

ПРОБЛЕМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АЛЮМИНИЯ ИЗ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ

The article discusses the problems of collecting and processing secondary aluminum. The research results of eddy-current separator for the recovery aluminium from waste are given.

Алюминий является одним из наиболее распространенных элементов в природе и занимает первое место среди металлов. Благодаря своим физико-химическим и технологическим свойствам алюминий и его сплавы широко применяются в транспортном машиностроении, в электротехнике, в строительстве, в производстве упаковочных материалов и т. д. [1]. Повышенный спрос на алюминий обуславливает постоянный рост его производства, что иллюстрируется диаграммой на рисунке 1, полученной при анализе данных из разных источников [1–3].

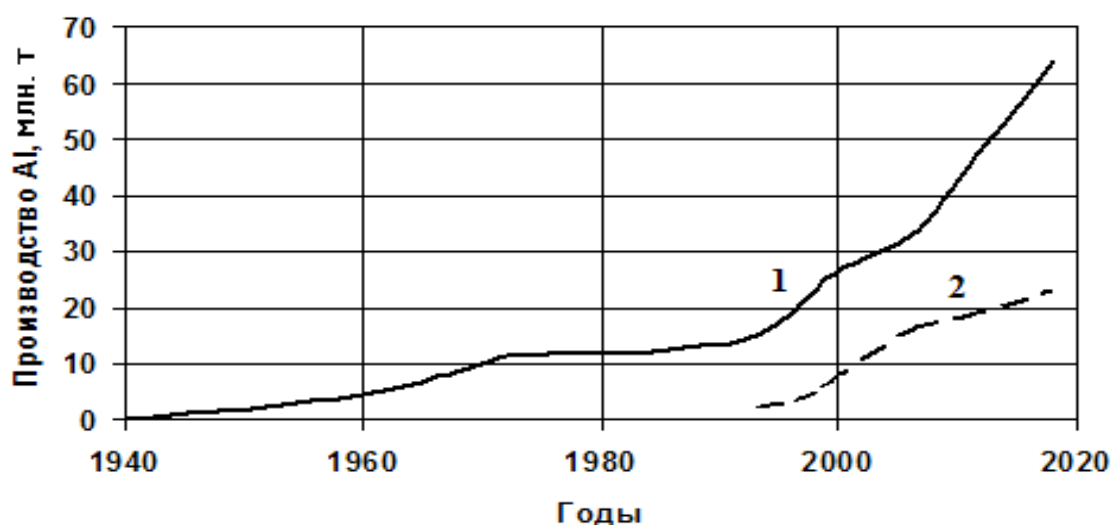


Рис. 1. Рост мирового производства алюминия: первичного (1) и вторичного (2)

Производство алюминия из минерального сырья является одним из самых энергоемких. К этому следует добавить возрастающие расходы на добычу и транспортировку сырья, поступления в биосферу загрязняющих веществ как при разработке месторождений, так и при металлургических процессах. На производство алюминия из вторичного сырья тратится в 20 раз меньше энергии,

чем на производство первичного алюминия, и существенно снижаются выбросы загрязняющих веществ в биосферу. Благодаря таким преимуществам производство вторичного алюминия постоянно увеличивается (кривая 2 на рис. 1) и составляет в настоящее время около 30 % от суммарного производства металла [2]. Однако рост объемов производства вторичного алюминия обуславливает ряд проблем, главные из которых сосредоточены на стадии сбора и дометаллургической подготовки алюминиевого лома [2–3].

Первая проблема связана с тем, что более 40 % вторичного сырья алюминия составляет амортизационный алюминиевый лом, который наряду с другими металлами попадает в смешанные твердые отходы (отработанные упаковочные материалы, товары народного потребления и др.), либо содержится в составе выведенных из эксплуатации транспортных средств (самолеты, автомобили и др.), электротехнических и радиотехнических изделий. В этих случаях возникает необходимость извлечения металлов из потока смешанных отходов. Для извлечения лома черных металлов применяется магнитная сепарация. Для отделения от неметаллов цветных металлов используется ручной труд, либо электродинамическая сепарация [4]. Эффективность ручной сортировки отходов невелика. Например, при ручной сортировке твердых коммунальных отходов извлекается только 30–35 % материалов утилизируемых фракций, в т. ч. не более 20 % цветных металлов [5], поэтому электродинамическая сепарация при сборе цветных металлов предпочтительна.

