

объясняется отсутствием теплообмена при течении премикса.

Разогрев премикса при продавливании его через сопло в исследованном диапазоне давлений литья (20-140 МПа) во всех случаях составлял 6-7 °С, что говорит только о диссипативном нагреве материала.

При реализации всех исследованных режимов средняя температура экструдата не превышает 70 °С, что исключает возможность отверждения премикса в массе.

ВЫВОДЫ

Процесс течения премиксов в литниковых каналах удовлетворительно описывается степенным уравнением, показатели которого определены для каналов круглой и прямоугольной формы.

Показатели степенного уравнения

инвариантны относительно размеров канала и незначительно изменяются с изменением формы канала температуре деформирования 20°С. При течении через обогреваемые каналы пластицированного премикса оба показателя изменяются в зависимости от температурных условий литья и размеров канала.

Характер движения премикса по литниковым каналам является стержневым и сопровождается в определённых условиях проскальзыванием относительно стенок каналов.

Эффективная вязкость премикса уменьшается с увеличением скорости сдвига и практически не зависит от размеров канала при отсутствии нагрева в материальном цилиндре.

Температура массы премикса при литье под давлением определяется давлением литья, температурой материального цилиндра, формы, размерами и формой канала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы технологии переработки пластмасс: учеб. для вузов / С.В. Власов [и др.]. - М.: Химия, 2004. - с. 465
2. Будников, Д.О. Полимерные композиционные материалы: достоинства, проверенные практикой. Электротехнический рынок, № 5, 2006. - с. 24-25.
3. Бельник, П.Р. Расчёт разводящих каналов литниковых форм. Пластические массы, 1976, № 6, с. 29-32.
4. Ларсен, Рональд, У. Инженерные расчёты в Excel: Пер. с англ. - М.: Изд дом «Вильямс», 2004. - 544 с.
5. Теряева, Т.Н. Теплофизические методы определения технологических параметров переработки премиксов // Т.Н. Теряева, П.Г. Алексеев, В.М. Мелёхин // Пластические массы, №1, 1977, с. 44-46.
6. Леонов, А. И. Основы переработки реактопластов и резин методом литья под давлением / А. И. Леонов, Н. И. Басов, Ю. В. Казанков - М.: Химия, 1977. - 216 с.

□ Авторы статьи

Теряева
Татьяна Николаевна, доктор техн.
наук, доцент, зав. каф. технологии
переработки пластических масс
КузГТУ.
e-mail: tnt.tppm@kuzstu.ru

УДК 678.6-1-02

Т.Н. Теряева

ИЗМЕНЕНИЕ ДЛИНЫ СТЕКЛОВОЛОКНА В ПРОЦЕССЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ТЕРМОРЕАКТИВНОЙ МАТРИЦЫ

Стеклопластики преимущественно получают на основе ненасыщенных полиэфирных смол, которые имеют хорошую совместимость со стекловолокном, относительно низкую стоимость, технологичны в процессе переработки. Одной из разновидностей композиционных материалов на основе ненасыщенных полиэфирных смол являются премиксы, представляющие собой тестообразные композиции, содержащие

гибридный наполнитель – минеральный порошок и рубленое стекловолокно. Премиксы в настоящее время всё чаще используются для изготовления литьём под давлением корпусных деталей электротехнического назначения вместо фенопластов [1, 2].

Размеры и содержание стекловолокна преимущественно определяют прочностные характеристики изделий [3]. Обычно

используются волокна с длиной 2–25 мм, так как применение волокон большей длины ухудшает формуемость материала. Для изделий сложной конфигурации длины стекловолокна ограничивается 6–15 мм. Степень наполнения стекловолокном составляет 30–33 % масс. [1-4].

В процессе переработки вследствие действия значительных сдвиговых деформаций происходит изменение размеров волокон, и как следствие - прочностных характеристик и качества изделий. Это делает необходимым исследование влияния условий деформирования материала на изменение длины стекловолокнистого наполнителя.

