

ВЛИЯНИЕ ПОДВУЛКАНИЗАЦИИ НА ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЛИННОМЕРНЫХ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК

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

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

Рецензент С.И. Дворецкий

Ключевые слова и фразы: относительное изменение размеров экструдата; резиновая смесь; степень подвулканизации.

Аннотация: Рассмотрены теоретические основы определения критического значения степени подвулканизации длинномерных резинотехнических заготовок с помощью измерительного устройства.

Существует проблема ухудшения физико-механических показателей экструдата и брака изделий за счет термодеструкции (подвулканизации) и изменения размеров их поперечного сечения при изменении режимных параметров процесса.

Исследования показали, что подвулканизация экструдата в основном возникает в формирующих каналах экструзионных головок [1]. В качестве параметра, описывающего подвулканизацию резиновых смесей, принимали критерий Бейли JB [2] или степень подвулканизации, который рассчитывался по математической модели [1] с помощью программы [3].

В работе рассмотрены теоретические основы определения критического значения степени подвулканизации длинномерных резинотехнических заготовок с помощью измерительного устройства выполненного на базе МЧХ-32/10 [4].

С целью оценки влияния подвулканизации на изменение размеров экструдата проведены экспериментальные исследования, то есть для различных заданных значений угловой скорости червяка $\omega = (0,2...7,85) \text{ с}^{-1}$, что соответствует производительности $Q = (0,02...0,1) \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$, перепада

Соколов М.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Переработка полимеров и упаковочное производство» ТамбГТУ; Клинков А.С. – кандидат технических наук, профессор 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.

давления по длине червяка ΔP , перепада температуры по длине червяка ΔT и соответствующей геометрии шнека.

В процессе эксперимента отбирались пробы экструдата, и снимались кривые его подвулканизации, аналитические уравнения которых входят в уравнение математической модели для расчета степени подвулканизации. Кривые подвулканизации (рис. 1) снимались в ЦЗЛ ОАО «АРТИ-Завод» на приборе «Monsanto», по стандартной методике (ISO 9000).

Из рис. 1 видно, что с увеличением производительности Q кривые скорчинга (2 – 5) стремятся к кривой, соответствующей недеформированному состоянию резиновой смеси (кривая 1), так как уменьшается время пребывания резиновой смеси в цилиндре пластикации.

Сравнительный анализ кривых подвулканизации (см. рис. 1) до (кривая 1) и после (кривая 5 при условии $J_B \leq 1\%$) процесса экструзии показал их расхождение не более 7%, что свидетельствует о правильности выбора ограничения на величину критерия подвулканизации J_B .

Такая же тенденция изменения кривых скорчинга наблюдалась для резиновых смесей шифров ИРП-6713, ИРП-3826, 46ПРФ-26.

На рис. 2, 3 построены зависимости на примере экструзии цилиндрических заготовок из резиновой смеси шифра НО-68НТА при следующих параметрах: температура материального цилиндра и шнека $T_{ц} = 85...100$ °С; температура резиновой смеси на входе в винтовой канал $T_{см.вх} = 50$ °С; температура теплоносителя в ванне $T_{в} = 105$ °С; реологические константы (при $T_{см.вх}$) $m_0 = 600\,000$ Па·с^{*n*}, $n = 0,2$; теплофизические параметры при средней температуре резиновой смеси $T_{см} = 80$ °С; теплоемкость $c = 2100$ Дж/(кг·°С), плотность $\rho = 1200$ кг/м³, теплопроводность $\lambda = 0,22$ Вт/(м·°С); коэффициент теплоотдачи от резиновой смеси к стенке материального цилиндра $\alpha = 100$ Вт/(м²·°С).

Для расчета степени подвулканизации экструдата в каналах формирующей головки разработаны расчетные уравнения для определения в них температуры резиновых смесей [1].

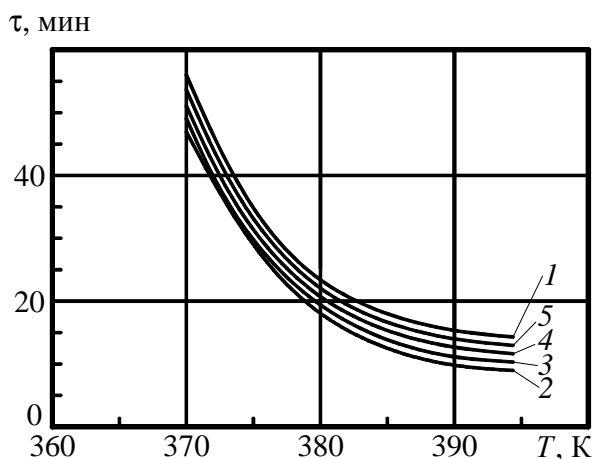


Рис. 1. Кривые подвулканизации при различной производительности для резиновой смеси шифра НО-68НТА:

