

**С. И. Фоминых,**  
доц., канд. техн. наук  
**Д. Н. Багин,**  
проф., канд. техн. наук  
**А. Ю. Коняев,**  
проф. д-р техн. наук  
**А. В. Макаров,**  
магистрант  
Уральский федеральный университет,  
Екатеринбург

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В КОНЦЕ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Рассматривается новая технологическая схема переработки дробленого автомобильного лома. В схеме предусматривается выделение цветных металлов из потока неметаллов, а также сортировка легких сплавов по видам и маркам сплавов с целью повышения качества вторичного сырья.

*Ключевые слова:* утилизация автомобилей, лом алюминия, проблемы сортировки.

### TECHNOLOGICAL PROBLEMS OF DISPOSAL OF END-OF-LIFE VEHICLES

A new technological scheme for processing crushed automobile scrap is considered. The scheme provides for the separation of non-ferrous metals from the non-metal stream, as well as the sorting of light alloys by type and grade of alloys in order to improve the quality of secondary raw materials.

*Keywords:* car recycling, aluminum scrap, sorting problems.

Современный подход к управлению транспортным хозяйством предполагает поиск новых решений по повышению эффективности транспортных средств на всех стадиях их жизненного цикла (разработка, изготовление, эксплуатация, утилизация). Автомобильный лом является одним из быстрорастущих многотоннажных видов твердых отходов. Поэтому сбор и переработка лома вышедших из эксплуатации транспортных средств (ВЭТС, по международной терминологии — ELV — end-of-life vehicle) дает существенный экономический и экологический эффект за счет уменьшения объемов захоронения отходов и возвращения в хозяйственный оборот вторичных металлов [1–3]. Этим подтверждается необходимость развития в нашей стране индустрии авторециклинга. В мире действует более 800 заводов по утилизации ВЭТС, в составе которых работают шредерные установки для фрагментации и дробления автомобилей и линии сортировки лома с извлечением утилизируемых компонентов [1–2]. При этом коэффициент вторичной переработки материалов в странах Евросоюза достигает 85 % от массы автомобиля, а коэффициент утилизации — 95 %.

В России еще в 2008 г. провозглашалась программа строительства десяти шредерных заводов в разных регионах страны, в том числе и в Свердловской области [4]. Однако до сих пор количество отечественных шредерных заводов можно пересчитать по пальцам одной руки, при этом располагаются они только в западной части страны [3]. Возросший в последние годы со стороны руководства страны интерес к проблеме утилизации твердых отходов позволяет надеяться и на решение проблем с утилизацией ВЭТС [5]. При этом появляется возможность создания новых производств с учетом мирового опыта авторециклинга и тенденций развития автомобилестроения. Некоторые возможности создания новых технологий утилизации ВЭТС рассматриваются в данной статье.

В работе [2] показаны наиболее распространенные технологические схемы шредерных заводов, обобщение которых можно представить в виде, приведенном на рис. 1 (с некоторыми дополнениями авторов статьи). Сбор ВЭТС производится непосредственно на шредерных заводах либо на предприятиях, занимающихся демонтажом автомобилей. На таких предприятиях предварительно производится удаление из автомобилей

экологически опасных компонентов, выполняется частичный демонтаж автомобилей, предполагающий снятие ряда ресурсо-ценных компонентов для последующей экономически эффективной утилизации либо восстановления. На этой стадии желателен демонтаж электрооборудования, на которое приходится основное содержание меди в автомобиле, поскольку после дробления извлечение меди и медных сплавов, представленных проводниками, контактами, мелкими деталями затруднительно.

При дроблении ВЭТС на shredderных установках происходит уменьшение размеров и раскрытие материалов, с получаемых кусков сбивается краска, ржавчина и другие загрязнения. Путем магнитной сепарации из отходов отбираются черные металлы. После этого производится разделение материалов по крупности: крупные фракции (куски крупнее 60–65 мм) направляются на ручную сортировку, а мелкие идут на механизированную обработку. При воздушной классификации из смеси материалов извлекаются легкие фракции (ткани, резина, некоторые виды пластиков). На этом этапе возможна еще одна магнитная сепарация для удаления мелких включений черных металлов и сростков. На завершающих стадиях с применением электродинамической сепарации или сепарации в тяжелых средах разделяются оставшиеся материалы: цветные металлы, отделяются от неме-

таллических shredderных отходов (окалина, краска, стекло, тяжелые полимеры и др.).

При строительстве новых shredderных заводов можно использовать новые разработки. Например, предусмотреть меры по уменьшению засоренности лома черных металлов примесями цветных металлов (прежде всего меди, цинка) [6]. Наиболее проблемной является завершающая стадия обработки shredderных отходов, связанная с выделением лома цветных металлов, прежде всего алюминиевых сплавов.

