



Wpływ sadzy kanałowej modyfikowanej silanami na właściwości fizyczne mieszanek i wulkanizatów NBR

Krzysztof Potocki*

Sadze kanałowe, których cechą charakterystyczną jest obecność na powierzchni cząstek grup funkcyjnych zawierających tlen i wodór, modyfikowano za pomocą winylotrimetoksylanu, tetrasiarczku bis(3-trietoksylilopropylu) oraz 3-merkaptopropylotrimetoksylanu. Określono przebieg wulkanizacji mieszanek gumowych oraz właściwości fizyczne wulkanizatów NBR zawierających sadzę modyfikowaną i niemodyfikowaną. Stwierdzono, że wulkanizaty zawierające sadzę modyfikowaną wykazują ogólnie lepsze właściwości wytrzymałościowe niż wulkanizaty zawierające taką samą ilość sadzy niemodyfikowanej.

Słowa kluczowe: sadza kanałowa, silany, NBR, modyfikacja powierzchniowa

Influence of silane modified channel black on physical properties of NBR compounds and vulcanizates

Channel black, which contain oxygen groups on the surface, was modified by vinyltrimethoxysilane, bis-(3-trietoxysilylpropyl)tetrasulphide and 3-mercaptopropyltrimethoxysilane. On the basis of results of the measurement of rubber physical properties it has been observed that NBR vulcanizates filled with modified canal black show in general better strength properties than vulcanizates which contain unmodified canal blacks.

Key words: channel black, silane, NBR, surface modification

1. Wprowadzenie

Do czynników wywierających decydujący wpływ na właściwości fizyczne wulkanizatów należą: gęstość usieciowania, rodzaj węzłów sieci, efekt hydrodynamiczny, oddziaływania napelniacz–polimer, oddziaływania napelniacz–napelniacz i stopień dyspersji składników mieszanki [1,2,3,4]. Oddziaływania cząstek napelniacza z polimerem oraz oddziaływania napelniacz–napelniacz można zmieniać poprzez modyfikację powierzchni cząstek napelniacza [5]. Modyfikacja ma szczególne znaczenie w przypadku krzemionki, która słabo oddziałuje z cząsteczkami kauczuków niepolarnych. W tym wypadku z powodzeniem zastosowano silany jako środek sprzęgający, wiążący chemicznie krzemionkę z kauczukiem. Utworzenie wiązań

chemicznych między krzemionką a silanami jest możliwe dzięki obecności grup silanolowych występujących na powierzchni krzemionki. Podobnie, do utworzenia wiązań chemicznych wiążących powierzchnię sadzy ze środkiem modyfikującym niezbędne są grupy funkcyjne na powierzchni sadzy, które umożliwiłyby przeprowadzenie reakcji chemicznych między tymi grupami a grupami funkcyjnymi środka modyfikującego. Sadze piecowe, stosowane powszechnie w przemyśle gumowym, charakteryzują się niską zawartością na powierzchni grup, w skład których wchodzi tlen i wodór. Warunkiem połączenia środka modyfikującego z sadzą za pomocą wiązań chemicznych jest występowanie na powierzchni sadzy odpowiednich grup funkcyjnych. Warunek ten spełniają sadze kanałowe, które charakteryzują się wysoką zawartością grup funkcyjnych zawierających tlen i wodór na powierzchni cząstek. Z tego względu powstała koncepcja wykorzystania sadzy kanałowej do badań nad wpływem modyfikacji sadz na właściwości mieszanek i wulkanizatów kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego. Dodatkową korzyścią wynikającą z zastosowania sadz kanałowych jest elimi-

* Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników, Oddział Zamiejscowy Elastomerów i Technologii Gumy w Piastowie





nacja kosztownego i kłopotliwego etapu utleniania sadz piecowych.

