

黄金选矿中难选矿石的预处理技术探究

张晓光 王俊杰

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: 随着黄金资源的不断开采,易选矿石逐渐减少,难选矿石的处理成为黄金选矿领域的关键问题。基于此,本文详细探讨了黄金选矿中难选矿石的多种预处理技术,包括焙烧氧化法、生物氧化法、加压氧化法等。利用对这些预处理技术的深入研究,旨在为黄金选矿企业在面对难选矿石时选择合适的预处理方法提供全面的参考依据,提高黄金资源的回收利用率,降低生产成本,减少环境污染,推动黄金选矿行业的可持续发展。

关键词: 黄金选矿; 难选矿石; 预处理技术

引言: 黄金作为一种重要的贵金属,在金融、珠宝、电子等众多领域有着广泛的应用。在黄金开采过程中,矿石的性质对选矿效果有着决定性的影响。随着易选矿石资源的日益匮乏,难选矿石的比例不断增加。难选矿石通常具有矿物组成复杂、金的嵌布粒度细、与其他矿物共生关系密切、有害元素含量高等特点,使得常规的选矿方法难以获得满意的金回收率。因此,对难选矿石进行预处理,破坏其矿物结构,解离金矿物,提高金的浸出率,成为当前黄金选矿技术研究的重点方向之一。

1 黄金选矿中难选矿石的预处理技术的价值

1.1 提高黄金回收率

难选矿石中的金往往被包裹在硫化物、砷化物等复杂矿物中,或者与有机碳质物结合,导致金的浸出率低下。预处理技术,如热压氧化、焙烧氧化、细菌氧化等的应用,可完全破坏包裹金的主矿物结构,使金颗粒充分暴露出来,从而显著提高金的浸出率和回收率^[1]。预处理技术能够有效地氧化分解硫化物、砷化物等有害杂质,最大程度降低其对金的吸附和包裹作用,进而为后续的氰化浸出或电解提取创造有利条件。

1.2 优化生产流程,提高生产效率

难选矿石的预处理技术能够优化生产流程,减少不必要的能耗和人力投入。如过焙烧氧化技术能够直接处理原矿,无需经过复杂的浮选或磁选流程,从而简化了生产流程的同时,显著提高了生产效率。更重要的是,预处理技术还能够提高矿石的磨矿效率和浸出效率,缩短生产周期,最终降低生产成本。

1.3 保护环境,实现资源可持续利用

难选矿石的预处理技术在提高黄金回收率的同时,也特别注重环境保护和资源可持续利用。传统的选冶方法往往会产生大量的废水、废气和废渣,对环境造成严重污染,甚至不可逆转。而预处理技术则能够利用氧化分解有

害杂质,将其转化为无害或低毒的物质,尽可能减少环境污染。另外,预处理技术还能够实现资源的综合利用,如回收砷、硫等伴生元素,从而提高资源利用率。

1.4 推动技术创新和产业升级

难选矿石的预处理技术是推动黄金选矿技术创新和产业升级的重要动力。近年来,随着科技的不断进步和选矿技术的不断发展,新的预处理技术不断涌现,如电化学氧化法、高锰酸钾法、重铬酸盐法等。这些新技术不单单提高了难选矿石的处理效果,还成功推动了黄金选矿行业的整体技术进步和产业升级。

1.5 提升企业竞争力

掌握难选矿石预处理技术的企业能够在激烈的市场竞争中占据优势地位。提高黄金回收率、优化生产流程、降低生产成本和保护环境等措施,企业能够提升产品质量和服务水平,增强市场竞争力^[2]。而且,预处理技术的应用还能够为企业创造更多的经济效益和社会效益,推动企业可持续发展。

2 黄金选矿中难选矿石的预处理技术

2.1 氧化法预处理技术

氧化法是目前难选金矿预处理中最常用的方法之一,它利用氧化反应使被包裹的金粒暴露出来,便于后续的浸出作业。氧化法预处理技术主要包括加压氧化法、细菌氧化法、焙烧氧化法和化学氧化法。

2.1.1 加压氧化法

加压氧化法是利用加压氧化酸浸或碱浸的方法对金矿石进行预处理。在作业前,需先将金矿石中的有害杂质(如硫、砷、锑等)去除,以达到金颗粒完全暴露的状态。该方法对原料含硫不像自然焙烧那样敏感,能够达到较高的金回收率。另一方面,加压氧化法基本要在酸性介质中进行,但近年来随着管式热交换反应器和催化剂的应用,该过程得以在低压甚至常压下快速进行,

