳极,也可采用钛基带涂层阳极,生产槽阴极宜为镍始极片,种板槽阴极宜为钛阴极。

4 电积厂房应采取通风措施,封闭厂房应采取强制通风方式,温暖地区可设置半开放式外墙。

5 镍电解液指标宜符合表 5.5.4 的规定。

表 5.5.4 镍电解液指标

| 杂质 | Ni | Cu | Fe | Co | Pb | Zn | Na |
|-----|-----------------|--------|--------|---------|--------|--------|-----------------|
| 阴极液 | 60g/L~ 80g/L | <2mg/L | <1mg/L | <10mg/L | <1mg/L | <1mg/L | 25g/L~ 45g/L |

6 电积工艺参数及指标应符合下列规定:

- 1)槽内电解液温度宜为 $60^{\circ}\text{C}\sim 65^{\circ}\text{C}$;
- 2)电流密度宜为 $180\text{A}/\text{m}^2\sim 220\text{A}/\text{m}^2$,电流效率不宜小于 89%;
- 3)同极距宜为 120mm~140mm;
- 4)阴阳极液镍浓度差宜为 15g/L~25g/L;
- 5)直流电耗不宜高于 $3700\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{t}-\text{镍})$ 。

5.5.5 镍盐制备工艺应符合下列规定:

1 精制硫酸镍应符合现行国家标准《精制硫酸镍》GB/T 26524 的有关规定,工业硫酸镍应符合现行行业标准《工业硫酸镍》HG/T 2824 的有关规定。

2 氯化镍应符合现行国家标准《化学试剂 六水合氯化镍(氯化镍)》GB/T 15355 的有关规定。

3 硫酸镍宜采用下列生产工艺:

- 1)以铜电解生产过程中产生的粗硫酸镍或镍电解体积平衡过程中的碳酸镍等为原料,采用硫酸溶解、净化除杂、结晶工艺,生产硫酸镍;

2)以高镍硫为原料,采用硫酸常压-加压浸出、净化除杂、结晶工艺生产硫酸镍;

3)以氢氧化镍钴为原料,采用硫酸溶解、净化除杂、结晶工艺,生产硫酸镍。

4 硫酸镍生产指标宜符合下列规定:

1)对于精制硫酸镍,净化除杂后硫酸镍液的杂质要求宜符合表 5.5.5-1 的规定;

表 5.5.5-1 精制硫酸镍净化除杂后硫酸镍液的杂质要求

| 杂质 | pH 值 | Ni | Cu | Fe | Ca | Mg | 水不溶物 |
|----|-------------------------------|--------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| 数值 | $6.0 \leq \text{pH} \leq 6.4$ | 85g/L~100g/L | $<3\text{mg/L}$ | $<3\text{mg/L}$ | $<20\text{mg/L}$ | $<20\text{mg/L}$ | $<3\text{mg/L}$ |

2)对于工业硫酸镍,净化除杂后的硫酸镍液杂质要求宜符合表 5.5.5-2 的规定;

表 5.5.5-2 工业硫酸镍净化除杂后硫酸镍液的杂质要求

| 杂质 | Co | Cu | Fe | Ca |
|----|-----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| 数值 | $\leq 1\text{mg/L}$ | $\leq 1\text{mg/L}$ | $\leq 1\text{mg/L}$ | $\leq 20\text{mg/L}$ |
| 杂质 | Mg | Na | 含油量 | 不溶物 |
| 数值 | $\leq 0.15\text{g/L}$ | $\leq 40\text{mg/L}$ | $\leq 1\text{ppm}$ | $\leq 50\text{mg/L}$ |

3)蒸汽消耗不宜大于 $3.95\text{t}/(\text{t}-\text{硫酸镍})$;

4)电力消耗不宜大于 $372\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{t}-\text{硫酸镍})$ 。

5 氯化镍宜采用下列生产工艺进行生产:

1)以高镍硫为原料,采用硫酸常压-加压氧浸选择性浸出,净化除杂、反萃、结晶生产氯化镍;

2)以氢氧化镍钴为原料,采用硫酸溶解、净化除杂、反萃、结晶生产氯化镍。

6 氯化镍生产指标应符合下列规定:

1)蒸汽消耗不宜大于 $5.5\text{t}/(\text{t}-\text{氯化镍})$;

2)电力消耗不宜大于 $362\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{t}-\text{氯化镍})$ 。

6 氧化镍矿冶炼工艺

6.1 氧化镍矿火法冶炼

6.1.1 氧化镍矿焙烧预还原工艺应符合下列规定：

1 应进行物料平衡和热平衡的计算，并应根据计算确定物料需要的还原剂配比、焙烧温度及在窑内各区域的物料停留时间等设计参数；

2 氧化镍矿焙烧预还原宜采用回转窑，不应采用堆烧、烧结机等设备；

3 回转窑宜以煤、热煤气为主要燃料，宜采用煤作为还原剂，并宜对燃料和还原剂进行计量；回转窑的有效容积利用系数宜大于 $1.0\text{t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ；

4 回转窑内三价铁还原为二价铁的比例宜高于 40%；

5 焙砂的烧损含量宜小于 1.0%；

6 回转窑排料温度宜大于 750°C ；

7 回转窑长径比宜为 20~27，倾斜度宜为 3%~5%，填充率宜为 7%~15%；

8 宜根据回转窑的温度分布选择各段窑衬的耐火材料材质、厚度和砌筑方式；

9 正常生产时，回转窑壳体温度宜低于 250°C ；高温段窑衬寿命不宜低于 2 年；

10 窑头罩内宜设置格筛、排料门和观察孔；

11 单个煤粉中间储仓的储存时间应小于 6h；喷煤宜采用罗茨风机，煤粉应计量；煤粉的储存和输送应符合本标准第 11.0.1 条的规定；

12 窑头烧嘴应可移动，移动距离宜大于 500mm；

13 回转窑应采用逆流焙烧；

14 烟气应采用除尘器净化达标后排放或送入下道工序处理。

6.1.2 氧化镍矿电炉还原熔炼工艺应符合下列规定：

1 热料输送应符合下列规定：

- 1) 与热焙砂直接接触的料仓、料罐和卸料阀门等设备应能在 900℃ 以上的温度条件下稳定运行；
- 2) 热焙砂上料、下料及输送过程应设置密闭保温装置，总热损耗宜小于 10%；料罐和料罐车宜设置备用；
- 3) 回转窑卸料点、炉顶料罐卸料点等物料倒运点应设置通风收尘设施；
- 4) 热焙砂起重机工作级别应为 A8，机构工作级别应为 M8；
- 5) 热焙砂起重机应设置用于热料罐吊运的专用吊具及附属装置；
- 6) 热料输送系统的物料运输能力宜留有富裕量；
- 7) 热焙砂起重机行走定位点的定位精度宜为 $\pm 5.0\text{mm}$ ，起重机专用吊具升降定位点的定位精度宜为 $\pm 12.0\text{mm}$ ，料罐车停位定位精度宜为 $\pm 5\text{mm}$ 。

2 氧化镍矿电炉还原熔炼应符合下列规定：

- 1) 电炉日处理焙砂量应大于 1200t；
- 2) 电炉熔炼年生产时间不应小于 7200h；
- 3) 电炉还原熔炼工段的镍回收率宜为 93%~96%；
- 4) 入炉物料粒度宜小于 50mm；
- 5) 电炉炉顶宜设置应急加料仓和返料仓；
- 6) 烟尘率宜低于 3%；
- 7) 焙砂电耗不宜高于 $600\text{kW} \cdot \text{h/t}$ ；
- 8) 电极与各个操作平台之间应绝缘，炉盖与电极、料管之间应采取密封措施；

9) 电极壳焊接平台应设为绝缘平台;

10) 电炉水套冷却水应采用软化水,用水点压力应为 0.3MPa~0.4MPa,进水总管应设有温度、压力测量装置;回水各支管应设置温度流量检测及断流报警装置;

11) 烟气余热应回收利用,并应采用除尘器净化达标后排放。

3 冷却水必须设置高位水塔,水泵供电电源必须为一级负荷。

6.1.3 粗镍铁精炼应符合下列规定:

1 粗镍铁精炼工艺应符合下列规定:

1) 粗镍铁精炼可采用转炉(LD)、钢包炉(LF)、电炉、喷吹罐;

2) 粗镍铁精炼应设置镍铁熔体升温设施;

3) 粗镍铁脱硫可采用喷吹法、钢包炉(LF)法、搅拌(KR)法;

4) 精炼熔剂贮存仓存储能力不宜大于 12h,碳化钙的贮存应采用氮气保护;

5) 熔剂称量系统误差不宜大于 $\pm 0.5\%$,称量系统应设有自动检测及控制装置。

2 镍铁粒化及包装工艺应符合下列规定:

1) 精炼后的镍铁应采用粒化工艺,可按一开一备双粒化工艺配置,也可采用粒化为主、铸锭备用的配置;

2) 镍铁粒化周期宜小于 30min;

3) 镍铁粒化铁水罐可采用底部卸料或倾倒卸料的形式,粒化场地应配置应急溜槽与应急铁水包;

4) 铁水流到粒化盘(头)的冲击高度应可调;

5) 镍铁干燥宜采用柴油、天然气或煤气等燃料;

6) 镍铁粒宜采用自动包装的方式。

3 镍铁铸锭工艺应符合下列规定:

- 1) 室内配置的铸锭机宜设置排气设施, 室外配置的铸锭机宜设置防雨棚;
- 2) 铸铁机链带下部应只允许设置喷涂装置、清模设备以及
与铸铁机运转有关的设备, 并应采取防护措施。

6.2 氧化镍矿湿法冶炼

6.2.1 氧化镍矿的湿法冶炼工艺应符合下列规定:

- 1 工艺设计前应进行地质探矿, 选矿及冶炼试验, 应减小项目投资及技术风险;
- 2 氧化镍矿的湿法冶炼工艺应根据矿物类型、主要成分、浸出性能等进行选择, 宜包括常压浸出工艺、高压酸浸工艺、堆浸工艺;
- 3 选址应根据尾渣处置、运输条件、石灰石矿资源确定, 宜首选具备尾矿库堆存或允许深海排放、附近已有港口或适宜建设港口、具备石灰石供应的地区;
- 4 产品方案宜为氢氧化镍钴、硫化镍钴、硫酸镍、硫酸钴产品或金属镍、钴产品;
- 5 常压浸出工艺, 镍的回收率不宜低于 75%; 高压酸浸工艺, 镍的回收率不宜低于 88%, 钴的回收率不宜低于 86%。

6.2.2 氧化镍矿的浸出工艺应符合下列规定:

- 1 常压浸出工艺应符合下列规定:
 - 1) 原料宜为过渡型或残积矿型氧化镍矿;
 - 2) 宜采用连续的机械搅拌槽进行浸出, 液固比宜为 3:1~5:1, 时间宜为 4h~6h, 温度宜大于 95℃;
 - 3) 镍浸出率宜大于 85%;
 - 4) 硫酸消耗量不宜大于 800kg/(t-干矿)。
- 2 高压酸浸工艺应符合下列规定:
 - 1) 原料宜为褐铁矿型氧化镍矿;
 - 2) 高压酸浸系统宜包括矿浆浓缩、矿浆预热、高压酸浸、闪

