

УДК 620.93

Кузнецов А.Б. - студент гр. ТЭб-221 (КузГТУ)

Вилисов Н. Д. - техник, студент гр. (КузГТУ)

Научный руководитель Ушаков К.Ю. - ст. преподаватель, научный
сотрудник (КузГТУ)
г. Кемерово

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЧИСТОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КОРДА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ПОКРЫШЕК

В работе показана возможность разделения металлического корда от включений резины, образующихся в процессе производства из автомобильных покрышек резиновой крошки. В основе разделения предложено использовать метод низкотемпературного пиролиза при температуре до 600°C с последующими механической обработкой и отсевом.

Ключевые слова: металлический корд, низкотемпературный пиролиз, покрышка автотранспорта.

В настоящее время во всём мире наблюдается активное развитие системы экологической безопасности. Одним из вариантов снижения уровня загрязнений окружающей среды является развитие процессов утилизации различных отходов, в том числе и резинотехнических. Так, в процессе переработки резиновых покрышек автотранспорта образуется металлический корд с включениями резиновых частиц, что препятствует его дальнейшей переработке или использованию. Выделение чистого металлического корда окажет положительное влияние как экономическое состояние производства, так и на экологическую обстановку, за счет увеличения глубины и объёмов утилизации. На сегодняшний день к основным методам переработки изделий из резины с последующим выделением металлического корда как продукта относят электромагнитный метод [1], метод растворения автомобильных шин [2], водоструйный метод [3], бародеструкционный метод [4]; и др.

В электромагнитном методе в сила деструкции возникает в результате возникновения вихревых токов, индуцированных в металлических частях автомобильной шины - тросиках металлокорда, который расположен в брекере шины и бортовых кольцах, с импульсивным магнитным полем. Это поле создаётся индуктором - импульсивной катушкой, когда на неё разряжается ёмкостный накопитель. Предварительно покрышку охлаждают. При понижении температуры материал теряет свои упругие свойства и переходит в область хрупкого разрушения. Хрупкая прочность зависит от направления ориентации волокон. Будучи прочным в направлении ориентации, материал хрупок и непрочен в направлении, перпендикулярном

направлению ориентации. При таком механическом нагружении резина рассыпается на мельчайшие частицы. К недостаткам данного метода можно отнести высокую удельную стоимость переработки, а также сложность технологического процесса.

В основу технологии растворения положен метод деструкции полимерных материалов под воздействием умеренных температур в среде органических растворителей. В результате термоожижения получается густая подвижная масса, представляющая собой суспензию сажи в жидких углеводородах. Температура начала процесса составляет 240-250°C, но не более 280-290°C, давление - не выше 6,1 Мпа. В реакторе под воздействием температуры и давления в присутствии растворителя происходит растворение резины с разделением полученной массы в первичной стадии на три составляющие: синтетическая нефть 50 масс.%; технический углерод 30 масс.% и металлокорд 20 масс.%. К основным недостаткам этого метода относят сложность технологического процесса (чёткое соблюдение заданных требований (температура, давление)), высокую стоимость установки и необходимость органического растворителя.

Водоструйный метод основан на измельчении резины воздействием струй воды высокого давления. Для этого используются специальные водоструйные инструменты, питаемые от насосов высокого давления. Основной процесс происходит в специальной камере, в которой посредством струй воды происходит отделение резины от металлического корда. При этом использование данного метода не приводит к полной очистке металлокорда от включений резины.

Бародеструкционная технология основана на явлении "псевдосжижения" резины при высоких давлениях и истечении её через отверстия специальной камеры. Получение резинового порошка из изношенных шин осуществляют путем их постадийного измельчения, фракционирования, магнитной сепарации и выделения металлического корда. Предварительно автомобильные шины посредством давления продавливают через отверстия решетки с образованием смеси резиновых жгутов размерами 20-80 мм, металлобрикетов, текстильного и металлического корда. Из смеси посредством магнитной сепарации выделяют металлобрикеты и металлический корд. Оставшаяся масса подаётся в роторную дробилку, где резина измельчается с образованием резинового порошка размером до 10 мм. Из него выделяют текстильный корд. Одновременно с выделением текстильного корда осуществляют разделение резинового порошка на мелкую фракцию менее 3мм и крупную от 3-10 мм. К недостаткам этого метода относят быстрый износ элементов режущего оборудования и сложность технологического процесса. При этом, этот метод более эффективен как способ утилизации покрышки и не может эффективно использоваться в процессе направленных на разделение металлокорда от резины.

Задачей работы авторов является очистка металлического корда, полученного в процессе переработки резины в резиновую крошку (рис.1). Поэтому использование вышеперечисленных методов в реалиях небольших компаний по утилизации отработанных покрышек затруднительно. Настоящие исследования направлены на определение возможности получения чистого металлического корда с применением метода низкотемпературного пиролиза.