Даже в развитых странах технологии выделения цветных металлов из shredderных остатков освоены лишь на отдельных заводах. При этом выделяемая фракция представляет собой коллективный концентрат металлов, включающий сплавы алюминия, магния, цинка и меди. Из такого металлолома можно получать только низкосортные литейные сплавы. Вместе с тем в автомобилестроении существует устойчивая тенденция к увеличению доли алюминия в массе автомобилей. В настоящее время в автомобилях ведущих компаний доля алюминия достигает 20% и прогнозируется ее рост до 30–40% [7]. При этом наряду с традиционным применением литейных алюминиевых сплавов возрастает использование деформируемых сплавов алюминия. Из таких сплавов изготавливаются рамы корпуса, каркасы сидений, обшивка салона и дверей, бамперы, теплообменники и др. Увеличение доли различных легких сплавов в автомобилях (кроме

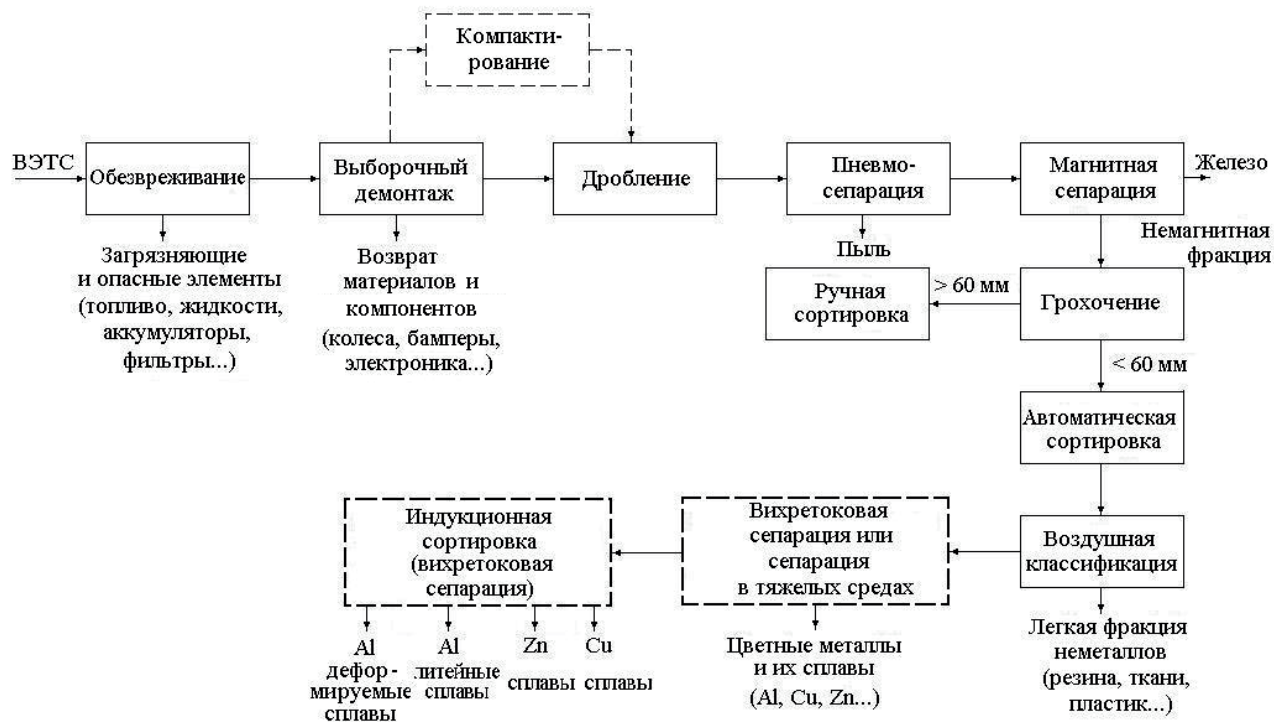


Рис. 1. Обобщенная технологическая схема утилизации ВЭТС

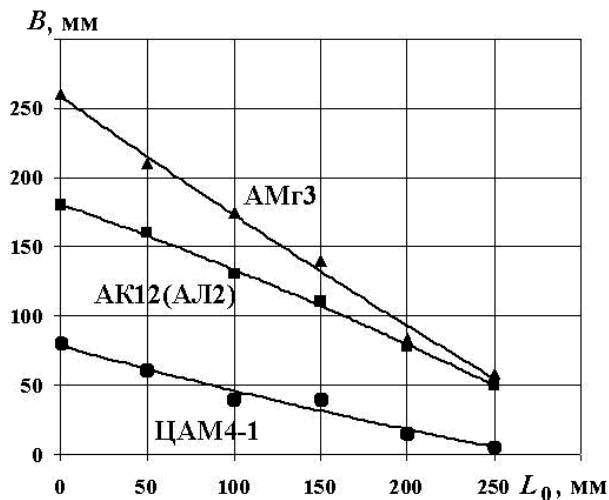


Рис. 2. Отклонения разных сплавов от линии подачи при крупности 40 мм

алюминиевых, сплавы магния, цинка и др.) требует совершенствования технологий извлечения их из дробленого лома. С учетом этого предлагается дополнить технологическую схему шредерного завода дополнительной операцией — индукционной сортировкой цветных металлов с целью селективного сбора цветных металлов.

Авторами исследуется возможность индукционной сортировки цветных металлов с помощью электродинамического сепаратора на основе линейных индукторов. В ходе экспериментов использовались куски различных сплавов цветных металлов, содержащихся в автомобильном ломе, предоставленные заинтересованным предприятием. На рис. 2 и 3 показаны некоторые результаты исследований, подтверждающие возможность разделения фракций разных сплавов ( $B$  — отклонение частиц металла от линии подачи,  $L_0$  — начальное удаление образцов от края линейного индуктора

#### Список литературы

1. Петров Р. Л. Европейский опыт авторециклинга для развития системы утилизации отслуживших автомобилей в России / Р. Л. Петров // Журнал автомобильных инженеров. — 2012. — № 5 (76). С. 52–57.
