

## ОСОБЕННОСТИ ВУЛКАНИЗАЦИИ СКИ-3

В. Д. БОГОСЛОВСКИЙ, В. П. БАХТИНА

(Представлена научно-методическим семинаром органических кафедр)

Отечественный цис-полиизопреновый синтетический каучук СКИ-3—аналог натурального каучука (НК) не только по составу, но и по структуре макромолекул. В то же время СКИ-3 в отличие от НК не содержит высокомолекулярных фракций, не требует пластикации перед смешением и не содержит естественных противостарителей. Для стабилизации свойств при хранении и переработке СКИ-3 на заводе-изготовителе заправляется смесью 0,5 весовых частей неозона Д (фенил-β-нафтиламина) и 0,5 в. ч. ДФФД (дифенил-пара-фенилендиамин) на 100 в. ч. полимера. Пластичность его — 0,55 по Карреру. СКИ-3 нашел довольно широкое применение как заменитель НК, главным образом, в резинах для шинного производства [1].

Целью настоящей работы было исследование особенностей вулканизации СКИ-3 для подработки ускорительно-вулканизирующей группы резиновых смесей резино-технических изделий на его основе.

За основу была взята стандартная резиновая смесь на СКИ-3. Опытные резиновые смеси отличались от стандартной только дозировкой ускорителей и серы и температурой вулканизации  $143 \pm 1^\circ$ , принятой для резин РТИ. Стандартная смесь на СКИ-3 вулканизовалась при рекомендованной для нее температуре  $133 \pm 1^\circ\text{C}$ . Для сравнения свойств резин на натуральном каучуке и СКИ-3 приготавливались и вулканизовались смеси на НК — стандартные и опытные. Вулканизация проводилась в прессе.

Состав ускорительно-вулканизирующих групп стандартных и опытных резин на НК и СКИ-3 приведен в табл. 1. Некоторые физико-механические показатели вулканизатов приведены в табл. 3.

Три из лучших ускорительно-вулканизирующих групп опытных резин, обеспечивающих высокие физико-механические показатели вулканизатов, были использованы в рецептах производственных резин с заменой натурального каучука на СКИ-3.

Производственные резины должны были удовлетворять следующим требованиям:

	3311 (В-16)	2959 (В-20)	1847 (В-24)
Прочность на разрыв, кг/см <sup>2</sup>	150	160	160
н/м			
Относительное удлинение, %	700	500	600
н/м			
Остаточное удлинение, %	25	32	32
н/б			

Твердость по Шору	30—45	35—50	35—50
Время вулканизации при 143°C,	10	20	20
мин.			

Две последние резины — саженаполненные.

Результаты физико-механических испытаний вулканизатов (производственных резин РТИ на основе НК и СКИ-3 (с измененными дозировками ускорителя и серы) приведены в табл. 4.

Состав ускорительно-вулканизирующих групп резин для РТИ приведен в табл. 2.

Физико-механические испытания вулканизатов опытных резин на СКИ-3 показывают, что лучшие результаты дают смеси, приготовленные с ускорителями вулканизации: комбинацией дифенилгуанидина (ДФГ) и бензотиазолдисульфида (альтакса), сульфенамидом БТ (бензотиазолсульфендиэтиламидом), вулкаформ НБС (бензотиазолсульфенциклогексиламидом), комбинацией сульфенамида БТ и альтакса. Вулканизаты характеризуются стабильными значениями относительного удлинения и твердости, высокой упругостью и стойкостью при тепловом старении. Присутствие ускорителей: комбинации ДФГ с альтаксом, тиурама (тетраметилтиурамдисульфида) в отсутствие свободной серы, комбинации тиурама с альтаксом, комбинации альтакса с сульфенамидами — придает резиновым смесям на СКИ-3 способность противостоять тепловому старению.

Саженаполненные резины, приготовленные по производственным рецептам, но на основе СКИ-3 с корректировкой ускорительно-вулканизирующей части рецепта, удовлетворяют техническим условиям, а по прочностным показателям превосходят резины на НК. Смеси на СКИ-3, приготовленные по несодержащему сажу рецепту резины 3311, требуют дополнительного уточнения ускорительно-вулканизирующей группы с учетом присутствия в резине второго противостарителя-флексона. У резины 3311 на СКИ-3 при других временах вулканизации показатели хуже по сравнению со смесью на НК.

Результаты вулканизации в производственных условиях деталей РТИ из резины 1847 (опытный рецепт В-26) позволяют рекомендовать более широкую замену натурального каучука СКИ-3. При этом необходима корректировка ускорительно-вулканизирующей группы рецепта с учетом влияния на вулканизацию и других компонентов резиновой смеси, как-то: противостарителей и наполнителей.

Из сравнения физико-механических показателей резин на НК и на СКИ-3 следует, что СКИ-3 вулканизуется медленнее натурального каучука. Сказывается отсутствие естественных ускорителей вулканизации — смол каучука.

При вулканизации каучук СКИ-3 более чувствителен к соотношению между ускорителем и серой. Лучшие физико-механические показатели вулканизатов резин на СКИ-3 наблюдаются при повышенном содержании ускорителя вулканизации и относительно низком (по сравнению с резинами на НК) содержании серы. Значительные отклонения в содержании серы от оптимального ведут к снижению физико-механических показателей резин.

В отличие от НК в резиновых смесях на СКИ-3 применение тиурама в качестве вулканизирующего агента менее эффективно. Как вулканизирующий агент тиурам повышает теплостойкость вулканизатов, остальные же физико-механические показатели уступают таковым у смесей с оптимальной дозировкой серы и комбинацией ускорителей.