К преимуществам метода низкотемпературного пиролиза следует отнести простоту технологического процесса, низкая удельная стоимость переработки, высокое качество получаемого продукта и отсутствие необходимости специальной подготовки обслуживающего персонала. Исходя из этого можно сделать вывод о том, что метод низкотемпературного пиролиза является наиболее привлекательным для предприятий с небольшими производственными мощностями.

Утилизация резинотехнических изделий методом низкотемпературного пиролиза может быть условно поделена на три основных этапа: пиролиз; механическая обработка и отсев чистого металлического корда. В представленной работе для проведения процессов низкотемпературного пиролиза использовалась экспериментальная установка, основанная на использовании реактора проточного типа объёмом 275 см³. В реактор загружалось 50 гр. металлического корда с вкраплениями резины (рис. 1).



Рис.1. – Образцы металлического корда с вкраплениями резины (до пиролиза).

Далее осуществлялся нагрев реакционной зоны, подводом теплоты от нагревателя извне. Температура в реакторе измерялась при помощи термопары, находящейся в слое исследуемого образца. Скорость нагрева составляла 10–15 °С/мин, контроль которой осуществлялся с использованием терморегулятора фирмы Овен и автотрансформатора. Пиролиз осуществлялся при температуре 600 °С, до завершения выхода газообразных продуктов реакции, который контролировался с использованием барабанного счетчика. Затем подвод теплоты нагревателем останавливался и после полного

остывания образцы извлекались из реактора. Как видно на рисунке 3 после процесса пиролиза на металлическом корде оставались включения твёрдого углеродного остатка резины. При этом резина становилась легко разрушающейся, поэтому вторым этапом стала механическая обработка с использование шаровой мельницы барабанного типа. Общее время механической обработки составило 5 минут. После проведения механической обработки связанный (нитка) металлический корд становился отчищенным от включений, при этом в массе отдельных прутков металлического корда оставались незначительные включения остатков резины. Для полного разделения и получения чистого металлического корда был дополнительно произведен просев всей массы корда с электродинамического вибростенда типа ПЭ-6700. Образцы, прошедшие процесс механической обработки, были помещены в электродинамический вибростенд на 50 секунд с целью разделения исследуемых образцов на фракции. В результате просева был получен чистый металлический корд (рис. 2).



Рис. 2. – Металлический корд после процесса просева

В результате была показана возможность получения чистого металлического корда с использованием методом низкотемпературного пиролиза. На следующем этапе исследований запланирована энергетическая оптимизация каждого из этапов переработки с целью повышения энергоэффективности процесса, изучение зависимости качества получаемого продукта от различных факторов (температура процесса пиролиза; продолжительность каждого из этапов) с целью получения металлического корда товарного качества.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в соответствии с дополнительным соглашением о предоставлении субсидии из федерального бюджета на финансовое обеспечение выполнения

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

112-5

20-22 октября 2022 года

государственного задания на оказание государственных услуг (внутренний номер 075-Г3/X4141/687/3).).

Список литературы:

- 1) Ким, К. К. Электромагнитная утилизация автомобильных шин : Монография / К. К. Ким, И. М. Карпова. – Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. – 55 с. – ISBN 978-5-4486-0587-1.
- 2) Старков, С. В. Растворитель для автошин / С. В. Старков // Твердые бытовые отходы. – 2007. – № 4(10). – С. 20-24.
- 3) Картикова, В. А. Проблема утилизации автомобильных шин / В. А. Картикова, Т. М. Мицкевич, Е. М. Иванникова // Биотехнология: состояние и перспективы развития : материалы VIII Московского Международного Конгресса, Москва, 17–20 марта 2015 года / ЗАО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Д.И. Менделеева. – Москва: Закрытое акционерное общество "Экспо-биохим-технологии", 2015. – С. 300-303.
- 4) Патент № 2176953 С2 Российская Федерация, МПК B29B 17/02, B29K 21/00. Устройство для переработки шин, содержащих металлокорд : № 98112198/12 : заявл. 22.06.1998 : опубл. 20.12.2001 / А. Н. Обухов, М. В. Овцов ; заявитель Гомельский межотраслевой научно-технический центр "НЕОТЕХ".

Информация об авторах:

Кузнецов Артем Борисович, студент гр. ТЭб-221, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, 222066@kuzstu.ru

Вилисов Никита Д., техник, студент гр. ТЭм-221, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, vilisov2000@inbox.ru

Ушаков Константин Юрьевич, ст. преподаватель, научный работник, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, ushakovkj@kuzstu.ru