В качестве объекта исследования выбран премикс марки ПСК-5Н (МРТУ 6-11-96-74, ТУ 6-

48-0204983-9-90), относящийся к маркам, которые могут перерабатываться как прессованием, так и литьём под давлением. Определение длины стекловолокна проводилось прямым измерением после удаления связующего спирто-ацетоновой смесью, объем выборки – не менее 200 замеров. Прочностные характеристики определялись показателями ударной вязкости и прочности при изгибе (ГОСТ 14235, ГОСТ 4648).

Анализ разрушения волокна в процессе деформирования показал, что оно происходит, в основном, за счёт излома, а не распада нити на элементарные волокна. Было исследовано влияние следующих факторов на длину стекловолокна: длины пути течения, диаметра и геометрии

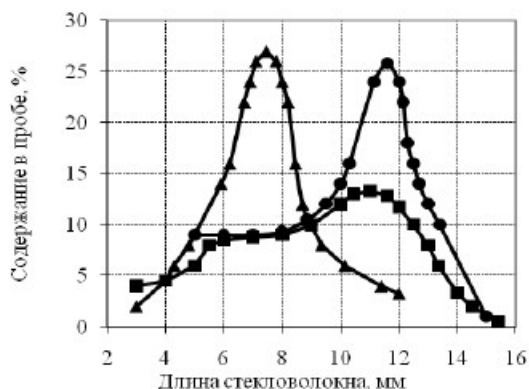


Рис. 1. Изменение длины волокна при течении премикса через материальный цилиндр и сопло, литниковый канал ($T_{ц}$ и $T_{к}$ равны 20°C).

- - исходный материал; ■ - материал после продавливания через сопло литьевой машины $\varnothing 3$ мм; ▲ - материал после продавливания через сопло и литниковый канал $\varnothing 2$ мм

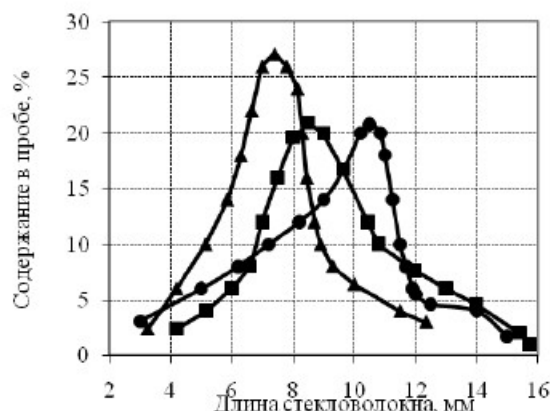


Рис. 2. Изменение размеров стекловолокна после прохождения премикса через каналы разных диаметров при температуре 20°C

- - диаметр канала 5 мм; ■ - диаметр канала 3 мм; ▲ - диаметр канала 2 мм

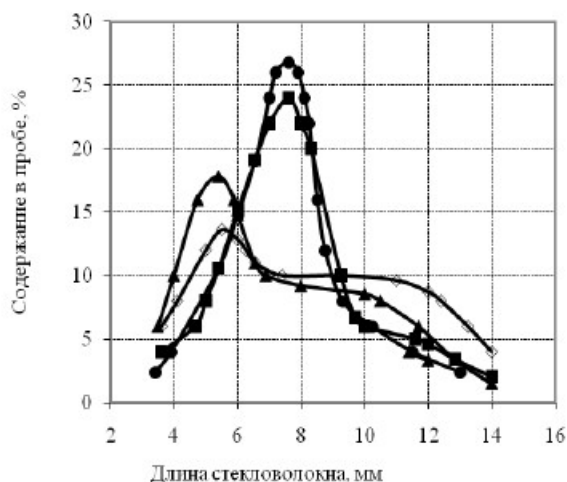


Рис. 3. Зависимость длины стекловолокна от температуры стенок канала (канал $\varnothing 2$ мм, $P_{л}=45,7$ МПа, $T_{ц}=20^{\circ}\text{C}$)

- - температура канала 20°C ;
- - температура канала 80°C ;
- ▲ - температура канала 100°C ; ◊ - температура канала 120°C

