

отметить во всех примерах имеет место S-образный характер кривых. Во-вторых, обращаем внимание на тенденцию замещения твердого топлива сначала жидким, а затем газообразным (а). Это типичный пример замещения старого новым. На кривых изменения объемов добычи угля в 1960 г. заметна точка перегиба. Это означает, что в начале 60-х гг. закончился период интенсивного развития добычи угля на топливо. В это же время развитие нефте- и газодобычи происходит растущими темпами, тем самым начинается замещение твердых видов топлива. Затем, в 80-х гг., заметна тенденция завершения интенсивного роста нефтедобычи, которую начинает замещать более прогрессивный вид топлива – газ. Следовательно, сейчас актуальны работы по добыче твердых и жидких горючих ископаемых способом подземной газификации. Есть основания предполагать, что добыча газа на топливо вступит в экстенсивный

период развития и объективно на смену газу придет более прогрессивный вид топлива (энергии). На рис. 1в представлено изменение объемов добычи минеральных удобрений в мире за 1940–1990 гг. Также можем наблюдать на S-образной кривой точку перегиба в начале 70-х гг., означающую переход в экстенсивный период развития, а это означает начало замещения традиционных минеральных удобрений новыми способами повышения урожайности. Возможно, что это генная инженерия. Анализ других кривых (б, г) также позволяет прогнозировать развитие работ по созданию новых материалов и технологий.

Таким образом, графические методы прогнозирования нужны для определения тенденций развития научных исследований и выбора наиболее перспективных направлений в каждом конкретном случае.

УДК 685.34.08:685.34.03

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Канд. техн. наук БУРКИН А. Н., инж. МАТВЕЕВ К. С.*

*Витебский государственный технологический университет*

Постоянно растущие требования к эксплуатационным характеристикам обувных материалов привели к широкому использованию высокопроизводительной и экономичной технологии изготовления низа обуви из полиэфируретановых эластомеров методом жидкого формования. Разработанный в 70-х гг. и внедренный на нескольких обувных предприятиях метод жидкого формования не утратил актуальности до настоящего времени. Планомерное развитие химической промышленности способствует синтезу новых материалов, обладающих улучшенными физико-механическими свойствами, что позволяет повышать качество пенополиуретановых подошв.

Однако тенденция увеличения выпуска изделий из любого полимерного материала сопровождается ростом объемов отходов, образующихся в результате изготовления продукции. Следует заметить, что пенополиуретановые отходы не допускается вывозить на полигон для захоронения. Их утилизация, ввиду отсутствия специализированных предприятий, возлагается на производителя. Количество полиуретановых отходов в виде литников, сливов, облоя и бракованных изделий при жидком формовании, составляет до 5...10 % в зависимости от условий производства, и уменьшить его практически невозможно. Но, как показывает практика, вполне реально эти отходы перерабатывать. Поскольку широкое

развитие метод жидкого формования получил в конце 70-х – начале 80-х гг., проблема переработки отходов не могла не привлечь внимания ученых. Были разработаны различные способы переработки и утилизации пенополиуретановых отходов за рубежом и в Советском Союзе. За рубежом наибольшее распространение получили химические методы, основанные на аминоллизе, гидролизе и деструктивном растворении с целью получения исходных компонентов – олигодиолов и диаминов для их повторного использования при синтезе пенополиуретанов. Однако химические методы требуют достаточно высокой организации производства, сложного аппаратурного оформления, использования дорогостоящих растворителей и больших объемов перерабатываемых отходов, обеспечивающих эффективность технологических процессов (речь идет о переработке 10...15 т отходов в сутки), что предполагает специализированность перерабатывающего предприятия. Поэтому в отечественной практике широкое распространение получили термомеханические способы переработки. Так, на Киевском заводе искусственных кож «Вулкан» велись разработки нескольких способов переработки отходов полиуретановых подошв в детали низа обуви. По одному из способов переработка полиуретановых отходов предполагает:

- термопластикацию и смешение отходов;
- листование смеси;
- каландрование заготовок с последующим прессованием изделий.