蒸、废气洗涤工序；

3) 年有效作业时间不宜小于 7200h；

4) 高压釜进料矿浆浓度宜按氧化镍矿浆的流变特性进行选择，不宜低于 33%；

5) 预热器应采用直接换热形式，宜为三级预热；

6) 高压釜的矿浆给料泵宜选用带冷却段的矿浆隔膜泵；

7) 高压釜反应温度宜为 $245^{\circ}\text{C} \sim 270^{\circ}\text{C}$ ，操作压力宜为 $4.0\text{MPa} \sim 6.0\text{MPa}$ ；

8) 高压釜反应时间不宜大于 1h；

9) 酸矿比宜为 $220\text{kg}/(\text{t}-\text{干矿}) \sim 450\text{kg}/(\text{t}-\text{干矿})$ ，闪蒸后浸出矿浆残酸浓度宜为 $40\text{g}/\text{L} \sim 60\text{g}/\text{L}$ ；

10) 镍、钴浸出率不宜小于 94%；

11) 闪蒸槽宜设置三级闪蒸，级数、压差分配、温度应按安全性、操作性、经济性原则及预热器级数确定；

12) 与高压釜本体连接的蒸汽、硫酸隔离阀，事故状态下应关闭。

6.2.3 浸出矿浆中和应符合下列规定：

1 中和剂宜采用含固体浓度不小于 28% 的石灰石浆，固体粒度宜为 95% 以上不大于 0.074mm ；

2 矿浆中和宜采用连续的机械搅拌槽；

3 矿浆中和时间宜为 $2.0\text{h} \sim 2.5\text{h}$ ，温度宜为 $90^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ ，终点酸碱度(pH 值)宜为 $1.5 \sim 2.0$ 。

6.2.4 液固分离应符合下列规定：

1 矿浆宜采用浓密机逆流洗涤(CCD)，洗涤级数宜为 6 级～7 级，洗涤比宜为 $2.5:1 \sim 3:1$ ，洗涤效率不宜小于 98%；

2 浓密机底流浓度宜为 45%～55%，成品溢流含固量宜小于 200ppm；

3 末级洗涤浓密机底流应送尾渣中和工序处理。

6.2.5 浸出液除铁铝应符合下列规定：

- 1 宜采用两段中和除铁铝工艺;
- 2 中和剂宜为固体浓度不小于 28% 的石灰石浆, 固体粒度宜为 95% 以不大于 0.074mm;
- 3 压缩空气的氧气利用率不宜低于 10%;
- 4 中和除铁铝宜采用连续的机械搅拌槽;
- 5 一段中和除铁铝时间宜为 5h~6h, 温度宜为 75℃~85℃, 终点酸碱度(pH 值)宜为 3.6~4.0; 二段中和除铁铝时间宜为 3h~4h, 温度宜为 70℃~80℃, 终点酸碱度(pH 值)宜为 4.8~5.2;
- 6 中和除铁铝矿浆液固分离宜采用浓密机;
- 7 除铁铝后液铁、铝等杂质不宜大于 10mg/L。

6.2.6 氢氧化镍钴沉淀及尾渣中和应符合下列规定:

- 1 产品制备工序前宜设置溶液贮存缓冲设施, 贮存时间宜为 8h~12h;
 - 2 宜采用两段沉镍钴工艺, 一段镍钴沉淀剂宜为 5%~10% 浓度氢氧化钠溶液, 二段宜为 20% 浓度石灰乳;
 - 3 沉镍钴宜采用连续的机械搅拌槽;
 - 4 一段沉镍钴时间宜为 4h~5h, 温度宜为 60℃~80℃, 终点酸碱度(pH 值)宜为 7.4~7.8; 二段沉镍钴时间宜为 2h~3h, 温度宜为 55℃~75℃, 中和终点酸碱度(pH 值)宜为 8.1~8.5;
 - 5 矿浆液固分离宜采用浓密机, 底流宜采用压滤机过滤;
 - 6 一段沉镍钴镍沉淀率不宜小于 90%;
 - 7 氢氧化镍钴产品水分含量不宜高于 65%, 镍含量不宜低于 35%, 钙镁含量不宜高于 2.0%, 锰含量不宜高于 7.5%;
 - 8 沉镍后废液应排入尾渣中和工序处理;
 - 9 尾渣中和宜采用中和沉淀工艺, 中和过程宜通入压缩空气以氧化除锰, 中和时间宜为 4h~6h, 中和终点酸碱度(pH 值)宜为 7.5~8.5。尾渣中和宜采用连续的机械搅拌槽。
- #### 6.2.7 氢氧化镍钴的湿法精炼应符合下列规定:

- 1 浸出工艺应符合下列规定:

- 1) 氢氧化镍钴原料宜采用硫酸浸出工艺;
- 2) 浸出时间宜为 2h~4h, 浸出工序宜根据物料特性添加还原剂; 镍浸出率应大于 99%, 钴浸出率应大于 98.5%;
- 3) 浸出液镍浓度宜为 75g/L~85g/L;
- 4) 浸出设备宜采用连续浸出机械搅拌槽;
- 5) 矿浆液固分离宜采用高效浓密机或直接压滤, 浓密底流过滤宜采用压滤机, 滤饼宜进行洗涤。

2 溶液净化应符合下列规定:

- 1) 溶液净化工艺应根据浸出液中的杂质元素含量确定;
- 2) 浸出液脱硅工艺应根据原料中的硅含量确定;
- 3) 除铁铝宜选择水解沉淀工艺;
- 4) 铜、锌、锰等杂质的去除宜采用萃取工艺;
- 5) 镍钴分离宜选择萃取工艺;
- 6) 制备电池级的镍、钴产品应设置满足产品纯度要求的深度净化。

3 镍钴萃取应符合下列规定:

- 1) 萃取宜选用皂化-转皂工艺, 皂化工艺宜选用钠皂;
- 2) 铜、锌、锰、铁等杂质的净化萃取级数宜根据杂质浓度确定;
- 3) 镍钴萃取分离的萃取级数宜根据镍钴浓度确定;
- 4) 萃取除杂宜选用 P204 萃取剂, 镍钴分离萃取宜选用 P507 萃取剂或 C272 萃取剂, 稀释剂宜选用 260 号溶剂油或 110 溶剂油;
- 5) 宜设置三相处理设施。

4 镍钴萃取的电气设备必须具有防火防爆性能。

5 精炼产品制备应符合下列规定:

- 1) 产品宜为电解镍、工业硫酸镍、精制硫酸镍、氯化镍、碳酸镍;
- 2) 电解镍产品的生产宜采用硫酸盐体系电积工艺;

- 3) 钴、锰、锌等有价值金属宜回收；
- 4) 镍盐蒸发宜选择机械式蒸汽再压缩蒸发(MVR)或多效蒸发工艺。
- 6 镍回收率宜大于 98%，钴回收率宜大于 97%。

7 其他有价金属回收

7.1 一般规定

- 7.1.1 硫化铜镍精矿中的钴具有回收价值的,宜回收钴。
- 7.1.2 硫化镍阳极电解及高镍铈湿法精炼工艺应回收铜、钴。
- 7.1.3 硫化镍阳极电解工艺应回收阳极泥中的贵金属及元素硫。
- 7.1.4 高镍铈湿法精炼工艺应回收加压浸出渣中的贵金属。

7.2 铜回收

- 7.2.1 高镍铈磨浮分离产出的二次铜精矿宜采用火法工艺处理。
- 7.2.2 高镍铈硫酸选择性浸出工艺宜根据高镍铈所含的铜镍比及产品方案确定高镍铈中铜的回收工艺。
- 7.2.3 湿法精炼过程可采用化学沉淀或萃取工艺回收溶液中的铜。

7.3 钴回收

- 7.3.1 富钴铜铈宜采用粒化-湿法工艺回收钴。
- 7.3.2 镍精炼工艺过程产出的除钴渣宜采用酸溶-净化-电积工艺制备电钴,或酸溶-净化-蒸发结晶工艺制备钴盐。
- 7.3.3 镍溶液中钴离子浓度大于 0.1g/L 时,应回收钴。

7.4 贵金属回收

- 7.4.1 高镍铈磨浮分离产出的粗粒合金、细粒合金、阳极泥热滤渣宜采用火法-湿法联合工艺回收贵金属。
- 7.4.2 高镍铈湿法精炼工艺浸出渣中含有金银及铂族金属且有回收价值的,应回收。

8 镍冶炼三废处理

8.1 废 渣

8.1.1 熔炼弃渣、镍铁电炉渣等一般固废的处理应符合现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599 的有关规定。

8.1.2 除铁铝渣、黄钠铁矾渣、氧化镍矿浸出渣、硫化砷渣等危险废物的贮存应符合现行国家标准《危险废物贮存污染控制标准》GB 18597 的有关规定。

8.2 废 水

8.2.1 镍冶炼废水的处理应符合下列规定：

1 处理后的废水宜返回工艺系统使用，外排废水应符合现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978 及《铜、镍、钴工业污染物排放标准》GB 25467 的有关规定，厂址所在地对排放废水含钠或总盐量有限制的，应采取满足排放标准要求的脱盐措施；

2 单位镍产品外排水量应符合现行国家标准《铜、镍、钴工业污染物排放标准》GB 25467 的有关规定。

8.2.2 污酸的处置应符合下列规定：

- 1 宜采用硫化沉淀法去除砷、铜、铅、镍等重金属；
- 2 硫化沉淀后液宜采用二段碱中和处理；
- 3 碱中和后液宜采用氧化钙和铝盐除去氟化物。

8.2.3 生产废水应采用下列方式处理后回用：

- 1 酸性废水宜采用羟基铁盐法或电化学法深度处理；
- 2 深度处理后的中水可用于选矿尾砂冲洗、炉渣粒化和其他工艺回用；

- 3 含钠废水宜采用离子交换法去除重金属；
 - 4 含油废水蒸发处理前应脱除油；
 - 5 低浓度含钠溶液蒸发前宜先进行预浓缩处理；
 - 6 宜采用机械式蒸汽再压缩蒸发(MVR)或多效蒸发工艺生产钠盐。
- 8.2.4 生活污水应经处理达标后回用或外排。

8.3 废 气

- 8.3.1 废气污染物排放浓度限值应符合现行国家标准《铜、镍、钴工业污染物排放标准》GB 25467 的有关规定。
- 8.3.2 二氧化硫超标的烟气应脱硫处理。
- 8.3.3 氮氧化物超标的烟气应脱硝处理。
- 8.3.4 粉尘超标的烟气应除尘处理。
- 8.3.5 酸雾超标的浸出尾气应洗涤处理。

9 冶金计算

9.0.1 镍冶炼厂工艺设计应根据工厂或工艺装置的全年有效工作时间、原料、辅料的成分数据、工艺设计参数进行冶金计算。

9.0.2 冶金计算结果宜包括物料平衡、金属平衡、热平衡、空气量、工业氧气量、烟气量及成分、烟尘量及成分,冶金计算内容应符合表 9.0.2 的规定。

表 9.0.2 冶金计算内容

| 内容 工序 | 物料 平衡 | 金属 平衡 | 热平衡 | 空气量 | 工业 氧气量 | 烟气量 及成分 | 烟尘量 及成分 |
|----------|----------|----------|-----|-----|-----------|------------|------------|
| 干燥 | √ | √ | √ | √ | — | √ | √ |
| 焙烧预还原 | √ | √ | √ | √ | — | √ | √ |
| 熔炼 | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 火法精炼 | √ | √ | √ | — | √ | √ | √ |
| 湿法冶炼 | √ | √ | √ | √ | √ | — | — |

