

Jacek Sosnowski*,
Wiesław A. Żmuda**

Wpływ technologii przygotowania mieszanek EPDM napełnionych sadzą na właściwości wulkanizatów

Zbadano wpływ dodatku różnych gatunków sadzy i kolejności wprowadzenia zmiękczacza do kopolimeru EPDM na właściwości otrzymanej gumy. Jakość mieszanek oceniano na podstawie właściwości fizycznych wulkanizatów. Stwierdzono, że odpowiedni sposób i kolejność dodawania składników mieszanki wpływa na poprawę niektórych właściwości wulkanizatów. Interesującym zjawiskiem jest polepszenie w określonych warunkach odporności na działanie niskiej temperatury.

Słowa kluczowe: kauczuk etylenowo-propylenowo-dienowy (EPDM), sadza, zmiękczacze, właściwości fizyczne wulkanizatów, mieszanka gumowa

Influence of mixing procedure of carbon black filled EPDM compounds on vulcanizate properties

The influence of carbon black of different kind and sequence of plasticizer addition to EPDM copolymer on properties of rubber obtained was investigated. Quality of rubber compounds was estimated on the bases of physical properties of vulcanizates. It was established, the mode of operation and sequence of components addition enhance some properties of vulcanizates. Interesting phenomena observed is improvement of low-temperature resistance.

Key words: ethylene-propylene-diene rubber, carbon black, plasticizer, physical properties of vulcanizates, rubber compound

1. Wprowadzenie

Skład recepty i współdziałanie różnych składników mieszanki kauczukowej oraz sposób mieszania ze sobą tych składników mają istotny wpływ na właściwości wulkanizatów.

Sadza – jako napełniacz tzw. wzmacniający powoduje znaczny wzrost twardości wulkanizatów. Napełniacze sadzowe zbudowane są z cząstek kulistych, które łącząc się ze sobą tworzą struktury przestrzenne.

Najważniejsze i podstawowe cechy charakteryzujące sadzę stanowią zespół wielkości, które kształtują jej strukturę; należą do nich:

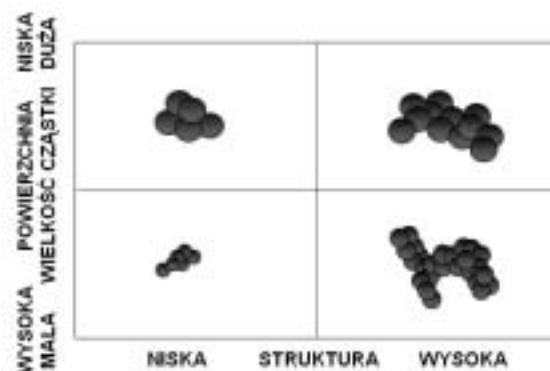
- wielkość cząstki,
- powierzchnia i jej aktywność,
- stopień rozwinięcia powierzchni.

Cechą charakterystyczną kauczuku jest jego podatność na wzmacnianie przez stosowanie napełniaczy [1]. Wprowadzenie do elastomerów napełniaczy aktywnych pozwala na otrzymanie materiałów o dużej wytrzymałości.

* Fabryka Taśm Transporterowych, WOLBROM S.A.

** Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Paliw i Energii, Kraków

Reaktywność chemiczna sadzy decyduje o sile wiązań łączących polimer z napełniaczem, a ich liczba zależy od wielkości i kształtu cząstek, od stężenia i rodzaju grup funkcyjnych na jej powierzchni [1]. Łańcuchy polimerowe kauczuku związane są z powierzchnią cząstek sadzy zarówno w wyniku adsorpcji fizycznej, jak i chemicznej, przy czym powszechnie uznaje się, że adsorpcja fizyczna odgrywa większą rolę we wzmo-



Rys. 1. Schemat zależności struktury od powierzchni i wielkości cząstek sadzy [3, 9]

Fig. 1. Dependence of the structure on the surface and particle size of the carbon black [3, 9]

nieniu gumy niż adsorpcja chemiczna [2]. Na rysunku 1 przedstawiono schemat zależności między powierzchnią, wielkością cząstki a strukturą sadzy.

