

В работах [1,2] было рассмотрено математическое моделирование течения вязкоупругой жидкости в условиях неизотермичности. Для описания вязкоупругих свойств жидкости была выбрана реологическая модель Фан-Тьен-Таннера. Представлена зависимость распределения температуры от упругих свойств жидкости. С увеличением времени релаксации напряжения происходит полное изменение структуры потока: пики напряжений возрастают и становятся значительно больше, чем в ньютоновском случае; изотермы искажаются; напряжения перераспределяются таким образом, что образующиеся более мощные концентрации напряжений вблизи стенок начинают перемещаться вверх по потоку. Это приводит к более раннему отрыву потока от стенок канала при подходе к сужению. Вихревая зона увеличивается и существенно превосходит по своим размерам вихревую зону для ньютоновской жидкости. В работе показано, что в результате преобразования части механической энергии в тепловую возникает поперечный градиент температуры в выходном сечении экструзионной головки, который существенным образом зависит как от реологических свойств жидкости, так и от температурной зависимости этих свойств. Эта температурная неоднородность приводит к образованию физической по свойствам, а в некоторых случаях и химической неоднородности, образующейся в результате преждевременной подвулканизации смеси в экструзионной головке. Это явление неизбежно сказывается на качестве получаемой продукции. Путем математического моделирования показано, что нагрев узкой части канала, примыкающей к выходному сечению экструзионной головки, позволяет выравнять температуру в выходном сечении канала. Для оценки влияния температуры нагрева экструзионной головки на качество получаемого изделия были проведены экспериментальные исследования на червячной машине теплого питания МЧТ 32 x 5, имеющей следующие характеристики: диаметр червяка = 32 мм; отношение длины червяка к его диаметру = 5; червяк цилиндрический двухзаходный с постоянным шагом и переменной глубиной нарезки; степень сжатия = 1,155; число оборотов червяка = 20,100 об/мин; регулирование оборотов червяка – бесступенчатое; обогрев цилиндра и червячной головки производится горячей водой или паром давлением 3,4 кг/см²; регулирование температуры головки первой зоны – автоматическое, цилиндра и червяка – ручное с помощью вентиля; пределы регулирования температуры - 30,134°С; мощность привода машины = 4,5 кВт.

Рис. 1 – Схема одночервячной машины: 1 - головка; 2 - червяк; 3 - корпус; 4 - рубашка для циркуляции теплоносителя; 5 - загрузочная воронка

Для исследования были использованы 2 рецептуры резиновой смеси, применяемые в ОАО “Нижнекамскшина” и представленные в табл. 1 и 2. В экструзионной головке использовалась насадка вида (рис.2):

Рис. 2 – Насадка

При прохождении резиновой смеси через такую насадку получалась прямоугольная заготовка сечением 12 x 22. Исследования проводились при следующих температурах

экструзионной головки: 90°C, 100°C, 110°C. В качестве базовой температуры была принята температура в 100°C. Температура экструзионной головки измерялась лучковой термопарой: ND 500 (предел измерения -100°C , +400°C; цена деления шкалы -1°C; класс точности - 1.0). С помощью полученной заготовки оценивались следующие физико-механические показатели: 1. условное напряжение при 300% удлинении f_e , кгс/см²; 2. предел прочности резины при разрыве f_z , кгс/см²; 3. относительное удлинение при разрыве e_z , %; 4. остаточное удлинение резины A_e , %; 5. сопротивление резины раздиру s_fz , кгс/см; 6. пластичность резиновой смеси P , которая выражается отвлеченным числом в пределах от 0 до 1. 7. Эластическое восстановление резины D_e , %.

Заготовка образцов, проведение испытаний, вычисление результатов испытаний проводилось по ГОСТу 269-66. Таблица 1 – Резиновая смесь для выпуска автокамер

