

# 电子废弃物中贵金属化学回收新技术研究

卢应孟 卢应焕\*

贵研化学材料(云南)有限公司 昆明 650000)

**摘要:** 本文从电子废弃物中贵金属化学回收技术研究现状入手,通过对离子液体溶剂萃取技术、基于微生物的生物浸出技术和混合化学浸出技术及其优缺点分析,并结合应用案例,总结了电子废弃物中贵金属化学回收技术方法和相关措施。旨在探讨电子废弃物中贵金属回收新技术,为相关从业人员或企业提供参考。

**关键词:** 电子废弃物; 贵金属; 化学回收; 新技术

## Research on New Technologies for Chemical Recovery of Precious Metals from Electronic Waste

Lu Yingmeng, Lu Yinghuan\*

(Guiyan Chemical Materials (Yunnan) Co., Ltd. Kunming 650000)

**Abstract:** This article starts with the current research status of precious metal chemical recovery technology in electronic waste, analyzes the advantages and disadvantages of ionic liquid solvent extraction technology, microbial based biological leaching technology, and mixed chemical leaching technology, and combines application cases to summarize the methods and related measures of precious metal chemical recovery technology in electronic waste. The aim is to explore new technologies for precious metal recycling in electronic waste, providing reference for relevant practitioners or enterprises.

**Keywords:** electronic waste; Precious metals; Chemical recovery; new technique

随着电子技术的发展,电子产品更新换代越来越快,使得电子废弃物数量日益增加。电子废弃物中含有贵金属如金、银、铂、钯等,根据统计,全球每年产生的电子废弃物数量已经超过 5000 万吨,其中含有的贵金属元素不容忽视。电子废弃物中的贵金属的含量虽然不多,但却有很高的经济价值和战略意义,因此,对电子废弃物中贵金属的回收利用具有非常重要的意义。

### 1. 电子废弃物中贵金属化学回收技术研究现状

目前,物理回收和化学回收是电子废弃物中贵金属回收利用的两种主要方法。物理回收通常采用重力分离、磁选分离等技术,但受限于分离效率和技术难度,物理回收的应用范围有限。化学回收技术则具有较高的回收效率和分离效果,因此是目前应用最广泛的方法之一。

在化学回收技术中,浸出法、电化学法、水热法和溶剂萃取法是常用的方法。浸出法是将废弃物中的金属元素溶解在酸性或碱性溶液中,再通过还原、沉淀等方式将金属元素分离出来。电化学法是通过电解将废弃物中的金属离子还原成金属,具有反应速度较快、连续生产等优点。水热法是利用高温高压的水溶液将废弃物中的金属元素溶解出来,再通过还原、沉淀等方式将金属元素分离出来。溶剂萃取法是通过有机溶剂将废弃物中的金属元素萃取出来,再通过蒸馏、

浓缩等方式将金属元素分离出来。

然而,随着技术的不断发展,新型的化学回收技术也不断涌现。例如,离子液体溶剂萃取技术可以实现对废弃物中的贵金属高效萃取和分离,具有较好的选择性和稳定性。离子液体具有无色、低挥发性、高热稳定性、可回收性等优点,可以作为萃取剂进行金属的选择性萃取。基于微生物的生物浸出技术可以利用微生物的生物代谢活动将废弃物中的金属元素浸出,具有环保、节能、高效等优点<sup>[1]</sup>。这种技术可以有效地降低处理成本,同时减少对环境的影响。由于微生物在生物浸出过程中会产生酸或碱等化学物质,因此需要对生物浸出过程进行调控,以维持适宜的 PH 值和温度等条件,以保证生物代谢的正常进行。

除此之外,还有混合化学浸出技术,它将多种化学物质混合使用,以提高浸出效率和选择性。在电子废弃物中贵金属化学回收的实际应用中,常常采用多种化学回收技术的组合使用,以提高回收效率和降低处理成本。这些化学回收技术都有其特定的优缺点,需要根据具体的情况选择合适的技术。在实际应用中,由于电子废弃物中的贵金属成分复杂、含量不同,因此需要根据贵金属的种类、含量、分布状态和形态等因素,采用不同的化学回收技术进行处理,以实现高效的回收和资源利用。

## 2. 新技术及其优缺点

### 2.1 离子液体溶剂萃取技术及其优缺点

离子液体溶剂萃取技术是一种新型的化学回收技术,其主要原理是利用特定的离子液体作为萃取剂,将废弃物中的贵金属离子选择性地萃取出来。

相比传统的溶剂萃取法,离子液体溶剂萃取技术具有很多优点。首先,离子液体溶剂萃取技术可以实现对废弃物中的贵金属高效萃取和分离,而不需要大量消耗能源。其次,离子液体溶剂萃取技术具有较好的环保性,具有较低的挥发性和毒性,不会对环境 and 人体健康造成危害<sup>[2]</sup>。

尽管离子液体溶剂萃取技术具有很多优点,但也存在一些不足之处。首先,离子液体的制备成本较高,增加了技术成本。其次,离子液体的应用范围还比较窄,需要根据不同的萃取物选择特定的离子液体。此外,离子液体的毒性和生物降解性等环境安全问题需要进一步研究和解决。