Pod względem efektywności napełniacze można podzielić na trzy klasy:

- aktywne – o najbardziej zróżnicowanej i rozbudowanej powierzchni a najmniejszych rozmiarach cząstek;
- półaktywne – o właściwościach pośrednich;
- nieaktywne – posiadające cząstki o największych rozmiarach i najmniejszym stopniu rozwinięcia ich powierzchni [1].

Sadze o małych rozmiarach cząstek są zwykle trudne do wrobienia, z powodu większej energii powierzchniowej. Wrobienie do kauczuku sadzy o rozbudowanej powierzchni wymaga więcej czasu, ponieważ sadze te posiadają więcej pustej przestrzeni do wypełnienia przez kauczuk [2].

Z aktywnością powierzchni ściśle związana jest wielkość oddziaływań na granicy faz: polimer–napełniacz. Ilość tzw. kauczuku związanego zależy od wielkości powierzchni właściwej sadzy.

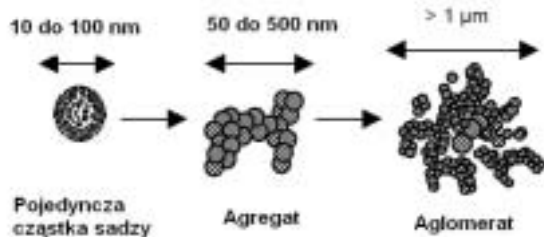
Kauczuk związany określa stopień adhezji kauczuku do napełniacza; jego zawartość w mieszance kauczukowej zależy od:

- rodzaju i ilości napełniacza,
- rodzaju kauczuku,
- sposobu sporządzania i obróbki mieszanki
- czasu działania, temperatury i rodzaju rozpuszczalnika.

Aktywność napełniaczy zależy od wielkości ich cząstek; w zakresie 10÷100 nm są napełniaczami aktywnymi, zaś napełniacze nieaktywne mają cząstki wielkości 240÷320 nm. Cząstki napełniacza wykazują skłonność do tworzenia własnej struktury w zależności od:

- średnicy,
- ich anizotropii,
- odległości między nimi [4].

Pojęcie struktury odnosi się do liczby cząstek pierwotnych wchodzących w skład agregatu i od stopnia nieregularności kształtu agregatu. W przypadku sadzy o niskiej strukturze pojedynczy agregat składa się średnio z ok. 30 domen, natomiast w przypadku sadzy o wysokiej strukturze średnia liczba domen przypadających na jeden agregat może być większa niż 200 [2]. Na rysunku 2 przedstawiono pojedynczą cząstkę sadzy o strukturze tzw. „turbo stratycznej”, z grafitowymi strefami



Rys. 2. Etapy tworzenia się aglomeratu sadzy [3,9]

Fig. 2. Steps of the carbon black aggregates formation [3, 9]

(krystality) i amorficznym węglem oraz etapy tworzenia się agregatu i aglomeratu, i ich rozmiary.

Aglomeratami nazywa się grona agregatów połączonych ze sobą wiązaniami fizycznymi, które w mieszance kauczukowej występują w przypadku niedostatecznej dyspersji sadzy [2].

Energia powierzchni napełniacza zależy od stopnia jej rozwinięcia oraz obsadzenia grupami funkcyjnymi. Na powierzchni cząstek sadzy znajdują się grupy funkcyjne, które mogą reagować z cząsteczkami kauczuku [2]. Grupy funkcyjne pełnią ważną rolę w oddziaływaniu powierzchni sadzy z cząsteczkami polimeru. Powstałe grupy tlenowe nadają sadzom kanałowym kwaśny charakter, przez co spowalniają proces wulkanizacji mieszanek gumowych.

Fizykochemiczna adsorpcja polimeru na powierzchni cząstek sadzy jest przyczyną częściowego unieruchomienia łańcuchów polimerowych. Grubość warstwy polimeru, otaczającej cząstki sadzy o ograniczonej zdolności do przemieszczania się, można oszacować przez pomiar ilości kauczuku związanego [1].

Jak już wspomniano, aktywność powierzchni sadzy odgrywa decydującą rolę we wzmacnianiu kauczuku. Zasięg oddziaływania powierzchni cząstek sadzy z kauczukiem zależy od orientacji mikrokrystalitów grafitowych na powierzchni sadzy. Im bardziej nieuporządkowana i wyższa energia powierzchniowa cząstek sadzy, tym silniejsze oddziaływania między jej powierzchnią a cząstkami kauczuku. Skutkiem silniejszych oddziaływań jest na ogół większa wytrzymałość i moduł przy rozciąganiu, ale mniejsza elastyczność materiału [2].

