

Д-р техн. наук В.Н. Беляков,
инж. Г.А. Рыжов
(ИГТМ НАН Украины),
инж. А.Ю. Полоз
(ДГХТУ)

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕВУЛКАНИЗАТА И
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗИНОВЫХ
СМЕСЕЙ НА ЕГО ОСНОВЕ**

Наведено результати лабораторних експериментальних досліджень вальцуємості девулканізату і фізико-механічних властивостей отриманих гумових сумішей на його основі

**EXPERIMENTAL RESEARCHES
TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF THE BROKEN OFF SULFURIC
CONNECTIONS AND PHYSICOMECHANICAL CHARACTERISTICS
OF RUBBER MIXES ON ITS BASIS**

There are results of laboratory experimental researches of technological and physicommechanical properties of the received rubber mixes on its basis are resulted.

При термохимической деструкции изношенных шин в среде различных углеродородных мягчителей получается пластичный продукт – девулканизат.

Изучение свойств девулканизата с целью определения возможности его переработки и дальнейшего использования является одним из этапов дальнейших исследований.

В ИГТМ НАН Украины были проведены эксперименты по исследованию технологических свойств девулканизата и физико-механических характеристик резиновых смесей, полученных на его основе. При этом решались следующие задачи:

- определение вальцуемости при изготовлении резиновой смеси из девулканизата. Данная характеристика позволяет определить, как будет вести себя девулканизат при дальнейшей переработке на смесительном валковом оборудовании (как смесь будет «садиться на валок», и температурный режим смешения девулканизата с ингредиентами резиновой смеси);

- определение физико-механических характеристик полученных резиновых смесей на его основе:

- 1) твердость;
- 2) эластичность;
- 3) прочность при растяжении;
- 4) удлинение при разрыве.

Технологическое поведение резиновых смесей при переработке зависит от когезионных, аутогезионных и адгезионных свойств. Первые особенно сильно проявляются при переходе каучука из упругопластического состояния в высокоэластическое, а затем вязкотекучее. При этом может затрудняться процесс смешения из-за свисания резиновой смеси с валков («шуба»), перехода смеси с

валка на валок, обрыва смеси. Прилипание смеси к металлическим поверхностям валков связано с адгезионными свойствами каучуков. При смешении происходит ряд физико-механических и химических явлений: превращение больших блоков каучука и агломератов ингредиентов в более мелкие, облегчающие смешение; снижение вязкости каучуковой фазы за счет механической или химической пластикации (в процессе смешения) каучука; введение порошкообразных и жидких ингредиентов в каучук при преодолении его когезионной прочности; образование общей массы смеси за счет аутогезии; диспергирование наполнителя; гомогенизация смеси (перемешивание с одной точки смеси к другой; взаимодействие каучука и активного наполнителя с образованием усиленной структуры смеси).

Резиновая смесь из девулканизата изготовлялась на лабораторных валках. Режим смешения устанавливался в зависимости от свойств (состава) резиновой смеси, вида смесительного оборудования, его объема, скорости вращения валков или роторов, фрикций между валками.

При изготовлении резиновой смеси из девулканизата учитывались следующие параметры:

- фрикция – 1,12;
- зазор между валками – 1 мм,
- температура валков – 20-30 °С.

