

# 黄金精矿焙烧预处理与冶炼工艺优化

王俊杰 张晓光

山东黄金矿业科技有限公司选冶实验室分公司 山东 烟台 264000

**摘要:** 黄金精矿的焙烧预处理与冶炼工艺优化是提高生产效率、降低成本、保障产品质量及减少环境污染的关键。通过精细调控焙烧温度、空气过剩系数等参数,结合先进的废气治理、余热利用技术,以及设备更新与改造,实现了工艺的环保与节能。同时,氰化提金、堆浸提金及硫脲浸金等冶炼工艺的优化,进一步提升了金的回收率和纯度。本文深入探讨了黄金精矿冶炼工艺的优化策略,为实现黄金生产的高效、绿色和可持续发展提供了有益参考。

**关键词:** 黄金精矿; 焙烧预处理; 冶炼工艺; 优化

引言: 黄金作为贵金属,其冶炼工艺的优化对于资源的高效利用、环境保护及经济发展具有重要意义。黄金精矿的焙烧预处理与冶炼过程,不仅关乎金的提取效率,更需注重节能减排和生态保护。随着技术的不断进步,如何通过优化工艺参数、采用先进技术和手段,实现黄金冶炼的绿色、高效和可持续发展,已成为行业关注的焦点。本文将围绕黄金精矿的焙烧预处理与冶炼工艺优化展开深入探讨,旨在为相关企业提供有益的参考和指导。

## 1 黄金精矿焙烧预处理的基本原理

黄金精矿焙烧预处理,作为火法冶金中的关键步骤,尤其适用于处理那些含有较高硫、砷等难选冶成分的矿石。这一过程的核心在于利用高温条件下的氧化反应,促使矿石中的有害组分如砷(As)、硫(S)、锑(Sb)等发生化学转化,由固态转入气相,从而有效去除或降低这些元素对后续冶炼过程的不利影响。焙烧过程中,矿石经历了一系列复杂的物理化学变化。在高温和氧气的共同作用下,硫化物和碲化物中的金被逐渐解离或暴露,原本被紧紧包裹在矿物晶格中的显微及亚微粒状金得以释放。这一过程不仅破坏了原矿物的结构,还生成了结构疏松、孔隙度增加的氧化焙砂。这种多孔结构的焙砂,对于后续的氰化浸出过程极为有利,因为它极大地增加了浸出液与金颗粒的接触面积,使得浸出液能够更高效地溶解并提取出金。此外,焙烧还促进了矿石中其他有益或有害组分的转化与分离。例如,硫元素在焙烧过程中转化为二氧化硫气体,可通过适当的收集与处理系统加以回收或利用;砷元素则可能形成易于处理的神酸盐或神的氧化物,减少了后续处理中的环境风险。

## 2 焙烧氧化工艺技术特点

### 2.1 处理速度快,适应性强

焙烧氧化法以其高效的处理能力著称,特别适用于处理那些含有高硫、高砷等难选冶成分的矿石。相较于其他预处理方法,焙烧氧化法能够在较短的时间内完成矿石的氧化转化,显著提高了生产效率。这一特点使得焙烧氧化法在处理大规模矿石时具有明显优势,能够满足矿业生产对高效、快速处理的需求。焙烧氧化法对矿石的适应性极强。无论是含有有机碳的矿石,还是其他复杂成分的矿石,焙烧氧化法都能通过调整工艺参数实现有效处理<sup>[1]</sup>。特别是对于含有有机碳的矿石,焙烧氧化法能够破坏有机碳的结构,使其转化为无害或易于处理的形式,从而减少对后续冶炼过程的不利影响。

### 2.2 工艺流程长且复杂

焙烧氧化工艺的另一大特点是其工艺流程的长且复杂。从矿石的破碎、筛分、磨细到焙烧、冷却、收尘再到后续的处理和回收利用,整个工艺流程涉及多个环节和多种设备。这不仅增加了生产管理的难度,还对操作人员的专业技能提出了更高要求。由于焙烧氧化工艺对操作参数的严格性要求,生产调试周期往往较长。在调试过程中,需要不断调整和优化各项参数,确保工艺流程的稳定运行和最佳效果。这一过程不仅需要大量的时间和精力投入,还可能对生产进度和成本控制造成一定影响。

## 3 黄金精矿焙烧预处理工艺的优化

### 3.1 焙烧温度

焙烧温度是黄金精矿焙烧预处理中最为关键的控制参数之一。它直接影响焙砂的质量,进而对后续冶炼过程产生深远影响。对于含硫金精粉而言,焙烧温度的选择尤为关键。一般来说,将焙烧温度控制在600~650℃之间,能够取得较为理想的效果。在这一温度范围内,硫化物能够得到有效氧化,生成易于后续处理的硫酸盐。避免了因温度过高而导致的金属硫酸盐化反应不彻底,

