

## **Утилизация изношенных автомобильных шин**

к.т.н., проф. Иванов К.С., доц. Сурикова Т.Б.  
*МГТУ «МАМИ»*

Шины, выходящие из эксплуатации, являются одним из самых массовых полимерных отходов потребления. По опубликованным данным в Европе ежегодно образуется около 2 млн. тонн, а в США – 2,8 млн. тонн шин.

Ежегодно возрастающее количество изношенных шин вынудило в рамках Европейского Сообщества разработать программу, в соответствии с которой решаются следующие задачи:

- снизить на 10% расчетное количество шин;
- увеличить долю шин с восстановленным протектором до 25-30%;
- увеличить долю переработанных шин с получением резиновой крошки до 60%;
- прекратить вывоз шин на свалки.

В России утилизация шин является серьезной экологической и экономической проблемой. Так по данным научно-исследовательского института шинной промышленности в стране ежегодно выходит из эксплуатации около 1 млн. тонн шин и только в Москве каждый год образуется до 60 тыс. тонн изношенных шин.

Изношенные шины образуются и накапливаются в автохозяйствах, промышленных предприятиях, предприятиях шиномонтажа и автосервиса, а также в частном секторе. Во многих индустриальных странах имеются методы и программы, нацеленные на поддержку сбора и переработки отработанных покрышек. В большинстве случаев оплачивается сам факт утилизации автомобильных шин из расчёта 50 – 400 EUR за тонну.

Проблема утилизации изношенных шин в России усугубляется отсутствием организованного сбора их.

Подавляющее большинство отработанных шин вывозится на свалки, часто на неорганизованные. Вывозимые на свалки или рассеянные на окружающих территориях шины длительное время загрязняют окружающую среду вследствие высокой стойкости к воздействию внешних факторов (солнечного света, кислорода, озона, микробиологических воздействий). Места их скопления, особенно в регионах с жарким климатом, служат благоприятной средой обитания и размножения ряда грызунов и насекомых, являющихся разносчиками различных заболеваний.

Шины обладают высокой пожароопасностью, а продукты их неконтролируемого сжигания оказывают вредное влияние на окружающую среду (почвы, воды, воздушный бассейн), так, как даже краткий список продуктов, образующихся при сжигании шин и попадающих в атмосферу, впечатляет: бифенил, антрацен, флуорантен, пирен – этот список можно продолжать.

Рациональное использование изношенных шин имеет существенное экономическое значение, поскольку потребности хозяйства в природных ресурсах непрерывно растут, а их стоимость постоянно повышается. Нельзя не отметить, что амортизированная шина представляет собой ценное вторичное сырье, содержащее резину, технический углерод и высококачественный металл и является источником экономии природных ресурсов.

Экономически эффективная переработка автошин позволит не только решить экологические проблемы, но и обеспечить высокую рентабельность перерабатывающих производств. А ликвидация свалок изношенных шин позволит освободить для использования по назначению значительные площади занимаемых ими земель.

Проблема переработки изношенных автомобильных шин и вышедших из эксплуатации резинотехнических изделий имеет большое экологическое и экономическое значение для всех развитых стран мира, а невосполнимость природного нефтяного сырья диктует необходимость использования вторичных ресурсов с максимальной эффективностью.

В развитых странах в настоящее время предпринимаются попытки создать технологии по переработке изношенных шин, которые позволили бы повторно использовать резину в различных товарах и материалах.

По данным журнала « EUROPEAN RUBBER» (ноябрь 1995 г.) комиссия ЕС подготовила рекомендации для государств - членов ЕС о добровольных инициативах по использованию изношенных шин. Целью этих инициатив к 2000 году является:

- уменьшение количества амортизованных шин на 10 % за счет улучшения качества новых;
- увеличение количества шин с восстановленным протектором с 20 % до 30 %;
- увеличение уровня вторичной переработки с 30 % до 65 %;
- снижения уровня захоронения с 50 % до 0.

