

УДК 678.058:539.4

**РАСЧЕТ ПРОЦЕССА И ОБОРУДОВАНИЯ
ЭКСТРУЗИИ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ЗАДАННОМ
КАЧЕСТВЕ ЭКСТРУДАТА**

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

Кафедра «Полимерное машиностроение», ТГТУ

Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым

Ключевые слова и фразы: минимальная технологическая мощность; оптимальные технологические и конструктивные параметры; степень подвулканизации; червячная машина; экономия энергозатрат.

Аннотация: Рассмотрены вопросы оценки подвулканизации резиновых смесей в процессе экструзии на червячных машинах. Приведены результаты экспериментальных исследований оценки качества экструдата при различной степени подвулканизации. Показана возможность экономии энергозатрат.

Современный технологический процесс изготовления изделий из резины методом экструзии является энергоемким, и наибольшая часть энергии (~ 80 %) расходуется на стадии вулканизации.

В работе для оценки степени подвулканизации используется критерий Бейли [1].

В работах [2, 3] предложена математическая модель процесса экструзии резиновых смесей, а также поставлена и решена задача оптимизации технологических параметров процесса экструзии и геометрических размеров червячного узла пластикации для переработки резиновых смесей. Получены оптимальные технологические параметры процесса экструзии и геометрические размеры червяка с учетом минимизации технологической мощности N при условии получения качественного экструдата.

Для проверки адекватности данной математической модели спроектирована и изготовлена специальная экспериментальная установка (ЭУ) [3], представляющая собой червячную машину с диаметром червяка $D = 0,032$ м, отношением длины нарезки к диаметру $L/D = 10$, углом наклона его нарезки $\varphi = 17^\circ$, глубиной винтового канала $h = (0,003 \dots 0,007)$ м, шириной гребня $e = 0,0035$ м, зазором между гребнем червяка и внутренней поверхностью материального цилиндра $\delta = 0,001$ м. Вращение червяка машины происходит от электродвигателя постоянного тока с возможностью регулирования угловой скорости его в пределах $\omega = (0 \dots 7,85) \text{ с}^{-1}$. ЭУ снабжена системой термостатирования цилиндра, червяка, формирующей головки.

Целью эксперимента являлось получение экспериментальных зависимостей технологической мощности N , критерия Бейли JB , времени вулканизации τ_v и параметров качества экструдата (σ_{p3} , $\delta_{\text{ост.э}}$, σ_p , $\delta_{\text{ост}}$ – предел прочности образцов, от-

носительное остаточное удлинение при разрыве до и после процесса экструзии соответственно) от производительности Q и сравнение их с теоретическими результатами.

Предварительно для известных технологических и конструктивных параметров червяка и цилиндра экспериментальной установки и выбранной резиновой смеси НО-68-1 по математической модели процесса экструзии [2, 3] рассчитывалось температурное поле по длине червяка.

В результате расчета принят следующий режим: температура материального цилиндра $T_{ц} = 368$ К; температура входа смеси в материальный цилиндр $T_{см.вх.} = 323$ К; температура выхода экструдата $T_{см.вых.} = (368...383)$ К.

Далее ставилась задача оптимизации. В качестве варьируемых параметров принимались глубина винтового канала червяка h и угловая скорость ω , а в качестве критерия оптимизации – технологическая мощность N .

Интервалы изменения варьируемых параметров

$$h = (0,002...0,006) \text{ мм}; \omega = (0,1...7,85) \text{ с}^{-1}$$

Далее для заданных значений $\varphi = 17^\circ$, $D = 0,032$ м, $L = 0,325$ м, $e = 0,0035$, $\delta = 0,001$ м, угловой скорости червяка $(\omega = (0,12...7,85) \text{ с}^{-1})$, что соответствует производительности $Q = (0,01...0,1) \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$, перепада давления по длине червяка ΔP , перепада температуры по длине червяка ΔT , ограничений на качество экструдата ($JB \leq 0,5\%$), на прочность материала ($\sigma_{экр} \leq 320$ МПа) червяка и соответствующих начальных значений варьируемых параметров ($h_0 = 0,003$ м, $\omega_0 = 0,2 \text{ с}^{-1}$) по математической модели процесса экструзии [2, 3] проводился расчет оптимальных параметров при условии минимизации технологической мощности N .

