
УДК 621.316

Н.Д. ВИЛИСОВ, студент гр. ТЭБ-181 (КузГТУ)

С.В. КОНАКОВ, студент гр. ТЭБ-181 (КузГТУ)

Т.С. МАКЕЕВА, студент гр. ТЭБ-181 (КузГТУ)

К.Ю. УШАКОВ, старший преподаватель (КузГТУ) г. Кемерово

С.С. АЗИХАНОВ, доцент кафедры (КузГТУ) г. Кемерово

А.Р. БОГОМОЛОВ, Заведующий кафедрой (КузГТУ) г. Кемерово

ПИРОЛИЗ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

В Кемеровской области – Кузбассе ежегодно накапливается порядка 20 тысяч тонн отработанных покрышек, в числе которых имеются также крупногабаритные и сверхкрупногабаритные шины карьерных автосамосвалов [1]. В Кемеровской области актуальность проблемы переработки резинотехнических отходов (РТО) является особенно значимой по причине особенности дорог на разрезах: крупногабаритные шины получают сильнейшие повреждения о большие, острые камни, выходят из строя раньше срока эксплуатации и в дальнейшем не подлежат восстановлению. Отставание России по внедрению термических методов переработки РТИ обуславливается экономической невыгодностью и неконкурентоспособностью. Изучение закономерностей проведения процессов пиролиза, как одной из стадии технологии утилизации РТО с получением продуктов химического и энергетического назначения, необходимо для разработки конкурентоспособной технологии утилизации техногенно-опасных отходов промышленной деятельности. Преимущество пиролиза по сравнению с непосредственным сжиганием отходов заключается в его эффективности с точки зрения предотвращения загрязнения окружающей среды. С помощью пиролиза можно перерабатывать составляющие отходов, трудно поддающиеся утилизации, такие, как автопокрышки, пластмасса, отработанные масла, отстойные вещества. После пиролиза не остается биологически активных веществ, поэтому подземное складирование пиролизных отходов не наносит вреда природной среде. Образующийся пепел имеет высокую плотность, что резко уменьшает объем отходов, подвергающийся подземному складированию [2]. Низкотемпературный пиролиз – метод термического разложения сырья в

закрытом реакторе при полной изоляции от кислорода, или при его небольшом количестве. В результате протекания пиролитической реакции на выходе из сырья получают следующие вещества: твердый углеродный остаток (сажа), газовая фракция и ароматические углеводороды [3]. В настоящей работе в качестве сырья для изучения процесса пиролиза были использованы измельченные фракции крупногабаритных шин карьерных самосвалов от компаний «Кузбассразрезуголь» (фракции 0-1 мм, 2-3,5 мм) и «СДС Уголь» (фракции 1-3 мм, 2-4 мм).

Экспериментальные исследования проводились с использованием экспериментальной установки, изображенной на рисунке 1.

