

有色金属湿法冶金的溶液净化与杂质分离工艺

石绍鹏

江西铜业有限公司贵溪冶炼厂 江西 鹰潭 335400

摘要: 随着有色金属需求攀升,湿法冶金重要性凸显。本文聚焦有色金属湿法冶金领域,阐述溶液净化与杂质分离的重要性,其关乎产品质量、生产效率及资源综合利用。详细介绍化学沉淀、溶剂萃取、离子交换、电解、氧化-还原等主要工艺方法。分析溶液性质、操作条件、设备性能等因素对净化与分离效果的影响。进而提出优化措施,包括优化工艺参数、应用组合工艺、研发新型材料与技术以及加强过程控制与自动化,旨在为有色金属湿法冶金溶液净化与杂质分离工艺的改进提供理论支持与实践参考。

关键词: 有色金属;湿法冶金;溶液净化;杂质分离

引言: 有色金属在现代工业中占据关键地位,广泛应用于电子、航空航天、新能源等众多领域。湿法冶金作为有色金属提取的重要方法,凭借其能耗低、污染小、回收率高等优势,在工业生产中得到广泛应用。然而,湿法冶金过程中,溶液中常含有多种杂质,这些杂质不仅影响最终产品的纯度和质量,还可能对后续工序产生不利影响,降低生产效率,增加生产成本。因此,有色金属湿法冶金溶液净化与杂质分离工艺成为保障产品质量、提高生产效益的关键环节,深入研究该工艺具有重要的现实意义。

1 有色金属湿法冶金溶液净化与杂质分离的重要性

有色金属湿法冶金是现代工业获取有色金属的关键途径,其溶液净化与杂质分离环节在整个生产流程中具有不可替代的重要性。从产品质量角度而言,溶液中的杂质会严重影响最终有色金属产品的纯度。杂质的存在可能导致产品的物理、化学性能不达标,无法满足高端制造业对材料品质的严苛要求。从生产效率与成本方面考虑,杂质会干扰后续的结晶、电解等工序,降低生产效率。杂质还可能附着在设备表面,造成设备腐蚀、堵塞等问题,增加设备维护成本和停机时间。而且,合理分离杂质可实现资源的回收利用,将杂质中有价值的金属重新提取出来,提高资源综合利用率,降低原材料采购成本。从环境保护层面看,部分杂质若未经有效处理直接排放,会对土壤、水体等环境造成污染,破坏生态平衡。通过溶液净化与杂质分离,可减少污染物排放,降低对环境的负面影响,实现绿色可持续发展^[1]。

2 有色金属湿法冶金溶液净化与杂质分离的主要工艺方法

2.1 化学沉淀法

化学沉淀法是基于溶度积原理,通过向有色金属湿

法冶金溶液中加入合适的沉淀剂,使溶液中的杂质离子生成难溶化合物而沉淀析出,从而实现溶液净化与杂质分离的方法。沉淀剂的选择至关重要,需根据杂质离子的性质来确定。常见的沉淀剂有氢氧化物、硫化物、碳酸盐等。当加入氢氧化物沉淀剂时,许多金属离子会形成氢氧化物沉淀,如铁离子、铜离子等在碱性条件下可生成氢氧化铁、氢氧化铜沉淀。硫化物沉淀剂对一些重金属离子有很好的沉淀效果,像铅、镉等金属离子能与硫化物反应生成极难溶的硫化物沉淀。碳酸盐沉淀剂则适用于沉淀钙、镁等离子。化学沉淀法操作相对简单,成本较低,能有效去除溶液中大部分杂质。但该方法也存在一些不足,如沉淀可能不完全,部分杂质会形成胶体难以沉降分离,且沉淀过程中可能引入新的杂质,后续还需进行过滤、洗涤等操作来进一步提高溶液纯度。

2.2 溶剂萃取法

溶剂萃取法是利用溶质在两种互不相溶(或微溶)的溶剂中溶解度或分配系数的不同,使溶质从一种溶剂转移到另一种溶剂中,从而实现有色金属湿法冶金溶液中杂质分离与净化的方法。该方法中,选择合适的萃取剂是关键,萃取剂应对目标金属或杂质有较高的选择性和萃取能力。常见的萃取剂类型有中性磷类、酸性磷类、胺类等。在萃取过程中,将含杂质的溶液与萃取剂充分混合接触,杂质离子会在水相转移到有机相中。然后通过两相分离,将含有杂质的有机相与净化后的水相分开。为了进一步提高分离效果,还可采用多级逆流萃取等方式。溶剂萃取法具有分离效率高、操作连续化、可实现大规模生产等优点,能有效地分离和提纯溶液中的有色金属及去除杂质。不过,该方法也存在萃取剂成本较高、部分萃取剂有毒有害、工艺流程相对复杂等问题。

