

ISSN 2091-5527  
№ 4/2025

Ўзбекистон

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал  
**Композиционные материалы**

## ЭЛАСТОМЕРНАЯ КОМПОЗИЦИЯ СО СПЕЦИФИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Собиров Ж.С., Самандаров Х.О., Ибадуллаев А., Тешабаева Э.У.

*Ташкентский государственный транспортный университет*

**Аннотация.** В данной работе приведены результаты исследования влияния вторичного сырья производства ацетилена на специфические свойства резинотехнические изделия предназначенных для машиностроения на основе каучуков СКИ-3 и СКМС-30РП. При этом установлено, что введение ВСПА и П803 условная прочность ( $f_p$ ) и относительное удлинение ( $E_{отн}$ ) вулканизатов на основе кристаллизующихся каучука СКИ-3 уменьшаются по мере увеличения их содержания, однако, введение ВСПА в состав эластомера приводит к менее выраженному снижению  $f_p$ , чем в П803. В вулканизатах на основе некристаллизующихся каучука СКМС-30РП напротив, наблюдается увеличение  $f_p$  и  $E_{отн}$  в зависимости от содержания наполнителя до 60 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука. При этом, введение ВСПА приводит к существенно большему (15-20%) приращению показателей  $f_p$  и  $E_{отн}$  по сравнению с П803. Эффективное влияние ВСПА на прочностные показатели композитов, возможно, обусловлено наличием промежуточного аппретного слоя, способствующего повышению поверхности раздела фаз.

**Ключевые слова.** Композиция, наполнитель, аппрет, свойства, структура, межфазный слой, технические свойства, резинотехника, машиностроение, специфические свойства.

**Введение.** Эластомерная композиция способна, не разрушаясь, без заметных остаточных деформации выдерживать многократные растяжения на 500-1000% [1, 2]. Благодаря этим свойствам они получили название высокоэластичные [3,4]. При растяжении стального бруска в два раза потребовалось бы усилие около  $10^5$  МПа, а для растяжения композиции на основе различных каучуков от 5 до 10,0 МПа. Широкое их применение определяется, кроме того, и рядом других ее специфических особенностей.

Среди многочисленных изделий на основе композиционных эластомерных материалов наибольший объем приходится на транспортные ленты, приводные ремни, рукава, сложные детали машин из резины или резины с металлами и текстильными материалами, прорезиненные технические ткани и изделия из них, тормозные колодки и др. [5, 6].

К эластомерным композициям, применяемым для изготовления изделий, предъявляется определенный комплекс требований в соответствии с конкретными условиями эксплуатации. Диапазон требуемых свойств очень широк-механическая прочность, жесткость, эластичность, стойкость при высоких или низких температурах, стойкость к действию различных агрессивных веществ, электроизолирующие свойства или электропроводность, цвет, нетоксичность и др. [7,8]. Это, всё ставит перед научными сотрудниками весьма сложные и интересные задачи по созданию композиционных эластомерных материалов с нужным комплексом свойств.

Кроме эластомеров при изготовлении резиновых изделий применяются различные ингредиенты, которые необходимы как для осуществления химических превращений каучуков в процессах их переработки, так и для придания резиновым изделиям определенных свойств [9, 10].

На основе вышеизложенного целью данной работы являются разработка электроизоляционное композиции с применением углеродсодержащего вторичного сырья образующихся в производстве производства ацетилена.

**Объекты и методы исследования.** Исследовали влияние вторичное сырьё производства ацетилена на свойства резиновых смесей на основе каучуков СКИ-3 и СКМС-30РП. Исследуемые резиновые смеси содержали ВСПА от 10 до 60 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука. Для сравнения были взяты смеси, наполненные техуглеродом П803. Смеси изготавливали на лабораторных вальцах, а также в смесительной камере пластикордера Брабендер типа Р1У-151 объемом 75 см<sup>3</sup> при частоте вращения роторов 30 мин<sup>-1</sup> и начальной температуре камеры 343±3К. Степень объемного заполнения камеры составляла 70%. Шприцуемость резиновых смесей изучали с помощью приставки, используя фильеры  $d=3$  мм и мундштук «Гарвей». Образцы шприцевали при частоте вращения шнека 20-120 мин<sup>-1</sup> и температуре 293-363 К [3]. Пластоэластические свойства резиновых смесей определяли по ГОСТ 1020-95-жесткость ЖД и эластическое восстановление ЭД по Дефо; по ГОСТ 10722-94-вязкость по Муни (ML4-373 К), физико-механические свойства определены по соответствующими ГОСТами.