Do modyfikacji chemicznej powierzchni sadzy zastosowano winylotrimetoksylsilan, tetrasiarcecz bis(3-trietoksylilopropylu) oraz 3-merkaptopropylo-trimetoksylsilan. Zgodnie z informacjami zawartymi w literaturze [6,7,8], grupy metoksy i etoksy silanów mogą reagować bezpośrednio z grupami karboksylowymi z powierzchni sadzy, tworząc grupy łączące silan z sadzą. Z kolei grupy winylowe, tiolowe albo tetrasiarcecz, po rozpadzie termicznym, powinny reagować z nienasyconymi atomami węgla z łańcucha polimerowego w procesie wulkanizacji. Utworzenie mostków chemicznych łączących cząstki sadzy z łańcuchami polimerowymi miało zwiększyć zasadniczo oddziaływanie między napełniaczem a kauczukiem oraz w mniejszym stopniu oddziaływanie napełniacz – napełniacz. Oprócz korzyści z utworzenia mostków chemicznych, dodatkową zaletą wynikającą z modyfikacji sadz kanałowych miało być zmniejszenie energii powierzchniowej cząstek napełniacza i tym samym skuteczne zmniejszenie stopnia aglomeracji cząstek sadzy w kauczuku po wymieszaniu obu tych składników. Przewidywania dotyczące lepszej dyspersji modyfikowanej sadzy kanałowej po wrobieniu do kauczuku oparte zostały na koncepcji przedstawionej przez Wanga [2]. W myśl tej koncepcji cząstki napełniacza wykazują tendencję do łączenia się w większe zespoły w zależności od energii powierzchniowej. Z rozważań Wanga wynika, że im większa różnica między składową dyspersyjną energią powierzchniową napełniacza i polimeru oraz składową polarną energią powierzchniową napełniacza i polimeru, tym większa tendencja do tworzenia aglomeratów sadzy. Pod wpływem modyfikacji składowa polarna energii powierzchniowej sadzy kanałowej powinna zmniejszyć się, ponieważ w wyniku reakcji grup funkcyjnych na powierzchni sadzy z silanami polarność cząstek sadzy maleje. W konsekwencji powinno nastąpić obniżenie energii powierzchniowej cząstek sadzy i poprawa dyspersji tych cząstek w kauczuku.

2. Cel badań

Celem pracy było zbadanie:

- wpływu sadz kanałowych modyfikowanych silanami na właściwości mieszanek i wulkanizatów NBR,
- wpływu użytego silanu na gęstość usieciowania, oddziaływanie napełniacz–kauczuk i napełniacz–napełniacz w mieszankach i wulkanizatach NBR. Jako miarę oddziaływań napełniacz–kauczuk przyjęto ilość kauczuku związanego w mieszance, natomiast jako miarę oddziaływań napełniacz–napełniacz przyjęto różnicę między wartością składowej elastycznej modułu dynamicznego dla najmniejszej amplitudy odkształcenia próbki a wartością składowej elastycznej modułu dynamicznego dla największej amplitudy odkształcenia próbki podczas dynamicznego ścinania,

- stopnia przereagowania wybranego silanu z sadzą kanałową w zależności od temperatury modyfikacji. Przyjęto, że stopień przereagowania jest tym większy, im mniej otrzymano ekstraktu acetonowego podczas ekstrakcji próbek sadzy modyfikowanej.

3. Część doświadczalna

3.1. Surowce i odczynniki

Do badań zastosowano kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy Ker N-29 o zawartości 29% wag. akrylonitrylu i sadzę kanałową firmy Degussa o symbolu FW 200, której charakterystykę i właściwości fizyczne podane przez producenta zestawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Właściwości fizyczne sadzy (dane z katalogu firmy Degussa)

Table 1. Carbon black properties

Parametry sadzy	FW 200
Powierzchnia właściwa, m ² /g (metoda BET)	550
Liczba olejowa, g/100 g	620
pH	2,5
Średni rozmiar cząstek pierwotnych sadzy, nm	13

Tabela 2. Rodzaj i stężenie grup funkcyjnych zawierających tlen, obecnych na powierzchni sadzy

Table 2. Oxygen groups concentration on the surface of channel black

Rodzaj sadzy	Stężenie grup tlenowych, mmol/kg			
	Grupy karboksylowe	Grupy laktonowe	Grupy chinonowe	Grupy fenolowe
FW 200	981	78	1208	261

Do modyfikacji sadzy FW 200 użyto winylotrimetoksylsilanu (U611), tetrasiarczku bis(3-trietoksylilopropanolu) (Si69) oraz 3-merkaptopropylo-trimetoksylsilanu (A189).

