

Andrzej KRYSZTAFKIEWICZ*, Bożena RAGER*, Wojciech WIECZOREK**

METODY MODYFIKACJI POWIERZCHNI NAPEŁNIACZY MINERALNYCH STOSOWANYCH W TWORZYWACH SZTUCZNYCH

Przedstawiono cztery sposoby modyfikacji talku koreańskiego, który wcześniej poddawano mikronizacji do wielkości cząstek 0,8 μm . Do modyfikacji użyto związków powierzchniowo czynnych oraz silanowych i tytanianowych związków wiążących. Miały one na celu zwiększanie aktywności talku. Po modyfikacji badano zwilżalność powierzchni talku w wodzie i benzenie techniką kalorymetryczną. Ustalono zależność między ciepłami zwilżania H_i^W i H_i^B a stopniem pokrycia powierzchni talku związkami proadhezyjnymi.

Zbadano wpływ rodzaju modyfikatora i jego ilości na właściwości mechaniczne wulkanizatów kauczuku butadienowo-styrenowego Ker 1500.

WSTĘP

Zdolność napelniaczy mineralnych do wzmacniania polimerów można regulować poprzez zmianę powierzchni hydrofilowej na częściowo lub całkowicie hydrofobową. Stosuje się w tym celu substancje modyfikujące zwane związkami proadhezyjnymi (Lipatow 1967). Istnieje kilka sposobów zmian powierzchni cząstek napelniaczy prowadzących do polepszenia oddziaływania między polimerem a napelniaczem (organofilizacji). Do nich możemy zaliczyć: zmianę charakteru powierzchniowej warstwy napelniacza w wyniku oddziaływań adsorpcyjnych z modyfikatorami (Czajka 1967), przyłączenie na drodze fizycznej związków modyfikujących do powierzchni napelniacza (np. polimerów) (Krysztafkiewicz 1989), modyfikację na drodze obróbki napelniacza w roztworach związków proadhezyjnych (Krysztafkiewicz 1995).

Najwygodniejsza w realizacji jest metoda ostatnia (Krysztafkiewicz 1994). Napelniacze mineralne po modyfikacji powierzchniowej są trudniej zwilżane wodą i wykazują powinowactwo do niepolarnych cieczy organicznych (Krysztafkiewicz 1993). W wyniku tego osiąga się wiele korzyści. Poprawie ulegają własności fizykomechaniczne polimerów (wyższa wytrzymałość na rozciąganie, rozdzieranie, zginanie i moduły). W ten sposób uzyskuje się wyroby gumowe o polepszonych parametrach, z dłuższą możliwo-

* Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Poznańska.

** Laboratorium Aparaturowe, Wydział Biologii UAM, Poznań.

ścią eksploatacji. Ponadto obserwuje się poprawę przerobu mieszanki gumowej w procesach technologicznych (skrócenie czasu sporządzania, wyższa plastyczność, wytłaczanie i wtrysk).

Do powierzchniowej modyfikacji napelniaczy mineralnych można stosować różne związki proadhezyjne, sprzęgające lub promotory adhezji. Optymalny promotor adhezji dla układów napelniacz mineralny-polimer powinien wiązać nie tylko napelniacz, ale także polimery. Do grupy związków proadhezyjnych (*coupling agents*) zaliczamy silanowe, tytanianowe, boranowe, cyrkonianowe, hafnianowe czynniki zawierające ugrupowanie alkoksylowe (Mittal 1992).

Pośród napelniaczy mineralnych szczególną uwagę zwrócono na talk. Należy on do napelniaczy biernych i przed zastosowaniem w mieszankach gumowych musi być poddany aktywacji. Talk ma budowę łańcuchową (Wilson 1977) o strukturze składającej się z warstw: $(\text{Si}_2\text{O}_5)_n^{2n-}$ i $[\text{Mg}_3(\text{OH})_2]_n^{n-}$.

