

ANNA WOJTAS^{*)}, MARIAN ZABORSKI, ANNA KOSMAŁSKA

Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny
Instytut Technologii Polimerów i Barwników
ul. Stefanowskiego 12/16, 90-924 Łódź

Wpływ dodatku oligosilsekwioksanów klatkowych T₈ na właściwości mechaniczne kauczuku silikonowego

Streszczenie — Sporządzono mieszanki kauczuku metylwinylosilikonowego z krzemionką pirogeniczną, napełniane dodatkowo cząstkami klatkowych silsekwioksanów (POSS). Kompozycje sieciowano nadtlakiem dikumylu. Zastosowane POSS scharakteryzowano pod względem wymiarów cząstek i ich rozrzutu, potencjału Zeta w funkcji pH dyspersji wodnej oraz właściwości reologicznych. Na podstawie gęstości usieciowania, wytrzymałości na rozciąganie oraz właściwości histerezyjnych i relaksacyjnych wulkanizatów oceniano wpływ dodatku oligosilsekwioksanów na charakterystykę uzyskanych materiałów. Stwierdzono, że użyty monowinylo(izobutylo)-POSS zwiększa wytrzymałość na rozciąganie oraz gęstość usieciowania kauczuku.

Słowa kluczowe: kauczuk silikonowy, oligosilsekwioksany, właściwości mechaniczne.

THE INFLUENCE OF CELLULAR T₈ OLIGOSILSESQUIOXANES ON MECHANICAL PROPERTIES OF SILICONE RUBBER

Summary — The blends of methylvinylsilicone rubber with fumed silica additionally filled with particles of cellular silsesquioxanes (POSS) (Table 1) were prepared. The compositions were cured with dicumyl peroxide. Particle size and particle size distribution of POSS used were characterized (Fig. 1, 2) as well as Zeta potential as a function of pH of aqueous dispersion (Fig. 3) and rheological properties (Table 2). The effect of addition of oligosilsesquioxane on the characteristics of the material prepared was evaluated on the basis of crosslinking density (Table 3), tensile strength (Table 4) and hysteresis (Table 5) and relaxation (Table 6) properties of vulcanizates. It was found that monovinyl(isobutyl)-POSS increased the tensile strength and crosslinking density of the rubber obtained.

Key words: silicone rubber, oligosilsesquioxanes, mechanical properties.

Kompozyty elastomerowe z udziałem kauczuków silikonowych, dzięki specyficznej budowie łączącej w sobie elementy nieorganiczne i organiczne, w porównaniu z materiałami czysto organicznymi charakteryzują się szeregiem cennych, unikatowych właściwości. Do najważniejszych zalicza się odporność na działanie czynników atmosferycznych (starzenie ozonowe, promieniowanie UV), dobrą odporność chemiczną oraz bardzo dobre właściwości dielektryczne [1]. Wyroby z takich kompozytów wykazują zazwyczaj dużą elastyczność w ekstremalnie niskiej temperaturze, a jednocześnie zachowują dużą stabilność w temperaturze wysokiej [2]. Istotną zaletą jest także ich fizjologiczna inercja.

Kauczuk silikonowy obok wielu korzystnych cech charakteryzuje się również słabą wytrzymałością mechaniczną, która jest konsekwencją działania niewielkich sił międzycząsteczkowych. Stanowi to również przyczynę dużych wartości objętości swobodnej, dyfuzji gazów oraz ściśliwości. Właściwości mechaniczne kauczuku silikonowego można jednak znacznie poprawić w wyniku dodania do niego najczęściej stosowanych

w tym przypadku napełniaczy krzemionkowych. W takich układach efekt wzmacniający wiąże się z utworzeniem wiązań wodorowych pomiędzy grupami silanolowymi na powierzchni krzemionki i atomami tlenu w łańcuchach polisiloksanowych [3].

Makrocząsteczki funkcjonalizowanych oligosilsekwioksanów klatkowych (POSS) składają się z jednostek T (RSiO_{3/2}) [4, 5] uznawanych za najmniejsze z możliwych cząsteczki krzemionki [6]. Charakteryzują się one małą gęstością, dużą stabilnością termiczną oraz regulowaną funkcjonalnością [7, 8]. W szczególności trwałym POSS jakim jest T₈, do każdego wierzchołka klatki są przyłączone grupy organiczne R wpływające na wzrost kompatybilności napełniacza z elastomerami [9]. W zależności od ilości reaktywnych grup funkcyjnych R przy atomach krzemu, POSS może się przyłączać do polimeru na trzy sposoby [10–12]. Mianowicie, w przypadku obecności jednej grupy reaktywnej cząsteczka przyłącza się do łańcucha głównego tworząc łańcuch boczny, gdy występują dwie grupy reaktywne cząsteczka przyłącza się do łańcucha jako komonomer, a cząsteczka zawierająca trzy bądź więcej reaktywnych grup funkcyjnych wchodzi w skład powstającej sieci przestrzennej. Zdarza

^{*)} Autor do korespondencji: e-mail: anna-wojtas@tlen.pl

się także, że cząsteczki POSS z udziałem grup reaktywnych zamiast wbudowywać się w łańcuch główny polimeru tworzą agregaty [13].

