

лухой, что может быть важным для промышленного применения. Дальнейшие исследования будут направлены на понимание механизмов, лежащих в основе этих изменений, оценку размера частиц наполнителя после модификации в условиях высокосдвиговых нагрузок и оптимизацию процессов модификации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Khan M. M. H. Environmental impacts of wooden, plastic, and wood-polymer composite pallet: a life cycle assessment approach // *The International Journal of Life Cycle Assessment*. – 2021. – Т. 26. – С. 1607–1622.

2. Blasi A. Lignocellulosic agricultural waste valorization to obtain valuable products: An overview // *Recycling*. – 2023. – Т. 8, № 4. – С. 61.

3. Горбачев А. В. Биохимическая модификация растительного наполнителя и разработка полимерного композиционного материала на основе полипропилена и модифицированного наполнителя // *Технология органических веществ*. – 2021. – № 85. – С. 225–226.

4. Горбачев А. В. Лигноцеллюлозные наполнители и методы их модификации // *Вестник Технологического университета*. – 2022. – Т. 25, № 8. – С. 148–157.

5. Сулейманова Д. Ф. Технология производства древесно-полимерного композита на основе термомодифицированной муки // *Лесозаготовка и комплексное использование древесины*. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева. – 2020. – С. 197–201.

УДК 678.04

Ж. С. Шашок, проф., д-р техн. наук;
Е. П. Усс, доц., канд. техн. наук;
О. А. Кротова доц., канд. техн. наук;
А. В. Лешкевич, ст. преп., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);
А. Ю. Люштык, нач. лаб. – гл. химик;
С. Н. Каюшников, нач. инж.-техн. центра, канд. техн. наук,
(ОАО «Белшина», г. Бобруйск)

УПРУГО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ МАРКАМИ КРЕМНЕКИСЛОТНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

Проблема повышения сродства диоксида кремния к каучукам и снижения взаимодействия частиц наполнителя друг с другом решается путем модификации поверхности диоксида кремния бифункциональными кремнийорганическими соединениями (органосиланами). При этом наполнитель лучше диспергируется в среде каучука, вяз-

кость смесей уменьшается. Кроме того, молекулы бифункционального органосилана вступают в реакцию с компонентами вулканизирующей системы и макромолекулами каучука, что приводит к возникновению химических связей между поверхностью частиц кремнеземного наполнителя и матрицей каучука. Все это приводит к значительному улучшению механических свойств резин [1].

Целью работы являлось определение влияния марки кремнекислотного наполнителя (ККН) и дозировки каплинг-агента на упруго-прочностные свойства вулканизатов. В качестве объектов исследования использовались вулканизаты на основе растворного маслонеполненного бутадиен-стирольного каучука ДССК-2560М27. Высокодисперсные кремнекислотные наполнители марок Zeosil-1165MP и Zeosil Premium 200MP вводились в эластомерные композиции в дозировке 60,0; 65,0 и 70,0 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука. В композициях использовался каплинг-агент, представляющий собой смесь бифункционального серосодержащего органосилана (бис(3-триэтоксисилилпропил)тетрасульфид), наиболее известного под торговой маркой Si 69 (TESPT)), и технического углерода типа N330 в соотношении 1:1 по массе. В таблице приведены результаты определения упруго-прочностных свойств резин на основе ДССК-2560М27 с различным содержанием кремнекислотных наполнителей и каплинг-агента.

Таблица – Упруго-прочностные свойства резин на основе ДССК-2560М27 с различными дозировками кремнекислотных наполнителей и каплинг-агента

Марка кремнекислотного наполнителя	Дозировка наполнителя, мас. ч.	Дозировка каплинг-агента, мас. ч.	f_{300} , МПа	f_p , МПа	ϵ_p , %
Zeosil-1165MP	60	8,5	9,8	14,3	400
		10,5	9,8	14,6	420
		12,5	10,0	14,9	410
Zeosil Premium 200MP	60	10,7	8,8	13,7	430
		12,7	9,0	13,6	420
		14,7	9,0	13,3	420
Zeosil-1165MP	65	9,4	8,1	13,0	440
		11,4	9,1	12,6	400
		13,4	9,6	12,3	370
Zeosil Premium 200MP	65	11,8	10,6	16,4	410
		13,8	10,5	15,0	400
		15,8	12,5	15,7	390
Zeosil-1165MP	70	10,2	10,5	15,1	370
		12,2	11,5	15,0	340
		14,2	11,7	15,0	330
Zeosil Premium 200MP	70	12,8	10,7	15,8	410
		14,8	10,8	16,7	410
		16,8	12,4	14,8	360

Примечание. 1) f_{300} – условное напряжение при 300%-ом удлинении, МПа; 2) f_p – условная прочность при растяжении, МПа; 3) ϵ_p – относительное удлинение при разрыве, %.

