

Рис. 3. Модель смешения в аппарате с негладким ротором.

риала между секциями 1 и 3, 2 и 1, 3 и 2;  $T_1, T_2, T_3$  — безразмерная температура в секциях аппарата. За масштаб температуры примем ее начальный перепад между секциями:  $Y_1 = T_1 - T_2, Y_2 = T_2 - T_3, Y_3 = T_3 - T_1, \tau = tQ/V, q = 3Qn/V, w = 3Qn/W$ .

Уравнения модели имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{dY_1}{d\tau} &= q(Y_3 - Y_1) + w(Y_1 - Y_2) \\ \frac{dY_2}{d\tau} &= q(Y_1 - Y_2) + w(Y_3 - Y_2) \end{aligned} \quad (10)$$

$$\sum_{(i)} Y_i = \text{const}$$

с начальными условиями:  $Y_1 = 1, Y_2 = Y_3 = 0$

Анализ системы уравнений (10) показывает, что в зависимости от соотношения значений  $q$  и  $w$  решение  $Y_i(t)$  имеет монотонный или колебательный характер, причем монотонное решение возможно только при  $q = w$ :

$$Y_1 = \exp(-qnt) \quad (11)$$

Экспериментальные исследования проводили на модели трехсекционного аппарата с ротором, имеющим три симметрично расположенные полукруглые канавки. Секция 1 аппарата заполнялась средой с температурой, отличающейся от температуры среды в двух других секциях. Измеряли перепад температуры между секциями 1 и 2. При этом было установлено, что после включения мешалки перепад температур между соседними секциями в направлении вращения ротора монотонно уменьшается во времени.

Сопоставление выражения (11) с результатами эксперимента позволило определить

зависимость  $q$  от конструктивных параметров аппарата:

$$q = 0,23(3v/V)$$

где  $v$  — объем одной выемки на роторе.

Сравнение расчетных и экспериментальных данных показало, что соотношения (11) и (12) удовлетворительно описывают процесс макросмешения.

Таким образом, на основе моделей микро- и макросмешения высоковязких сред развит подход к интенсификации этих процессов, предложены эффективные конструктивные решения применительно к реакторам полимеризации при высокой вязкости среды, а также методы их инженерного расчета.

#### Литература

1. Брагинский Л. Н., Бегачев В. И., Барабаш В. М. Перемешивание в жидких средах. Л., Химия, 1984.
2. Кокотов Ю. В. и др. Тезисы докладов всесоюзной конференции «Химреактор-10», Куйбышев — Тольятти, 1989, с. 35—40.

УДК 678.746.222.046.027.74

### Наполненные композиционные материалы для изготовления крупногабаритных литевых изделий

В. И. КУЗНЕЦОВ, А. С. ЛУНИН,  
В. А. ЗЛОБИНА, Л. Б. ЛОНЬ

В последнее время в автомобилестроении расширяется применение композиций на основе наполненного полипропилена (ПП) и сополимеров пропилена с другими мономерами. Возможность их переработки методом литья под давлением в различные изделия, в том числе сложной конфигурации, и достаточно высокий уровень эксплуатационных свойств таких изделий обеспечивают значительное увеличение объема потребления этих полимеров в автомобилестроении. Модифицированный ПП широко используют за рубежом для изготовления панелей легковых автомобилей [1]. Однако композиции на основе наполненного ПП, выпускаемые отечественной промышленностью, не отвечают предъявляемым требованиям по стойкости к воздействию ударных нагрузок и прочности в зоне спая, т. е. в месте слияния потоков расплава термопластов из разных

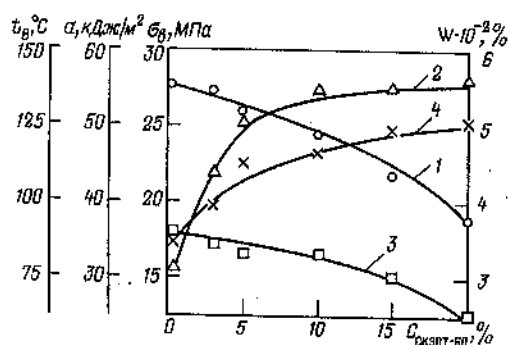


Рис. 1. Зависимость разрушающего напряжения при растяжении (1), ударной вязкости (2), температуры размягчения по Вика (3) и водопоглощения (4) ПП от содержания каучука.

