

空调换热器的机械物理法回收工艺研究*

黄娇红

(合肥工业大学 机械与汽车工程学院,合肥 230009)

Research of mechanical & physical recycling process on heat exchanger in air-conditioner

HUANG Jiao-hong

(School of Mechanical & Automotive Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

【摘要】通过对废弃空调换热器中可回收材料的深入研究,提出了一种对空调换热器中铜材和铝材进行有效回收和分离的方法。该方法利用铜、铝材料之间机械性能的差异,采用对辊装置对换热器进行辊轧,以提高铜、铝材料之间的可分离性。对辊轧后的换热器进行破碎、分离和分类即可回收高品质的铜和铝。该处理工艺环保性能好,易于实现自动化操作,适合空调换热器的大批量回收。

关键词 换热器 空调 铜 铝 分离 回收

【Abstract】After detailed study of recoverable materials in heat exchangers included in a post-use air conditioner, an efficient separating method has been presented to recycle copper and aluminum which are component materials of the heat exchangers. In this separating method, the heat exchangers are treated by a rolling machine to enhance the separability through utilizing the difference of mechanical characteristics between copper and aluminum, and then the products are crushed, separated and classified to recover high quality copper and aluminum. This technology has advantage of environmental protection, is easy to realize automation and is suitable for batch recycling of heat exchangers in air-conditioner.

Key words Heat exchanger Air-conditioner Copper Aluminium Separation Recycle

中图分类号:TH16, TB31, TM925.12 文献标识码:A

1 引言

随着我国经济的快速增长,空调器的淘汰率逐年攀升。如何对空调器中的换热器进行高速有效的回收已成为一个热点问题。欧、美、日等发达国家对空调器中的换热器不单独进行回收,直接将空调器整体破碎后再进行多级分选。这种方法的优点是节省劳动力成本,自动化程度高,但是设备费用高,破碎机功耗大、噪音大、磨损快,而且分离出的材料纯度不高,粉碎过程中产生的烟尘也容易造成空气污染。

我国对换热器的回收基本采用人工方式,使用手锤、扁铲、钢锯、剪刀、手持切割机等简单的工具进行手工拆解。金属材料的分离纯度虽然可以达到100%,但是劳动强度大,工作环境恶劣,效率低下,操作不慎,还容易出现事故,不能满足空调批量回收的

需要。

中国专利 CN2801309Y、CN201127946Y 和 CN101450348A 均对空调换热器的材料回收进行了研究,并分别提出了各自的分离装置^[1-3]。

但是所提方案都有很大局限性,没有充分考虑空调换热器的结构多样性,不具备实用性,不适合批量回收。

上述现有技术中,人工分离的方法效率低,整体分离的设备成本高,分离的材料纯度低。为此,提出一种能对空调换热器进行高纯、高效回收的方法——机械物理法。该方法主要包括:预处理、切割、挤压、辊轧、破碎、振动分选、风力分选等步骤,利用组成换热器的铜、铝两种金属机械性能和密度的差异来进行有效的分离。

*来稿日期:2010-06-25 *基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAF02A17)

6 总结

根据检测对象(圆柱)的网格形式,提出一种基于三角网格模型的圆度在线检测方。首先对检测路径进行测量路径设计,求出测点的矢量,以解决测头半径补偿的问题。然后利用最小二乘法,计算圆柱测量截面的圆度误差。最后通过对在线检测实验所得出的10组数据进行分析,其均差为0.0357mm,协方差为0.0013mm,然后与CMM检测的结果(均差为0.0257mm,协方差为0.0022mm)做比较,实验结果得出该方法所得出的圆度误差很接近CMM检测的结果,所以该方法可应用于实际的圆度在线检测。

参考文献

- 1 邓三鹏,方沂,张永丹,柏占伟.数控机床在线检测软件的开发[J].机械设计与制造,2006(1):153~155
- 2 吴新杰,陶崇娥.基于混沌和蚁群算法测量圆度误差[J].辽宁大学学报,2006(1):11~13
- 3 北京FANUC.BEIJING-FANUC 0i-MA 系统操作说明书,2005
- 4 陈明娟.加工中心在线检测关键技术研究及软件开发[D].天津大学学报,2000
- 5 诸进才,高健,陈新.面向自由曲面零件的在线检测技术研究现状[J].机床与液压,2007(8):218~222
- 6 T.R.Kramer, H.H. E.Mession, F.M.Proctor, H.Scott. A feature-based inspection and machining system[J]. Computer-Aided Design, 2001(33): 653~669