W warstwie krzemotlenowej oprócz hydrofobowych centrów związanych z obecnością grup siloksanowych występują również hydrofilowe grupy silanolowe. Ponadto w warstwie brucytowej występuje wyraźnie centrum hydrofilowe (Mg-OH). W wyniku takiej budowy talk jest ciałem naturalnie hydrofobowym, o tak zwanym kącie zwilżania równym 85° (Żarczyński 1970).

Celem pracy było uzyskanie talków o zwiększonym powinowactwie chemicznym do polimerów. Można to osiągnąć przez wprowadzenie na powierzchnie talku grup funkcyjnych zdolnych do oddziaływań z grupami funkcyjnymi polimeru (np. grup aminowych, merkaptanowych, winylowych itp). W tym celu powierzchnię talku poddawano modyfikacji. Ważną rolę odgrywa więc sposób przeprowadzenia tej modyfikacji. Zaproponowano kilka metod realizacji modyfikacji powierzchni talku za pomocą różnych typów związków proadhezyjnych.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Materialy

W badaniach zastosowano talk pochodzący ze złóż z Korei Południowej. Użyto również talku koreańskiego po dodatkowej separacji powietrzem. W tabeli 1 podano charakterystykę fizykochemiczną badanych talków.

Do modyfikacji powierzchni badanych talków zastosowano różne związki proadhezyjne.

Z grupy związków powierzchniowo czynnych zastosowano chlorek tetrabutylamoniowy i glikol polioksyetylenowy (PG 4000), z grupy silanowych związków wiążących – γ -merkaptopropylotrimetoksylsilan, γ -aminopropylotrimetoksylsilan i winylotri-(β -metoksyetoksy)-silan, a z grupy tytanianowych związków wiążących – tytanian izopropylotriizostearoilu.

Tabela 1. Parametry fizykochemiczne talku koreańskiego przed i po mikronizacji
Physicochemical parameters of unmicronized and micronized Korean talcs

Parametr	Talk koreański	Mikronizowany talk koreański
Wilgotność, %	0,60	0,40
pH dyspersji wodnej *	9,50	9,50
Ubytek masy po kalcynacji (900 °C), %	5,25	5,35
Ciężar właściwy, g/cm ³	2,75	2,75
Gęstość, g/dm ³ :		
– nasypowa	770	640
– usadowa	1020	880
Powierzchnia właściwa, m ² /g	10,4	13,6
Średnica cząstek (średnia), µm	15	0,85

* 4–5g talku dyspergowano w 100 cm³ wody.

Metodyka badań

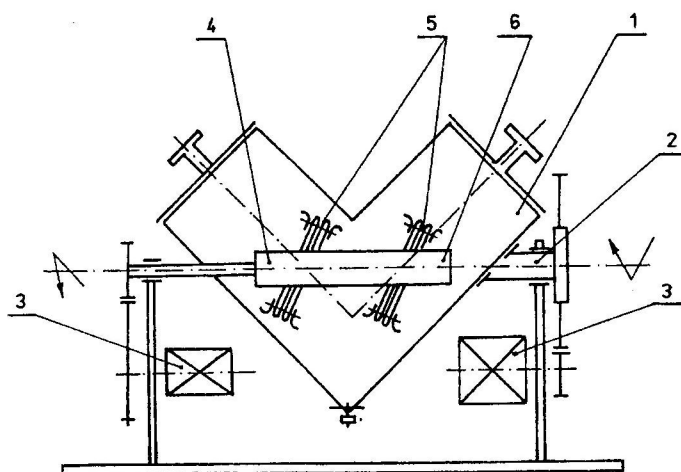
Użyte do badań talki charakteryzowały się przeciętną wielkością cząstek w granicach 10–20 µm. Takie napelniacze nie mają właściwości wzmacniających tworzywa sztuczne i dlatego poddawano je dodatkowemu rozdrobnieniu w młynie strumieniowo-cyrkulacyjno-horyzontalnym typu JET MIZER model 0202 (prod. USA). Medium rozdrabniające stanowiło sprężone powietrze pod ciśnieniem 6 atm. Wielkość cząstek oznaczono w mikroskopie elektronowym model JEM 1200 EX II (prod. japońskiej). Stopień dyspersji oznaczono metodą Sartoriusa (Krysztalkiewicz 1985). Zakres badań obejmował uziarnienie w granicach 0,5–60 µm. Modyfikację powierzchniową talków prowadzono w kilku wariantach.

