

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ И ВЫБОРА КОНСТРУКЦИОННЫХ ПЛАСТМАСС

Наркевич А.Л., Калника А.Н., Ставров В.П.

*Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет. г. Минск, Республика Беларусь,
narkevichan@rambler.ru*

Введение

Конкурентоспособность продукции, успех освоения новых материалов и изделий зависят от соотношения их качества и цены [1]. Особый интерес представляет оценка технико-экономических показателей для композиционных материалов (КМ), на технические свойства которых в значительной степени влияют характеристики структуры.

Для характеристики конструкционных свойств КМ различной структуры используют удельные показатели жесткости и прочности, чаще всего – отношение модулей упругости и разрушающих напряжений к плотности композита, а при оценке конкурентоспособности материала – и к цене этого материала в типичном изделии, например, в виде: $K_E = E/\rho C_1$ и $K_\sigma = \sigma^T/\rho C_1$, где E – модуль Юнга, σ^T – разрушающее напряжение при растяжении, ρ – плотность; C_1 – цена 1 кг материала [2].

Ввиду высокой доли материальных затрат в цене изделий из КМ [2, 3, 4] технологичные конструкции должны быть изготовлены из относительно дешевых компонентов методами, обеспечивающими получение требуемой геометрии изделия и заданной структуры материала. Цена стекловолокнистых наполнителей, в частности стеклоровинга, близка к цене термопластичных полимеров крупнотоннажного производства, например, полипропилена (ПП), поэтому увеличение степени наполнения этих полимеров стеклянными волокнами не приводит к снижению или увеличению стоимости КМ, но способствует увеличению удельной жесткости и прочности. К более важным факторам, определяющим конкурентоспособность изделий конструкционного назначения из стеклонаполненных термопластов, относятся длина и ориентация армирующих волокон (рис. 1).

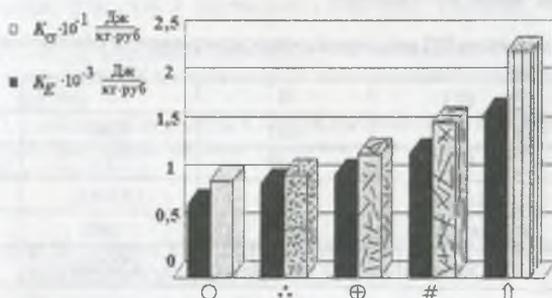


Рис. 1. Показатели эффективности армирования ПП длинными и непрерывными стеклянными волокнами (по данным [5])

○ – неармированный материал, * – коротковолокнистый материал,

⊕ – хаотически армированный в пространстве материал,

– хаотически армированный в плоскости материал, ↑ – однонаправленный материал

Из рис. 1, видно, что конструкции, имеющие наиболее высокие показатели экономической эффективности, могут быть получены из армированных термопластов с непрерывными и длинными волокнами. Оптимальное армирование термопластичных полимеров

непрерывными и длинными стеклянными волокнами приобретает особое значение также вследствие низкой адгезии термопластов к стеклянной волокну и более высокой вязкости расплавов, препятствующей качественной пропитке [6].

Методы оценки

Материалы различного состава и различной структуры, как отмечалось, можно сравнивать по удельной жесткости E/ρ и удельной прочности σ^*/ρ . Эти показатели имеют размерность энергии, деленной на массу. Энергия упругой деформации единицы объема при растяжении до деформации ϵ равна

$$U_1 = E\epsilon^2/2. \quad (1)$$

Если ϵ^* – предельная упругая деформация материала, то предельная энергия упругой деформации, отнесенная к единице массы материала

$$U_1^* = E\epsilon^{*2}/2\rho \quad (2)$$

В результате деления стоимости 1 кг полуфабриката или материала в изделиях C_1 на эти величины получали характеристики стоимости единиц удельной энергии упругой деформации

$$C_{1E} = 2\rho C_1/E\epsilon^{*2} \quad (3)$$

и удельной прочности материала

$$C_{1\sigma} = \rho C_1/\sigma^* \quad (4)$$

как технико-экономические критерии оценки конструкционных пластмасс.