1 – до экструзии; 2 – $Q = 0,04 \cdot 10^{-5}$ м³/с; 3 – $Q = 0,06 \cdot 10^{-5}$ м³/с;
4 – $Q = 0,08 \cdot 10^{-5}$ м³/с; 5 – $Q = 0,1 \cdot 10^{-5}$ м³/с – после экструзии

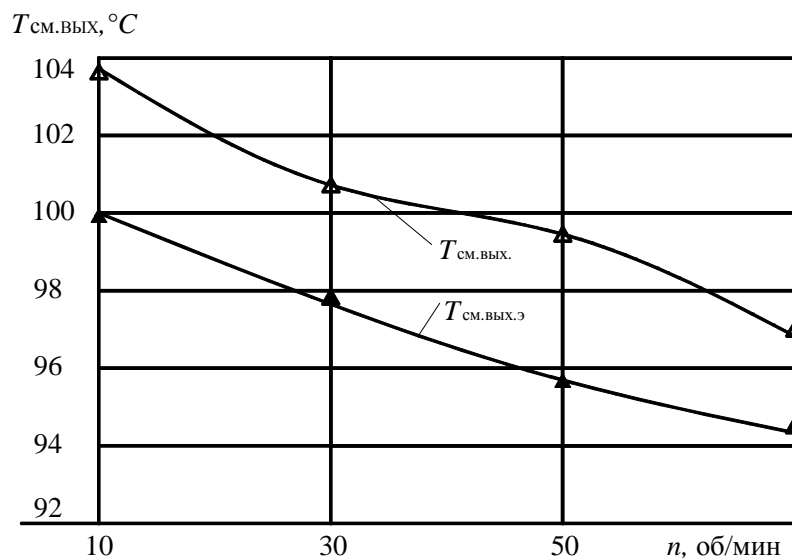


Рис. 2. Зависимость температуры экструдата на выходе из экструзионной головки (экспериментальное $T_{см.в.ых.э}$ и расчетное $T_{см.в.ых}$ значения) от частоты вращения n при диаметре выходного канала мундштука $d_m = 0,0082$ м и длине $l = 0,097$ м

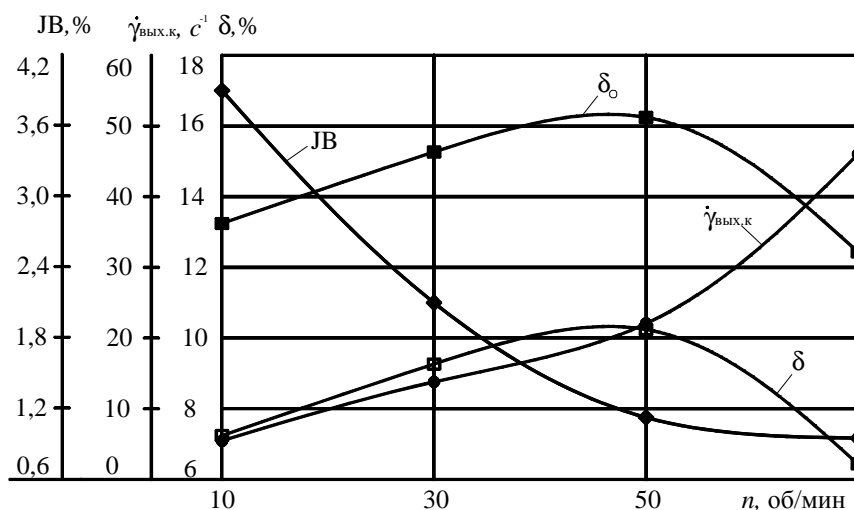


Рис. 3. Зависимости относительного изменения диаметра экструдата до δ_0 и после δ его охлаждения, скорости сдвига в выходном канале экструзионной головки $\dot{\gamma}_{в.ых.к}$, критерия подвулканизации J_B от частоты вращения n при диаметре выходного канала мундштука $d_m = 0,0082$ м и длине $l = 0,097$ м

Сравнительный анализ (см. рис. 2) экспериментальных и рассчитанных по уравнениям [1] значений температуры экструдата на выходе из формующей головки показал их расхождение не более 4 %, что свидетельствует об адекватности расчетных уравнений, описывающих температурное поле по длине формующих каналов экструзионной головки.