3.2. Sposób modyfikacji sadzy

Modyfikacji poddano sadzę kanałową FW 200. Modyfikacja prowadzona była dwiema metodami. Pierwszy sposób polegał na wprowadzeniu odpowiedniego silanu razem z sadzą bezpośrednio do mieszanki. Do modyfikacji napełniacza zastosowano winylotrimetoksylsilan oraz tetrasiarcecz bis-trietoksylilopropylu. Skład mieszanek gumowych zawierających sadzę zmodyfikowaną tą metodą podano w tabeli 4.

Druga metoda polegała na rozpuszczeniu odpowiedniej ilości silanu w 100 cm³ acetonu, wymieszaniu przygotowanego roztworu z 15 g sadzy, a następnie ogrzewaniu sadzy w suszarce próżniowej przez ok. 3 h.





Do modyfikacji napelnacza zastosowano winylo-trime-toksylsilan oraz 3-merkaptopropylo-trimetoksylsilan. Skład mieszanek gumowych zawierających sadzę zmodyfikowaną tą metodą oraz temperatura modyfikacji sadzy znajdują się w tabeli 5.

Tabela 3. Skład mieszanki bazowej
Table 3. Formulation of the base compound

Składniki mieszanki	Ilość składnika, cz.wag.
Kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy	100
ZnO	5
Stearyna	1,5
Naftolen	4
N-tbutylo-2-benzotiazolilosulfenamid	2
Siarka	2

Do badań nad wpływem zmodyfikowanej sadzy kanałowej na właściwości fizyczne używano mieszanek gumowych otrzymanych z mieszanki bazowej o składzie podanym w tabeli 3.

Tabela 4. Skład mieszanek, charakterystyka przebiegu wulkanizacji i właściwości fizyczne wulkanizatów zawierających sadzę FW 200 przed i po modyfikacji silanami metodą pierwszą
Table 4. Formulation, characteristic of curing process and physical properties of vulcanizates filled with FW 200 black unmodified and first method modified by silane

Skład mieszanek, cz.wag.	A0	B1	B2	B3	B4	B5
Kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy				100		
ZnO				5		
Stearyna				1,5		
Naftolen				4		
N-tbutylo-2-benzotiazolilosulfenamid				2		
Siarka				2		
FW 200				40		
Silan U611	-	2,7	5,3	8,0	-	-
Silan Si69	-	-	-	-	2,7	5,3
Właściwości fizyczne mieszanek						
t ₉₀ , min	22	24	37	20	20	33
S', dNm	20,81	21,12	21,73	17,21	24,6	28,34
S'', dNm	3,21	2,99	5,36	5,93	3,11	3,55
tg δ	0,154	0,142	0,247	0,345	0,126	0,125
Właściwości fizyczne wulkanizatów						
Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	14,4	19,1	19,2	21,8	16,6	17,1
Wydłużenie przy zerwaniu, %	652	705	609	691	581	540
M100%, MPa	1,8	2,0	2,4	2,1	2,3	2,7
M200%, MPa	2,7	2,9	4,0	3,1	3,6	4,8
M300%, MPa	4,0	4,3	6,4	4,9	5,7	7,7
Twardość, ShA	65	65	71	67	67	72
Wydłużenie trwałe, %	15	17,5	25	20	12,5	20
Wytrzymałość na rozdzieranie, kN/m	16,1	36,8	-	33,3	23,9	-

3.3. Metodyka badań

- Badanie przebiegu wulkanizacji mieszanek gumowych

Przebieg wulkanizacji mieszanek gumowych określono za pomocą reometru Monsanto R100 w temperaturze 160°C, przy kącie oscylacji rotora wynoszącym 1°.

