

ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Том (A) XXI

1979

№ 11

УДК 541.64:678.7

НОВОЕ В СОЗДАНИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭЛАСТОМЕРОВ

*Евстратов В.Ф., Лыкин А.С., Шварц А.Г.,
Кавун С.М.*

В статье рассмотрены основные этапы создания современных конструкционных материалов на основе эластомеров и актуальные направления в области совершенствования свойств резин. Проанализирована роль научно-исследовательских работ в решении задач создания современных эластомерных композитов в следующих основных направлениях: 1) исследование зависимости свойств резиновых смесей и резин от структуры каучуков (особенности структуры и свойств резин на основе комбинаций эластомеров); 2) исследование влияния состава и строения вулканизационных сеток на физико-химические и механические свойства резин и их стабильность в эксплуатационных условиях; 3) изучение структуры и свойств эластомеров в наполненных резинах (рассмотрение свойств наполненных эластомеров как микрогетерогенной системы, состоящей из наполнителя, связанного и свободного каучука); 4) разработка основ создания армированных резинотекстильных и резинометаллических материалов; 5) исследование структуры и свойств резин, содержащих малые количества химически активных веществ, изменяющих характер взаимодействия в зоне контакта эластомер — наполнитель, эластомер — субстрат и влияющих на структуру граничных слоев полимеров (химическая модификация резин).

Резина и изделия на основе эластомеров — это старейший среди высокомолекулярных соединений тип композиционных материалов. Шинная и резиновая промышленность — наиболее старые и непрерывно развивающиеся отрасли технической полимерной химии. Мировое потребление натурального и синтетических каучуков превысило в 1977 г. 12 млн. тонн, а если учесть, что в современных наиболее массовых резиновых изделиях содержание каучука составляет 30—50%, то мировое потребление резины как конструкционного материала на основе эластомеров достигает около 30 млн. тонн. Таким образом, резина — наиболее многотонажный полимерный конструкционный материал.

Роль резиновых изделий непрерывно возрастает, что обуславливает высокие темпы развития производства эластомеров и их переработки. Мировой объем производства эластомеров удваивается каждые десять лет. В соответствии с прогнозами развития промышленности до 1990—2000 гг. тенденция быстрого роста производства эластомеров сохранится [1].

Анализируя развитие потребления эластомеров, следует отметить, что расширение применения изделий из эластомеров связано прежде всего с совершенствованием резины как конструкционного материала.

Еще много лет назад, когда Чарлз Гудир к натуральному каучуку добавил серу и обнаружил, что при нагревании этой смеси образуется прочный, способный к большим обратимым деформациям материал (т. е. открыл процесс спшивания молекул каучука в единую пространственную сетку, получивший впоследствии название вулканизация), было положено начало новому материалу или композиту, названному резиной.

Бурное развитие промышленности по производству резиновых изделий, химии и технологии переработки эластомеров было обусловлено фундаментальными исследованиями в области химии, физики и механики резины как анизотропного композиционного материала. Эти исследования приводили ко все большему усложнению

состава резины, к проявлению ею новых свойств и расширению областей применения.

Из важнейших этапов в истории развития резины как композиционного материала следует отметить прежде всего применение в начале XX столетия технического углерода как активного наполнителя. Его использование дало возможность повысить жесткость, сопротивление истианию и разрыву, теплостойкость резины как наполненного композита. Применение технического углерода, как известно, сыграло особую роль в освоении синтетического каучука.

Созданная в СССР в годы первой пятилетки (1930–1935 гг.) промышленность СК (сначала натрийбутадиенового, а затем дивинил-стирольного) обеспечила возможность создания изделий на основе этих эластомеров за счет существенного улучшения всего комплекса механических свойств при смешении с техническим углеродом (таблица).

Влияние введения технического углерода на механические свойства резин

Показатели	Резина на основе каучука			
	На-бутадиенового		бутадиен-стирольного	
	ненаполненная	с 50 вес. ч ДГ-100	ненаполненная	с 50 вес. ч ДГ-100
Напряжение при 100%-ном удлинении, kG/cm^2	2–4	20–40	7–9	30–50
Сопротивление разрыву, kG/cm^2	10–30	125–160	20–25	270–300
Сопротивление раздиру, kG/cm	5–10	45–50	7–12	50–65
Истирание, $\text{cm}^3/\text{кг}\cdot\text{час}$	250–300	120–150	200–260	80–130

Дальнейшее интенсивное развитие химии и технологии резины как композиционного материала связано с исследованиями и промышленным освоением большого числа активных химических соединений, которые ускоряют процесс вулканизации, предупреждают деструкцию молекулярных цепей каучука в процессе переработки, препятствуют окислительной и озонной деструкции и существенно улучшают ряд других свойств резин.