**Обсуждение результатов.** При создании композиционных полимерных материалов значительная роль отводится углеродным наполнителям [11,12]. Среди них особое место занимает технический углерод, структура и свойства которого во многом определяются способами их синтеза [13]. В этом аспекте

заслуживает определенного внимания выяснение структурно-химической особенности отхода образующегося при производстве ацетилена пиролизным способом из природного газа (ВСПА). В табл. 1 приведен элементный состав ВСПА и некоторых марок технического углерода.

Таблица 1

Элементный состав ВСПА и некоторых марок техуглеродов

| Наименование Показателей | Содержание, % |         |         |         |         |
|--------------------------|---------------|---------|---------|---------|---------|
|                          | МУ            | Т 900   | П 701   | П 705   | П 803   |
| Углерод                  | 88-90         | 96-99   | 96-98   | 96-98   | 97-99   |
| Водород                  | 3-4           | 0,3-0,5 | 0,4-0,6 | 0,6-0,8 | 0,4-0,6 |
| Кислород                 | 6-7           | 0,1-0,2 | 0,3-0,5 | 0,3-0,5 | 0,1-0,2 |
| сера                     | -             | 0,1     | 0,3     | 0,3     | 0,2     |
| зольность                | 0,8-0,9       | 0,1-0,2 | 0,4-0,6 | 0,4-0,5 | 0,4-0,5 |

Из таблицы видно, что ВСПА отличается от серийных технических углеродов повышенным содержанием кислорода и водорода. Исследование показали, что при образовании частиц ВСПА на его поверхности адсорбируются продукты неполной карбонизации сырья [14].

Изучение продуктов экстракции ВСПА показало наличие до 12% органических соединений ( $M \leq 1000$ ), аппретированных на поверхности частиц ВСПА, которые удаляются в процессе высокотемпературной термообработки.

В ИК–спектре ВСПА, экстрагированного (в толуоле) обнаруживаются следующие характеристические полосы (Табл.2) относящихся к продуктам термической циклизации и олигомеризации ацетилена с брутто формулой  $C_{54}H_{40}O$ . ПМР – спектры указывает на наличие протонов при  $\delta = 6,85$  м.д.,  $\delta = 6,70$  м.д.,  $\delta = 7,10$  м.д., характерных для ароматических структур и его замещенных производных. Экстрагированный продукт дает узкий одиночный сигнал ЭПР с концентрацией ПМЧ в порядке  $1 \times 10^{14}$  спин/г, g - фактором близким к g фактору свободного электрона.

Таблица 2

Полосы относящихся к продуктам термической циклизации и олигомеризации ацетилена

| в.к. $\nu$ C=O                           | в.к. $\nu$ C-H                              | в.к. $\nu$ C-H  | В.к. $\nu$ C=C             |
|--|---|---|----------------------------|
| при 1710 $cm^{-1}$<br>при 1730 $cm^{-1}$ | Ароматического кольца<br>при 3050 $cm^{-1}$ | Метиленовых и метильных групп<br>при 2860, 2930, 2960, 2975 $cm^{-1}$ | при 1500-1600<br>$cm^{-1}$ |

Следовательно, ВСПА может рассматриваться как сажа частицы, которой микрокапсулированы в полимерно-олигомерную функционали-зированной, кислородсодержащими группами, оболочку. Ее расчетная толщина (с учетом поверхности МУ 23  $m^2/g$  и 12 мас., % полимер-олигомерной фракции) составляет величину порядка 50-60Å.

