

УДК 685.34

РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ С ПВХ-ПОКРЫТИЕМ

*Е.А. ЕГОРОВА, канд. техн. наук, доц. А.Н. БУРКИН, К.С. МАТВЕЕВ
(Витебский государственный технологический университет)*

Рассмотрена переработка отходов искусственных кож, образующихся на предприятиях легкой промышленности. Предложен термомеханический метод рециклинга отходов и изучен процесс их диспергирования на этапах измельчения и экструзии. На основании изученных данных предложено оборудование, в котором максимально учтены действия негативных факторов, влияющих на разрушение волокнистого наполнителя.

Переработка отходов - одна из главных проблем, которую приходится решать каждому предприятию, занятому выпуском продукции. Особо важна эта проблема для обувных предприятий. Объясняется это большим количеством материалов, которые подвергаются переработке с целью получения окончательной продукции.

Постановка задачи исследования. Самое оптимальное решение проблемы - строительство перерабатывающего предприятия, которое утилизировало бы отходы обувного производства. Но и в этом случае необходимо осуществлять сбор однообразных отходов, чтобы потом перерабатывать всю партию. Связано это с большой производительностью перерабатывающих агрегатов, которые обеспечивают экономический эффект процессов рециклинга.

Однако в настоящее время экономическое положение не позволяет осуществить строительство подобного перерабатывающего завода. Поэтому разработка технологии и оборудования, ориентированных на переработку малотоннажных партий отходов, позволит решить ряд вопросов, связанных с рециклингом на предприятии, изготавливающем обувь.

Особую опасность с экологической точки зрения представляют отходы искусственных кож, которые захоронению на полигоне твердых бытовых отходов не подлежат, а их объем с каждым годом увеличивается.

Экспериментальная часть. Для решения поставленной задачи был предложен разрабатываемый учеными университета термомеханический метод рециклинга отходов, осуществляемый на экструдерах шнекового типа. Сущность подобного метода заключается в следующем. Отходы производства, имеющие в своем составе хотя бы один термопластичный компонент, подвергают измельчению на роторно-ножевой дробилке. После этого измельченные отходы засыпают в бункер шнекового экструдера, где под действием повышенной температуры и сдвиговых деформаций, термопластичный компонент переходит в вязкотекучее состояние. Перемешиваясь с отходами нетермопластичного (или имеющего более высокую температуру плавления) компонента, образуется композиционный материал. Находясь в указанном агрегатном состоянии, материал перемещается по виткам шнека и при продавливании через формообразующую фильеру приобретает окончательную форму [1].

По данной схеме была осуществлена переработка отходов искусственных кож с ПВХ-покрытием и проведены исследования свойств полученных материалов. Подвергаемый переработке материал по своей структуре можно отнести к классу композиционных волокнистых материалов, в которых основу составляют следующие три элемента: волокна, матрица и граница раздела между ними. В таких материалах волокнистый наполнитель во многом определяет прочность и модуль упругости композиционных материалов, т.е. обеспечивает стойкость материала к деформированию и разрушению под действием механических сил.

Матрица в волокнистом композиционном материале передает и распределяет внешнюю нагрузку между отдельными волокнами, а также поддерживает индивидуальные волокна в заданной ориентации и предохраняет волокна от истирания, действия влаги или других факторов окружающей среды, обуславливает совместное сопротивление волокон деформированию и разрушению при действии механических сил. Полимерная матрица также определяет максимально возможную температуру эксплуатации материала.

Природа границы раздела, в первую очередь адгезионное взаимодействие наполнителя и матрицы, в решающей степени определяет уровень свойств композиционных материалов и их сохранение при эксплуатации. Локальные напряжения в композиционном материале достигают максимальных значений как раз вблизи или непосредственно на границе раздела, где обычно и начинается разрушение материала. Граница раздела должна обладать определенными свойствами, чтобы обеспечить эффективную передачу механической нагрузки, воспринимаемой от матрицы, на волокна [2].

Перед исследователями стояла задача не только в разработке рациональной технологии и оборудования по переработке отходов искусственных кож, но и в получении качественных материалов, которые можно использовать при производстве обуви.

Проведенные ранее исследования по определению влияния степени диспергирования показали, что при увеличении частиц от 2...3 мм до 10...30 мм, прочностные характеристики композиционных материалов увеличиваются [3]. Полученные результаты потребовали внесения корректив в оборудование, которое используют для рециклинга отходов искусственных кож.

