

2. Stavrov V.P., Stavrov V.V., Pankova N.V., Friedrich K. // *Mechanics of Composite Materials*. - 2000. - Vol.36. - No. 2. - P.155-161.

3. Ставров В.П., Марков А.В., Жерновский А.В., Фридрих К. // *Механика композитных материалов*. - 2000. - Т.36. - № 3. - С.419-428.

4. Ставров В.П., Марков А.В., Ткачев В.М. // *Материалы, технологии, инструменты*. - 2000. - № 3. - С. 12-16.

5. Карпович О.И., Марков А.В., Ставров В.П // *Полимерные композиты-2000: Тезисы докл. конф.* - Гомель, 2000. - С 93.

6. Ставров В.П., Марков А.В. // *Новые конкурентоспособные и прогрессивные технологии (материалы конф.)*. - Могилев, 2000. - С. 163.

УДК 678.073:678.026.02:678.027.9

Е.И. Кордикова, В.П. Ставров
(БГТУ, г. Минск);
К. Фридрих
(IVW, Кайзерслаутерн)

РОЛЬ РЕЖИМОВ ПРОПИТКИ СТЕКЛОРОВИНГА ПРИ ON-LINE-НАМОТКЕ ТРУБ ИЗ АРМИРОВАННЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ

Применение в нефтехимической и газовой промышленности труб и сосудов давления из армированных термопластов имеет важные преимущества по технологическим, эксплуатационным и экологическим показателям [1, 2]. Для изготовления таких изделий наиболее перспективна одностадийная (on-line) технология, в которой совмещены процессы пропитки непрерывного волокнистого наполнителя расплавом термопластичного полимера и намотки пропитанной ленты [1-4]. Совмещение двух стадий процесса консолидации материала позволяет уменьшить деструктурирующее тепловое воздействие на полимер, существенно снизить энергозатраты и стоимость технологического оснащения, повысить производительность процесса и снизить себестоимость изделий [1].

Одна из ключевых проблем в on-line-технологии - согласование режимов пропитки наполнителя полимерным расплавом и режимов консолидации пропитанной ленты при намотке на оправку. В данной работе эта проблема исследована применительно к технологии пропитки стеклоровинга на пористом роликe, разработанной в Институте композитных материалов (IVW) [4], на базе теории перколяции полимерного расплава через натянутый волокнистый слой, разработанной в БГТУ [5, 6].

Экспериментальная часть работы выполнена в IVW, на универсальной лабораторной установке, включающей червячный экструдер с пропи-

точной головкой, сконструированной согласно концепции, описанной в статье [4], устройства подачи и натяжения ровинга, намоточный станок с оправкой и устройствами для консолидации наматываемой ленты. Производительность экструдера по расплаву подбирали с учетом заданной степени наполнения композита (25 ± 3 об.%) и варьируемой скорости намотки.

В качестве матрицы использовали полипропилен марки 1100VC (фирмы Tagcor), в качестве армирующего наполнителя - стеклоровинг типа R43S/30 (фирмы Owens Corning) с линейной плотностью 2400 текс и средним диаметром волокон 17 мкм. По данным капиллярной вискозиметрии найдены параметры степенного закона течения полимерного расплава и энергия активации в диапазонах температур от 190 до 230 °С и скоростей сдвига 100-1000 с⁻¹, типичных для исследуемого процесса.

Наматывая пропитанную расплавом ленту на оправку с внутренним диаметром 70 мм и длиной 800 мм, получали трубы, которые затем разрезали на кольца. Скорость намотки варьировали в диапазоне от 6 до 18 м/мин, натяжение ровинга - от 15 до 50 Н. Прочность колец определяли по ASTM D2290-92. Из колец вырезали сегменты и испытывали на сдвиг параллельно слоям по методике, изложенной в работе [3]. Микроструктуру материала исследовали с помощью микроскопа Aristomet. Оценивали степень пропитки, однородность расположения волокон в сечении кольца, пористость.

Качество пропитки оценивали по прочности при сдвиге параллельно слоям. Наибольшее значение этой величины ($\tau_{\max} = 4$ МПа) получено при намотке со скоростью до 6 м/мин при температуре 230 °С. Отношение прочности при сдвиге при иных режимах к максимальному значению ($C_\tau = \tau/\tau_{\max}$) служит мерой качества пропитки.