Современные резиновые смеси содержат до 15–20 различных ингредиентов (структурные вещества, ускорители, наполнители, диспергаторы, стабилизаторы и др.).

Как сами резины, так и изделия на их основе являются в ряде случаев сложными композитами, в которых кроме самой резины имеются волокна (текстильные, металлические, стеклянные). Значительная часть изделий из резины изготавливается как комбинированные (резинометаллические). В итоге на современную резиновую промышленность работают крупнейшие отрасли – такие как производство технического углерода, искусственного и синтетического волокон, сталепрокатная (металлокорд) и ряд химических и нефтехимических производств. Это еще раз показывает, что производство резины и изделий на ее основе – наиболее типичное и старейшее производство полимерных композиционных материалов.

Решению задач в области создания современных эластомерных композитов способствовало развитие научно-исследовательских работ в следующих основных направлениях.

1. Исследование зависимости свойств резиновых смесей и резин от структуры каучуков. Особенности структуры и свойств резин на основе комбинаций эластомеров.

2. Исследование влияния состава и строения вулканизационных сеток на физико-химические и механические свойства резин и их стабильность в эксплуатационных условиях.

3. Изучение структуры и свойств эластомеров в наполненных резинах. Рассмотрение свойств наполненных эластомеров как микрогетерогенной системы, состоящей из наполнителя, связанного каучука и свободного каучука.

4. Разработка основ создания армированных резинотехнических и резинометаллических материалов.

5. Исследование структуры и свойств резин, содержащих малые количества химически активных веществ, увеличивающих взаимодействие в зоне контакта эластомер – наполнитель, эластомер – субстрат и влияющих на структуру граничных слоев полимеров (химическая модификация резин).

Исследования и разработки способов синтеза стереорегулярных каучуков, выполненные в конце 50-х и начале 60-х годов Натта, Циглером, Коротковым, Долгоплоском и др., явились одним из важнейших этапов создания качественно новой сырьевой базы для разработки и производства резин с комплексом ценных технических свойств, что позволило практически уже к 1970 г. решить задачу замены натурального каучука на синтетические в производстве наиболее массовых и крупнотоннажных резиновых изделий.

Расширение ассортимента синтетических каучуков открыло возможность развития одного из плодотворных направлений работ по созданию композиционных резин на основе смесей двух и более эластомеров, что дало возможность получать резины со свойствами, присущими не только каждому из входящих в состав их рецептуры эластомеру, но и получить более чем аддитивный выигрыш в ряде механических свойств. Классическим примером является зависимость усталостных свойств резин на основе *цис*-полиизопрена и *цис*-полибутиадиена от их соотношений (рис. 1) [2]. Работами Кулезнева, Воюцкого, Захарова и др. показано, что неаддитивный характер усталостных свойств резин из комбинаций каучуков определяется их микрогетерогенностью и образованием в граничных слоях эластомеров переходного слоя с пониженным межмолекулярным взаимодействием [3–5]. Эффект улучшения усталостных свойств резин на основе

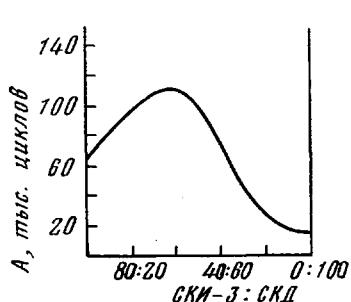


Рис. 1

Рис. 1. Влияние весового соотношения СКИ-3 : СКД в резинах на их выносливость (A) при многократном изгибе резин

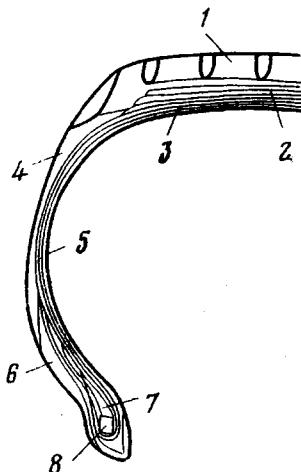


Рис. 2

Рис. 2. Распределение эластомеров по деталям легковой радиальной бескамерной покрышки:

1 — протектор (БСК), 2 — брекер (СКИ), 3 — каркас (СКИ), 4 — боковина (СКИ+СКД), 5 — гермослой (СКИ+ХБК), 6 — бортовая лента (СКИ+БСК), 7 — наполнительный шнур (СКИ+БСК), 8 — обрезинка бортовой проволоки (СКИ)

комбинации каучуков нашел практическую реализацию при изготовлении резин различного назначения. Так, например, в таком сложном и массовом изделии, как автомобильная шина, почти каждая деталь, и в первую очередь протектор, содержит комбинацию двух, а в ряде случаев трех каучуков (рис. 2) [6].

Смеси эластомеров различного химического состава и строения с существенно различными значениями плотностей энергии когезии широко применяют в производстве тепло-, мороз- и маслобензостойких резин с повышенной озоностойкостью и стойкостью к агрессивным средам.

Систематические исследования зависимости свойств резин от состава и строения вулканизационных сеток развиты научной школой под руководством Догадкина [7, 8] и ряда зарубежных ученых [9]. Эти исследования позволили установить зависимость прочностных, эластических свойств и стабильности резин от типа и энергии поперечных связей, степени деструкции молекулярных цепей, их модификации продуктами превращения компонентов вулканизующей группы, функциональности образующих сеть узлов. Одним из практически важных результатов работы в этом на-

правлении явилось формулирование представлений о причинах реверсии вулканизации и о благоприятном влиянии на уровень механических свойств резин сочетания различных по энергии диссоциации межмолекулярных и валентных поперечных связей вулканической сетки. Эти представления служат научной основой в создании и совершенствовании свойств технически ценных резин.

Указанные работы позволили также сформулировать принципиальные требования к структуре «идеальной» вулканической сетки, образованной из цепей равной длины, с минимальной функциональностью узлов, не имеющей разрывов молекулярных цепей, с высокой стереорегулярностью.

Дальнейшее развитие исследований в этом направлении привело к формированию представлений о структуре резин, полученных различными способами вулканизации, как топологически неоднородной по распределению поперечных связей системы. Согласно этим представлениям, в результате химических процессов, протекающих при вулканизации микрогетерогенно нестатистически распределенных по объему, структура вулканизаторов представляется неоднородной коллоидной системой, включающей ассоциаты функциональных групп и микроучастки с повышенной плотностью поперечных связей [10, 11]. Размеры, распределение и концентрация ассоциатов влияют на механические и физико-химические свойства вулканизаторов.

В области исследования структуры и свойств граничных слоев эластомеров в наполненных резинах в последние годы получены интересные результаты как в изучении механизма усиления и истирания резин, так и в создании новых типов активных наполнителей.

Исследования свойств резин, содержащих технический углерод (сажу), проведенные Александровым, Лазуркиным, Догадкиным, Липатовым, Бартеневым, Маллинзом, Краусом, Данненбергом и другими учеными, показывают, что усиливающие свойства техуглерода зависят от геометрических и физико-химических характеристик поверхности, наиболее важной из которых является размер частиц, их конфигурация (структурность), энергетическая активность поверхности (удельная теплота адсорбции), распределение частиц техуглерода по размерам (ширина кривой распределения). При одном и том же типе технологического процесса получения техуглерода удельная теплота адсорбции и коэффициент вариации кривой распределения частиц по размерам меняются незначительно, и усиливающие свойства наполнителя определяются удельной геометрической поверхностью и структурностью.

Сложной природе технического углерода соответствует разнообразный характер его взаимодействия с эластомерной матрицей. При введении техуглерода в каучук образуется система углеродных цепочек, на поверхности которых появляются структуры адсорбированного, окклюдированного и химически связанного полимера, отличающегося по свойствам от полимера, находящегося на некотором удалении от поверхности наполнителя. Для связанного каучука характерны в большей степени ориентация и меньшая подвижность сегментов, увеличение концентрации вулканизационных связей. Поэтому указанные области эластомерной матрицы можно рассматривать как две самостоятельные фазы. Между ними нет четкой границы раздела, а существует переходная область с постепенным изменением структуры и свойств. Таким образом, явление усиления следует рассматривать как результат изменения структуры полимера под действием силового поля поверхности разветвленных параграфитовых структур.