Wprowadzenie monomerów POSS do polimeru może zwiększać jego wytrzymałość mechaniczną i stabilność termiczną oraz odporność na utlenianie [14–17]. Hybrydowa natura oraz nanometryczna skala wielkości cząstek POSS czyni je niezwykle atrakcyjnymi materiałami stosowanymi jako napełniacze [18].

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań kompozytów kauczuku silikonowego napełnianego cząsteczkami POSS zawierającymi grupy metylowe i winylowe. Celem pracy była ocena silseskwioxanów jako napełniaczy, analiza wpływu obecności wybranych POSS na wzmocnienie kauczuku silikonowego a także wytworzenie kompozytów kauczuku silikonowego z dodatkiem oligosilseskwioxanów o lepszych właściwościach mechanicznych.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Materiały

Obiektem naszych badań był kauczuk metylowinylsilikonowy POLIMER MV 0,07 zawierający 0,07 %

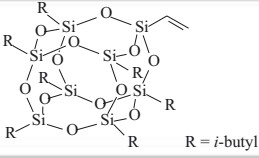
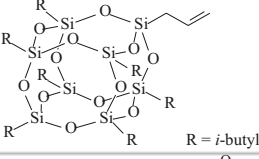
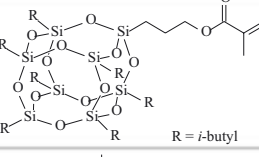
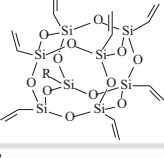
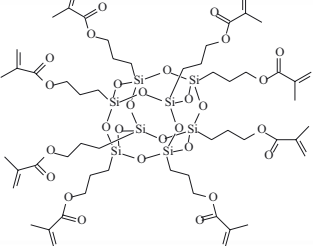
grup winylowych — produkt Zakładu Chemicznego „Silikony Polskie” w Nowej Sarzynie, sieciowany nadtlenkiem dikumylu DCP firmy Aldrich, naniesionym na kredę. Podstawowym napełniaczem kauczuku metylowinylsilikonowego była krzemionka pirogeniczna Aerosil 380 (A 380) firmy Degussa (Niemcy). Jako dodatkowe napełniacze zastosowano oligosilseskwioxany klatkowe POSS firmy Hybrid Plastic (tabela 1).

Otrzymywanie wulkanizatów

Mieszanki gumowe o składzie POLIMER MV 0,07 — 100 cz. mas., DCP — 2 cz. mas., A 380 — 30 cz. mas., POSS — 5 cz.mas. sporządzano za pomocą laboratoryjnej walcarki o wymiarach walców $D = 150$ mm, $L = 300$ mm. Temperatura walców wynosiła 27–37 °C. Po wstępnym uplastycznieniu kauczuku dodawano do niego pozostałe składniki, a następnie z mieszanek wyciągano płyty grubości 6–8 mm. Czas sporządzenia jednej mieszanki wynosił ok. 20 min. Tak przygotowane płyty przechowywano w lodówce w temp. 2–6 °C.

Mieszanki gumowe wulkanizowano w stalowych formach wulkanizacyjnych umieszczonych pomiędzy ogrzewanymi elektrycznie półkami prasy hydraulicznej, w temp. 160 °C przez 30 min.

Tabela 1. Rodzaje POSS zastosowane w mieszankach gumowych
Table 1. POSS types used in rubber blends

Nazwa związku	Wzór	Stan fizyczny	Masa molowa
Monowinylo(izobutylo)-POSS		biały proszek	843,52 g/mol
Allilo(izobutylo)-POSS		biały proszek	857,55 g/mol
Metakryloksypropylo(izobutylo)-POSS		biały proszek	1336,36 g/mol
Oktawinylo-POSS		biały proszek	633,05 g/mol
Oktametakryloksypropylo-POSS		bezbarwny olej	1433,97 g/mol

Metodyka badań

Charakterystyka napełniaczy

— Wymiary cząstek napełniacza w dyspersji wodnej i w oleju silikonowym określano przy użyciu aparatu Zetasizer NanoS90 firmy Malvern.

— Potencjał Zeta dyspersji napełniaczy w ośrodku wodnym wyznaczono za pomocą aparatu Zetasizer 2000 firmy Malvern.

— Właściwości reologiczne zawiesin napełniaczy w oleju silikonowym oceniano wykorzystując aparat RM 500 firmy Reologica Instruments AB.

