

готовленной композиции происходит быстрая кристаллизация ПЭВД и фиксация как дисперсионной среды (пластика), так и граничного слоя, по которому происходит передача и релаксация напряжения в системе.

Таким образом, очевидно, что особенности поведения и свойства термопластичных резин, получаемых методом динамической вулканизации, связаны, в первую очередь, с условиями образования и перестройки граничного слоя. А для сохранения свойств ТПР особенно важно стабилизировать неравновесную часть граничного слоя, а следовательно, и взаимодействие между фазами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Полимерные смеси / Под ред. Д.Пола и С.Ньюмена. - М.: Мир, 1981. - Т.2.
2. Канаузова А.А. Получение термопластичных резин методом динамической вулканизации и их свойства. - М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1985.
3. Шварц А.Г., Динзбург Б.И. Совмещение каучуков с пластиками и синтетическими смолами. - М.: Химия, 1972.
4. Щербина Е.И., Долинская Р.М., Мигаль С.С. Термопластичные резины - новый композиционный материал. // Сб. научн. тр. БГТУ. - 1994. - Сер. Химия и технология органических веществ. - Вып. II. - С.32-36.
5. Мартынов М.А., Вылегжанина К.А. Рентгенография полимеров. - Л.: Химия, 1972.
6. Кулезнев В.Н., Усачев С.В. Межфазные слои и их влияние на механические свойства модельных смесей каучуков // Матер. Междунар. конф. по каучуку и резине (27.09-1.10.94) / "JPC 94". - Москва, 1994. - С. 288-299.

УДК 678.7.067.5

В.П.Ставров, проф.;  
Е.И.Кременевская, инж.

#### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОПИТКИ ВОЛОКНИСТЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ РАСПЛАВАМИ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Are adduced dependences of durations of impregnations of layers from parameters of structures and properties of liquid. The factors filtration are received. On constructed model the process impregnation of liquid through fibrous system.

Проблема проникновения жидкостей через пористые среды в течение последних десятилетий привлекает устойчивое внимание исследователей. Неослабевающий интерес к проблеме проницаемости пористых сред обу-

словлен необходимостью решения практических задач в различных отраслях техники.

Преобладающее число ранних работ посвящено проницаемости пористых сред для ньютоновских жидкостей. Предложены различные модели, учитывающие структуру порового пространства. Среди них наибольшее распространение получили капиллярные модели Кармана-Козени [1,2].

В связи с развитием технологии процессов получения высокопрочных композиционных материалов вырос интерес к исследованию проницаемости волокнистых систем высоковязкими неньютоновскими жидкостями. Многие известные результаты для ньютоновских жидкостей оказываются не вполне пригодными для описания процессов производства и формообразования волокнистых композитов с термопластичной матрицей, связанных с проникновением полимера в волокнистую систему [3].

К наиболее существенным факторам, обуславливающим механизм и параметры процесса течения высоковязких жидкостей через волокнистые системы, относятся анизотропия и стохастический характер структуры таких сред, особенности геометрии промежутков между волокнами, возможности перемещения волокон в процессе течения жидкости, нелинейность вязких свойств жидкости.

В связи с разработкой процесса пултрузии волокнистых композитов с термопластичной матрицей в рамках подхода Кармана-Козени была рассмотрена уточненная модель проницаемости однонаправленной волокнистой системы для неньютоновской жидкости с параметрами, типичными для расплавов термопластичных полимеров. На основе экспериментальных данных для стеклопластиков учитывался стохастический характер микроструктуры реальных волокнистых систем [3].

В ряде работ, опубликованных ранее, отмечается перколяционный характер течения высоковязких жидкостей через волокнистую систему. После достижения фронтом жидкости слоя волокон и его уплотнения поток разделяется на "языки", смещающие пучки волокон и протекающие вглубь системы по наименее плотно заполненным волокнами областям. Таким образом, механизм течения высоковязких жидкостей через волокнистые системы отличается от течения через прямолинейные и неподвижные капилляры [4].

Авторами предпринята попытка построения перколяционной теории проницаемости стохастических волокнистых сред для неньютоновских жидкостей на основе анализа реальных механизмов течения.

Для теоретического решения поставленной задачи построена модель стохастической структуры. Распределение радиусов принималось нормальным, а промежутков между волокнами - по закону Вейбулла. Систему

моделировали как неподвижную и как уплотняемую, что необходимо для дальнейшего моделирования процессов перколяции. Моделирование проводилось при помощи пакета программ "Композит" (разработана О.А.Кравченко).

