

# 电子废弃物金属回收技术

徐文俊

湖北大江环保科技股份有限公司 湖北省黄石市 435005

**摘要:**人们把那些富含锂、钛、黄金、铜、银、钴和钨等稀有金属的废旧电脑、通信设备、家用电器,以及被淘汰的精密电子仪器仪表等电子废弃物称为“城市矿产”。目前世界主要有色金属产量中,来自于资源回收再利用的比例均超过了30%。我国“城市矿产”的回收率明显偏低,如钴镍资源的回收率仅为20%左右。因此,本文围绕回收处理技术来处理电子废弃物。

**关键词:**电子废弃物;金属;回收

## 引言:

加强对各类固体废弃物(城市生活垃圾、工业固废、医疗和电子危废、污水污泥等)的无害化、减量化和资源化处理是“十二五”国家环保事业和环保产业发展的主要内容之一,也是关系到坚持科学发展观,推进循环经济和建设和谐社会的重要任务。在当今信息化的社会里,随着电子工业的飞速发展,各类电子产品的用量越来越多,而伴随着产品的不断更新换代,电子固体废弃物也越来越多,目前已经成为导致自然环境恶化的重要因素之一,已经引起了各国政府的密切关注,因此,对电子固体废弃物的资源化研究在目前的形势下显得尤为重要。

电子固体废弃物包括废旧手机、电脑、电视机、空调、冰箱、打印机、复印机、数码摄像机、数码相机、VCD、DVD、音响设备等以及此类产品生产过程中产生的半成品、原材料等。它具有鲜明的二重性,一方面是全球电子固体废弃物数量增长速度惊人而且由于其元器件中含有铅(Pb)、汞(Hg)、镉(Cd)、六价铬(Cr<sup>6+</sup>)、多溴苯酚(PBB)和多溴苯醚(PBDE)等有害物质,如果处置不当会对环境造成严重危害;另一方面是其元器件中含有铜(Cu)、铝(Al)、银(Ag)、金(Au)等有用金属和贵金属,以及玻璃、塑料等,如果能加以回收,又是有意义的资源再生,因此有人称数量巨大的电子垃圾是“城市矿山”。

## 一、电子废弃物中金属回收技术研究现状

目前,从电子废弃物中回收金属的技术可以大概分

为:机械处理技术、热处理技术、湿法冶金技术及生物处理技术等4种。

### 1.1 机械处理技术

机械处理技术是发展历史最悠久的、从电子废弃物中回收金属的技术,该技术主要由破碎和机械分选两部分组成。

破碎是通过外力破坏废物内部的凝聚力和分子间作用力使其破裂变碎的过程。研究发现,废物破碎粒径达到0.6mm时金属基本上可达到100%的解离。

机械分选是根据粉碎物料中各组成物质的物理特性的差异性,采用重选、磁选、电选、涡流分选等分选技术来进行各个组分的分离富集,从而达到回收金属的目的。在应用中,为了更有效地分离、回收金属,往往采用破碎技术与多种分选技术的组合方式。日本NEC公司采用两段破碎—旋风分离—静电分选工艺,从废旧电路板中回收铜,在回收的铜粉中,铜的含量约为82%,铜回收率达到97%以上<sup>[1]</sup>。

机械物理技术能够有效地分离电子废弃物中的金属和非金属,使其中的有价金属能得到充分的富集,从而最大限度地将其回收,而且在回收处理过程中二次污染小,成本低廉<sup>[2]</sup>。

### 1.2 热处理技术

#### 1.2.1 火法冶金

火法冶金是最早应用于电子废弃物中提取金属的工艺技术,其基本流程是通过高温手段使电子废弃物中金属和非金属相互分离,但自20世纪90年代以来,由于电子科技的高速发展和贵金属资源的供求矛盾日益凸显,贵金属在电子产品中的含量不断降低,采用该技术来回收电子废弃物中的贵金属而获得的利润日渐微薄,而且技术本身也存在二次污染严重、铜以外的其它基本金属