Результаты определения упруго-прочностных свойств резин на основе ДССК-2560М27 с кремнекислотным наполнителем марки Zeosil-1165MP показали, что с повышением содержания наполнителя в составе эластомерных композиций показатель условного напряжения при заданном удлинении увеличивается на 19,4–48,1%, а показатель условной прочности при растяжении на 4,0–5,6%, при этом относительное удлинение при разрыве снижается на 17,5–30,4%. Увеличение содержания связующего агента в составе эластомерных композиций приводит к ухудшению эластических свойств резин на 6,7–17,4%.

Для композиций на основе ДССК-2560М27 с кремнекислотным наполнителем Zeosil Premium 200MP установлено, что с увеличением дозировки наполнителя условное напряжение при 300%-ном удлинении и условная прочность при растяжении повышаются на 35,9–37,1% и 8,0–16,5% соответственно, а относительное удлинение при разрыве уменьшается на 11,9–16,3%. Увеличение дозировки каплинг-агента в составе эластомерных композиций приводит к снижению эластических свойств вулканизатов, при этом показатель относительного удлинения при разрыве уменьшается на 5,1–15,2%. Установленный характер изменения упруго-прочностных свойств резин обусловлен несколькими факторами, а именно: физико-химическими характеристиками поверхности наполнителя (величинами удельной поверхности адсорбции азота, удельной поверхности адсорбции цетилтриметиламмоний бромида, количественным и качественным составом функциональных групп поверхности), взаимодействием поверхности кремнекислотного наполнителя с каплинг-агентом в процессе смешения (полнотой протекания реакции силанизации) и участием связующего агента в формировании пространственной сетки вулканизата в процессе вулканизации. Данные факторы приводят к получению резин, различающихся плотностью поперечного сшивания и природой поперечных связей, что и оказывает влияние на прочностные и эластические свойства вулканизатов, а также их изменение при воздействии различных агрессивных факторов [2–4].

Данная работа проводилась в рамках выполнения комплексного задания «Разработка научных основ получения и методов исследования эластомерных композиций различного назначения с улучшенным комплексом свойств» Государственной программы научных исследований «Материаловедение, новые материалы и технологии» подпрограмма «Многофункциональные и композиционные материалы».

ЛИТЕРАТУРА

1. Шилов И. Б., Седлова Н. Г., Мансурова И. А., Козулин Д. А. Влияние модификации кремнекислотного наполнителя продуктами взаимодействия метакриловой кислоты и триглицидилового эфира

триметилпропана на свойства резиновых смесей и вулканизаторов // Журнал прикладной химии. – 2017. – № 4. – С. 492–498.

2. Пичугин А. М. Материаловедческие аспекты создания шинных резин: науч. издание. – М.: Машиностроение, 2008. – 383 с.

3. White J., De S. K., Naskar K. Rubber technologist's handbook. – UK: Smithers Rapra Technology Limited, Shawbury, Shrewsbury, Shropshire, 2009. – 450 p.

4. Heinrich G., Klüppel M., Vilgis T.A. Reinforcement of elastomers // Current opinion in solid state and materials science. – 2002. – Vol. 6, № 3. – P. 195–203.

УДК 678.04

А. В. Лешкевич, ст. преп., канд. техн. наук;

Ж. С. Шашок, проф., д-р техн. наук;

Е. П. Усс, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);

О. В. Карманова, зав. кафедрой ТОСиПП, д-р техн. наук;

А. А. Голякевич, асп.

(ФГБОУ ВО «ВГУИТ», г. Воронеж, Российская Федерация)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НОВЫХ АКТИВАТОРОВ НА КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ВУЛКАНИЗАЦИИ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

В настоящее время комбинация оксида цинка (ZnO) и стеариновой кислоты является наиболее успешной системой активаторов вулканизации эластомерных композиций. Однако следует отметить, что сейчас возникает все больше беспокойств по влиянию оксида цинка на окружающую среду и организм человека. Это связано с тем, что в процессе производства, в течение использования резиновых изделий (в том числе шин), в процессе утилизации, например, через выщелачивание в участках закапывания мусора происходит выброс оксида цинка в окружающую среду. Еще не найдено вещество, которое способно полностью заменить собой оксид цинка, при этом не уступающее ему по функциональным свойствам [1]. Таким образом, разработка рецептур эластомерных композиций с использованием новых активаторов вулканизации, содержащих пониженную дозировку оксида цинка, является актуальной задачей.

Целью данной работы являлось исследование влияния нового комплексного активатора вулканизации на кинетические параметры процесса вулканизации эластомерных композиций. Новые комплексные активаторы были получены на базе лаборатории ФГБОУ ВО «Воронежского государственного университета инженерных технологий».