

DOI: 10.32864/polymmattech-2025-11-3-36-42

УДК 547.245; 678.4

КАРБОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ДИАЗОТСОДЕРЖАЩИЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ — УСКОРИТЕЛИ ВУЛКАНИЗАЦИИ СИЛОКСАНОВЫХ КАУЧУКОВ

А. Д. КИРИЛИН, Л. О. БЕЛОВА, Н. А. ГОЛУБ, М. В. ПЛЕТНЕВА⁺, Д. Е. МИРОНОВ

Российский технологический университет (Институт тонких химических технологий имени М. В. Ломоносова), пр-т Вернадского, 78, 119571, г. Москва, Россия

Цель работы — создание герметика с улучшенными физико-механическими, адгезионными свойствами и ускоренной вулканизуемостью на основе силоксанового каучука, 1,1-диметил-2-[(триэтоксисилил)метил]гидразина (соединение I) и N-[(триэтоксисилил)метил]-N'-[(3-триметоксисилил)пропил]этан-1,2-диамина (соединение II).

Полученные соединения апробированы в качестве ускорителей вулканизации промышленно выпускаемых силоксановых каучуков типа СКТН (синтетический каучук термостойкий низкомолекулярный) составе герметизирующих композиций. Полученные результаты позволили разработать рецептуру нового герметика (герметизирующей композиции), в которой предусматривается использование этих ускорителей вулканизации в количестве 2–5 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука СКТН марки А. Установлено, что герметик обладает высокими физико-механическими свойствами и отличается ускоренной вулканизуемостью (24 ч) и адгезионными свойствами, причем к некоторым материалам (органическое стекло Э-2, алюминиевый сплав Д-16) адгезия обеспечивалась без применения адгезионных подслоев. Таким образом, синтезированные соединения I и соединение II можно успешно применять в качестве высокоэффективных ускорителей вулканизации полиорганосилоксанового каучука СКТН марки А.

Ключевые слова: диазотсодержащие кремнийорганические соединения, ускорители вулканизации, силиконовые каучуки, адгезионные свойства.

⁺Автор для переписки. E-mail: pletneva@mirea.ru

Для цитирования:

Кирилин А. Д., Белова Л. О., Голуб Н. А., Плетнева М. В., Миронов Д. Е. Карбофункциональные диазотсодержащие кремнийорганические соединения — ускорители вулканизации силоксановых каучуков // Полимерные материалы и технологии. 2025. Т. 11, № 3. С. 36–42. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-3-36-42>

⁺Author for correspondence. E-mail: pletneva@mirea.ru

For citation:

Kirilina A. D., Belova L. O., Golub N. A., Pletneva M. V., Mironov D. E. Karbofunktsional'nye diazotsoderzhashchie kremniyorganicheskie soedineniya — uskoriteli vulkanizatsii siloksanovykh kauchukov [Carbonfunctional dinitrogen-containing organosilicon compounds as accelerators of vulcanization of siloxane rubbers]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2025, vol. 11, no. 3, pp. 36–42. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-3-36-42>

CARBONFUNCTIONAL DINITROGEN-CONTAINING ORGANOSILICON COMPOUNDS AS ACCELERATORS OF VULCANIZATION OF SILOXANE RUBBERS

A. D. KIRILIN, L. O. BELOVA, N. A. GOLUB, M. V. PLETNEVA⁺, D. E. MIRONOV

Russian Technological University (Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies), Vernadsky Ave., 78, 119571, Moscow, Russia

The aim of the work is to create a sealant with high physical, mechanical, adhesive properties and accelerated vulcanization based on siloxane rubber, 1,1-dimethyl-2-[(triethoxysilyl)methyl]hydrazine and N-[(triethoxysilyl)methyl]-N'-[(3-trimethoxysilyl)propyl]ethane-1,2-diamine.