В теории проницаемости жидкостей существенное значение имеют размеры промежутков между структурными элементами и характер их изменения. В волокнистых структурах промежутки образуют каналы, по которым течет жидкость. Геометрия этих каналов определяет гидравлическое сопротивление течению жидкости и, следовательно, коэффициент проницаемости. В волокнистой системе каналы имеют ширину, изменяющуюся случайным образом.

С целью создания адекватной модели процесса моделировалось течение в элементарной ячейке. Рассматривался процесс течения неньютоновской жидкости в зазоре между двумя волокнами и между волокнами, образующими регулярную (гексагональную) ячейку.

Для течения жидкости между двумя волокнами была получена зависимость для градиента давления и для расхода в зависимости от положения фронта. Эта зависимость сильно нелинейна, она характеризует увеличивающееся гидравлическое сопротивление элементарной ячейки проникновению жидкости. Установлено, что после прохождения фронтом наиболее узкого участка гидравл. еское сопротивление изменяется незначительно.

Замечено, что при уменьшении зазора, увеличении вязкости жидкости и увеличении показателя степени в законе течения жидкости время заполнения ячейки возрастает. Большое влияние оказывает и изменение давления на входе в ячейку. Но по мере уплотнения структуры все большее влияние оказывает уменьшение зазоров.

В гексагональной ячейке течение жидкости происходит путем перколяции ее через зазоры между волокнами. Проведены вычисления для расхода жидкости через слой, содержащий несколько гексагональных ячеек. Вычислено время прохождения жидкости через все ячейки. Получена теоретическая зависимость коэффициента проницаемости от степени наполнения волокнами (рис.1.).

Экспериментальные исследования проводили на увеличенной физической модели, воспроизводящей процесс проникновения высоковязкой жидкости через волокнистую систему [4]. (рис. 2.) В цилиндр 1 заливается моделирующая жидкость, давление на которую осуществляется рычагом с грузом 2 через поршень 3.

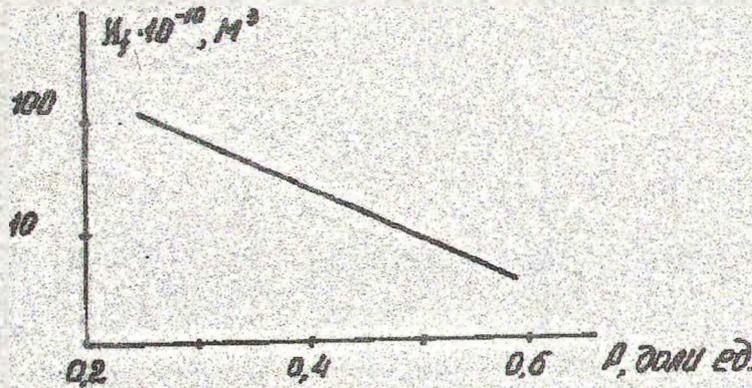


Рис. 1. Зависимость коэффициента проницаемости от степени заполнения.

Давление жидкости определяется по высоте столба жидкости в стеклянных трубочках 10. Жидкость по каналам 4 поступает в полость между двумя прозрачными листовыми стеклами 6. В полости определенным образом расположены цилиндрические элементы 8, моделирующие волокна и имеющие возможность перемещаться под действием давления. Из полости жидкость удаляется через отводные штуцера 9. В качестве модельной жидкости использован водный раствор лигносульфоната.

Изучен механизм перколяции жидкости через модельное пространство, влияние на механизм процесса и коэффициенты проницаемости вязкости модельной жидкости и расположения элементов, моделирующих волокна.

Влияние вязкости модельной жидкости исследовали при хаотическом и упорядоченном расположении элементов на модельном поле. На основании наблюдений можно констатировать, что при высоких давлениях на входе и при высоких значениях вязкости жидкость просачивается через поровое пространство практически ровным фронтом. При снижении значения давления и вязкости появляются "языки" и жидкость течет преимущественно в большие зазоры. "Языки", проникающие в зазор между элементами, раздвигают их, затем жидкость заполняет весь зазор между элементами. На рис. 3 показан процесс проникновения жидкости через модель с гексагональной укладкой элементов в последовательные промежутки времени. Жидкость затекает в зазоры, образованные элементами, затем под действием потока элементы смещаются и жидкость течет по уже иным зазорам.

