

废旧电路板中铜的综合利用方法进展^{*}

曹进成^{1,2}, 刘磊¹, 韩跃新²

(1. 中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所, 河南 郑州, 450006; 2. 东北大学, 辽宁 沈阳, 110819)

摘要:介绍了废旧电路板资源化利用常采用的分离、提纯方法, 重点阐述了较为环保的废旧电路板中铜的资源化利用途径, 指出了拆解—剪切式破碎解离—摇床分选—火法冶炼是一种较为环保、经济的处理手段, 此方法为目前废旧电路板合理开发和环保化利用提供了很好的发展方向。

关键词:废旧电路板; 资源化; 铜; 物理拆解; 摇床; 冶炼

中图分类号: X76 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2014)04-0051-03

DOI: 10.13779/j.issn.1001-0076.2014.04.012

Progress of Copper-recovering from Waste Printed Circuit Boards

CAO Jin-cheng^{1,2}, LIU Lei¹, HAN Yue-xin²

(1 Zhengzhou Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Zhengzhou 450006, China; 2 Northeastern University, Shenyang 450006, Liaoning, China)

Abstract: Separation and purification methods for the waste printed circuit boards were briefed and an eco-friendly method for copper was stated in this paper. In this study, the circuit boards were handled in laboratory by physical dismantling, shear force breaking dissociation, shaking table sorting and pyrometallurgy process which was environmental and economical. The results developed rational and eco-friendly method for utilization of waste printed circuit boards.

Key words: waste printed circuit boards; recycling; copper; physical dismantling; shaking table; smelt

印刷电路板广泛应用于计算机、手机、电视机、冰箱及其他消费类电子产品中。随着我国工业和信息化程度的提高, 电路板的产出和淘汰都呈现一种巨量、显著增长态势, 来自发改委的数据显示, 富含电路板的家电年淘汰量超过5 000万台, 年均增长大概20%。这些废旧电路板中富含铜、锡、铁、铝、镍、金等有用元素, 这些有价值元素的丰度较自然界自然赋存的丰度高许多。因此, 如何促进这些“二次资源”生态化、资源化利用是关系到环境容量及经

济可持续发展的大问题。

1 电路板结构特性分析

电路板的母板是电子元器件装载的基板, 既要实现布线功能又要满足承载元器件的功能, 母板需要有一定的硬度及电气特性。根据电路板的作用不同在母板上处理成不同的线路, 再根据不同的功能在板上布置不同的元器件(见图1、2)。

* 收稿日期: 2014-06-12; 修回日期: 2014-07-26

基金项目: 河南省重点科技攻关计划(编号: 112102310097)

作者简介: 曹进成(1980年-), 男, 河南信阳人, 在读博士研究生, 工程师, 主要从事矿产资源综合利用及规划研究工作。

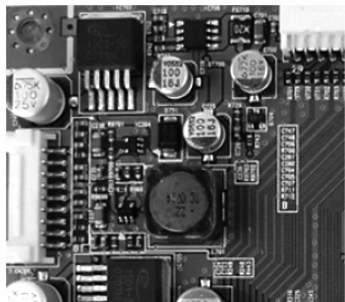


图1 含元器件的电路板(三星 206bw 主板)

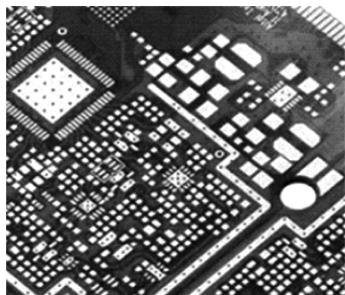


图2 电路板裸板(网络截图)

电路板材料及功能决定了电路板中富含铜等
 有价金属,常见的废旧电路板主要含量如见表 1。

表 1 常见的废旧电路板主要含量					/%
材料	某研究材料 1 ^[1]	某研究材料 2 ^[2]	某研究材料 3 ^[3]	某研究材料 4 ^[4]	某研究材料 5 ^[2]
铁	5.30	28	7.50	7.70	5
铜	26.89	10	23.70	8.93	13
铝	4.70	10	—	2.70	1
塑料(纤维)	28.26	未知	49.80	0.85 ~ 1.39	未知
金*	80	20	83	未知	350
其它	34.85	未知	18.92	10	未知
总计	100	100	100	100	100

注:“*”单位为 g/t.