**作者简介:**徐文俊,出生年份:1985,籍贯:鄂州,民族:汉,性别:女,学历:本科,职称:中级,毕业院校:湖北大学知行学院,研究方向:废弃资源综合回收。

回收率低等缺点,因此该技术已逐渐被淘汰<sup>[3]</sup>。

### 1.2.2 热解处理

热解是在20世纪70年代初期开始应用于固体废弃物的资源化处理,是普遍公认回收废塑料等有机物的最佳办法,但因其同时也能够从废弃物中回收金属富集体,因此,可作为电子废弃物中金属回收技术。该技术的基本原理是在缺氧或无氧条件下将电子废弃物加热至一定的温度,使其中的有机废物分解而与金属分离,从而达到回收金属富集体的目的。目前该技术的研发多处在实验室阶段,尚未见到有关可投入商业运作的报道<sup>[4]</sup>。

### 1.3 湿法冶金技术

湿法冶金技术的基本原理是将破碎后的电子废弃物颗粒置于水溶液介质中,通过化学或物理化学作用来提取目标金属。近几年,科技人员正尝试使用低毒性、低腐蚀性的试剂来回收电子废弃物中的金属。

采用硝酸-王水湿法冶金工艺从废电路板中回收银和钯,回收率分别为99%和96%,其中回收的钯的纯度高达99.8%。朱萍等以硫酸和过氧化氢作为反应试剂进行了从印刷电路板废料中回收金和铜的研究,试验结果显示,金的剥离率为98.75%,而铜的回收率达到99.43%。

湿法冶金技术既可回收稀贵金属又可回收除铜以外的其它金属(如铅和锡),具有金属回收率高、可获得高纯度的金属单质等优点,而且该技术未来的研究趋势应是采用环境友好的试剂作为浸出剂或在整个回收工艺过程中考虑循环使用浸出试剂,以符合日趋严格的环保要求<sup>[5]</sup>。

### 1.4 生物技术

人类对生物技术的研究与利用已经有几百年的历史了,但被应用于回收电子废弃物中的金属的研究却是从20世纪80年代才开始,其基本原理是利用某种微生物或其代谢产物与电子废弃物中的金属相互作用,产生氧化、还原、溶解、吸附等反应,从而实现回收其中的有价金属。

采用硫杆菌、氧化铁硫杆菌、黑曲霉、青霉菌等细菌对机械处理过程中产生的粉尘或微细颗粒(<0.5mm)中的金属进行浸出试验研究,实验结果表明:当细菌和真菌在培养基中的浓度大于10g/l时,65%的铜和锡被浸出,95%以上的铝、镍、铅锌也同时被浸出;当细菌和真菌在培养基中的浓度在5~10g/l时,利用已驯化好的硫杆菌可使废物中铜、镍和铝的浸出率达到90%以上,并且使得其中的铅和锡分别转化为硫酸铅、氧化锡沉淀。

## 二、从电子废弃物中回收金属的各种技术之比较

现将上述4种回收技术分别从工艺特点、环境影响、金属回收率、回收的金属产品特点、经济成本等5个方面来进行综合对比分析:

### 2.1 工艺特点方面

机械处理技术工艺简单,容易规模化,而且产生的二次污染相对较小,迎合了商业发展和环保的需求,但由于废物中各组分不同的物理特性的重叠而无法实现金属之间的完全解离;热处理技术适合大批量的回收处理各种电子废弃物,在富集回收金属含量低的废物中金属方面具有良好的效果;湿法冶金方法工艺流程较为复杂,化学试剂耗量大且易腐蚀设备并对操作者的人身安全构成威胁,但金属回收率较高;生物技术工艺简单,而且在回收金属的过程中具有安全、清洁、高效的特点<sup>[6]</sup>。

### 2.2 环境影响

除了生物技术在金属回收过程中产生负面的环境影响最小外,其余3种技术均有能耗大、产生二次污染的特点,尤其热处理技术和湿法冶金技术为甚。因此在这3种技术的研发设计过程中,应考虑技术的环境友好的功能,使其在提高金属回收率,降低成本的同时对环境的压力也最小化,实现经济效益与环境效益的双赢。