Из данных табл. 3 следует, что ВСПА характеризуется повышенным значением масляного йодного числа, по-видимому, это связано с шероховатостью ее поверхности и наличием полисопряженных систем. Выяснено, что для ВСПА свойственна высокая степень дисперсности.

Таблица 3

Сравнение основных физических характеристик ВСПА и некоторых технических углеродов

| Наименование показателя                                 | МУ    | Марка технического углерода |       |       |       |
|---|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|
|   |       | Т 900                       | П 701 | П 705 | П 803 |
| Удельная условная поверхность, $m^2/g$                  | 19-24 | 12-16                       | 33-39 | 20-26 | 13-19 |
| Удельная внешняя поверхность по адсорбции ЦТАБ, $m^2/g$ | 57-60 | 25-30                       | 45-50 | 38-44 | 35-40 |
| Удельная поверхность по адсорбции фенола, $m^2/g$       | 75-85 | 10-13                       | 30-35 | 16-25 | 12-20 |
| Удельная поверхность по адсорбции азота, $m^2/g$        | 85-90 | 12-15                       | 32-38 | 18-25 | 10-20 |

|  |           |           |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Йодное число, мГ/г                             | 100-110   | 16-20     | 34-40     | 24-28     | 19-23     |
| Абсорбция дибутил-фталата, мл/100 г            | 170-180   | 40-50     | 60-70     | 105-115   | 75-90     |
| Абсорбция льняного масла, мл/100 г             | 165-170   | 3540      | 6065      | 90-100    | 65-80     |
| РН водной суспензии                            | 6-8       | 6-8       | 9-11      | 7,5-9,5   | 7,5-9,5   |
| Потеря массы при 378 К, %                      | 0,4-0,8   | 0,0-0,4   | 0,0-0,35  | 0,0-0,5   | 0,0-0,5   |
| Удельная насыпная плотность, г/см <sup>3</sup> | 1,76-1,78 | 1,88-1,95 | 1,75-1,78 | 1,80-1,84 | 1,81-1,84 |
| Средний диаметр частиц, Нм                     | 45-70     | 250-300   | 85-100    | 88-110    | 155-210   |
| Массовая доля остатка на сите, % 05 К          | 0,004     | 0,0008    | 0,0008    | 0,0008    | 0,001     |
| 0,14 К   | 0,003     | 0,02      | 0,01      | 0,01      | 0,1       |
| 0045 К   | 0,03      | 0,08      | 0,08      | 0,08      | 0,1       |

Таким образом, проведенные исследования позволяют предположить, что структура ВСПА является как бы промежуточной стадией формирования сажевых структур, которые при образовании его частиц микрокапсулированы в полимерно-олигомерную функционализированную, кислородсодержащими группами, оболочку, это даёт возможность получить изделия из эластомерных композиции с различными специфическими свойствами предназначенных применение в машиностроение.

Важнейшей особенностью, определяющей в значительной степени механические свойства

резин, являются физико-механические показатели [14]. В этом аспекте изучено влияние содержания ВСПА на упруго-прочностные свойства вулканизатов на основе кристаллизующихся (СКИ-3) и некристаллизующихся (СКМС-30РП) каучуков. Исследования показали (Рис.1, что введение ВСПА и П803 условная прочность ( $f_p$ ) и относительное удлинение ( $E_{отн}$ ) вулканизатов на основе кристаллизующихся каучука СКИ-3 уменьшаются по мере увеличения их содержания, однако, введение ВСПА в состав эластомера приводит к менее выраженному снижению  $f_p$ , чем в П803.

