

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ КАЧЕСТВА ПРИ ЭКСТРУЗИИ ТЕРМОПЛАСТОВ ЧЕРЕЗ ОТБОРОЧНО-ШНЕКОВОЕ УСТРОЙСТВО

Д.Л. Полушкин, А.С. Клинков, М.В. Соколов,
П.С. Беляев, В.Г. Однолько

*ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический
университет», г. Тамбов*

Рецензент В.Ф. Першин

Ключевые слова и фразы: валково-шнековое оборудование; величина суммарной деформации сдвига; интегральный критерий качества.

Аннотация: Разработана технология утилизации отходов термопластичных материалов на валково-шнековом оборудовании. Разработана методика расчета интегрального критерия качества – суммарной деформации сдвига.

Утилизация твердых бытовых отходов (**ТБО**) в последние годы по праву занимает одно из приоритетных направлений техники и технологии РФ. На кафедре «Переработка полимеров и упаковочное производство» ТамбГТУ разработана технология валково-шнековой утилизации отходов полимерных материалов, и создан лабораторно-экспериментальный вариант валково-шнекового агрегата [1]. Использование данной технологии позволяет исключить наиболее энерго- и трудоемкие стадии предварительной подготовки вторичного сырья как дробление и сушка, что в конечном итоге приводит к снижению себестоимости получаемого вторичного термопластичного материала.

Установлено, что на качественные показатели получаемого вторичного материала (предел прочности, относительное удлинение при разрыве) определяющее влияние оказывает сдвиговая деформация, возникающая в рабочих органах валково-шнекового агрегата. Она зависит от различных конструктивных (геометрических размеров валково-шнекового агрегата) и технологических (частоты вращения валков и шнека валково-шнекового

Полушкин Д.Л. – аспирант кафедры «Переработка полимеров и упаковочное производство» ТамбГТУ; Клинков А.С. – кандидат технических наук, профессор кафедры «Переработка полимеров и упаковочное производство» ТамбГТУ; Соколов М.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Переработка полимеров и упаковочное производство» ТамбГТУ; Беляев П.С. – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Переработка полимеров и упаковочное производство» ТамбГТУ; Однолько В.Г. – кандидат технических наук, профессор, декан заочного отделения ТамбГТУ, г. Тамбов.

агрегата, величины минимального зазора между валками, фрикций, «запаса» материала на валках) параметров процесса вальцевания, экструзии и профилирования стренгов в формующей головке.

Анализ литературных источников показал [2], что интегральный критерий качества может быть представлен величиной суммарной деформации сдвига, возникающей в областях деформирования материала перерабатывающих машин.

Величина суммарной деформации сдвига для валково-шнекового процесса гранулирования может быть представлена как сумма суммарных величин сдвига для непрерывного процесса вальцевания, процесса экструзии при отборе расплава полимера и суммарной величины сдвига, возникающей в формующих каналах

$$\gamma_{\text{вш}} = \gamma_{\text{в}} + \gamma_{\text{ш}} + \gamma_{\text{фк}}, \quad (1)$$

где $\gamma_{\text{в}}$, $\gamma_{\text{ш}}$, $\gamma_{\text{фк}}$ – суммарная величина сдвига для непрерывного процесса вальцевания [3], в каналах шнека, в формующих каналах, соответственно.

Величина суммарной деформации сдвига, возникающая в межвитковом пространстве отборочно-шнекового устройства может быть определена следующим образом:

$$\gamma_{\text{ш}} = \left(\frac{L}{h}\right) \left(\frac{1}{1-\varphi}\right) \left[\frac{2F(a)}{3\cos\alpha} + \frac{G(a,\varphi)}{3\sin\alpha}\right], \quad (2)$$