Степень пропитки рассчитывали как отношение средней глубины проникновения расплава к средней толщине пропитываемого слоя на основании теории пропитки волокнистого слоя полимерным расплавом, изложенной в статьях [5, 6]. Согласно этой теории, кинетическое уравнение, связывающее данную величину с параметрами процесса, имеет вид

$$C \equiv \frac{h}{h_0} = \left[(1+s)K_e \left(\frac{F}{\mu r b} \right)^s \frac{\pi r}{v} \right]^{\frac{1}{s+1}}, \quad (1)$$

где C - степень пропитки; h - глубина пропитанного слоя; h_0 - толщина пропитываемого волокнистого слоя; K_e - эффективный коэффициент проницаемости волокнистого слоя; F - натяжение ровинга; r - радиус пористого ролика; μ - коэффициент вязкости расплава при температуре пропитки;

n - показатель степени в законе течения расплава; v - скорость протяжки роллинга (скорость намотки); b - ширина пропитываемого слоя.

При исследуемых условиях пропитки $K_e = 7 \cdot 10^{-13} \text{ м}^{1+s}$, $r = 15 \text{ мм}$, $b = 12 \text{ мм}$, $n = 0,65$, $\mu = \mu_0 \exp\left(\frac{E_c}{RT}\right)$, $\mu_0 = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ Па с}$, $E_c = 70 \text{ кДж/кг}$. По этим значениям рассчитана степень пропитки как функция температуры расплава, скорости протяжки и натяжения роллинга.

Как видно из рисунка, между рассчитанной согласно формуле (1) степенью пропитки C и найденным из эксперимента значением относительной прочности при сдвиге C_τ существует тесная корреляция. Коэффициент корреляции между этими величинами равен 0,95.



Следовательно, режимы пропитки играют решающую роль при назначении параметров on-line-намотки. Метод расчета степени пропитки роллинга расплавом полимера на основе кинетического уравнения (1) дает удовлетворительные результаты и может быть использован при оптимизации режимов пропитки при on-line-намотке.

Исследования выполнены при финансовой поддержке DAAD.

ЛИТЕРАТУРА

1. Christen O., Berensheim G., Neitzel M., Rasche C. // Kunststoffe, 1999. - Vol.89. - № 4. -S.79-81.

2. Fisher E.H., Gibson A.G.// *Plastics, Rubber and Composites Processing and Applications*, 27. – 1998. -№. 10, -S.447-451.

3. Hauptert F. *Thermoplast-Wickeltechnik*. - Duesseldorf, 1997.

4. Lutz A., Funk R., Harmia T., Friedrich K. - Proc. 11th Int. Conf. on Composite Materials, Gold Coast, Australia. –1997. - Vol.IV -P.113-120.

5. Ставров В.П., Ставров В.В., Кременевская Е.И., Панкова Н.В. - *Материалы, технологии, инструменты*. –1999. -№ 1. -С.9-14.

6. Stavrov V.P., Stavrov V.V., Pankova N.V., Friedrich K. - *Mechanics of Composite Materials*. 36. –2000. -№. 2. -S.155-161.

УДК 678.073:678.027:674.8

В.П. Ставров, А.В. Спиглазов
(БГТУ, г. Минск);
А.И. Свириденко
(ОПР НАНБ, г. Гродно)

ПЛАСТ-ФОРМОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВТОРИЧНЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ И ВОЛОКНИСТЫХ ОТХОДОВ ЛЬНО- И ДЕРЕВООПЕРЕРАБОТКИ

Мировой опыт свидетельствует о широких перспективах промышленного применения композиционных материалов на основе вторичных термопластов и волокнистых отходов льно- и деревопереработки. Эти материалы допускают последующую вторичную переработку. Однако с увеличением степени наполнения возрастает вязкость композиции, ухудшаются другие технологические свойства, что ограничивает номенклатуру изделий и применимых для их изготовления технологических процессов, увеличивает затраты на средства технологического оснащения, увеличивает энергозатраты на производство изделий. Расширение номенклатуры изделий требует создания более эффективных технологических процессов формообразования. В качестве альтернативы освоенным в настоящее время процессам формообразования изделий из высоконаполненных термопластичных композитов может рассматриваться процесс пластформования, используемый для переработки в изделия термопластичных полимеров, наполненных длинными волокнами.

Пласт-формование включает предварительную пластикацию и консолидацию перерабатываемого материала, выдавливание пластицированной заготовки на охлаждаемую матрицу пресс-формы и прессование. Нагрев пластицируемой массы за счет диссипации энергии вязкого деформирования существенно повышает производительность процесса, снижает продолжительность теплового воздействия.

Для изучения особенностей процесса, оценки его параметров при переработке вторичных термопластов, наполненных волокнистыми отходами