- Oznaczenie właściwości fizycznych wulkanizatów
Oznaczono następujące właściwości fizyczne wulkanizatów:

- Wytrzymałość na rozciąganie wg PN-ISO 37:98
- Wydłużenie przy zerwaniu wg PN-ISO 37:98
- Moduł 100%, 200% i 300% wg PN-ISO 37:98
- Wytrzymałość na rozdzieranie (próbki typu Trousers) wg PN-ISO 34-1:98

- Twardość Shore'a A wg PN-80/C-0423

- Określenie ilości ekstraktu z próbek sadzy modyfikowanej silanami

Ekstrakcję próbek sadzy prowadzono na aparacie Soxhleta. Ilość ekstraktu acetonowego określono na podstawie normy BN-79/6048-02.03.

- Określenie ilości kauczuku związanego w mieszanekach gumowych





W celu określenia ilości kauczuku związanego próbki mieszanki gumowej o masie 0,25 g podzielone zostały na 10 części i umieszczone w kolbie zawierającej 25 ml acetonu. Kolba została następnie zatkana i odstawiowana na 72 h do pomieszczenia o temperaturze pokojowej. Po wyjęciu z roz-

3.4. Wyniki badań

Wyniki badań właściwości fizycznych mieszanek i wulkanizatów zawierających sadze kanałowe oraz sadze kanałowe modyfikowane silanami przedstawiono w tabelach 4 i 5.

Tabela 5. Skład mieszanek, charakterystyka przebiegu wulkanizacji i właściwości fizyczne wulkanizatów zawierających sadzę FW 200 przed i po modyfikacji silanami metodą drugą

Table 5. Formulation, characteristic of curing process and physical properties of vulcanizates filled with FW 200 black unmodified and second method modified by silane

Skład mieszanek, cz.wag.	A0	C1	C2	C3	C4
Kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy			100		
ZnO			5		
Stearyna			1,5		
Naftolen			4		
N-tbutylo-2-benzotiazolilodisulfenamid			2		
Siarka			2		
FW 200			40		
Silan U 611	-	5,3	5,3	3,7	-
Silan A 189	-	-	-	-	5,3
Temperatura modyfikacji sadzy, °C	-	100	130	110	100
Właściwości fizyczne mieszanek					
t ₉₀ , min	22	27	17	16	21
S', dNm	20,81	23,42	25,34	22,28	26,28
S'', dNm	3,21	3,66	4,13	3,2	4,74
tg δ	0,154	0,156	0,163	0,143	0,180
Właściwości fizyczne wulkanizatów					
Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	14,4	18,1	22,1	19,0	19,6
Wydłużenie przy zerwaniu, %	652	611	739	681	594
M100%, MPa	1,8	2,3	2,0	2,2	2,4
M200%, MPa	2,7	3,6	3,0	3,5	4,0
M300%, MPa	4,0	5,7	4,7	5,4	6,5
Twardość, ShA	65	68	67	68	70
Wydłużenie trwałe, %	15	20	25	30	20
Wytrzymałość na rozdzieranie, kN/m	16,1	33,7	46,2	-	39,5

puszczalnika próbki mieszanki gumowej były suszone w suszarce próżniowej w temperaturze 40°C. Po wysuszeniu określono ilość kauczuku w próbkach.

● Badania dynamiczne próbek gumy

Badania dynamiczne wulkanizatów prowadzono na aparacie D-8 firmy Wallace'a. Badano przebieg zmian składowej elastycznej modułu dynamicznego w funkcji amplitudy odkształcenia. Częstotliwość odkształcenia próbek wynosiła 0,25 Hz. Próbkę w postaci korków były poddane ścinaniu w zakresie od 6° do 40° kąta ścinania.