2 电路板中电子元器件的拆解方式

电路板拆解是为了分离电路板上电阻电容等
 器件,除对电子元器件引脚用刀具物理切割外,常用的
 有热风枪、电阻炉、红外线、超声波、激光等使焊锡
 受热融化,再辅以外力将电子元器件脱离。Yihui
 Zhou 等先加热电路板,然后通过离心力将熔融焊料
 回收;日本 NEC 公司通过红外线加热和两级除去
 的方式将元器件脱落,从而达到拆解元器件的目的^[5]。
 Feldman K 等^[6]采用浴洗或热空气加热等方法溶化
 焊锡,再用真空夹或机器人拆除线路板表面

元器件。

3 机械粉碎的方式及粉碎效果

电路板裸板一般都是平板状,而且富含玻璃纤
 维和铜等材料,其韧性和硬度较高,很难利用常规碎
 磨设备将其粉碎。实验室中一般采用剪切式破碎机
 或冲击式破碎机将其破碎。剪切式粉碎机主要通过
 高速旋转刀具在短时间内促进电路板中金属与非金
 属的破碎,达到合适粒度后金属、非金属解离,破碎
 后的玻璃纤维呈针状,金属颗粒呈片状或米粒状居
 多。冲击式破碎主要是利用物料高速撞击产生粉
 碎。

路迈西教授课题组^[7]采用 ZKB 剪切式破碎机
 处理废旧电路板,发现破碎到 1.2 mm 时废旧主板
 可以解离,铜主要富集在 0.50 ~ 0.25 mm 和 0.250
 ~ 0.125 mm 这两个粒级中。

徐敏博士^[8]采用锤式粉碎机在实验室中试验
 非金属基板与金属的破碎和解离,发现粉碎机出料
 粒度为 2.0 mm 时,线路板中近 80% 的金属集中在
 0.125 ~ 1.0 mm 粒级中,且主要金属集中在 0.80
 mm 以下基本解离。

苑仁财等^[9]在实验室中采用微型高速万能粉
 碎机处理废旧电路板,发现粒度小于 0.45 mm 时金
 属与非金属完全解离。

线路板的破碎程度决定了金属与非金属的解离
 程度,关系到铜等有价金属的品位和回收率,如何达
 到最佳解离时能耗较小、环境污染较小,关键在与设
 备的选型及工艺的配置。

4 电路板中铜的回收利用方法分析

分选就是利用各组分的物理、化学性质差异将
 物料中不同的成分或组分进行分离,电路板中铜等
 有价元素的回收利用,主要根据其密度、粒度、表面
 特性、电磁特性、化学特性等与电路板母板的不同,
 实现两者之间的分离,抛开化学手段,常用的物理方
 法为摇床分选、高压静电分选、脉动气流分选、溜槽
 分选、磁选及浮选等,摇床分选和高压静电分选工
 艺研究较多,在实际应用中常采用溜槽—摇床、磁选
 等联合工艺进行铜的回收。

徐敏等^[8]在实验室中采用气流分选,通过分级
 后各粒级分别分选,除细粒级(0.125 mm 及其以下
 部分),其他粒级控制合适的气流速度都可以获得

55%~70%的粗铜米,且铜的回收率超过95%。

李静等^[10]在实验室中采用摇床分选分选富含铜的电路板细料,物料经初次破碎后采用振动磨破碎,在粉碎时间5 min时,1 mm以下的物料质量占90%,经过摇床分选,可以获得含铜56.05%、回收率99.67%的粗铜米。