9.0.3 冶金计算宜采用专业的工艺模拟计算软件进行全流程工艺计算。

9.0.4 平衡表中物料及一般元素的数量宜以“t”计,稀贵元素宜以“kg”计;一般元素含量宜以“%”计,稀贵元素宜以“g/t”计;液体数量宜以“m³”计,成分宜以“g/L”计;气体数量宜以“m³”计,成分宜以“%”计,含尘量宜以“g/m³”计;温度单位宜为℃,热量宜以“MJ”计;时间宜以 h、d、a 为单位。

9.0.5 冶炼工艺设计应根据冶金计算结果,计算出辅助材料、燃料年消耗量以及吨矿或吨镍的单位消耗量。

9.0.6 设计基础数据或工艺设计参数发生变化时,冶金计算应更新,并应根据更新后的冶金计算结果,评估对工程设计的影响,并应更新相应设计。

10 总平面和车间配置

10.1 一般规定

10.1.1 总平面布置应根据厂址的主导风向、地形标高、地质条件、外部交通、三废排放、物流流向、安全消防要求确定。

10.1.2 车间配置应符合工艺流程、安全生产要求,建(构)筑物、道路布置应符合国家现行有关消防、排水、物流和人流方向等法律、标准的规定。

10.1.3 车间厂房应根据工艺和建筑原材料条件,确定采用钢筋混凝土结构或钢结构厂房,并应符合国家现行有关抗震、消防等法规、标准的有关规定。

10.1.4 混凝土厂房轴距和跨度的设置宜便于选用标准化的结构构件。

10.1.5 车间配置应符合生产操作、设备安装检修、物料堆放以及人员通行要求。

10.1.6 起重设备应设置检修平台。

10.1.7 车间管道及厂区管网的设计应根据工艺要求及介质的特性确定。

10.1.8 冶金炉炉底周围严禁敷设地下电缆,并严禁设置水管阀门井;熔体排放口及熔体流槽下方严禁敷设电线电缆、燃料管道、水管。

10.1.9 冶金炉炉底周围必须设置安全坑,安全坑必须铺设耐火砖和干砂,并必须保持干燥,安全坑必须能容纳整炉熔体。

10.1.10 炉体安全坑周围厂房立柱应设置耐热或绝热防护。

10.1.11 熔体排放口下部和周围应采取防护措施,流槽周边应铺设耐火砖。

- 10.1.12** 厂房内应统一设置检修通道和检修设施。
- 10.1.13** 镍铈粒化装置应设置防爆、泄爆设施。
- 10.1.14** 中央控制室宜集中设置。现场控制室应配置在清洁、安全、便于疏散的区域。
- 10.1.15** 湿法冶炼厂应设置事故贮存设施。
- 10.1.16** 余热锅炉和收尘区域的地面宜设置集液设施。
- 10.1.17** 湿法厂房地面、贮槽周围地面坡度不应小于 1%，并应设置集液设施。
- 10.1.18** 项目分期建设时，总平面及车间配置宜根据后期发展需要确定。

10.2 物料贮存与准备

10.2.1 物料贮存应符合下列规定：

1 原辅物料贮存仓库应根据厂内外的物流运输路线、工艺使用点等因素确定。

2 硫化铜镍精矿仓库的配置应符合下列规定：

- 1) 精矿仓应设置外围结构及围护，不宜设置天窗；
- 2) 精矿仓内应留有起重机检修场地。

3 火法冶炼用氧化镍矿的物料贮存，湿矿上料系统与干燥系统宜采用一对一的配置方式。

4 湿法冶炼用氧化镍矿原矿堆宜紧邻选矿制浆配置，可采用铲车或带式输送机运输物料。

10.2.2 配料应符合下列规定：

- 1 可在硫化铜镍精矿仓内设置配料区域，或设置配料厂房；
- 2 镍铁厂宜设置配料厂房，烟尘制粒宜设置在配料厂房内。

10.2.3 干燥应符合下列规定：

- 1 氧化镍矿回转窑宜露天设置，驱动装置处应设置防雨棚；
- 2 当多台干燥窑集中配置时，筒体中心距离不宜小于窑直径的 4 倍；

3 气流干燥管的倾角宜大于 75° ,干燥管也可配置在厂房外;

4 蒸汽干燥机出料口下应设置干料仓及输送系统,尾气收尘布袋应置于干燥机上部,收集的物料应直接加入干料仓;

5 蒸汽干燥机的配置应留有蒸汽列管的检修空间。

10.3 硫化铜镍精矿火法冶炼

10.3.1 造钼熔炼车间配置应符合下列规定:

- 1 冶金炉标高应满足熔体排放要求;
- 2 应根据操作和检修要求,设置操作平台和楼层;
- 3 厂房内宜配置客运电梯和货运电梯。

10.3.2 低镍钼吹炼车间的配置应符合下列规定:

- 1 采用转炉吹炼时,转炉炉口对面不应配置设备设施、物流人流通通道,炉口对面的厂房围护结构应采取防爆措施,厂房屋面应采取防腐措施;放包子区域宜铺设铸铁板;
- 2 采用连续吹炼工艺时,吹炼厂房与熔炼厂房应统一配置;
- 3 吹炼厂房必须设置泡沫渣防护设施;
- 4 供风系统应设置连锁紧急切断装置和放空装置。

10.4 氧化镍矿火法冶炼

10.4.1 焙烧预还原车间的配置应符合下列规定:

- 1 回转窑宜设置三次风机,并宜安装在回转窑窑体上;
- 2 回转窑宜露天设置,驱动装置处宜设置防雨棚;
- 3 回转窑出料应设置大块焙砂临时堆存场地。

10.4.2 电炉还原熔炼车间的配置应符合下列规定:

- 1 焙砂料罐提升井应设置导向装置,并应采取安全防护措施;
- 2 操作平台应设置一氧化碳检测仪及报警装置,人员应配备便携式一氧化碳检测仪及报警装置。

10.4.3 镍铁精炼车间的配置应符合下列规定：

1 精炼、粒化和铸锭工序的工艺配置应保证铁水罐运输顺畅和便捷；

2 铁水罐运输通道两侧应设置人行通道；

3 操作室应能观察到铁水罐倾倒工位、铁水流槽等工况，并应采取隔热措施，窗户应采用隔热钢化玻璃，室内应配置空调及通信、报警装置。

10.5 镍湿法冶炼

10.5.1 硫化镍阳极电解车间的配置应符合下列规定：

1 镍电解槽应成对配置，应按两列布置在厂房主跨；

2 始极片的加工设备宜选用成套装置，宜设置在主跨端头或厂房中部，并应留出 18m~24m 种板剥片及处理场地；

3 配电及硅整流室的配置宜遵循母排最短的原则；

4 电解槽操作面标高应符合阳极泥溜槽的坡度和槽下操作要求，电解槽操作面标高宜为 3.8m~4.5m，电解槽面宜高出楼面 400mm~500mm；

5 起重机的驾驶室应位于无副跨一侧。

10.5.2 硫化镍电解阳极电解液净化车间的配置应符合下列规定：

1 硫化镍阳极电解工艺的镍阳极液除铁、除铜、除钴及除铅锌宜设置在同一车间；

2 除铁槽、除铜槽、除钴槽等反应槽宜设置于厂房主跨，管式过滤器、压滤机等过滤设备宜设置在厂房两侧的副跨。

10.5.3 高镍铈球磨及分级宜与高镍铈矿仓设置于同一车间内。

10.5.4 常压浸出及沉淀车间的配置应符合下列规定：

1 常压浸出槽、中和槽、沉淀槽宜采用机械搅拌槽，并宜呈阶梯式串联配置；

2 当常压浸出槽、中和沉淀槽设有盖板时，应设置排气管；当

存在危险性气体时,宜设置机械通风设施,并应将废气引出集中处理;搅拌槽宜设置空气提升排料装置;

3 有多组浸出槽或中和沉淀槽时,宜双列配置,并宜共用一个平台;

4 溶液净化采用中和沉淀、硫化沉淀等化学沉淀法时,净化槽宜与浸出槽设置于同一个车间内。

10.5.5 高镍铈加压浸出车间的配置应符合下列规定:

1 有多台高压釜时,宜集中设置于同一个加压车间内;

2 高压釜给料泵、闪蒸槽宜紧邻高压釜配置;

3 闪蒸槽排料口标高宜按料浆自流入浓密机确定;

4 高压釜上方宜设置检修吊车,吊车轨底标高应符合高压釜搅拌器检修净空要求。

10.5.6 氧化镍矿高压酸浸车间的配置应符合下列规定:

1 高压酸浸系统宜按系列成套配置;

2 预热器、高压釜给料泵、闪蒸槽、尾气洗涤等宜露天配置;高压釜宜配置在开放式带顶棚厂房内,建筑结构形式宜为钢结构,应设置检修吊车;

3 预热器、闪蒸槽与尾气洗涤系统宜配置在同一个整体钢结构平台上,并宜位于高压釜一侧;

4 各级闪蒸槽与预热器宜对应配置;

5 高压釜给料泵宜就近配置于预热器出口、高压釜进料侧;

6 高压酸浸系统周边应设有检修通道,宽度不宜小于 9m;

7 高压酸浸系统地面应设置围堰,高压酸浸系统附近应设有事故池,事故池体积不宜小于一台高压釜有效容积。

10.5.7 浓密分离及洗涤车间的配置应符合下列规定:

1 浓密机宜露天集中配置;

2 浓密机之间宜通过钢桥架连接;

3 地形允许时,浓密机的溢流宜采用自流形式阶梯布置。

10.5.8 镍萃取车间的配置应符合下列规定:

1 萃取车间厂房应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《有色金属工程设计防火规范》GB 50630 的有关规定。

2 萃取箱澄清室标高宜按有机相、萃余液、反萃后液自流入相应贮槽确定。

3 一条萃取生产线的萃取级、洗涤级、反萃级萃取箱宜在同侧成列配置,有多条萃取生产线的,宜双列配置。

4 多列萃取箱配置在同一建筑防火分区内时,应符合下列规定:

1)每列萃取箱应分别设置围堰,并应设置导液措施;

2)相邻两列萃取箱之间应设置安全通道,安全通道最小净宽度不应小于 1.5m。

5 贮存有机物的非金属设备和输送有机物的非金属管道,应设置防静电接地设施。

10.5.9 镍电积车间的配置应符合下列规定:

1 镍阳极液需蒸发时,阳极液蒸发设备宜配置在电积主厂房端头或副跨;

2 始极片的加工设备宜选用成套装置,宜配置在主跨端头或厂房中部,并应留出 18m~24m 种板剥片及处理场地;

3 配电及硅整流室的配置,宜遵循母排最短的原则。

10.5.10 蒸发及产品包装车间的设备配置应根据物料走向确定。

11 辅助生产设施

11.0.1 粉煤制备车间设计应符合国家现行标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660、《火力发电厂与变电站设计防火标准》GB 50229 和《火力发电厂煤和制粉系统防爆设计技术规程》DL/T 5203 的有关规定。