● Określenie gęstości usieciowania wulkanizatów

Gęstość usieciowania określona została metodą pęcznienia równowagowego wg metody stosowanej w Instytucie Przemysłu Gumowego „Stomil”.

Tabela 6. Ilość ekstraktu acetonowego

Table 6. Amount of acetone extract

	RS0	RS1	RS2	RS3
Zawartość ekstraktu acetonowego, %	0,8	3,1	5,0	3,1

RS0 – próbka sadzy FW 200

RS1 – próbka sadzy FW 200 modyfikowanej silanem U611: 2 cz.wag. silanu na 15 cz.wag. sadzy. Temperatura modyfikacji 100 °C.

RS2 – próbka sadzy FW200 modyfikowanej silanem U611: 2 cz.wag. silanu na 15 cz.wag. sadzy. Temperatura modyfikacji 30 °C.

RS3 – próbka sadzy FW 200 modyfikowanej silanem U611: 2 cz.wag. silanu na 15 cz.wag. sadzy. Temperatura modyfikacji 120 °C.





Wyniki badań, których celem było określenie ilości ekstraktu acetonowego otrzymanego w wyniku ekstrakcji próbek sadzy, przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 7. Wyniki badań dynamicznych i gęstości usieciowania wulkanizatów oraz ilości kauczuku związanego w mieszankach

Table 7. Cross-link density and dynamic properties of vulcanizates

	B2	B5	A0
$\Delta G'$, MPa	5,0	4,09	3,82
Gęstość usieciowania $\cdot 10^{-5}$, mol/cm ³	3,49	4,27	4,13
Ilość kauczuku związanego, %	21	23	27

W tabeli 7 przedstawiono wyniki badań gęstości usieciowania, ilości kauczuku związanego oraz różnicę między wartością składowej elastycznej określonej dla najmniej amplitudy odkształcenia a wartością tej składowej określonej dla największej amplitudy odkształcenia próbek mieszanek i wulkanizatów NBR zawierających sadzę FW 200 oraz tę samą sadzę modyfikowaną metodą pierwszą.

4. Omówienie wyników badań i wnioski

Badania wykazały, że dodanie silanu do sadzy kanałowej bezpośrednio przed wymieszaniem napełniacza z kauczukiem NBR nie wpłynęło na skrócenie czasu wulkanizacji. W przypadku mieszanek zawierających 5,3 cz.wag. silanu U611 na 100 cz.wag. kauczuku oraz 5,3 cz.wag. silanu Si69 na 100 cz.wag. kauczuku czas wulkanizacji był nawet dłuższy niż mieszanki napełnionej samą sadzą kanałową, pomimo zasadowego charakteru zastosowanych silanów, obniżającego pH sadzy. Prawdopodobnie w czasie wulkanizacji mieszanek zachodzą reakcje chemiczne z udziałem silanów, w wyniku których cząsteczki silanów łączą się chemicznie z grupami funkcyjnymi na powierzchni sadzy i cząsteczkami kauczuku, tworząc mostki łączące sadzę z polimerem. Stwierdzono ponadto, że wraz ze zwiększeniem zawartości silanu U 611 w mieszance zwiększa się wartość tgδ. Świadczy to o zwiększaniu się plastyczności mieszanki. Wydaje się prawdopodobne, że silany, które nie wzięły udziału w reakcjach z cząsteczkami polimeru ani z grupami z powierzchni sadzy, wykazywały działanie podobne do plastyfikatora. Z kolei mieszanki zawierające sadzę modyfikowaną silanem Si69 wykazywały większą elastyczność, przejawiającą się w niższych wartościach tgδ, w porównaniu z mieszankami napełnionymi samą sadzą kanałową.