以及三氧化硫生成困难的问题。相反,如果焙烧温度过低,氧化反应速度将明显减缓,杂质金属的硫酸盐化过程将变得不彻底,从而影响后续冶炼的效率和质量。因此,在实际生产过程中,需要通过焙烧炉的精确控制,确保焙烧温度能够稳定在最佳范围内。这不仅能够提高焙砂的质量,还能够为后续冶炼过程奠定坚实的基础。

### 3.2 空气过剩系数

空气过剩系数,即实际供给的空气量与理论所需空气量的比值,是另一个影响焙烧效果的重要因素。它直接关系到脱硫率、铜、铅等元素的硫酸化程度以及铁的转化状态。在黄金精矿焙烧预处理过程中,合理控制空气过剩系数对于优化焙烧效果至关重要。实际生产中,空气过剩系数一般控制在1.2~1.5左右。这一范围的选择,既能够保证氧化反应的充分进行,又能够避免空气供给过多而导致的能源浪费和废气排放增加。通过精确调整空气过剩系数,可以使得脱硫率得到显著提高,同时促进铜、铅等元素的硫酸化,为后续的冶炼过程创造有利条件。

### 3.3 矿浆浓度

矿浆浓度是浆式进料沸腾焙烧中的一个重要技术条件。它对于焙烧过程的稳定性和效率具有显著影响。在适宜的焙烧温度下,矿浆浓度的选择应根据矿石的含硫品位进行灵活调整。当矿石含硫品位较高时,为了降低焙烧过程中的能耗和减少废气排放,矿浆浓度可适当降低。这样不仅能够减少硫化物在焙烧过程中的分解负担,还能够提高焙烧炉的处理能力。相反,如果矿石含硫品位较低,为了提高焙烧效率和减少设备磨损,矿浆浓度则应适当提高。根据实践经验,矿浆浓度一般控制在68%~72%之间较为适宜。这一范围的确定,既考虑了矿石的含硫品位,又兼顾了焙烧过程的稳定性和效率。通过灵活调整矿浆浓度,可以使得焙烧过程更加顺畅,提高黄金精矿的预处理效果。

### 3.4 沸腾层高度

沸腾层高度是影响焙烧反应充分性的另一个关键因素。在沸腾焙烧过程中,精矿需要在炉内有足够的停留时间,以确保焙烧反应能够充分进行。合理设定沸腾层高度对于优化焙烧效果具有重要意义。沸腾层的高度应保证精矿在炉内能够充分翻滚和接触氧气,从而促进氧化反应的进行。沸腾层的高度也不宜过高。过高的沸腾层将增加动力消耗,降低烟气浓度,从而影响焙烧过程的效率和稳定性<sup>[2]</sup>。在实际生产过程中,需要根据焙烧炉的结构特点、矿石的性质以及焙烧条件等因素,合理设定沸腾层的高度。通过精确控制沸腾层的高度,可以使得焙烧

反应更加充分和均匀,提高黄金精矿的预处理质量。

## 4 黄金精矿冶炼工艺的优化

### 4.1 氰化提金工艺

氰化提金工艺因其高效、稳定的特点,成为现代从矿石或精矿中提取金的主要方法。然而,随着资源的不断开采和品位的逐渐降低,如何进一步优化这一工艺,提高金的回收率和产品质量,成为行业关注的焦点。

(1) 氰化浸出条件的优化。这包括氰化物浓度、浸出时间、温度以及矿浆的搅拌强度等参数的精确控制。通过科学实验和数据分析,找到最佳浸出条件,可以显著提高金的浸出率,同时减少氰化物的消耗和废水的产生。

(2) 浸出矿浆的洗涤过滤过程。采用高效的洗涤设备和过滤技术,可以最大限度地减少金的损失,提高洗涤效率和过滤速度。此外,对洗涤水和过滤液进行循环利用,不仅可以降低水耗,还能减少废水的排放,实现环保生产。在氰化液或氰化矿浆中金的提取环节,采用先进的提取技术如电解沉积、化学沉淀等,可以提高金的提取效率和纯度。对提取过程中产生的废液进行妥善处理,避免对环境造成污染。

### 4.2 堆浸提金工艺

堆浸提金工艺因其经济、环保的特点,被广泛应用于低品位金矿的处理。然而,如何进一步提高浸出率和缩短浸出时间,成为堆浸提金工艺优化的关键。(1) 制粒技术的优化。通过改进制粒设备和工艺,可以使得矿石颗粒更加均匀、透气性好,从而提高浸出液的渗透性和浸出效率。此外,对制粒过程中产生的粉尘进行有效回收和利用,不仅可以减少环境污染,还能降低原料的浪费。(2) 添加辅助药剂。通过科学筛选和配比辅助药剂,如氧化剂、催化剂等,可以加速金的浸出过程,缩短浸出时间。辅助药剂的添加还能减少有害元素的干扰,提高金的浸出率和纯度。在堆浸过程中,对浸出液进行循环使用和科学管理也是降低成本和减少污染的重要措施。通过合理设计浸出液的循环路径和储存设施,可以最大限度地减少浸出液的浪费和排放,实现资源的循环利用。

