

Е. И. Кордикова, ст. преподаватель; А. В. Спиглазов, ассистент

ПОВЕДЕНИЕ ТКАНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ПРИ ПРОПИТКЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

The behaviour of a glass-fiber material under loading is investigated and dependences of change of porosity and a degree of filling on pressure of condensation are received. It is shown, that at pressure of condensation 0,6 MPa porosity accepts the minimal value and at the further increase in effort of compression practically does not change.

On physical model process of current of a liquid in porous space is researched. It is shown, that factors of permeability of system do not remain constants and depend on such factors as a direction of current (a basis, ducks), time of current, a degree of filling, pressure of submission and viscosity of a liquid.

The received values of factors of permeability of system can be used at mathematical modelling current of the liquid environment through porous space in calculations of time of impregnation of a glass-fiber material for real designs.

Введение. В настоящее время большинство крупногабаритных изделий из стеклопластика изготавливают методом инъекционного формования (RTM – Resin Transfer Molding). Данная технология имеет ряд преимуществ по сравнению с широко применяемым методом контактного формования. В частности, снижаются отходы материалов, изделие имеет более точные размеры и более однородно по объему (отсутствуют воздушные включения), снижается время изготовления изделий, что приводит к уменьшению их себестоимости [1].

Однако следует отметить недостатки, которые могут возникать при изготовлении крупногабаритных изделий: нестабильность значений объемного содержания наполнителя, неравномерное содержание воздушных включений, возможное образование отдельных непропитанных участков или полная остановка процесса пропитки – «запирание» системы [2].

Для анализа причин возникновения дефектов структуры необходимо иметь представление о процессе пропитки с учетом реальных особенностей структуры порового пространства.

Целью данной работы являлось изучение процессов пропитки и определение коэффициентов проницаемости стекловолоконистого наполнителя в зависимости от различных параметров процесса.

В работе исследовали проницаемость стеклоткани марки Т10-80 производства ПО «Стекловолокно» (г. Полоцк). В качестве модельной жидкости использовали глицерин и его смеси с водой, параметры течения которых близки по значениям реальным терморезактивным связующим.

Основная часть. Тканые наполнители являются упругими пористыми материалами. При формовании наполнитель подвергается деформированию, при этом изменяется толщина пакета, его пористость и, соответственно, степень наполнения.

Для обобщения результатов всех экспериментов выражали степень уплотнения пакетов

через отношение текущей толщины к ее начальному значению. Полученные зависимости представлены на рис. 1.

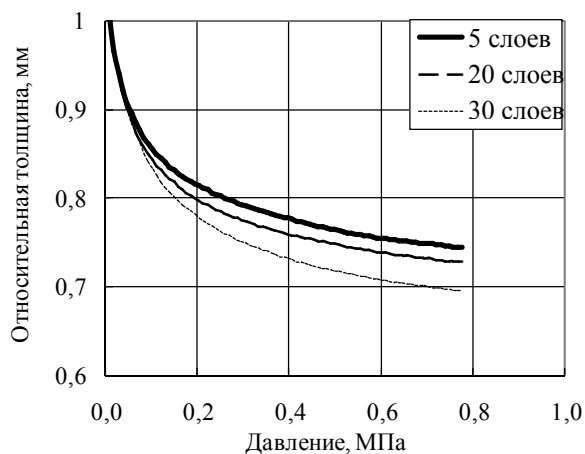


Рис. 1. Изменение относительной толщины пакета наполнителя от давления уплотнения

Изменение относительной толщины пакетов практически не зависит от количества слоев и подчиняется степенной зависимости типа $y = 0,7x^{-0,077}$.

Поскольку в процессе пропитки под давлением уплотненного пакета связующее заполняет все межволоконное пространство, то можно принять, что относительная объемная пористость пакета Π и относительное объемное содержание связующего $P_{св}$ в материале имеют одинаковое значение. Тогда имеем выражение для определения относительного объемного содержания наполнителя:

$$P_{нап} = 1 - P_{св} = 1 - \Pi.$$

Пористость пакета определяли из выражения

$$\Pi = 1 - \frac{m\eta}{\rho H_p},$$

где Π – относительная объемная пористость пакета; m – масса единицы площади тканого

наполнителя, кг/м^2 ; n – число слоев ткани в пакете; ρ – плотность волокна, из которого изготовлена ткань, кг/м^3 ; H_p – толщина пакета при давлении p , мм.

Полученные зависимости изменения степени наполнения от давления для различного числа слоев наполнителя представлены графически на рис. 2.