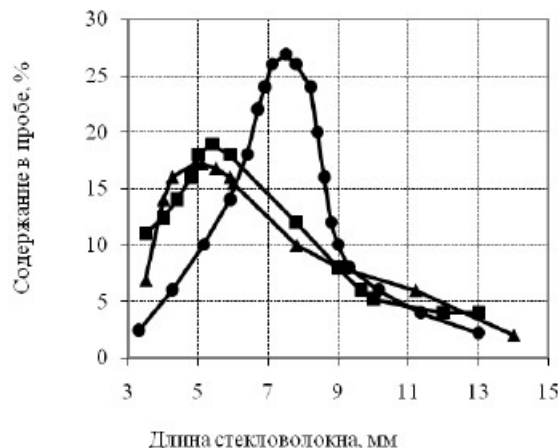


Рис. 4. Влияние температуры пластикации на длину стекловолокна (канал $\varnothing 2$ мм, давление литья 42 МПа)

- - температура канала 20°C , температура материального цилиндра 20°C ;
- - температура канала 20°C , температура материального цилиндра 95°C ;
- ▲ - температура канала 100°C , температура материального цилиндра 95°C

сечения канала, температурных и силовых параметров деформирования (температуры материального цилиндра – T_c , температуры канала – T_k , давления литья – P_d).

Известно, что упрочняющее действие оказывают волокна с длиной более критической. Для композиционных материалов на основе ненасыщенных полиэфирных смол и стекловолокон критическая длина волокна находится в пределах 4...6 мм [3].

Проведённые измерения длины волокна (рис. 1) показывают, что при продавливании премикса через материальный цилиндр, сопло, литниковый канал, наибольший излом наблюдается в литниковом канале и длина основной массы волокна уменьшается примерно в 1,6 раза (с 11,5 до 7 мм). С увеличением длины пути течения материала (материальный цилиндр – сопло – литниковый канал) изменяется характер кривой распределения длины волокна, она становится более пологой, широкой для длины волокна после сопла и вновь становится близкой к кривой нормального распределения для длины волокна после литникового канала. Отличием является изменение максимума кривой, который составляет 27% при длине волокна 7,5 мм.

Изменение размеров поперечного сечения канала приводит к пропорциональному изменению длины стекловолокна. Для каналов с меньшим диаметром характерно более узкое распределение длин волокон. Соотношение между длиной стекловолокна с максимальным содержанием в образце материала после деформирования и диаметром канала изменяется в пределах 1:2 – 1:4. Наименьший излом наблюдается при соотношении между длиной волокна и диаметром канала 2:1 (для канала диаметром 5 мм).

Влияние температуры канала (формы) на степень излома стекловолокна представлено на рис. 3, где видно, что увеличение температуры приводит уменьшению длины волокна.

С учётом того, что премикс представляет собой высоконаполненный полимер, режим течения которого – пробковый (стержневой), сопровождаемый элементами проскальзывания относительно стенок канала, наблюдаемое увеличение интенсивности излома стекловолокна связано с увеличением вязкости связующего в пристенном слое материала вследствие реакции отверждения, протекающей по радикальному механизму. Для радикальных реакций характерно образование макромолекул на начальных стадиях процесса, что и приводит к возрастанию вязкости связующего. На этот механизм интенсификации излома волокна при течении косвенно также указывает изменение кривой распределения длины волокон (она становится более широкой с максимальным содержанием волокон меньшей длины) при температурах, обеспечивающих

высокую скорость отверждения связующего (100-120°C).

Процесс пластикации в материальном цилиндре литьевой машины может проводиться без нагрева премикса (материал находится в вязко-текучем состоянии при комнатной температуре) или с подогревом, направленным на увеличение производительности процесса за счёт сокращения времени прогрева в форме. Влияние температуры пластикации на длину стекловолокна представлено на рис. 4, из которого следует, что увеличение значения исследуемого параметра идет к более интенсивному излому, вызываемому, как и в предыдущем случае, увеличением вязкости связующего в пристенном слое.

Изменение размеров и геометрии канала оказывает меньшее влияние на длину волокна в случае пластикации материала или течения по обогреваемым каналам формы (рис. 5, 6). Для прямоугольных каналов интенсивность излома несколько выше при одинаковых условиях деформирования материала.

Изменение давления литья также ведет к незначительному уменьшению длины стекловолокна при сохранении типа распределения (рис. 7).