Увеличение длины волокна при кажущейся простоте является достаточно сложным делом, поскольку требует внесения существенных изменений как в процесс предварительного дробления, так и последующей термомеханической переработки на экструзионных машинах. Поэтому всестороннему анализу было подвергнуто оборудование, оказывающее воздействие на процессы диспергирования перерабатываемых отходов.

Наибольшее влияние в этом плане оказывает роторно-ножевой измельчитель, степень измельчения на котором имеет строго выраженное ситовое распределение получаемых частиц, характеризующееся образованием большого количества мелкодисперсного материала волокнистой структуры с размером частиц 2...3 мм. Увеличение размера отверстий решетки приводит к большому разбросу размеров получаемых дисперсных частиц (от 1 до 20 мм). Поэтому необходимо было разработать приспособление для измельчения отходов, которое позволит получить дисперсные частицы (волокна) с линейным размером 10...30 мм.

Следующий этап, который приводит к дополнительному измельчению отходов, - это термомеханическая переработка на экструзионной машине. Процессы получения и переработки композиционных полимерных материалов с волокнистым наполнителем (в исследуемом материале в качестве наполнителя выступает основа искусственной кожи) на различных типах экструзионного оборудования сопровождаются значительным разрушением волокнистого наполнителя, что приводит к ухудшению физико-механических свойств изделий. В зоне загрузки разрушение волокнистого наполнителя в композите, находящемся в твердом состоянии, происходит в основном за счет среза витками червяка. Этот вид разрушения наполнителя особенно заметен для волокон, длина которых сравнима с глубиной канала червяка. Так, например, при пластикации стекловолокниста ДСВ с длиной волокна $L_B = 1$ мм разрушению подвергается до 66 % мас. наполнителя. Существенную роль играет также глубина канала. Разрушение наполнителя минимально при малых (0,5...0,6 длины волокна) или больших (более длины волокна) глубинах канала, что связано со спецификой ориентации волокон наполнителя. В зоне транспортировки нерасплавленного композита разрушение наполнителя практически не происходит, так как отсутствуют сдвиговые деформации в массе композита благодаря армирующему действию волокон наполнителя и, как правило, не развиваются высокие давления.

Интенсивность разрушения в зоне плавления определяется характером движения и плавления полимера, зависящего от содержания волокнистого наполнителя, его длины и прочностных показателей. Также на разрушение волокнистого наполнителя в процессе получения композита оказывает метод введения волокна. Известно, что введение волокна в зону расплава экструдера приводит к наименьшему разрушению [4].

Нами была предпринята попытка разработки оборудования для переработки отходов искусственных кож, в котором максимально учитывались действия негативных факторов, влияющих на разрушение волокнистого наполнителя. Поскольку основное разрушающее воздействие оказывается в результате перемещения волокнистого наполнителя по винтовому каналу шнека, то был предложен экструдер для переработки отходов искусственных кож, состоящий из привода вращения шнека, корпуса с нагревателями, загрузочного бункера, шнека с уменьшающейся глубиной канавки и фильеры. Для осуществления процесса предварительного измельчения, над загрузочным бункером установлен механизм резки, включающий приводной вал с ножами и прижимной вал, при этом привод вращения приводного вала кинематически связан с приводом вращения шнека. Указанное устройство позволило совместить в одной единице оборудования две функции: процесс измельчения и процесс экструзии, что значительно повышает эффективность процесса переработки, сокращает производственные площади и упрощает технологическую схему процесса переработки.

Существенным отличием предлагаемой установки является использование шнека небольшой длины, которая определяется минимальным разрушающим воздействием, при обеспечении необходимой степени прогрева материала и возможности его перемешивания, которые также обеспечиваются благодаря оптимальной длине канала шнека. Определение данного параметра было осуществлено экспериментальным путем, на специально разработанной установке, которая явилась базой для создания нижеописываемого оборудования.