2 换热器的构型及材料组成

空调的制冷/制热循环系统一般由压缩机、冷凝器、节流阀、蒸发器等部件组成,其中蒸发器和冷凝器统称为换热器,分布在室内机和室外机,主要由铜管和铝翅片组合制成^[4]。换热器按传热面的形状和结构来分,有管式换热器、板式换热器以及特殊形式的换热器等,其中管式换热器应用最广。




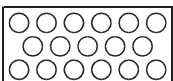
空调换热器主要就是管式换热器,其中家用空调器主要是翅片管式换热器。所述的换热器均指翅片管式换热器。换热器的主要组成部分是铝翅片和铜管,铝翅片外沿两端是作为安装支架的铁片。

铜管在换热器中的布置状态有三种:平板形、L形和U形。如图1所示为L形单层换热器的结构。如表1所示,列出了铜管与铝翅片的三种结合方式。在换热器的成形过程中,通常将铜管弯成U形,U形管口再与半圆管焊接,铜管穿过薄铝片制成的肋片(铝翅片),采用胀管技术将铜管膨胀,使铜管与铝翅片紧密接触,且相互垂直固定^[5]。

空调器的材料主要包括钢材、铜材、铝材和塑料,其中铜材主要分布在冷媒管路,即压缩机和换热器之间的管路通道,铝材主要集中在换热器,即铝翅片。

资料显示,分体壁挂式空调器中铜材的质量占空调器总质量的(16~20)%,铝材的质量占总质量的7.8~9.7%,分体立式空调铜材的质量占空调器总质量的(64.3~70.1)%,铝材质量占空调器总质量的(11.3~15.1)%^[6]。因此可以说,换热器集中了空调器中的全部铝材和绝大部分铜材。

表1 空调换热器的类型

换热器的种类	换热器的形状	换热器的截面示意图	
室外机中的换热器	U形换热器		单层管
	平板形换热器		双层管
	L形换热器 其它类型		双层管
室内机中的换热器	U形换热器 平板形换热器 其它类型		三层管

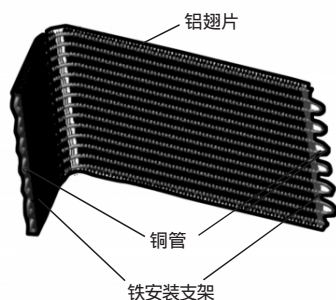


图1 L形换热器结构简图

3 换热器的机械物理法回收工艺

机械物理法是根据材料间物理特性的差异,包括密度、导电性、磁性、表面特性等进行分选的手段。机械物理法是回收各种废

旧电子电器设备经常采用的方法,该方法可以使电子废弃物中的有价值物质充分地富集,减少后续处理的难度,环保容易达标。

与其它回收方法,如火法、湿法相比,其主要优点在于污染小、成本低,且可对电子废弃物中的金属和非金属进行综合回收利用^[8-9]。

从废弃空调器中拆卸下来的换热器,首先要进行检测,对于可重用的,经过适当处理后可投入二级市场;对于不可重用的则进行材料回收,采用一定的方法分离其中的铜和铝等材料。采用机械物理法对换热器材料进行回收,主要工序有:预处理、切割、挤压、辊轧、破碎、振动分选和风力分选。