Modyfikacja z odparowaniem rozpuszczalnika (metoda 1). W związku z tym, że temperatury wrzenia stosowanych związków są bardzo wysokie (w granicach 200–280 °C) proces modyfikowania powierzchni talku prowadzono w roztworze związek proadhezyjny–tetrachlorek węgla (temp. wrzenia CCl₄ – 76,5 °C). Przy ciągłym mieszaniu w temperaturze 80 °C odparowywano CCl₄ z układu reakcyjnego. Badania wykonywano dla roztworów o stężeniu 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 i 5,0% związku modyfikującego w CCl₄.

Ogrzewanie układu talk–roztwór modyfikujący pod chłodnicą zwrotną (metoda 2). Stosowano roztwory związków proadhezyjnych (o różnym stężeniu) w tetrachloru węgla, metanolu, wodzie lub mieszaninie woda–metanol (1:4). Wybór roztworu był uzależniony od typu stosowanego związku proadhezyjnego. Układ ogrzewano pod chłodnicą zwrotną w ciągu 2 h przy ciągłym mieszaniu. Wszystkie próbki po ogrzewaniu pod chłodnicą zwrotną poddawano odparowaniu rozpuszczalnika, a następnie suszono w temperaturze 110 °C.

Modyfikacja powierzchni w skali laboratoryjnej (metoda 3). Modyfikację przeprowadzono w aparacie wyparnym. Do wyparki próżniowej wprowadzano talk (20g) i roztwór związku proadhezyjnego w odpowiednim rozpuszczalniku. Roztwór dodawano w ilości minimalnej, tak aby powierzchnia talku była zaledwie nim zwilżana. Czas reakcji wynosił 1 h w temperaturze pokojowej. Następnie talk suszono w temperaturze 105 °C w suszarce elektrycznej z cyrkulacją ciepłego powietrza.

Modyfikacja powierzchni talku w skali półtechnicznej (metoda 4). W skali półtechnicznej zastosowano mieszarkę własnej konstrukcji o pojemności 3,5 dm³ (Domka 1982). Na rysunku 1 przedstawiono schemat tej mieszarki.



Rys. 1. Urządzenie do modyfikacji powierzchni mineralnych napelnaczy:

1 – zbiornik mieszarki w kształcie „V”, 2 – oś obrotu, 3 – silniki, 4 – dozownik obrotowy roztworu modyfikującego, 5 – metalowe skrzydelka, 6 – otwór dozownika do wprowadzania roztworu

Fig. 1. Blender for surface modification of mineral fillers: 1 – V-shaped container, 2 – axis of rotation, 3 – motors, 4 – dosage arrangement, 5 – metal wings, 6 – input for modifying solution

Mieszarka jest zbiornikiem mającym kształt litery „V”, obraca się wolno wzdłuż osi równoległej do płaszczyzny „V”. Na tej osi zamontowany jest szybkoobrotowy wirujący w przeciwnym kierunku „dozownik”, który – dzięki metalowym skrzydełkom umieszczonym na jego powierzchni – rozprowadza bryły zwilgotniałego napelnacza tworzące się w czasie procesu, a z wnętrza dozownika podczas jego szybkich obrotów pod działaniem siły odśrodkowej specjalnymi otworami wprowadzany jest do zbiornika roztwór modyfikujący.

Dzięki szybkim obrotom dozownika i wolnemu przerzucaniu talku wewnątrz zbiornika następowało dobre wymieszanie cząstek talku z roztworem odpowiedniego związku modyfikującego. Całkowity cykl mieszania wynosił 1 h. W badaniach używano 500 g talku i 150 cm³ roztworu modyfikującego. Po cyklu mieszania usuwano rozpuszczalnik, a talk poddawano suszeniu.