Затем были изготовлены три червяка с рассчитанными в результате оптимизации глубинами винтового канала ($h^* = 0,0025; 0,0035; 0,0045$ м).

Эксперимент проводили при двух режимах экструзии с максимальной температурой цилиндра пластикации $T_{ц} = 368$ К: рассчитанной без ограничения на качество экструдата $JB = 0,5...25\%$; такой, чтобы в исследуемом материале не возникало подвулканизации, то есть значение критерия Бейли не превышало определенной, наперед заданной величины (для резиновой смеси шифра НО-68-1 – $JB \leq 0,5\%$).

В процессе эксперимента отбирались пробы экструдата и определялась температурно-временная зависимость (кривая подвулканизации). Кривая подвулканизации (рис. 1) определялась в АО “Тамбоврезиноасботехника” на приборе “Monsanto”.

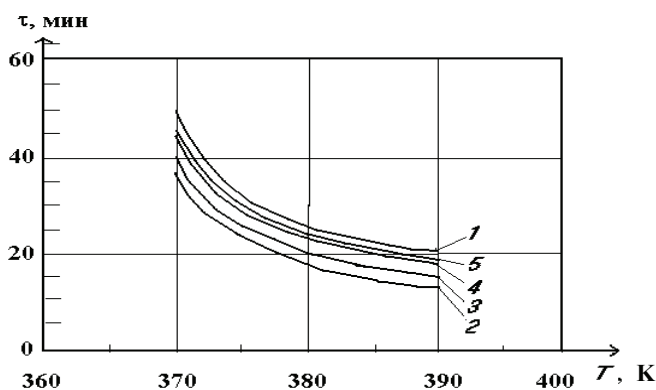


Рис. 1 Кривые подвулканизации при различной производительности:

1 – до экструзии или при оптимальном режиме экструзии $JB \leq 0,5\%$; 2 – $Q = 0,04 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$; 3 – $Q = 0,06 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$, 4 – $Q = 0,08 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$, 5 – $Q = 0,1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ – после экструзии

Математическое выражение для кривой подвулканизации I , которое используется в математической модели процесса экструзии резиновых смесей получено с помощью стандартного приложения к Windows фирмы Microsoft – программное обеспечение “TablCurve”

$$\tau = (-16,17 + 3131360/T^2)^2,$$

где τ – время подвулканизации, мин; T – температура заданного процесса, К.

Из рис. 1 видно, что с увеличением производительности Q кривые подвулканизации (“скорчинга”) 2 – 5 стремятся к кривой I , соответствующей состоянию резиновой смеси до экструзии. Это объясняется тем, что с увеличением производительности уменьшается время пребывания резиновой смеси в цилиндре пластикации и, следовательно, уменьшается подвулканизация.

Далее образцы экструдата резиновой смеси НО-68-1 вулканизовались при заданном режиме вулканизации (τ_v – время вулканизации, рассчитанное по интегралу Бейли [2, 3], при температуре вулканизации $T_v = 413$ К) и измерялись предел прочности образцов на разрыв, относительное остаточное удлинение до ($\sigma_p, \delta_{ост.э}$) и после ($\sigma_p, \delta_{ост}$) процесса экструзии.

Испытания проводились на разрывной машине ЦМГИ-250. Основные требования к методам и приборам для механических испытаний резин изложены в ГОСТ 269-66.

Из рис. 2 видно, что с увеличением производительности Q за счет увеличения угловой скорости червяка ω , происходит уменьшение значения критерия Бейли, а следовательно, уменьшение “скорчинга” в перерабатываемом материале и увеличение времени цикла вулканизации. При этом качество вулканизованных образцов до экструзии (или при оптимальном режиме экструзии $JB \leq 0,5$ %) и после нее отличается незначительно.