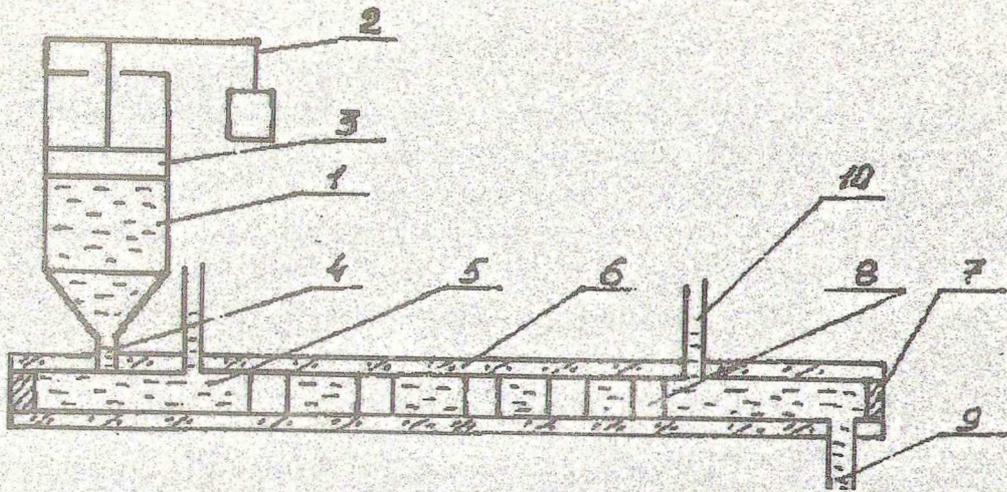


Рис. 2. Схема установки для исследования процесса пропитки.  
 1 - цилиндр, 2 - рычаг, 3 - поршень, 4 - трубки, 5 - полость, 6- листовое стекло, 7 - крышки, 8 - шайбочки, 9 - отводной штуцер, 10 - прозрачные трубки.

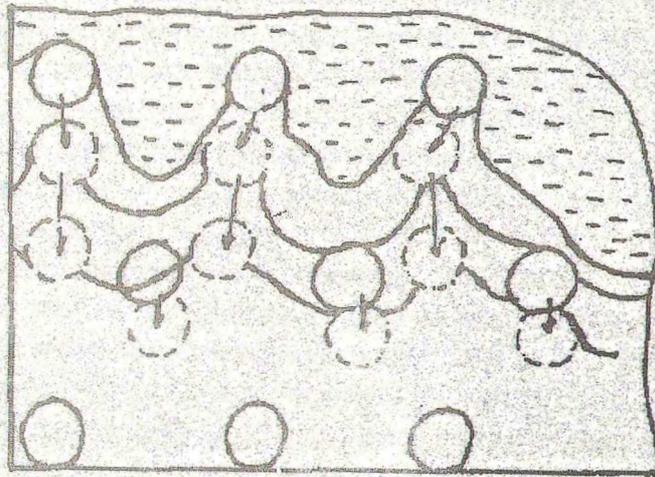


Рис. 3. Схема проникновения жидкости через модель с гексагональной укладкой элементов ( $\mu=90 \text{ Па}\cdot\text{с}^{\text{н}}$  - вязкость модельной жидкости,  $\Delta p=2,5 \text{ кПа}$  - перепад давления)

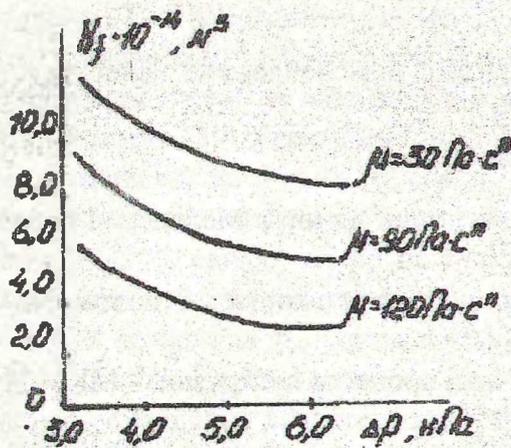


Рис. 4 Зависимость коэффициента проницаемости при хаотическом расположении элементов от  $\Delta p$  и вязкости.