Ocenę stopnia modyfikacji powierzchni talków (niemodyfikowanych i modyfikowanych) wodą (H_i^W) i benzenem (H_i^B) prowadzono metodą kalorymetryczną (Zielenkiewicz 1966). Stopień hydrofobizacji N obliczono ze wzoru:

$$N = \frac{(H_i^B)_m - (H_i^B)_n}{(H_i^B)_m} \cdot 100\% \quad (1)$$

w którym:

$(H_i^B)_m$ – ciepło zwilżania benzenem powierzchni talku modyfikowanego, J/g,

$(H_i^B)_n$ – ciepło zwilżania benzenem powierzchni talku niemodyfikowanego, J/g.

Niemodyfikowane i modyfikowane talki testowano w mieszankach kauczukowych. Skład mieszanki był następujący (w cz. wag.): kauczuk SBR (Ker 1500) – 100; tlenek cynku – 5; kwas stearynowy – 2; talk niemodyfikowany lub modyfikowany – 100; przyspieszacz DM – 2,2; przyspieszacz M – 1,4; siarka – 2. Wulkanizację prowadzono w prasie hydraulicznej z ogrzewaniem parowym w temperaturze 143 °C pod ciśnieniem w cylindrze prasy 150 atm. Czas wulkanizacji wynosił 20–40 minut.

Omówienie wyników

Dodatkowe rozdrobnienie talku prowadzone w młynie strumieniowo-powietrznym powoduje zdecydowane zmniejszenie rozmiarów ziaren, również wyraźnie wpływa na poprawę stopnia dyspersji. W tabeli 2 przedstawiono porównanie rozmiarów cząstek i stopnia rozdrobnienia w poszczególnych zakresach uziarnienia przed i po mikronizacji dla badanych próbek napelniaczy.

Tabela 2. Stopień dyspersji badanych talków oznaczony metodą Sartoriusa
Degree of dispersion of studied talcs determined by the Sartorius method

Średnica cząstek μm	Procent wagowy frakcji (średnio) %	Średnia wielkość cząstek μm
Talk koreański		
poniżej 0,5	1,1	15
0,5 – 3,0	4,8	
3,0 – 5,0	6,3	
5,0 – 15,0	72,3	
powyżej 15,0	15,6	
Talk koreański mikronizowany		
poniżej 0,5	8,3	0,95
0,5 – 3,0	68,8	
3,0 – 5,0	14,6	
5,0 – 15,0	6,8	
powyżej 15,0	1,5	

Jak wynika z tabeli 2, uzyskano znaczne zmniejszenie średnicy cząstek talku – średnio ok. 10–15-krotnie (np. wielkość cząstek talku koreańskiego początkowo ok. 12–15 μm , po mikronizacji zaledwie ok. 0,8–1,0 μm).

Na podstawie badań nad modyfikacją ustalono, że związki powierzchniowo czynne najkorzystniej jest wprowadzić na powierzchnię talku z roztworu wodnego, silanowe związki wiążące po rozpuszczeniu w układzie woda–metanol (1:4), tytanianowe związki wiążące natomiast z roztworu w CCl_4 .

Podczas odparowywania rozpuszczalnika (metoda 1. modyfikacji) otrzymywano produkty o nierównomiernym pokryciu powierzchni warstwą związków proadhezyjnych. Świadczą o tym niepowtarzalne wyniki badań ciepła zwilżania powierzchni talku po modyfikacji tą metodą. Metoda ta może znaleźć zastosowanie wyłącznie w przypadku przygotowywania małych próbek (ok. 10 g) modyfikowanych talków.

Modyfikacja talku z metanolowego roztworu silanu zachodzi łatwiej niż w przypadku użycia do rozpuszczania silanu CCl_4 . Zauważono również, że ogrzewanie w ciągu 2 h nie ma zasadniczego wpływu na właściwości talku po modyfikacji, i że czas ten można skrócić do 1 h.

W tabeli 3 podano wartości ciepła zwilżania powierzchni mikronizowanych talków w wodzie i w benzenie oraz obliczone stopnie hydrofobizacji tych powierzchni po modyfikacji różnymi metodami.