Получаемые изделия в виде набоечных пластин, каблучков, подошв и т. д. могли бы использоваться при ремонте и изготовлении обуви. Основное достоинство этой технологии – в возможности переработки любой по объему партии отходов и использовании простого и универсального оборудования. Аналогичные разработки проводились на обувной фабрике «Скорострел» и других предприятиях, но в силу различных причин широкого распространения указанные технологии не получили.

Поэтому, когда перед предприятиями г. Витебска, выпускающими обувь на пенополиуретановом

ниже, встала проблема переработки образующихся отходов, то для ее решения оптимальным признан термомеханический метод. Основопологающим фактором, повлиявшим на этот выбор, оказались объемы отходов, образующихся на предприятиях. Их общее количество составило порядка 60...75 т в год, что не позволяло применять химический метод переработки ввиду его нерентабельности. Решение поставленной задачи осуществляла группа научных сотрудников Витебского государственного технологического университета по двум направлениям. Совместно с обувным предприятием ООО «Предприятие Марко» были разработаны технология и оборудование для изготовления вкладыша в каблучную часть низа обуви. Сущность технологии показана на рис. 1. Предварительно измельченные на дробилке роторно-ножевого типа отходы кожи и пенополиуретана смешиваются в определенной пропорции и экструдируются на шнековом экструдере в полосу установленных размеров, которая впоследствии разрезается на мерные заготовки, затем они закрепляются в литевых пресс-формах в каблучной части и при заливке пенополиуретановой композиции оказываются внутри подошв. Кроме улучшения условий литья, вкладыш позволяет экономить полиуретановую композицию на величину, равную объему вкладыша. В отличие от традиционно используемых вкладышей из дерева, ДВП или полиэтилена, которые в процессе носки обуви растаптываются и отделяются от материала подошвы, прочность соединения вкладыша из отходов с материалом подошвы оказывается на порядок выше. Объясняется это, во-первых, высокоразветвленной поверхностью вкладыша, а, во-вторых, тем, что ввиду совпадения материала подошвы и основного материала вкладыша они взаимно диффундируют, обеспечивая прочность соединения. В ходе испытаний происходил разрыв материала подошв, но не наблюдалось разрывов по месту соединения вкладыша с низом обуви. Разработка была внедрена и используется в настоящее время на всех предприятиях г. Витебска, выпускающих обувь литевым методом крепления подошв. Это

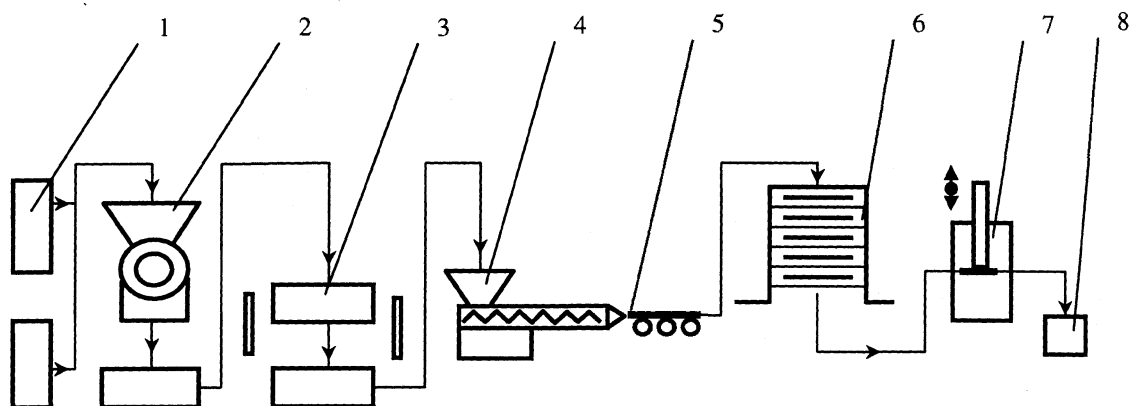


Рис. 1. Схема переработки пенополиуретановых и кожаных отходов в изделия типа «вкладыш»: 1 – сбор отходов; 2 – измельчение; 3 – смешивание; 4 – термопластикация (деструкция); 5 – формообразование; 6 – вылеживание изделий; 7 – дополнительная обработка; 8 – окончательное изделие

ООО «Предприятие Марко», СП «Белвест», ОАО «Красный Октябрь», где срок окупаемости изготовленного оборудования составил 6...9 месяцев (в зависимости от объемов производимой обуви).