литниковых каналов. Пониженный уровень этих свойств обусловлен наличием в композициях минеральных наполнителей, применение которых необходимо для повышения других показателей материала (формуустойчивости, жесткости, твердости и др.).

Литниковая система горячеканальной оснастки для изготовления приборной панели включает 6—12 литниковых каналов. В месте слияния потоков расплава, как правило, снижается прочность и стойкость материала к воздействию ударных нагрузок. Образование «холодного спая» особенно характерно для наполненных полимеров [2] из-за формирования дефектной структуры полимерной матрицы и влияния на нее поверхности наполнителя.

Для изготовления литьем под давлением приборной панели легкового автомобиля и других изделий сложной конфигурации получены наполненные композиции на основе ПП марки 21030, сополимера пропилена с этиленом марки 22030 и смеси ПП марки 21030 с 5—20% этиленпропилендиенового каучука марки СКЭПТ-60. В качестве наполнителей применяли мел и тальк как промышленного производства, так и лабораторные образцы. Композиции изготавливали смешением компонентов в смеси-теле типа Бенбери при 170—180 °С в течение 5—7 мин.

Свойства образцов, полученных методом литья под давлением, оценивали по стандартным методикам. Разрушающее напряжение при растяжении ( $\sigma_r$ ) и ударную вязкость ( $\alpha$ ) в зоне «холодного спая» композиций определяли с использованием специальных образцов, отличающихся от стандартных наличием такого спая в их средней части. Стандартные образцы и

образцы с «холодным спаем» изготавливали в одной форме со специальной схемой расположения литниковых каналов и гнезд отливки образцов. Мезанническую прочность изделий оценивали по коэффициенту изменения  $\alpha$  и  $\sigma_r$  композиций в месте слияния потоков расплава. Коэффициент изменения показателей представляет собой отношение среднеарифметического значения показателей для образца со спаем, разделяющим его симметрично по центру, к среднеарифметическому значению тех же показателей для образца с такими же стандартными размерами, но без спая. Оценивали также свойства панелей из наполненных композиций.

Свойства базовых марок полимеров известны и регламентированы соответствующими стандартами. ПП марки 21030 уступает сополимеру пропилена с этиленом марки 22030 по стойкости к воздействию ударных нагрузок. Повысить  $\alpha$  ПП можно путем его модифицирования каучуком, в частности СКЭПТ-60. С увеличением количества каучука  $\alpha$  материала возрастает (рис. 1), что подтверждает образование в системе каучуковой фазы, способной рассеивать энергию удара. Однако при этом прочность, теплостойкость и водостойкость материала снижаются. Значения  $\alpha$  ПП с

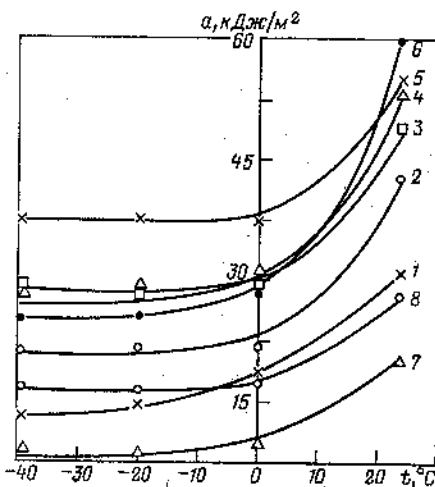


Рис. 2. Зависимость ударной вязкости в зоне «холодного спая» ПП с различным содержанием каучука, композиций на его основе и сополимера пропилена с этиленом от температуры:

1 — исходный ПП; 2 — ПП+5% СКЭПТ-60; 3 — ПП+10% СКЭПТ-60; 4 — ПП+15% СКЭПТ-60; 5 — ПП+20% СКЭПТ-60; 6 — исходный сополимер пропилена с этиленом; 7 — ПП+10% мела+5% талька; 8 — ПП+10% мела+5% талька+15% СКЭПТ-60.