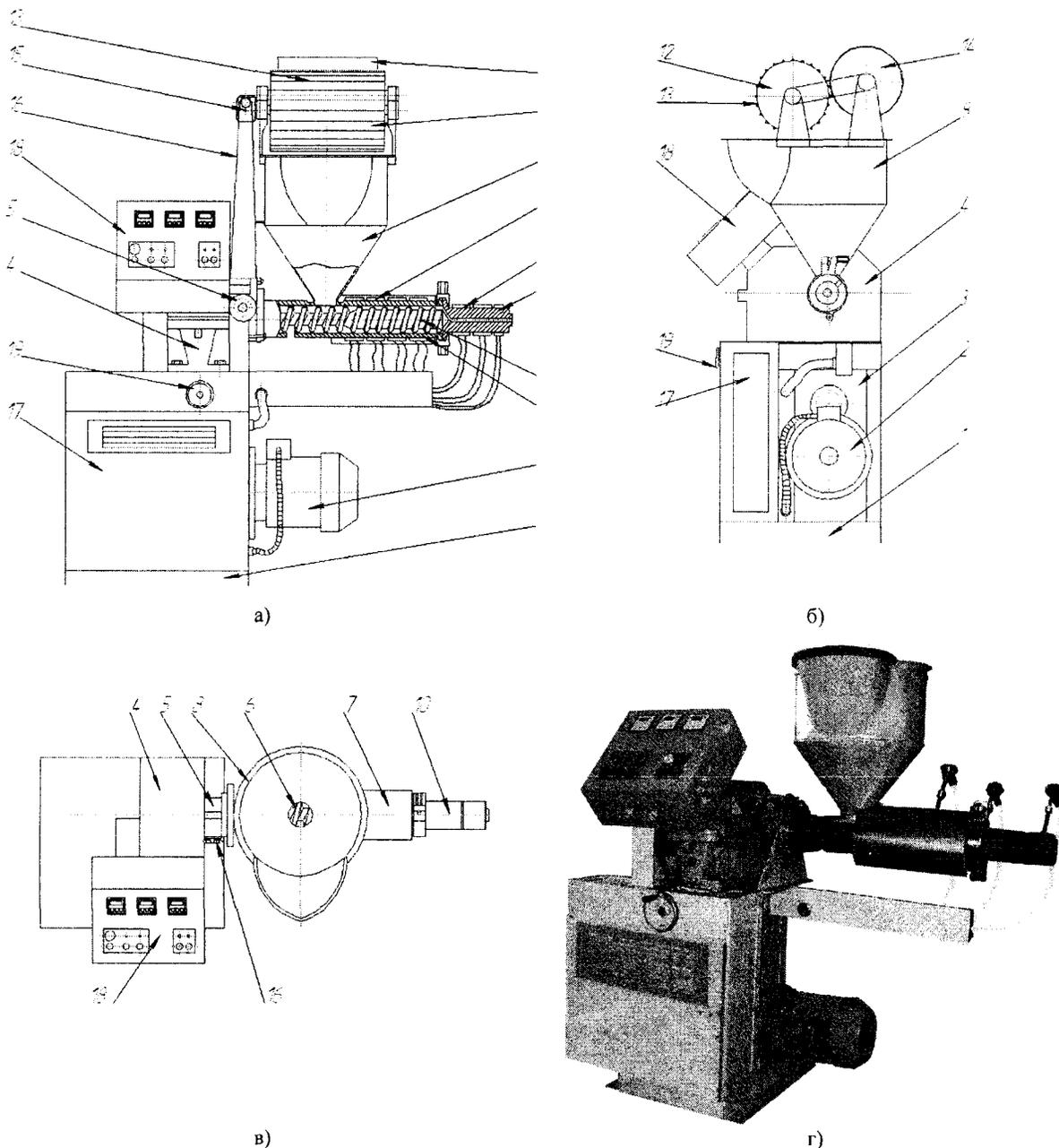
В разработанной установке при длине шнека, равной шести диаметрам, длина зоны подачи равна двум диаметрам, а длина зоны пластикации - четырем диаметрам, при этом шаг нарезки равен $1/2$ диамет-

ра шнека, а глубина винтовой канавки уменьшается дискретно на витке, условно разделяющем зону подачи и пластикации, исходя из соотношения

$$h_{з.пл.} = 0,5...0,7 \cdot h_{з.п.},$$

где $h_{з.пл.}$ и $h_{з.п.}$ – глубина винтовой канавки в зоне пластикации и зоне подачи соответственно.

На рисунке представлен экструдер для переработки отходов искусственных кож.



Экструдер для переработки отходов искусственных кож:
а - общий вид; б - вид спереди; в - вид сверху; г - внешний вид

На внешнем виде экструдера не указан механизм резки отходов, так как в момент выполнения фотографии он не был изготовлен.

Экструдер состоит из станины 1, на которой установлен привод вращения, состоящий из асинхронного электродвигателя 2, вариатора ременного типа 3 и цилиндрического редуктора 4, на тихоходном валу которого закреплен червяк червячного редуктора 5. В тихоходном валу цилиндрического редуктора выполнено отверстие, в котором установлен шнек 6, расположенный в корпусе 7, закрепленном на цилиндрическом редукторе. На корпусе последовательно размещены: в зоне загрузки - загрузочный

бункер 8; в зоне подачи и пластикации - кольцевые нагреватели 9; на выходе - закреплена формообразующая фильера 10, с нагревателями 11.

