

УДК 625.11.012.5

А.И. РАЗИНКОВ, канд. техн. наук, Н.В. ГНЕДОЙ, канд. эконом. наук (Институт общей энергетики НАН Украины, Киев)

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ НЕФТЕХИМИИ

Описаны преимущества энергоэффективной технологии переработки вторсырья нефтехимии на примере изношенных автомобильных шин. Приведены математические зависимости, позволяющие рассчитать параметры процесса охлаждения деталей в среде жидкого азота.

Использование вторичных материальных ресурсов имеет большое значение для интенсификации экономики. Кроме того, учитывая, что вторичные материальные ресурсы являются в основном отходами производства, использование последних наряду с решением вопросов экономии энергоресурсов и сырьевого обеспечения частично решает и проблему экологии.

Одним из характерных примеров использования вторсырья нефтехимии может служить переработка изношенных автомобильных шин и отходов резинотехнических изделий, являющихся опасными загрязнителями окружающей среды. При этом резиновые отходы являются источником длительного загрязнения окружающей среды, т.к. не подвергаются биологическому разложению, огнеопасны и способствуют распространению инфекционных заболеваний.

Ежегодно в Украине подлежит утилизации 7-9 млн изношенных шин, а в связи с ростом автомобильного парка, происходит их постоянное накопление. Вместе с тем, амортизированные автомобильные шины содержат в себе ценное сырье: каучук, металл, текстильный корд.

Полученные в процессе переработки резиновая крошка и резиновый порошок имеют широкое применение в промышленности. Это добавки в резиновые смеси для производства тех же шин и других резинотехнических изделий, использование в качестве топлива т.к. теплотворная способность резины выше, чем у угля, а также добавки при производстве кровельных материалов, резинобитумных мастик, гидроизоляционных материалов, для модификации нефтяного битума, в асфальтобетонных и других смесях [1]. С помощью резиновой крошки можно изготавливать также упрочненную пластмассу.

Текстильный корд может быть использован в производстве ремней и конвейерных лент, армированных строительных материалов.

Проблема переработки изношенных автомобильных шин и вышедших из эксплуатации резинотехнических изделий имеет большое экологи-

ческое и экономическое значение для всех развитых стран мира.

Существует несколько способов переработки шин: механический; регенерация резины; термический (пиролиз); растворением; прессованием; микробиологический.

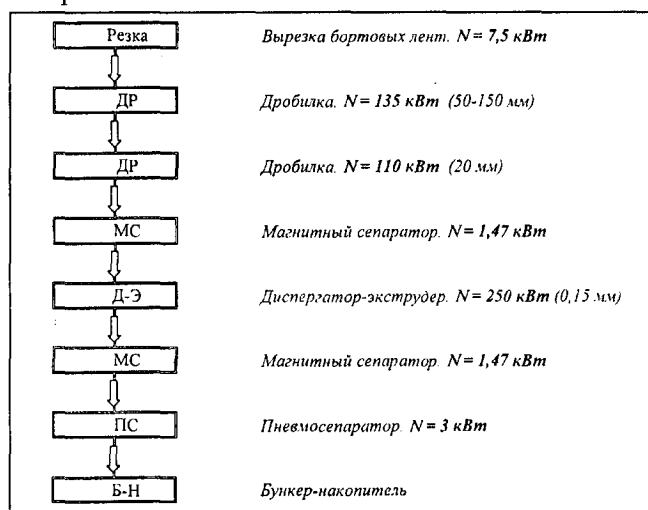


Рис. 1. Схема процесса измельчения автомобильных шин механическим способом.

В настоящее время как у нас, так и за рубежом нашел распространение механический способ переработки шин [2]. При этом существует чисто механический способ и с применением предварительного охлаждения обрабатываемых отходов криогенными температурами до их охрупчивания. В качестве хладоносителя, обычно, используется жидкий технический азот с температурой кипения $-195,8^{\circ}\text{C}$ (77К). На рисунках 1 и 2 приведены схемы технологического процесса измельчения утилизированных автомобильных шин чисто механическим способом и криогенным с указанием потребляемой электрической мощности используемого оборудования. Удельные энергозатраты на отделение резины от корда и измельчение ее при криогенном способе обработки в сорок раз меньше, чем при чисто механическом и составляют 0,0125 кВт.ч/кг и 0,495 кВт.ч/кг соответственно. Существенные энергозатраты, при этом, приходятся только на высоко-

частотный нагрев перерабатываемых шин, необходимый для ослабления связей металлического корда с резиной, который применяется только в случае переработки шин этого типа.

