

Для управления процессом выщелачивания осуществляется постоянный контроль за количеством и температурой выщелачивающих и производственных растворов, содержанием в них урана, рабочим давлением, кислотностью, окислительно-восстановительным потенциалом, содержанием в растворах железа и других примесей.

К обслуживанию комплекса бактериального выщелачивания должен допускаться только персонал, прошедший специальный инструктаж.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соботович Е.В. Де і як ховати радіоактивні відходи? Вісник НАН України, 1998, №3-4.
2. Шевцов Н.Р., Гудзь А.Г., Бабичев В.А. Технология глубинного захоронения аварийного энергоблока Чернобыльской АЭС. Вестник национального горного университета Украины, 1999, №5.
3. Толстов Е.А., Латышев В.Е., Лильбок Л.А., Куканова С.И., Зайнитдинова Л.И. Применение биотехнологии при выщелачивании бедных и упорных руд. Горный журнал, 2003, №8.

**УДК 629.11.012.5:658.567.1.004.8**

Д-р техн. наук В.Н. Беляков,  
инж. О.А. Молчанов  
(ИГТМ НАН Украины)

#### **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ ИЗНОШЕННЫХ ШИН**

Проаналізовано існуючі технології переробки шин, визначені переваги, недоліки та напрямки їх розвитку.

#### **THE ANALYSIS OF PROCESSING WORN OUT TIRES**

In this article have been analyzed existing technologies of processing tire's and also have been curttained their merits, demerits and directions of their development.

Изношенные шины представляют собой самую крупнотоннажную продукцию полимерных отходов. Они образуются и накапливаются в промышленных предприятиях, автохозяйствах, предприятиях шиномонтажа и автосервиса, а также в частном секторе.

По оценкам различных источников ежегодно к уже имеющимся в мире добавляются от 10 до 15 млн. тонн использованных шин [1]. Во многих европейских странах имеются программы, нацеленные на поддержку сбора, хранения и переработки отработанных покрышек. В большинстве случаев оплачивается сам факт утилизации автомобильных шин (100 – 450 EUR за тонну в разных странах). В Украине, в начале 2004г. также была принята программа, направленная на переработку изношенных шин.

В то же время нельзя не отметить, что изношенная шина представляет собой ценное полимерное вторичное сырье, содержащее резину, технический углерод и высококачественный металл. Экономически эффективная переработка шин позволит не только решить экологические проблемы, но и обеспечить высокую рентабельность перерабатывающих производств.

Исходя из вышесказанного, было бы не разумно не использовать такие огромные запасы изношенных шин в качестве объекта переработки и получения в про-

цессе утилизации вторичных материалов.

В настоящее время в мире существует довольно много различных технологий утилизации изношенных шин. Анализ существующих технологий свидетельствует, что методы дальнейшего использования изношенных покрышек различаются по конечному продукту, экономичности, технологичности и экологичности производства.

Укрупненно, технологии можно классифицировать по способу переработки шин:

- механическая переработка;
- переработка с применением криогенных технологий;
- переработка с применением технологий пиролиза;
- использование цельных шин;
- сжигание с целью получения энергии.

Механическая переработка шин.

Механическая переработка шин в конечный продукт предполагает их разделение на составляющие: резину, сталь, текстиль и дальнейшую обработку с целью создания нового материала.

Старые шины долгое время считались материалом, который невозможно использовать повторно. Одним из определяющих фактов в пользу данного мнения был тот, что шина представляет собой комплексное соединение различных материалов, для чистого разделения которых отсутствовали необходимые технологии. Также не представлялось возможным, так переработать основной компонент покрышки резину, чтобы он мог использоваться как новый материал.

Между тем развивались технологии, позволяющие чисто разделять основные компоненты автопокрышки: резину, сталь, текстиль, а также перерабатывать резину в конечный высококачественный продукт.

Резина размельчается механическим способом до резинового гранулята и пыли различного размера частиц, очищается и сортируется по фракциям. Сталь может быть переплавлена в новые изделия, текстиль может быть применен в строительстве, например, в качестве наполнителя или изоляционного материала.

