

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМОВ ЭКСТРУЗИИ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ИХ РАЗМЕРОВ

В последние годы все большее распространение получает процесс формования изделий методом экструзии (непрерывное выдавливание материала шнеком экструдера через формующий инструмент головки, в качестве машины, приготавливающей и нагнетающей пластикат). В современной перерабатывающей промышленности пластмасс используются шнековые машины, которые кратко, в соответствии с установившейся терминологией, называют экструдерами.

При экструзии полимеров наблюдаются проявления специфических свойств пластикатов: «разбухание».

«Разбухание» - увеличение размеров поперечного сечения заготовки на выходе из формующего канала мундштука. То есть с течением времени полученная заготовка деформируется по отношению к своей первоначальной «нужной» форме.

Суммируя выводы исследователей, сделанные в разное время, можно представить «разбухание» как следствие нескольких процессов. При входе в оформляющий канал возникают напряжения, релаксирующие во время пребывания расплава в канале. Остаточные напряжения в момент выхода расплава из капилляра и вызываемое ими поперечное расширение потока будут связаны со скоростью потока экспоненциальной зависимостью. Кроме того, при движении в канале поперечный градиент скорости приводит к ориентации молекул вдоль потока. По выходе из канала происходит дезориентация молекул, что также приводит к деформации экструдата. Наконец, выравнивание профиля скоростей по выходе из канала также приводит к некоторому увеличению сечения вне зависимости от относительной длины канала.

На кафедре ППиУП был проведен ряд экспериментов на специально разработанной установке выполненной на основе МЧХ-32.[1]. Параметры резиновой смеси НО-68 и технологический режим процесса экструзии: температура цилиндра и червяка $T_{ц}$ [$^{\circ}\text{C}$]; температура резиновой смеси на входе в винтовой канал - $T_{см. вх.}$ [$^{\circ}\text{C}$]; температура резиновой смеси на выходе из винтового канала - $T_{см. вых.}$ [$^{\circ}\text{C}$]; температура резиновой смеси - $T_{см.}$ ($^{\circ}\text{C}$); реологические константы перерабатываемого материала при $T_{см. вх.} - m_0=100000$ [$\text{Па}\cdot\text{с}^{1/n}$], $n=0,32$; теплоемкость - $c=2100$ [$\text{Дж}/(\text{кг}\times^{\circ}\text{C})$], плотность - $\rho=1200$ [$\text{кг}/\text{м}^3$], теплопроводность - $\lambda=0,22$ [$\text{Дж}/(\text{кг}\times^{\circ}\text{C})$].

Для теоретической оценки изменения диаметров экструдата предложено использовать критерий Бейли, который косвенно зависит от режимов переработки РТИ и геометрии формирующих каналов:

$$JB_2(t) = \int_0^{t^*} \frac{\partial t}{\tau[\sigma(t)]} = \sum_i \int_{t_{i-1}}^{t_i} \frac{\partial t}{\tau[\sigma(t)]} = \varepsilon_2, \quad (1)$$

где $\int_0^{t^*} \frac{\partial t}{\tau[\sigma(t)]}$ - степень пластикации резиновых смесей; $\tau[\sigma(t)]$ - функция, характеризующая пластикацию (время достижения "деформации" при постоянной температуре); t^* - время достижения "деформации" при заданном процессе деформирования $\sigma(t)$; ε_2 - величина характеризующая относительную "деформацию".

Напряжение сдвига определяется по формуле:

$$\sigma = m_0 \left(\frac{1}{2} J_2 \right)^{(n-1)/2} \dot{\gamma} \quad (2)$$

где σ - напряжение сдвига; $\dot{\gamma}$ - скорость сдвига, c^{-1} ; $\frac{1}{2} J_2$ - второй инвариант тензора скоростей деформации.

Для оценки факторов влияющих на «разбухание» были получены графические зависимости (рис. 1-3).

Для оценки влияния давления в формирующем инструменте на изменение диаметра экструдата получена зависимость на рис. 1.

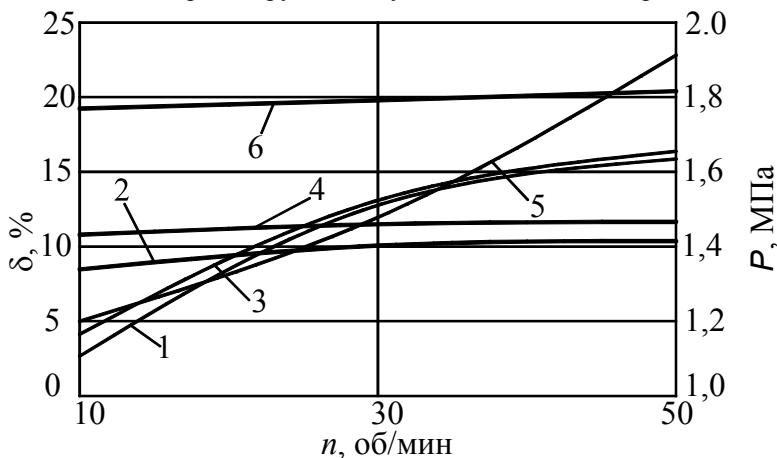


Рис. 1. Зависимость относительного увеличения диаметра заготовки δ

и давления P от частоты вращения n : 1- $d=18,4$ мм, 3 - $d=16,4$ мм, 5- $d=10,4$ мм, (давление экспериментальное); 2- $d=18,4$ мм, 4- $d=16,4$ мм, 6- $d=10,4$ мм, (относительное изменение диаметра экструдата)

Из зависимостей показанных на рис. 1 видно, что с ростом частоты вращения n давление увеличивается, а увеличение относительного изменения диаметра экструдата незначительно (в пределах 3%) для одного и того же диаметра мундштука, но значительно (в пределах 100%) для разных диаметров мундштука.