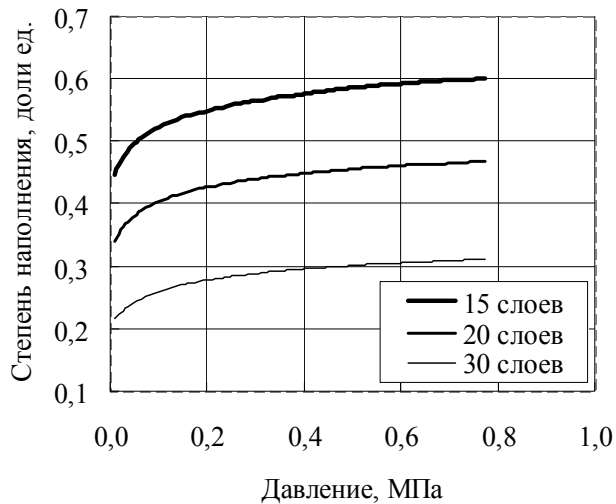


Рис. 2. Изменение степени наполнения от давления уплотнения пакетов наполнителя

Степень наполнения при величине давления 0,6 МПа достигает постоянного значения и при дальнейшем увеличении давления практически не изменяется.

Экспериментальные данные поведения наполнителя при сжатии использовали при определении коэффициентов проницаемости системы с заданной степенью уплотнения (степенью наполнения).

Для определения коэффициентов проницаемости системы использовали установку, реализующую двухмерное течение жидкости в системе. Схема приспособления представлена на рис. 3.

К металлическим плитам 1 и 2 приклеивали пластины оргстекла 4. Между ними укладывали слои наполнителя. Болтами сжимали пакет до получения требуемой степени наполнения, основываясь на экспериментальных зависимостях (см. рис. 3).

Величину зазора между плитами контролировали щупом. Далее связующее подавали в форму при заданном давлении, которое контролировали манометром 6.

Верхняя плита имеет отверстия для наблюдения за распространением фронта связующего. В течение определенного промежутка времени, через смотровые отверстия фиксировали координаты (x_i ; y_i) пропитанной части пакета.

Процесс пропитки прекращали, когда фронт связующего прошел 4/5 длины плиты.

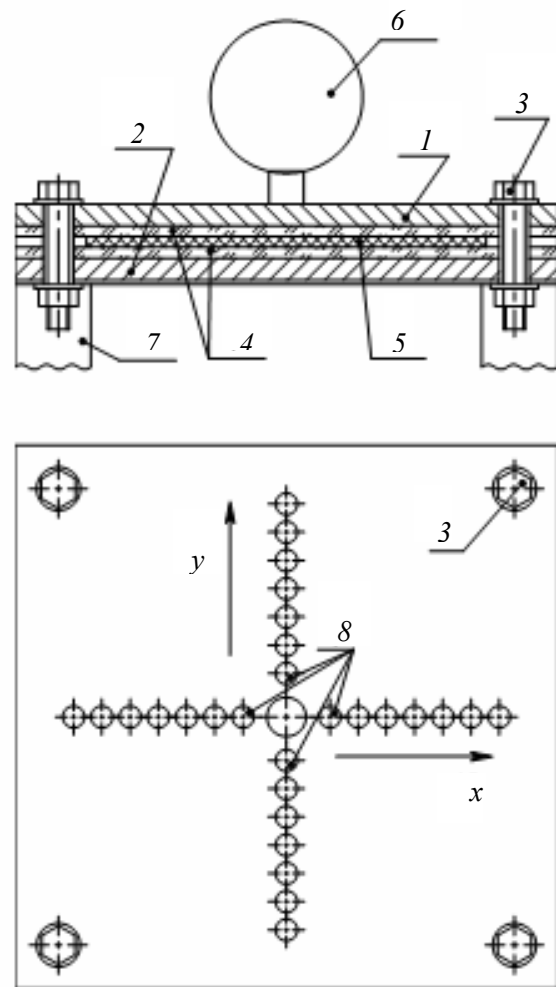


Рис. 3. Схема приспособления для изучения процесса пропитки: 1 – плита верхняя; 2 – плита нижняя; 3 – зажимные болты; 4 – оргстекло; 5 – стеклоткань; 6 – манометр; 7 – рама; 8 – отверстия. Ось x – направление утка, ось y – направление основы

Коэффициент проницаемости K_i в двух направлениях определяли по формуле

$$K_i = \frac{\mu v_i l_i}{\Delta p},$$

где μ – вязкость модельной жидкости, Па·с; v_i – скорость перемещения фронта жидкости в направлении x или y ; l_i – длина участка в направлении x или y ; Δp – перепад давлений.

Осредненные результаты эксперимента представлены в таблице.

С течением времени значение пористости системы изменяется, соответственно изменяется скорость прохождения фронта жидкости и, следовательно, коэффициент проницаемости (рис. 4, 5).