2.3 离子交换法

离子交换法是利用离子交换树脂与溶液中的离子进行交换反应,从而实现有色金属湿法冶金溶液净化与杂质分离的方法。离子交换树脂是一种具有三维空间网状结构的高分子化合物,其分子链上含有可解离的基团,能与溶液中的离子发生交换作用。根据交换基团性质的不同,离子交换树脂可分为阳离子交换树脂和阴离子交换树脂。阳离子交换树脂可吸附溶液中的阳离子,如金属离子、氢离子等;阴离子交换树脂则能吸附阴离子,如氯离子、硫酸根离子等。在净化过程中,将含杂质的溶液通过离子交换树脂柱,杂质离子会被树脂吸附,而目标离子则留在溶液中,从而实现杂质分离。离子交换法具有选择性好、分离效率高、可深度净化溶液等优点,尤其适用于对溶液纯度要求较高的场合。但该方法也存在树脂再生困难、再生过程中可能产生二次污染、树脂成本较高等问题,且处理量相对较小。

2.4 电解法(电化学法)

电解法(电化学法)是借助外加电流的作用,使有色金属湿法冶金溶液中的离子在电极上发生氧化还原反应,从而实现杂质分离与溶液净化的方法。在电解过程中,将含杂质的溶液作为电解质溶液,插入电极并通以直流电。阳极发生氧化反应,溶液中的阴离子或电极材料失去电子;阴极发生还原反应,溶液中的阳离子得到电子被还原。通过控制电解条件,如电流密度、电解时间、电极材料等,可使目标金属在阴极析出,而杂质则留在溶液中或以其他形式分离。对于一些难以用化学方法分离的杂质,电解法具有独特的优势。该方法能实现金属的高纯度提纯,可直接得到金属产品。但电解法也存在能耗较高、设备投资大、对溶液浓度和纯度有一定要求等问题,且在电解过程中可能产生气体等副产物,需要进行妥善处理。

2.5 氧化-还原法

氧化-还原法是通过向有色金属湿法冶金溶液中加入氧化剂或还原剂,改变杂质离子的化合价,使其转化为更易分离的形态,从而实现溶液净化与杂质分离的方法。当溶液中存在变价金属杂质离子时,可根据其不同价态的性质差异进行分离。若杂质离子处于较高价态,可加入还原剂将其还原为低价态,使其溶解度、沉淀性能等发生变化,进而通过沉淀、过滤等方法分离;若杂质离子处于较低价态,则可加入氧化剂将其氧化为高价态后进行分离。氧化剂和还原剂的选择需根据杂质离子的性质和工艺要求来确定,常见的氧化剂有氯气、双氧水、高锰酸钾等,常见的还原剂有铁粉、亚硫酸钠等。氧化-还原法操作相对简便,能有效处理一些特定杂质,但该方法

可能引入新的杂质离子,且氧化还原反应的选择性有时不够理想,需要严格控制反应条件以保证分离效果^[2]。

3 影响有色金属湿法冶金溶液净化与杂质分离效果的因素

3.1 溶液性质

溶液性质对有色金属湿法冶金溶液净化与杂质分离效果影响显著。溶液的酸碱度(pH值)至关重要,不同杂质离子在不同pH下存在形态各异,如某些金属离子在特定pH会形成氢氧化物沉淀,通过调节pH可控制沉淀生成与溶解,实现选择性分离。溶液温度也影响反应速率与平衡,升温一般加快反应,但过高可能使沉淀溶解度增大。此外,溶液中共存离子的种类与浓度也不容忽视,它们会与目标杂质离子竞争沉淀剂或吸附位点,干扰分离过程,降低净化效果。

3.2 操作条件

操作条件是影响净化与分离效果的关键因素。在化学沉淀中,沉淀剂加入量需精准把控,不足会使杂质沉淀不完全,过多则引入新杂质;加入速度过快,局部浓度过高致沉淀颗粒细小难过滤。搅拌强度也影响沉淀效果,不足会使混合不均。溶剂萃取时,萃取剂流量、相比(有机相与水相体积比)和萃取时间等参数决定萃取效率与分离效果。合理控制这些操作条件,能确保杂质有效分离,提高溶液净化质量,保障后续工序顺利进行。

3.3 设备性能

设备性能对净化与分离工艺实施和效果起着重要作用。过滤设备中,过滤介质材质、孔径大小和过滤面积影响过滤速度与精度。优质介质有效截留沉淀物,合适孔径防堵塞,大过滤面积提高效率。萃取设备结构设计和混合效果影响萃取效率,良好结构使两相充分混合,提高传质效率。电解设备电极材料、电解槽结构等影响电解过程,优质电极材料导电性好、耐腐蚀,合理电解槽结构利于离子迁移和产物分离,从而保障溶液净化与杂质分离效果^[3]。