Сравнительный анализ значений предела прочности и остаточного удлинения при разрыве (рис. 2) до ($\sigma_{pэ} = 80$ кг/см², $\delta_{ост.э} = 300$ %) и после ($\sigma_p, \delta_{ост}$) процесса экструзии показал их расхождение не более 10 %.

Таким образом, чем больше значения критерия подвулканизации JB на стадии экструзии резиновой смеси, тем меньше требуется времени τ_v (при одинаковой температуре вулканизации), а следовательно, и энергозатрат на процесс вулканизации.

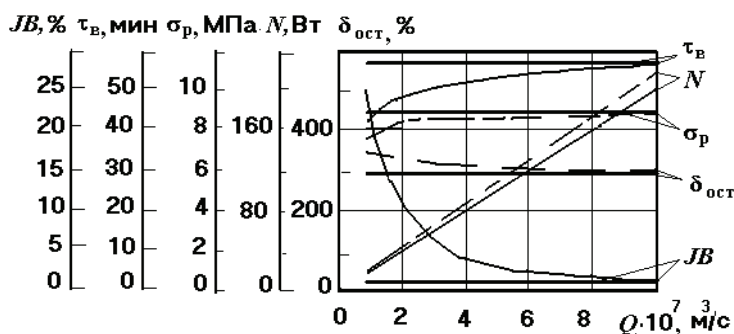


Рис. 2 Зависимость технологической мощности N и параметров качества экструдата $\sigma_p, \delta_{ост}$ от производительности Q :

-----, —, — — экспериментальные, теоретические и оптимальные значения соответственно; $\sigma_{pэ}, \delta_{ост.э}, \sigma_p, \delta_{ост}$ – предел прочности образцов, относительное остаточное удлинение при разрыве до и после процесса экструзии соответственно; JB – критерий Бейли; τ_v – время вулканизации

Список литературы

1. Бекин Н.Г. Расчет технологических параметров и оборудования для переработки резиновых смесей в изделия. – Л.: Химия, 1987. – 272 с.
2. Клинков А.С., Соколов М.В., Кочетов В.И. Определение оптимальных технологических и конструктивных параметров червячных машин для переработки эластомеров // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – № 8. – 2000. – С. 15 – 16.
3. Соколов М.В. Исследование и оптимизация процесса и оборудования экструзии резиновых смесей // Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Тамбов, 2001. – 16 с.

Calculation of the Process and Equipment for Rubber Mixtures Extrusion by Given Quality of Extrudate

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

Department "Polymer Engineering", TSTU

Key words and phrases: minimum technological capacity; optimum technological and structural parameters; pre-vulcanization level; worm machine.

Abstract: Matters of evaluation of rubber mixtures pre-vulcanization in the process of extrusion on worm machine are considered. Experimental research on quality evaluation of extrudate under different level of pre-vulcanization is implemented.

Berechnung des Prozesses und der Ausrüstung der Extrusion der Gummimischungen mit der aufgegebenen Qualität des Extrudats

Zusammenfassung: Es sind die Fragen der Einschätzung der Anvulkanisation der Gummimischungen im Laufe der Extrusion auf den Schneckenmaschinen untersucht. Es sind die experimentalen Forschungen nach der Einschätzung der Qualität des Extrudats beim verschiedenen Grad der Anvulkanisation durchgeführt.

Calcul du processus et de l'équipement de l'extrusion des mélanges caouthouteux avec une qualité donnée de l'extrudant

Résumé: Sont examinés les problèmes de l'évaluation de la sous-vulcanisation des mélanges caouthouteux au processus de l'extrusion dans les machines d'engrenage hélicoïdal. On a fait les études expérimentales de l'évaluation de la qualité de l'extrudant avec le degré différent de la sous-vulcanisation.