Podczas modyfikacji talku coraz większą ilością związków proadhezyjnych stopniowo wzrasta ich adsorpcja na powierzchni (wskazują na to zwiększające się wartości stopni hydrofobizacji powierzchni modyfikowanych talków). Jest to zapewne związane z tym, że przy mniejszych ilościach związków proadhezyjnych w pierwszej kolejności wysycane zostają najbardziej aktywne centra powierzchni talku, natomiast przy większych ich ilościach stopniowo wysycane zostają centra o mniejszej aktywności. Ponadto, pod wpływem stosowanych związków proadhezyjnych, może zachodzić rozbicie aglomeratów cząstek talku, a w wyniku tego zwiększenie jego powierzchni zewnętrznej i pojawienie się nowych centrów aktywnych zdolnych do chemisorpcji dalszych cząsteczek środków modyfikujących. Jak wynika z przedstawionych danych (tab. 3) w miarę wprowadzania na powierzchnię badanych talków coraz większych ilości związków proadhezyjnych (z wyjątkiem glikolu polioksyetylenowego i aminosilanu) wyraźnie zmniejszają się wartości ciepła zwilżania powierzchni wodą, we wszystkich przypadkach natomiast wzrastają wartości ciepła zwilżania benzenem. W przypadku talków modyfikowanych, szczególnie tytanianem, chlorkiem tetrabutylamoniumowym oraz merkapto- i winylosilanem hydrofobizacja zachodzi w większym stopniu. Modyfikacja powierzchni talków aminosilanem i glikolem polioksyetylenowym prowadzi do otrzymywania ziaren o wyraźnie zwiększonych wartościach ciepła zwilżania wodą. Wzrost hydrofilowości powierzchni talku w tym przypadku jest spowodowany zdolnością grup aminowych (silanu) i hydroksylowych (glikolu) do tworzenia wiązań wodorowych z grupami silanolowymi jego powierzchni.

Pomiary ciepła zwilżania powierzchni modyfikowanych talków pozwoliły ustosunkować się do zastosowanych metod modyfikacji przeprowadzonej metodami 3. i 4.

W obu tych metodach modyfikację prowadzi się przez powierzchniowe zwilżanie powierzchni napelniacza roztworem związku proadhezyjnego. Metoda nanoszenia związków modyfikujących na powierzchnię talku z objętości roztworu (metoda 2.) jest mniej korzystna. Uzyskuje się mniejsze stopnie hydrofobizacji powierzchni talków. Ponadto należy odparować znaczne ilości rozpuszczalnika, co ma istotny wpływ na ekonomikę modyfikacji.

Tabela 3. Porównanie ciepła zwilżania oraz stopni hydrofobizacji powierzchni talków mikronizowanych po modyfikacji różnymi metodami

Compilation of heats of immersion and surface hydrophobization degree for modified micronized talcs (modification was performed by different methods)

