

И.Э. Мирович, зав. сектором, к.т.н.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОПРОБОВАНИЯ ЛОМА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

*Донецкий государственный научно-исследовательский и проектный институт
цветных металлов*

Розглянуто технологічні прийоми випробовування брухту радіоелектронної апаратури з метою оцінки вмісту дорогоцінних металів в ньому, що є необхідною для вибору технології подальшої переробки брухту

Рассмотрены технологические приемы опробования лома радиоэлектронной аппаратуры с целью оценки содержания драгоценных металлов в нем, необходимой для выбора технологии дальнейшей переработки лома

Лом радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) относится к сложному многокомпонентному виду сырья, использование которого в качестве вторичного сырья постоянно возрастает во всех странах мира.

В последние годы в Украине и других странах СНГ образовался огромный парк оборудования и техники, подлежащих утилизации. Кроме того, электронный лом является постоянно возобновляемым источником вторичного сырья, так как компьютерная и оборонная техника быстро устаревают и подлежат списанию, демонтажу и переработке.

Низкая себестоимость производства драгоценных металлов (ДМ) из вторичного сырья по сравнению с их производством из руд, отсутствие богатых месторождений, быстрый рост цен на благородные металлы – все это предопределяет создание и развитие крупномасштабного производства вторичных драгоценных металлов.

Существенным препятствием на этом пути является сертификация вторичного сырья. При заключении договоров, контрактов между поставщиками сырья и его переработчиками, при финансовых расчетах между ними, при постановке на учет ДМ, при оформлении таможенных документов для вывоза за границу, при составлении материальных (металлургических) балансов ДМ на предприятии-переработчике сырья, а также при оформлении сертификатов химического состава сырья и продукции, содержащих ДМ, необходимо оперировать данными о содержании (массовой доле) ДМ в партии, то есть определенном количестве материала, упакованного, маркированного и сопровождаемого единым документом.

Массовую долю ДМ в партии находят экспериментальным путем. С этой целью отбирают головную (начальную) пробу, готовят из нее лабораторные пробы для химического анализа, проводят анализ подготовленных проб и вычисляют значение массовой доли ДМ в данной партии.

Найденные значения массовой доли ДМ оказываются установленными с некоторыми погрешностями. Погрешность найденного значения массовой доли ДМ в партии состоит из составляющих, возникающих при проведении всех операций: отбора, подготовки проб и химического анализа. Зачастую

погрешность пробоотбора и пробоподготовки во много раз превышает погрешность химического анализа [1]. Поэтому правильный выбор метода опробования является важным этапом оценки качества вторичного сырья, содержащего ДМ. Это возможно только при совместной работе аналитиков, специалистов по пробоотбору и технологов.

Несмотря на важность затронутого вопроса, опробованию вторичного сырья до настоящего времени не уделяли должного внимания. Имеется достаточно много информации о методах опробования первичного сырья – руд [2-4]. В то же время опробование некоторых видов вторичного сырья существенно отличается от опробования первичного сырья. В настоящей работе проведен анализ существующих методик опробования вторичного сырья в Украине и за рубежом.

На практике пользуются методиками отбора и подготовки проб двух типов [1,5]:

- от партии материала определенным образом отбирают головную пробу, из нее готовят пробу для химического анализа;
- от партии отбирают головную пробу, которую разделяют на несколько частей с различным содержанием ДМ, из каждой части готовят отдельную лабораторную пробу для химического анализа.

Для разных видов вторичного сырья (электронного лома, отходов металлургических и ювелирных производств, отработанных кино и фотоматериалов, катализаторов и др.) существуют различные методы отбора и подготовки проб.

В Украине институтом ДонНИПИЦМ в 1994 г. был разработан ДСТУ 2897-94 «Лом и отходы драгоценных металлов и сплавов. Отбор и подготовка проб» [6]. Методики, приведенные в данном ДСТУ, более приемлемы для сыпучих, относительно однородных материалов.