11.0.2 制氧站的设计应符合现行国家标准《氧气站设计规范》GB 50030 的有关规定。

11.0.3 工艺用压缩空气及仪表压缩空气设备宜集中配置。

11.0.4 酸、碱、盐的溶解、配制、贮存等宜集中配置。

11.0.5 萃取应设置独立的有机溶剂及萃取剂贮存场地。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 《氧气站设计规范》GB 50030
- 《火力发电厂与变电站设计防火标准》GB 50229
- 《有色金属工程设计防火规范》GB 50630
- 《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660
- 《工业用氢氧化钠》GB/T 209
- 《工业碳酸钠及其试验方法 第1部分:工业碳酸钠》GB 210.1
- 《工业用合成盐酸》GB 320
- 《工业硫酸》GB/T 534
- 《油漆及清洗用溶剂油》GB 1922
- 《工业用液氯》GB 5138
- 《电解镍》GB/T 6516
- 《污水综合排放标准》GB 8978
- 《碳化钙(电石)》GB 10665
- 《高纯氢氧化钠》GB/T 11199
- 《化学试剂 六水合氯化镍(氯化镍)》GB/T 15355
- 《常用化学危险品贮存通则》GB 15603
- 《危险废物贮存污染控制标准》GB 18597
- 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599
- 《危险货物电石包装检验安全规范》GB 19453
- 《重金属精矿产品中有害元素的限量规范》GB 20424
- 《有色金属矿产品的天然放射性限值》GB 20664
- 《镍铁》GB/T 25049
- 《兰炭产品品种及等级划分》GB 25212

《铜、镍、钴工业污染物排放标准》GB 25467
《精制硫酸镍》GB/T 26524
《火力发电厂煤和制粉系统防爆设计技术规程》DL/T 5203
《高纯盐酸》HG/T 2778
《工业硫酸镍》HG/T 2824
《工业焦亚硫酸钠》HG/T 2826
《工业无水亚硫酸钠》HG/T 2967
《电极糊》YB/T 5215

中华人民共和国国家标准

镍冶炼厂工艺设计标准

GB 51388 - 2020

条文说明

编 制 说 明

《镍冶炼厂工艺设计标准》GB 51388—2020,经住房和城乡建设部 2020 年 1 月 16 日以第 40 号公告批准发布。

本标准制定过程中,编制组进行了广泛的调查研究,总结了我国镍冶炼厂的工艺设计实践经验,在全国范围内多次征求了设计、科研、生产等多方面专家的意见,对一些重要问题进行了专题研究和反复讨论、修改,最终确定了各项技术要求。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《镍冶炼厂工艺设计标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

| | |
|-----------------------|--------|
| 1 总 则 | (55) |
| 2 术 语 | (56) |
| 3 原料、辅助材料、燃料及熔剂 | (57) |
| 3.1 原料 | (57) |
| 3.2 辅助材料 | (58) |
| 3.3 燃料 | (58) |
| 3.4 熔剂 | (58) |
| 4 物料贮存与准备 | (60) |
| 4.1 物料贮存 | (60) |
| 4.2 物料准备 | (61) |
| 5 硫化铜镍精矿冶炼工艺 | (66) |
| 5.1 造钼熔炼 | (66) |
| 5.2 镍钼吹炼 | (68) |
| 5.4 镍电解精炼 | (70) |
| 5.5 高镍钼湿法精炼 | (70) |
| 6 氧化镍矿冶炼工艺 | (73) |
| 6.1 氧化镍矿火法冶炼 | (73) |
| 6.2 氧化镍矿湿法冶炼 | (75) |
| 7 其他有价金属回收 | (79) |
| 7.1 一般规定 | (79) |
| 7.2 铜回收 | (79) |
| 7.3 钴回收 | (79) |
| 7.4 贵金属回收 | (79) |
| 8 镍冶炼三废处理 | (80) |

| | |
|-----------------------|--------|
| 8.3 废气 | (80) |
| 9 冶金计算 | (81) |
| 10 总平面和车间配置 | (84) |
| 10.1 一般规定 | (84) |
| 10.2 物料贮存与准备 | (84) |
| 10.3 硫化铜镍精矿火法冶炼 | (85) |
| 10.4 氧化镍矿火法冶炼 | (86) |
| 10.5 镍湿法冶炼 | (86) |
| 11 辅助生产设施 | (88) |

1 总 则

1.0.5 本条所指的“成熟可靠、技术经济指标先进的冶炼工艺”，在本标准相应章节进行说明。

1.0.9 有关标准包括国家现行标准《有色金属工业节能设计技术规定》(1986年7月由原中国有色金属工业总公司颁发)及《镍冶炼企业单位产品能源消耗限额》GB 21251等。

2 术 语

为统一镍冶炼行业基本术语,以利于国内外同行技术交流,本章选取了镍冶炼行业的关键术语。部分术语的释义引自现行行业标准《重有色金属冶炼术语标准》YSJ 020。

2.0.2 氧化镍矿主要类型包括褐铁矿型红土镍矿、残积矿型红土镍矿以及过渡型红土镍矿。褐铁矿型红土镍矿一般位于红土矿床的上部,主要特点是铁高镁低;残积矿型红土镍矿一般位于红土矿床的下部,主要特点是铁低镁高;过渡型红土镍矿一般指的是位于上述两种类型矿石中部,铁含量适中,镁含量介于同一矿床的褐铁矿型和残积矿型红土镍矿之间。

2.0.3、2.0.4 低镍钼通常为造钼熔炼的产物。高镍钼通常为低镍钼经吹炼得到的产物,或者造钼熔炼直接得到的产物。

2.0.11、2.0.12 镍电解及镍电积均采用隔膜电解技术,即用可渗透的多孔隔膜将电解槽内的阴极和阳极分开的电解作业,以保持电解或电积过程中电解槽内阴极液成分纯净,从而保证阴极析出质量的方法。

2.0.13 阳极泥为电解精炼中附着于残极表面或沉淀于电解槽底的泥状物。镍电解阳极泥主要成分为未溶解的硫化镍阳极、贵金属。硫化镍作阳极时,阳极泥中还有大量的电解产出的元素硫。

3 原料、辅助材料、燃料及熔剂

3.1 原 料

3.1.1 本条对硫化铜镍精矿做出规定。

1 镍冶炼厂用铜镍精矿的质量一般要符合国家现行标准,这是总的要求,应当以此为根据执行。

2 镍和铜是硫化铜镍精矿中的主要有价成分,是主要的提取对象,故要贯彻精料方针。硫化铜镍精矿的镍+铜含量高,对提高系统生产能力,降低生产成本至关重要,但由于中国是硫化铜镍精矿资源缺乏的国家,受各种条件限制,要求品位过高尚有困难,故综合考虑各种因素,提出硫化铜镍精矿品位不宜低于 5.5% 的要求。

3 生产实践证明,硫化铜镍精矿水分含量高于 14% 时,在运输、装卸过程中将发生较为严重的黏结现象,给操作增加困难,故通常要求选矿厂产出水分含量不高于 14% 的硫化铜镍精矿。在寒冷地区采暖期内,硫化铜镍精矿水分含量高于 8% 时,容易产生冻结,一定要增加解冻设施。

3.1.2 本条对氧化镍矿做出规定。

1 采用加压酸浸工艺时,耗酸元素主要包括镁、铝、锰、钙等,一般以镁最为突出,故此处给出元素镁的推荐限值。通常如果镁含量高,镍的含量要相应高一些。

2 常压酸浸工艺浸出率较低,耗酸杂质元素的浸出率较高,单位矿石的耗酸量较高,为提高经济效益,一般要求矿石镍品位高一些。

3 综合考虑各种因素,氧化镍矿中镍量宜大于 1.50%。硅镁比(SiO_2/MgO)是决定电炉渣型、冶炼温度的重要因素,硅镁比(SiO_2/MgO)通常在 1.4~2.8 之间。

3.1.3 根据镍冶炼厂的生产工艺,选择不同成分的镍硫。氢氧化

镍钴中间物料镍含量一般不低于 35%，锰含量不高于 8%，含水率不高于 65%。硫化镍钴混合物中间物料镍含量一般不低于 52.5%，硫含量不高于 37%。

3.2 辅助材料

3.2.1 电炉生产中电极需要在极高的温度下工作，电极本身需要具有好的导电性、抗氧化性和热震稳定性等性能，对电极糊有一定的质量要求。

3.2.2 本条列出了目前普遍使用的熔剂。碳化钙基的主要优点是脱硫速度快，脱硫能力强，脱硫效率高且比较稳定，对镍铁罐内的耐火材料侵蚀较小。但碳化钙价格较贵，加工、运输和储存要求严格。石灰粉剂的主要优点是来源广泛、价格低廉、不易回硫，储用方便安全，但脱硫剂消耗大，镍铁温降稍大。另外，镁基脱硫剂在钢铁行业采用，在镍铁精炼行业尚未工业应用。

3.2.10 萃取用稀释剂一般为 260 号溶剂油，目前某些企业开始使用新型的挥发分低的 110 号溶剂油。110 号溶剂油的主要理化指标为：闪点不低于 80℃，芳烃含量小于 0.1%。

3.3 燃料

硫化铜镍精矿的冶炼和镍铁冶炼对所需各种燃料均有一定的质量要求，否则将不同程度地影响产品质量及操作，根据国内外各镍冶炼厂的生产实践，分别对各种常用燃料提出了质量要求。

3.3.3 氧化镍矿的火法冶炼中，回转窑焙烧预还原过程有 FeO 的产生，FeO 与原料中的 SiO_2 反应生成低熔点的钙铁橄榄石，这是窑结圈的原因之一，因此，一般选择软化熔点温度高、灰分含量低的煤作燃料及还原剂。

3.4 熔剂

3.4.1、3.4.2 熔剂是冶炼过程中的辅助材料，不同工艺和冶金炉

对熔剂的种类及理化性能要求不同。采用回转窑-电炉工艺冶炼氧化镍矿宜采用自熔渣熔炼,受矿石成分所限,需要添加熔剂时,根据工艺需要确定熔剂的种类。

3.4.3 镍铈对贵金属具有优异的捕集性能。

4 物料贮存与准备

4.1 物料贮存

4.1.1 本条对冶炼的物料贮存做出一般规定。

3 实践证明,原料冻结的程度与含水量有关。据测定,水分含量在 8%以下的原料在低于 -15°C 的气温下运输时,一般采取防冻措施。因此降低原料的含水量是防冻的根本措施。寒冷地区运输距离超过 5d 的,贮存矿仓宜设解冻设施。

4.1.2 本条对硫化铜镍精矿的贮存做出规定。

1 硫化铜镍精矿贮存矿仓的大小要综合考虑精矿的供应情况、运输条件,冶炼厂的工作制度,检修计划等因素。一般镍冶炼厂贮存量以 7d~30d 的用量为宜。自有原料、交通运输条件较好的冶炼厂,原料贮存时间取中下限为宜;交通运输条件较差和硫化铜镍精矿需要进口的冶炼厂,硫化铜镍精矿的贮存时间宜取中上限为宜。因硫化铜镍精矿湿基易板结,贮存时间一般不超过 30d。

2 当硫化铜镍精矿采用火车运输入厂时,采用半地下式矿仓具有装卸方便、降低建筑物高度、节省占地面积等优点,故目前应用较多。对不同来源或成分波动较大的精矿应分格贮存,有利于准确配料。含硫精矿有可能发生自燃现象,故矿仓要有防火设施。