Czynnik proadhezyjny		Metoda 2 H _i ^W H _i ^B N	Metoda 3 H _i ^W H _i ^B N	Metoda 4 H _i ^W H _i ^B N
	cz. wag.	[J/g] [J/g] [%]	[J/g] [J/g] [%]	[J/g] [J/g] [%]
Talk niemodyfikowany	–	12,5 14,0 –	12,5 14,0 –	12,5 14,0 –
Chlorek tatrabutylamoniowy	1	9,0 16,0 12,5	8,5 16,7 16,2	8,8 16,9 17,2
	2	8,2 17,2 18,6	7,7 17,9 21,8	8,0 18,1 22,7
	3	6,6 19,1 26,7	6,0 20,0 30,0	6,5 20,0 30,0
Glikol polioksyetylenowy (PG 4000)	1	12,9 15,2 7,9	12,9 15,8 11,4	12,6 16,0 12,5
	2	13,4 16,9 17,2	13,8 17,4 19,5	13,5 17,5 20,0
	3	14,7 18,1 22,7	15,1 18,7 25,1	14,7 19,0 26,3
γ-merkaptopropyl- -trimetoksylsilan	1	10,5 16,0 12,5	9,8 16,8 16,7	9,7 17,0 17,6
	2	8,6 17,5 20,0	8,3 18,2 23,1	8,5 18,4 23,9
	3	7,0 19,2 27,1	6,5 20,3 31,0	6,3 20,2 30,7
γ-aminopropylotri-metoksylsilan	1	13,0 15,4 9,1	13,6 16,1 13,0	13,5 16,4 14,6
	2	14,1 17,0 17,6	14,8 17,5 20,0	15,0 17,8 21,3
	3	15,7 18,3 23,5	16,2 18,9 25,9	16,4 19,3 27,5
winylotri-(βmetoksy- -etoksy)silan	1	9,8 14,9 6,0	9,4 15,3 8,5	9,3 15,5 9,7
	2	8,2 16,6 15,7	7,5 17,0 17,6	7,2 17,3 19,1
	3	6,0 19,1 26,7	5,2 19,5 28,2	5,0 19,8 29,3
tytanian izopropylotri-izostearoilu	1	9,6 17,0 17,6	9,3 17,3 19,1	9,1 17,7 20,9
	2	8,0 18,8 25,5	7,5 19,4 27,8	7,0 20,1 30,3
	3	6,3 21,7 35,5	5,9 22,5 37,8	5,0 23,0 39,1

W tabeli 4. przedstawiono wyniki badań wytrzymałościowych wulkanizatów napel-nionych niektórymi modyfikowanymi i niemodyfikowanymi talkami mikronizowanymi. Modyfikację prowadzono w skali półtechnicznej (wg metody 4.).

Tabela 4. Wpływ związków proadhezyjnych na parametry wytrzymałościowe wulkanizatów talku mikronizowany–kaczuk SBR

(do modyfikacji talku użyto 2 cz. wag. związków proadhezyjnych)

Effect of proadhesion agents on vulcanizate strength parameters
of micronized talc-loaded SBR (for talc modification 2w/v% of proadhesion agents was used)

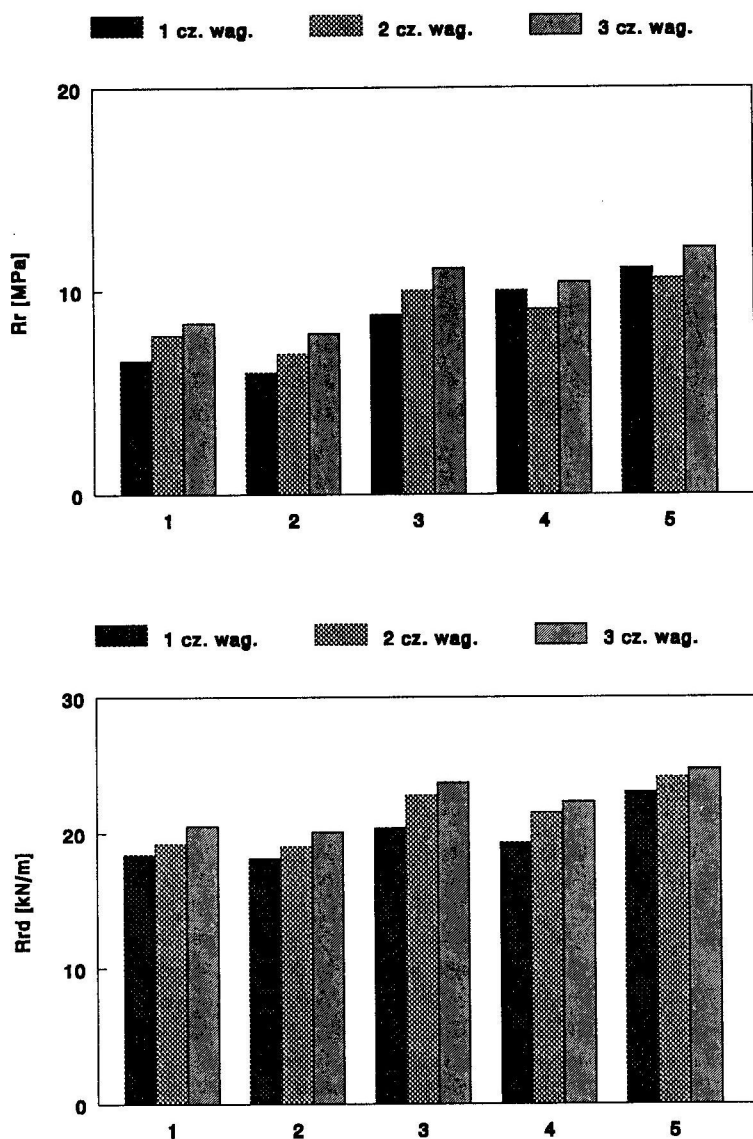
Związek proadhezyjny	Wytrzymałość na rozciąganie (R_r) MPa	Moduł 300 (M-300) MPa	Wytrzymałość na rozdzielanie (R_{rd}) kN/m	Twardość (H) °Sh
Wulkanizat nienapełniony	0,5	0,6	10,1	30
Wulkanizaty napełnione:				
– bez modyfikatora	5,2	1,5	17,4	64
– chlorek tetrabutylamonowy	7,8	2,0	19,2	65
– glikol polioksyetylenowy	6,9	2,0	19,0	65
– merkaptosilan	10,0	3,0	22,8	65
– aminosilan	9,0	2,6	20,6	65
– winylosilan	9,1	2,6	21,5	65
– tytanian izostearoilu	10,6	3,2	24,1	65