Методики, применяемые для опробования лома РЭА, включают следующие процессы: механические (дробление, измельчение, грохочение), обжиг, гидро- и пирометаллургию. Существуют комплексные методики пробоподготовки, сочетающие в себе механические процессы, гидро-, пирометаллургию и обогатительные методы. Выбор методов подготовки проб зависит от вида лома РЭА, технических возможностей разработчика и экономической целесообразности.

При опробовании лома РЭА чаще всего применяют механические методы [7,8]. Операции дробления в дробилках различной конструкции, измельчения в мельницах, грохочения широко применяются на предприятиях Российской Федерации, Германии, Чехии, Англии, США, Украины и других стран [7-12].

В работе [8] описана схема подготовки проб, предусматривающая три стадии дробления до крупности материала 30, 10 и 4 мм. На фирме «*Norddeutschen Affinerie AG*» (Германия) для внедрения новой технологии опробования разработали специальную установку. Крупный лом измельчают до крупности 30 мм, от которого отбирают головную пробу массой не менее 10 % от массы исходного материала. Головную пробу, в свою очередь, измельчают до крупности 10 мм. От материала крупностью менее 10 мм отбирают пробу массой ~ 10 %. Полученную пробу дробят до крупности 4 мм. От нее отбирают 2,5...5,0 % образовавшегося измельченного лома и направляют на плавку. От слитка, полученного в результате плавки, отбирают лабораторную пробу (стружку) для химического анализа. Содержание металла, установленное в результате анализа, соответствует содержанию металла в партии лома.

Схема пробоподготовки лома РЭА, разработанная немецкими исследователями, характеризуется простотой технологического процесса и аппаратного оформления, но вместе с тем имеет недостаток – не может быть использована для некоторых радиодеталей, имеющих в своем составе вещества (компаунд, эпоксидную смолу и т.п.), которые затрудняют дробление.

На АО «Красцветмет» в схемах пробоподготовки использованы процессы гидро- и пирометаллургии [13,14]. Для опробования вторичного сырья применяют растворение в кислотах, фильтрование на вакуум-фильтре, прокаливание и плавку нерастворимого осадка. От раствора и от слитка отбирают пробы для химического анализа на содержание ДМ.

Широкое применение в мировой практике имеют технологии, включающие процесс обжига лома РЭА перед измельчением и плавку на коллектор, в качестве которого используют медь, иногда свинец и кремний [15-18]. При этом отбор проб производят в одних случаях после измельчения [15], а в других – в процессе плавки [16-18].

На фирме «*Degussa*» (Германия) [15] производят обжиг всего сырья, а затем его измельчение и плавку на медный коллектор с последующим аффинажем ДМ. Недостаток данной методики заключается в том, что весь лом и отходы обжигают и плавят вместе. При этом в зону плавки вместе с драгоценными металлами загружается большое количество других металлов, что ведет к снижению концентрации ДМ в слитках и требует значительных энергетических и других затрат.

На фирме «*Engelhard*» (США) дополнительно к обжигу и измельчению применяют сортировку и разборку всей партии лома [16].

В ЗАО «Кыштымский медеплавильный завод» (Российская Федерация) до переработки сортируют всю партию лома. Подготовка проб каждого из видов сырья производят по единой технологической цепи (обжиг, измельчение, грохочение, плавка) отдельно от других видов, а отбор проб осуществляют в процессе плавки.

Для данных методик характерна достаточно высокая степень точности оценки содержания ДМ, недостатком является необходимость очистки газов от продуктов сгорания органических веществ, входящих в состав радиодеталей.

В институте ДонНИПИЦМ (г. Донецк) разработана методика опробования лома РЭА, включающая операции дробления, измельчения, грохочения, магнитной сепарации и обогащения на концентрационном столе.

Первоначально рассчитывают массу головной пробы, которая зависит от массы партии. Если масса партии сырья более 5 т, то отбирают головную пробу массой 10...20 % от массы партии, если партия лома невелика (менее 5 т), то в головную пробу отбирают всю партию [5].

