

УДК 678.024

маг. А.П. Васеха

научн. рук.: доц. О. И. Карпович
(кафедра механики и конструирования)

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЯЗКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ОАО «БЕЛЦВЕТМЕТ»

Введение. Одно из основных направлений государственной политики Республики Беларусь относительно вопросов экологической безопасности – развитие технологий переработки отходов. Так, одним из перспективных экологических проектов, реализованных в ОАО «Белцветмет», является переработка отработавших автомобильных аккумуляторных батарей и кабельной продукции. Количество образующихся отходов составляет более 400 т в год, большая часть которых вывозится на полигоны твердых бытовых отходов и предприятие вынуждено оплачивать экологический налог. Использование образующихся отходов позволит во-первых, существенно снизить объемы захоронения твердых бытовых отходов на полигонах и, во-вторых, получить относительно дешевое сырье для производства новых изделий.

Для расчёта основных параметров технологического процесса, а также для проектирования средств специального технологического оснащения, необходимы сведения о технологических характеристиках композиций на основе отходов. К одним из основных технологических характеристик композиций относится параметры степенного закона течения.

Цель исследования – определение вязких свойств композиций на основе отходов и изучение влияние на них состава.

Основная часть. В ОАО «Белцветмет» образуются металлсодержащие смешанные полимерные отходы, которые условно можно разделить на три типа [1]:

1) отходы, которые образуются в результате разделки корпусов аккумуляторных батарей (далее КАБ);

2) полимерсодержащие отходы, которые образуются в результате разделки внутренней части аккумуляторных батарей (далее ПОАБ);

3) отходы, которые образуются в результате разделки кабельной продукции (далее ПОКБ).

Параметры степенного закона течения расплава оценивали по методу сжатия диска между плоскопараллельными плитами [2], [3]. Степенной закон течения принимали в виде:

$$\tau = \mu \dot{\gamma}^n, \quad (1)$$

где τ – касательное напряжение; μ – коэффициент консистенции (вязкость); $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига; n – показатель степени в законе течения.

Образцы в виде дисков диаметром (45 ± 2) мм и толщиной $((6-9) \pm 0,5)$ мм вырезали из плит, отпрессованных из пластицированной композиции.

По значениям усилия, начальным размерам образца и его толщине как функции времени находили параметры μ , n и τ_0 . При расчете показателей принимали условие полного прилипания материала на границе. За условный предел текучести принимали наибольшее касательное напряжение (на периферии диска), при котором достигалось квазиравновесное состояние. Находили зависимость вязкопластических свойств материалов от температуры. По значениям коэффициента консистенции в исследованном диапазоне температур вычисляли параметры температурной зависимости коэффициента консистенции в форме закона Аррениуса [3]:

$$\mu = \mu_0 \exp(E_a / RT) \quad (2)$$

где μ_0 – константа вязкости материала; E_a – энергия активации; R – универсальная газовая постоянная; T – термодинамическая температура.

Условный предел текучести τ_0 композиций определяли по конечным (квазиравновесным) значениям толщины h дисков объемом V , сжимаемых усилием F между плоско-параллельными плитами, согласно формуле:

$$\tau_0 = \frac{Fh}{2V} \left(1 + \frac{1}{3\sqrt{\pi h}} \sqrt{\frac{V}{h}} \right)^{-1} \quad (3)$$

Значения параметров степенного закона течения композиций, приведенные выше, определяются при температуре плит выше температуры плавления матричного полимера. Следовательно, их можно использовать для расчета параметров процессов, протекающих при температурах выше температуры плавления, например, для расчета процесса пластикации в червячном экструдере.

При прессовании деформирование накопленной заготовки осуществляется при температурах формообразующих поверхностей существенно ниже температуры плавления, поэтому для расчета данного процесса нельзя использовать параметры закона течения, полученные при температуре плит выше температуры плавления.

