

Таблица 1. Оптимизация параметров процесса каталитического гидрирования дифенилацетилена в проточном режиме с использованием FFF-реакторов

	Материал реактора	Материал капилляра	Время реакции, мин.	T, °C	Скорость потока, мл/ч	Кол-во стадий	Конверсия по NMR 1H, %
1	PP-GF30	стекло	5	90	3	1	38
2	PP-GF30	стекло	3	90	12	1	55
3	PA6-CF	стекло	3	90	12	1	54
4	PA6-CF	стекло	2	90	24	1	64
5	PA6-CF	металл	2	90	24	2	41; 44*
6	PA6-CF	металл	2	90	24	2	47; 52
7	PA6-CF	стекло	3	95	12	2	54; 58
8	PA6-CF	стекло	3	95	12	2	17; 76
9	PA6-CF	стекло	3	95	12	2	31,5; 88

* приведены значения конверсии после первой и второй стадий соответственно.

та реакционной массы с каталитической смесью, температуры реакции, количества источника водорода – муравьиной кислоты (Таблица 1). На каждом этапе была определена конверсия исходного дифенилацетилена с помощью ЯМР ¹H. Реакторы показали высокую эффективность как в одностадийном процессе, так и в составе модульной системы, состоящей из двух идентичных реакторов.

Наибольшая конверсия (88 %) была достигнута в модульной системе, состоящей из двух FFF-реакторов, изготовленных из PA6-CF, при температуре реакции 95 °C и скорости потока 12 мл/ч.

Таким образом, в данной работе показана высокая эффективность полиамида-6 и полипропилена в качестве конструкционных материалов для изготовления компактных реакторов методом FFF.

Список литературы

1. Erokhin K. S., Evgeniy G. Gordeev E. G., Samoylenko D. E., Konstantin S. Rodygin K. S., Ananikov V. P. // *Int. J. Mol. Sci.*, 2021. – 22. – 9919.
2. Gordeev E. G., Erokhin K. S., Kobelev A. D., Burykina J. V., Novikov P. V., Ananikov V. P. // *Sci. Rep.*, 2022. – 12. – 3780.
3. Гордеев Е. Г., Анаников В. П. // *Успехи химии*, 2020. – 89. – 1507–1561.

АНТИСТАТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИУРЕТАНА

В. В. Кревсун¹, А. В. Денисенко²

Научный руководитель – д.т.н., профессор В. Г. Бондалетов

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, vvk78@tpu.ru

²ООО «МК-Полимер»
636000, Россия, г. Северск, Автодорога, д. 2/3, корп. 91, denisenko@mk-polymer.ru

В различных областях техники высока потребность в полимерных композиционных материалах (ПКМ) функционального назначения, обладающих повышенной электро- и теплопроводностью. При этом стоит задача выбора состава композиций и технологии производства, позволяющих получить заданный набор характеристик материала. В качестве полимерной

матрицы может использоваться полиуретан. Благодаря высокой износостойкости, стойкости к динамическим нагрузкам, прочности, эластичности, химической устойчивости, хорошим адгезионным свойствам и широкому интервалу рабочих температур, данный полимер находит применение в качестве уплотнительного и демпфирующего материала, применяется для

изготовления деталей, работающих в условиях повышенного износа, используется как основа лакокрасочных материалов, клеев, герметиков. Полиуретан является диэлектриком и характеризуется низким коэффициентом теплопроводности. Ввод в полимер электро- и теплопроводящих наполнителей позволит расширить сферы его применения.

Целью работы являлось получение функциональных полимерных композиций на основе полиуретана и углеродного наполнителя. В качестве исследуемых объектов были выбраны полиуретановый двухкомпонентный заливочный компаунд Силагерм 6050П и технический углерод электропроводной марки OMCARB CH85. Введение в полимерную матрицу технического углерода, помимо придания электропроводящих свойств, может, согласно [1], привести к повышению теплопроводности ПКМ.

Экспериментальная часть. Технический углерод небольшими порциями вводили в компонент А (полиол), смешение вели с помощью трехлопастной мешалки (частота вращения 1500 об/мин). После ввода всего количества наполнителя перемешивание осуществляли в течение 15 мин. Затем добавляли компонент Б (изоцианат) и продолжали смешение в течение 3 мин. Компоненты А и Б были взяты в соотношении 1 : 1 по массе. Полученную композицию подвергали вакуумной дегазации, после чего заливали в форму. Отверждение вели при температуре 20–25 °С. Содержание технического углерода составляло 5, 10, 15, 20 и 25 % от массы композита. Полученные образцы подвергали испытаниям в соответствии с ГОСТ Р 50499-93 и ГОСТ 270-75. В таблице 1 представлены полученные экспериментальные данные: удельное объемное

электрическое сопротивление ρ_v , прочность при растяжении σ_p и относительное удлинение при разрыве ϵ_p .

При приложении напряжения 1–30 В ток через образцы с содержанием технического углерода 0–20 % масс. не протекал. Электрическое сопротивление данных материалов, измеренное с помощью мегаомметра ЭС0202/2-Г при приложении высоких напряжений (500, 1000 и 2500 В), составляло $1 \cdot 10^{10}$ Ом и более, за исключением композита с содержанием наполнителя 20 % масс., в случае которого произошел пробой при 500 В. ПКМ с содержанием технического углерода 25 % масс. в соответствии со значением удельного объемного электрического сопротивления, измеренного по ГОСТ Р 50499-93 при напряжении 1 В (Таблица 1), позволяет отнести данный материал к антистатическим [2]. При этом следует отметить разброс значений в параллельных испытаниях, что свидетельствует о неоднородности структуры композита. Это же подтверждают и результаты физико-механических испытаний: значительное снижение прочности материала при содержании наполнителя 20 % масс. и более.

Выводы. Таким образом, введение в полиуретан технического углерода OMCARB CH85 в количестве, достигающем 25 % масс., позволяет получить материал с антистатическими свойствами, однако для обеспечения стабильности электрических характеристик и недопущения значительного ухудшения физико-механических свойств, вероятно, требуется усовершенствование технологии получения композита, позволяющее достичь лучшего распределения технического углерода в полимерной матрице.

Таблица 1. Результаты испытаний образцов полученных ПКМ

Показатели	Количество наполнителя, % масс.					
	0	5	10	15	20	25
ρ_v , Ом·м (U = 1 В)	–	–	–	–	–	$1,89 \cdot 10^4$ – $2,38 \cdot 10^6$
σ_p , МПа	6,3	6,5	6,7	7,0	0,7	разрушение при закреплении в зажимах
ϵ_p , %	625,0	603,3	526,7	406,1	41,9	

Список литературы

1. Чупринова О. В., Степашикина А. С., Гущина Е. А. // «Орбита молодежи» и перспективы развития российской космонавтики, 2020. – С. 238–241.
2. Pang H., Xu L., Yan D.-X., Li Z.-M. // *Progress in Polymer Science*, 2014. – Vol. 39. – № 11. – P. 1908–1933.