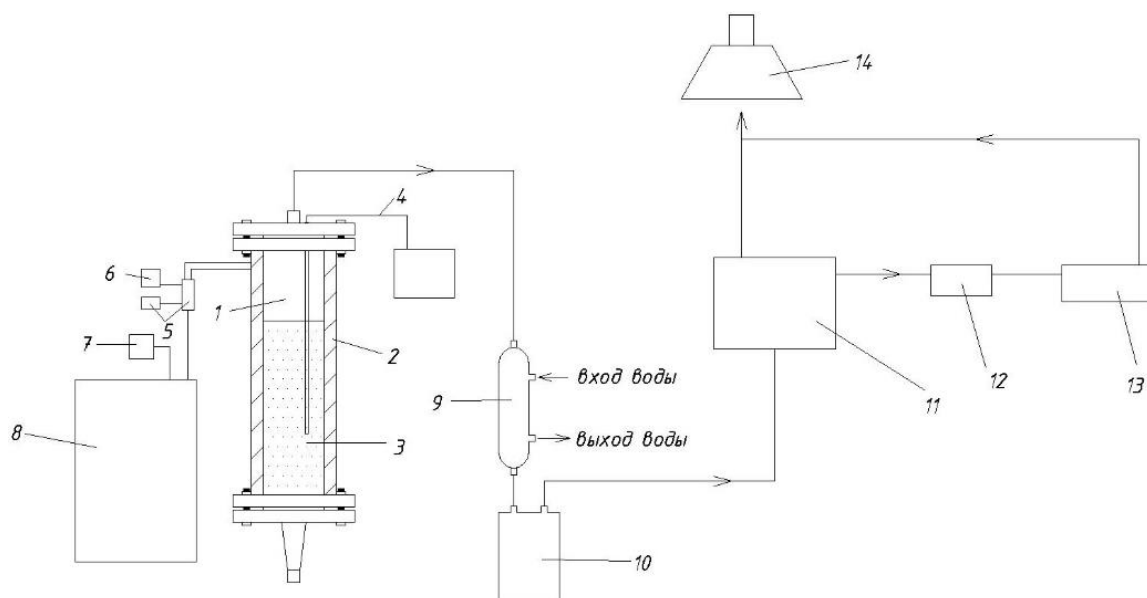
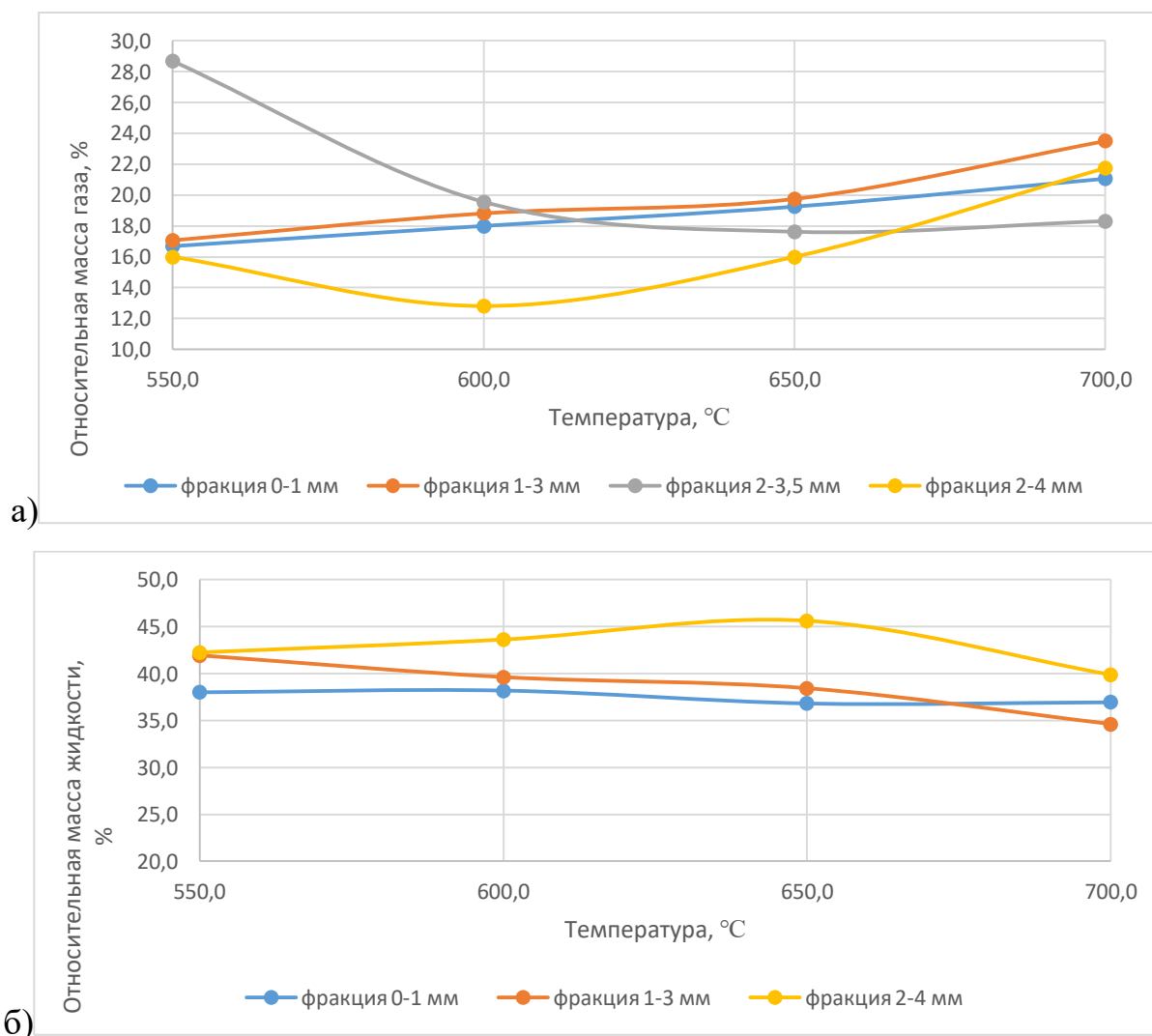


