

## Список литературы

1. Qu G., Xia T., Zhou W., Zhang X., Zhang H., Hu L., Shi J., Yu X.-F., Jiang G. // *Chem. Rev.* – 2020. – 120. – 2288.
2. Zhong Q., Mater // *Today Phys.* – 2022. – 28. – 100895.

## ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИУРЕТАНА

В. В. Кревсун<sup>1</sup>, А. В. Денисенко<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
vvk78@tpu.ru

<sup>2</sup>ООО «МК-Полимер»  
denisenko@mk-polymer.ru

Для получения полимерных композиционных материалов функционального назначения широко применяют углеродные наполнители, обладающие особыми электрическими, термическими, механическими, оптическими свойствами [1]. Наиболее часто используемым в промышленности углеродным наполнителем является технический углерод. Настоящая работа посвящена исследованию углеродсодержащих композитов на основе полиуретана. Полиуретаны характеризуются сочетанием высокой прочности и эластичности, хорошей износостойкостью, химической стойкостью, широким интервалом рабочих температур. Эти свойства обуславливают использование полиуретанов и композитов на их основе для изготовления ответственных деталей, работающих в тяжелых условиях, где комплекс проявляемых физико-механических свойств имеет большое значение.

Целью работы являлось получение углеродсодержащих композиционных материалов на основе литьевого полиуретана и исследование их физико-механических характеристик. Полимерной матрицей выступал полиуретановый двухкомпонентный заливочный компаунд марки Силагерм 6050П, в качестве наполнителя был выбран технический углерод марки OMCARB CH85. Содержание наполнителя варьировали от 0 до 10 % с шагом 2,5 %.

**Экспериментальная часть.** Образцы полимерных материалов получали в виде пластин толщиной 4 мм методом шприцевого ввода композиций в закрытые силиконовые формы. Компонент А полиуретанового компаунда переносили в полипропиленовый шприц, после чего порциями вводили технический углерод. После добавления каждой порции наполнителя

вели перемешивание смеси с помощью трехлопастной мешалки в течение 5 мин при частоте вращения мешалки 500 об/мин. По окончании ввода технического углерода добавляли компонент Б, перемешивали композицию в течение 3 мин и производили ее заливку в форму. Процесс отверждения протекал при 20–25 °С. Извлечение пластин из формы производили по прошествии 1–2 суток с момента заливки. Из полученных пластин с содержанием технического углерода 0; 2,5; 5,0; 7,5 и 10,0 % вырубали образцы для проведения испытаний на растяжение в соответствии с ГОСТ 270-75. Скорость растяжения образцов была установлена равной 200 мм/мин.

Ненаполненный отвержденный полиуретан был исследован методом ИК-спектроскопии (Рисунок 1).

Результаты измерения физико-механических характеристик (прочности при растяжении  $\sigma_p$  и относительного удлинения при разрыве  $\varepsilon_p$ ) приведены в таблице 1. Представлены средние значения по результатам трех параллельных измерений.

Согласно результатам испытаний, введение в полиуретан технического углерода привело к снижению прочности материала на 17–21 % по сравнению с прочностью ненаполненного полимера. С увеличением содержания технического углерода наблюдалось снижение значений относительного удлинения при разрыве.

**Вывод.** Таким образом, введение в литевой полиуретан от 2,5 до 10 % технического углерода марки OMCARB CH85 повлияло на физико-механические характеристики полимерного материала, вызвав снижение прочности и относительного удлинения при разрыве.

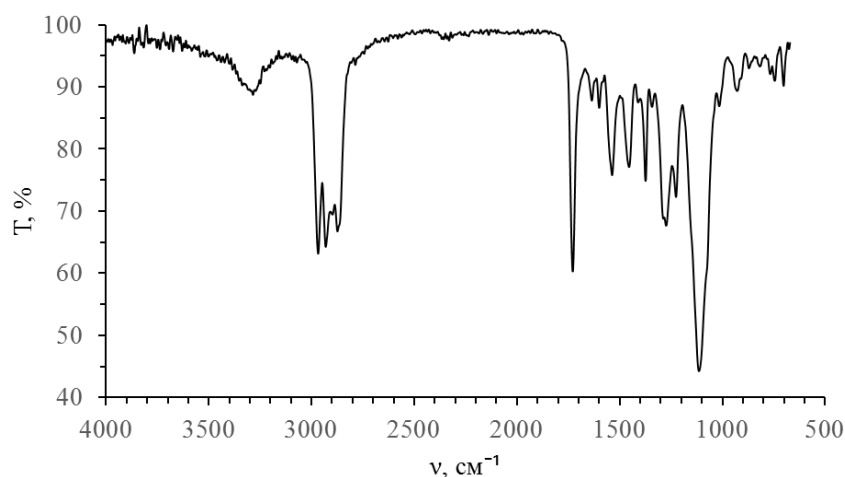


Рис. 1. ИК-спектр полиуретана

Таблица 1. Результаты испытаний на растяжение

| Показатель          | Содержание наполнителя, % |     |     |     |      |
|---------------------|---------------------------|-----|-----|-----|------|
|                     | 0                         | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10,0 |
| $\sigma_p$ , МПа    | 5,3                       | 4,3 | 4,2 | 4,4 | 4,3  |
| $\varepsilon_p$ , % | 672                       | 514 | 507 | 505 | 467  |

### Список литературы

1. Barhoum A., Bechelany M., Makhoulf A.S.H. *Handbook of Nanofibers*. – New York : Springer, 2020. – P. 1–40.

## УТИЛИЗАЦИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ПЛАЗМЕ ДУГОВОГО РАЗРЯДА

А. Д. Кротик

Научный руководитель – к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ Ю. Л. Шаненкова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
adk25@tpu.ru

Углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) – это газ, вырабатываемый как природными, так и искусственными источниками, в виде сжигаемого ископаемого топлива для производства электроэнергии.

Активное потребление ископаемых видов топлива для энергообеспечения производственных процессов способствовало общемировому экономическому росту, но также привело к проблемам загрязнения окружающей среды парниковыми газами. Углекислый газ является самым распространенным парниковым газом антропогенного происхождения, концентрация которого в атмосфере увеличилась на 47 % с момента индустриальной революции [1–3].  $\text{CO}_2$  является основным продуктом полного сгорания ископаемого топлива, поглощает тепло из атмосферы и способствует изменению климата [4].

Энергетическая отрасль сталкивается с серьезными проблемами в достижении цели углеродной нейтральности. Основными производителями электроэнергии являются теплоэлектростанции. ТЭС за счет меньших размеров, возможности их расположения позволяют получать относительно дешевую энергию за счет сжигания угля [5]. Ископаемое топливо в совокупности является крупнейшим источником выбросов  $\text{CO}_2$ , на долю которого приходится почти 65 % глобальных выбросов парниковых газов [6].

Углекислый газ можно рассматривать как дешевый и обильный источник мягкого окислителя для производства продуктов с добавленной стоимостью в виде оксидов металлов. При разложении  $\text{CO}_2$  образуются молекулы CO и  $\text{O}_2$ ,