马国军等^[4]采用磁选和重选联合的工艺回收电路板中铜等金属,其铜、铁、铅、锌、镍和锡的回收率分别达到80%、100%、65%、75%、88%和56%。

实验室中利用高速剪切式粉碎、摇床重选验证,可以获得含铜55%左右的粗铜米,说明采用该工艺铜与非金属矿解离程度较高。对粗铜米采用振动磨样机磨样再选,即可获得含铜91%左右的精铜米(见图3、4)。

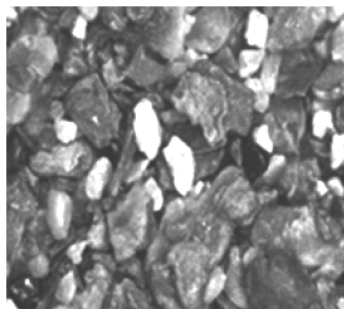


图3 含铜55%左右的粗铜米

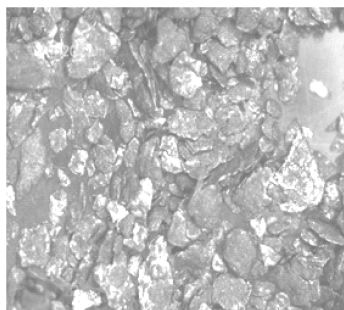


图4 含铜91%左右的精铜米

采用摇床等物理选矿富集的工艺流程较为简单,成本较低,容易规模化,二次污染不大,能耗低,分离效果较好,符合环保和资源化的需要,可作为电路板中金属元素富集的一种良好手段。

5 精铜米的冶炼

经过阶段破碎和分选富集,精铜米中铜品位达到85%~95%,且呈颗粒状,铜米中夹杂的有机物

越多,冶炼时产生有害气体越多,后续处理越复杂,火法冶炼的要求是铜的纯度越高越好,一般要求是铜的品位大于90%,此时有机物的含量较低。

在实验室中利用精铜米采用一段法火法工艺生产阳极铜,经过熔炼渣系的选择、粘结剂的选用、压团料成分配比选择、熔炼温度、保温时间等条件试验,选择了石灰造渣、熔炼温度控制在1 300~1 350℃等优化条件,可以获得含铜99%,冶炼回收率99%左右的阳极铜。

6 结语

(1)拆解—剪切式破碎解离—摇床分选—火法冶炼在废旧电路板资源化处置中是一种较为环保、经济的处理手段,值得进一步研究和推广。

(2)高速剪切式破碎是一种很好的手段。试验中尾矿99%以上都是纤维等非金属矿成分,金属含量较低,这部分非金属成分破碎后呈蓬松状态,其有待进一步的研究和合理利用。

参考文献:

- [1] 任彦斌,夏志东,等.废弃印刷电路板回收处理技术简析[J].家电科技,2004(9):61.
- [2] 刘旻,刘静欣,等.电子废弃物处理技术研究进展[J].金属材料与冶金工程,2014,42(2):44-49.
- [3] 王舒婷,刘建利,等.废印刷线路板回收处理技术研究[J].广东化工,2011,38(10):96,102-103.
- [4] 马国军,刘洋,等.采用磁选和重选回收废旧电路板中的金属[J].武汉科技大学学报,32(3):296-299.
- [5] 赵英.废弃印刷线路板资源化回收处理的研究进展[J].资源与环境,2013(10):171-172.
- [6] Feldmann K, Schellerh. Disassembly of electronic products [C]//ENNIS B. Proceedings of 1994 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment. New York, USA: Ieee Computer Society Press, 1994: 81-86.
- [7] 路迈西,周翠红,等.用机械处理废旧印刷电路板的研究[J].环境污染与防治,2004(5):1-4.
- [8] 徐敏.废弃印刷线路板的资源化回收技术研究[D].上海:同济大学,2008.
- [9] 苑仁财,李桂春,等.废旧印刷线路板粉碎及浮选分离[J].中国粉体技术,2012,18(3):66-68.
- [10] 李静.从废旧印刷电路板中回收铜并制备超细铜粉新工艺研究[D].长沙:中南大学,2012.