где $F(a)$, $G(a,\varphi)$ – функции, определяющиеся выражениями:

$$F(a) = \frac{(1-b)|1-3a| - b(1-3a^0)}{a(1-a) + b(a^0 - a)(1-a-a^0)}; \quad (3)$$

$$G(a,\varphi) = \frac{(1-b)|1-3\varphi + 6a\varphi| + b(1-3\varphi + 6a^0\varphi)}{a(1-a) + b(a^0 - a)(1-a-a^0)}, \quad (4)$$

где b – время нахождения частицы в верхней части канала,

$$b = \frac{1}{1 - \frac{a^0(2-3a^0)}{a(2-3a)}}; \quad (5)$$

a – положение координаты в нижней области; a^0 – положение координаты в верхней области, связанные соотношением

$$\left[a^2 - a^3\right] - \left[(a^0)^2 - (a^0)^3\right] = 0; \quad (6)$$

$$0 \leq a \leq \frac{2}{3} \quad \text{и} \quad \frac{2}{3} \leq a^0 \leq 1; \quad (6a)$$

$$\varphi = \frac{h^2}{6\mu V_{cz}} \frac{\partial P}{\partial z} \quad \text{– коэффициент дросселирования}; \quad (7)$$

где V_{cz} – компонента вектора скорости стенки цилиндра в направлении оси z

$$V_{cz} = \pi D n \cos \alpha, \quad (8)$$

$\frac{\partial P}{\partial z}$ – градиент давления в направлении оси z

$$\frac{\partial P}{\partial z} = \frac{\Delta p}{L} \sin \alpha; \quad (9)$$

Δp – перепад давления в головке (перепад давления на длине зоны дозирования шнека), Па,

$$\Delta p = \frac{Q \mu}{K}; \quad (10)$$

L – длина шнека, м; Q – производительность, м³/с; K – коэффициент геометрической формы, м³; h – глубина нарезки шнека, м; μ – вязкость, Па·с; n – частота вращения шнека, мин⁻¹; α – угол подъема винтовой нарезки; D – диаметр шнека, м.

В конечном итоге, подставляя (8)–(10) в уравнение (7), имеем для коэффициента дросселирования

$$\varphi = \frac{h^2 Q \sin \alpha}{6 \pi D n K L \cos \alpha}. \quad (11)$$

Исследования проводились на полиэтилене низкой плотности марки 15803-020 при переработке в лабораторном экструдере с диаметром червяка 20 мм и экструзионно-выдувном агрегате с диаметром червяка 32 мм.

На рис. 1 представлена графическая зависимость прочности при разрыве σ_p от величины суммарной деформации сдвига γ при переработке экструзионном оборудовании. Анализ зависимостей показывает, что наилучшие физико-механические показатели, в частности прочность при разрыве σ_p , наблюдаются в области $\gamma = 2100 \dots 2250$.

На основании проведенных экспериментальных исследований и с учетом величины суммарной деформации сдвига (1) было спроектировано отборочно-шнековое устройство [4], и проведен технологический процесс утилизации термопластов на валково-шнековом агрегате, при котором может быть получен вторичный экструдат с наилучшими физико-механическими показателями.

В результате проведенных экспериментальных исследований на валково-шнековом агрегате была получена графическая зависимость (рис. 2), результаты которой хорошо согласуются с зависимостями, полученными при переработке на традиционных валковых и шнековых машинах (см. рис. 1).