— Udział objętościowy (ϕ) agregatów badanych napełniaczy w oleju metylosilikonowym obliczano według równania Mooney'a [19]:

$$\eta = \eta_0 \exp [2,5 \phi / (1 - 1,63 \phi)] \quad (1)$$

gdzie: η — lepkość dynamiczna badanej zawiesiny w warunkach prędkości ścinania 120 s^{-1} , η_0 — lepkość ośrodka rozpraszającego, η_0 oleju metylosilikonowego = $102 \text{ mPa} \cdot \text{s}$.

Charakterystyka kompozytów elastomerowych

— Zdjęcia mikroskopowe SEM przełamów badanych wulkanizatów wykonano za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego JOEL typ 35C. Próbkę o kształcie prostokąta umieszczano w ciekłym azocie, a miejsce przełamania napyłano węglem.

— Gęstość usieciowania wulkanizatów obliczano wykorzystując pomiary pęcznienia równowagowego w toluenie, oddziaływania elastomer/napełniacz oceniano natomiast na podstawie pęcznienia wulkanizatów w toluenie, w atmosferze nasyconej amoniakiem, przy założeniu, że parametr oddziaływań kauczuk silikonowy — toluen w temp. $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\mu = 0,45$ [19]. Udział fazy stałej uwzględniono w obliczeniach wartości pęcznienia zredukowanego:

$$Q_{Zr} = Q_W \cdot \frac{m_p + m_n}{m_p} \quad (2)$$

gdzie: Q_{Zr} — pęcznienie zredukowane, Q_W — pęcznienie równowagowe, m_p — masa poszczególnych składników mieszanki (g), m_n — masa napełniacza (g).

— Wytrzymałość na rozciąganie określano zgodnie z PN-ISO 37:1998, stosując próbki wioselkowe typu w-3. Badania prowadzono w temperaturze pokojowej przy użyciu uniwersalnej maszyny wytrzymałościowej firmy Zwick 1435 połączonej z odpowiednio oprogramowanym komputerem.

— Proces relaksacji mechanicznej oraz właściwości histerezyjne wulkanizatów oceniano również za pomocą aparatu Zwick 1435. Szybkość relaksacji mechanicznej wulkanizatów określono na podstawie pomiaru naprężenia próbek (σ) wydłużonych o 200 % w ciągu 30 min z zależności $\ln \sigma = f(\ln \epsilon)$, gdzie ϵ oznacza odkształcenie. Straty na histerezę wyznaczano badając 3 próbki wioselkowe typu w-3, z których każdą poddano pięciokrotnemu rozciągnięciu do wydłużenia 200 %, z prędkością rozciągania 500 mm/min. Otrzymane wyniki posłużyły do obliczenia efektu Mullinsa:

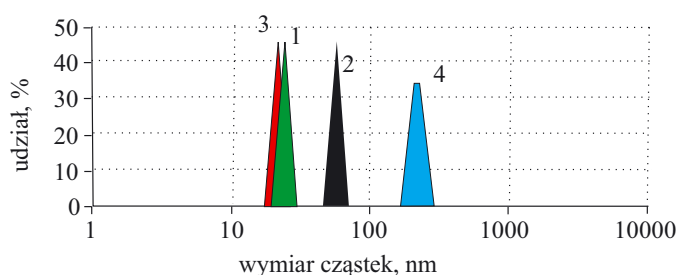
$$E_M = (W_1 - W_5) / W_1 \cdot 100 \% \quad (3)$$

gdzie: E_M — efekt Mullinsa (%), W_1 — straty na histerezę w pierwszym rozciąganiu próbki (kJ/m^2), W_5 — straty na histerezę w piątym rozciąganiu próbki (kJ/m^2).

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

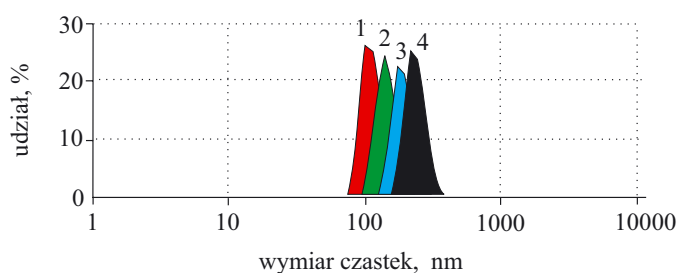
Napełniacze

Z analizy wielkości cząstek wynika, że w środowisku wodnym POSS charakteryzują się wymiarami nanometrycznymi i niewielkim ich rozrzutem (rys. 1). W hydrofobowym środowisku oleju metylosilikonowego, będącym modelem elastomeru, POSS wykazywały większe