Modyfikacja sadzy, polegająca na rozpuszczeniu silanu w acetonie, zalaniu przygotowanym roztworem sadzy kanałowej, a następnie wygrzewaniu sadzy w suszarce, spowodowała znaczne skrócenie czasu wulka-

nizacji mieszanek zawierających 5,3 cz.wag. silanu U611 na 100 cz.wag. kauczuku oraz 3,7 cz.wag. silanu U611 na 100 cz.wag. kauczuku. Prawdopodobnie, w wyniku reakcji grup metoksy silanów z grupami funkcyjnymi z powierzchni sadzy, zmniejszyła się liczba grup karboksylowych nadających sadzy charakter kwaśny.

Wartość tgδ wulkanizatów zawierających sadzę niemodyfikowaną nie różniła się zasadniczo od wartości tgδ wulkanizatów zawierających sadzę kanałową modyfikowaną drugą z metod. Świadczy to o niewielkim wpływie modyfikacji tą metodą na elastyczność wulkanizatów.

Badania wykazały, że najlepsze wyniki przyniosła modyfikacja sadzy polegająca na rozpuszczeniu silanu w acetonie, zalaniu przygotowanym roztworem sadzy kanałowej, a następnie wygrzewaniu sadzy w suszarce. Wytrzymałość na rozciąganie i wytrzymałość na rozdzielanie wulkanizatów zawierających sadzę FW 200 modyfikowaną tym sposobem za pomocą silanu U611 w temperaturze 130°C były wyższe niż wulkanizatów zawierających sadzę niemodyfikowaną odpowiednio o 53,5% i o 187%. Podobnie, wytrzymałość na rozciąganie i wytrzymałość na rozdzielanie wulkanizatów zawierających sadzę FW 200 modyfikowaną opisanym wyżej sposobem za pomocą silanu A189 w temp. 100°C była wyższa niż wulkanizatów zawierających sadzę niemodyfikowaną odpowiednio o 36,1% i o 145,3%. Modyfikacja obydwoma silanami nie wpłynęła w sposób istotny na zmianę wydłużenia przy zerwaniu, spowodowała natomiast zwiększenie twardości, większe naprężenie przy określonym wydłużeniu oraz większe odkształcenie trwałe.

Znaczne zwiększenie wytrzymałości na rozciąganie i wytrzymałości na rozdzielanie uzyskano także w przypadku wulkanizatów NBR zawierających sadzę kanałową modyfikowaną silanami metodą polegającą na bezpośrednim wymieszaniu sadzy z silanem w czasie wrabiania sadzy do mieszanki. Wytrzymałość na rozciąganie i wytrzymałość na rozdzielanie wulkanizatów zawierających sadzę FW 200 modyfikowaną tym sposobem za pomocą 5,3 cz.wag. silanu U611 na 100 cz.wag. kauczuku były wyższe niż wulkanizatów zawierających sadzę niemodyfikowaną odpowiednio o 51,4% i o 106,8%. Modyfikacja silanem U611 nie wpłynęła w sposób istotny na zmianę wydłużenia przy zerwaniu, natomiast modyfikacja silanem Si69 spowodowała zmniejszenie wydłużenia. Wulkanizaty NBR wykazywały większą twardość, większe naprężenie przy określonym wydłużeniu oraz większe odkształcenie trwałe, zarówno gdy zawierały sadzę wymieszaną z silanem U611, jak i sadzę wymieszaną z silanem Si69.

Badanie ilości ekstraktu sadzy kanałowej modyfikowanej i niemodyfikowanej miało na celu stwierdzenie, czy zachodzi reakcja chemiczna między silanem U611 a grupami funkcyjnymi z powierzchni sadzy oraz, jeśli reakcja zachodzi, określenie stopnia przereagowania silanu w zależności od temperatury. Przeprowadzone badania wykazały, że w podwyższonej temperaturze zachodzi najprawdopodobniej reakcja między





grupami metoksy silanu a grupami na powierzchni sadzy. Świadczy o tym mniejsza ilość ekstraktu z próbek sadzy modyfikowanej w temperaturze 120 i 130°C w porównaniu z ilością ekstraktu pochodzącego z próbki sadzy modyfikowanej w temperaturze 30°C. W stosunkowo niskiej temperaturze bowiem (30°C) nie powinna zachodzić reakcja chemiczna. Z tego powodu cząsteczki silanu mogą być związane z cząstkami sadzy jedynie słabymi wiązaniami fizycznymi, stąd największa ilość ekstraktu powinna pochodzić z tej próbki. Tak jest w istocie.