3 与硫化铜镍精矿一起处理的返回物料,为了配料方便,通常运往贮存矿仓,故矿仓需设置相应的返料场地。

4 当前,一般镍冶炼厂多采用抓斗桥式起重机作为贮存仓库的主要倒运设备。

4.1.3 本条对氧化镍矿原料贮存做出规定。

1 氧化镍矿贮存时间综合考虑了矿山和冶炼的生产计划,外购矿石采购周期、运输条件等因素。配料设施针对不同来源或成

分波动较大的矿石。

2 未经干燥的氧化镍矿水分含量高、黏度大,在运输、装卸过程中容易产生黏结、堵料等现象,需要在转运点设置专门的防堵、清堵设施。

4.1.5 本条对辅助材料的贮存做出规定。

1 生石灰粉料有吸水性,石灰遇水会消化成粉状,降低生石灰活性,所以一般不长期贮存。辅助材料的贮存时间需考虑供应情况、运输条件,冶炼厂的工作制度,检修计划等因素。

2 碳化钙易发生爆炸事故,要求在生产、贮存、运输等各环节一定要采取严格的安全防护措施。

3 冶金炉的耐火材料有一定的使用寿命,耐火材料对贮存条件有要求,因此火法冶炼一般要配置耐火材料库。

4 氧化镍矿的酸浸工艺,硫酸的缓冲能力需综合考虑冶炼厂和制酸厂的检修周期。

4.1.6 本条对燃料的贮存做出规定。

1 为避免煤发生自燃,故对煤堆高度和堆存期限做了规定。

2 冶金用的焦炭对水分含量有一定要求,需贮存于有顶棚的仓库内。

3 重油库的贮存能力视油源、运输条件、工厂的用油量确定。在油源比较紧张的地区,宜贮存大于一个月的用油量。设置两个以上贮油罐的目的是一个作为接受、贮存、沉淀、脱水,另一个作为正常供油,保证生产正常运行。

4.2 物料准备

I 硫化铜镍精矿造钼

4.2.1 本条对硫化铜镍精矿造钼工艺配料做出规定。

1 配料成分是否准确而稳定,对生产操作和产品质量影响较大,故一般采用控制方便或能自动控制的配料方法。硫化铜镍矿冶炼厂多采用仓式配料和堆式配料。仓式配料适用于规模小、原

料复杂的工厂。堆式配料适合于规模大、原料成分相对单一的工厂,所用设备较多,配置较复杂,占地面积较大,故一般较少采用。堆式配料要设 2 个~3 个料堆,分别作供料、配料、化验或调整成分之用。堆场设永久性地面是为了减少原料、熔剂的损失。堆式配料设置在室内是为了避免配料时精矿冻结或淋雨。

2 硫化铜镍精矿附着性较强,在配料仓的形状和仓壁材料的选择上,要注意利于排料,故一般采用钢板制成圆形或方锥体形,在仓壁外装设振打器和在仓壁内装设不锈钢或塑料板衬里。

3 配料仓出口处一般采用带出料螺旋的圆盘给料机、胶带给料机、振动给料机和螺旋给料机等。

4.2.2 本条对硫化铜镍精矿造钽工艺圆筒干燥做出规定。

1 硫化铜镍精矿含水量大于 12% 时,容易黏结在仓壁和运输设备上,影响配料精度。圆筒干燥机适用于大量连续处理硫化铜镍精矿,水分蒸发量较大,适应性强且结构简单,操作容易,故障少。

2 顺流直接加热方式是被干燥物料与热风同向直接接触而进行的干燥形式,尾气不易结露,且利于防止精矿脱硫,目前广泛使用。利用本厂热烟气或热风作干燥热源,可以节约能源。

3 圆筒干燥机的干燥强度与硫化铜镍精矿所含水分的多少以及要求达到干燥的程度有关,也与进入干燥机的热烟气温度有关,故有波动范围。

5 硫化铜镍精矿附着性较强,加料溜槽的倾斜度不当及材质不合适都会引起溜槽堵塞。因此溜槽的角度尽量大,且材质选用不锈钢。

6 扬料装置是为了使物料在干燥机内全面分散而使热风与物料充分接触。筒体锤击装置是为了促使黏壁物料振脱,也可在圆筒内装设链条。

7 采用调速电机的目的是调整物料在圆筒干燥机内的停留时间。

4.2.3 本条对硫化铜镍精矿造钼工艺的气流干燥做出规定。

1 气流干燥的优点是节约能源、粉尘少、精矿中的硫不易发生燃烧,以及可将精矿干燥到几乎不含水分。当硫化铜镍精矿水分含量高于7%时,给料困难,鼠笼打散机内黏结严重,鼠笼磨损加快。因此,对于含水量高于7%的硫化铜镍精矿,需用短圆筒干燥机进行初步脱水。硫化铜镍精矿含水量低于7%时,则可省去短圆筒干燥机一段,直接进入鼠笼打散机和气流干燥管。

3 利用本厂热烟气或热风作干燥热源,可以节约能源。

4 短圆筒干燥机是气流干燥系统的第一段,为了与下一段鼠笼衔接,使物料随同热气流在运行中得到干燥,故采用顺流式。

6 精矿干燥的深度与气流干燥出口温度密切相关。控制好气流管出口的气流温度,能够保证干燥指标,因此进行自动调节和控制。

4.2.4 本条对硫化铜镍精矿造钼工艺的蒸汽干燥做出规定。

1 蒸汽干燥的优点是可以利用本厂余热锅炉的蒸汽。由于不适用碳氢化合物燃料,所以产生的粉尘和烟气很少,且烟气不含 SO_2 及 CO_2 。蒸汽干燥在小于 200°C 低温下工作,干燥时精矿着火产生 SO_2 气体的可能性小。蒸汽干燥机设备结构紧凑,装置占地面积小,热利用率高,物料处理量大,可连续操作,适用于松散粉状或颗粒状物料的干燥。蒸汽干燥机进料水分含量可高达15%左右,出料水分含量可控制在0.1%~8%范围内,因此既可用于高水分含量精矿的预干燥,又可用于精矿的深度干燥。

2 采用蒸汽干燥的物料与热风同向,尾气温度高不易结露。

3 设备筒体与蒸汽管同步转动时,两者无相对运动,可以减少磨损,延长寿命,目前普遍采用。

4 硫化铜镍精矿为原料的镍冶炼厂,不论用闪速熔炼工艺还是熔池熔炼工艺,均设有余热锅炉产生饱和蒸汽,用作蒸汽干燥的热源。

5 国产蒸汽干燥装置入口蒸汽压力为 $0.3\text{MPa}\sim 0.8\text{MPa}$,

国外进口蒸汽干燥装置入口蒸汽压力为 1.3MPa~2.1MPa。

8 蒸汽干燥系统需要控制物料量、蒸汽压力、载气流量等技术参数,所以采用集中控制。

9 蒸汽干燥系统在约 200℃温度的状态下工作,为提高干燥效率、减少热损失,需要采取保温隔热措施,这还可以避免操作人员烫伤。

4.2.5 本条对硫化铜镍精矿的制粒做出规定。

1 选矿厂产出的精矿粒度 80%小于 74 μ m,直接进入顶吹炉等高炉膛炉内,烟尘率高,制粒后入炉可以有效降低烟尘率。

2 精矿含水量过高或过低时,制粒效果均较差,一般控制为 10%。

II 氧化镍矿火法冶炼

4.2.6 本条对氧化镍矿火法冶炼工艺的破碎及干燥做出规定。

1 含水量高的氧化镍矿黏性大、不易破碎,通常入干燥窑粒度小于 150mm。

2 回转干燥窑适用于处理氧化镍矿,其水分蒸发量大,适应性强,且结构简单、操作容易,故障少,因此国内外镍铁厂大多数都采用。物料回转窑干燥有顺流式和逆流式两种方式,与顺流干燥相比,逆流干燥具有热效率高、烟尘率低的优点,但是存在入窑湿矿黏结、出窑干矿温度偏高的问题。对于氧化镍矿干燥,国内外大多数镍铁厂采用的是顺流式。目前国内外已有将焙烧回转窑烟气或电炉烟气作为干燥窑热源的生产实践,从而节约能源。

4 干燥窑采用变频电机便于干燥窑启停和调整。利用热烟气烘干矿石,扬料装置是为了提高换热效率。

4.2.7 本条对氧化镍矿火法冶炼工艺的配料做出规定。

1 为了使干燥窑、焙烧回转窑相对独立,提高作业率,通常设置干矿贮存系统。

4.2.8 本条对氧化镍矿火法冶炼工艺的烟尘制粒做出规定。

1 为了降低系统的烟尘量,提高镍回收率,烟尘通常制粒后

返回系统。

- 2 烟尘的浸水性和黏性差,通常采用干矿作为黏结剂。

Ⅲ 高镍钨精炼

4.2.10 本条对高镍钨磨矿的料仓做出规定。

- 1 料仓贮存能力一般为 1 个班的处理量。

4.2.11 本条对高镍钨磨矿做出规定。

- 2 磨矿细度要满足选矿工艺和湿法浸出工艺的要求。

Ⅳ 氧化镍矿湿法冶炼

4.2.12 本条对氧化镍矿湿法冶炼物料准备做出规定。

2 矿浆中铬含量较高时,易加速高压釜给料泵的单向阀磨损,且易在高压釜内沉积。采用长距离管道输送矿浆的,也会加速磨损管道,因此要控制铬含量。

3 矿浆浓度高,有利于提高湿法系统处理能力,降低蒸汽消耗,节约能源。深锥浓密机具有操作简单、浓缩底流浓度高等优点,通常用于原矿浆的浓缩。

4 矿浆贮存能力通常按 1 个班的处理量设计。上游矿浆制备距离冶炼厂较远、需要长距离管道输送时,贮存能力一般按 1d 的处理量设计。

Ⅴ 氢氧化镍钴精炼

4.2.13 浆化介质一般根据工艺流程确定,可以采用含酸溶液。

5 硫化铜镍精矿冶炼工艺

5.1 造 铈 熔 炼

5.1.1 本条对造铈熔炼冶炼工艺做出规定。

1 造铈熔炼是硫化铜镍精矿火法冶炼的主体部分,工艺流程选择按照技术先进、成熟可靠、绿色环保、经济合理的原则进行工艺方案比较和论证。

2 闪速熔炼、富氧顶吹浸没熔池熔炼、侧吹熔炼均为富氧强化熔炼,充分利用了原料在造铈过程中的自身反应热,烟气量小、烟气 SO_2 浓度高,有利于烟气处理,既节能,又可以消除污染。

国外已工业化应用的一步炼镍 DON 工艺,是奥图泰公司 (OUTOTEC) 开发的闪速炉直接生产高镍铈的方法。

4 炼镍熔炼产出的炉渣量较大,这些炉渣可以用作喷砂除锈介质、建筑材料、矿渣棉等,也可以生产含镍生铁。

5.1.2 本条对闪速熔炼冶炼工艺做出规定。

1 闪速熔炼工艺流程复杂,单位投资较高,该工艺优势主要体现在规模效益上,单台闪速炉日处理精矿量通常在 1200t 以上。

3 硫化铜镍精矿氧化镁含量过高时,会导致炉渣熔点升高,黏度变大,氧化镁在沉淀池沉积,造成作业困难,渣含镍高等问题。

5 闪速熔炼的原理是利用细物料巨大的比表面积,可以使物料在反应塔中下落的 2.5s~4.0s 内迅速完成冶金过程的反应,而粗颗粒物料入炉,则不能在短时间内充分完成反应过程。