Однако полностью решить проблему переработки отходов пенополиуретанов с помощью этой технологии не удалось, поскольку объем перерабатываемых таким образом отходов составил всего лишь 10...15 % от общего количества. Поэтому совместно с обувным предприятием ОАО «Красный Октябрь» разрабатывались технологии и создавалось оборудование для изготовления дешевого подошвенного материала из отходов (для домашней обуви). Следует отметить, что производство домашней обуви – вспомогательное, использующее исключительно отходы основного производства. Из отходов верхнего кожтовара сшивается верх обуви, отходы картона идут на стельки, из отходов пластмассового лома изготавливают каблучки, отходами кожи их обтягивают; мех, искусственная кожа – все идет в дело. А упоминавшиеся подошвы, которые, как ранее считалось, из отходов не сделать, до недавнего времени изготавливали из микропористой резины или «кожволон». Такие материалы в республике не производятся, и необходимо было делать зна-

чительные закупки в России или странах дальнего зарубежья, затрачивая валютные средства предприятия. Но в связи с тем, что это производство не основное для предприятия, то и его финансирование велось по остаточному принципу. Цех ширпотреба зачастую простаивал, что приносило дополнительные убытки, поэтому производство дешевого подошвенного материала позволяло решать множество проблем предприятия.

В этом направлении и велись дальнейшие исследования, результатом которых стали разработанная технология и изготовленное для ее реализации экспериментальное оборудование. Установка для переработки отходов пенополиуретанов в подошвенный материал представляет экструдер со щелевой головкой, дополненный прокатным устройством. Технология переработки включает несколько основных этапов, которые схематично показаны на рис. 2. Первый этап – это измельчение отходов, осуществляемое на роторных измельчителях, до частиц размером не более 10×10×10 мм. Далее отходы засыпаются в загрузочный бункер экструдера, в котором происходят термомеханическая деструкция, гомогенизация, пластикация, в результате чего материал приобретает свойства термопласта и в виде расплава продавливается через щелевую голов-

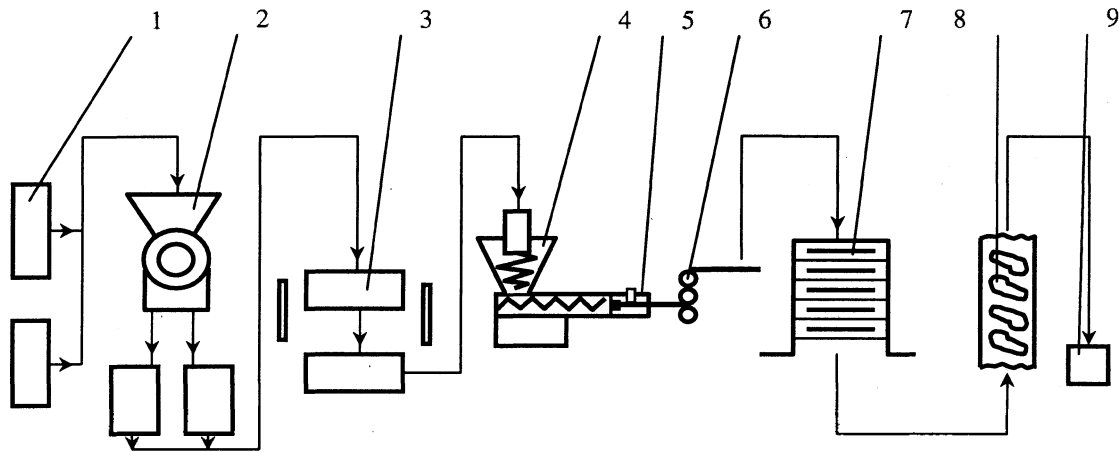


Рис. 2. Схема переработки пенополиуретановых отходов в подошвенный материал: 1 – сбор отходов; 2 – измельчение; 3 – смешивание; 4 – термопластикация (деструкция); 5 – предварительное формообразование; 6 – окончательное формообразование; 7 – вылеживание изделий; 8 – дополнительная обработка; 9 – окончательное изделие

ку. После этого расплав материала попадает в межвалковый зазор прокатного устройства, где приобретает окончательную форму в виде ленты шириной 200...250 мм и толщиной 3...5 мм. Длина определяется удобством работы оператора экструдера и составляет 2...2,5 м.

