УДК 656.13

Ю.Н.КАЦУБА, *канд. техн. наук, доцент, Katsuba60@mail.ru*
С.В.ЕГОРОВ, *канд. техн. наук, доцент*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

Y.N.KATSUBA, *Phd in eng sc., associate professor, Katsuba60@mail.ru*
S.V.EGOROV, *Phd in eng sc., associate professor*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

К ВОПРОСУ РЕЦИКЛИНГА АВТОМОБИЛЕЙ

Увеличение численности автомобилей создает реальную угрозу окружающей среде, в том числе из-за неоправданно большого потребления материальных ресурсов. Снизить его может рациональное обращение с выводимыми из эксплуатации автомобилями, автокомпонентами и материалами путем восстановления и повторного использования, а также глубокой переработки не подлежащих восстановлению, во вторичные материальные ресурсы. В статье рассматриваются технологии утилизации автокомпонентов, содержащих драгоценные металлы.

***Ключевые слова*:** автомобиль, утилизация, автокомпоненты, нейтрализатор, катализатор, эффективность.

TO THE QUESTION OF THE RECYCLING OF CARS

The increase in number of cars creates real threat to environment, including by unfairly big consumption of material resources. Lower it the rational handling of cars taken out of service, autocomponents and materials by restoration and a reuse, and also deep processing not podlezhishchy to restoration, in secondary material resources can. In article technologies of an utizizatsiya of the autocomponents containing precious metals are considered.

***Key words*:** car, utilization, autocomponents, converter, catalyst, efficiency.

Автомобиль является крупнейшим загрязнителем окружающей среды, особенно в крупных городах. Ускорившееся обновление автопарка, увеличение его численности создают реальную и серьезную угрозу окружающей среде, в том числе из-за неоправданно большого потребления материальных ресурсов. Снизить его может рациональное обращение с выводимыми из эксплуатации автомобилями, автокомпонентами и материалами.

Утилизация автомобилей должна развиваться в двух направлениях: восстановление и повторное использование узлов, агрегатов и других автокомпонентов, сохранивших свой ресурс, и переработка узлов и агрегатов, не подлежащих восстановлению, во вторичные материалы с целью их использования при производстве новых материалов.

С целью эффективной утилизации автомобилей в ЕС разработан ряд директивных документов, обязательных для исполнения всеми странами содружества. Эти документы предписывают: резкое сокращение образования неутилизируемых отходов при завершении жизненного цикла автомобиля; повторное использование деталей и автокомпонентов; необходимость производства из изношенных частей автомобиля вторичных материальных ресурсов; необходимость производства энергии путем сжигания неутилизируемых отходов.

Для уменьшения и минимизации выброса вредных веществ в окружающую сре-

ду на современных автомобилях используется такой элемент выхлопной системы, как каталитический нейтрализатор отработавших газов. При изготовлении катализаторов применяются специальные химические элементы и металлы платиновой группы: платина, палладий, родий и некоторые другие драгоценные металлы. В качестве носителя катализатора используются пористая керамика или металлическая фольга.

В каталитических нейтрализаторах поверхность активного слоя на носителях измеряется сотнями квадратных метров, а толщина составляет несколько нанометров. Драгоценные металлы, являющиеся катализаторами химических реакций по преобразованию токсичных веществ отработанных газов автомобиля, в процессе работы не расходуются.

Статистическими исследованиями установлено, что срок службы каталитического нейтрализатора отработавших газов составляет в развитых странах 100-150 тыс.км пробега автомобиля. В России из-за низкого качества топлива и некоторых других факторов срок службы каталитического нейтрализатора отработавших газов значительно меньше и составляет 40-50 тыс.км. Если каталитический нейтрализатор выработал свой ресурс, то он не может очищать отработанные газы от содержащихся в них вредных веществ и подлежит утилизации.

В странах Западной Европы и США детально проработан механизм хранения, переработки и транспортировки катализаторов, который регулируется соответствующими актами, стандартами и находится на особом контроле регулирующих и природоохранных организаций.

В России ситуация несколько иная. Утилизируемый автомобильный каталитический нейтрализатор при оценке в различных компаниях может различаться по стоимости, большое значение имеет тип носителя. Большая часть отечественных компаний определяют стоимость утилизируемых нейтрализаторов, исходя из усредненного количества драгоценных металлов, имеющихся в катализаторах. Также присутствуют предложения по покупке корпусов нейтрализаторов. Цена устанавливается за одно изделие вне зависимости от объема содержащихся в катализаторе драгоценных металлов.

Однако содержание в катализаторах драгоценных металлов столь велико, что их утилизация экономически эффективна. Переработка первичного сырья при содержании в нем платины в количестве $2 \cdot 10^{-6}$ % считается рентабельной. Содержание драгоценных металлов в отработанных катализаторах составляет 0,09-0,13 % или около 1,5 г. Учитывая, что современные технологии позволяют извлекать 94-99 % драгметаллов, утилизация каталитических нейтрализаторов отработанных газов автомобилей является высокоэффективной.

Переработка отработанных автокатализаторов позволяет использовать ценные компоненты и элементы для повторного производства, защищает окружающую среду от загрязнения. Технологии утилизации автомобильных каталитических нейтрализаторов обобщенно включают следующие этапы: сбор и первичная обработка катализаторов; получение концентратов драгоценных металлов; аффинаж.

Первичная обработка автокатализаторов заключается в механическом извлечении носителя драгоценных металлов из стального корпуса нейтрализатора и при необходимости (в зависимости от используемой технологии) его измельчении. После дробления проводится сортировка по крупности с целью получения однородного продукта с требуемой дисперсностью.