1,1-Dimethyl-2-[(triethoxysilyl)methyl]hydrazine and N-[(triethoxysilyl)methyl]-N'-[(3-trimethoxysilyl)propyl]ethane-1,2-diamine have been synthesized. The obtained compounds have been tested as vulcanization accelerators for industrially produced siloxane rubbers of the SKTN (low-molecular heat-resistant synthetic rubber) type in sealing compositions. The obtained results have made it possible to develop a formula for a new sealant (sealing composition) which provides for the use of these vulcanization accelerators in an amount of 2–5 phr (parts per hundred resin) of SKTN rubber grade A. It has been established that the sealant has high physical and mechanical properties and is distinguished by accelerated vulcanization (24 h) and adhesive properties, and adhesion to some materials (organic glass E-2, aluminum alloy D-16) was ensured without the use of adhesive sublayers. Thus, the 1,1-dimethyl-2-[(triethoxysilyl)methyl]hydrazine (I) and N-[(triethoxysilyl)methyl]-N'-[(3-trimethoxysilyl)propyl]ethane-1,2-diamine (II) synthesized by us can be successfully used as highly effective vulcanization accelerators for polyorganosiloxane rubber SKTN grade A.

Keywords: dinitrogen-containing organosilicon compounds, vulcanization accelerators, silicone rubbers, adhesive properties.

Поступила в редакцию 06.05.2025

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)
Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь
Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus
Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Литература

1. Герасимов Д. М., Илюхина М. А., Глазов П. А. Особенности применения низкомолекулярных кремнийорганических каучуков в герметизирующих композициях // Фундаментальные и прикладные исследования в области уплотнительных, герметизирующих и огнеупорных материалов : материалы Всероссийской научно-технической конференции, Москва, 27 сентября 2019 года. Москва : ВИАМ., 2019. С. 35–48.
2. Семенова С. Н., Чайкун А. М. Силиконовые резиновые композиции с повышенной термостойкостью (обзор) // Труды ВИАМ. 2020. № 11. С. 31–37. doi: 10.18577/2307-6046-2020-0-11-31-37
3. Чайкун А. М., Венедиктова М. А., Брык Я. А. Разработка рецептуры резины экстремально высокой термостойкости с температурным диапазоном эксплуатации от –60 до +500 °С // Труды ВИАМ. 2019. № 1 (73). С. 21–30. doi: 10.18577/2307-6046-2019-0-1-21-30
4. Patent 2002220532 JP. Heat-Resistant Silicone Rubber Composition and Molded Article Obtained by Curing the Composition / Kamiya M., Ninomiya K.; current assignee Wacker Asahikasei Silicone; appl. 25.01.2001; publ. 09.08.2002. 5 p.
5. Герасимов Д. М., Илюхина М. А., Глазов П. А. Низкомолекулярные кремнийорганические каучуки в составе герметизирующих композиций (обзор) // Труды ВИАМ. 2020. № 8 (90). С. 35–45. doi: 10.18577/2307-6046-2020-0-8-35-45
6. Кирилин А. Д., Белова Л. О., Голуб Н. А., Плетнева М. В., Кирилина Н. И., Миронов Д. Е. Использование азотсодержащих кремнийорганических соединений при создании термо- и огнестойких заливочных композиций для герметизации высоковольтной и высокочастотной аппаратуры // Тонкие химические технологии. 2024. Т. 19, № 4. С. 293–309. doi: 10.32362/2410-6593-2024-19-4-293-309
7. Белова Л. О., Голуб Н. А., Плетнева М. В., Миронов Д. Е., Кирилин А. Д. Особенности использования пиррола и его производных в синтезе уретанов, мочевины и органосилоксанов // Химия и технология органических веществ. 2024. № 2 (30). С. 12–23.

8. Mironov D. E., Belova L. O., Golub N. A., Pletneva M. V., Kirilin A. D., Morozova D. V. Silylation of nitrogen-containing compounds using trimethylsilylimidazole in the active medium of hexamethyldisilazane // ИИЭОС OPEN. 2024. Т. 7, № 1-3. С. 44–45. doi: 10.32931/ио2420а
9. А. с. 1523561 СССР, МКИ С 08 L 83/04. Антиадгезионная композиция для покрытия форм, используемых при формировании изделий из полиуретанов / М. О. Садковская, Г. И. Митропольская, В. П. Ульянов, В. И. Гудименко, В. М. Копылов (СССР). N 4312027/23-05; заявл. 02.10.87; опубл. 23.11.89. Бюл. № 43. 2 с.
10. А. с. 456820 СССР, МКИ С 08 D 47/06, С 09 К 3/10. Герметик / Н. Б. Барановская, Л. Н. Козловская, В. В. Соловей, Г. В. Колоколова, Н. Г. Швыркова, Я. И. Миндлин (СССР). N 993682/23-05; заявл. 18.04.68; опубл. 15.01.75, Бюл. № 2. 2 с.