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.

При данном методе невозможна переработка бортовых колец и текстильного корда, таким образом, шины перерабатывается всего лишь на 20-30%. Полученная крошка применяется при строительстве дорог и добавляется в неотчетственные 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. Кроме того производительность такого оборудования небольшая, что не позволяет организовать масштабное производство.

Ввиду вышеперечисленных причин окупаемость подобного оборудования составляет не менее трёх лет.

Переработка шин с применением криогенных технологий.

Основным преимуществом такого оборудования является то, что при низких температурах можно легко отделить резину от корда. Из других преимуществ этих линий можно выделить снижение энергозатрат, поскольку с понижением температуры снижается работа на разрушение и измельчение резины. Однако, этот вывод не совсем точен. Работа на разрушение резины, действительно, снижается в два раза при понижении температуры до  $-120^{\circ}\text{C}$ , однако для этого требуется значительное количество хладагента, а энергозатраты на его производство, как правило, перекрывают ту экономию, которую дает снижение энергозатрат на разрушение резины.

Необходимо учитывать также, что при криогенном измельчении получают порошок с гладкой поверхностью частиц и в силу этого, требуется дополнительная химическая или физическая модификация порошка, которая приведет к увеличению удельных энергозатрат. С учетом последнего обстоятельства использование криогенных технологий при переработке изношенных автопокрышек можно признать целесообразным только в тех странах, где есть большие мощности по получению жидкого азота: США, Германия и некоторые другие.

Так же следует отметить довольно высокую стоимость этого оборудования, и следовательно долгую окупаемость.

Переработка шин с применением технологий пиролиза.

Данная технология наиболее перспективна. Она представляет собой нечто иное как переработку при высоких температурах. При переработке в сырье, содержащаяся в использованных покрышках резина разделяется на составляющие, которые могут быть снова переработаны. При данном методе использованные покрышки под влиянием тепла ( $500-600^{\circ}\text{C}$ ) при отсутствии кислорода разделяются на твердые, жидкие и газообразные вещества. При этом длинные полимерные цепи превращаются в водородные молекулярные частицы.

Технологии пиролиза отличаются по своему температурному режиму (низкие, средние, высокие температуры) и типу реактора (вращающийся трубчатый реактор, сжигание в вихревой топке).

В настоящее время данные системы наиболее распространены. Однако они имеют низкую производительность и циклический характер рабочего процесса.

Использование цельных шин.

Изношенные шины легально или нелегально хранятся как на смешанных свалках с другими отходами, так и на свалках, предназначенных исключительно для использованных автопокрышек. Число хранящихся во всем мире на свалках шин оценивается в миллиард штук. Помимо захоронения, шины также утилизируют, используя их для защиты склонов от эрозии, создавая из них звукоизолирующие ограждения вдоль автострад и искусственные нерестилища для рыбы.

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

Сжигание шин с целью получения энергии.

При термической переработке использованных шин благодаря горению обра-

зуется энергия.

Шины более чем на четыре пятых состоят из углеводородных соединений. Теплота сгорания составляет 25-35 мДж/кг и сравнима с теплотой сгорания каменного угля.

Сжигание шин происходит в первую очередь в цементной промышленности и на теплоэлектроцентралях. Шины используются здесь как материал-заменитель угля и мазута.

Сжигание большого количества шин имеет исторические причины. Десятилетиями сжигание шин представляло собой недорогой способ получения энергии. Одновременно имелась возможность сэкономить первичные горючие материалы. Альтернативные способы переработки шин, имеющиеся в прошлом, чаще всего были нерентабельны.

Однако, изменившиеся условия, в особенности в области защиты окружающей среды, осознание необходимости рационального обращения с природными ресурсами, а также создание инновационных технологий по переработке использованных шин, все это требует нового, критического подхода к данному методу переработки.

