

## Изменение механических свойств полимерных композитов, содержащих фотоактивные неорганические компоненты, под воздействием света солнечного диапазона

*Артемов Ю.М., Орехов А.В., Павилайнен Г.В.*

*yurim54@yandex.ru, a\_v\_orehov@mail.ru, g\_v\_pavilaynen@mail.ru*

Санкт-Петербургский государственный университет,

199034, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

*Ключевые слова:* полимерные композиты, оксиды металлов, солнечный свет.

Всестороннее и глубокое изучение свойств полимеров в последние годы привело к созданию новых материалов — композитов на основе органических полимеров, которые теперь быстро вытесняют из многих сфер применения традиционные материалы: стали, металлы, керамику и пр. Более того, им нет равных в таких областях как космонавтика, автомобилестроение, медицина [1].

Введение в объём или нанесение на поверхность полимера оксидов металлов, как правило в виде наноразмерных частиц, позволяет модулировать его оптические и электрофизические свойства, и в результате найти новые применения. В частности для отсекаания УФ-части или отражения ИК-части солнечного излучения применяются диоксид титана ( $\text{TiO}_2$ ) или титанаты (например,  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{SrTiO}_3$  и др.) [2]. При этом не всегда учитываются последствия поглощения света частицами оксида. Есть представление, что энергия поглощённого солнечного света ближнего УФ-диапазона (длины волн короче 400 нм, примерно 4-5% по энергии от всего светового излучения, падающего на поверхность Земли) рассеивается в объёме и поверхности материала, и этот процесс заметно не влияет на свойства полимеров [3]. Однако, такой подход не учитывает полупроводниковую природу оксидов и, следовательно, возможность перехода их при поглощении квантов света в электрон-возбуждённое состояние, выход из которого вероятен в том числе и через окислительно-восстановительные реакции с молекулами-соседями [4]. Последнее ведёт к изменениям в полимере: разрыв или образование новых связей в пространственных цепочках, возможное разрыхление материала с последующим его охрупчиванием и др., которые сказываются на физических и механических свойствах материала. Исследования этого процесса и его влияния на прочностные свойства полимерных композитов известны, но немногочисленны. Так Kamrannejad et al. [5], изучали изменения величины модуля Юнга при облучении ближним УФ-светом композита полипропилен-диоксид титана. Авторы пришли к выводу о его частичной деградации и дали рекомендации как её избежать.

Вопрос же математического моделирования изменения механических свойств полимерных композитов (содержащих фотоактивные неорганические компо-

ненты) под воздействием света солнечного диапазона, можно считать открытым. Известны только простые математические модели, которые описывают процессы фотодеградаци и влияния свойств катализатора на разложение низкомолекулярных органических веществ, при очистке от загрязнений воды или атмосферного воздуха, например, [6, 7].

Однако, очевидна необходимость построения математических моделей для изучения изменения именно механических свойств полимерных композитов, содержащих фотоактивные неорганические компоненты, в зависимости от интенсивности и времени их облучения солнечным светом. Такие модели, кроме параметров и времени облучения, должны учитывать особенности химического состава полимера, геометрические характеристики образца и тип силового воздействия.

Исследование проведено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-29-23035\_мк) в Лаборатории СПбГУ «Фотоактивные нанокompозитные материалы».

## Литература

- [1] Isiaka Oluwole Oladele, Taiwo Fisayo Omotosho, Adeolu Adesoji Adediran “Polymer-Based Composites: An Indispensable Material for Present and Future Applications” // *International Journal of Polymer Science*, vol. 2020, Article ID 8834518, 12 pages, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8834518>
- [2] Zepeng Mao, Zhangbin Yanga, Jun Zhang SrTiO<sub>3</sub> as a new solar reflective pigment on the cooling property of PMMA-ceramic composites // *Ceramics International* Volume 45, Issue 13, September 2019, Pages 16078-16087 <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.05.124>
- [3] Shuang Shi, Dongya Shen, Tao Xu, Yuqing Zhang Thermal, optical, interfacial and mechanical properties of titanium dioxide/shape memory polyurethane nanocomposites // *Composites Science and Technology* Volume 164, 18 August 2018, Pages 17–23 <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2018.05.022>
- [4] Гуревич Ю.Я., Плесков Ю.В. Фотоэлектрохимия полупроводников. М.: Наука, 1983. 312 с.
- [5] Mohammad Mehdi Kamrannejad, Amin Hasanzadeha, Nasim Nosoudi, Lee Mai, Ali Akbar Babaluo Photocatalytic Degradation of Polypropylene/TiO<sub>2</sub> Nano-composites Materials // *Research-Ibero-American Journal of Materials* 2014 Volume: 17 Issue: 4 Pages: 1039–1046 <http://dx.doi.org/10.1590/1516-1439.267214>
- [6] H. Ted Chang, Nan Min Wu, Faqing Zhu A Kinetic Model for Photocatalytic Degradation of Organic Contaminants in a Thin Film TiO<sub>2</sub> Catalyst // *Water Research* 34(2), February 2000, pp. 407–416. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(99\)00247-X](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(99)00247-X)
- [7] Wipada Sanongraj, Yongsheng Chen, John C. Crittenden, Hugo Destailats, David W. Hand, David L. Perram, Roy Taylor Mathematical Model for Photocatalytic

Destruction of Organic Contaminants in Air // Journal of the Air & Waste Management Association Volume 57, Issue 9, 2007, pp. 1112-1122, Published online: 24 Feb 2012, <https://doi.org/10.3155/1047-3289.57.9.1112>