В настоящее время в мире применяется целый ряд технологий по переработке и утилизации отходов резины и изношенных автомобильных шин. Эти технологии предполагают захоронение целых или измельченных шин, использование целых шин для различных целей, применение шин и резиновых отходов для получения энергии, измельчение шин и с целью получения резиновой крошки и порошка. Рассмотрим подробнее эти технологии.

### **Захоронение шин**

Американские фирмы, занимающиеся утилизацией отходов, рассматривают захоронение как склад, поскольку изношенные шины могут использоваться в будущем. Необходимость в массовых хранилищах изношенных шин обусловлена тем, что в ряде стран их запрещено вывозить на обычные свалки. Поскольку шины не разлагаются, они не представляют опасности для окружающей среды. После закладки куски шин покрываются слоем земли 15 см, что уменьшает опасность возникновения пожара.

Однако, попадающая на захоронение резина - это потерянные ресурсы, и предпочтительно использовать изношенные шины в качестве топлива, для производства резиновой крошки и для других целей. В связи с этим, Европейским Союзом принято решение запретить захоронение целых шин с 2006 года.

### **Использование целых шин**

Целесообразность такого метода утилизации шин, как с экологической, так и с экономической точки зрения, не нуждается в комментариях

Шины утилизируют, используя их для защиты склонов от эрозии, создавая из них звукоизолирующие ограждения вдоль автострад.

Изношенные шины применяются для устройства искусственных рифов, служащих местом обитания рыб и устриц. Фирмой «Гудьир» в 1970 г. у берегов Австралии был создан искусственный риф из 15 тыс. шин. Рифы созданы у берегов Флориды из 215 тыс. шин; Новой Зеландии, Ямайки, Греции, Японии и др. Загрязнение морской воды при этом не происходит. Около 200 искусственных нерестилищ из изношенных шин создано в Германии.

Согласно разработке фирмы «Органикой» (Германия), при создании звукоизолирующих ограждений вдоль автострад у шин удаляют одну боковину, после чего их соединяют и заполняют землей. В результате образуется наклонный спуск, который можно озеленить. Такая конструкция поглощает звук и одновременно служит барьером безопасности. Для изготовления такого барьера требуется 5 тыс. шин на 100 погонных метров.

### **Физические методы переработки шин**

В настоящее время все большее значение приобретает направление использования отходов в виде дисперсных материалов. Наиболее полно первоначальная структура и свойства каучука и других полимеров, содержащихся в отходах, сохраняются при

механическом измельчении.

Ниже представлена классификация имеющихся в настоящее время способов измельчения вторичных шин.

#### **Способы измельчения шин:**

По температуре измельчения: при положительных температурах, при отрицательных температурах.

По механическому воздействию: ударом, истиранием, сжатием, сжатием со сдвигом, резанием.

Согласно данной классификации рассмотрим следующие технологии наиболее применимые в мировой практике:

#### **Механическая переработка**

В настоящее время этот метод переработки шин наиболее распространён – в мире насчитывается несколько десятков производителей подобного оборудования. Переработка автопокрышек на таком оборудовании обычно состоит из вырезания бортовых колец, грубого дробления шин на фрагменты, отслоения корда и тонкого измельчения резины.

В основу технологии переработки заложено механическое измельчение шин до небольших кусков с последующим механическим отделением металлического и текстильного корда, основанном на принципе "повышения хрупкости" резины при высоких скоростях соударений, и получение тонкодисперсных резиновых порошков размером до 0,2 мм путем экструзионного измельчения полученной резиновой крошки

Полученная крошка применяется при строительстве дорог и добавляется в неотвержденные резиновые изделия, но ввиду того, что она имеет посторонние включения, особым спросом не пользуется. Сам процесс получения крошки очень энергоёмкий, а оборудование подвержено быстрому износу и имеет высокую стоимость.