Na rysunku 2 pokazano zależność podstawowych parametrów wytrzymałościowych wulkanizatów od ilości użytych środków proadhezyjnych do modyfikacji talku.

Jak wynika z zamieszczonych danych (tab. 4 i rys. 2) najlepsze parametry wytrzymałościowe uzyskano dla wulkanizatów zawierających talki modyfikowane merkaptosilanem i tytanianem stearylów. Zarówno grupy merkaptanowe, jak i grupy stearylowe odznaczają się dużym powinowactwem chemicznym w stosunku do grup funkcyjnych kauczuku butadienowo-styrenowego wulkanizowanego siarką. W przypadku użycia talków modyfikowanych związkami powierzchniowo czynnymi uzyskano niższe wzmocnienia wulkanizatów. Spowodowane to jest nieobecnością na powierzchni talków modyfikowanych tymi związkami ugrupowań zdolnych do oddziaływań z kauczukiem na drodze konkretnej reakcji chemicznej. Obecność natomiast reszt węglowodorowych na powierzchni wpływa przede wszystkim na wzrost jej hydrofobowości. Wynika stąd, że na właściwości wytrzymałościowe wulkanizatów napełnionych talkami modyfikowanymi związkami powierzchniowo czynnymi oprócz zwilżalności powierzchni talku decydujący wpływ ma obecność zaadsorbowanych na tych powierzchniach grup zdolnych do oddziaływań z grupami funkcyjnymi kauczuku.

PODSUMOWANIE

1. Opracowano optymalną metodę modyfikacji powierzchni talku za pomocą różnych typów związków proadhezyjnych. Według opracowanej metody modyfikację prowadzi się przez zwilżanie powierzchni napełniacza roztworem związku proadhe-



Rys. 2. Zależność parametrów wytrzymałościowych (wytrzymałość na rozciąganie R_r i wytrzymałość na rozdzielanie R_{rd}) wulkanizatów: talku modyfikowany-kauczuk SBR od ilości związków proadhezyjnych stosowanych do modyfikacji powierzchni talku (zależności podano dla pięciu związków proadhezyjnych, które użyto w ilości 1–3 cz. wag.)
 1 – chlorek tetrabutylamonowy, 2 – glikol polioksyetylenowy,
 3 – merkaptosilan, 4 – winylosilan, 5 – tytanian

Fig. 2. Strength parameters (tensile strength and 300% modulus) of SBR vulcanizates with modified talc as a function of proadhesion agent content

zynego. Do tego celu najlepiej nadaje się mieszkarka do modyfikacji w skali półtechnicznej.