Рисунок 1. Схема установки: 1 – реактор; 2 – изоляция; 3 – фракция резины; 4 – термопара с измерителем ОВЕН; 5 – регулятор нагрева; 6 – амперметр; 7 – вольтметр; 8 – трансформатор; 9 – кожухотрубный холодильник; 10 – сепаратор-отделитель; 11 – барабанный счетчик ГСБ-400; 12 – перистальтический насос ZALIMP type pp-1-05; 13 – газоанализатор “Бонэр” Тест-1; 14 – вытяжка.

В реактор 1 загружалось 80 г резинового гранулята, после чего проводили нагрев. Температуру в реакторе измеряли термопарой 4, которая находилась в слое резины 3. Скорость нагрева составляла от 7 до 12°C/мин. В процессе пиролиза нагрев осуществлялся в инертной среде до температуры 550 – 700°C, в ходе которого образовывались летучие компоненты. Газовая смесь через теплообменник 9 поступала в сепаратор-отделитель 10 для разделения конденсированной жидкой фазы от пиролизного газа. Окончание образования выхода летучих продуктов реакции фиксировало завершение процесса пиролиза. Получаемый пиролизный газ пропускали через

барабанный счетчик 11 для определения его количества, при этом часть газа перистальтическим насосом 12 подавалась в поточный газоанализатор 13, для контроля состава образующихся продуктов. Перед началом каждого исследования измерялась масса исходных образцов, что необходимо для составления материального баланса.

В результате переработки резинотехнических отходов методом пиролиза образуется три вида продукта: газ, жидкость, твердый остаток. На рисунке 2 представлены результаты исследования влияния фракционного состава и температуры проведения процесса пиролиза на выходы продуктов процесса.