Результаты

Типичные (по результатам прогнозирования и испытаний [7]) значения плотности, характеристики упругих свойств и прочности матричного ПП и ПП, армированного стеклянными волокнами, при различных вариантах структуры материала в изделиях и при обычной для них значениях степени наполнения ($P_{\text{отт}}$) приведены в таблице (индекс «+» означает растяжение, индекс «-» – сжатие).

Таблица. Показатели свойств ПП неармированного и армированного стеклянными волокнами

Показатель	ПП	⊕	#	↑
$P_{\text{отт}}$	—	0,15	0,25	0,30
ρ , г/см ³	0,92	1,16	1,31	1,39
$E'_{\perp}/E'_{\parallel}$, ГПа	1,6/1,6	8,0/8,0	10,0/4,0	22,0/3,6
$\sigma^+_{\perp}/\sigma^+_{\parallel}$, МПа	40/40	80/70	110/15	420/12
$\sigma^-_{\perp}/\sigma^-_{\parallel}$, МПа	50/50	150/180	120/200	200/16

По данным, приведенных в таблице, стоимость единицы удельной жесткости и прочности по формулам (3) и (4) для стеклонаполненного ПП для различных напряженных состояний, получили результаты, представленные на рис. 2.

Применение однонаправленно армированных элементов, получаемых, например, по пултрузионной технологии и нагруженных в условиях эксплуатации изделия растягивающими напряжениями, в 5–10 раз эффективнее элементов, получаемых из того же полимера, хаотически наполненного короткими стеклянными волокнами.

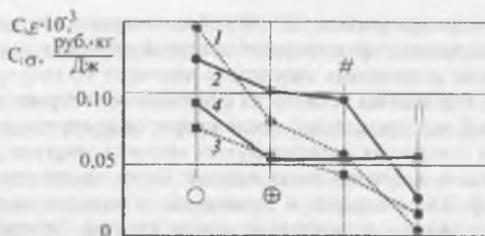


Рис. 2. Зависимость стоимости удельной жесткости и прочности стеклонаполненного ПП в изделиях от структуры и напряженного состояния
1, 2 – растяжение; 3, 4 – сжатие
(1 и 3 – для удельной жесткости; 2 и 4 – для удельной прочности)

Заключение. Таким образом, изложенная методика дает количественную оценку технико-экономическим показателям эффективности той иной схемы армирования термопластичных полимеров в изделиях и может быть использована для широкого спектра конструкционных материалов.

Список литературы

1. Мясникович, М.В. Инновационная деятельность в Республике Беларусь: теория и практика / М.В. Мясникович. – Минск: Аналитический центр НАН Беларуси: Право и экономика, 2004. – 177 с.
2. Bader, M.G. Selection of composite materials and manufacturing routes for cost-effective performance / M.G. Bader // Composites A. – 2002. – Vol. 33. – P. 913–934.
3. Ставров, В.П. Формообразование изделий из композиционных материалов. – Минск: БГТУ, 2006. – 482 с.
4. Gutowski, T.G. Cost, automation, and design in advanced composite manufacturing / T.G. Gutowski // Advanced Composites Manufacturing. – N.Y.. J.Wiley, 1997. – P. 513–570
5. Comprehensive composite materials: 6 vol. set / Editors-in-chief A. Kelly, C. Zweben. – Oxford: Elsevier Science Ltd, 2000. – Vol. 2. Polymer matrix composites / Editors R.Talreja, J.A. E. Manson. – 759 p.
6. Изменение структуры и проницаемости натянутого волокнистого слоя в процессе пропитки полимерным расплавом В.П. Ставров [и др.] // Механика композитных материалов. – 2000 – Т.36, № 2. – С. 259–270.
7. Наркевич, А.Л. Особенности структуры и свойств стекловолокнистых композитов с термопластичной матрицей, полученных методом пултрузии: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01 / А.Л. Наркевич. – Минск, 2009. – 232 л.

СТРУКТУРА И ПРОЧНОСТЬ СТЕРЖНЕЙ ИЗ СТЕКЛОАРМИРОВАННОГО ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

Ставров В.П., Наркевич А.Л., Карпович О.И., Купраш Е.А.

*Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь,
narkevichan@rambler.ru*

В строительстве, машиностроении и химической промышленности широко используются стержневые элементы конструкционного назначения. Значительные сырьевые ресурсы и относительная дешевизна в сочетании с высокими эксплуатационными свойствами