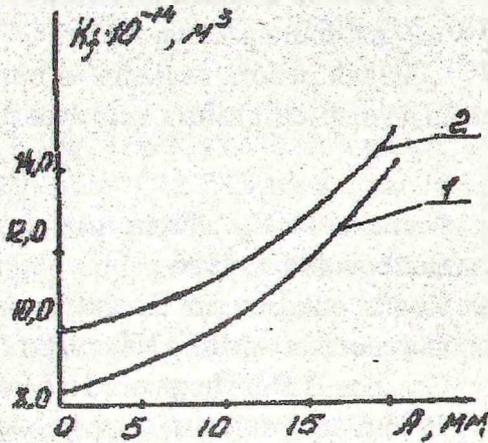


Рис. 5 Зависимость коэффициента проницаемости при упорядоченном расположении элементов от расстояния между ними (1 - гексагональная укладка, 2 - квадратная укладка)

По данным эксперимента были рассчитаны коэффициенты проницаемости для хаотического расположения элементов в зависимости от вязкости и градиента давления (рис. 4.) по формуле

$$Q = K \cdot \left( \frac{dP}{dx} \right)^n,$$

где  $K$  - коэффициент проницаемости;  
 $dP/dx$  - градиент давления, кПа;  
 $n$  - показатель степени в уравнении расплава;  
 $Q$  - расход жидкости, м<sup>3</sup>/с.

Было замечено, что при уменьшении вязкости и давления коэффициент проницаемости увеличивается. На рис. 5. представлена зависимость коэффициента проницаемости от расположения волокон и расстояния между ними ( $\mu = 90 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ,  $p = 2,5 \text{ кПа}$ ). Получили, что при квадратной укладке коэффициент проницаемости несколько выше, чем при гексагональной.

Полученные коэффициенты проницаемости для рассмотренных случаев различаются незначительно. При этом они оказались несколько ниже, чем теоретически рассчитанные.

$$Q = \frac{K \cdot \Delta P}{\mu \cdot \Delta l},$$

где  $K$  - коэффициент проницаемости;  
 $\Delta p$  - перепад давления, кПа;

$\Delta l$  - длина каналов по которым течет жидкость, м,  
 $\mu$  - вязкость расплава, Па\*с<sup>n</sup>.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского Фонда фундаментальных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Garman P.C. From of Gases trous Porous Media. -London.: Butterwordths., 1956 .
2. Колосов А.Е. и др. Пропитка волокнистых наполнителей полимерным связующим. - МКМ N4, 1988 г.
3. Ставров В.П., Цвирко Э.Н. Механика процесса пултрузии. - МКМ N4, 1995 г.
4. Создать высокопрочные композиционные материалы на основе волокон и термопластичных полимерных связующих и высокопроизводительные процессы производства из них изделий машиностроения и товаров народного потребления./ Отчет по теме ГБ 90-02. Науч. рук., В.П.Ставров.; Минск БГТУ, 1995 г.

УДК 676.014.44:012

А.И.Ламоткин, доцент;  
 А.А.Комаров, м.н.сотр.;  
 Н.В.Черная, с.н.сотр.

#### ПРОМЫШЛЕННОЕ ОСВОЕНИЕ УКРЕПЛЕННОГО КЛЕЯ ТМВС-2 НА БУМАЖНОЙ ФАБРИКЕ ГОЗНАКА РБ

New profing substance was received which promote the expenditure lowering of the traditional components and rise the ecology of this own manufacturing and application for mass kinds of paper and pasteboard.

Совершенствование технологии производства гидрофобизирующих составов и создание на их основе более эффективных клеевых композиций является единственной реальной перспективой в удовлетворении нужд бумажного и картонного производства не только в Республике Беларусь, но и в странах СНГ. Высокая химическая активность талловой канифоли позволяет получить на ее основе большое количество разнообразных продуктов [1]. Известны различные способы модификации талловой канифоли: гидрирование, диспропорционирование, полимеризация, конденсация с малеиновой, фумаровой и другими кислотами и т.д.

На кафедре ХПД разработан новый высокоэффективный клеевой состав ТМВС-2, являющийся продуктом модификации талловой канифоли моноэфирами малеинового ангидрида с высшими жирными спиртами фракции С12-С18 и позволяющий повысить гидрофобность бумаги за счет