2. Część badawcza

Podstawowym celem badań było sprawdzenie, czy sposób sporządzania mieszanek kauczukowych z elastomerem EPDM, rodzaj napełniacza i ilość użytego zmiękczacza ma wpływ na właściwości fizyczne wulkanizatów.

Do badań został wybrany kauczuk EPDM, gdyż może być napełniony w stopniu nieosiągalnym dla innych kauczuków, zachowując wciąż znakomite właściwości przerobowe, a wykonane z niego wulkanizaty odznaczają się wysoką jakością [10]. Fakt ten umożliwia sprawdzenie, czy ilość, rodzaj i kolejność wprowadzania poszczególnych składników do mieszanki kauczukowej ma istotny wpływ na jej właściwości fizyczne.

W badaniach skupiliśmy się na:

- napełniaczach (sadze),
 - zmiękczacach (olej parafinowy),
- mających w tego rodzaju mieszankach (EPDM) największy udział.

Skład recepty został dobrany tak, by uwydatnić wpływ rodzaju sadzy i sposobu jej mieszania z polimerem, z różnymi ilościami oleju, na właściwości fizyczne mieszanki. Przeciwtleniacze i środki przeciwstarzeniowe celowo zostały pominięte. Zastosowano sie-

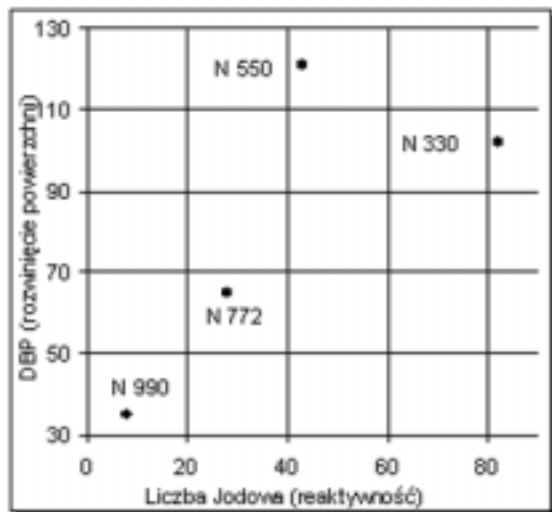
ciowanie nadtlenkowe w celu uproszczenia składu recepty mieszanki gumowej.

Skład mieszanki gumowej	cz. wag.
EPDM <i>Royalene 556</i>	100,0
glikol polietylenowy <i>Lipoxol 6000</i>	1,8
olej parafinowy <i>Ondina 934</i>	warianty
sadza	warianty
koagencja wulkanizacji <i>Rhenofit EDMA/S</i>	2,2
nadtlenuk organiczny <i>Luperox F 40</i>	7,2

Sadze techniczne, które zostały wybrane do badania, mają różny stopień rozwinięcia powierzchni, określany przez absorpcję ftalanu dibutyłu (DBP) wyrażoną w cm^3/g oraz różną reaktywność, określoną przez wyznaczenie liczby jodowej (*jest to masa jodu (J_2), która w znormalizowanych warunkach wejdzie w reakcję ze 100 gramami substancji*) wyrażonej w $\text{g}/100 \text{ kg}$, rysunek 3 [5]. Są to:

- sadza aktywna N 330;
- sadza półaktywna N 550 i N 772;
- sadza nieaktywna N 990.

W badaniu został użyty olej parafinowy, ponieważ charakteryzuje się największą kompatybilnością (większą od olejów naftenowych i aromatycznych) z posiadającym niską polarność polimerem EPDM.



Rys. 3. Mapa morfologii sadzy [6, 8]
Fig. 3. The map of the carbon black morphology [6, 8]

Olej ten charakteryzuje się następującymi właściwościami:

- lepkością: $8,9 \text{ mm}^2/\text{s}$ w $100 \text{ }^\circ\text{C}$
- gęstością: $0,866 \text{ g}/\text{cm}^3$ w $15 \text{ }^\circ\text{C}$

Przygotowano dziesięć mieszanek z użyciem wyżej wymienionych czterech rodzajów sadzy i różnych ilości oleju parafinowego, zgodnie z planem zawartym w tabeli 1, za pomocą technik A i B – opisanych w tabeli 2.