机械物理法简单的处理流程,如图2所示。详细的回收工艺如图3所示。

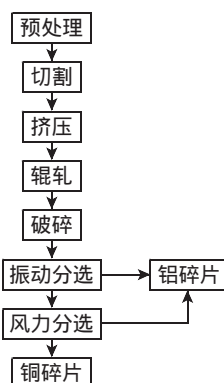


图2 机械物理法回收流程简图

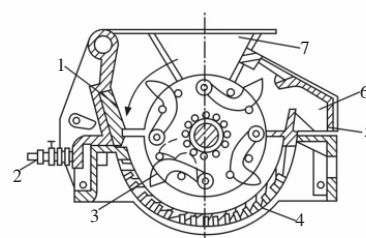


图3 破碎机结构简图

1.衬板 2.弹簧 3.钩形锤 4.筛条
5.小门 6.非破碎物收集区 7.进料口

3.1 预处理

预处理工作主要包括换热器形状的改变和铁件的去除。换热器的形状有U形、L形和平板形,预处理之后的工序都是针对平板形进行的,因此需要将U形或L形的换热器进行形状的改变。对于U形结构,首先采用切割机从中间切开,使其变成L形;而对于L形的结构,则利用压力机将其压成平板形,最后,对于平板形的换热器,再使用切割机将其两端或者一端的铁连接件切除,剩下的铜、铝部分有待后续分离。如图4所示。

3.2 切割

利用切割机将大块平板形的换热器切割成多个方形的小块,以利于后续流程的处理。其中小块的尺寸取决于3.4中中轧辊装置辊子的大小。

3.3 挤压

将上述切割所得的方形小块使用压力机进行挤压,挤压的目的在于使换热器能顺利进入下道工序的轧辊装置。为了提高效率,可以只对换热器的一边进行挤压,但挤压完的厚度应保证在轧轧时能够顺利被咬入。另外,挤压时要沿着铜管的轴线方向送料。

3.4 辊轧

采用轧辊装置对经压力机挤压的换热器进行辊轧,用以减薄换热器的厚度,同时减小铜管和铝翅片之间的结合力,以利于下道工序的破碎。

需要注意的是,换热器应该沿着铜管的轴线方向进入轧辊中,这样才能保证铜管在被压扁的同时,与铝翅片产生容易剥离

的效果,减小二者的结合力。因此,在辊轧之前最好布置一个旋转工作台,对需要调向的换热器在进入轧辊之前进行调向操作。

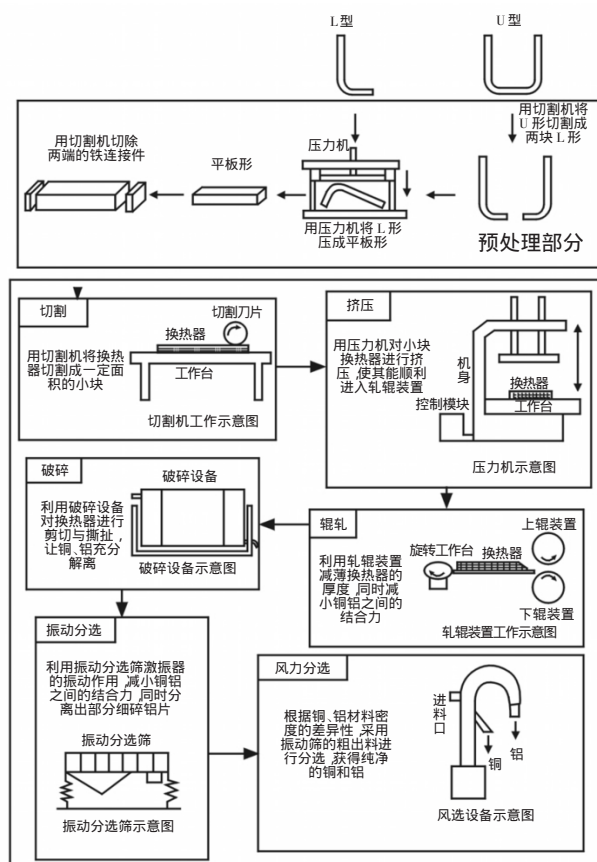


图4 预处理及各环节转换图

3.5 破碎

小块的换热器经挤压和辊轧后,铜、铝之间的结合力显著下降。此时,如图3所示,采用破碎机对辊轧后的小块换热器进行撕扯式的破碎操作。

该破碎工序并不要求把小块换热器粉碎成颗粒状,其目的在于:

- (1)将铜管从铝翅片中彻底解离出来;
- (2)将铝翅片剪切、撕扯成不会缠绕在一起的铝碎片。这样做的目的是为后面的风选工序做准备。

如图3所示,破碎机的锤杆3做成钩形,对薄而多孔的铝翅片施加剪切力与撕扯力,使铝翅片得到破碎。而铜管在前面工序已经被轧扁,轧扁的铜管具有较高的抗拉和抗剪强度,在破碎过程中不会被钩形锤杆剪破、打碎。最终,两种材料由于机械性能的显著差异而被解离。

需要注意的是,破碎时的转速不宜过高。如图3所示,破碎后由筛条4落下的料,包括一段段纯净的扁铜管以及高纯的铝碎片。更换筛条4,即可获得所要求大小的出料。

3.6 振动分选

小块换热器经破碎后的出料,由传送带送到振动分选筛,进行第一次分选—振动分选。振动分选的目的有两个:

- 一是通过高频振动,将尚未完全剥离的铜管和铝片,以及缠

绕在一起的团状铝片进行彻底解离;

二是分离出6mm见方以下的铝碎片细料,而段状的扁铜管因为尺寸超过6mm见方,与大块的铝片则成为振动分选筛的粗出料。

3.7 风力分选

对于振动分选所产生的粗出料,再进行第二次分选—风力分选。风力分选是基于铜、铝材料密度的显著差异来进行的。振动分选后的出料中,段状扁铜管的单体质量显然远大于片状的铝材。经过风力分选器时,密度小的铝碎片轻易地被引风吸走,密度大的段状扁铜管则沉到底部,从而实现铜、铝材料的彻底分离^[10]。

4 结论

在介绍了换热器构型及材料组成的基础上,提出了一种空调换热器的回收处理方法,即机械物理法回收工艺。

包括对换热器进行预处理、切割、挤压、辊轧、破碎、振动分选、风力分选等过程。

与其它回收换热器的工艺相比,该方法具有一定的实用性,且不会产生废渣、废气与废液,环境效益好,属于绿色环保型的回收工艺。该工艺易于实现自动化操作,设备之间可使用传送带输送物料,尤其适合大批量回收换热器的任务。

参考文献

- 1 唐连荣. 换热器铜铝分离装置[P]. 国专利: CN2801309Y, 2006.8(2)
- 2 尹凤福, 王海龙等. 换热器铜铝分离装置[P]. 中国专利: CN201127946Y, 2008.10(8)
- 3 赵春云. 空调器原理、安装及维修实用技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006(4): 13~15
- 4 林雅峰. 浅谈管壳式换热器的制造工艺方法[EB/OL]. <http://articles.e-works.net.cn/process/Article66784.htm>.
- 5 李兆坚, 江亿. 我国房间空调器材料资源消耗状况分析[J]. 暖通空调HV&AC, 2007, 37(3): 25~30
- 6 尹凤福, 王海龙等. 换热器铜铝分离装置[P]. 中国专利: CN101450348A, 2009.6(10)
- 7 Jirang Cui, Eric Forssberg. Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review[J]. Journal of Hazardous Materials, 2003, 99: 243~263
- 8 P. Gramatyka, R. Nowosielski, P. Sakiewicz et al. Recycling of waste electrical and electronic equipment. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2007, 1(20): 535~538
- 9 何亚群, 段晨龙等. 电子废弃物资源化处理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006(9): 206~210
- 10 MBotsh R, Kohnlechner. Electrostatic separation and its industrial application for the processing of different mixtures of recycling materials, in Hvon Blottnize (Eds). Proceedings of the XX International Mineral Processing Congress vol 5, Aachen GDMB Clausthal-Zellerfeld Germany, 1997: 297~306
- 11 Chang-Lin Yeh, Y.-S.L. Jenq-Dah Wu. Dynamic Analysis of Wirebonding Process on Cullow-K Wafers. Electronics Packaging Technology Conference [J]. 2003(4): 282~286
- 12 K Sugimoto, J. Duffy. Analysis of five-degree-of-freedom robot arms. Transaction on ASME Journal of Mechanical Transmission and Automatic, 1983
- 13 R. Manseur, K.L. Doty. A complete kinematic analysis of four-revolute-axis robot manipulators. Mechanical and Machine Theory, 1992