### 2.2 基于微生物的生物浸出技术及其优缺点

基于微生物的生物浸出技术是一种较为环保、节能、高效的化学回收技术。其主要优点是在不需要使用强酸和强碱等化学试剂的情况下,能够实现对金属元素的高效浸出和回收。同时,微生物浸出过程中产生的废液可以进行资源化利用,减少了废弃物的产生,从而具有较好的环保性<sup>[3]</sup>。此外,微生物浸出过程中不需要高温高压等特殊条件,节约了能源并降低了成本,具有较好的经济性。

然而,基于微生物的生物浸出技术也存在一些不足之处。首先,微生物浸出技术对微生物的要求较高,需要选择适合的微生物菌株,并调控适宜的生物浸出条件。不同的微生物菌株对于不同的金属元素有着不同的浸出效率和选择性,因此需要进行筛选和优化。其次,微生物浸出过程中存在一定的反应时间,需要耐心等待。这对于一些需要快速回收的废弃物来说可能不太适用。

### 2.3 混合化学浸出技术及其优缺点

在混合化学浸出技术中,浸出剂的选择和优化是非常重要的。不同的金属元素对浸出剂的敏感度和选择有所不同,因此需要针对具体的电子废弃物和目标金属元素进行优化<sup>[4]</sup>。除了浸出剂的选择,混合化学浸出技术中的其他参数也需要控制和优化。其中,pH值、温度和浸出时间等是非常关键的参数。不同金属元素对这些参数的敏感度不同,需要进行一定的优化,以提高回收效率和质量。

此外,混合化学浸出技术也存在一些挑战和不足。其中之一是存在浸出液的后处理问题,如废液处理和环境污染等。另外,一些重金属元素的回收效率较低,需要采用其他技术或方法进行补充。此外,混合化学浸出技术的实际应用需要考虑其经济性和可持续性等问题,包括浸出剂成本、设备维护和能源消耗等方面。

## 3. 化学回收技术应用案例分析

在研究电子废弃物中贵金属化学回收新技术时,结合实际情况进行分析是非常必要的。在实际应用中,化学回收技术需要考虑电子废弃物的种类、来源、产生量、处理方法等因素,才能更好地实现回收利用的目的。因此,对于不同的电子废弃物,需要有针对性地选择和优化化学回收技术,并结合现有的环保政策、技术条件和经济效益等方面进行综合分析。

此外,考虑到化学回收技术还存在一定的技术难点和环保风险,对于新技术的应用,也需要进行可行性评估和环境影响评价等方面的研究<sup>[5]</sup>。因此,在进行电子废弃物中贵金属化学回收新技术研究时,结合实际情况进行分析是必要的,其有助于实现技术的可行性和可持续性。

### 3.1 离子液体溶剂萃取技术在电子废弃物中的应用

离子液体是一种无色、低挥发性、高热稳定性、可回收性的液体,具有很强的溶解能力和较好的选择性,可以选择性地将金属离子从废弃物中萃取出来。例如,一项研究利用离子液体作为萃取剂,对废旧电子电路板中金、银等贵金属元素进行了高效回收。该技术具有高效、环保、经济等优点,对于提高电子废弃物的资源利用率和减少环境污染具有重要意义。

离子液体溶剂萃取技术通常包括以下步骤:首先将含有目标化合物的废弃物样品和离子液体混合,形成一种两相体系;然后对两相体系进行搅拌和震荡,使目标化合物在离子液体相中转移;最后,将离子液体相分离,通过蒸馏或其他方式将目标化合物从离子液体中回收。

下面将介绍一项基于离子液体溶剂萃取技术的电子废弃物化学回收项目。该项目由国内某大型电子企业与专业废物处理公司合作开展,旨在将该企业生产的废旧电子电路板中的贵金属元素进行高效回收,减少资源浪费和环境污染。

在该项目中,采用了一种基于离子液体溶剂萃取技术的化学回收工艺,具体步骤如下:

首先,将废旧电子电路板进行粉碎处理,使其变成颗粒状。然后,将颗粒状电路板与离子液体混合,使其充分接触。在这一步中,选用了一种能够与多种金属元素有较好亲和性的离子液体作为萃取剂,以确保高效的萃取和分离效果。接下来,对混合物进行震荡和搅拌处理,使其达到均匀的反应状态。随后,利用离心等方法将离子液体和固体颗粒物进行分离,得到含有金属元素的离子液体。

在这一步中,由于离子液体的选择性和稳定性,保证了高效的金属元素萃取和分离效果。同时,离子液体的再生性降低了成本,并使得该技术更具可持续性。最后,利用电解等方法将萃取出的金属元素进行纯化和回收,得到高品质的金属产品。同时,对离子液体进行再生和循环利用,最大限度地降低了该技术对环境的影响。

该项目的实施结果表明,基于离子液体溶剂萃取技术的电子废弃物化学回收工艺能够实现高效的金属元素萃取和分离,同时降低了成本 and 环境影响。该技术的广泛应用有助于推动电子废弃物的资源化利用和循环经济的发展。