Вторая проблема заключается в том, что при плавке несортированного алюминиевого лома получают низкосортные сплавы алюминия, которые рассматриваются как подготовительные (по зарубежной терминологии – базовые). В нашей стране в 2018 году в структуре производства вторичного алюминия преобладали базовые сплавы (38 %) и литейные сплавы (19%) [2]. Это объясняется присутствием в металлоломе сплавов, существенно отличающихся по легирующим добавкам. Указанная проблема связана с отсутствием технологий и оборудования для механизированной сортировки металлолома. Одним из вариантов решения этой проблемы является использование на стадии

дометаллургической подготовки лома индукционной сортировки с применением электродинамических сепараторов.

Проиллюстрируем указанные проблемы на примере утилизации автомобильного лома. Технологии утилизации выведенных из эксплуатации транспортных средств предполагают дробление автомобилей на шредерных установках для уменьшения размеров и раскрытия материалов. После дробления материалы разделяются по крупности путем грохочения. Крупные фракции после магнитной сепарации направляются на ручную сортировку, где цветные металлы идентифицируются с помощью металлоанализаторов. Мелкие фракции поступают на механизированную обработку, в ходе которой с применением пневмосепарации из смеси материалов извлекаются легкие частицы ткани, резины, некоторых видов пластиков. Затем после магнитной сепарации применяется тяжелосредная или электродинамическая сепарации для отделения цветных металлов от неметаллов. Полученный концентрат металлов направляется на металлургические предприятия в качестве вторичного сырья.

Подобная технологическая схема переработки автомобильного лома применяется на большинстве шредерных заводов [6]. При указанном подходе получается коллективный концентрат алюминиевых сплавов с примесями магниевых, цинковых и медных сплавов, применяемых в автомобилестроении. Из такого сырья получают вторичные литейные сплавы алюминия, возвращаемые для производства отливок для автомобилей.

В настоящее время в автомобилестроении существует устойчивая тенденция к снижению массы автомобилей за счет увеличению доли алюминия в его конструкции. Если в автомобилях, выпущенных в начале 2000-х годов, доля алюминия в массе автомобиля составляла 6–10 %, то в последние годы эта цифра выросла до 20 % и прогнозируется ее рост до 30–40 % [7]. При этом увеличение доли алюминия происходит за счет применения деталей из деформируемых алюминиевых сплавов. Та же тенденция увеличения доли деформируемых сплавов, к химическому составу которых предъявляются значительно более жесткие требования, наблюдается в области применения алюминия в целом

[3, 7]. Увеличение массы алюминия в утилизируемых автомобилях приводит к тому, что получаемое на шредерных заводах вторичное сырье становится избыточным для производства отливок для автомобилестроения, а для других применений получаемые вторичные сплавы непригодны.

Из сказанного следует, что необходимо совершенствование технологий извлечения цветных металлов из смешанных отходов в направлении селективного сбора металлов. В случае утилизации автомобильного лома необходима сортировка по видам и маркам сплавов (в частности, отделение от алюминия цинковых, медных и магниевых сплавов).

Возможности индукционной сортировки цветных металлов с использованием электродинамических сепараторов исследуются на кафедре «Электротехника» УрФУ.

На рисунке 2 показаны результаты экспериментальных исследований, подтверждающие возможность разделения разных сплавов (L_0 – начальное удаление образцов от края индуктора). В опытах использованы образцы автомобильного лома: деформируемые алюминиевые сплавы (АД31) и цинковые сплавы (ЦАМ4-1) – с размерами частиц от 40 (сплошные линии) до 20 мм (пунктир). Для раздельного сбора разных металлов при $L_0 = 100$ мм достаточно расположить разделитель потока на расстоянии 100 мм от линии подачи.