Rys. 1. Rozkład wymiarów cząstek POSS w wodzie: 1 — monowinylo(izobutylo)-POSS, 2 — metakryloksypropylo(izobutylo)-POSS, 3 — allilo(izobutylo)-POSS, 4 — oktawinylo-POSS

Fig. 1. Particle size distribution of POSS in water: 1 — monovinyl-iso-butyl-POSS, 2 — methacryloxypropyl-iso-butyl-POSS, 3 — allyl-iso-butyl-POSS, 4 — octavinyl-POSS

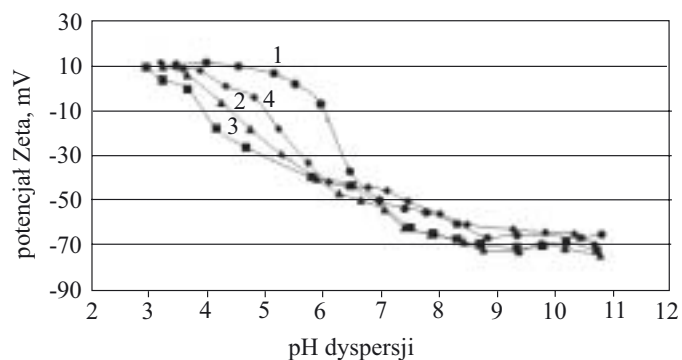


Rys. 2. Rozkład wymiarów cząstek POSS w oleju metylosilikonowym, oznaczenia por. rys. 1

Fig. 2. Particle size distribution of POSS in methylsilicone oil; denotations — see Fig. 1

wymiary cząstek, co może świadczyć o tendencji do tworzenia aglomeratów (rys. 2). Rozrzut wymiarów cząstek także był większy niż w przypadku dyspersji wodnej, co pozwala sądzić, że dodanie oligosiloksanów klatkowych do elastomeru umożliwi otrzymanie mieszanki o strukturze heterogenicznej.

Na rysunku 3 przedstawiliśmy przebieg zmian potencjału Zeta badanych siloksanów w funkcji pH ich dyspersji wodnych (0,2 g/l). Jak widać, potencjał Zeta malał w miarę wzrostu wartości pH. Najniższy