References

1. Gerasimov D. M., Ilyukhina M. A., Glazov P. A. Osobennosti primeneniya nizkomolekulyarnykh kremniyorganicheskikh kauchukov v germetiziruyushchikh kompozitsiyakh [Features of the use of low-molecular organosilicon rubbers in sealing compositions]. Materialy Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya v oblasti uplotnitel'nykh, germetiziruyushchikh i ogneplozashchitnykh materialov» [Materials of All-Russian Scientific and Technical Conference "Fundamental and Applied Research in the Field of Sealing, Hermetic, and Fire-Heat-Protective Materials"]. Moscow : VIAM Publ., 2019, pp. 35–48.
2. Semenova S. N., Chaykun A. M. Silikonovye rezinovyе kompozitsii s povyshennoy termostoykost'yu (obzor) [Highly heat-resistant silicone rubber compositions (review)]. *Trudy VIAM* [Proceedings of VIAM], 2020, no. 11, pp. 31–37. doi: 10.18577/2307-6046-2020-0-11-31-37
3. Chaykun A. M., Venediktova M. A., Bryk Ya. A. Razrabotka retseptury reziny ekstremal'no vysokoy teplostoykosti s temperaturnym diapazonom ekspluatatsii ot –60 do +500 °С [Development of resin recipes extremely high heat resistance with a temperature range of operation from –60 to +500 °C]. *Trudy VIAM* [Proceedings of VIAM], 2019, no. 1 (73), pp. 21–30. doi: 10.18577/2307-6046-2019-0-1-21-30
4. Kamiya M., Ninomiya K. Heat-Resistant Silicone Rubber Composition and Molded Article Obtained by Curing the Composition. Patent JP, no. 2002220532, 2002.
5. Gerasimov D. M., Ilyukhina M. A., Glazov P. A. Nizkomolekulyarnye kremniyorganicheskie kauchuki v sostave germetiziruyushchikh kompozitsiy (obzor) [Low-molecular organosilicon rubbers in sealing compositions (review)]. *Trudy VIAM* [Proceedings of VIAM], 2020, no. 8 (90), pp. 35–45. doi: 10.18577/2307-6046-2020-0-8-35-45
6. Kirilin A. D., Belova L. O., Golub N. A., Pletneva M. V., Kirilina N. I., Mironov D. E. Ispol'zovanie azotsoderzhashchikh kremniyorganicheskikh soedineniy pri sozdanii termo- i ognestoykikh zalivochnykh kompozitsiy dlya germetizatsii vysokovol'tnoy i vysokochastotnoy apparatury [Use of nitrogen-containing organosilicon compounds in the creation of heat- and fire-resistant sealing compositions for sealing high-voltage and high-frequency equipment]. *Tonkie khimicheskije tekhnologii* [Fine Chemical Technologies], 2024, vol. 19, no. 4, pp. 293–309. doi: 10.32362/2410-6593-2024-19-4-293-309
7. Belova L. O., Golub N. A., Pletneva M. V., Mironov D. E., Kirilin A. D. Osobennosti ispol'zovaniya pirrola i ego proizvodnykh v sinteze uretanov, mochevin i organosiloksanov [Peculiarities of the use of pyrrole and its derivatives in synthesis urethanes, ureas and organosiloxanes]. *Khimiya i tekhnologiya organicheskikh veshchestv* [Chemistry and technology of organic substances], 2024, no. 2 (30), pp. 12–23.
8. Mironov D. E., Belova L. O., Golub N. A., Pletneva M. V., Kirilin A. D., Morozova D. V. Silylation of nitrogen-containing compounds using trimethylsilylimidazole in the active medium of hexamethyldisilazane. *INEOS OPEN* [INEOS OPEN], 2024, vol. 7, no. 1-3, pp. 44–45. doi: 10.32931/ио2420а
9. Sadkovskaya M. O., Mitropol'skaya G. I., Ulyanov V. P., Gudimenko V. I., Kopylov V. M. Antiadgezionnaya kompozitsiya dlya pokrytiya form, ispol'zuemykh pri formovanii izdeliy iz poliuretanov [Anti-adhesive compound for coating moulds used in forming polyurethane products]. Patent USSR, no. 1523561, 1989.
10. Baranovskaya N. B., Kozlovskaya L. N., Solovey V. V., Kolokolova G. V., Shvyrkova N. G., Mindlin Ya. I. Germetik [Sealant]. Patent USSR, no. 456820, 1975.