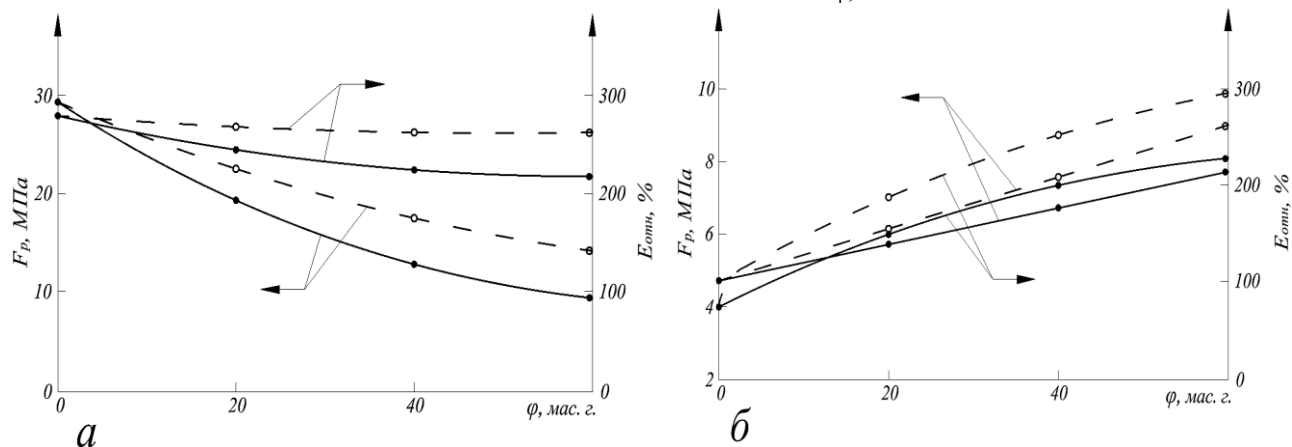


Рис. 1. Зависимость влияние содержание ВСПА(---) и П803(---) на прочность при растяжение ( $F_p$ ) и относительное удлинение резиновых смесей на основе каучуков СКИ-3 (а) и СКМС-30РП (б)

В вулканизатах на основе некристаллизующихся каучука СКМС-30РП напротив, наблюдается увеличение  $f_p$  и  $E_{отн}$  в зависимости от содержания наполнителя до 60 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука. При этом, введение ВСПА приводит к существенно большему (15-20%) приращению показателей  $f_p$  и  $E_{отн}$  по сравнению с П803. Эффективное влияние ВСПА на прочностные показатели композитов, возможно, обусловлено наличием

промежуточного аппретного слоя, способствующего повышению поверхности раздела фаз.

Исследование показало (табл.4), что разработанные резиновые смеси с применением ВСПА в качестве наполнителя по пласто-эластическим, вязкостным свойствам и кинетике вулканизации практически не отличаются от эластомерных композиций, наполненных теуглеродом П803, П701 и П705.

Таблица 4.

**Технологические и физико-механические свойства резиновых смесей № 83 13А наполненных различными количеством ВСПА для получения формовых деталей на основе каучука СКМС-30РП**

| Наименование показателей                        | Содержание наполнителей, масс. ч. |                     |                     |                     |
|---|-----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|   | П 803                             | МУ                  | П 803               | МУ                  |
|   | 20                                | 20                  | 80                  | 80                  |
| Пластичность, усл. ед.                          | 0,38                              | 0,38                | 0,34                | 0,32                |
| Условная прочность при растяжении, Мпа          | 9,0                               | 13,8                | 8,9                 | 14,2                |
| Относительное удлинение при растяжении, %       | 500                               | 660                 | 440                 | 480                 |
| Остаточное удлинение при растяжении, %          | 25                                | 14                  | 16                  | 8                   |
| Сопротивление раздиру, кН/м                     | 10,8                              | 12,2                | 11,2                | 16,4                |
| Твердость по Шору-А                             | 42                                | 48                  | 64                  | 62                  |
| Коэффициент теплового старения при 373К, 72 час | 0,6                               | 0,8                 | 0,71                | 0,94                |
| Коэффициент радиационно-стойкости               | 0,31                              | 0,64                | 0,42                | 0,95                |
| Электрическая прочность по пробую, ом/м         | 2,8·10 <sup>6</sup>               | 4,6·10 <sup>6</sup> | 3,2·10 <sup>6</sup> | 8,7·10 <sup>6</sup> |

В то время как эксплуатационные свойства вулканизатов, содержащих ВСПА заметно превышают соответствующие показатели эластомерных композиций, наполненных теуглеродами, что хорошо согласуется с результатами исследований модельных резин. Установлено, что ВСПА передает резинотехническим изделиям стойкость к электрическому прочностью по пробую.