### 4.3 硫脲浸金工艺

硫脲浸金工艺作为一种新型的提金方法,因其溶金速度快、无毒、对铜、砷等有害元素不敏感等优点而备受关注。虽然目前硫脲浸金工艺仅限于小规模工业应用,但随着技术的不断进步和成本的降低,其有望成为除氰化物以外最有希望用于工业生产的溶金药剂。为了推动硫脲浸金工艺的发展和应用,需要加强对其基础研究和应用研究的投入。通过深入研究硫脲与金的反应机

理、优化浸出条件、开发高效浸出设备和工艺等,可以进一步提高硫脲浸金工艺的效率和稳定性。还需要关注硫脲浸金工艺的环境影响。通过科学评估其废液、废气和废渣的产生和处理情况,制定有效的环保措施和应急预案,确保硫脲浸金工艺在绿色、可持续的道路上不断前行。此外,加强产学研合作也是推动硫脲浸金工艺发展的重要途径<sup>[3]</sup>。通过整合科研机构、高校和企业的资源和技术优势,共同攻克技术难关、推动成果转化和应用示范,可以加快硫脲浸金工艺的工业化进程和市场推广。

## 5 黄金精矿焙烧预处理与冶炼工艺优化的环保节能

### 5.1 废气治理

焙烧过程,作为黄金精矿冶炼的初步环节,往往伴随着二氧化硫、三氧化二砷等有害气体的产生。这些废气若未经处理直接排放,不仅会对大气环境造成严重污染,还可能威胁到周边居民的健康。因此,废气治理成为黄金冶炼企业不可回避的责任与挑战。为有效治理废气,企业需采用先进的废气治理技术。对于二氧化硫,可采用石灰乳或氨水进行湿法脱硫,将废气中的二氧化硫转化为硫酸盐或亚硫酸盐,从而实现无害化处理。而对于三氧化二砷等有毒气体,则可通过冷凝、吸附或化学吸收等方式进行捕集与处置,确保其达标排放。此外,企业还应加强废气监测与管理体系建设,定期检测废气排放情况,及时发现并解决问题。同时,积极探索废气治理的新技术、新工艺,如生物脱硫、催化氧化等,以不断提高废气治理效率与环保水平。

### 5.2 余热利用

焙烧过程中产生的大量余热,是黄金冶炼过程中的宝贵资源。若能有效回收利用这部分余热,不仅能减少能源浪费,还能降低生产成本,提高能源利用效率。余热回收系统是实现这一目标的关键。通过安装余热锅炉、热交换器等设备,可以将焙烧炉排出的高温烟气中的热能转化为蒸汽或热水,进而用于发电、供暖或作为其他生产过程的热源。此外,还可以考虑将余热用于预热原料、干燥产品等,实现余热的梯级利用,最大化其经济价值。在余热利用过程中,企业需注重系统的优化

设计与运行管理。通过合理布局余热回收设备、优化热交换流程、提高设备热效率等措施,可以进一步提升余热利用效果,实现能源的高效循环利用。

### 5.3 设备更新与改造

设备是黄金冶炼工艺的基础,其性能与效率直接影响着生产成本与能耗。因此,采用新型高效、低能耗的焙烧设备和冶炼设备,成为优化黄金冶炼工艺、实现节能减排的重要途径。在设备更新与改造过程中,企业应重点关注以下几个方面:一是选用具有先进技术的设备,如高效节能的焙烧炉、自动化程度高的冶炼设备等,以提高生产效率与产品质量;二是加强设备维护与管理,定期检修、保养设备,确保其处于最佳运行状态;三是积极探索设备升级与改造的新路径,如通过技术革新、智能化改造等方式,提升设备的自动化、智能化水平,降低人工干预与能耗。企业还应注重人才培养与技术创新。通过引进专业人才、加强与科研机构合作等方式,不断提升自身的技术创新能力与设备研发水平。这将为企业持续优化黄金冶炼工艺、实现绿色可持续发展提供有力支撑。

### 结语

综上所述,黄金精矿的焙烧预处理与冶炼工艺优化是实现黄金生产高效、绿色和可持续发展的关键。通过精细化管理、技术创新和环保节能措施的全面实施,不仅提高了金的回收率和产品质量,还显著降低了生产成本和环境污染。未来,随着技术的不断进步和市场的不断变化,黄金冶炼企业应继续加强工艺优化与创新,积极探索更加高效、环保的冶炼方法,为黄金产业的可持续发展贡献力量。

### 参考文献

- [1]练建.金精矿类型对黄金冶炼厂氰化尾渣的影响研究[J].世界有色金属,2021(20):14-15.
- [2]杜主义.某黄金冶炼厂黄金精炼工艺的优化改进[J].有色冶金节能,2020,36(1):9-12.
- [3]倪迎瑞,李海涛,熊鹏程,等.绿色节能型黄金电解精炼技术研究与应用[J].黄金,2024,45(5):54-56.