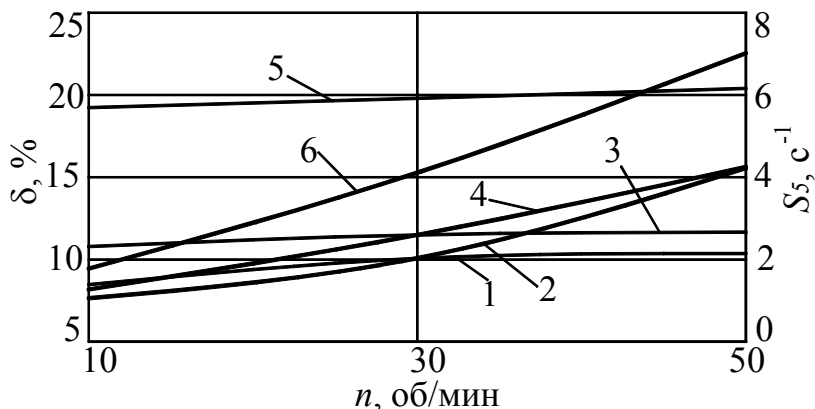


Рис. 2. Зависимость относительного изменения диаметра экструдата δ и скорости сдвига в мундштуке S_5 от частоты вращения n : 1- $d=18,4$ мм, 3 - $d=16,4$ мм, 5- $d=10,4$ мм; (относительное увеличение диаметров после охлаждения), 2- $d=18,4$ мм, 4- $d=16,4$ мм, 6- $d=10,4$ мм, (скорость сдвига в мундштуке)

Из рис. 2 видно что с увеличением скорости сдвига наблюдается резкое увеличение относительного изменения диаметра экструдата так при скорости сдвига $S_5=4,1\text{ с}^{-1}$ относительного изменения диаметра экструдата $\delta= 10,3\%$, при скорости сдвига $S_5=4,2\text{ с}^{-1}$ относительного изменения диаметра экструдата $\delta= 11,6\%$, а при скорости сдвига $S_5=6,9\text{ с}^{-1}$ разбухание $\delta= 20,1\%$.

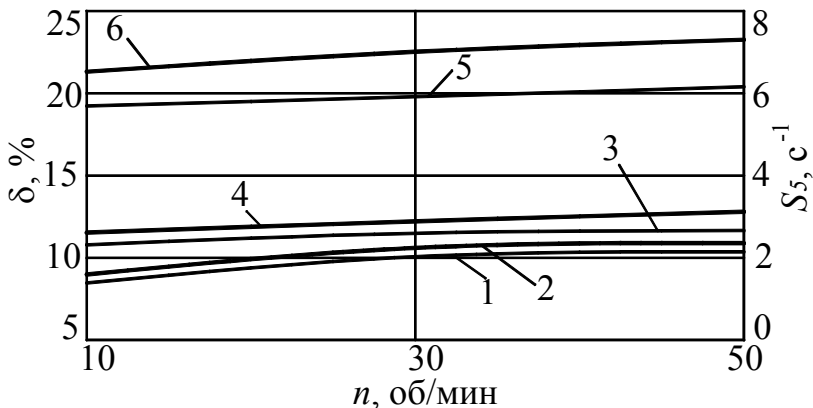


Рис. 3. Зависимость относительного изменения диаметра экструдата от частоты вращения при различных диаметрах мундштука: 1- $d=18,4$ мм, 3- $d=16,4$ мм, 5- $d=10,4$ мм; (после охлаждения), 2- $d=18,4$ мм, 4- $d=16,4$ мм, 6- $d=10,4$ мм (при температуре выхода смеси)

Из анализа зависимости (рис. 3) видно, что температурная составляющая относительного изменения диаметра экструдата d_r (кривые 2, 4, 6, соответственно) не превышает 3 %, а общее – составляет ~ 22 % (кривые 1, 3, 5, соответственно).

Вывод: при проектировании формующего инструмента необходимо стремиться к минимизации скорости сдвига в канале на выходе из формующего инструмента (мундштук, дорна) и общего перепада давления.

Список литературы:

1. Туляков Д.В., Жирняков Д.В., Соколов М.В., Отработка режимов переработки резиновых смесей с учетом размеров экструдата Сборник статей магистрантов по материалам научной конференции 15-17 февраля 2005 года. Выпуск 1. Часть 1.- Тамбов ТОГУП «Тамбовполиграфиздат», 2005.- 144с.

*Работа выполнена под руководством к.т.н., проф. кафедры
«Переработка полимеров и упаковочное производство»
Клинкова А. С.*