2. An international comparative study of end-of-life vehicle (ELV) recycling systems / S. Sakai, H. Yoshida, F. Passarini et al. // Journal of Material Cycles and Waste Management. — Vol. 16, iss. 1. February 2014. — P. 2–20.
3. Митрохин Н. Н. Утилизация и рециклинг автомобилей / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. — Москва : МАДИ, 2015. — 120 с. — ISBN 978-5-7962-0184-8.
4. Олейник А. А. Грядет шредеризация страны / А. А. Олейник, В. В. Осмоловский // Вторичные металлы. — 2008. — № 1–2. — С. 80–82.
5. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 г. (утв. Распоряжением Правительства РФ от 25.01.2018 № 84-р). — URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_289114/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_289114/).
6. Мысик В. Ф. Автомобильный лом и перспективы его использования / В. Ф. Мысик, А. В. Жданов, М. О. Тимофеев // Электротехнология. — 2017. — № 1. — С. 35–48.
7. Component- and alloy-specific modeling for evaluating aluminium recycling strategies for vehicles / R. Modaresi, A. N. Lovik, D. B. Muller // Journal of Metals. — Vol. 66, iss. 11. — 2014. — P. 2262–2271.

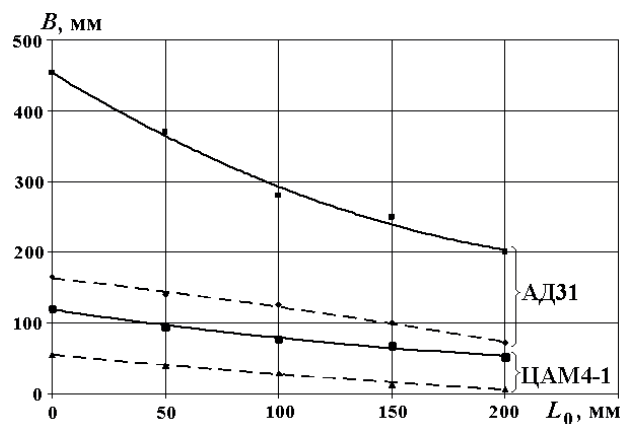


Рис. 3. Отклонения образцов сплавов разной крупности: 40 мм — сплошные линии, 20 мм — пунктир

сепаратора). Как видно на рисунке, образцы разных сплавов движутся по различным траекториям. Это служит предпосылкой для раздельного сбора деформируемых (AMg3, AD31), литейных (AK12) алюминиевых сплавов, а также цинковых сплавов (ЦАМ4-1). Селективный сбор металлов обеспечивает возможность получения качественных сплавов из вторичного сырья, извлекаемого из автомобильного лома.

Таким образом, выполненный авторами анализ тенденций развития автомобилестроения, связанных с увеличением доли различных сплавов алюминия в массе автомобилей, и технологических схем утилизации ВЭТС указывает на необходимость совершенствования технологий авторециклинга. Предложена и опробована технология селективного сбора цветных металлов, извлекаемых из потока немагнитных материалов после шредерной обработки автомобильного лома.