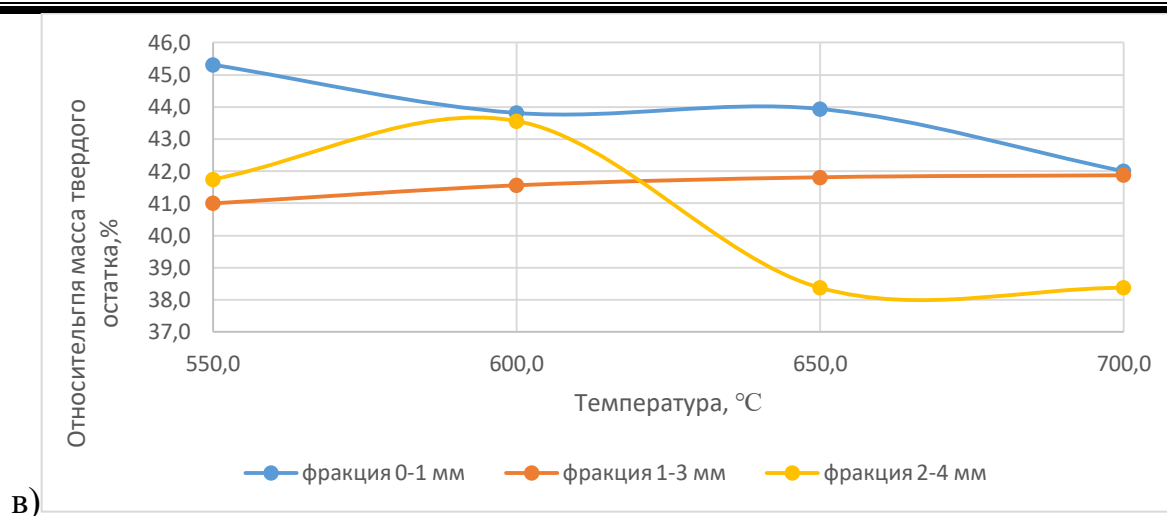


Рис.2. Выходы продуктов процесса пиролиза резиновой крошки при различных температурах: а) выходы газа; б) жидкой фазы; в) твердого остатка.

Анализ результатов по выходу пиролизного газа (рис. 2, а) показывает, что с увеличением температуры пиролиза увеличивается объем пиролизного газа для каждой фракции исследуемой резины, так для фракции 0-1 мм увеличение составила 5,1%, фракции 1-3 мм – 6,2 %, фракция 2-4 мм – 5,75 %. Только для фракции 2-3,5 мм наблюдалось снижение выхода пиролизного газа с увеличением температуры процесса, при этом максимальный выход наблюдался при температуре 550 °C, а при дальнейшем увеличении температуры изменение выходов газа наблюдается в пределах 2%, поэтому принято решение по уточнению выхода газа при термообработке этой фракции при этом значении температур. Вероятно, при пиролизе фракции резины 2-3,5 мм температура не вносит существенного изменения на выход пиролизного газа. Схожая противоположность фракции 2-3,5 мм относительно других исследуемых фракция наблюдается и для выходов жидких продуктов и твёрдого остатка, поэтому при дальнейшем обсуждении эта фракция не будет учитываться. В связи с этим перед авторами стоит задача сопоставления составов и технических характеристик образцов резиновой крошки представленными компаниями, используемых при эксплуатации шины карьерных автосамосвалов от различных производителей. Увеличение выхода газа с ростом температуры пиролиза коррелирует со снижением выхода пиролизной жидкости, что может быть связано с пиролизом жидкой фазы с образованием газообразных продуктов либо ее гидрогенолизу с образованием газообразных углеводородов (если учитывать, что в составе образующегося пиролизного газа имеется до 70% водорода). Стоит отметить, что количество образующегося твёрдого остатка

согласуется с выходами газовой и жидкой фаз для каждой фракции по отдельности, при этом устойчивой зависимости при увеличении температуры для всех фракций не наблюдается. При этом для более полного описания влияния температуры пиролиза на выходы газообразных, твёрдых и жидких продуктов следует учитывать результаты лабораторных анализов получаемых продуктов. Поэтому твёрдые и жидкие фракции, полученные при пиролизе резиновой крошки переданы специалистам Кемеровского регионального центра коллективного пользования СО РАН (КемЦКП) для проведения ИК-спектроскопического и элементного анализов образцов.

Работа выполнена при финансовой поддержке в соответствии с дополнительным соглашением №075-03-2021-138/3 о предоставлении субсидии из федерального бюджета на финансовое обеспечение выполнения государственного задания на оказание государственных услуг (внутренний номер 075-ГЗ/Х4141/687/3).

Список литературы

1. Лесин Ю.В., Скрынник Л.С. Охрана и рациональное использование водных ресурсов при разработке угольных месторождений Кузбасса. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2008. – 179.
2. Мишустин, О. А. Обзор развития и применения технологии пиролиза для переработки отходов / О. А. Мишустин, В. Ф. Желтобрюхов, Н. В. Грачева, С. Б. Хантимирова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 45 (231). — С. 42-45.
3. Заргарян Е.В., Квитко В.Н. Автоматизированная переработка резинотехнических изделий методом пиролиза // Современная техника и технологии. 2014.

Информация об авторах:

Вилисов Никита Дмитриевич, студент гр. ТЭБ-181, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, vilisov2000@inbox.ru

Конаков Степан Владимирович, студент гр. ТЭБ-181, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, Oldhardmain@mail.ru

Макеева Татьяна Сергеевна, студент гр. ТЭБ-181, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, tanya1999peshkova@mail.ru