4 有色金属湿法冶金溶液净化与杂质分离工艺的优化措施

4.1 优化工艺参数

优化工艺参数是提升有色金属湿法冶金溶液净化与杂质分离效果的关键举措。溶液的酸碱度(pH值)对杂质的存在形式和反应活性影响极大,通过精确调控pH值,可使杂质以最有利于分离的形式存在,如让特定金属离子形成易沉淀的氢氧化物。温度也是重要参数,不同反应对温度要求各异,适当升高温度能加快反应速率,但需避免温度过高引发副反应。反应时间同样需精准把控,时

间过短杂质反应不完全，过长则可能浪费资源且影响产品质量。搅拌速度影响着反应物之间的混合程度，合适的搅拌能促进反应均匀进行。此外，试剂的添加量和添加顺序也不容忽视，精确计算试剂用量，按合理顺序添加，能提高反应的选择性和净化效率。

4.2 组合工艺应用

组合工艺应用是提高有色金属湿法冶金溶液净化与杂质分离水平的有效途径。单一工艺往往存在局限性，难以实现高效、彻底的净化与分离。将化学沉淀法与溶剂萃取法组合，化学沉淀可先去除大部分易沉淀杂质，降低溶液中杂质浓度，减轻后续萃取负担；溶剂萃取法则能进一步分离难以沉淀的微量杂质，提高产品纯度。离子交换法与电解法结合，离子交换可对溶液进行初步净化，去除特定离子，电解法则能深度处理溶液，实现金属的提纯和杂质的彻底分离。组合工艺还能发挥各工艺优势，弥补不足，如将氧化-还原法与其他方法联用，可改变杂质化学性质，使其更易被分离。通过合理组合不同工艺，形成一套完整的净化与分离体系，能显著提升工艺的整体效能。

4.3 新型材料与技术的研发

新型材料与技术的研发为有色金属湿法冶金溶液净化与杂质分离带来新机遇。在材料方面，研发高性能的离子交换树脂，其具有更高的选择性和吸附容量，能更有效地去除溶液中的特定杂质离子，提高净化效率。新型萃取剂的出现，可增强对目标金属的萃取能力和选择性，减少杂质共萃取，提升分离效果。在技术领域，膜分离技术不断发展，其具有分离效率高、能耗低、无二次污染等优点，可用于溶液的精细分离和净化。纳米技术的应用也为杂质分离提供了新思路，纳米材料独特的表面性质和吸附性能，可实现对微量杂质的高效去除。持续投入研发新型材料与技术，能推动有色金属湿法冶金工艺不断升级，提高资源利用率和产品质量。

4.4 过程控制与自动化

过程控制与自动化是保障有色金属湿法冶金溶液净化与杂质分离工艺稳定运行的重要手段。通过安装先进的传感器，可实时监测溶液的pH值、温度、离子浓度等关键参数，将这些数据及时反馈给控制系统。控制系统根据预设的工艺要求，自动调整工艺参数，如自动调节酸碱添加量以维持pH值稳定，控制加热装置使温度保持在合适范围。自动化设备的应用可实现试剂的精准添加、搅拌速度的自动调节等操作，减少人为误差，提高操作的准确性和重复性。同时，过程控制系统还能对设备运行状态进行监控，及时发现故障并报警，保障生产安全。借助先进的信息技术，实现生产过程的数字化管理，可对生产数据进行存储和分析，为工艺优化提供依据，进一步提升溶液净化与杂质分离的效果和生产效率^[4]。

结束语

有色金属湿法冶金中，溶液净化与杂质分离工艺是保障产品质量、提升资源利用率的关键环节。化学沉淀法操作简便、成本低；溶剂萃取法分离高效、适合大规模生产；离子交换法可深度净化；电解法能直接获取高纯度金属；氧化-还原法针对特定杂质效果显著。这些工艺各有优劣，在实际应用中，需综合考虑杂质特性、成本、环保等因素，灵活组合运用。未来，随着科技不断进步，更高效、环保、经济的净化分离工艺将持续涌现，推动有色金属湿法冶金行业朝着绿色、可持续方向蓬勃发展。

参考文献

- [1]杨华东.湿法冶金技术在有色金属废料处理与资源回收中的应用研究[J].世界有色金属,2024,(06):11-13.
- [2]杜鹏刚.湿法冶金在城市矿山资源化中的运用[J].冶金管理,2021,(13):152+154.
- [3]郭伟信;何捍卫;贾守亚;武波涛. HEDTA离子交换色层法分离重稀土.粉末冶金,2022.178-179
- [4]贾致维.新时期有色金属冶金与环保[J].建筑技术科学,2021.189-193