Благодаря рельефному рисунку, нанесенному на один из валиков прокатного устройства, негативный рисунок отформовывается на ленте и фиксируется при охлаждении материала. После процесса вылеживания в течение суток, который необходим для термостабилизации и термофиксации физико-механических свойств, подошвенный материал используется для производства домашней обуви цехом ширпотреба.

Для применения в промышленном производстве требовалось провести испытания физико-механических характеристик получаемых из отходов материалов. Для этого необходимо определить наиболее близкие по эксплуатационным свойствам материалы. Поскольку предполагалось применять изделия при изготовлении домашней обуви, комплекс испытаний должен быть адекватным традиционно применяемым для этих целей. Как правило, для изготовления подошв домашней обуви используются кожеподобная резина типа «кожволон», монолитный ПВХ и непористые резины. Поэтому испытания проводились в отношении семи пока-

зателей в соответствии с ГОСТ 267–73, ГОСТ 270–75, ГОСТ 263–75, ГОСТ 422–75 и ГОСТ 10642–63. Сравнительные данные испытаний сведены в табл. 1, в которой приведены справочные данные и по вышеприведенным материалам.

Таблица 1

**Физико-механические свойства материалов для низа обуви**

Показатели	Материал из отходов ПУ	Резина «кожволон»	ПВХ монолит.	Резины непористые
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,19...1,20	1,15	1,35	1,3
Твердость по Шору, у. е.	83...87	85	80	75
Предел прочности при разрыве, МПа	7,5	6,0	3,5	4,5
Относительное удлинение при разрыве, %	260...265	350	400	170
Остаточное удлинение, %	42...45	12	25	25
Сопrotивление истиранию, Дж/мм <sup>3</sup>	4...4,5	3,9	2	2,5
Сопrotивление многократному изгибу, килоцикл	120	10	15	15

Как видно, эксплуатационные характеристики новых материалов из отходов ни в чем не ус-

тупают аналогичным показателям такого традиционно применяемого материала, как «кожволон». На основании этого было принято решение о серийном производстве подошвенного материала из отходов пенополиуретана. Разработанная технология переработки отходов используется с начала 2000 г. и по расчетам экономистов предприятия полностью окупил затраченные средства всего за девять месяцев работы оборудования, что свидетельствует о ее высокой рентабельности. Таким образом, совместная разработка технологии сотрудниками университета и предприятия позволила отказаться от закупок импортного подошвенного материала.

Вместе со значительным экономическим эффектом, достигнутым благодаря внедрению описанных выше технологий, немаловажное значение приобретает и экологический аспект, связанный с уменьшением объемов вывоза отходов на полигон для захоронения, а соответственно и с загрязнением окружающей среды. В конкретном случае с ОАО «Красный Октябрь» проблема утилизации отходов пенополиуретана, образующихся при изготовлении обуви методом

жидкого формования, решена полностью. Примечательно, что переработка осуществляется путем возврата отходов (уже в виде нового материала) в технологический процесс изготовления обуви на самом предприятии. Тем самым сделана хорошая заявка на организацию безотходного производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гриценко Т. М., Матюшов В. Ф., Степаненко Л. В. Способы утилизации отходов полиуретанов / Пластические массы. – 1980. – № 7. – С. 51–52.
2. Кирьянов Г. Л., Еремеев В. С., Баранбойм Н. К. Регенерация отходов производства полиуретановых изделий. – М.: ЦНИИТЭИЛегпром, 1985. – 28 с.
3. Серeda О. В., Коваленко М. Н., Леошина Л. С. Влияние различных добавок на свойства полимерного материала для набоек // Кожевенно-обувная промышленность. – 1990. – № 3. – С. 24–26.
4. Буркин А. Н., Матвеев К. С., Смелков В. К. Переработка твердых отходов обувных предприятий г. Витебска. – Витебск: ВГТУ, 2000. – 118 с.