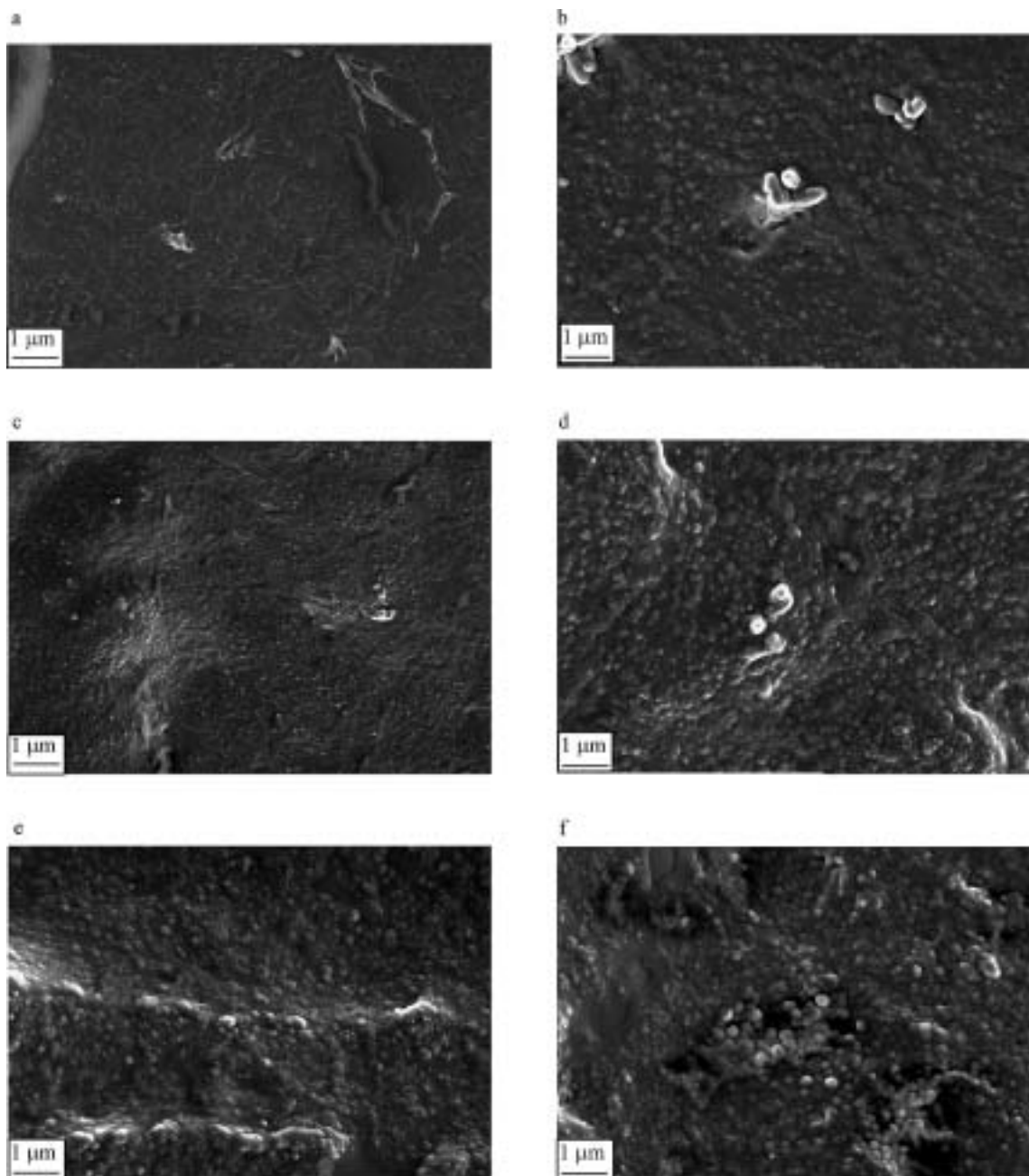


Rys. 3. Potencjał Zeta polioligosilseskwioksanów w funkcji pH ich dyspersji wodnych, oznaczenia por. rys. 1

Fig. 3. Zeta potential of cellular oligosilsesquioxanes versus pH of their aqueous dispersions; curves denotations — see Fig. 1



punkt izoelektryczny (pH 3,5) można przypisać dyspersji allilo(izobutylo)-POSS, wykazującej najsilniejsze właściwości akceptorowe. Najwyższy punkt ładunku



Rys. 4. Zdjęcia SEM powierzchni przelomów napełnianych krzemionką wulkanizatów kauczuku silikonowego z udziałem POSS: a — A 380; b — A 380 + monowinylo(izobutylo)-POSS; c — A 380 + allilo(izobutylo)-POSS; d — A 380 + metakryloksypropylo(izobutylo)-POSS; e — A 380 + oktawinylo-POSS; f — A 380 + oktametakryloksypropylo-POSS

Fig. 4. SEM images of fracture surfaces of silicone rubber vulcanizates, filled with silica, containing POSS: a — A 980, b — A 380 + monovinyl-iso-butyl-POSS, c — A 380 + allyl-iso-butyl-POSS, d — A 380 + methacryloxypropyl-iso-butyl-POSS, e — A 380 + octavinyl-POSS, f — A 380 + octamethacryloxypropyl-POSS

zerowego występujący przy pH ok. 6, osiągał monowinylo(izobutylo)-POSS, odznaczający się amfoterycznym charakterem powierzchni.

T a b e l a 2. Właściwości reologiczne zawiesin POSS w oleju silikonowym^{*)}

T a b l e 2. Rheological properties of POSS suspensions in silicone oil^{*)}

φ_0 , % obj.	φ/φ_0	η , mPa · s
Monowinylo(izobutylo)-POSS		
3,75	4,53	394
Allilo(izobutylo)-POSS		
3,75	4,51	393
Metakryloksypropylo(izobutylo)-POSS		
3,70	4,71	414
Oktawinylo-POSS		
2,64	7,00	467
Oktametakryloksypropylo-POSS		
3,04	6,10	471

^{*)} η — lepkość dynamiczna badanej zawiesiny przy $\dot{\gamma} = 120 \text{ s}^{-1}$; φ — udział objętościowy agregatów w oleju metylosilikonowym; φ_0 — udział objętościowy danego napelnacza w zawieszynie.

Zbadaliśmy także dyspersję silseskwioksanów w ośrodku elastomerowym. Na podstawie zdjęć SEM wulkanizatów oraz pomiarów reologicznych zawiesin POSS oceniliśmy ich tendencję do aglomeracji (tabela 2, rys. 4). Wszystkie omawiane układy były rozrzedzane ścinaniem. Oktawinylo-POSS i oktametakryloksypropylo-POSS najsilniej aglomerowały w oleju silikonowym na skutek większych oddziaływań cząsteczkowych między

grupami funkcyjnymi, wywierały również największy wpływ na jego lepkość.

Na podstawie zdjęć SEM można wnioskować, że dodatek POSS nie wpłynął na pogorszenie dyspersji krzemionki w kauczuku. W wulkanizatach są widoczne mniejsze i większe agregaty oraz aglomeraty o różnych wymiarach i złożonej strukturze.

Wulkanizaty

Wpływ rodzaju polioliigosilseskwioksanu na gęstość usieciowania wulkanizatów kauczuku silikonowego z jego udziałem przedstawia tabela 3.