σ_p , МПа

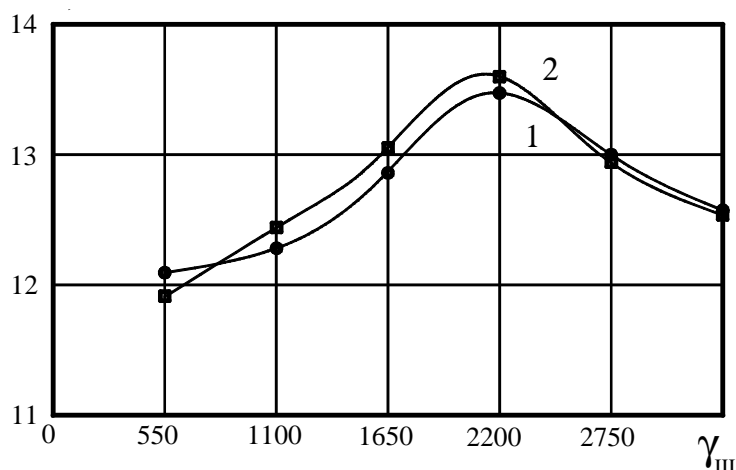


Рис. 1. Зависимость прочности при разрыве σ_p от величины суммарной деформации сдвига $\gamma_{ш}$ при переработке на лабораторном экструдере с диаметром червяка 20 мм (1) и экструзионно-выдувном агрегате с диаметром червяка 32 мм (2)

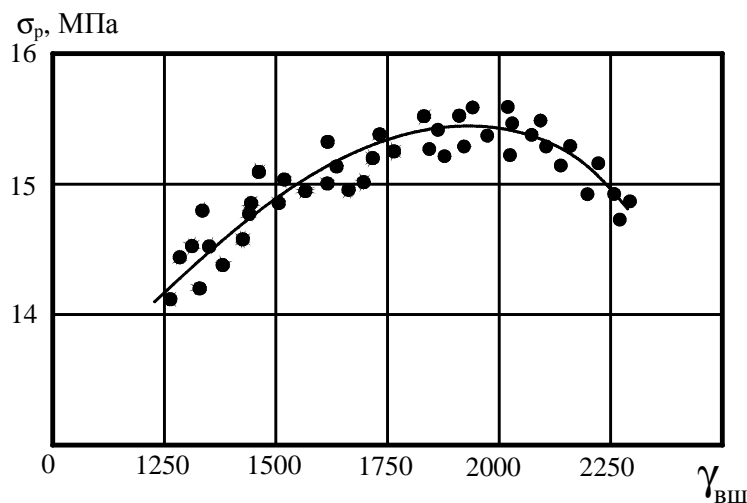


Рис. 2. Зависимость прочности при разрыве σ_p от величины суммарной деформации сдвига $\gamma_{вш}$ при переработке термопластов на валково-шнековом агрегате

Таким образом, достижение заданного значения величины суммарной деформации сдвига может быть положено в основу инженерной методики расчетов конструктивных и технологических параметров разработанного валково-шнекового агрегата.

Список литературы

1. Энергосберегающая технология переработки отходов полимерных материалов валково-шнековым способом / Д.Л. Полушкин и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2008. – Т. 2, №1 (11). – С. 137–141.

2. Мак-Келви, Д.М. Переработка полимеров / Д.М. Мак-Келви. – М. : Химия, 1965. – 442 с.

3. Полушкин, Д.Л. Анализ интегрального критерия качества полимеров на валковых машинах. Фундаментальные и прикладные исследования, инновационные технологии, профессиональное образование / Д.Л. Полушкин, А.С. Клинков, М.В. Соколов // Сб. трудов XIII науч. конф. ТГТУ ; Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2008. – 324 с.

4. Пат. № 67017 Российская Федерация, МПК⁷ В29В 7/64. Шнековое отборочное устройство / заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 2006106300 ; заявл. 28.02.2006 ; опубл. 10.10.2007, Бюл. № 28.

Application of Integral Criterion of Quality to Thermoplastics Extrusion through Conveyor Device

**D.L. Polushkin, A.S. Klinkov, M.V. Sokolov,
P.S. Belyaev, V.G. Odnolko**

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: roll-auger; total shift deformation; integral criterion of quality.

Abstract: The technology of recycling waste thermoplastic materials in roll-auger is developed. The procedure of calculation of integral criterion of quality, i.e. the total shift deformation is developed.

© Д.Л. Полушкин, А.С. Клинков, М.В. Соколов,
П.С. Беляев, В.Г. Однолько, 2008