

## **Sr<sup>2</sup> наноуглероды как стабилизаторы процессов озонового старения эластомерных материалов**

*Неверовская А.Ю.<sup>1</sup>, Возняковский А.П.<sup>1</sup>, Отвалко Ж.А.<sup>1</sup>, Фирсова А.В.<sup>2</sup>, Игуменова Т.И.<sup>2</sup>, Возняковский А.А.<sup>3</sup>*

*anna-neverovskaya@yandex.ru*

<sup>1</sup> ФГБУ «НИИСК», Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Воронежский филиал ФГБУ «НИИСК», Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> ФТИ им. А.Ф.Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

В настоящее время задача получения эластомерных материалов (резин) с новым комплексом свойств — задача достижения эффекта усиления — решается в большинстве случаев на рецептурном уровне, а именно, путем создания композиций из доступных компонентов (наполнителя и матрицы). При этом свойства финишных композитов в равной степени зависят как от свойств полимерной матрицы, так и от свойств наполнителя. Уточним, что под термином «эффект усиления» понимают прирост значений параметров композита, определяющих увеличение срока эксплуатации резинотехнического изделия на его основе. При этом основными факторами, определяющими срок эксплуатации резин, являются процессы старения [1]. Под старением резин понимают изменение их эксплуатационных показателей во времени. Движущей силой процессов старения являются физико-химические процессы, активизируемые под влиянием физического, химического и биогенного влияния внешней среды — влиянием сил атмосферного воздействия (в англоязычной литературе — weathering forces). К наиболее агрессивным процессам старения относят процессы озонового старения резин на основе непредельных эластомеров. В этой связи усилия многих исследовательских групп направлены на поиск добавок-антиоксидантов, предназначенных для нивелирования процессов озонового старения таких резин. При этом все большее внимание уделяют использованию в качестве антиоксидантов sr<sup>2</sup> графеновых структур [например, 2]. В настоящее время препятствием использования графеновых структур в реальной практике являются явно малопродуктивные методы их синтеза.

В настоящей работе в качестве антиоксиданта были использованы малослойные графены (МГ), получаемые карбонизацией биополимеров в процессе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). В отличие от метода Хаммерса, который широко применяется для синтеза графеновых структур и считается наиболее эффективным, наша методика демонстрирует заметно более высокую производительность и обладает значительно лучшими экологическими характеристиками. В качестве сопоставительного образца в качестве антиоксиданта был изучен также гибридный наноуглерод, содержащий МГ и многостенные нанотрубки (МУНТ), а также МГ и сажу. Впервые в ходе данного исследования метод СВС был использован для получения гибридных наноуглеродов: МУНТ/МГ и сажа/МГ.

Полученные наноуглероды были испытаны в качестве антиоксидантов в рецептуре резин на основе бутадиен-нитрильного каучука. Проведенные нами эксперименты показали, что свойства антиоксиданта проявляют все синтезированные нами наноуглероды. Но наилучшие защитные свойства показал МГ, который обеспечил практически неизменные свойства резин при интенсивном воздействии озона в течении 60 часов.

Работа проведена при поддержке гранта РФФИ № 23-79-10254.

### **Ссылки**

1. Liu X., Yang R., Xu Z.-P., Ye Y., Tang G.-Sh., Zhao M., Zhang Q., Meng X.-Z. Characterization of Polymer Aging: A Review // Chin J. Polym. Sci. – 2024. – V.42. – P.1642.
2. Tang M., Xing W., Wu J., Huang G., Xiang K., Guo L., Li G. Graphene as a prominent antioxidant for diolefin elastomers // J. Mater. Chem. A. – 2015. – V. 3. – P. 5942-5948.