Чтобы получить параметры закона течения для расчета процесса деформирования заготовки в процессе прессования, использовали два комплекта плоскопараллельных плит. Один для нагрева образцов до температуры заготовки (200 °С и 230 °С), а второй для записи зависимости толщины образца от времени. Температуру плит второго комплекта задавали ниже температуры плавления (20, 50 и 80 °С). Параметры закона течения μ , n и τ_0 , при этом оценивали по методике, описанной выше. Следует отметить, что процесс деформирования протекает при неизотермических условиях (температура образца снижается до температуры формообразующих плит), т.е. в процессе эксперимента параметры закона течения изменяются. Таким образом в эксперименте получаем некоторые осредненные значения μ , n и τ_0 .

Значения параметров степенного закона течения расплавов композиций КАБ+ПОАБ и КАБ+ПОКБ приведены в таблице 1. Из данных таблицы видно, что коэффициент консистенции возрастает с увеличением содержания ПОАБ. При содержании 70% масс. ПОАБ коэффициент консистенции увеличивается практически в три раза. С увеличением температуры коэффициент консистенции снижается. На рисунке 1 представлена зависимость коэффициента консистенции от массового содержания ПОАБ.

Таблица 1 – Параметры степенного закона течения для композиций КАБ+ПОАБ

Параметр		КАБ	КАБ+20% ПОАБ	КАБ+30% ПОАБ	КАБ+50% ПОАБ	КАБ+70% ПОАБ	КАБ+30% ПОКБ	КАБ+50% ПОКБ	КАБ+70% ПОКБ
Коэффициент консистенции, μ , кПа·с ⁿ	200°С	2,6	4,3	4,4	6,6	10,3	4,8	5,4	7,5
	230°С	0,8	1,6	2,4	3,1	7,8	3,3	3,6	5,7
Показатель степени в зако- не течения, n	200°С	0,93	0,86	0,80	0,61	0,30	0,91	0,66	0,49
	230°С	0,92	0,86	0,79	0,56	0,30	0,84	0,59	0,41
Условный пре- дел текучести, τ_0 , кПа	200°С	1,0	1,3	1,4	2,4	4,4	1,2	1,3	2,1
	230°С	0,6	1,0	1,2	1,7	3,6	1,1	1,2	2,0
Энергия активации процесса вязкого течения, E_a , кДж/моль		77,9	64,1	39,8	50,1	18,6	35,5	39,8	26,2
Константа вязкости материала, μ_0 , Па·с ⁿ		$6,6 \cdot 10^{-6}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	0,2	0,02	90,7	0,57	0,22	9,62

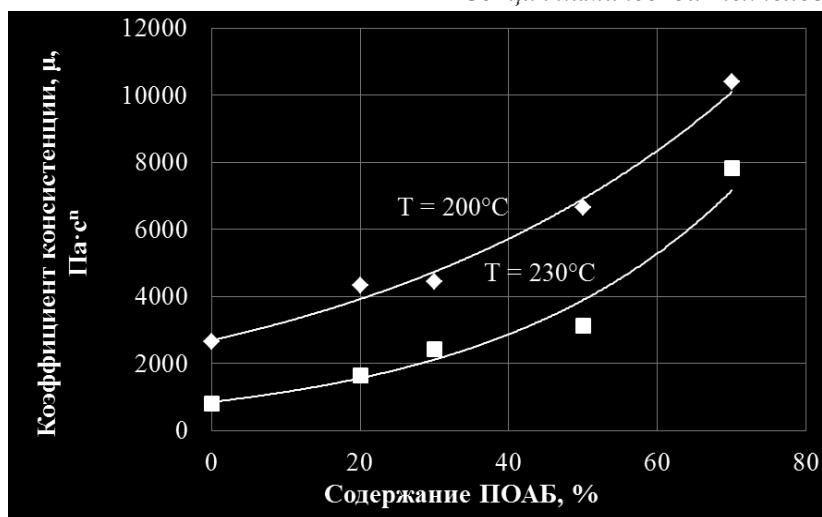


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента консистенции от содержания ПОАБ

Показатель степени в законе течения практически не зависит от температуры, но существенно зависит от степени наполнения ПОАБ. С увеличением степени наполнения показатель степени снижается. Условный предел текучести возрастает с увеличением содержания ПОАБ и снижается с увеличением температуры.