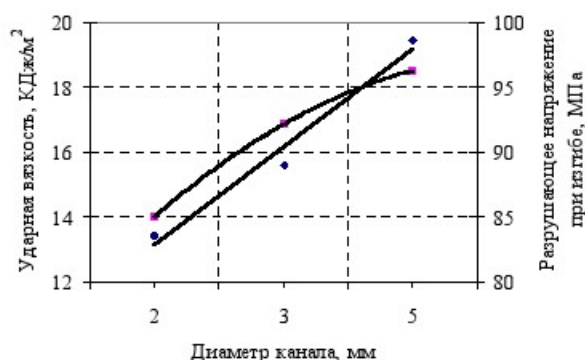


Рис. 8 Зависимость прочностных характеристик образцов из премикса от диаметра литникового канала 1 – ударная вязкость; 2 – разрушающее напряжение при изгибе

Полученные зависимости показывают, что уменьшение длины стекловолокна в процессе деформирования премикса в различных режимах не достигает критического значения, что подтверждается определением физико-механических характеристик отпрессованных образцов из премикса (рис. 8), из которого видно, что значение ударной вязкости литьевых образцов не ниже требуемого уровня – 10 КДж/м². Определяющее влияние на величину ударной вязкости, разрушающего напряжения при изгибе оказывает диаметр литникового разводящего канала. Так, увеличение диаметра канала с 2 до 5 мм приводит к увеличению ударной вязкости на 24 %, разрушающего напряжения при изгибе – на 15 %.

Полученные данные показывают, что процесс

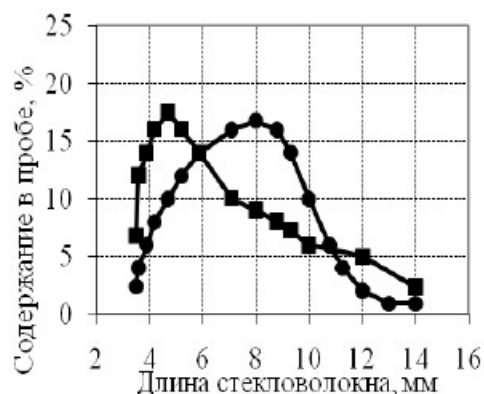


Рис. 5. Влияние диаметра канала на длину стекловолокна при нагреве материального цилиндра и формы ($T_{\text{н}}=95^{\circ}\text{C}$ и $T_{\text{к}}=100^{\circ}\text{C}$)
 ● - Ø канала 5 мм; ■ - Ø канала 2 мм



Рис. 6. Влияние геометрической формы канала на длину стекловолокна ($T_{\text{к}}=100^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{н}}=20^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{л}}=117,8$ МПа)
 ● - Ø канала 5 мм; ■ - прямоугольный канал с размерами сечения 5x2,5 мм



Рис. 7. Влияние давления литья на излом стекловолокна
 ● - $P_{\text{л}} = 44,7$ МПа; ■ - $P_{\text{л}} = 87,4$ МПа

деформирования стеклонаполненных композиционных материалов на основе ненасыщенных полиэфирных смол приводит к уменьшению длины стекло-волоконистого наполнителя и характера распределения длин волокон. Наибольшее влияние на перечисленные характеристики наполнителя оказывают

температурные условия деформирования и размеры поперечного сечения канала. Для уменьшения излома стекловолокна необходимо деформировать материал при температурах ниже температуры инициирования реакции отверждения и размерах канала, равных 0,33-0,5 длины волокна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будников, Д.А. Полимерные композиционные материалы: достоинства, проверенные практикой // Электротехнический рынок – 2006. – № 5. – С. 24-25.
2. Нестеров, С.Н. Новая жизнь реактопластов // Пластикс – 2007. – №1-2. – С. 47-48.
3. Пластики конструкционного назначения (реактопласты) / под ред. Е.Б. Тростянской. – М.: Химия, 1974. – 304 с.
4. Бельник, А.Р. Применение и переработка полимерных пресс-материалов. / Пласт. массы, № 11, 1976. – С. 29-32.

□ Автор статьи

Теряева
 Татьяна Николаевна,
 докт. техн. наук, доцент,
 зав. каф. технологии переработки
 пластических масс КузГТУ
 e-mail: tnt.tppm@kuzstu.ru