Dodatek silseskwioksanów zawierających osiem reaktywnych grup w cząsteczce (oktawinylo-POSS, oktametakryloksypropylo-POSS), zwiększył dwukrotnie gęstość usieciowania wulkanizatów w stosunku do gęstości wulkanizatu niezawierającego silseskwioksanów. Zjawisko to może być wynikiem przyłączania się cząsteczki POSS do łańcucha głównego elastomeru i powstania sieci przestrzennej. Zastosowanie monowinylo(izobutylo)-POSS przyczyniło się już tylko do niewielkiego wzrostu gęstości tworzącej się sieci przestrzennej.

Tabela 4 zawiera wyniki pomiarów właściwości mechanicznych wulkanizatów MV 0,07. Najlepszym napelniaczem okazał się monowinylo(izobutylo)-POSS, zwiększył bowiem wytrzymałość wulkanizatu na rozciąganie o 20 %. Dodatek oktawinylo-POSS i oktametakryloksypropylo-POSS spowodowały wzrost modułów przy wydłużeniu 100, 200 i 300 %, ale także zmniejszenie wytrzymałości na rozciąganie i spadek wartości wydłużenia względnego przy zerwaniu. Pozostałe silseskwioksany wpłynęły na pogorszenie wytrzymałości na rozciąganie wulkanizatów.

T a b e l a 3. Gęstość usieciowania wulkanizatów z udziałem badanych POSS^{*)}

T a b l e 3. Crosslinking density of vulcanizates prepared with POSS studied

Rodzaj napelnacza	$\nu \cdot 10^{-5}$, mol/cm ³	$\Delta\nu \cdot 10^{-5}$, mol/cm ³	$\Delta\nu/\nu$, %
A 380	17,97	12,66	70,45
A 380 + monowinylo(izobutylo)-POSS	20,74	12,51	60,32
A 380 + allilo(izobutylo)-POSS	15,25	10,91	71,54
A 380 + metakryloksypropylo(izobutylo)-POSS	12,67	8,11	64,01
A 380 + oktawinylo-POSS	37,25	22,25	59,73
A 380 + oktametakryloksypropylo-POSS	34,56	10,42	30,15

^{*)} ν — gęstość usieciowania, $\Delta\nu$ — stężenie węzłów sieci rozpadających się pod wpływem par amoniaku.

T a b e l a 4. Właściwości mechaniczne wulkanizatów z udziałem badanych POSS^{*)}

T a b l e 4. Mechanical properties of vulcanizates prepared with POSS studied

Rodzaj napelnacza	SE 100 %, MPa	SE 200 %, MPa	SE 300 %, MPa	TS, MPa	EB, %
A 380	1,29	1,67	2,32	9,97	710
A 380 + monowinylo(izobutylo)-POSS	1,30	1,71	2,32	11,77	780
A 380 + allilo(izobutylo)-POSS	1,05	1,32	1,71	10,56	884
A 380 + metakryloksypropylo(izobutylo)-POSS	0,98	1,25	1,69	10,53	834
A 380 + oktawinylo-POSS	2,30	3,59	4,97	6,20	382
A 380 + oktametakryloksypropylo-POSS	1,94	2,67	3,69	4,62	372

^{*)} SE₁₀₀, SE₂₀₀, SE₃₀₀ — naprężenie przy wydłużeniu względnym 100; 200; 300%; TS — wytrzymałość na rozciąganie; EB — wydłużenie przy zerwaniu.

Tabela 5. Straty na histerezę wulkanizatów MV 0,07 zawierających różne POSS^{*)}**Tabela 5.** Hysteresis losses and Mullin's effect of silicone rubber vulcanizates prepared with POSS studied

Rodzaj napelniacza	W_1 , kJ/m ²	W_5 , kJ/m ²	ΔW , kJ/m ²	E_M , %
A 380	14,72	2,38	12,34	83
A 380 + monowinylo(izobutylo)-POSS	14,45	2,16	12,29	85
A 380 + allilo(izobutylo)-POSS	11,69	1,90	9,79	84
A 380 + metakryloksy(izobutylo)-POSS	12,57	2,05	10,52	84
A 380 + oktawinylo-POSS	30,51	2,25	28,26	93
A 380 + oktametakryloksypropylo-POSS	21,43	1,93	19,50	91

^{*)} W_1 — straty na histerezę pierwszego cyklu rozciągania; W_5 — straty na histerezę piątego cyklu rozciągania; E_M — Efekt Mullinsa.