6 闪速炉入炉物料水分含量高时,反应动力学条件受到限制,反应塔易出现“下生料”(未反应完的物料)。

8 闪速炉冶炼是在一定空间内短时间完成的,对氧气和物料的配比要求比较高,工厂实际配料偏差为 0.5%~1.0%,采用仓

式配料容易实现精确计量和配料。

9 采用中央喷嘴为保证入炉物料高度弥散并沿反应塔断面均匀分布,而多喷嘴不易实现反应塔断面物料和气流的均匀分布。

12 闪速炉为高热强度冶金炉,为保护炉衬耐火材料,国内外冶炼厂大多数采用立体冷却方式,即在反应塔、沉淀池、上升烟道等处的易损部位将冷却元件铜水套砌筑于耐火材料砌体内,通过冷却元件冷却耐火材料,以增强其耐高温、耐腐蚀、耐冲刷的性能。生产中一旦冷却元件供水中断,由于炉温远高于铜水套的熔点温度,冷却元件将被烧损,引起熔体渗漏或爆炸,将造成重大安全事故。所以,冷却水必须设置高位水塔,务必保证冷却元件的供水,高位水塔要满足 15min 的供水能力,而水泵供电电源必须为一级负荷,通过增设应急柴油泵保障供水安全。本款为强制性条款,必须严格执行。

16 低镍钨镍含量不大于 28%,可以获得较合理的渣含镍和经济指标。

18 富氧空气鼓风具有节能效果,鼓风含氧浓度一般通过冶金计算热平衡确定,以反应塔不加辅助燃料为基础。

5.1.3 本条对富氧顶吹浸没熔池熔炼、侧吹熔池熔炼冶炼工艺做出规定。

4 炉料制粒的目的是降低生产过程中的烟尘率。

6 低镍钨含镍不大于 28%,可以获得较合理的渣含镍和经济指标。

11 顶吹炉和侧吹炉为高热强度冶金炉,为保护炉衬耐火材料,国内外冶炼厂大多数采用立体冷却方式,通过冷却元件冷却耐火材料,以增强其耐高温、耐腐蚀、耐冲刷的性能。生产中一旦冷却元件供水中断,由于炉温远高于铜水套的熔点温度,冷却元件将被烧损,引起熔体渗漏或爆炸,造成重大安全事故。所以,冷却水必须设置高位水塔,务必保证冷却元件的供水,高位水塔要满足 15min 的供水能力,而水泵供电电源必须为一级负荷,并且通过增

设应急柴油泵保障供水安全。本款为强制性条款,必须严格执行。

12 炉顶设置应急煤仓为了防止过吹产生泡沫渣事故。本款为强制性条款,必须严格执行。

13 顶吹浸没熔炼正常生产时,喷枪插入熔池,依靠喷枪风来冷却枪体。当事故停电时,供风将停止,为了防止喷枪烧损,必须立即将喷枪提升。本款为强制性条款,必须严格执行。

14 喷枪供电电源必须为一级负荷,当事故停电时,备用电源能够及时供电,立即将喷枪提升。本款为强制性条款,必须严格执行。

15 侧吹炉工艺风设置应急风源是为了防止供风系统出现故障时,熔体倒灌到氧枪,满足“栓风眼”操作需要的时间。

5.1.4 本条对沉降电炉冶炼工艺做出规定。

1 熔池熔炼过程中,由于炉内熔池搅动剧烈,镍钨和炉渣得不到充分的分离和澄清,混合熔体需要在电炉中贫化、沉降分离。

3 沉降电炉烟气中含有部分二氧化硫,若直接排放会造成环境污染,通常与其他烟气混合后制酸。

5.2 镍 钨 吹 炼

5.2.1 本条对 P-S 转炉吹炼的工艺设计做出规定。

1 冷料和熔剂含水量小于 3%是为了避免过多的水分遇高温熔体发生爆炸。

3 本款第 2)项,转炉渣中含有镍、铜等有价值金属,应当进一步回收;原料中钴含量比较高时,需要单独贫化回收钴。

5 转炉设置捅风眼机,可以保证送风时率,减轻劳动强度;转炉专用炉口清理机通常用来清理炉口黏结物。

6 密封烟罩和环保烟罩可以减少低空污染和收集逸散烟气。

7 转炉正常吹炼时,风口浸没在熔体内,当出现停电、高压鼓风机故障、供风压力低于 50kPa 事故时,为了防止高温熔体灌入风口内,引起熔体渗漏或爆炸,造成重大安全事故,转炉必须设置

安全倾转装置和应急电源,以保证在发生上述故障或突然停电时,能够驱动转炉倾转至安全位置,使风口高出熔体液面。应急电源一定要用蓄电池。安全倾转装置为交流电机时,直流电源逆变为交流电可以为安全倾转电机供电。本款为强制性条款,必须严格执行。

5.2.2 本条对保温炉的工艺设计做出规定。

1 保温炉的作用是为转炉产出的高镍铈保温,满足高镍铈粒化或浇铸高镍铈阳极板的作业,保温炉的容量与转炉作业制度和能力相匹配。

2 工艺控制要求进料、倒料、放料时用快速转动,浇铸时宜用慢速转动,防止浇铸失控。

3 保温炉在正常粒化和浇铸阳极板过程中,若遇突然停电,可能会烧损粒化装置或发生爆炸,烧损阳极板浇铸装置。因此保温炉必须设有安全倾转装置和应急电源,以保证在突然停电时,能够驱动转炉倾转,使熔体排放口倾转至安全位置。应急电源一般为蓄电池。倾转装置为2台交流电机时,直流电源逆变为交流电可以为安全倾转电机供电。本款为强制性条款,必须严格执行。

4 保温炉可以使用各种燃料,有条件时尽量采用液体或气体燃料,虽然曾有工厂使用过粉煤,但使用粉煤燃料会增加渣量。

5.2.3 本条对低镍铈、高镍铈粒化的工艺设计做出规定。

2 低镍铈、高镍铈粒化时,若水铈比过低会导致爆炸,一般控制在20以上。

4 低镍铈、高镍铈粒化时产生的尾气含有二氧化硫,净化达标后方可排放。

5.2.4 本条对硫化镍阳极板熔铸的工艺设计做出规定。

2 若阳极板冷却速度过快,则阳极板易碎裂。

3 若电解产出的残极和浇铸过程中产生的废板成分与二次硫化镍精矿相近,一般返回反射炉处理。

4 温度过低时,浇铸过程中会出现黏结等现象。

5 阳极浇铸炉渣镍含量较高,一般返回转炉吹炼工序处理。

5.2.5 本条对转炉渣处理工艺做出规定。

2 加入还原剂,是为了还原渣中的镍和钴,加入硫化剂是为了产出低品位低镍钼,低品位低镍钼与还原产出的合金形成共熔体,降低操作温度,改善排放条件。

5.4 镍电解精炼

5.4.1 本条对镍电解精炼工艺做出规定。

4 降低镍电解车间酸雾的措施一般包括电解槽液面覆盖塑料小球、添加酸雾抑制剂等。

5.4.3 本条对镍阳极液净化工艺做出规定。

4 萃取回收铜的工艺采用 Lix984 萃取剂,3 级萃取、2 级洗涤、2 级反萃的流程,洗涤液采用 5g/L~10g/L 的稀硫酸,洗后液送残极浸出工序,洗涤的目的是除去有机相中夹带的 Cl^- 和 Ni 离子。为维持电解液中的钠平衡,从萃取除铜后液开路一部分阳极液制作碳酸镍,将母液开路以除钠。化学除铁按本条第 1 款的规定执行。化学沉淀法除铁后液采用 CYNAE XE 272 萃取钴,萃取级数为 5 级萃取、3 级洗涤、4 级反萃钴、3 级反萃铁。CYNAE XE 272 萃余液经除油后存留微量铅,采用离子交换法除铅。

5.4.4 本条对造液工艺做出规定。

2 当工厂建设有高镍钼硫酸选择性浸出生产线时,也可以通过该生产线产出的含镍溶液作为补镍来源。

5.5 高镍钼湿法精炼

5.5.1 本条对高镍钼湿法精炼的工艺设计做出规定。

1 目前,国际上采用氯化浸出工艺的仅有法国镍冶金公司桑多维尔镍精炼厂、挪威克里斯蒂安松精炼厂以及日本住友金属矿山公司新居滨镍精炼厂,而加压氨浸工艺则只有加拿大谢里特公司的 Fort Saskatchewan 精炼厂、澳大利亚克威那拉精炼厂。国

内目前暂时没有这两种工艺,因此首选的成熟工艺推荐硫酸选择性浸出工艺。应当根据高镍硫成分、铜的开路方式,确定常压浸出和加压浸出的级数,以获得较高的镍浸出率及铜镍分离效果,至少有一段常压浸出、一段加压浸出。

3 需要尽量避免选用渣量及返渣量大的净化工艺,通常采用萃取净化工艺。

5.5.2 本条对高镍硫的浸出工艺做出规定。

1 本款第1)项需考虑阴极液中铅离子的净化。一般在常压浸出置换沉铜段加入适量的碳酸钡,除去溶液中由阳极液带入的少量铅离子。或采用离子交换工艺将阴极液中的少量铅除去。设置两段常压浸出时,一段浸出是为了获得合格的成品液,二段浸出是进一步浸出金属相,并进行置换反应。

2 至少需要设置一段加压氧浸,以浸出镍而抑制铜、铁的浸出;高镍硫中铜量较小或波动较大、或需要将铜完全浸出时,要采用两段加压氧浸。

3 氧压浸出过程中硫与氧发生氧化反应,会放出大量的热量,当氧化反应过于剧烈时,可能造成温度上升,釜内压力超过设计值从而造成安全阀起跳或爆炸事故。为了控制压力,一定要停止输送氧气,因此要求氧气隔离阀在事故状态下必须处于关闭状态。本款为强制性条款,必须严格执行。

5.5.3 本条对浸出成品液的净化工艺做出规定。

2 萃余液铜含量一般宜小于0.2g/L。萃取回收铜工艺需要符合现行国家标准《铜冶炼厂工艺设计规范》GB 50616的有关规定。钴萃取含皂化段、萃取段、洗涤段、反萃段,萃取剂采用P507,皂化剂采用氢氧化钠或氨水。

5.5.4 本条对镍电积工艺做出规定。

2 采用氯化镍体系电积,电镍质量更好,且生成的氯气可以返回与其配套的上游浸出工序循环使用,工艺生产成本较低。目前国际上采用氯化镍体系电积的企业主要有俄罗斯诺里尔斯克

厂,挪威克里斯蒂安松厂以及日本住友新居滨厂。该工艺的核心工程技术为氯化镍电积专用的电解槽、阳极袋以及包括阳极液脱氯气、氯气压缩机等在内的氯气回收系统。我国尚无该技术的工程化应用。

5.5.5 本条对镍盐制备工艺做出规定。

3 也有一部分企业采用镍金属硫酸溶解的工艺生产硫酸镍。由于金属镍与硫酸反应缓慢,且生产过程释放氢气不安全,同时从镍冶炼的全工艺流程来看,此工艺消耗能源较高,不节能,因此不建议采用镍。目前市场上采用此工艺的主要原因是电镍与硫酸镍产品之间存在一定的价差。

4 关于硫酸镍生产指标的说明。

3)此数据为单效蒸发蒸汽消耗,采用三效蒸发时,蒸汽消耗一般不大于 $3.5\text{t}/(\text{t}-\text{硫酸镍})$ 。

6 关于氯化镍生产指标的说明。

1)此数据为单效蒸发的蒸汽消耗指标,因氯化镍产品规模较小,一般采用单效蒸发。

6 氧化镍矿冶炼工艺

6.1 氧化镍矿火法冶炼

6.1.1 本条对氧化镍矿焙烧预还原工艺设计做出规定。

1 不同的原料焙烧和还原性能存在较大差异,有条件的情况下,设计前要做相应的试验,根据试验结果确定工艺参数。

4~6 回转窑主要有四个作用:脱出游离水和结晶水;还原矿石中部分铁、镍和钴氧化物;加热焙砂到 700℃ 以上,可以减少电炉电耗。

8、9 回转窑耐火材料的性质、材质种类、砌筑厚度和砌筑质量直接影响投资、能耗和耐材寿命。窑衬设计依据各段区域操作条件选择合适的耐火材料,根据窑体表面温度可以通过传热计算耐火材料厚度。