Получение концентратов драгоценных металлов осуществляется гидро- и пирометаллургическими способами. Содержание драгоценных металлов в концентрате составляет более 95 %.

При использовании гидрометаллургических процессов драгоценные металлы растворяют в «царской водке». Полученные продукты фильтруют и затем из раствора выделяют драгоценные металлы различными реагентами.

В результате химического взаимодействия образуется платинохлористоводородная $H_2(PtCL_6)$ и другие кислоты.

Отделение драгоценных металлов от носителей сухими или пирометаллургиче-

скими способами с учетом тугоплавкости платины, палладия и родия производят плазменной плавкой, позволяющей перевести металлы в расплав. При этом частицы керамического носителя, имеющие более высокую температуру плавления, сохраняются в твердом состоянии.

Аффинаж – металлургический процесс получения благородных металлов высокой чистоты путем их разделения и чистки от загрязняющих примесей.

Как правило, все разновидности платиносодержащего сырья перерабатывают на аффинажных и металлургических предприятиях. Сырьем для аффинажных заводов служат лом изделий из платины и сплавов благородных и цветных металлов; платиновые концентраты (не менее 10 % Pt), получаемые на заводах при переработке бедного сырья вторичных благородных металлов и т.п.

На металлургические заводы направляют сырье, сравнительно бедное по содержанию платиновых металлов, например, отработанные катализаторы некоторых типов, содержащие 0,05-0,5 % Pt.

Переработку отработанных катализаторов на основе носителя из оксида алюминия условно осуществляют двумя методами: выделение основы (Al_2O_3) с получением концентрата благородных металлов; извлечение благородных металлов, не затрагивая основы.

К методам первой группы относятся различные варианты сульфатизации. Так называемая «сухая» сульфатизация осуществляется смачиванием материала концентрированной серной кислотой, взятой в трехкратном избытке по отношению к твердому компоненту, и прокаливанием при 300 °С. Процесс осуществляют в подовых печах с механическим перемешиванием или во вращающихся трубчатых печах. Охлажденный спек выщелачивают водой. Выход нерастворимого остатка составляет 12-13 % массы исходного материала. Если растворение спека вести в 10 %-ном растворе H_2SO_4, то содержание платины в полученном концентрате повышается на 1,5-2,5 % [3].

Для повышения качества концентратов предложена комбинированная технологическая схема, включающая предварительное сернокислотное выщелачивание оксида алюминия в 10-20 %-ном растворе H_2SO_4, обжиг кека при 550-600 °С и повторное выщелачивание огарка в сернокислом растворе. Технология обеспечивает получение концентрата, содержащего до 20-22 % платины. В соответствии с другим вариантом этой технологии нерастворимый остаток первого выщелачивания смешивают с углем и нагревают в атмосфере, не содержащей окислителя, до 750-800 °С. Полученный огарок подвергают второму сернокислотному выщелачиванию с получением 25-30 % платинового концентрата.

К первой группе относятся также щелочные методы, основанные на способности оксида алюминия взаимодействовать со щелочами с образованием воднорастворимых алюминатов натрия. Так, сплавлением отработанных катализаторов с NaOH и последующим выщелачиванием сплава в воде можно получить концентрат, содержащий 18-22 % Pt [2].

Методами второй группы используются, в основном, приемы хлорной металлургии, в частности, перевод платины в раствор в виде хлоридного комплекса. Оксид алюминия при этом остается индифферентным к воздействию хлорагентов. Из раствора платиноиды осаждают цементацией алюминием, цинком или магнием.

Из отработанных катализаторов платина может быть извлечена плавкой на медный сплав. Для ошлаковывания тугоплавкого оксида алюминия в шихту вводят известь и плавиковый шпат CaF_2, для образования коллектирующей фазы – порошковую медь. Плавку ведут при 1500-1550 °С. Медный сплав, в котором концентрируются платиновые металлы, направляют на аффинаж. Шлаки с невысоким содержанием благородных металлов возвращают в рудный передел.

Существующие технологии утилизации автомобильных каталитических нейтрализаторов отработанных газов позволяют извлекать из них наиболее ценные компоненты – драгоценные металлы – платину, палладий и

родий. Объемы вовлечения в промышленное производство вторичных драгоценных металлов соизмеримы с их добычей из минерального сырья. Об этом свидетельствует тот факт, что мировое потребление платины и палладия (по 200 т каждого) значительно превышает объемы их добычи, что является следствием регенерации около 30 т каждого из этих металлов из отработанных автокатализаторов [1].

Таким образом, технологический процесс утилизации автомобилей предусматривает раздельную переработку его автокомпонентов. Разработанные технологии позволяют извлекать из утилизируемых автомобилей более 95 % черных, цветных и драгоценных металлов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бобович Б.Б.* Утилизация автомобилей и автокомпанентов: Учеб. пособие для вузов. М., 2011.

2. *Кармазин В.И.* Магнитные, электрические и специальные методы обогащения полезных ископаемых / В.И.Кармазин, В.В.Кармазин. М., 2005.

3. Обращение с отходами производства и потребления в системе экологической безопасности: Науч.-метод. пособие / В.А.Грачев, А.Т.Никитин, С.А.Фомин и др. М., 2009.

REFERENCES

1. *Bobovich B.B.* Utilizatsija of cars and automobile components: the manual for high schools. Moscow, 2011.

2. *Karmazin V.I.*, *Karmazin V.V.* Magnatic, electric and special methods of enrichment of minerals. Moscow, 2005.

3. *Grachev V.A*, *Nikitin A.T.*, *Fomin S.A.*, etc. The Reference with production wastes and consumption in system of ecological safety: The scientifically-methodical grant. Moscow, 2009.