Электронный лом, отобранный в головную пробу, подвергают сортировке и предварительной разделке. Назначением предварительной разделки служит приведение крупных блоков лома в состояние, позволяющее осуществлять ручные и механизированные операции. Блоки разбирают вручную. Из них удаляют детали, не содержащие ДМ (трансформаторы, двигатели, дроссели, пускатели, выключатели, катушки индуктивности).

Платы с радиодеталями, полученные при разделке электронного лома, сортируют на группы и сорта в соответствии с методическими рекомендациями, разработанными в институте. При помощи пневмомолотка с плат удаляют

радиодетали. На аллигаторных ножницах отрезают от плат соединители, металлические и пластмассовые детали креплений.

В некоторых случаях перед рубкой пневмомолотком от плат при помощи слесарного инструмента отделяют наиболее ценные радиодетали (диоды, транзисторы, микросхемы с внешней позолотой, платино-палладиевые конденсаторы). Предварительно радиодетали сортируют по содержанию ДМ (по справочным данным). Отделяют диоды, транзисторы, микросхемы, резисторы, которые затем растворяют в кислотах. Полученные растворы анализируют на содержание ДМ. Соединители (разъемы), выключатели, переключатели, вилки, колодки, модули дорабатывают на обоганительном оборудовании.

Разъемы подвергают дроблению на ножевой или молотковой дробилке до крупности 5 мм. Дробленый продукт рассеивают на вибрационном грохоте на сите с диаметром отверстия 1 мм. Продукт класса крупности +1 мм обогащают на концентрационном столе (КС). На КС происходит последовательное многократное повторение процесса концентрации и получение двух продуктов: металлического концентрата (контактов), содержащего драгоценные металлы, и пластмассы (отходов). Металлический концентрат, содержащий 2,0...2,5 % влаги, высушивают и отбирают от него пробу на химический анализ. От продукта класса -1 мм после усреднения состава (перемешивания) отбирают лабораторную пробу на химический анализ.

Микросхемы в пластмассовом корпусе серий 155, 176 и др. поступают на обогащение после обжига в горне при температуре ~ 800 °С. Продукты обжига дробят в молотковой дробилке с диаметром отверстий решетки 5...7 мм, затем рассеивают на грохоте с диаметром отверстий 0,5 мм. Продукт класса +0,5 мм подвергают магнитной сепарации на электромагнитном сепараторе при силе тока 3...5 А. Немагнитный продукт измельчают в шаровой мельнице в течение 30...40 мин и рассеивают на сите с диаметром отверстий 0,5 мм.

В результате обогащения получают следующие продукты: магнитный металлический концентрат класса +0,5 мм, содержащий золото; объединенные продукты класса -0,5 мм, содержащие золото; немагнитный металлический концентрат класса +0,5 мм, содержащий алюминий [18]. Лабораторные пробы, отобранные от всех золотосодержащих продуктов, направляют на химический анализ.

От каждого вида остальных продуктов разделки головной пробы согласно ДСТУ 2897-94 отбирают промежуточные пробы (по 10 % от исходной массы) и направляют на растворение, переплав или дробление для приведения их в гомогенизированное состояние. От подготовленного таким образом материала отбирают лабораторные пробы для определения содержания ДМ.

Заключение

1. При оценке содержания ДМ в партиях лома РЭА целесообразно применять методики второго типа, предусматривающие разделение партии (головной пробы) сложного неоднородного материала на несколько частей более однородного и простого по составу материала и отдельное опробование каждой части.