В настоящее время установлено, что эффекты усиления определяются не только изменениями структуры полимера в переходной области, возникшими при изготовлении наполненных резиновых смесей, но и процессами, протекающими на границах раздела фаз полимер — наполнитель при вулканизации. На сильно развитой поверхности технического углерода адсор-

бируются компоненты вулканизующей системы, что способствует увеличению концентрации реагирующих веществ у поверхности наполнителя в сравнении со средней по объему. Связанная сера в граничном слое находится в виде дисульфидных связей и внутримолекулярных группировок.

Технический углерод обладает свойствами катализаторов гетерогенного типа и оказывает существенное влияние на все химические реакции, которые идут в эластомерной матрице при переработке смеси, вулканизации и эксплуатации резин. Сфера каталитического действия техуглерода ограничена слоем в несколько ангстрем. Большой интерес в этой связи представляют полученные недавно данные [12] о том, что в серных и перекисных вулканизатах концентрация вулканизационных связей вблизи поверхности частиц наполнителя существенно выше, чем в эластомерной матрице, где концентрация связей ниже, чем в ненаполненных вулканизатах того же состава.

Основные механические свойства наполненных резин являются таким образом, функцией структурных параметров вулканизационной сетки эластомерной матрицы и параметра, являющегося мерой взаимодействия полимер — наполнитель в вулканизате.

Бартеневым и сотр. [13] с помощью различных методов релаксационной спектрометрии показано, что введение в резины технического углерода приводит к появлению новых релаксационных переходов, отсутствующих в ненаполненных резинах. Так, в области α -перехода, характеризующего стеклование полимера, появляется α' -переход, связываемый с образованием фазы каучука, адсорбированного на поверхности частиц наполнителя, и φ -переход, соответствующий подвижности частиц наполнителя. Обнаруженные новые релаксационные переходы вносят определенный вклад в вязкоупругие и прочностные свойства резин и позволяют прогнозировать их механические свойства в различных температурно-временных условиях.

Научные представления о роли хемосорбционно связанного полимера, а также наличия спектра связей на границе фаз в повышении показателей упруго-прочностных свойств наполненных резин были особенно эффективно использованы в семидесятые годы фирмами «Дегусса» (ФРГ), «Юнион Карбайд» (США), «Брэнсэнд Рассел» (США), организовавших производство аморфных кремнекислот активированных органосилианами [14]. Увеличение содержания связанного эластомера в смесях, содержащих минеральные наполнители, существенно расширило области их применения и позволило в ряде изделий заменить более дорогой активный технический углерод.

В области исследования свойств резин, наполненных короткими текстильными и металлическими волокнами, достигнут прогресс, который позволяет рассчитывать на широкое промышленное применение указанных материалов. Сама идея наполнения резин короткими волокнами не нова. Довольно широко такие системы применяют много лет при создании кожеподобных резин с высокой газо- и водопроницаемостью. Однако длительное время эти системы широкого распространения не получали в связи с тем, что при многократных деформациях быстро нарушалась связь эластомер — волокно и механические свойства системы резко ухудшались. Развитие работ по химической модификации резин адгезионно-активными соединениями на основе двухатомных фенолов и малеимидов позволило существенно повысить прочность связи с различными химическими волокнами и металлами. Введение в эластомерную матрицу адгезионно-активных соединений резко повышает модуль упругости и механическую прочность композиций, содержащей в качестве наполнителя короткие волокна (рис. 3) [15]. Наиболее важными факторами, определяющими свойства вулканизатов, кроме содержания адгезионной системы, является размер, форма и отношение длины к диаметру волокна, сохранение этих размеров

в процессе смешения и переработки, содержание волокна и степень его диспергирования в эластомерной матрице.

Следует отметить, что армированные волокна существенно понижают набухание резин в различных средах. Резины, армированные измельченной латунированной проволокой (длина 75 мкм, диаметр 0,075–0,05 мкм), применяют ряд американских и английских фирм в подканавочном слое и боковинах покрышек для землеройных машин. Таким способом достигается увеличение сопротивления проколу, порезам и в результате общее повышение износостойкости и долговечности шин. Содержание проволоки в резине составляет 10–40%. Такой же способ упрочнения боковин применяется в шинах для машин, работающих на лесоразработках. Некоторые фирмы для тех же целей используют рубленное стекловолокно, вводя его в смесь в количестве 2–3%.