Бародеструкционная технология переработки

Технология основана на явлении "псевдосжижения" резины при высоких давлениях и истечении её через отверстия специальной камеры. Резина и текстильный корд при этом отделяются от металлического корда и бортовых колец, измельчаются и выходят из отверстий в виде первичной резино-тканевой крошки, которая подвергается дальнейшей переработке: доизмельчению и сепарации. Металлокорд извлекается из камеры в виде спрессованного брикета.

Опыт эксплуатации различных типов оборудования показывает, что измельчение при положительных температурах является наименее энергоёмким процессом.

Переработка целых шин при положительных температурах требует применения оборудования с износостойкими режущими элементами и многостадийной очистки резиновой крошки от металла и текстильного корда. Опыт эксплуатации различных типов оборудования показывает, что измельчение при положительных температурах является наименее энергоёмким процессом.

Несмотря на множество запатентованных решений, наличие в промышленности различных агрегатов для измельчения резин в стекловидном состоянии и при положительных температурах, эффективного, экономичного и надежного оборудования для получения тонкодисперсных порошков из изношенных шин до настоящего времени не создано ни в России, ни за рубежом.

#### **Переработка шин с применением криогенных технологий**

При низкотемпературной обработке изношенных шин дробление производится при температурах -60 град.С ... -90 град.С , когда резина находится, в псевдохрупком состоянии. Результаты экспериментов показали, что дробление при низких температурах значительно уменьшает энергозатраты на дробление, улучшает отделение металла и текстиля от резины, повышает выход резины. Во всех известных установках для

охлаждения резины используется жидкий азот. Но сложность его доставки, хранения, высокая стоимость и высокие энергозатраты на его производство являются основными причинами, сдерживающими в настоящее время внедрение низкотемпературной технологии. Для получения температур в диапазоне -80 град. С ... -120 град. С более эффективными являются турбохолодильные машины. В этом диапазоне температур применение турбохолодильных машин позволяет снизить себестоимость получения холода в 3-4 раза, а удельные энергозатраты в 2-3 раза по сравнению с применением жидкого азота

Криогенный процесс позволяет разделять композит покрышки на составные компоненты – резину, металл и текстиль. Однако, для охлаждения резины требуется либо дорогостоящий азот, либо достаточно дорогая и энергоемкая система получения и очистки холодного воздуха, специальная холодильная камера для заморозки кусков покрышки, что существенно повышает стоимость установки, эксплуатационные издержки и, естественно, себестоимость получаемой крошки. В результате измельчения при низких температурах крошка приобретает гладкую поверхность, что ухудшает её совместимость с другими полимерами, и в первую очередь, с каучуками. Переработка целых шин при положительных температурах требует применения оборудования с износостойкими режущими элементами и многостадийной очистки резиновой крошки от металла и текстильного корда

### **Возможные направления использования резиновой крошки**

Порошковая резина с размерами частиц от 0,2 до 0,45 мм используется в качестве добавки (5...20%) в резиновые смеси для изготовления новых автомобильных покрышек, массивных шин и других резинотехнических изделий. Применение резинового порошка с высокоразвитой удельной поверхностью частиц (2500-3500 см. кв. /г), получаемой при его механическом измельчении, повышает стойкость шин к изгибающим воздействиям и удару, увеличивая срок их эксплуатации.

Порошковая резина с размерами частиц до 0,6 мм используется в резинотехнических изделиях. При этом свойства таких резин (прочность, деформируемость) практически не отличаются от свойств обычной резины, изготовленной из сырых каучуков.

С экономической точки зрения наиболее целесообразным кажется использование резиновой крошки в рецептуре резиновых смесей. Однако, при самом оптимистическом прогнозе в смесях для шин и резинотехнических изделиях можно использовать не более 20% резиновой крошки, полученной при переработке всех шин, выходящих из эксплуатации. Поэтому важны другие области использования дробленой резины, особенно в связи с прогнозируемым увеличением объемов переработки изношенных шин.