## Свойства наполненных композиций на основе сополимера пропилена с этиленом

Содержание наполнителя (в %) с размером частиц, мкм			Соотношение тальк:мел (по массе)	Содержание смеси наполнителей, %	Коэффициент изменения $\alpha$ в зоне «холодного спая»		Коэффициент изменения $\sigma_c$ в зоне «холодного спая» при 23 °С
5	5—10	10—20			при 23 °С	при -40 °С	
1,0	5,0	0,7	0,5:1	20	0,85	0,8	0,9
0,1	4,5	7,0					
2,0	4,2	0,9	1,0:1	15	0,9	0,85	0,9
0,4	5,0	8,0					
3,0	4,5	0,9	0,5:1	30	0,8	0,8	0,85
0,5	4,0	8,5					
1,0	5,0	0,7	1,5:1	30	0,5	0,45	0,55
0,1	4,5	7,0					
1,0	5,0	0,5	1,0:1	30	0,55	0,5	0,6
0,1	4,5	7,0					
2,0	4,2	0,9	1,0:1	40	0,5	0,4	0,5
0,4	5,0	8,0					

Примечание. Числитель — мел, знаменатель — тальк.

15 % СКЭПТ-60 и сополимера пропилена с этиленом марки 22030 практически совпадают. С учетом того, что минеральные наполнители могут повышать прочностные показатели и теплостойкость полимера, такое количество каучука (15 %) было выбрано в качестве оптимального. О нецелесообразности дальнейшего увеличения содержания каучука в ПП свидетельствует и характер зависимости  $\alpha$  в зоне «холодного спая» модифицированного ПП от температуры (рис. 2). Смесь полимеров отличается значительной гетерогенностью в выбранном технологическом режиме получения, которая сохраняется даже в оптимальных условиях изготовления смеси и образца с «холодным спаем». В связи с этим сополимер пропилена с этиленом предпочтителен в качестве полимерной основы композиционного материала.

Минеральные наполнители снижают  $\alpha$  образца сополимера в зоне «холодного спая» во всем исследованном интервале температур, причем мел влияет на этот показатель в меньшей степени, чем тальк. Такая закономерность наблюдается для всех композиций. В то же время модуль упругости при растяжении и разрушающее напряжение при изгибе композиций, наполненных тальком, выше, чем композиций с мелом, что можно объяснить анизотрией частиц этого наполнителя. Композиции с мелом имеют более высокие прочностные показатели в зоне спая, чем композиции с тальком. Так, коэффициент

изменения  $\sigma_c$  для ПП с 20 % мела при 23 °С составляет 0,9 а ПП с 20 % талька — 0,7. Однако композиции, содержащие мел, не обеспечивают необходимой формоустойчивости и жесткости крупногабаритных изделий. В связи с этим представляло интерес оценить эффективность применения смеси мела и талька.

Влияние поверхности наполнителей на полимерную матрицу и, следовательно, качество «холодного спая», по-видимому, изменяется в зависимости от удельной поверхности и гранулометрического состава наполнителей. Анализ полученных данных (таблица) показал, что наибольшую прочность композиций в зоне спая обеспечивают смеси наполнителей, в которых массовое соотношение талька и мела для фракций с диаметром ( $d$ ) частиц  $\leq 5$  мкм составляет 0,1:1, для фракций с  $d=5-10$  мкм — 1,0:1 для фракций с  $d=10-20$  мкм — 9,0:1, а суммарное соотношение талька и мела — (0,5—1,0):1. При этом содержание наполнителей в композиции не должно превышать 30 %.