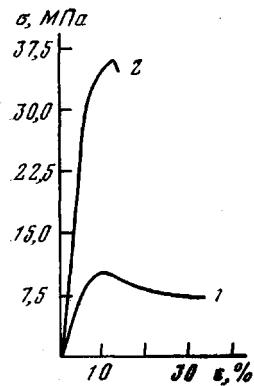
В области исследования структуры и свойств резин, содержащих малые добавки химически активных веществ, существенный прогресс был достигнут в результате работ многих исследователей, в первую очередь Смелого, Берлина, Кузьминского, Туторского, Вольфа, Харриса и др. [16–25], установивших наличие ряда классов химически активных соединений полифункционального действия. Эти соединения влияют на различные процессы, происходящие в наполненной эластомерной матрице, и определяют структуру и свойства конечного вулканизата. Эта группа химических соединений получила название модификаторов.

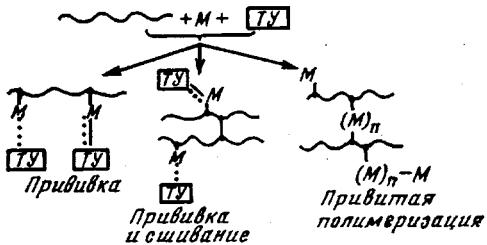
К химическим модификаторам резиновых смесей относятся специфически реакционноспособные соединения, взаимодействие которых с эластомерами приводит к введению в макромолекулы последних небольших количеств (0,1–0,3 мол. %) функциональных групп, способных к образованию валентных, межмолекулярных и адсорбционных связей между макромолекулами и с наполнителем. В многослойных системах модификаторы образуют также межфазные связи в зонах контакта эластомера с субстратом. К химическим модификаторам можно отнести ряд полимеризационноспособных мономеров и олигомеров, взаимодействие которых с эластомером приводит к образованию привитой к молекулам дисперсной гетерофазы гомополимеризованного модификатора, играющей роль активного наполнителя. В последнем случае содержание модификатора в резиновой смеси может достигать 10–20%. Таким образом, отличие химической модификации резиновой смеси от модификации других полимерных систем прежде всего состоит в одновременном изменении взаимодействия полимер — наполнитель, полимер — субстрат, полимер — полимер. Эффективные модификаторы, — как правило, адгезионно-активные соединения, содержащие функциональные группы; они имеют более высокие значения плотностей энергии когезии и соответственно мало растворимы в эластомерной матрице. Поэтому концентрация модификаторов в граничных (поверхностных) слоях каучуков больше, чем внутри эластомерной матрицы, что способствует участию модификаторов в процессах, проходящих в зонах контакта эластомер — наполнитель, эластомер — субстрат.

Рис. 3. Кривые растяжения резин на основе НК, содержащих короткие цеплюзозные волокна: 1 — контрольные; 2 — в смесь введена адгезионная система

Химическая модификация резиновых смесей может осуществляться по следующим направлениям.

1. Введение в резиновую смесь монофункциональных соединений, не-посредственно взаимодействующих с макромолекулами эластомера путем присоединения и образующих связь макромолекул с частицами наполнителя по схеме

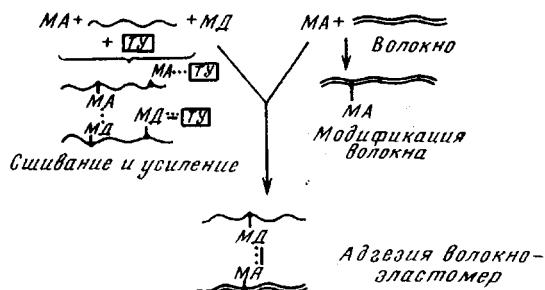




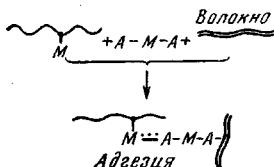
где M — химический модификатор; VY — частица технического углерода

Контакты полимер — наполнитель могут быть прочными (химическая связь) и слабыми (специфическое адсорбционное взаимодействие).

2. Введение в резиновую смесь двух и более монофункциональных соединений, имеющих взаимное средство (например, вещества электронодонорного и акцепторного характера) и способных порозы реагировать как с эластомером, так и с гетерофазой, которой может служить наполнитель или волокно. Ниже представлена схема модификации при введении двух монофункциональных соединений.