Порошковую резину с размерами частиц до 1,0 мм можно применять для изготовления композиционных кровельных материалов (рулонной кровли и резинового шифера), подкладок под рельсы, резинобитумных мастик, вулканизованных и не вулканизованных рулонных гидроизоляционных материалов.

Порошковая резина с размерами частиц от 0,5 до 1,0 мм применяется в качестве добавки для модификации нефтяного битума в асфальтобетонных смесях. При небольших размерах частиц резиновая крошка распределяется по массе асфальтобетонной смеси более равномерно повышая упругую деформацию при отрицательных температурах. Объем дробленой резины в составе таких усовершенствованных покрытий должен составлять около 2% от массы минерального материала, т.е. 60...70 тонн на 1 км дорожного полотна. При этом срок эксплуатации дорожного полотна увеличивается в 1,5 - 2 раза.

Порошки размерами частиц от 0,5 до 1,0 мм используются также в качестве сорбента для сбора сырой нефти и жидких нефтепродуктов с поверхности воды и почвы, для тампонирования нефтяных скважин, гидроизоляции зеленых пластов и т.д. Резиновая

крошка с размерами частиц от 2 до 10 мм используется при изготовлении массивных резиновых плит для комплектования трамвайных и железнодорожных переездов, отличающихся длительностью эксплуатации, хорошей атмосферостойкостью, пониженным уровнем шума и современным дизайном; спортивных площадок с удобным и безопасным покрытием; животноводческих помещений.

### **Химические методы переработки шин** **Сжигание шин с целью получения энергии**

С точки зрения экологии использование изношенных шин для получения энергии оценивается неоднозначно. При сгорании резины покрышек генерируется широкая гамма чрезвычайно токсичных соединений, кроме того, образуются гидроксильные окислы серы, углерода, и азота, которые являются инициаторами кислотных дождей, а также сажа, которая, хотя и не является токсичным элементом, но из-за высокой сорбционной способности, поглощает вредные соединения, и становится весьма токсичной.

Отмечается в то же время, что продукты сжигания шин в печах могут не загрязнять атмосферу и, что в техническом отношении нет проблем в организации полного и безопасного сгорания шин в существующих печах, оборудованных соответствующими фильтрами очистки выбросов. Однако создание печей и очистительных установок для улавливания вредных газов и соединений тяжелых металлов требуют больших затрат. Применение шин в качестве топлива требует затрат порядка 20 - 35 или долларов на тонну.

Метод сжигания шин неперспективен также с энергетической точки зрения: с учетом КПД при сжигании легковой шины количество энергии примерно равно получаемой от сжигания 3 л. нефти, а энергия, накопленная в шине, равна энергии, получаемой при сжигании 27-30 литров нефти (21 литр расходуется на изготовление сырья и 6 литров на процесс переработки). Кроме того сжигание шин в печах осложняется тем, что в состав шин входят металлические элементы – бортовые кольца, металлокорд, шипы противоскольжения.

### **Озонная переработка шин**

Озон, контактируя с поверхностью резины, приводит к быстрому ее окислению, т.е. к разрушению межмолекулярных и внутримолекулярных связей. Особенно интенсивно разрушаются напряженные связи. Поэтому, при появлении или наличии на поверхности резины микротрещин, прежде всего начинается атака озоном тех молекул, которые расположены в вершинах трещин. Это приводит к быстрому разрастанию трещин и распаду материала на куски со сравнительно гладкими поверхностями. Ситуация напоминает низкотемпературное криогенное разрушение. Однако, в случае озонной атаки, поверхность образовавшихся кусков окислена, т.е. на поверхностях снижается молекулярная масса и появляются кислородсодержащие продукты окисления резины. На развитие реакции озонного разрушения очень сильное влияние оказывает напряженность резины, поэтому напрягаемые куски распадаются гораздо быстрее. Реакция протекает при очень низких энергозатратах. Можно сказать, что, озонное разрушение на частицы определенного размера требует энергозатрат в 5-10 раз меньше, чем криогенное разрушение. Когда разрушение идет до очень малых частиц (меньше 0,5-1 мм), то эффект окисления в среднем выражен достаточно сильно. Если же разрушение завершается образованием частиц 2-10 мм, то окисление в среднем можно рассматривать как слабое. Озон действует как рассекающий нож, измельчение сопровождается окислением приповерхностного слоя, требует низких энергозатрат и существенно ускоряется при деформациях кусков шин.