Наименование материала	На 100 мас. долей каучука, м.д.	Массовые доли, %	Навеска в кг	1 ст.	2 ст.	3 ст.
СКИ-3 ГР2	50.00	27.42	53.000			
СКМС-30АРКМ15 В ГР12	50.00	27.42	53.000			
ТЕХУГЛЕРОД П514ГРАН	50.00	27.42	52.000			
БЕЛИЛА ЦИНКОВЫЕ	3.00	1.64	3.150			
МИКРОВОСК ЗАЩИТН	1.00	0.55	1.050			
ДИАФЕН ФП	0.50	0.27	0.530			
АЦЕТОНИЛ-Р	2.00	1.10	2.100			
КАНИФОЛЬ СОСН. 1СОРТ	2.00	1.10	2.100			
СМОЛА СТИР-ИНД	2.00	1.10	2.100			
СТЕАРИН ТЕХН.1С	1.00	0.55	1.050			
МАСЛО ПН6Ш	17.00	9.32	17.850			
АНГИДРИД ФТАЛ.МАРБ	0.50	0.27	0.530			
ГУАНИДФ	0.60	0.33	0.570			
ТИАЗОЛ 2МБС	1.10	0.60	1.050			
СЕРА ТЕХНИЧЕСКАЯ	1.70	0.93	1.620			
МАТОЧНАЯ СМЕСЬ	170.00					
ВСЕГО:	182.40	100.00	187.960	173.240		

Расчетная плотность 1 ст: 1.110 г/куб.см 2 ст: 1.120 г/куб.см Исследования показали, что температура подогрева экструзионной головки заметно влияет на физико-механические свойства исследованных образцов. Таблица 2 – Протекторная резиновая смесь для легковых радиальных шин. Наименование материала

Наименование материала	На 100 мас. долей каучука, м.д.	Массо-вые доли, %	Навеска в кг	1 ст.	2 ст.	3ст
СКМС-30АРКМ15 Б ГР2	100.00	51.78	89.000			
ТЕХУГЛЕРОД П245	65.00	33.64	57.850			
БЕЛИЛА ЦИНКОВЫЕ	3.00	1.55	2.670			
МИКРОВОСК ЗАЩИТН	2.00	1.04	1.780			
ДИАФЕН ФП	1.00	0.52	0.890			
АЦЕТОНИЛ-Р	2.00	1.04	1.780			
СМОЛА СТИР-ИНД	4.00	2.07	3.560			
СТЕАРИН ТЕХН.1С	2.00	1.04	1.780			
МАСЛО ПН6Ш	10.00	5.18	8.900			
ДИФЕНИЛГУАНИДИН ГРАН	0.30	0.16	0.280			
СУЛЬФЕНАМИД Ц	1.50	0.78	1.390			
СЕРА ТЕХНИЧЕСКАЯ	2.00	1.04	1.850			
САНТОГАРД РVJ	0.30	0.16	0.280			
МАТОЧНАЯ СМЕСЬ	170.0	175.00				
ВСЕГО:	193.10	100.00	168.210	170.000	175.000	

Расчетная плотность 1 ст: 1.150 г/куб.см; 2 ст: 1.150 г/куб.см; 3 ст: 1.160 г/куб.см. Тенденция влияния является следующей. С ростом температуры нагрева экструзионной головки (на 10%) по отношению к температуре корпуса экструдера начинают улучшаться практически все механические характеристики исследованных образцов. Очевидно, что при прочих равных условиях эти изменения связаны, прежде всего, с двумя взаимосвязанными процессами: во-первых, такое увеличение температуры приводит к лучшему формованию изделия за счет уменьшения вязкости экструдата; во-вторых, увеличение температуры стенки формующего

инструмента по сравнению с температурой стенки перед формующим инструментом, как показали наши расчеты, приводит к подавлению процесса диссипации механической энергии в области течения экструдата; это неизбежно должно приводить к выравниванию температуры экструдата в поперечном направлении, что в действительности и происходит. Таким образом, можно предположить, что улучшение физико-механических показателей резиновых образцов с повышением температуры экструзионной головки связано с выравниванием свойств экструдата в поперечном направлении вследствие выравнивания температуры в этом же направлении. Интересно отметить, что уменьшение температуры стенки формующей головки по сравнению с температурой стенки корпуса экструдера приводит, с одной стороны, к росту температурной неоднородности экструдата в поперечном направлении, а, с другой стороны, как показали наши эксперименты, к заметному ухудшению физико-механических характеристик получаемых изделий. Таким образом, путем моделирования сходящегося течения вязкоупругой жидкости и измерения физико-механических свойств изделий при различных температурах стенки формующей головки установлено: а) свойства продукции (и соответственно качество продукции) резиновой промышленности в значительной мере зависят от степени температурной неоднородности экструдата на выходе из экструзионной головки; б) выравнивание температуры экструдата на выходе из экструзионной головки крайне важно для получения качественной продукции шинного производства; в) температурная неоднородность экструдата может быть существенно уменьшена путем поддержания более высокой температуры стенки формующего экструзионной головки по сравнению с температурой стенки корпуса экструдера