Tabela 6. Relaksacja naprężeń mechanicznych wulkanizatów zawierających badane POSS^{*)}**Tabela 6.** Stress relaxation in vulcanizates prepared with POSS studied

Rodzaj napelniacza	$n_1 \cdot 10^{-2}$, s ⁻¹	$n_2 \cdot 10^{-2}$, s ⁻¹	$n_3 \cdot 10^{-2}$, s ⁻¹
A 380	15,0	4,1	2,8
A 380 + monowinylo(izobutylo)-POSS	18,4	5,1	1,6
A 380 + allilo(izobutylo)-POSS	17,9	3,8	1,1
A 380 + metakryloksy(izobutylo)-POSS	15,5	5,0	2,3
A 380 + oktawinylo-POSS	20,1	4,5	3,6
A 380 + oktametakryloksypropylo-POSS	19,9	3,9	3,0

^{*)} n_1, n_2, n_3 — szybkość relaksacji w ciągu 0—10 s, 10—100 s, 100—1000 s.

Najgorsze właściwości tłumiące wykazywały wulkanizaty z udziałem metakryloksypropylo(izobutylo)-POSS i allilo(izobutylo)-POSS (tabela 5). Dodatek oktawinylo-POSS spowodował natomiast wzrost wartości W_1 . Zwiększył się także efekt Mullinsa. Prawdopodobnie wynika to ze zwiększonej gęstości usieciowania.

Z danych zebranych w tabeli 6 widać, że dodatek silseskwioksanów wpłynął na zwiększenie szybkości relaksacji. Największą szybkością relaksacji na pierwszym etapie pomiaru (do 10 sekund) charakteryzowały się wulkanizaty napełnione krzemionką A 380 z dodatkiem oktawinylo-POSS lub oktametakryloksypropylo-POSS. W obu przypadkach, po upływie 10 sekund szybkość relaksacji znacznie się zmniejszyła. Zjawisko to mogło być spowodowane zanikiem oddziaływań pomiędzy napełniaczem a elastomerem (o istnieniu których świadczyła duża gęstość usieciowania) oraz zniszczeniem struktury napełniacza.

WNIOSKI

Oligosileskwioksany klatkowe charakteryzują się wąskim rozrzutem wymiarów cząstek. Monowinylo(izobutylo)-POSS, allilo(izobutylo)-POSS oraz metakryloksypropylo(izobutylo)-POSS mają cząstki o wymiarach < 100 nm, natomiast oktawinylo-POSS — o wymiarach ok. 300 nm. Badania potencjału Zeta potwierdzają charakter kwasowy powierzchni allilo(izobutylo)-POSS oraz metakryloksypropylo(izobutylo)-POSS oraz obojętny charakter powierzchni monowinylo(izobutylo)-POSS i oktawinylo-POSS.

Najlepszym napełniaczem okazał się monowinylo(izobutylo)-POSS, albowiem zwiększył on wytrzymałość na rozciąganie wulkanizatu o 20 % w porównaniu

z wulkanizatem niezawierającym POSS. Ponadto przyczynił się do niewielkiego wzrostu gęstości sieci przestrzennej. Zastosowanie metakryloksypropylo(izobutylo)-POSS i allilo(izobutylo)-POSS spowodowało zmniejszenie strat na histerezę. Elastomery z dodatkiem POSS łatwiej ulegały relaksacji a największy wpływ na właściwości relaksacyjne wulkanizatów wywarł oktawinylo-POSS.

Badania wykonane zostały w ramach projektu Nr 3 T08E 044 29 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

LITERATURA

- Joo J., Lee C.: *J. Appl. Phys.* 2000, **88**, 513.
- Fang S., Hu Y., Song L., Zhan J., He. Q.: *J. Mater. Sci.* 2008, **43**, 1057.
- Fejdyś M., Chruściel J., Miazga A.: *Polimery* 2006, **51**, 48.
- Eisenberg P., Erra-Balsells R., Ishikawa Y., Lucas J. C., Nonami H.: *Macromolecules* 2002, **35**, 1160.
- Mark J. E.: *Prog. Polym. Sci.* 2003, **28**, 1205.
- Xu H., Yang B., Wang J., Guang S., Li C.: *J. Polym. Sci.: Part A: Polym. Chem.* 2007, **45**, 5308.
- Liu Y-L., Tseng M-Ch., Fangchiang M-H.: *J. Polym. Sci.: Part A: Polym. Chem.* 2008, **46**, 5157.
- Roll M. F., Asuncion M. Z., Kampf J., Laine R. M.: *ACS Nano* 2008, **2**, 320.
- Chen R., Feng W., Zhu S., Botton G., Ong B., Wu Y.: *Polymer* 2006, **47**, 1119.
- Pielichowski K., Njuguna J., Janowski B., Pielichowski J.: *Adv. Polym. Sci.* 2006, **201**, 225.
- Hillson S. D., Smith E., Zeldin M., Parish C. A.: *J. Phys. Chem. B.* 2005, **109**, 8371.