### **Пиролиз шин**

В наиболее развитых странах (США, Японии, Германии, Швейцарии и др.) уже

довольно длительное время эксплуатируются опытно-промышленные установки по пиролизу шин мощностью 7-15 тыс. т. в год по сырью.

Пиролиз кусков шин и резиновой крошки осуществляется в среде с недостатком кислорода, в вакууме, в атмосфере водорода в присутствии катализаторов и без них, в реакторах периодического и непрерывного действия, в псевдокипящем слое при различных температурах.

При термообработке целых и измельченных шин наиболее высокий выход масел наблюдается при 500оС, при 900оС отмечается наибольший выход газа. При этом выход продуктов определяется только температурой, а не размерами кусков шин. Из тонны резиновых отходов можно получить пиролизом 450-600 литров пиролизного масла и 250-320 кг пиролизной сажи, 55 кг металла, 10.2 м3 пиролизного газа.

В США в настоящее время фирмой "Firestone Tyres" проведены успешные опыты по трансформированию резины в метанол с получением пылевидной сажи, соответствующей стандарту для резинотехнического производства. Первая установка имеет производительность по метанолу 300 т/сутки. Установка рассчитана на переработку шин легковых автомобилей диаметром 50 см. Основным процессом деструкции резины для дальнейшего трансформирования продуктов разложения в метанол является пиролиз в окислительной камере при температуре 1000 °С. Для переработки шин необходимо их разрезать на части с отделением борта, который используется как побочный товарный продукт.

Не смотря на заманчивость данного метода, системы пиролиза, популярные в 70-е годы, оказались неудобными в эксплуатации в течение сколько-нибудь длительного времени. В настоящее время это направление считается не оправдавшим возлагавшихся на него ожиданий. Большая часть таких установок работала в периодическом режиме. Получаемые продукты требовали дополнительной очистки перед употреблением, а затраты не покрывались стоимостью получаемых материалов.

Специалисты считают, что проблема пиролиза старых шин практически исчерпана из-за высоких затрат и низкого качества получаемых продуктов.

Из проведенного обзора следует, что при всем многообразии предложенных технологических и технических решений проблему утилизации изношенных автомобильных шин нельзя считать решенной, так как большинство из них по-прежнему попросту выбрасываются, загрязняя территории, а объем их ежегодно возрастает.

### Литература

1. Звонов В.А., Козлов А.В., Кутенев Ф.В. Экологическая безопасность автомобиля в полном жизненном цикле // Автомобильная промышленность 2000 №11.
2. Звонов В.А., Кутенев Ф.В. и др. Утилизация автомобильной техники//Стандарты и качество, 2004, №8.
3. Луканин В.Н, Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология – М: Высшая школа,2001.
4. Хесина А.Я., Кривошеева Л.В., Третьяков О.Б. и др. Исследование содержания химических канцерогенных веществ в шинных резинах. – Тезисы докладов V Российской научно-практической конференции резинщиков. М. 1998.
5. Борисов О.В. ВторМетИнвест – лидер Подмосковья // Вторичные ресурсы, 2003, №1.
6. [www.enc.ex.ru](http://www.enc.ex.ru) (фонд экологизации транспорта).
7. [www.recyclers.ru](http://www.recyclers.ru) (Разгон Д.З. Вторичное использование и переработка изношенных шин. – ТБО, 01.07.2004).