

Полученные результаты исследований позволяют говорить о том, что измельченные отходы кож можно использовать в качестве наполнителей для полимерных термопластичных материалов и эффективность их использования повышается с применением более мелких частиц.

### Литература

1. Дьякова Г.Н. Использование отходов производства в строительных конструкциях / Г.Н. Дьякова, Е.И. Кордикова, А.В. Спиглазов // Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы их развития: материалы междунар. науч.-тех. конф., Минск, 25–27 октяб. 2017 г. / Белорусский государственный технологический университет. Минск. 2017. С 133–135.

2. Баблюян В.П. Справочник кожевника. (Отделка. Контроль производства) / В.П. Баблюян [и др.] // Под редакцией Балберовой Н.А. / Москва: Легпромбытиздат, 1987 г. – С 256.

УДК 678.024

**Карпович О.И., Наркевич А.Л., Васеха А.П.**  
(Белорусский государственный технологический университет)

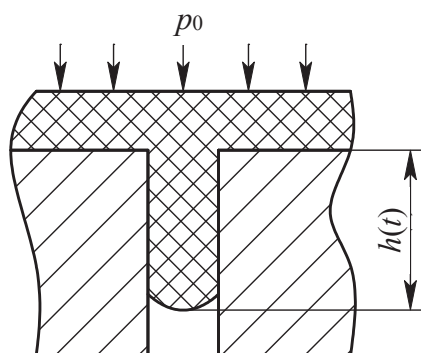
### **ФОРМУЕМОСТЬ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ**

В рамках выполнения задания 2.2.3 подпрограммы II ГНТП «Природопользование и экологические риски» в ОАО «Белцветмет» ведется освоение производства транспортной тары (поддонов и контейнеров) из полимерсодержащих отходов, образующихся после разделки аккумуляторных батарей. В качестве процесса формования используется прессование предварительно пластицированной заготовки (пласт-формование). Изучению состава и структуры полимерсодержащих отходов, физико-механических и технологических характеристик материалов на их основе уделено значительное внимание [1–3]. Большинство изделий из полимерных материалов, в том числе и вторичных, имеют ряд конструктивных элементов (стенки, ребра жесткости, бобышки, отверстия и т.д.). Наличие данных элементов существенно усложняют процесс формования. При назначении усилия деформирования заготовки необходимо знать будет ли его достаточно для

формования отдельных конструктивных элементов заданных размеров. Возможность получения подобных элементов не изучена.

Целью исследования является оценка возможности получения различных конструктивных элементов изделий, а также оценка режимов, при которых возможно их получение.

Рассмотрим процесс затекания расплава композиции, подчиняющегося степенному закону в капилляр, заданной формы и размеров под давлением  $p_0$  (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Схема затекания расплава в капилляр**

Закон одномерной фильтрации нелинейно-вязких жидкостей со степенным законом течения имеет вид:

$$q_x = \frac{K}{\mu^s} \left| \frac{dp}{dx} \right|^s. \quad (1)$$

где  $q_x$  – объемный расход жидкости через единицу площади нормального сечения в направлении течения;  $s=1/n$ ;  $n$  – показатель степени в законе течения;  $\mu$  – коэффициент консистенции;  $K$  – коэффициент проницаемости, зависящий от формы и размеров капилляра.

Интегрирование уравнения (1) с учетом  $dp/dx = p_0/x$  дает следующую формулу для глубины затекания нелинейно-вязкой жидкости как функцию времени  $t$ :

$$h(t) = \left[ (1+s)K (p_0 / \mu(t))^s t \right]^{1/(s+1)}. \quad (2)$$

Расчет глубины затекания по формуле (2) затруднен неизотермическим режимом течения композиции, зависимостью коэффициента консистенции и показателя степени в законе течения от температуры. Течение композиции прекращается при достижении в центре канала температуры ниже температуры плавления композиции.

Все эти факторы можно учесть при определении эффективного коэффициента проницаемости, так как распределение температуры по сечению капилляра, и, следовательно, температурная зависимость коэффициента консистенции, являются функциями характерного размера капилляра, т. е его толщины.

Формуемость оценивали по глубине затекания расплава исследуемой композиции в капилляре с заданной геометрией. Схема определения глубины затекания представлена на рисунке 2.