12. Laine R. M.: *J. Mater. Chem.* 2005, **15**, 3725.
13. Zhang Y., Lee S., Yoonessi M., Liang K., Pittman C. U.: *Polymer* 2006, **47**, 2984.
14. Liu Y. R., Huang Y. D., Liu L.: *Polym. Degrad. Stab.* 2006, **91**, 2731.
15. Xu H. Y., Kuo S. W., Lee J. S., Chang F. C.: *Polymer* 2002, **43**, 5117.
16. Pellice S. A., Fasce D. P., Williams R. J.: *J. Polym. Sci.: Part B: Polym. Phys.* 2003, **41**, 1451.
17. Matejka L., Strachota A., Plestil J., Whelan P., Steinhart M., Slouf M.: *Macromolecules* 2004, **37**, 9449.
18. Liu L., Tian M., Zhang W., Zhang L., Mark J. E.: *Polymer* 2007, **48**, 320.
19. Mooney M.: *J. Colloid. Sci.* 1951, **6**, 162.
20. Frounchi M., Dadbin S., Panahinia F.: *Nucl. Instrum. Methods. Phys. Res. Sect. B* 2006, **243**, 354.

Otrzymano 10 II 2009 r.

XV Profesorskie Warsztaty Naukowe „PRZETWÓRSTWO TWORZYW POLIMEROWYCH” Międzyzdroje—Kopenhaga, 14—17 czerwca 2010 r.

Instytut Inżynierii Materiałowej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie zaprasza do udziału w XIV Profesorskich Warsztatach Naukowych „Przetwórstwo Tworzyw Polimerowych”, które są kontynuacją i rozwinięciem wcześniejszych Spotkań organizowanych od 1980 roku.

Przewodniczący Warsztatów: prof. dr hab. inż. Robert Sikora

Przewodniczący Komitetu Naukowego: prof. dr hab. inż. Zbigniew Rosłaniec

Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego: dr inż. Zenon Tartakowski

Celem naukowym Warsztatów jest tworzenie i rozwój metodologicznej szkoły przetwórstwa tworzyw polimerowych, kształtowanie osobowości twórców, wskazywanie obszarów rozwoju, kierunków integracyjnych i ekologicznych procesów polimerowych, rozwój i metodyka rozpraw doktorskich oraz habilitacyjnych, a także wymiana poglądów na wiodące i bieżące problemy gospodarcze związane z przetwórstwem tworzyw polimerowych.

Zaproszenia do udziału w Warsztatach otrzymują profesorowie tytularni, stanowiskowi, doktorzy habilitowani i doktorzy oraz osoby z uczelni, placówek naukowych, badawczych, rozwojowych i jednostek przemysłu związanych z postępowaniem w przetwórstwie tworzyw, a także uczestnicy studiów doktoranckich.

Zagadnienia problemowe Warsztatów

- Podstawy przetwórstwa tworzyw polimerowych
- Nowe materiały polimerowe, napełniacze, środki pomocnicze oraz ich zastosowania
- Rozwój maszyn, narzędzi i oprzyrządowania technologicznego przetwórstwa
- Problemy teoretyczne i aplikacyjne nowych technologii wtórnego wykorzystania tworzyw
- Metodologia inżynierii przetwórstwa
- Uzupełnienie wiedzy o nowe i dotąd nieznanne lub mało rozpoznane zagadnienia
- Jakość, efektywność i ekologiczność działań w przetwórstwie
- Prowadzenie oraz ocena rozpraw doktorskich i habilitacyjnych
- Problemy edukacji na studiach inżynierskich, magisterskich i doktoranckich
- Projekty naukowo badawcze i wydawnictwa naukowo-techniczne

Wystąpienia są przewidywane w formie wykładu i dyskusji (łącznie 45 minut). Przewiduje się możliwość publikowania wybranych prac w czasopiśmie „*Polimery*” oraz kontynuację Warsztatów w latach następnych.

Zgłoszenia do udziału w Warsztatach wraz z propozycją tytułu referatu — **do dnia 15 marca 2010 r.** na adres e-mail: tarzen@zut.edu.pl lub na adres: Instytut Inżynierii Materiałowej, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny (z dopiskiem: *XV Warsztaty Naukowe PTP*), Al. Piastów 17, 70-310 Szczecin.

Szczegółowe informacje: tel. (0-19) 449 49 59, 449 43 56, e-mail: tarzen@zut.edu.pl

Opłatę — 1200 zł + 22% VAT, obejmującą: koszty pobytu, druk materiałów konferencyjnych oraz naukowych spotkań, należy wnieść na konto: Fundacja na Rzecz Rozwoju Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 70-483, al. Wojska Polskiego 99, Bank Millennium S.A., Nr konta: 33 1160 2202 0000 0000 6174 2359, z dopiskiem: „*XV Warsztaty Naukowe PTP*”.