Значения коэффициентов проницаемости в зависимости от параметров процесса

Толщина пакета наполнителя h , мм	Степень наполнения $P_{\text{нап}}$	Давление пропитки p , МПа	Вязкость связующего μ , Па·с	Коэффициент проницаемости, м^2	
				вдоль утка K_x	вдоль основы K_y
В зависимости от степени наполнения					
2,8	0,6	0,1	1,12	$1,25 \cdot 10^{-11}$	$5,59 \cdot 10^{-12}$
3,1	0,55	0,1	1,12	$1,84 \cdot 10^{-11}$	$9,07 \cdot 10^{-12}$
3,4	0,50	0,1	1,12	$2,36 \cdot 10^{-11}$	$9,77 \cdot 10^{-12}$
В зависимости от давления					
3,1	0,55	0,1	1,12	$1,84 \cdot 10^{-11}$	$9,07 \cdot 10^{-12}$
3,1	0,55	0,16	1,12	$2,22 \cdot 10^{-11}$	$1,11 \cdot 10^{-11}$
3,1	0,55	0,23	1,12	$2,23 \cdot 10^{-11}$	$1,12 \cdot 10^{-11}$
В зависимости от вязкости					
3,1	0,55	0,1	0,40	$1,35 \cdot 10^{-10}$	$8,80 \cdot 10^{-11}$
3,1	0,55	0,1	1,12	$1,84 \cdot 10^{-11}$	$9,07 \cdot 10^{-12}$

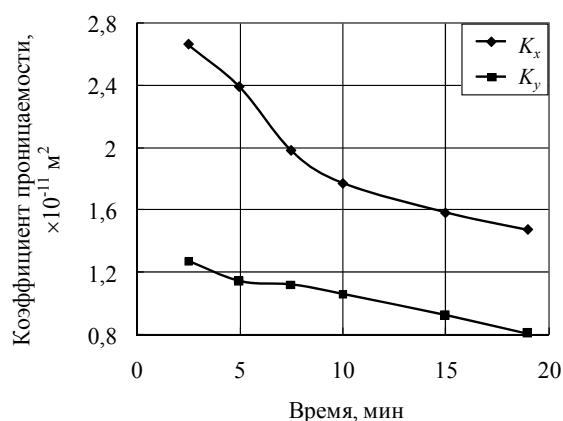


Рис. 4. Зависимость коэффициентов проницаемости от продолжительности процесса пропитки

Заключение. В работе изучено поведение стекловолоконистого материала под нагрузкой и получены зависимости изменения пористости и содержания наполнителя от давления уплотнения. Было выяснено, что при давлении уплотнения 0,6 МПа степень уплотнения достигает максимального значения.

Показано, что коэффициенты проницаемости системы не остаются постоянными и зависят от таких факторов, как направление течения (основа, уток), время течения, степень наполнения, давление подачи и вязкость жидкости. В процессе течения коэффициенты проницаемости в зависимости от степени наполнения изменяются от $5,59 \cdot 10^{-12}$ до $9,77 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$ в на-

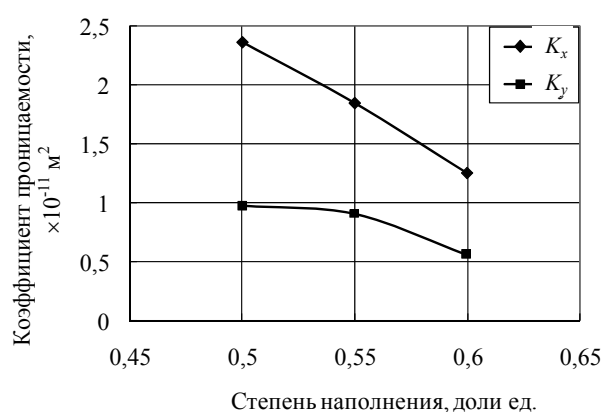


Рис. 5. Зависимость коэффициентов проницаемости системы от степени наполнения

правлении основы и от $1,25 \cdot 10^{-11}$ до $2,36 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2$ в направлении утка. Полученные значения коэффициентов проницаемости системы использовали при математическом моделировании течения жидкой среды через поровое пространство при расчетах времени пропитки наполнителя для реальных конструкций.

Литература

1. Ефимов, В. Г. Опыт изготовления крупногабаритных деталей из композиционных материалов методом пропитки под давлением / В. Г. Ефимов, Е. А. Курочкин. – Л.: Знание, 1977. – 19 с.
2. Техника переработки пластмасс / под ред. И. Н. Басова. – М.: Химия, 1985. – 480 с.