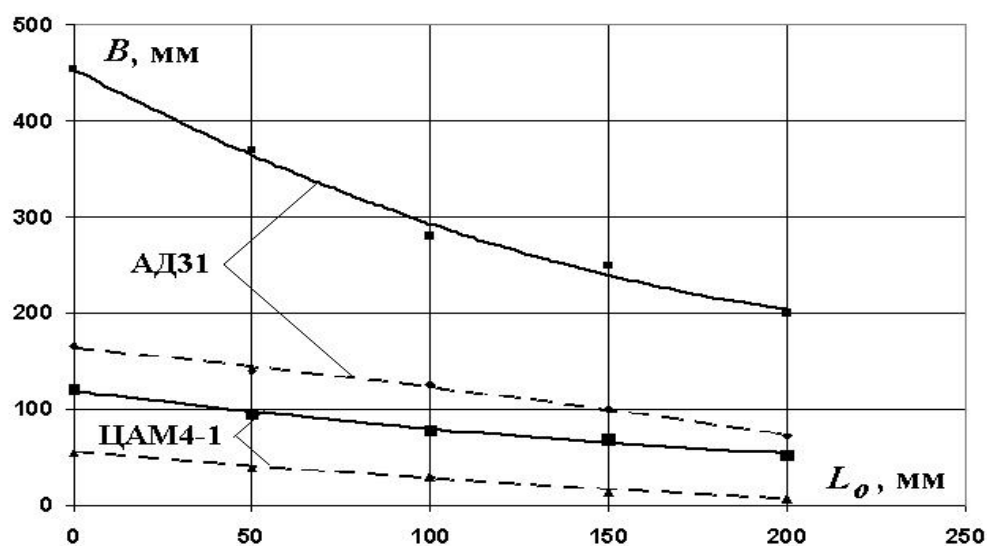


Рис. 2. Перемещения частиц сепарируемых сплавов в ходе сепарации

Таким образом, анализ показывает, что селективный сбор отходов алюминия обеспечивает возможность получения из вторичного сырья качественных сплавов. С учетом этого, для сбора и дометаллургической обработки лома цветных металлов рекомендуется электродинамическая сепарация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белецкий, В. М. Алюминиевые сплавы (состав, свойства, технологии, применение) / В. М. Белецкий, Г. А. Кривов. – Киев: «Коминтех», 2005. – 365 с.
2. Макаров, Г. С. Современные проблемы и перспективы рециклинга алюминия в России // *Металлургия машиностроения*. – 2019. – № 2. – С. 28–33.
3. Arowosola, A. A., Gaustad, G., Brooks, L. Aluminum Alloys in Autobodies: Sources and Sinks // *JOP: Minerals, Metals and Materials Series*. – 2019. – Vol. 4. – P. 1381–1383. doi:10.1007/978-3-030-05864-7_171.
4. Патрик, А. А., Мурахин, Н. Н., Коняев, А. Ю. Устройства для электродинамической сепарации лома и отходов цветных металлов // *Промышленная энергетика*. – 2001. – № 6. – С. 16–19.
5. Ильиных, Г. В., Устьянцев, В. А., Вайсман, Я. И. Построение материального баланса линии ручной сортировки твердых бытовых отходов // *Экология и промышленность России*. – 2012. – № 1. – С. 22–25.
6. Sakai, S., Yoshida, H., Passarini F. An international comparative study of end-of-life vehicle (ELV) recycling systems // *Journal of Material Cycles and Waste Management*. – 2014. – Vol. 16, Issue 1. – P. 2–20. doi: 10.1007/s10163-013-0173-2.
7. Modaresi, R., Lovik, A. N., Muller, D. B. Component- and alloy-specific modeling for evaluating aluminium recycling strategies for vehicles // *Journal of Metals*. – 2014. – Vol. 66, Issue 11. – P. 2262–2271.

A. O. Ilyinskaya, I. Yu. Kamensky, I. A. Konyaev,
Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

PROBLEMS OF ALUMINUM RECOVERY FROM SOLID WASTE