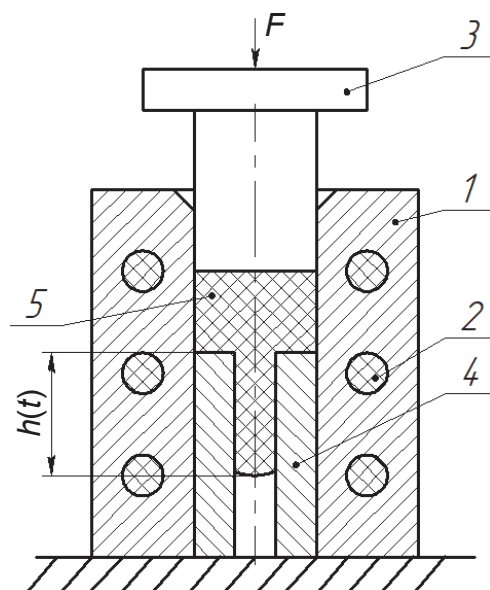
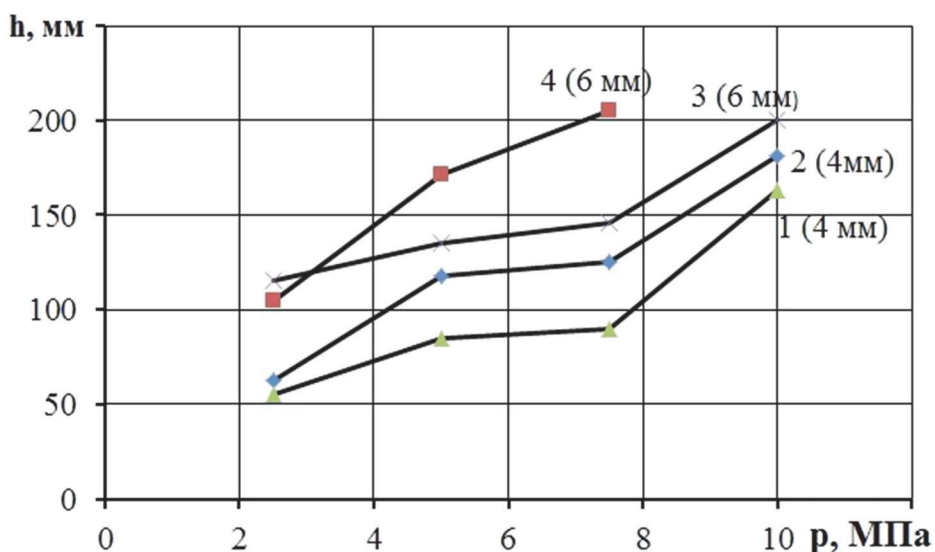


Рисунок 2 – Схема определения глубины затекания

В обогреваемую пресс-форму 1 устанавливали вкладыш с заданной формой капилляра 4. Температуру пресс-формы поддерживали с помощью нагревателей 2 (20, 50, 80 °С) с точностью  $\pm 5$  °С. Так как сечение большинства конструктивных элементов в изделии можно представить в виде прямоугольника, форму капилляра принимали в виде прямоугольной щели шириной 30 мм. Варьировали толщину щели 4, 6 и 8 мм соответственно. В пресс-форму помещали предварительно пластицированную в червячном экструдере ЧП 32×25 исследуемую композицию объемом  $100 \pm 5$  см<sup>3</sup>. Варьировали температуру композиции 200 и 230°С. Пресс-форму помещали под гидравлический пресс ИП-100 и создавали с помощью пуансона 3 давление  $p_0$  на композицию. После окончания течения фиксировали при соответствующих параметрах глубину  $h(t)$  затекания композиции в капилляр.