Вместе с тем, получению энергии посредством сжигания использованных шин по отношению к международному потреблению горючих материалов – даже если термической переработке будут подвергнуты все старые автопокрышки, отводится очень скромная роль.

Ряд недостатков сжигания шин лежит в самой природе данного метода. Температурные колебания в процессе горения ведут к неполному сгоранию шины. При этом при температуре ниже 1100°C образуются такие ядовитые вещества, как хлорированный диоксин и фуран. Всем известен и неоспорим тот факт, что подобного рода процессы способствуют усилению тепличного эффекта. Так, в процессе горения образуется около 3,7 кг CO<sub>2</sub> на тонну шин.

В производстве цемента количество используемых в качестве топлива шин технологически ограничено. Применение в данном производстве большого количества старых автопокрышек негативно отражается на качестве цемента, так как содержащаяся в них сталь проявляется в цементе как оксид железа, который окрашивает материал.

Применение изношенных шин в качестве топлива в цементной промышленности сильно зависит от колебаний конъюнктуры рынка строительных материалов.

Прочие попытки создания рентабельного предприятия по переработке использованных шин в теплоэлектроцентралях потерпели поражения вследствие их недостаточно позитивного имиджа, высоких требований со стороны экологического законодательства и невысокого КПД.

Таким образом, сжигание шин является наиболее невыгодным способом переработки. В связи с необходимостью защиты окружающей среды и соответствующими правовыми предписаниями, установки по сжиганию использованных шин должны быть снабжены дорогостоящим оборудованием, ограничивающим выброс вредных веществ в атмосферу [2].

Требующиеся для этого большие капиталовложения снижают экономическую ценность автопокрышки как энергоносителя. Таким образом, теряется экономиче-

ское преимущество от использования покрышек в виде дешевого топлива по отношению к другим методам переработки.

Сжигание изношенных шин экологами во всем мире оценивается неоднозначно, что связано в первую очередь с выделением в атмосферу большого количества вредных веществ. Тем не менее, сжигание шин широко практикуется во всем мире. В первую очередь шины сжигают в цементных печах. Рентабельность такого метода переработки остается под вопросом.

Во многих странах наблюдается тенденция по ограничению сжигания шин в пользу других способов переработки. Это продиктовано осознанием того, что несмотря на то, что сжигание является одним из самых простых и удобных способов переработки шин, оно не является решением проблемы утилизации отходов, а напротив, препятствует созданию и применению новых методов переработки.

Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что существующие технологии как способ переработки изношенных шин не могут решить проблему их утилизации в промышленном масштабе ввиду их незначительной производительности, сомнительной привлекательности, как с экологической, так и с экономической точки зрения.

Единственным выходом из сложившейся ситуации является разработка принципиально новых высокопроизводительных технологий.

В этой связи, в ИГТМ НАН Украины предложена технология, в основу которой положена идея размягчения шин в расплаве отработанных высококипящих углеводородов с дальнейшей механической переработкой путем отжима в шнековом прессе (рис.1).