С учетом установленных закономерностей были выбраны две композиции: на основе сополимера пропилена с этиленом, содержащего 5 % талька и 10 % мела, для изготовления приборной панели автомобиля ЗАЗ-1102 (ТУ 6-05-05-288—88) и на основе ПП, наполненного 15 % мела и 15 % талька, для производства деталей автоматических стиральных машин (ТУ 6-05-05-283—86). Композиции прошли испытания в промыш-

ленных условиях и рекомендованы к внедрению в производство. Они могут быть также использованы для изготовления на горячеканальной оснастке других изделий, в том числе крупногабаритных сложной формы.

Литература

1. Яп. заявка 63-61054.
2. Ершов Л. А., Листков В. М., Мнацаканов С. С. Литье под давлением изделий сложной формы из наполненного полиэтилена. Л., ЛДНТП, 1979.

УДК 678.744.422:620.178.5

**Вибропоглощающая мастика «Адем-НШ-2»**

А. Г. РОДИОНОВ, Б. Д. ВИНОГРАДОВ,  
В. Н. ПАВЛЮЧЕНКО, В. Ф. БАБАНИН

Вибропоглощающую мастику «Адем-НШ» [1] применяют для снижения уровня шума в судовых помещениях [2, 3]. Однако наряду с высокой демпфирующей способностью, адгезией к металлам и стеклопластикам, огнестойкостью и низкой токсичностью этот материал обладает и рядом недостатков, основным из которых является низкая стабильность виброакустических свойств получаемого из него покрытия. Так, после 3 лет эксплуатации демпфирующая способность покрытия снижается более чем на 50 %: коэффициент механи-

ческих потерь ( $\eta$ ) стальной пластины, защищенной двойным по толщине слоем вибропоглощающего покрытия, при частоте 1 кГц и температуре 20 °С уменьшается с 0,19 до 0,07. Поэтому такое покрытие непригодно в качестве основы против шумового комплекса на современных судах, срок службы которых достигает 25 лет.

С целью устранения указанного недостатка проведена оптимизация химического состава композиции, а также физических и физико-химических свойств ее компонентов. Новый материал — вибропоглощающая мастика «Адем-НШ-2» обладает ценным комплексом эксплуатационных свойств, присущих мастике «Адем-НШ», и значительно большей стабильностью виброакустических характеристик формируемых из него демпфирующих покрытий. Лабораторные испытания показали, что  $\eta$  стальной пластины, демпфированной двойным по толщине слоем покрытия, при частоте 1 кГц и температуре 20 °С за 3 года снижается не более чем на 8—10 % (с 0,19 до 0,17). Это подтверждается и результатами эксплуатационных испытаний мастики «Адем-НШ-2» на грузовых судах (общий объем потребления материала в настоящее время превышает 200 т), причем в ряде случаев свойства покрытия полностью сохраняются в течение 6—7 лет. Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности применения демпфирующего покрытия в судостроении.

Для максимальной реализации свойств мастики «Адем-НШ-2» разработана промышленная технология ее получения и

Результаты статистической обработки данных испытаний серийных образцов мастики «Адем-НШ-2»

Показатель	Нормированное значение	Среднеарифметическое значение	Ошибка среднеарифметического значения	Среднеквадратичное отклонение	Интервал с вероятностью 0,8
Плотность, кг/м <sup>3</sup> мастики	≤1500	1299	±9	±53	1235—1335
покрытия	≤1500	1244	±19	±113	1134—1319
Сопrotивление сдвигу адгезионного соединения покрытия с загрунтованной сталью, МПа	≥0,5	2,7	±0,12	±0,72	1,8—3,3
Коэффициент механических потерь энергии изгибных колебаний* стального стержня, демпфированного покрытием	≥0,18	0,19	±0,003	±0,018	0,17—0,21
Подвижность мастики, см в течение 1 сут. после изготовления	11±4	11,1	±0,15	±0,90	9,7—11,8
через 1 сут. после первого измерения	11±4	10,2	±0,34	±2,0	8,0—11,7

\* При температуре 20 °С и частоте 200—800 Гц.