从而提高了生产效率。

2.1.2 细菌氧化法

细菌氧化法是利用自然界中的微生物,通过其新陈代谢的直接作用或代谢产物的间接作用,氧化和浸出矿石中的有害元素,如硫、砷、铁等,使被包裹的金暴露出来。该方法的流程通常是在搅拌槽内进行细菌氧化浸出,同时需向矿浆内鼓入空气,并加入适量的细菌营养剂以保证细菌不间断繁殖。细菌浸出的矿浆pH值需保持强酸性。细菌氧化法具有成本低、能耗少、环境污染轻及浸出效果好等优点,是处理含砷、碳等难选金矿的有效方法。

2.1.3 焙烧氧化法

焙烧氧化法是一种较早且成熟的金预处理方法,它主要针对可浮性不好的低硫化物、含砷、碳、微细粒包裹型金矿石等。该方法通过直接焙烧使矿石中的硫化物氧化,从而有效提高金的回收率。焙烧过程中还能充分利用钙镁固化矿石中的砷、硫等元素,达到环保自洁的效果。焙烧氧化法的流程通常包括两段焙烧:一段沸腾焙烧用于处理铜或含有多种金属的复杂金精矿;二段沸腾焙烧则用于处理主要含高砷、硫的难浸金精矿。但问题是,该方法在处理后的砷回收和大气污染方面存在一定的难点。

2.1.4 化学氧化法

化学氧化法是通过向矿石中加入强氧化剂,使矿石中的硫化物氧化,从而暴露出金粒。化学氧化法预处理金可有氯化法、硝酸法和电化学法几种。氯化氧化法是用氯气作为氧化剂来氧化难处理金矿石,该法对碳质物有抑制作用,对金有钝化作用。硝酸法则是利用硝酸的强氧化性,将矿石中的硫化物氧化。电化学氧化法则是在矿浆体系内含有导电介质如硫酸、盐酸和硝酸等条件下,通过电极反应将黄铁矿和砷铁矿氧化成易溶的硫酸铁和砷酸铁,同时提高金矿石的空隙率,便于后续的浸出作业。电化学氧化法对环境破坏低,氧化效率高,操作过程安全。

2.2 其他预处理技术

2.2.1 浮选法

浮选法是一种利用矿物表面物理化学性质的差异进行分离的方法。在黄金选矿中,浮选法常用于处理含有细粒或微细粒包裹金的矿石^[9]。采取添加浮选药剂的方式,使金粒或其载体矿物表面产生亲水或疏水性质,从而在气泡的作用下上浮至矿浆表面,实现与脉石矿物的分离。浮选法具有回收率高、适应性强等优点,但同时也存在药剂消耗大、环境污染等问题。

2.2.2 联合工艺法

联合工艺法是将两种或多种预处理技术相结合,以充分发挥各自的优势,提高金的回收率。比如,可将浮选法与氧化法相结合,先通过浮选法回收部分金粒,再对浮选尾矿进行氧化预处理,以进一步提高金的回收率。联合工艺法还可以根据矿石的具体性质进行灵活调整,以达到最佳的处理效果。

2.2.3 微波预处理方法

微波预处理是利用微波的热效应和非热效应。在微波辐射下,矿石中的某些矿物成分会因吸收微波能而迅速升温,产生热应力,导致矿物结构破坏,同时微波的非热效应也可能改变矿物的物理化学性质,继而促进金的解离。其优点是加热速度快、效率高、选择性好;缺点是微波设备成本较高,处理量相对较小。目前处于研究和小规模试验阶段,有望在未来得到更广泛的应用。

2.2.4 超声预处理方法

超声预处理是利用超声波在矿浆中的空化作用。当超声波在液体中传播时,会产生周期性的压力变化,形成微小的气泡,这些气泡在瞬间破裂时会产生高温、高压和强烈的冲击作用,使矿石中的矿物颗粒表面受到侵蚀和破碎,从而促进金的解离。该方法的优点是操作简单、无污染;缺点是超声能量利用率较低,处理效果有限,一般多与其他预处理技术联合使用。

3 黄金选矿中难选矿石预处理技术应用的策略

3.1 技术创新与研发

技术创新与研发是提升黄金选矿预处理技术效能的核心驱动力。针对现有预处理技术,必须投入更多资源进行深度优化和改良,以消除技术瓶颈,提升其稳定性和处理效率。具体手段如下:精细化调控预处理过程中的各项参数,确保矿石的预处理效果达到最佳状态。不应满足于现状,而应积极开拓新的预处理技术领域。借助大数据和人工智能的先进理念,构建矿石预处理智能模型,在数据分析与机器学习的基础上,实现对预处理过程的精准控制,迈向智能化和自动化的新阶段。而环保意识的提升要求人们开发新型、低毒、高效的预处理药剂,尽量减少对环境的不良影响,实现绿色、可持续的矿石预处理过程。此举不仅是对技术的挑战,更是对行业责任感的体现。