### 2.3 金属产品回收率

热处理法因在高温作用下容易使电子废弃物中的低沸点金属挥发或浮渣等杂质带出金属导致金属总体回收率较之其它3种方法为低。但从总体上来看,目前上述各种技术对废物中金属的回收率仍然较低,亟待改善。

### 2.4 回收的金属产品特点

机械处理技术与热处理技术从电子废弃物中获得的不是最终的金属产品,而是两种或两种以上金属元素混合的富集体,但采用湿法冶金技术和生物技术都可从中获得纯度较高的最终的金属单质或其化合物。因此,前两者可作为电子废弃物中金属回收系统的前期处理技术,即废物的预处理技术,以提高后段回收系统的金属回收率,降低回收成本;而后两者则可作为回收系统的后期处理技术,回收最终的金属产品<sup>[7]</sup>。

### 2.5 经济成本

前3种技术因设备购置和运行维护、污染治理等费用的投入使它们具有投资较大的特点,而生物技术因设备简单,且在回收过程中耗能低、二次污染小,因而具有成本低廉、环境友好的优点,具有很大的发展潜力,但由于目前已知可利用的菌种相当有限,而且已知的菌种既难培养又不易放大,并具有生产周期过长的缺点。

因此,该技术距离工业生产应用仍然有一定的距离。综上所述,以上技术虽然拥有诸多优点,但是目前大部分技术仍存在金属总体收率低、能耗大、成本高、污染严重等不足,因而还存在很大的发展空间。生物技术用于回收电子废弃物中金属具有投资省、回收效率高和环保等优点,符合当今经济和环境双赢的时代要求,具有巨大的潜力和广阔的前景,但目前尚未见到国内有关利用生物技术从电子废弃物中回收金属的报道,因此,我们应对此技术投入更多的精力。

### 三、结束语

电子废弃物是一种既特殊又宝贵的资源,加强电子废弃物中金属回收技术的研究和应用,无论从经济还是环境的角度来看,均具有重大意义。随着电子产品中贵金属含量日益减少、基本金属含量不断增加以及资源匮乏日益凸显,实现电子废弃物中有价金属的全部回收已成为未来的发展趋势。

随着人类对二次资源利用及环境保护的日益重视,对电子废弃物中金属回收技术的研发已不再单纯地追求效率,而是更多地兼顾环境友好功能。因此,开发经济有效、环境友好的电子废弃物中金属回收技术是当前这一领域研究的热点和焦点。

由于电子废弃物具有复杂性、多样性等特点,单凭上述任一技术均难清洁、经济、高效地获得高纯度的金属产品。因此,应当通过适当的选择各种技术进行合理

地交叉配合,组成一个各种技术相互协调的最优化回收系统,使系统中每一种技术均能充分发挥各自的优势而避免其短处,实现高效清洁地回收高纯度的金属产品。

我国对电子废弃物中金属回收技术的研究起步较晚,而且资金投入不足,与发达国家相比,还有很大的差距,因此,政府应对这一领域的研究给予政策支持和加大研究资金的投入,并加强对技术的鉴定和知识产权的保护,提高科研工作者积极性,促进回收技术不断发展创新,从而实现经济增长和环境保护的协调发展。

### 参考文献:

- [1]王一鹏.废弃线路板中金属的强化重力分选研究[D].中国矿业大学,2019.
- [2]黄祥浩.湿法冶金提取废弃电脑线路板中金的研究[D].武汉科技大学,2019.
- [3]赵旭远.电子废弃物中含锑、溴阻燃塑料的水热处理研究[D].华东师范大学,2019.
- [4]李欢.消费者电子废弃物回收行为实证研究[D].西南科技大学,2019.
- [5]王金龙.基于微波预处理的泡沫浮选法分离电子废弃物塑料的实验研究[D].长安大学,2019.
- [6]于洋.基于系统动力学的电子废弃物回收模式对比研究[D].北京交通大学,2019.
- [7]薛赛利.我国电子废弃物处理法律制度研究[D].甘肃政法学院,2019.