Относительное изменение диаметра экструдата до δ_0 (см. рис. 3) и после δ охлаждения возрастает в пределах $n = 10 \dots 50$ об/мин при уменьшении степени подвулканизации $J_B = 4 \dots 1$ % и убывает в пределах $n = 50 \dots$

70 об/мин при почти постоянном значении степени подвулканизации $J_B \approx 1\%$. Это можно объяснить тем, что наряду с увеличением напряжения сдвига за счет увеличения скорости сдвига $\dot{\gamma}_{\text{вых.к}}$ (см. рис. 3) действуют еще и температурные напряжения, а при уменьшении температуры (см. рис. 2) увеличивается вязкость перерабатываемого материала, процесс релаксации замедляется, что приводит к увеличению относительного изменения диаметра экструдата δ .

Также видно, что относительное изменение диаметра экструдата δ после охлаждения составляет 50...65 % от общего значения относительного изменения диаметра.

Как видно из рис. 3 при увеличении частоты вращения шнека n с 10 до 50 об/мин происходит уменьшение подвулканизации J_B (с 4 до 1 %) при сопровождающемся уменьшении температуры выхода экструдата с 100 до 96 °С (см. рис. 2) и незначительном увеличении относительного изменения размеров экструдата δ после охлаждения с 7 до 11 %. При дальнейшем увеличении частоты вращения шнека n с 50 до 70 об/мин подвулканизация J_B стабилизируется (1 %) при сопровождающемся незначительном уменьшении температуры выхода экструдата с 96 до 95 °С и незначительном уменьшении относительного изменения размеров экструдата δ после охлаждения с 11 до 7 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что наличие подвулканизации около 1 % в резиновой смеси шифра НО-68НТА не оказывает значительного влияния на изменение размеров экструдата δ , а уменьшение температуры выхода экструдата приводит к его увеличению, за счет увеличения вязкости перерабатываемого материала.

Так же определены критические значения степени подвулканизации для резиновых смесей шифров ИРП-6713 ($J_B = 1\%$), ИРП-3826 ($J_B = 1,5\%$), 46ПРФ-26 ($J_B = 1,5\%$).

Список литературы

1. Проектирование экструзионных машин с учетом качества резинотехнических изделий : монография / М.В. Соколов, А.С. Клинков, П.С. Беляев, В.Г. Однолько. – М. : Машиностроение-1, 2007. – 292 с.
2. Бекин, Н.Г. Расчет технологических параметров и оборудования для переработки резиновых смесей в изделия / Н.Г. Бекин. – Л. : Химия, 1987. – 272 с.
3. Свидетельство № 2003611833 о регистрации программы для ЭВМ. Расчет оптимальных технологических и конструктивных параметров экструзии резиновых смесей с учетом минимизации технологической мощности и получения качественного экструдата (Оптимизация экструзионного оборудования) / Соколов М.В., Клинков А.С., Кочетов В.И., Беляев П.С. (РФ) ; опублик. 04.08.2003.
4. Соколов, М.В. Измерительное устройство для определения рациональных значений суммарного сдвига и критерия подвулканизации при производстве длинномерных резинотехнических изделий заданного качества / М.В. Соколов, А.С. Клинков, П.С. Беляев // Вопр. современ. науки и практики. Ун-т им. В.И. Вернадского. – Серия: Технические науки. – 2007. – Т. 2, №4(10). – С. 195–202.

5. Соколов, М.В. Измерительное устройство для определения рациональных значений суммарного сдвига и критерия подвулканизации при производстве длинномерных резинотехнических изделий заданного качества / М.В. Соколов, А.С. Клинков, П.С. Беляев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2007. – Т. 2, № 4(10). – С. 195–201.

6. Соколов М.В. Энергосберегающая технология производства длинномерных резинотехнических изделий заданного качества / М.В. Соколов, А.С. Клинков, П.С. Беляев, В.Г. Однолько // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2008. – Т. 2, № 1(11). – С. 99–103.

Effect of Sub-Vulcanization on Relative Shift in Size of Long-Sized Rubber Parts

M.V. Sokolov, A.S. Klinkov, P.S. Belyaev, V.G. Odnolko

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: relative shift in extrudate; rubber mixture; degree of sub-vulcanization.

Abstract: The paper deals with theoretical grounds of determining the critical value of the degree of sub-vulcanization of long-sized rubber parts by measuring device.

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