**Резюме.** Из вышеприведенных следует, что проведенный комплекс лабораторных, опытно-производственных испытаний по разработанной композиции с применением ВСПА показали целесообразность и перспективность использования его в рецептуре резиновых смесей для производства резинотехнических изделий машиностроительного назначения где требуется высокое электрическое прочностью по пробую.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Корнев А. Е. Технология эластомерных материалов: учебник. Москва: ИСТЕК, 2009. 502 с.
2. Карманова О.В., Попова Л.В., Поимонова О.В. Создание активирующих систем для эффективной вулканизации эластомеров. [Creation of activating systems for effective vulcanization of elastomers] Вестник VGTUIT, 2014, no.3, pp. 126-129
3. Shershnev V.A. Development of ideas about the role of activators of sulfuric vulcanization of hydrocarbon elastomers. [Development of representations of the role of activators sulfur cured hydrocarbon elastomers]. Part 1. Caoutchouc and rubber., 2012, No. 2. 1, p. 31-36. (In Russian).
4. Rogativa T.V., Shumskii V.F., Kutianina V.S., Getmanchuk I.P. et al. The Effect of technological additive Technol on the rheological properties of styrenebutadiene rubber. Каучук и резина., 2004, no. 3, pp. 24-28.
5. H. Chen, C. Wang, C. Hu, J. Zhang, S. Gao, W. Lu, L. Chen, Vulcanization accelerator enabled sulfurized carbon materials for high capacity and high stability of lithium-sulfur J. Mater. Chem. A 3 (4) (2015) 1392-1395. DOI: 10.1016/j.cej.2020.124378.
6. S. Liu, J. Yu, K. Bikane, T. Chen, C. Ma, B. Wang, L. Sun, Rubber pyrolysis: kinetic modeling and vulcanization effects, Energy 155 (2018) 215-225. DOI: 10.1016/j.cej.2020.124378
7. M. Wang, J. Zhu, S. Zhang, G. You, S. Wu, Influencing factors for vulcanization induction period of accelerator natural rubber composites: molecular simulation and experimental study, Polym. Test. 80 (2019) 1-6. DOI: 10.1016/j.cej.2020.124378
8. Santhosh, A.A. Recent developments in crosslinking of elastomers / A.A. Santhosh, J. Kuruvila, T. Sabu // Rubber Chemistry and Technology. 2005. -V.78. - Is.3 - P. 458-488.
9. Ahmadjonov, S., Teshabaeva, E., Akhmedova, M., Turabdjanov, S., & Abdiraimova, K. (2023, April). Multifunctional ingredients for composite elastomer materials. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 383, p. 04035). DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338304035>.
10. Teshabaeva E.U., Vapaev M.D., Ibadullaev A., Modification of mineral fillers and their influence on properties of rubbers // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences Austria. 2016., №3-4, - C.125-128.
11. Тешабаева Э.У., Ибадуллаев А., Жураев В.Н. Создание и применение ингредиентов на основе местных сырьевых ресурсов и отходов производств в эластомерных композиционных материалах//Ж.Химия и химическая технология, 2016, с. 66-71.