В верхней части загрузочного бункера установлен механизм резки, состоящий из приводного вала 12, на котором закреплены расположенные по образующей плоские ножи 13, и прижимного гладкого вала 14. Вращение приводного вала обеспечивается посредством привода, включающего раздаточную коробку 15, которая посредством цепной передачи 16 связана с колесом червячного редуктора.

На станине с лицевой стороны экструдера установлен шкаф управления 17, в котором размещена необходимая пускорегулирующая аппаратура. Над шкафом управления закреплен пульт управления 18, где на лицевой панели расположены терморегуляторы и кнопочные посты, с помощью которых производится управление работой экструдера. Над дверцей шкафа управления расположен маховик 19, посредством которого осуществляется регулирование скорости вращения ременного вариатора.

Экструдер для переработки отходов искусственных кож работает следующим образом. В результате предварительного нагрева, который осуществляют нагреватели 9 и 11, шнек 6, корпус 7 и фильера 10 приобретают температуру, необходимую для осуществления процесса термомеханического рециклинга. Включением электродвигателя 2 обеспечивается передача вращения вариатору ременного типа 3 и далее быстроходному валу цилиндрического редуктора 4. В результате того, что на тихоходном валу цилиндрического редуктора закреплен червяк червячного редуктора 5 и шнек 6, последние также получают согласованное вращательное движение. От червячного колеса редуктора 5 через цепную передачу 16 вращение передается раздаточной коробке 15, от которой его получает приводной вал 12 и гладкий вал 14.

Отходы искусственных кож, подаваемые в зазор, образованный поверхностью гладкого вала и кромками ножей 13, закрепленных на приводном валу 12, перерезаются на полосы-ленты, ширина которых соответствует расстоянию между ножами. Далее, захватываясь витками вращающегося шнека 6, измельченные подобным образом отходы искусственных кож транспортируются к формообразующей фильере 10. В результате нагрева, обеспечиваемого нагревателями 9, и перемешивающих и диспергирующих процессов, происходящих в процессе перемещения отходов по винтовому каналу шнека, осуществляется пластикация полимерного покрытия искусственных кож с переходом его в вязкотекучее состояние и одновременное разволокнение основы искусственных кож. В результате образуется композиционный материал волокнистой структуры, который в вязкотекучем состоянии продавливается через формообразующую фильеру, приобретая форму, соответствующую внутренней полости фильеры. По выходу из фильеры материал попадает на приемный лоток, который на схеме не показан, и далее укладывается на стеллаж для вылеживания, которое требуется для завершения процессов полимеризации термопластичной составляющей и для стабилизации эксплуатационных свойств. В дальнейшем получаемый материал может использоваться как в исходном виде, так и подвергаться дополнительной переработке.

Результаты исследований. В результате проведенных исследований было разработано и изготовлено специализированное оборудование для переработки отходов искусственных кож с учетом факторов, влияющих на качество получаемых материалов. На конструкцию данного оборудования подана заявка на получение патента.

Заключение. Использование разработанного оборудования позволит повысить качество получаемых композиционных материалов из отходов искусственных кож и решить вопрос рециклинга образующихся отходов.

Материалы, полученные по разработанной технологической схеме, рекомендуется использовать в качестве подошвенных для обуви клеевого метода крепления осенне-весеннего и летнего периода носки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Композиционный материал, пространственно армированный синтетическими волокнами / К.С. Матвеев, Е.А. Егорова, Г.Н. Солтовец, С.В. Габа // Композиционные материалы в промышленности: Материалы двадцать третьей междунар. конф. и выставки. - Ялта - Киев: УИЦ «Наука. Техника. Технология», 2003. - С. 138 - 140.
2. Наполнители для полимерных композиционных материалов: Справ. Пособие: Пер. с англ. / Под ред. П.Г. Бабаевского. - М.: Химия, 1981. - 736 с.
3. Технология получения композиционного материала из отходов искусственных кож с ПВХ-покрытием / А.Н. Буркин, К.С. Матвеев, Е.А. Егорова, С.В. Габа // Прогрессивные технологии, технологические процессы и оборудование: Материалы междунар. науч.-техн. конф. - Могилев: МГТУ, 2003.-С. 129-131.
4. Ким В.С., Скачков В.В. Диспергирование и смешивание в процессах производства и переработки пластмасс. - М.: Химия, 1988. - 240 с.