近年来,离子液体溶剂萃取技术得到了广泛的研究和应用。例如,在电子废弃物回收领域,离子液体溶剂萃取技术可以高效地回收贵金属元素,实现电子废弃物的资源化利用。在冶金工业中,离子液体溶剂萃取技术也可以用于铜、锌等金属的萃取和分离。

### 3.2 基于微生物的生物浸出技术在电子废弃物中的应用

通过利用微生物的生物浸出技术回收废弃电子电路板中的金属元素,不仅可以降低环境污染,还可以实现资源的有效利用。生物浸出技术还具有选择性强、操作简便、成本低等优点,因此在电子废弃物的化学回收领域具有广阔的应用前景。

一项实际案例是,中国科学院福建物质结构研究所的研究团队利用微生物的生物浸出技术对废旧电子电路板中的金属元素进行回收。该团队选用了一种嗜酸菌 *Aspergillus niger*, 将其用于金、铜、镍等金属元素的生物浸出。

研究团队首先将废弃电子电路板粉碎成细小颗粒,然后将其与嗜酸菌 *Aspergillus niger* 一起培养在含有金、铜、镍等金属离子的培养基中。通过调控培养基中的溶氧量、pH 值等条件,使嗜酸菌能够将金属元素浸出到培养液中。

在经过一定时间的培养后,研究团队成功地将金、铜、镍等金属元素从废弃电子电路板中生物浸出,并获得了较高

的回收率。同时,研究团队还发现,在嗜酸菌的代谢过程中,会产生大量的硫酸根离子,这些离子可以被用于铜的浸出,实现了废物的资源化利用。

总之,基于微生物的生物浸出技术具有较好的环保性和经济性,但是在应用过程中需要注意微生物的选择和调控、反应时间等因素,并不是所有废弃物都适合采用这种技术进行回收。因此,未来需要在技术的优化和应用范围的拓展上不断进行研究和探索。

### 3.3 混合化学浸出技术在电子废弃物中的应用

混合化学浸出技术是一种复杂的技术,通常需要根据不同种类电子废弃物选择不同的浸出剂和处理方法。一些研究表明,混合化学浸出技术在处理废旧电子电路板中的铜、镍、锡、锌等金属元素时具有较高的回收效率和经济效益。

一家电子垃圾回收公司使用混合化学浸出技术处理废弃电子电路板中的金属元素。他们利用硫酸、氯化铁和过氧化氢等混合溶液对废旧电子电路板进行浸出,控制浸出液的 pH 值、温度和浸出时间等参数,以实现不同金属元素的分离和回收。通过这种方法,他们成功地从电路板中回收了铜、铝、锌等多种金属元素。

该公司利用混合化学浸出技术处理电子废弃物具有一定的优点,如处理效率高、回收率高、对环境影响小等。但同时,这种方法也存在一些缺点,如产生大量的有害废水、浸出液对设备的腐蚀性较强等。因此,在应用该技术时,需要根据具体情况选择合适的溶液配比和操作条件,以达到最佳的回收效果和环保效益。

总之,未来的研究可以探索更加环保和经济的浸出剂和处理方法,以提高金属元素回收率和品质。例如,可以研究利用生物浸出技术替代传统的化学浸出技术,以实现更加环保和经济的回收方式。另外,可以结合物理分离技术,如重力分离、磁性分离和气浮分离等,来提高金属元素的回收效率和纯度。电子废弃物中贵金属化学回收技术的研究现状是多样化和不断创新的。随着技术的不断进步和环保意识的不断提高,相信这种回收技术也将不断地更新和完善,为人类创造更多的经济和环境效益。最终,目标是实现电子废弃物的有效回收和资源化利用,以促进可持续发展和环境保护。

## 4、结论

综上所述,由于电子废弃物的不断增加和环保意识的提高,化学回收技术的研究和应用变得越来越重要。做好电子

废弃物中贵金属回收工作,就能够缓解环境压力。贵金属回收技术越先进,质量越高,就能更好的提升电子废弃物中贵金属的回收率。未来,还需要进一步加强对这些技术的研究和应用,为实现电子废弃物的高效化学回收和资源化利用贡献更多力量。

#### 参考文献:

[1]张宇新,寇珏,刘子源,孙春宝.咪唑基氰酸盐离子液体溶金性能及其对电子废弃物中贵金属溶出的应用研究[J].有色金属(选矿部分),2023(02):150-160.

[2]黄采薇,高雨婷,姜薇,杨鹏,魏灵灵.新创综合化学实验:

利用 NBS-Py 体系从电子废弃物中提取单质金[J].化学教育(中英文),2023,44(04):54-60.

[3]王家圆,郭军康,张蕾,郭瑾,刘甜.离子-有机溶剂复合体系对电子废弃物中贵金属回收研究[J].应用化工,2023,52(01):96-101.

[4]傅鹏,朱楼颖,曹寒冰,李耀然.基于环境友好背景下电子废弃物回收模式、经验及对策研究[J].经营与管理,2022(10):130-135.

[5]李庆龄,董瑞华.电子废弃物中贵金属化学回收新技术研究[J].世界有色金属,2021(19):223-224.