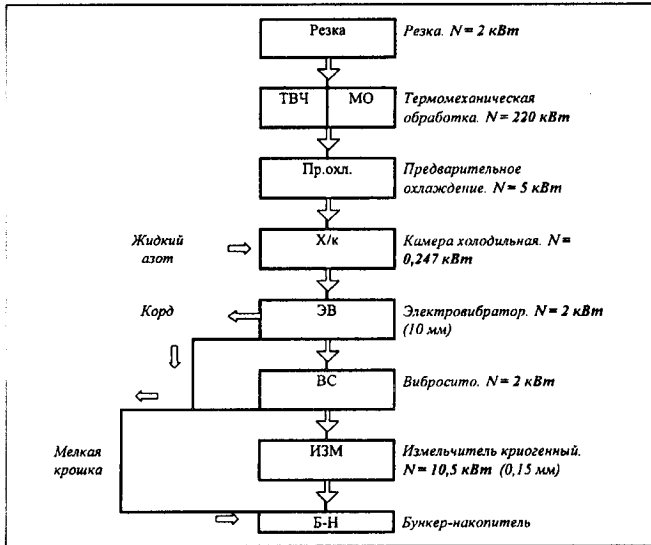


Рис. 2. Схема процесса измельчения автомобильных шин криогенным способом.

Жидкий азот является достаточно дешевым продуктом. Он может быть получен как на специальных воздухоразделительных установках, так и как побочный продукт при дросселировании газов избыточного давления, в частности природного газа. Для этой цели используются детандер-генераторные установки для производства электрической энергии с производством дешевого жидкого азота. Кроме того, при криогенном измельчении получается гладкая поверхность частиц, хорошая сыпучесть и смешиваемость, что немаловажно при последующей автоматизированной переработке.

"Инертизация" зоны измельчения препятствует окислению измельчаемого материала и гарантирует пожаро- и взрывобезопасность.

Процесс охлаждения фрагментов вторсырья в среде жидкого хладагента до температуры его насыщения [3] является нестационарным процессом конвективного теплообмена в среде большого объема. Согласно закону Ньютона количество тепла, отдаваемое фрагментом при охлаждении, выражается формулой.

$$dQ = S\alpha(T_x - T_c)dt. \quad (1)$$

где S – площадь теплоотдающей поверхности, m^2 ; α – коэффициент теплоотдачи, $Вт/м^2К$; T_x и T_c – мгновенная температура фрагмента и температура среды соответственно, $К$; τ – время, $с$.

Предположим, что охлаждение идет по всей поверхности фрагмента с постоянным коэффи-

циентом теплоотдачи. Поскольку приведенная схема криогенной переработки шин предусматривает предварительное их разрезание здесь и далее будем рассматривать охлаждаемые фрагменты как плоские детали толщиной h . Известно, что количество тепла, отдаваемое деталью составляет

$$dQ = CdT, \quad (2)$$

где $C = V\rho c = Sh\rho c$ – полная теплоемкость, ρ – плотность материала детали, $кг/м^3$; c – его удельная теплоемкость, $Дж/кг.К$

Приравняв (1) и (2), после ряда преобразований получаем выражение для определения времени охлаждения детали.

$$\tau_{охл} = [(h\rho c)/\alpha](-\ln\Theta), \quad (3)$$

где $\Theta = (T_x - T_c) / (T_0 - T_c)$ – относительная температура (T_0 – начальная температура детали).

По расходу хладагента при охлаждении деталей Ю.Хессе в работе [4] предлагает упрощенную методику расчета необходимого количества хладагента в зависимости от количества тепла, которое необходимо отвести от охлаждаемой детали и холодильной камеры, и удельной теплоты испарения хладагента: $m = Q_d + Q_k / r$; $Q_d = \Delta T c_d m_d$; $Q_k = \Delta T c_k m_k$, где r – удельная теплота испарения $Дж/кг$.

Все эти данные являются ориентировочными и требуют уточнения в каждом конкретном случае в зависимости от конструкции холодильной камеры, качества ее теплоизоляции и режима работы оборудования.

Не менее важным параметром процесса измельчения детали после ее охлаждения, особенно при его автоматизации, является допустимое время транспортировки детали на позицию дробления.

Рассматривая процесс нагрева детали как процесс естественного конвективного теплообмена со спокойной атмосферой и учитывая, что рассматриваемое тело имеет высокий коэффициент теплопроводности λ по сравнению с коэффициентом теплоотдачи α , его внутренним термическим сопротивлением можно пренебречь. В таком случае в любой момент времени τ температурные градиенты внутри тела отсутствуют и нагревание происходит по закону Ньютона. Расчет времени нагревания охлаждаемого плоского образца в спокойной атмосфере производится с допущениями:

- коэффициент теплоотдачи в процессе нагрева остается постоянным ($\alpha = const$);
- теплообменом с торцев детали пренебрегаем, приняв $l \gg h$.