Jak wykazały badania, modyfikacja silanami sadzy kanałowej spowodowała zmniejszenie ilości kauczuku związanego, co świadczy o mniejszych oddziaływaniach napelniaz-kauczuk w porównaniu z mieszanką zawierającą samą sadzę kanałową. Przyjmując różnicę między wartością składowej elastycznej modułu dynamicznego określonej dla najmniejszego odkształcenia próbki a wartością tej składowej określonej dla największego odkształcenia próbki za miarę oddziaływań napelniaz-napelniaz, należy na podstawie otrzymanych wyników stwierdzić, że modyfikacja silanami wpłynęła na zwiększenie oddziaływań o tym charakterze. Jak wykazały badania, silany dodane do sadzy w trakcie mieszania nie wpłynęły w znaczący sposób na zmianę gęstości usieciowania.

Większym oddziaływaniom napelniaz-napelniaz oraz utworzonym prawdopodobnie mostkom chemicznym łączącym sadzę z cząsteczkami kauczuku można przypisać zwiększenie wytrzymałości na rozciąganie i rozdzieranie oraz większe naprężenie przy określonym wydłużeniu wulkanizatów NBR w porów-

naniu z wulkanizatami zawierającymi sadzę kanałową niemodyfikowaną.

Podsumowując można stwierdzić, że modyfikacja silanami sadzy kanałowej wpływa korzystnie na właściwości fizyczne wulkanizatów NBR. W wyniku modyfikacji następuje znaczna poprawa wytrzymałości na rozciąganie i rozdzieranie. Badania wykazały ponadto, że w czasie modyfikacji polegającej na rozpuszczeniu silanu w acetonie, zalaniu przygotowanym roztworem sadzy kanałowej, a następnie wygrzewaniu sadzy w suszarce, zachodzi reakcja chemiczna między grupami alkoksylowymi a grupami funkcyjnymi sadzy, wiążąc cząsteczkami silanów z powierzchnią sadzy.

Literatura

1. Donnet J.B., *Rubber Chem. Technol.* **71**, 323 (1998)
2. Wang M.J., *Rubber Chem. Technol.* **71**, 520 (1998)
3. Donnet J.B. i Vidal A., *Adv. Polym. Sci.* **76**, 103 (1986)
4. Mouri H., „Poradnik Technologa Gumy” rozdz. 9, przekład z j. angielskiego, Instytut Przemysłu Gumowego „STOMIL”, Piastów 2003
5. Potocki K., Magryta J., Zaborski M., *Elastomery*, **9**, nr 3, 10 (2005)
6. Manna A.K., *Rubber Chem. Technol.* **72**, nr 2, 398-409 (1999)
7. Manna A.K., *Journal of Applied Polymer Science*, **71**, nr 4, 557-563 (1999)
8. Manna A.K., *Rubber Chem. Technol.* **70**, nr 4, 624-633 (1997)



INSTYTUT INŻYNIERII MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH I BARWNIKÓW

ODDZIAŁ ZAMIEJSCOWY
ELASTOMERÓW I TECHNOLOGII GUMY

05-820 PIASTÓW ul. HARCERSKA 30

d. Instytut Przemysłu Gumowego „STOMIL”



oferuje pośrednictwo w organizowaniu:

- konferencji,
- sympozjów,
- spotkań: producentów surowców i maszyn stosowanych w przetwórstwie kauczuków i gumy; firm handlowych i dystrybutorów.

Instytut posiada odpowiednie bazy danych.

Dysponuje salą konferencyjną z wyposażeniem. Ceny do negocjacji.

Kontakt: Teresa Jędrzejak, tel. (0 22) 723 60 25 wew. 264, t.jedrzejak@ipgum.pl