### 3. Разработка и технология получения композиционных материалов

|  |    |
|--|----|
| Собиров Ж.С., Самандаров Х.О., Ибадуллаев А., Тешабаева Э.У. Эластомерная композиция со специфическими свойствами .....  | 67 |
| Негматов С.С., Намозов С.С., Саидкулов С.А., Негматова К.С., Абед Н.С., Султанов С.У., Жовлиев Ш.Х., Шодиев Х.Р., Дусмурадов Э.Б. Исследование и разработка эффективных составов антикоррозионных композиционных ингибирующих материалов и покрытий на их основе ..... | 71 |
| Турахужаева Ш.Н., Шарипов К.А., Каримов К.А., Мардонакулов Ш.У. Состав флюса для восстановления алюминия из его оксидов .....  | 75 |
| Adinayev X.A. Shaffof-rangsiz shisha namunalari sintezi va ularning fizik-kimyoviy xossalari .....   | 76 |
| Yakubov M.M., Sunnatov J.B., Maqsudxo‘jayeva M.S. Mineral va texnogen xom ashyolardan nodir metallar eritish usuli bilan ajratib olishni tadqiq etish .....  | 79 |
| Yusupov Sh.F., Yusupov S.K., Kadirov H.E., Temirov G.B., Yusupov D.B. Rheological characterization of sulfanol-based surfactant systems .....  | 81 |
| Сайназарова М.М. Совершенствование рецептурно-технологических решений эластомерных композиций .....  | 83 |

### 4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов

|  |     |
|--|-----|
| Мардонакулов Ш.У., Каримов К.А., Турахужаева Ш.Н., Махмудов Ф.М., Носирхужаев И.А. Тураходжаев Н.Д. Обеспечение ресурсосбережения при плавке алюминиевых сплавов .....   | 86  |
| Yodgorov B.O., Komilov Q.O‘., Kurbanova A.Dj., Muxamedov G‘.I. Filtrlanishiga qarshi ekran sifatida karbamido-formaldegid oligomeri asosidagi interpolimer komplekslardan foydalanish .....  | 87  |
| Ho‘jiyev Sh.T., Xolikulov D.B., Xaydaraliyev X.R., Javliyev S.S., Movlanov A.S. Sfaleritni marganes dioksidi bilan oksidlovchi tanlab eritishning termodinamik imkoniyatlarini baholash .....  | 90  |
| Азимова Ш.А. Перспективы вторичной переработки органических компонентов отходов щелочной очистки пирогаза .....  | 93  |
| Панжиев А.Х., Холлиева Ш.О., Шодмонов Б. Шўртаннефтгаз МЧЖ чиқинди экспанзер газлари асосида кальций цианамид олиш кинетикаси .....  | 96  |
| Turakhujaeva Sh.N., Sharipov K.A., Karimov K.A., Mardonakulov Sh.U., Turakhujaeva A.N. The role of alloying elements in improving the mechanical properties of aluminum-magnesium alloys: an overview and an ecological analysis ..... | 99  |
| Сайназарова М.М., Содикова М.Р., Абдумавлянова М.К. Использование вторичных технологических шлаков медно-молибденового производства в качестве ингредиента резиновых смесей .....  | 101 |
| Турдиев Ш.Ш., Салохиддинов Ф.А. Анализ показателей конверсии сырья в процессе пиролиза .....   | 103 |
| Каршиев М., Файзиев М.М. Исследование влияния вида обработки поверхности деталей почво-обрабатывающих машин на адгезионную прочность напыляемого покрытия .....  | 106 |

### 5. Методы исследования, приборов и оборудования композиционных материалов

|  |     |
|--|-----|
| Qayumjonov O.R., Yusupov M.O., Sherquziyev D.Sh. Tarkibida nikel, azot va NPK saqlagan ftalosiyanin pigmentining olinishi va infraqizil spektirini tadqiq qilish .....           | 108 |
| Турахужаева Ш.Н., Шарипов К.А., Каримов К.А., Мардонакулов Ш.У., Тураходжаев Н.Д. Метод применения композиционного модификатора для плавки алюминиевых и магниевых сплавов ..... | 110 |
| Turobov Sh.N., Boymurodov N.A., Xo‘jakulov A.M. Tarkibida volfram bo‘lgan texnogen chiqindilarni granulometrik tarkibini aniqlash bo‘yicha eksperimental tahlili .....           | 112 |
| Турсунов А.С., Турдалиев У.М., Оразимбетова Г.Ж. Исследование структура глауконита по методом электронно-микроскопического анализа .....   | 117 |
| Ermatov R.K., Doliyev G‘.A., Mamajanov S.B. Methods for obtaining electrode coatings from local raw materials .....  | 120 |