11 煤粉的计量要精确可靠,一般采用环形天平称或转子秤。用罗茨风机提供载煤风。

12 生产中有时需要调整火焰和高温区的位置,所以燃烧器要具备在一定范围内可移动的功能。

6.1.2 本条对氧化镍矿电炉还原熔炼工艺做出规定。

1 有关热料输送的说明。

1)热焙砂能降低电炉电耗,因此输送过程中要将热损失降到最低。

2)热料输送系统长时间在高负荷条件下运行,料罐和料罐车需设置备用设备。

4)、5)焙砂转运起重机运输物料为高温物料,对其稳定性要求高,借鉴有色行业和钢铁行业规范要求,采用铸造桥式起重机。

7)焙砂起重机自动化程度较高,对定位精度有特殊要求。

2 有关氧化镍矿电炉还原熔炼的说明。

1)日处理焙砂量小于 1200t/d 的电炉综合能耗高,生产成本低,不建议采用。

3)镍回收率综合考虑了原矿品位、还原深度、烟尘返回率、电炉渣镍含量等因素。

8)、9)电极与各个操作平台之间要有良好绝缘,是为了防止造成漏电损失或安全事故,炉盖与电极、料管之间密封是为了减少漏风提高热效率及防止大量一氧化碳烟气外溢。

3 电炉为高热强度冶金炉,为保护炉衬耐火材料,国内外冶炼厂大多数采用立体冷却方式,通过冷却元件冷却耐火材料,以增强其耐高温、耐腐蚀、耐冲刷的性能。生产中一旦冷却元件供水中断,由于炉温远高于铜水套的熔点温度,冷却元件将被烧损,引起熔体渗漏或发生爆炸,造成重大安全事故。所以,冷却水必须设置高位水塔,务必保证冷却元件的供水,高位水塔要满足 15min 的供水能力,而水泵供电电源必须为一级负荷,并且通过增设应急柴油泵保障供水安全。本款为强制性条款,必须严格执行。

6.1.3 本条对粗镍铁精炼做出规定。

1 关于粗镍铁精炼工艺的说明。

1)粗镍铁精炼可以采用转炉吹氧、LF 吹氧脱磷、脱碳、脱硅。

2)因粗镍铁成分差异或操作过程出现时间耽搁,有补充热量的需要,因此粗镍铁精炼系统应有熔体升温设施,一般采用电升温、化学升温等。

3)粗镍铁脱硫可以采用向熔体内喷入脱硫剂的喷吹法、向 LF 内加入石灰石或生石灰为主的脱硫剂的 LF 法、向熔体内加入脱硫剂后进行强力搅拌的 KR 法。

4)石灰基、碳化钙基粉剂易吸潮,不应当长时间存储,根据经验,存储时间一般小于 12h;碳化钙吸潮生成乙炔遇到氧气有爆炸危险,要采用氮气保护。

5)粗镍铁精炼过程需要对熔剂有精确控制,根据实践经验,系

统误差小于 $\pm 0.5\%$ ；为方便操作，称量系统需设有自动检测及控制装置。

2 关于镍铁粒化及包装工艺的说明。

1)精炼后，镍铁含碳、硅较低，采用铸锭工艺不易脱模；为确保生产秩序，应该有两套粒化系统或备用一套铸锭系统应急。

2)若镍铁粒化时间延长，则需要镍铁精炼过程提供更高的过热度，增加钢包内衬消耗、原料消耗，不利于降低成本。

3)若底部卸料粒化作业过程出现问题，须立即终止粒化，需要场地有备用铁水包方便盛接铁水；采用倾倒形式的粒化过程中，若因操作不当或设备问题导致中间包被装满外溢，需要有应急溜槽和应急铁水包盛接溢出中间包的铁水。

4)为控制粒化产品粒度大小，铁水冲击高度应当是可调的。

5)镍铁干燥过程要避免产品被污染，否则会影响产品销售与使用。

6)为降低劳动强度，提高劳动生产率，镍铁粒一般采用自动包装方式。

3 关于镍铁铸锭工艺的说明。

1)铸锭机作业过程中会产生大量蒸汽，室内布置的铸锭机要设有天窗、鼓风机等排气设施；室外配置采用防雨棚是为了防止磨机因潮湿或积水而引起爆炸。

6.2 氧化镍矿湿法冶炼

6.2.1 本条对氧化镍矿的湿法冶炼工艺做出规定。

4 目前，全世界氧化镍矿生产企业主要以氢氧化镍钴和硫化镍钴为产品方案，通常称为中间产品，主要目的是缩短工艺流程。以硫化镍钴为产品的生产企业主要有古巴的 Moa 厂、澳大利亚的 MurinMurin 厂、菲律宾的 RioTuba 厂和 Taganito 厂，马达加斯加的 Ambatovy 厂，该工艺的主要特点是需要使用毒性大的硫化氢气体，需配套建设硫化氢厂，对设备材料及装备水平要求高，投资

高。硫化镍钴产品沉淀在沉淀釜内进行,该产品生产工艺相对复杂,需要对除杂后液预热,对沉淀后液闪蒸除硫化氢,对浓密机等设施进行密封,对硫化氢尾气进行处理。工艺复杂、运行风险大,对操作人员要求高。

以氢氧化镍钴为产品的生产企业主要有巴布亚新几内亚的 Ramu 厂、澳大利亚的 Ravensthorpe 厂、新喀里多尼亚的 Goro 厂(部分产品)、土耳其的 Gordes 厂。

6.2.2 本条对氧化镍矿的浸出工艺做出规定。

1 关于常压浸出工艺的说明。

2)浸出槽至少要配备 3 台,浸出槽一般采用钢板制作,内部衬胶衬耐酸砖。浸出槽之间常通过溜槽连接,溜槽坡度为 1%~3%,溜槽通常采用玻璃钢或不锈钢制作。

2 关于高压酸浸工艺的说明。

2)蒸汽与不凝性气体混合物中夹带有矿浆与硫酸酸雾,需要洗涤后才能排放。

3)年有效作业时间主要考虑高压酸浸的作业率,根据系列数量、清垢、检修作业周期计算确定。

4)通常,氧化镍矿浆浓度越高,其流变特性越差,黏度越高,带来搅拌和泵输送的问题,因此,对搅拌器和泵的选型要求高,一般按满足输送要求的最大浓度确定。

5)矿浆预热选择三级预热为宜。每级预热器的温度和压力要根据系统操作的安全性、平稳生产要求及各级闪蒸的降压梯度进行分配,原则上要求提高闪蒸二次蒸汽的利用率,各级预热器与闪蒸槽压力梯度相差不能过大。

8)反应时间一般根据试验确定,在高温高压浸出条件下,一般 1h 内可以达到既定的浸出率要求。高压釜是核心设备,反应时间长对设备投资影响大。

9)影响酸耗的主要因素是矿石中的耗酸元素,包括镁、铝、锰、碳酸盐等,取决于所处理的矿石耗酸物质的含量及其浸出率。

6.2.3 本条对浸出矿浆中和做出规定。

3 对于硫化镍钴产品,终点酸碱度 pH 值要适当调整,一般为 2.5~3.0。

6.2.4 本条对液固分离做出规定。

1 逆流洗涤浓密机宜带有自稀释系统,以提高絮凝剂的使用效果,改善矿浆的沉降性能,减小浓密机直径,降低浓密机投资。

2 底流浓度越高,洗涤效率越高。根据底流矿浆的流变特性,在满足矿浆输送要求条件下,选择尽可能高的底流浓度。

6.2.5 本条对浸出液除铁铝做出规定。

1 生产硫化镍钴产品,需增加硫化氢除锌。一般在常压(小于 10kPa 表压)、pH 值为 3.0~3.5、温度低于 60℃工况条件下进行硫化除锌。硫化锌沉淀中的镍应该控制在小于 0.1%,钴控制在小于 0.3%。除锌后液进入硫化沉淀。

6.2.6 本条对氢氧化镍钴沉淀做出规定。

2 生产氢氧化镍钴产品所用沉淀剂一般有两种,一种是活性氧化镁,另一种是氢氧化钠。采用活性氧化镁作沉淀剂,产品镁含量较高,工艺相对复杂,生产成本低,优点是产品含水量较低,一般为 46%~49%。采用氢氧化钠作沉淀剂,产品镁含量较低,缺点是产品含水量较高。

6.2.7 本条对氢氧化镍钴的湿法精炼做出规定。

1 关于浸出工艺的说明。

2)还原剂的作用是促进高价钴的浸出。还原剂一般为亚硫酸钠或焦亚硫酸钠。氢氧化镍钴在运输和存放的过程中,其中的钴易氧化,浸出时高价态的钴不易浸出。添加还原剂可以将高价钴还原,从而提高钴的浸出率。

2 关于溶液净化的说明。

2)溶液中的硅会影响后续的液固分离、萃取分相,因此应当在此之前采取一定的脱硅措施。

4)一般采用 P204 萃取工艺将溶液中的铜、锰、锌、铝、钙除

去,采用 P507 或 C272 萃取工艺将镁除去。

3 关于镍钴萃取的说明。

1)萃取设备通常选用混合澄清器式萃取箱。

4 由于萃取区域涉及的萃取剂、溶剂油有一定的挥发性,且可燃,为防止发生爆炸事故,造成重大人身伤亡及财产损失,所以本区域内的电气设备必须具有防火防爆性能。本款为强制性条款,必须严格执行。

5 关于精炼产品制备的说明。

1)有条件时,可以选择生产三元前驱体材料,产品类型可以按现行国家标准《镍钴锰三元素复合氢氧化物》GB/T 26300 的有关规定执行,产品质量要满足买方的技术要求。

4)硫酸镍溶液直接生产三元前驱体材料,不需要镍盐蒸发结晶。

7 其他有价金属回收

7.1 一般规定

7.1.1 硫化镍精矿的火法冶炼过程中,钴易氧化进入吹炼渣,原料含钴具有经济价值时要单独设置贫化电炉处理,产出的富钴铜铈要进一步吹炼富集或送湿法处理。

7.2 铜回收

7.2.2 通常采用二段加压工艺回收铜,或从一段加压浸出渣中采用火法工艺回收。

7.2.3 溶液中铜离子浓度大于 2g/L 时,一般采用萃取工艺回收铜,萃余液铜含量小于 0.2g/L 。萃取回收铜工艺通常按现行国家标准《铜冶炼厂工艺设计规范》GB 50616 执行。湿法精炼过程中,溶液中铜离子浓度小于 2g/L 时可采用化学沉淀工艺回收铜。