Решение дифференциального уравнения теплообмена для неограниченной пластины имеет в этом случае вид [5].

$$\theta = (T_c - T_{mp}) / (T_c - T_0) = e^{-NuFo} \quad (4)$$

Расшифровав значение критериев Нуссельта Nu и Фурье Fo и прологарифмировав выражение, получим время нагрева транспортируемой детали до температуры $T_{тр}$.

$$T_{тр} = [(h \rho c) / (2\alpha)] (-\ln\theta) \quad (5)$$

Подробнее процесс охлаждения деталей в среде жидкого азота и процесс транспортировки охлажденных деталей на открытом воздухе с проведением экспериментальных исследований рассмотрен в работе [3]. Там же приведены рекомендации по разработке автоматизированного оборудования, использующего охлаждение жидким азотом, и конкретные примеры их реализации [6-9].

При охлаждении большого количества деталей целесообразно производить предварительное охлаждение потока деталей в среде холодных паров азота. Экономия хладагента в этом случае может достигать 20%.

Таким образом, из соображений энергосбережения и охраны окружающей среды целесообразным является создание автоматизированного комплекса по утилизации изношенных автомобильных шин методом их измельчения с предварительным охлаждением в среде жидкого азота с использованием детандер-генераторной установки. Исходя из предварительных проработок, просматривается сравнительно несложное обо-

рудование, позволяющее создать энергоэффективное безотходное производство.

Экономическая эффективность использования резиновой крошки и резинового порошка в производстве автомобильных шин и других резинотехнических изделий очевидна. Она выражается как в экономии сырья, так и в экономии энергоресурсов.

Получаемый с использованием резиновых порошков регенерат представляет собой хорошо приготовленную маточную смесь определенного состава и является интенсификатором процесса изготовления резиновых смесей. Интенсификация в данном случае заключается в повышении скорости и сокращении продолжительности технологического процесса, уменьшении энергетических и трудовых затрат и улучшении конфекционных свойств резиновых заготовок и технологических свойств резиновых смесей на участке вулканизации [1]. Так, удельный расход электроэнергии, который в 2000 году составлял 44,4 кВт.ч/шт., может быть снижен до 38 кВт.ч/шт., а удельный расход тепловой энергии до 145 Мкал/шт. по сравнению с 166,8 Мкал/шт в 2000 году. При утилизации, например, 30% изношенных шин по Украине годовая экономия электрической энергии может составить 19 млн кВт.ч, тепловой энергии 65 млн.Мкал, а общий экономический эффект может составить порядка 6-8 млн грн.

1. Макаров В.М., Дроздовский В.Ф. *Использование амортизированных шин и отходов производства резиновых изделий.* – Л.: Химия, 1996. – 248 с.
2. *Оборудование по переработке изношенных шин и измельчению вулканизаторов* / В.И.Тарасов, М.Е.Щербаков и др. – М.: ЦНИИЭнефтехим, 1983. – 42 с. – (Сер. ХМ-2).
3. Разинков А.И. *Исследование технологических параметров автоматизированной сборки с охлаждением соединений с гарантированным натягом.* Автореф.канд.дисс. – Одесса, ОПИ, 1981. – 18 с.
4. Hesse J. *Schrumpfen und lösen von Prebsiten durch Underkullen mittels flusigen Stickstoff.* – *Technisches Zentralblatt fur praktische Metallbearbeitung*, Bd. 61. – № 10. – s. 588-592.
5. Шнейдер П. *Инженерные проблемы теплопроводности.* Пер. с англ. – М.: Инстрлит., 1960. – С. 286-289.
6. А.с. 573314 СССР РМКИ В23Р 19/02. *Устройство для сборки деталей* / Разинков А.И., Бобровников Г.А., Зенкин А.С., Кантур В.Г. – Б.И. – 1977. – № 35.
7. А.с. 626929. СССР МКИ В23Р 19/02. *Устройство для термической сборки прессовых соединений деталей типа вал-втулка* / Разинков А.И. – Б.И. – 1978. – №37.
8. А.с. 912474. СССР МКИ В23Р 19/02. *Устройство для термической сборки прессовых соединений деталей типа вал-втулка* / Разинков А.И., Зенкин А.С., Кантур В.Г. – Б.И. – 1982. – № 10.
9. А.с. 1723419 АІ СССР МКИ В63Р 19/02. *Устройство для глубокого охлаждения штучных изделий.* Разинков А.И., Зенкин – Б.И. – 1992. – № 12.