2. В целях уменьшения загрязнения окружающей среды следует применять методы, не связанные с обжигом радиодеталей. Рациональными являются механические методы подготовки проб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Погрешности опробования и анализа проб при сертификации партий вторичного сырья и продукции, содержащих драгоценные металлы [Текст] / В. А. Разумов, Ю. М. Калмыков, Т. М. Душкова и др. // Заводская лаборатория. – 1997. – Т. 63, № 9. – С. 1-9.
2. Куликов, А. А. Опробование золотоносных конгломератов [Текст] / А. А. Куликов. – Новосибирск : Наука, 1981. – 235 с. – Библиогр. : с. 232-234.
3. Анализ металлов. Пробоотбор [Текст] : справочник ; пер. с нем. – М. : Metallurgia, 1981. – 328 с. – Библиогр. : с. 225-226.
4. Андронов, В. П. Опробование драгоценных металлов в полуфабрикатах, изделиях и отходов производства [Текст] / В. П. Андронов, Л. Н. Высоцкий, Е. А. Маренков. – М. : Metallurgia, 1980. – 255 с. – Библиогр. : с. 251-253.
5. Шуляк, Т. И. Разработка методик отбора и подготовки проб для различных видов вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы [Текст] / Т. И. Шуляк, К. П. Козловский, А. В. Пластовец // Металургія : наукові праці Запорізької державної інженерної академії. – Запоріжжя : РВВ ЗДІА, 2008. – Вип. 18. – С. 123-130.
6. ДСТУ 2897-94 «Лом и отходы драгоценных металлов и сплавов. Отбор и подготовка проб» [Текст]. Введ. 1996-01-01. М. : Госстандарт Украины : Изд-во стандартов, 1989. – 10 с.
7. Обзорная информация. Проблемы сертификации вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы [Текст] : М. : Изд-во Росвтордрагмет, 1996. – Вып. 4. – 45 с.
8. Rasemain, W. Risiko der Bestimmung von Metallgehalten in Elektronikschrott-Modellrechnung und statistische [Text] / W. Rasemain, H. Kreutzmann, Ch. Kempfski // Schuttgut. – 2006. – Vol. 12, № 3. – Pp. 170-178.
9. Tarring, T. Czech company Kovohute Pribram fails to feed new capacity [Text] / T. Tarring // Metal Bull. – 2002. – № 8669. – P. 9.
10. Conway, D. Simsmetal opens UK's first permanent fridge plant [Text] / D. Conway // Metal Bull. – 2002. – № 8687. – P. 9.
11. Исследование и оценка содержания драгоценных металлов в электронном ломе на первых стадиях шихтоподготовки [Текст] / А. И. Самсонов, К. П. Козловский, Т. И. Шуляк, А. В. Пластовец // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2005. – № 1 (229). – С. 73-76.
12. Исследование содержания драгоценных металлов в ломе радиоэлектронной аппаратуры списанной военной техники [Текст] / О. В. Чернюк, Т. И. Шуляк, К. П. Козловский, А. В. Пластовец // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2008. – № 4 (244). – С. 62-64.
13. МУ 48-4-10-2002 Методические указания к метрологической аттестации методик опробования партий вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы. Дополнительные примеры. – М. : 2002. – 28 с.
14. МУ 48-4-09-03 Методические указания по метрологии. Метрологическая аттестация методик опробования партий вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы [Текст]. – М. : 2003. – 34 с.
15. Проспект фирмы «Degussa» [Текст]. – М. : 1994. – 26 с.
16. Проспект фирмы «Engelgard» [Текст]. – М. : 1994. – 30 с.
17. Способ переработки электронного лома [Текст] : пат. 2121007 Рос. Федерация: МПК7 С 22 В 11/00, С 22 В 7/00 / Вольхин А. И., Евгенов А. М., Ранский О. Б. ; заявитель и патентообладатель ЗАО «Кыштымский медеэлектролитный завод». – № 97104269/02; заявл. 18.03.97, опубл. 27.10.1998, Бюл. № 30.
18. Козловский, К. П. Подготовка лома интегральных микросхем в пластмассовых корпусах, содержащих золото, для гидрометаллургической переработки [Текст] / К. П. Козловский, Т. И. Шуляк, А. В. Пластовец // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2003. – № 4 (220). – С. 74-75.

Рецензент, проф. Г.О. Колобов