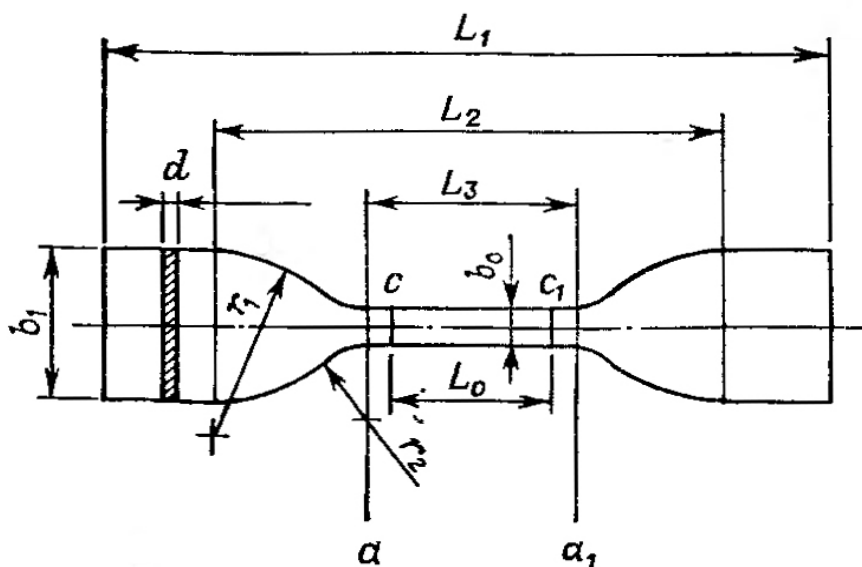
Для приготовления смеси брались навески в 100 гр. девулканизата, полученного при использовании кубового остатка ректификации сырого бензола и отработанного масла. Количество остальных компонентов стандартной резиновой смеси из регенерата (девулканизата) шинных резин рассчитывалось из соотношений, представленных в табл. 1.

Таблица 1 – Стандартная рецептура девулканизата, полученного из шинных резин

Компонент	Содержание компонента, мас.ч.	Время введения, мин.
Девулканизат	100	0
Альтакс	0,9	3
Белила цинковые	2,5	5
Сера	1,5	7 (съем смеси через 10)

Полученные таким образом смеси на основе девулканизата, полученного при использовании кубового остатка и отработанного масла, вулканизовались в вулканизационном прессе при температуре 145 °С и времени вулканизации 15 мин.

Для определения условной прочности, относительного и остаточного удлинений (ГОСТ 270-75) использовались образцы в виде стандартных двусторонних лопаток [1](рис. 1).



для типа 2 (мм) $L_0=25\pm 1,0$; $L_1=110$; $L_2=80\pm 5$; $L_3=90\pm 1,0$; $b_0=3\pm 0,2$; $b_1=25\pm 1,0$; $r_1=20\pm 1,0$; $r_2=14\pm 1,0$; $b=1,0\pm 0,2$ или $2,0\pm 0,2$

Рис. 1 – Стандартный по ГОСТ 270-75 образец:

Образцы вырубались на вырубных прессах с выдвижной плитой и ручным приводом при помощи стандартных шанцевых ножей, обеспечивающих заданную форму и размеры образца.

Длина рабочего участка (L_0) отмечалась метками штампа, ширина кромок которого не превышала 0,5 мм.

Толщина каждого образца измерялась в трех точках рабочего участка контактным толщиномером. Сущность испытания (ГОСТ 20403-75) заключается во вдавливании индентора сферической формы в образец резины после создания контактного нагружения с мерительным давлением 0,8-2,0 Н. За расчетную толщину образца принималось среднее арифметическое значение всех измерений.

Разрушение эластомеров под влиянием механических сил происходит в результате локального прекращения взаимодействия между атомами и молекулами, приводящего к разрыву, растрескиванию, раздиру и другим явлениям. Процесс ускоряется содержащимися в воздухе кислородом, озоном, диоксидом азота, влагой.

Прочность является основной характеристикой конструкционных материалов и определяет сопротивление материала разрушению под влиянием механических воздействий, характеризующихся предельным для данного режима нагружения напряжением, при котором происходит разрушение. Напряжение зависит от типа деформации.

В зависимости от физического состояния материала и условий деформации возможны три вида разрушения: хрупкое, высокоэластическое и пластическое. Для резин при нормальных температурных условиях характерно высокоэластическое разрушение. При их растяжении может происходить скол, отрыв или их сочетание. Для резин наиболее опасны растягивающие усилия, поэтому обычно

оценку прочности проводят при растяжении.

Для определения прочностных свойств материалов применяются разрывные машины, которые являются самым универсальным оборудованием для испытаний на растяжение, сжатие, изгиб, циклические деформации резин, текстиля, резинотканевых материалов, пленок и готовых изделий – ремней, транспортерных лент, резиновой обуви и др. На разрывных машинах определяется прочность связи между материалами в многослойных системах (покрышках, рукавах, конвейерных лентах, резиновой обуви и др.).