3. Применение монофункциональных соединений первого типа, би- и полифункциональных соединений, способных реагировать с гетерофазой и продуктами присоединения первых к эластомеру. Модификацию резиновой смеси при введении одновременно моно- и бифункциональных соединений можно представить следующим образом:



Химические модификаторы резиновых смесей, как правило, вводят на стадии их изготовления, при этом не требуется существенных изменений технологического режима и оборудования. В зависимости от структуры модификатора, температуры и других условий проведения процесса химическая модификация может вести к существенному изменению свойств резиновой смеси, вулканизата, либо многослойной резинотканевой системы.

Вследствие влияния модификаторов на комплекс химических процессов, происходящих при переработке резиновой смеси, меняются почти все технологические и технические свойства: повышаются упругоэластические и когезионные свойства невулканизированной смеси; увеличиваются модули упругости, твердость и износостойкость вулканизатов; растут прочностные характеристики и стойкость к различным механическим воздействиям; повышается термомеханическая устойчивость вулканизатов и стойкость к

тепловым воздействиям; понижаются гистерезисные потери в режимах заданных нагрузок и энергии деформирования; увеличивается прочность связи в системе резина — волокно и резина — металл.

В зависимости от того, на какие процессы влияет преимущественно тот или иной класс модификаторов, в большей или меньшей степени меняются свойства конечного продукта.

В связи с тем, что при одновременном введении в смесь модификаторов разных классов можно направленно влиять на все технические характеристики, наибольший практический интерес представляют двух- и трехкомпонентные модифицирующие системы [24, 25].

В СССР разработаны и широко внедрены в шинной, резинотехнической, обувной и других отраслях промышленности модификаторы на основе двухатомных фенолов: РУ, РУ-ВМ, АРУ, смолы СФ-281, алрафор. Применяются также системы модификаторов — *n*-нитрозодифениламин, модификатор РУ и смола алрафор.

В резинотехнической промышленности СССР для повышения работоспособности клиновых ремней, амортизаторов и ряда изделий формовой техники применяют олигоэфиракрилаты.

В советской промышленности СК на основе модификации синтетического *цис*-1,4-полиизопрена созданы полимеры, близкие по комплексу свойств к натуральному каучуку (СКИ-3-01).

В современных отраслях промышленности, связанных с переработкой эластомеров, можно выделить четыре основных практических задачи, работа над которыми будет продолжаться в перспективе: повышение износостойкости и стойкости к механическим воздействиям; понижение гистерезисных потерь; повышение стойкости к тепловым воздействиям и действию агрессивных сред; повышение прочности связи в многослойных изделиях.

Приведенные выше материалы показывают, что наиболее эффективное решение указанных задач осуществляется на основе фундаментальных исследований в области резины как композиционного материала. При этом есть все основания утверждать, что в ближайшие 10–15 лет наибольший эффект в промышленности будет получен не за счет синтеза новых эластомеров широкого назначения и новых вулканизующих или стабилизирующих систем, а на основе создания и освоения методов химической модификации.

Химическая модификация может осуществляться как в процессе получения эластомеров и наполнителей, так и непосредственно на заводах перерабатывающих отраслей. Последнее более эффективно, так как позволяет применять двух- и трехкомпонентные синергетические модифицирующие системы полифункционального действия.

Подводя итог рассмотрению новых направлений в создании композиционных материалов на основе эластомеров, можно видеть, что решение этой проблемы требует дальнейшего развития фундаментальных исследований в области физикохимии гетерогенных полимерных систем и химии высокомолекулярных соединений.

Научно-исследовательский институт
шинной промышленности

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Ф. Евстратов, Каучук и резина, 1976, № 3, 7; ЖВХО им. Д. И. Менделеева, 1974, № 6, 685.
2. Ф. Е. Куперман, В кн. Исследования в области строения и свойств каучуков и резин, НИИШП, 1977, стр. 130.
3. В. Н. Кулезнев, В сб. Многокомпонентные полимерные системы, «Химия», 1974, стр. 10.
4. Н. Д. Захаров, Ю. Н. Леднев, Ю. Н. Нейнкирхен, В. Н. Кулезнев, Каучук и резина, 1976, № 8, 15.