7.3 钴回收

7.3.3 回收钴工艺可以采用黑镍法、氧化-中和法和萃取法,按本标准第 5.4.3 条、第 5.5.3 条及第 6.2.7 条的规定执行。

7.4 贵金属回收

7.4.2 浸出渣首选返回火法工序回收其中的有价金属,或采用硫酸化焙烧-湿法工艺回收贵金属。

8 镍冶炼三废处理

8.3 废 气

8.3.5 浸出过程特别是加压浸出过程排气,蒸汽与不凝性气体混合物中夹带有矿浆与硫酸酸雾,因此需洗涤后才能排放。

9 冶金计算

9.0.1 冶金计算是冶金工艺设计的基础工作,是整个冶金项目工程设计的重要环节。冶金计算的主要作用是为冶金设备设计、管道设计、设备及管道材料选择、辅助工程的设计提供详细的设计输入信息。

9.0.2 本条定义了必须计算的最少计算内容,金属平衡表中的元素走向不应出现“损失”一项。

9.0.3 目前常用的冶金计算方法是手工计算,通常是将整个冶金工艺流程分割成若干道工序,再逐个计算。这种方法的显著特点是,仅针对流程中的主要物流或工序,计算质量平衡和热量平衡,注重的是主要物流、主要元素或组分在全系统中的总体平衡。然而对这些主要物流在整个工艺过程中的详细行为,以及一些次要的物流及其所含元素或组分则不做详细计算。随着环境保护和节水节能要求越来越严格,项目实施前的环境评价、用能评价等评审环节对项目能否实施的影响也越来越大。冶金项目特别是湿法冶炼,对废气、废渣、废水三废的排放以及用水、用能指标等有严格的限制要求。因此,对原料中的所有元素、特别是有害元素在整个冶金工艺流程中的走向和分布情况要求详细地进行说明,针对整个项目的水平衡也需要有详细的数据。因此,对冶金计算提出了全物流、全组分、全元素的计算要求,以系统地掌握整个冶金过程中所有元素的走向分布。对计算精度也有一定要求,一般不小于99.9%,即投入和产出的偏差不大于0.1%。

当采用先进的专用工艺模拟计算软件时,不仅可以从计算数据中抽取计算结果形成本标准第9.0.2条所要求的内容,还可根据设计内容深度,提供能够与国际工程设计惯例接轨的数据文件,包括工艺模拟流程图或另行绘制的工艺流程图 PFD(Process Flow Dia-

gram)、主要或全部工艺物流的物料平衡数据表(含处理量或流量、体积流量、温度、固相成分、液相成分、气相成分、热量等)、主要或全部元素平衡表。计算结果有效数字宜为小数点后 2 位。

采用专用工艺模拟计算软件 METSIM 进行冶金计算,输出的平衡表如表 1 所示。也可以采用其他的冶金工艺模拟计算软件,如 SYSCAD。

表 1 采用 METSIM 工艺模拟软件输出的冶金物料平衡表

| 物料编号 | | 2201 | 2202 | 2203 | 3101 | 3102 |
|----------------|---------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 物料描述 | | 原矿 | 原矿浆 | 浸出给料矿浆 | 矿浆浸出耗酸 | 浸出槽排气 |
| 物料工艺参数 | 固体流量(t/h) | 64.39 | 64.39 | 64.39 | 0.00 | 0.00 |
| | 液体流量(t/h) | 5.22 | 78.70 | 78.70 | 6.18 | 0.00 |
| | 矿浆流量(t/h) | 69.62 | 143.10 | 143.10 | 6.18 | 0.00 |
| | 固体体积流量(m ³ /h) | 25.46 | 25.46 | 25.46 | 0.00 | 0.00 |
| | 液体体积流量(m ³ /h) | 5.24 | 78.73 | 78.73 | 3.27 | 0.00 |
| | 矿浆体积流量(m ³ /h) | 30.70 | 104.20 | 104.20 | 3.27 | 0.00 |
| | 气体流量(t/h) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.34 |
| | 气体体积流量(m ³ /h) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 819.04 |
| | 固体浓度(%wt) | 92.50 | 45.00 | 45.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 固体密度(g/cm ³) | 2.53 | 2.53 | 2.53 | 0.00 | 0.00 |
| | 温度(℃) | 26.30 | 26.30 | 26.30 | 26.30 | 47.71 |
| 固体成分 (%w/w) | Cu | 4.63 | 4.63 | 4.63 | 0.00 | 0.00 |
| | Fe | 33.00 | 33.00 | 33.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Mg | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.00 | 0.00 |
| | Mn | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.00 | 0.00 |
| | Al | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Si | 13.29 | 13.29 | 13.29 | 0.00 | 0.00 |

续表 1

| 物料编号 | | 2201 | 2202 | 2203 | 3101 | 3102 |
|------------|--------------------------------|------|------|------|---------|-------|
| 液体成分(g/L) | Cu | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Fe(Ⅱ) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Fe(Ⅲ) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Al | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | H ₂ SO ₄ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1850.67 | 0.00 |
| | Mg | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00 |
| | Mn | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 气体成分(%w/w) | CO ₂ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 98.17 |
| | N ₂ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | O ₂ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | H ₂ O | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.83 |

10 总平面和车间配置

10.1 一般规定

10.1.7 车间管道、厂区管网的铺设要根据物料走向按最短距离排布,各类管道要有序布置,管道间距要满足法兰安装、安全距离的规定。湿法冶炼的工艺管道要考虑回流坡度、低点放空、高点排气,矿浆管道一般不出现 U 形弯。湿法冶炼管道要根据工况条件,设置相应的保温隔热层,北方寒冷地区需根据实际情况考虑伴热装置。

10.1.8 本条规定是为了防止熔体流出烧坏电缆或管道,避免发生断电、燃料泄露、火灾及爆炸等事故。本条为强制性条文,必须严格执行。

10.1.9 冶金炉发生漏炉事故时,炉内熔体全部泄露,设置能容纳整炉熔体的安全坑可以防止热熔体外流造成火灾、爆炸等事故,安全坑保持干燥是防止熔体遇水爆炸。本条为强制性条文,必须严格执行。

10.1.14 现场控制室通常有人员常驻,配置的电子计算机、仪表等设施对环境的洁净度要求较高,因此要设置在清洁、安全、便于疏散的区域。

10.2 物料贮存与准备

10.2.1 本条对物料贮存做出规定。

2 关于硫化铜镍精矿仓库配置的说明。

1)精矿仓库要防风防雨,避免精矿流失和扬尘。

2)留有起重机检修场地的目的是避免吊车检修时妨碍其他吊车正常操作。

10.2.2 本条对配料做出规定。

1 火法冶炼对原料成分和处理量的稳定性有较高要求,需要进行配料作业。硫化铜镍精矿的配料可以根据项目规模等情况,在精矿仓库内设置,或单独设置配料厂房。

2 镍铁厂配料仓比较高,厂房造价较高,若将配料仓设置在堆场及仓库内,既占库空间,又不经济,故一般单独设置配料厂房。为了配料方便,烟尘制粒通常设置在配料厂房内,和干矿、还原煤等同步配料。

10.2.3 本条对干燥做出规定。

1 氧化镍矿所用干燥窑体积大、部件重量大,安装和检修所需场地也大,回转窑布置在室内会大幅增加建设投资,也不便于安装和检修。

2 本款规定是为了满足操作空间和检修空间的要求。

3 气流干燥管的倾角大于 75° 的目的在于减少干燥管底部磨损,并尽量使配置紧凑。

10.3 硫化铜镍精矿火法冶炼

10.3.1 本条对造钼熔炼车间配置做出规定。

3 当厂房较高时,为作业和检修方便,可以配备客运电梯和货运电梯。

10.3.2 本条对低镍钼吹炼车间的配置做出规定。

1 对转炉炉口和炉口对面的厂房围护结构提出的技术要求,是为了防止转炉喷炉时事故扩大。铺设铸铁板可以保证包子放置平稳,并保护地面。

3 吹炼过程中易出现泡沫渣现象,若不及时控制会导致喷炉,从而造成操作人员的伤亡、火灾、爆炸等事故。设置相应的防护设施能够及时消除此类事故及其可能造成的危害。本款为强制性条款,必须严格执行。

4 供风系统设置连锁紧急切断装置和放空装置,是为了防止

吹炼过程出现过吹喷炉时事故扩大。

10.4 氧化镍矿火法冶炼

10.4.1 本条对焙烧预还原车间的配置做出规定。

1 回转窑设三次风机调节窑内气氛,可以形成良好的温度梯度和还原性气氛。

3 大块焙砂影响回转窑下料,因此要设大块焙砂筛分设施和临时堆存场地。

10.4.2 本条对电炉还原熔炼车间的配置做出规定。

1 满装焙砂料罐重量大,为了确保起吊过程中料罐的稳定性和安全性,提升井应设导向装置,提升井下方要设置安全栏杆。

2 电炉还原产生的一氧化碳存在外溢的可能性,会对人身安全造成伤害或引起爆炸,因此各操作平台应当设置一氧化碳检测仪及报警装置。

10.5 镍湿法冶炼

10.5.1 本条对硫化镍阳极电解车间的配置做出规定。

1 镍电解槽成对配置主要是镍电解生产操作要求的。正常生产时,需要进行硫化镍阳极的出装、镍始极片的出装、刮阳极泥等操作,均需要在电解槽两侧操作,因此要求电解槽至少有一侧留出操作空间。

3 按照母排最短的原则,配电及硅整流室一般配置在端头或中部。

5 普通吊车要满足工人在电解槽面安全操作高度要求。起重机工作时,吊物最低点距离槽面的高度一般要大于2m。

10.5.2 本条对硫化镍电解阳极电解液净化车间的配置做出规定。

1 除铁、除铜、除钴及除铅锌等溶液净化工序产出净化渣,操作环境差,一般集中布置在一起。

10.5.4 本条对常压浸出及沉淀车间的配置做出规定。

1 搅拌槽之间通常采用溜槽连接的方式,可以实现任意搅拌槽之间的切换,不影响生产。根据生产实践经验,溜槽的坡度取1%~3%。

3 双列配置的形式有利于节约投资,同时便于工人巡检和操作。

10.5.5 本条对高镍铈加压浸出车间的配置做出规定。

1 加压设备集中配置,有利于减少高压风险点和集中管理。

2 就近配置可以减少阻力损失,降低矿浆在管道内发生闪蒸的风险。

10.5.6 本条对氧化镍矿高压酸浸车间的配置做出规定。

1 氧化镍矿加压酸浸项目通常由若干系列的高压酸浸系统并行完成浸出过程。

2 氧化镍矿资源主要在赤道地区,空气温度较高,基本不需要考虑冬季采暖的问题,因此高压釜系统通常在室外配置。

3 高压浸出系统压力变化较大,设备及管道的振动量较大,采用钢结构可以充分利用其柔性,以便保证结构安全。

4 闪蒸槽与预热器对应配置可以减小二次蒸汽管道的长度。

6 闪蒸槽系统的检修需要使用汽车吊,需要一定宽度的检修通道。

7 有多套加压浸出系统时,可以共用一个事故池。

10.5.7 本条对浓密分离及洗涤车间的配置做出规定。

1 浓密机的功能较单一,且操作相应较少,对天气影响不甚敏感,因此一般在室外露天设置。

3 浓密机之间采用溢流的形式有利于节能。

10.5.8 本条对镍萃取车间的配置做出规定。

1 常年温暖地区,萃取箱可以露天配置。

11 辅助生产设施

11.0.3 工艺用压缩空气及仪表用压缩空气集中配置可以方便管理和连接管线。

11.0.4 集中配置的形式有利于生产管理。

11.0.5 有机溶剂为易燃物质,独立配置有利于安全管理。

S/N:155182·0632



9 155182 063204

统一书号: 155182 · 0632

定 价: 19.00 元