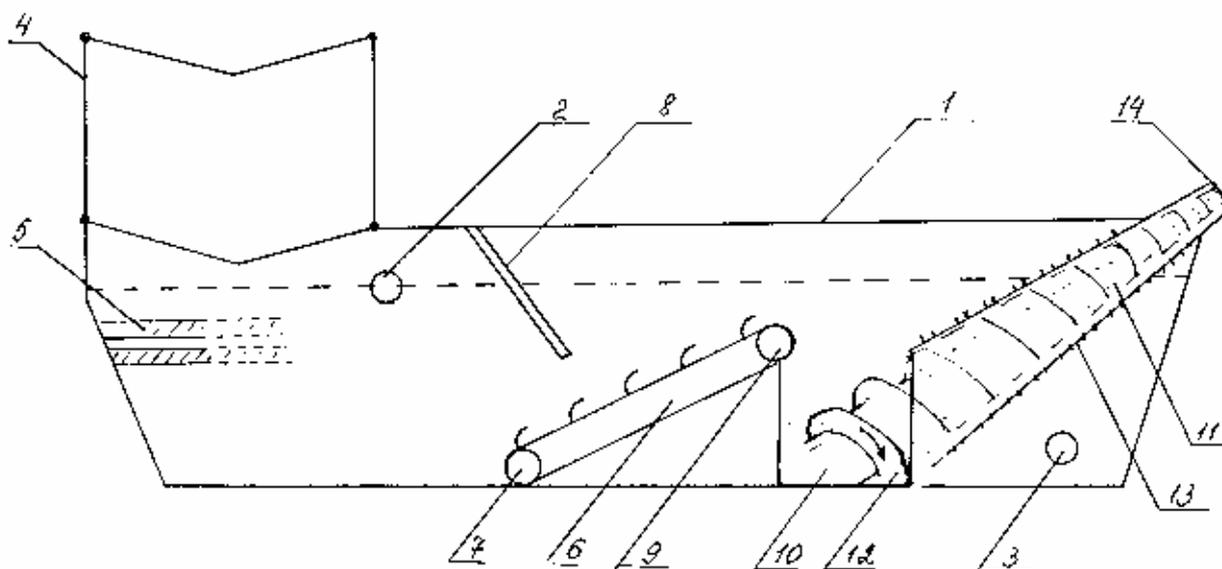


Рис. 1 – Принципиальная схема конструкции устройства по отделению размягченной резины от корда.

Качественным отличием этой технологии является то, что она предусматривает осуществление непрерывного процесса переработки изношенных шин, без предварительного разделения их на фрагменты. Это позволяет достичь высокой

производительности, соизмеримой с необходимыми объемами переработки данного вида отходов, а также сделать процесс утилизации высоко рентабельным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологии для экологии. – <http://www.eco-news.ru>
2. Золотая россыпь на обочине дорог в Украине. – <http://www.zerkalo-nedeli.com>
3. Rapra Review Report. № 99, 1997, Rapra Technology Ltd
4. Переработка автошин и пластмасс.– <http://www.mazut.net>

УДК 534.8

С.Л. Букин, А.Г. Машиниченко  
(ДонНИИ)

### К РАСЧЕТУ ОСНОВНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ВИБРАЦИОННОЙ МЕЛЬНИЦЫ НОВОГО ТИПА

Запропонована розрахункова схема і розроблена математична модель вібромлінів нового типу, встановлені залежності впливу конструктивних факторів на динамічні параметри коливальної системи

### TO ACCOUNT OF THE BASIC DYNAMIC PARAMETERS HORIZONTAL VIBRATING MILL OF A NEW TYPE

The settlement circuit of development is offered, mathematical model vibrating mill of a new type, the dependences of influence of the constructive factors on dynamic parameters of oscillatory system are established

Вибрационные мельницы получают все большее распространение при тонком измельчении разнообразных материалов. По сравнению с другими типами мельниц применение вибромельниц обеспечивает сокращение времени помола, снижение расхода электроэнергии, достижение высокой тонины помола и т.д. /1/. Развитие получили мельницы как вертикального, так и горизонтального типа. В данной работе рассматривается упрощенная динамическая модель горизонтальной вибромельницы с вибровращательной помольной камерой.

Вибромельница состоит из барабана с загрузочной, разгрузочной камерами и камерой помола с мелющими телами, рамы, виброизолированного корпуса с дебалансным вибровозбудителем и приводом его вращения. Расчетная схема барабанной вибромельницы приведена на рис.1.

При составлении расчетной схемы приняты следующие допущения:

- вибромельница имеет вертикальную плоскость симметрии;
- ось вращения вибровозбудителя проходит через центр тяжести барабана;
- вертикальные пружины имеют одинаковую жесткость и их оси расположены на одинаковом расстоянии от центра тяжести конусной втулки (для обеспечения одинаковых нагрузок на пружины);
- жесткости упругих элементов подчиняются закону Гука;
- потери энергии в упругих элементах и измельчающей среде не учитываем;
- не учитываем изменение положения центра масс барабана при разной степе-