3.2 加强设备更新与维护

预处理设备的性能对于矿石预处理效果具有决定性作用。为了跟上技术发展的步伐,必须彻底淘汰那些效率低下、性能落后的老旧设备。相关单位应致力于引进国际先进的预处理设备,大幅提升矿石的处理能力和

效率,确保生产线的顺畅运行。此环节中,需要注意的是,设备的日常维护和保养同样不容忽视。企业应制定严格的设备维护计划,定期对设备进行专业检查和维修,以便及时发现并解决问题,尽可能确保设备的长期稳定运行。

3.3 环保与可持续发展

在加强黄金选矿中难选矿石预处理技术应用的同时,必须将环保和可持续发展作为重要的考量因素。由于预处理过程中,往往会产生大量的废水、废气、废渣等污染物,这些污染物若未经妥善处理,将对生态环境造成严重的破坏。因而,需投入更多的资源和技术力量,以确保这些污染物得到有效治理^[4]。此外,还应积极推广和应用环保型的预处理技术,如生物氧化法、无氰浸出法等,这些技术不仅能有效减少污染物的排放,还能提高资源的利用效率,实现经济效益和生态效益的双赢。当然,也应建立相应的环保监测和评估体系,以确保预处理过程的环保效果得到持续、稳定的提升。

3.4 人才培养与团队建设

预处理技术的应用离不开专业的人才支持。为了加强这一领域的人才培养,有关部门与机构应深化高校、科研机构和企业之间的合作,共同培养具备专业知识和实践经验的预处理技术人才。利用校企合作、产学研结合等方式,尽量为学生提供更多的实践机会,帮助他们更好地掌握预处理技术的核心知识和技能。并且,还应注重建立专业的预处理技术团队,这些团队应具备强大的研发和应用能力,负责预处理技术的研究、开发、应用和推广工作。

3.5 政策引导与支持

为了推动难选矿石预处理技术的广泛应用,政府应扮演积极的角色,运用一系列的政策引导和支持,促进该领域的健康发展。具体来说,政府可以设立专项科研经费,为预处理技术的研发和应用提供必要的资金支持,降低企业和科研机构的研发成本。另一方面,政府还可以积极制定出一些税收优惠政策,对采用先进预处理技术的企业给予税收减免或补贴,以经济手段激励企业采用更加环保和高效的预处理技术最后,政府应建立完善法律法规体系,对预处理技术的使用和管理进行规范,确保技术的合法、合规应用,为预处理技术的长

期发展提供坚实的法律保障。

4 预处理技术的发展趋势

4.1 环保要求提高

随着环保意识的增强,难选矿石预处理技术将更加注重环保要求。传统的氰化法等方法存在环境污染问题,因此,未来将更多地采用低污染或无污染的工艺流程和设备。例如,利用微生物氧化法、亚硫酸盐浸出法等环保型预处理技术,以减少对环境的破坏。

4.2 资源利用效率提升

在提高资源利用效率方面,难选矿石预处理技术将注重资源的综合利用。通过优化预处理工艺,实现难选矿石中有价元素的充分回收和富集。同时,将加强新工艺和新方法的研究和应用,以适应复杂多变的矿石条件,提高金的回收率和富集比。

4.3 自动化与智能化

随着工业自动化技术的不断发展,难选矿石预处理过程将逐步实现自动化和智能化。通过引入无人驾驶设备、机器人等技术,可以减少人工操作的数量和风险,提高生产效率,降低生产成本。同时,智能化技术还可以应用于设备的故障诊断和预测性维护等领域,提高设备的可靠性和使用寿命。

结语:综上所述,黄金选矿中难选矿石的预处理技术具有极高的价值。它不仅能够提高黄金回收率和生产效率,优化生产流程,保护环境,实现资源可持续利用,还能够推动技术创新和产业升级,提升企业竞争力。因此,加强难选矿石预处理技术的研究和应用,对于推动我国黄金选矿行业的健康发展具有重要意义。

参考文献

- [1]王大明.生物浸出技术在黄金选矿工艺中的应用[J].有色矿冶,2021,37(5):23-25.
- [2]邓哲元,李恩霖,施旭楷,等.印尼某金矿选矿试验研究[J].有色金属(选矿部分),2024(8):77-85.
- [3]邱曼,黄学雄,毛益林,等.我国金矿资源概况及选冶技术研究进展[J].矿产综合利用,2023(2):106-115.
- [4]杨勇祥,肖若挺,龙会友,陈云,向平.黄沙坪高碱高COD选矿废水降解与重金属去除试验研究[J].湖南有色金属,2020,36(05):54-58.