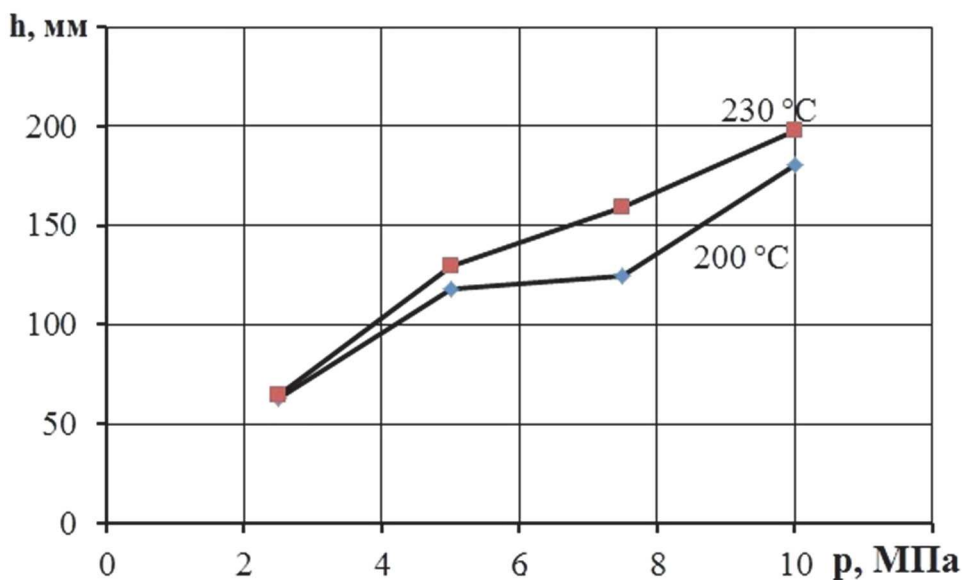
На рисунке 3 показана зависимость глубины затекания от давления для базовой композиции и композиции с содержанием КАБ+70%ПОАБ [3]. С увеличением давления глубина затекания

увеличивается. С увеличением вязкости композиции глубина затекания, напротив, уменьшается. Чем больше толщина капилляра, тем больше глубина затекания композиции.



**Рисунок 3 – Зависимость глубины затекания от давления для базовой композиции (2, 4) и композиции с содержанием КАБ+70%ПОАБ (1, 3) при исходной температуре заготовки 200 °С.**

На глубину затекания также влияет температура композиции (рисунок 4). С увеличением температуры заготовки вязкость композиции снижается, следовательно, увеличивается глубина затекания.



**Рисунок 4 – Зависимость глубины затекания от давления для базовой композиции при толщине капилляра 4 мм**

Полученную в результате эксперимента глубину затекания подставляли в формулу (2) и рассчитывали для соответствующего капилляра эффективный коэффициент проницаемости. При расчете использовали значения коэффициентов консистенции и показателей степени в законе течения из [3]. Время в формуле (2) задавали из условия снижения температуры в центре капилляра ниже 165°C. Рассчитанные значения эффективных коэффициентов проницаемости представлены в таблице.

**Таблица – Средние значения эффективного коэффициента проницаемости**

| Толщина капилляра, мм                                 | 4                    | 6                     | 8                     |
|---|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Эффективный коэффициент проницаемости, $K, 1/м^{s+1}$ | $8,6 \cdot 10^{-11}$ | $13,6 \cdot 10^{-11}$ | $14,7 \cdot 10^{-11}$ |

Используя данные таблицы и формулу (2) можно рассчитывать режимы, необходимые для получения стенок требуемой высоты и толщины. В целом результаты эксперимента показывают, что материалы на основе отходов обладают достаточно хорошей формуемостью. Т. е. из материалов на основе данных отходов возможно получение различных конструктивных элементов.

#### Литература

1. Карпович, О.И. Состав и структура полимерсодержащих отходов ОАО «Белцветмет» / О. И. Карпович, М. М. Ревяко, Е. З. Хрол, А. В. Дубина // Труды БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология. № 4 (177). – Мн.: БГТУ, 2015. – С. 74–77.
2. Карпович, О.И. Физико-механические свойства композиционных материалов на основе полимерсодержащих отходов ОАО «Белцветмет» / О. И. Карпович, А. Л. Наркевич, Е. З. Хрол, А. Ф. Петрушеня, Я. И. Поженько // Труды БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология. № 4 (177). – Мн.: БГТУ, 2015. – С. 78–82.
3. Карпович, О.И. Технологические характеристики материалов на основе металлсодержащих полимерных отходов, получаемых методом пласт-формования / О. И. Карпович, А. Н. Калинка, А. Л. Наркевич // Труды БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология. № 4. – Мн.: БГТУ, 2016. – С. 73–78.