Смеси на СКИ-3 лучше вулканизируются комбинациями ускорителей или ускорителями комбинированного действия типа сульфенамидов. Из испытанных активны комбинации альтакса с ДФГ, альтакса с тиурамом и альтакса с сульфенамидом.

Таблица 1

**Состав ускорительно-вулканизующих групп опытных резин на СКИ-3 и НК**  
**В весовых частях на 100 в. ч. каучука**

Шифр смеси Ингредиенты	В-1*	В-2	В-3	В-4**	В-5	В-6	В-7	В-8	В-9	В-10	В-11	В-12	В-13	В-14	В-15
НК	—	—	100	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
СКИ-3	100	100	—	—	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Сера	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	0,6	1,0	1,0	1,0	—	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0
ДФГ	3,0	—	3,0	—	—	2,0	—	—	2,5	—	—	—	—	—	—
Альтакс	0,6	3,0	0,6	—	—	0,4	—	2,0	0,5	—	—	—	2,5	—	2,0
Тиурам	—	—	—	—	—	—	1,0	0,4	—	4,0	1,0	—	0,3	—	—
Каптакс	—	—	—	0,7	0,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сульфенамид БТ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,0	—	—	2,0
Вулкафор НБС	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,5	—

\* — стандартная смесь на СКИ-3, \*\* — стандартная смесь на НК

Таблица 2

**Состав ускорительно-вулканизующих групп опытных резин для РТИ на НК и СКИ-3**  
**В весовых частях на 100 в. ч. каучука**

Шифр смеси Ингредиенты	В-16	В-17	В-18	В-19	В-20	В-21	В-22	В-23	В-24	В-25	В-26	В-27
НК	100	—	—	—	100	—	—	—	100	—	—	—
СКИ-3	—	100	100	100	—	100	100	100	—	100	100	100
Сера	—	1,0	1,0	—	3,0	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0
ДФГ	3,0	—	2,5	—	—	—	2,5	—	—	—	1,0	—
Альтакс	—	—	0,5	—	—	—	0,5	—	—	—	2,5	—
Тиурам	—	—	—	4,0	—	—	—	—	—	—	0,5	—
Каптакс	2,3	—	—	—	—	—	—	—	1,0	—	—	1,0
Сульфенамид БТ	—	—	—	—	0,8	3,0	—	0,6	—	—	—	—
	—	3,0	—	—	—	—	—	—	—	3,0	—	—

Таблица 3

Физико-механические показатели вулканизатов опытных смесей  
Время вулканизации 30 минут

Показатели	В-1	В-2	В-3	В-4	В-5	В-6	В-7	В-8	В-9	В-10	В-11	В-12	В-13	В-14	В-15
Модуль при 600% удлинения, $\text{кг/см}^2$	58	53	96	56	16	50	46	123	46	60	28	127	87	118	136
Прочность на разрыв, $\text{кг/см}^2$	260	248	262	241	100	230	171	202	203	179	170	264	210	267	267
Относительное удлинение, %	830	780	800	780	900	780	780	640	780	740	850	720	700	700	740
Остаточное удлинение, %	6	8	12	14	12	8	4	2	6	4	4	4	4	4	6
Твердость по Шору	35	32	36	32	25	32	34	35	34	34	30	38	34	34	36
Эластичность по Шобу	62	60	62	60	52	62	60	62	60	58	54	62	60	62	60
Коэффициент старения 96 часов при 70°C по прочности	1,05	0,85	1,16	1,12	1,30	0,98	1,03	1,12	1,05	1,18	1,09	0,94	0,84	0,95	1,24
по относительному удлинению	0,97	0,92	1,04	0,98	0,88	0,95	0,96	0,95	0,94	1,02	0,98	0,96	1,05	0,88	1,15

Таблица 4

Физико-механические показатели вулканизатов резин РТИ на НК  
и опытных смесей на СКИ-3.  
Время вулканизации 30 минут

Показатели	Шифр смеси	В-16	В-17	В-18	В-19	В-20	В-21	В-22	В-23	В-24	В-25	В-26	В-27
Модуль при 600% удлинения, кг/см <sup>2</sup>		112	63	35	31	125*	128*	86*	105*	128*	117*	64*	67*
Прочность на разрыв, кг/см <sup>2</sup>		224	219	146	169	176	210	215	176	192	264	224	169
Относительное удлинение, %		740	720	800	840	530	580	650	550	760	680	770	680
Остаточное удлинение, %		12	10	4	4	16	16	20	12	16	6	16	6
Твердость по Шору		36	36	32	32	38	38	36	40	42	42	38	42
Эластичность по Шобу		58	56	54	54	56	58	54	56	44	54	52	56
Коэффициент старения 96 часов при 70° С													
По прочности	0,94	0,95	0,88	0,94	0,96	0,96	0,98	0,96	0,92	0,90	0,92	0,94	0,98
По относительному удлинению	0,88	0,80	0,90	0,90	0,94	0,94	0,93	0,94	0,90	0,86	0,87	0,90	0,94

\* — модуль при 500% удлинения, кг/см<sup>2</sup>.

Активность ускорителя вулканизации зависит от строения его молекулы [2]. Наличие в молекуле ускорителя бензотиазолсульфидного радикала делает его активным по отношению к СКИ-3. Присутствие аминных, иминных и дитиокарбаминовых групп в ингредиентах, составляющих резиновую смесь, активирует основной ускоритель.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Д. Захаров. Новые типы каучуков и области их практического использования. Ярославль, ЦБТИ, 1962.
  2. Г. А. Блох. Органические ускорители вулканизации каучуков. М.-Л., «Химия», 1964.
-