2. Silanowe związki proadhezyjne powinny być wprowadzane na powierzchnię talku z roztworu metanol-woda (4:1), tytanianowe związki wiążące z roztworu CCl_4 , natomiast związki powierzchniowo czynne po rozpuszczeniu w wodzie.

3. Wszystkie użyte związki proadhezyjne przyczyniają się do hydrofobizacji powierzchni talku. Podczas modyfikacji talku coraz większą ilością związków proadhezyjnych stopniowo wzrasta ich adsorpcja na powierzchni (wskazują na to zwiększające się wartości stopni hydrofobizacji powierzchni modyfikowanych talków).

4. Najwyższe wzmocnienia wulkanizatów SBR uzyskano po ich napełnianiu talkami modyfikowanymi merkaptosilanem oraz tytanianem izostearoilu. Oba zastosowane związki proadhezyjne nie tylko powodują wzrost stopnia hydrofobowości powierzchni talku, ale przede wszystkim przyczyniają się do pokrycia tej powierzchni funkcyjnymi grupami merkaptanowymi i izosteroailowymi. W efekcie oddziaływań tych grup funkcyjnych z polimerem poprawie ulegają właściwości mechaniczne gumy.

LITERATURA

- CZUJKO A.A., CZUJKO J.A. (1967), *Synteza i fizykochemia polimerów*, Kijów, Naukowa Dumka, (w jęz. rosyjskim).
- DOMKA L., KRYSZTAFKIEWICZ A., KRYSZTAFKIEWICZ W. (1982), *Urządzenie do powierzchniowej modyfikacji materiałów proszkowych*, Pat. PRL 119 358.
- KRYSZTAFKIEWICZ A. (1989), *Czynniki wiążące w układzie napełniacz-polimer*, Chemia Stosowana, 33, s.61.
- KRYSZTAFKIEWICZ A., DOMKA L., WIECZOREK W., (1985), *The modified talcs as semiactive fillers of rubbers*, Colloid Polymer Science, 263, s. 804.
- KRYSZTAFKIEWICZ A., RAGER B., MAIK M., (1993), *Utylizacja krzemionki odpadowej z produkcji kwasu fluorowodorowego*, Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii, 27, s. 163.
- KRYSZTAFKIEWICZ A., RAGER B., MAIK M., (1994), *Wpływ modyfikacji powierzchni na właściwości fizykochemiczne krzemionki strącanej*, Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii, 28, s. 117.
- KRYSZTAFKIEWICZ A., MAIK M., RAGER B. (1995), *Modyfikowane odpadowe pyły cementowe – napełniacze mieszanek gumowych*, Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii 29, s. 169.
- LIPATOW J.S. (1967), *Fizykochemia napełnionych polimerów*, Kijów, Naukowa Dumka (w jęz. rosyjskim).
- MITTAL K.L. (1992), *Silanes and other coupling agents*, Utrecht, Wyd. VSP.
- WILSON A.D., CRISP S. (1977), *Organolithic macromolecular materials*, London, Applied Science Publishers Ltd.
- ZIELENKIEWICZ W., KUREK T. (1866), *Oznaczanie ciepła zwilżania powierzchni proszkowych*, Przemysł Chemiczny, 45, s. 247.
- ŻARCZYŃSKI A., DMOWSKA A. (1970), *Napełniacze mieszanek gumowych*, Warszawa, WNT.

Krysztafkiewicz A., Rager B., Wieczorek W. (1996), Surface modification methods for mineral fillers used in plastics, *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 30, 107–117 (Polish text)

We present four modification methods for previously micronized Korean talcs ($0,8\ \mu\text{m}$) using surfactants, silane and titanate coupling agents. The modifications provide an increase of activity of talc towards elastomers. After the modifications, the wettability of talc in water and benzene was measured by a calorimetric technique. A correlation between the heat of immersion and the coverage of the talc surface has been determined. The effect of the type of the modifier used and its amount on the strength of the Ker 1500 butadiene-styrene rubber vulcanizates was also investigated.