5. А. Н. Каменский, Н. М. Фодиман, С. С. Вуюцкий, Докл. АН СССР, 159, 1364, 1964.
6. Г. И. Бродский, В. Ф. Евстратов, Н. Л. Сахновский, Л. Д. Слюдиков, Истирание резин, «Химия», 1975, стр. 238.
7. А. С. Лыкин, В сб. Пневматические шины под ред. П. Ф. Баденкова, В. Ф. Евстратова, П. И. Захарченко, «Химия», 1969, стр. 214.
8. З. Н. Тарасова, Б. А. Догадкин, там же, стр. 243.
9. L. Bateman, The Chemistry and Physics of Rubber-Like Substances, ed. by L. MacLaren, N. Y., 1963, p. 249.
10. А. А. Донцов, Процессы структурирования эластомеров, «Химия», 1978.
11. В. Н. Кулезнеев, В. А. Шершнег, Каучук и резина, 1977, № 11, 56.
12. Э. А. Анфимова, А. С. Лыкин, Каучук и резина, 1973, № 7, 7. Э. А. Анфимова, С. Б. Петрова, А. С. Лыкин, Каучук и резина, 1977, № 5, 15.
13. Г. М. Бартенев, Ю. В. Зеленев, Курс физики полимеров, «Химия», 1976, стр. 288.
14. S. Wolf, Kautschuk und Gummi, 19, 46, 1975; Kunststoffe, 29, 766, 1976; La Industria della Gomma, 21, 48, 1977.
15. Г. К. Деррингер, В сб. Многокомпонентные полимерные системы, «Химия», 1974, стр. 289.
16. Z. Mzoureck, Z. Smely, Kautschuk und plaste, 10, 333, 1963; 11, 410, 1964; 12, 674, 1965.
17. А. С. Кузьминский, А. А. Берлин, С. И. Аркина, В кн. Успехи физики и химии полимеров, «Химия», 1973, стр. 239.
18. А. С. Кузьминский, С. М. Кавун, В. П. Кирпичев, Физико-химические основы получения, переработки и применения эластомеров, «Химия», 1976.
19. И. А. Тугорский, Е. Э. Погодов, А. Г. Шварц, Модификация резин соединениями двухатомных фенолов, ЦНИИТЭНЕФТЕХИМ, 1976, стр. 82.
20. Дж. Харрис, Р. Уайз, В сб. Усиление эластомеров, «Химия», 1968, стр. 211.
21. P. Hamed, D. A. Walker, Rubber World, 1971, № 4, 164.
22. И. К. Алексеева, С. М. Кавун, Каучук и резина, 1977, № 3, 26.
23. С. М. Кавун, Т. В. Федорова, Г. И. Акиньшина, З. Н. Тарасова, И. В. Ходжаева, Высокомолек. соед., A15, 2378, 1973.
24. Т. М. Свирина, А. Г. Шварц, Д. П. Емельяненко, В сб. Химическая технология, серия каучук и резина, Изд-во Ярославского химико-технологического ин-та, 1976, стр. 34.
25. А. А. Делекторский, А. Г. Шварц, И. Т. Гридуноев, А. А. Вуколов, Каучук и резина, 1978, № 3, 22.

NEW DATA ON IMPROVING THE PROPERTIES OF ELASTOMERS AS MULTICOMPONENT MATERIALS

Eustratov V. F., Likin A. S., Shwartz A. G., Kavun S. M.

Summary

The main stages of the creation of modern constructive materials based on elastomers as well as the actual directions in the field of the improving of rubber properties are considered in this paper. It was analysed that in the solution of the problems of creation of modern elastomer compounds the main role is played by the following researches: 1) the investigations showing how the properties of rubber compounds depend upon the rubber structure (the features of structure and properties rubber mixtures based on the combination of elastomers); 2) the investigations displaying the effect of composition and structure of vulcanizate networks upon the physicochemical and mechanical properties of rubber compounds and their stability under exploitation conditions; 3) the study of elastomers structure and properties in the filled rubbers (the consideration of properties of filled elastomers as a microheterogeneous system consisting of a filler, a bounded and a free rubber); 4) the elaboration of the creation basises of the armed rubber-textile and rubber-metal materials; 5) the investigation of the structure and properties of the rubbers containing the small quantities of chemical active additives changing the nature of interaction in the contact zone of the elastomer — filler, elastomer — substrate and effecting on the structure of boundary layers of polymers (the chemical modification of rubbers).