Разрывные машины состоят из механизма передачи усилия - привода, осуществляющего деформацию образца, силоизмерительного механизма, узла для измерения деформации образца,

Сущность испытания на разрывной машине заключается в растяжении образцов с постоянной скоростью до разрыва и измерении силы (при заданном удлинении и в момент разрыва) и удлинения образца в момент разрыва. Испытания проводились на разрывной машине РМИ-5.

После проведения испытаний освобождался разорванный образец; через 1 мин линейкой измерялось (с погрешностью до 0,5 мм) расстояние между рабочими метками, сложив обе части лопатки вплотную по месту разрыва.

Условное напряжение при заданном удлинении (МПа) рассчитывалось по формуле:

$$f_{\varepsilon} = P_{\varepsilon}/S_0 = P_{\varepsilon}/(b_0d),$$

где P_{ε} – сила, вызывающая заданное удлинение образца, МН; S_0 – среднее значение первоначальной площади образца, м²; b_0 – среднее значение первоначальной ширины рабочего участка образца, м; d – среднее значение первоначальной толщины рабочего участка образца, м.

Условная прочность при растяжении f_p (МПа) рассчитывалась по формуле:

$$f_p = P_p/S_0 = P_p/(b_0d),$$

где P_p – сила, вызывающая разрыв образца, МН;

Относительное удлинение ε_p (%) рассчитывалось по формуле:

$$\varepsilon_p = (l_p - l_0) \cdot 100/l_0,$$

где l_0, l_p – длина рабочего участка образца до испытания и в момент разрыва, м.

Остаточное удлинение Θ (%):

$$\Theta = (l - l_0) \cdot 100/l_0,$$

где l – длина рабочего участка образца через 1 мин после разрыва, м.

За результат испытания принималось среднее арифметическое значение каждого показателя. Показатели прочности округлялись до единиц, относительное удлинение – до десятков.

Находились отклонения от среднего арифметического по f_p и отбраковыва-

лись показания с отклонением более $\pm 10\%$ и вычислялось среднее арифметическое значение из показателей оставшихся образцов, но не менее чем из трех.

Результаты проведенных испытаний приведены в таблице 2

Таблица 2 – Физико-механические характеристики девулканизата после его вулканизации

Показатели	Девулканизат с кубовым остатком		Девулканизат с отработанным маслом		Регенерат РШТ
	Время девулканизации 1 час (D-1)	Время девулканизации 2 часа (D-2)	Время девулканизации 1 час (D-3)	Время девулканизации 2 часа (D-4)	
Эластичность по отскоку, %	17	6	16	18	-
Твердость по Шору А, ед	37	25	38	35	-
Относительное удлинение, %	50-110	-	50-110	50-110	400
Условная прочность, МПа	0,3	0,1	0,2	0,2	5,39

Как показывает анализ полученных результатов, физико-механические характеристики резиновых смесей на основе девулканизата значительно уступают стандартному регенерату марки РШТ.

Достаточно низкие технологические характеристики девулканизата и резиновых смесей на его основе связаны с:

- излишним количеством мягчителя в девулканизате, который препятствует вальцеванию и, как следствие, получению однородной резиновой смеси;
- неоднородностью девулканизата и наличием посторонних включений (остатки металло- и текстильного кордов);
- достаточно большой дисперсностью частиц полученного девулканизата;
- плохим распределением компонентов резиновой смеси из-за плохого перемешивания самой резиновой смеси.

Для улучшения технологических свойств полученного девулканизата, а значит - и физико-механических характеристик смесей на его основе, в первую очередь необходимо избавиться от излишков мягчителя в девулканизате, что может быть достигнуто за счет:

- уменьшения времени проведения девулканизации при достаточной деструкции пространственной сетки резин;
- удаления остатков мягчителя из девулканизата (промывка, отжим или другие методы);
- использования усовершенствованных перфорирующих устройств червячных машин, позволяющих получать мелкодисперсные частицы девулканизата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бергштейн Л.А. Лабораторный практикум по технологии резины. – Л.: Химия, 1989. – 248 с.