В целом для композиций КАБ+ПОКБ соблюдаются такие же зависимости, как и для композиций КАБ+ПОАБ.

Осредненные значения параметров степенного закона течения, полученные при деформировании композиций между плитами с температурой ниже температуры плавления, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры степенного закона течения композиции КАБ+50%ПОАБ при сжатии между плитами в зависимости от температуры плит

Температура плит, °С	Параметры закона течения при начальной температуре композиции 200 °С		
	μ , кПа·с ⁿ	n	τ_0 , кПа
20	11,9	0,09	7,6
50	8,2	0,08	5,8
80	7,7	0,09	5,0

Из анализа данных таблицы 2 видно, что средние значения коэффициента консистенции при деформировании между плитами при 20 °С на 50–70% выше чем параметр, определенный при температурах плит с температурой выше температуры плавления. Показатель степени существенно ниже и лежит в пределах 0,1–0,2. Условный предел текучести в среднем в 2,5–3 раза выше.

Осредненные значения коэффициента консистенции и условного предела текучести зависят от температуры плит, между которыми происходит деформирование. С ее увеличением данные показатели уменьшаются (см. рисунок 2).

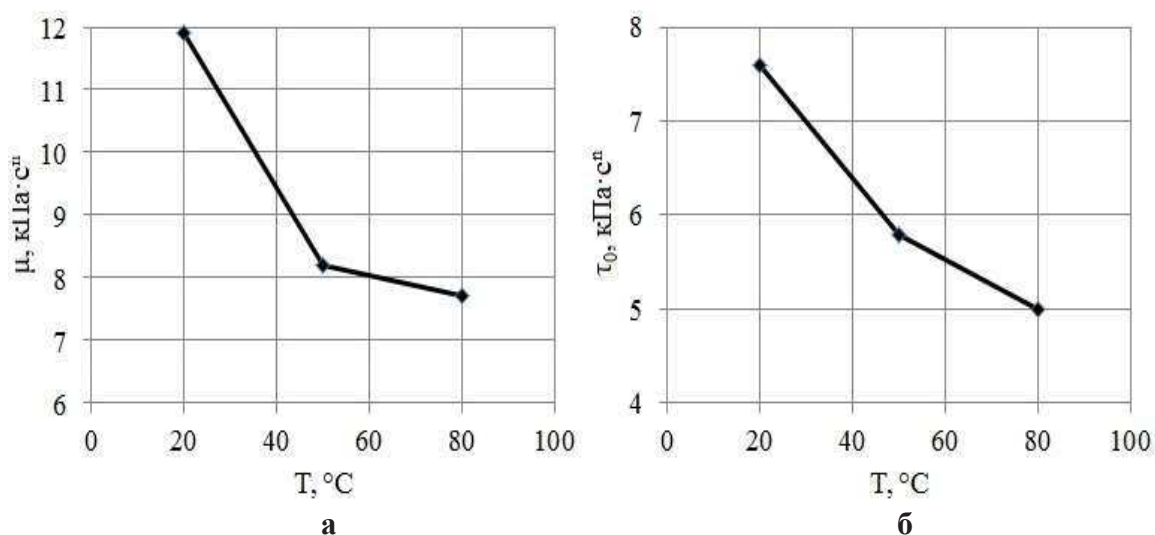


Рисунок 2 – Зависимость осредненных значений коэффициента консистенции (а) и условного предела текучести (б) от температуры плит (начальная температура композиции 200 °С)

Закключение. Данные в таблице 1 можно использовать для расчета процессов вязкого течения при изотермических условиях, например, – пластикация в червячном экструдере, а данные таблицы 2 для расчета процессов вязкого течения при неизотермических условиях, например, – прессование заготовки. А также использовать для расчета параметров технологического процесса получения изделий из отходов ОАО «Белцветмет».

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. Формообразование изделий из композиционных материалов. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов» / О. И. Карпович. – Минск: БГТУ, 2014. – 111 с.
3. Ставров, В. П. Формообразование изделий из композиционных материалов. / В.П. Ставров. – Минск: БГТУ, 2006. – 482 с.