Mieszanki wykonano za pomocą walcarki laboratoryjnej, o długości i średnicy walców odpowiednio: 430 mm i $\varnothing 200 \text{ mm}$ oraz frykcji wynoszącej $1 \pm 1,15$, o temperaturze początkowej $40 \text{ }^\circ\text{C}$, w procesie dwucyklowym.

Tabela. 1. Udział ilościowy oleju i sadzy w badanych mieszankach

Table 1. The amount of oil and carbon black in the tested compounds

Nr mieszanki	Ilość oleju, cz.wag.	Ilość sadzy, cz.wag.
1	55	140
2	55	140
3	55	140
4	55	140
5	35	100
6	40	100
7	45	100
8	55	100
9	65	100
10	78	130

Tabela. 2. Kolejność dodawania składników mieszanki gumowej

Table 2. The sequence of the components addition into rubber compound

Cykl I			
t, s			
0		szczelina walca 0,1 mm	
60		uplastycznianie polimeru	
10		zespół wulkanizujący	
120		ujednorodnienie	
$\Sigma 190$			
Cykl II			
Typ A		Typ B	
t, s		t, s	
30	2/3 sadzy	150	sadza + olej
60	ujednorodnienie	120	ujednorodnienie
80	1/3 sadzy + olej		
120	ujednorodnienie		
$\Sigma 290$		$\Sigma 270$	

Cykl I – to wykonanie wspólnej dla wszystkich mieszanek przedmieszki, w celu osiągnięcia większej porównywalności wyników.

Cykl II – to wykończenie przedmieszek dwiema metodami A i B, z zastosowaniem różnych wariantów ilościowych i jakościowych w przypadku sadzy oraz ilościowych w przypadku oleju.

Mieszanki o numerach: 1, 2, 3, 4, zawierają taką samą ilość sadzy i oleju. Zmienia się rodzaj użytej sadzy i metoda sporządzania mieszanek A i B.

Mieszanki o numerach: 5, 6, 7, 8 i 9 zawierają jednakowe ilości sadzy tego samego rodzaju, ale różne ilości oleju; metody ich sporządzania A i B.

Mieszanka 10, o składzie ustalonym doświadczalnie, została przeznaczona do określenia temperatury kruchości wulkanizatów mieszanek wytworzonych metodami A i B.

Badania wulkanizatów przeprowadzono zgodnie z normami ISO:

- Oznaczanie twardości gumy metodą – Shore'a typ A (PN-80/C-04238);
- Oznaczenie właściwości wytrzymałościowych gumy przy rozciąganiu (PN-ISO-37);
- Oznaczenie kruchości gumy w niskiej temperaturze (PN-ISO-812).

Warunki sporządzania i testowania próbek były porównywalne dla wszystkich mieszanek. Mieszanki wulkanizowano w elektrycznej prasie laboratoryjnej, w temperaturze 160°C i czasie 30 minut.

3. Wyniki badań i dyskusja

Sposób i kolejność dodawania poszczególnych składników do tworzonej mieszanki kauczukowej mogą wpłynąć na zmiany niektórych jej właściwości.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że na właściwości fizyczne wulkanizatów ma istotny wpływ kolejność dodawania poszczególnych składników.

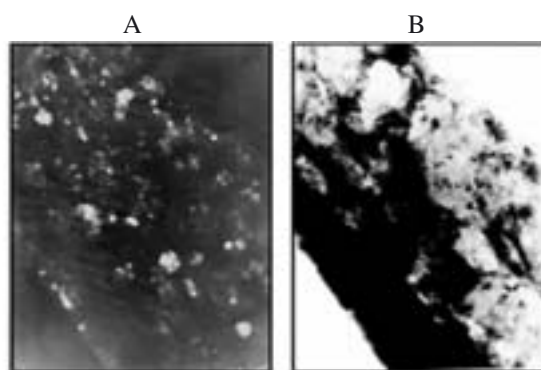
Zmiękczacze wpływają znacząco na wielkość oddziaływań polimerów z napełniaczami. Istotne znaczenie ma kolejność dodawania zmiękczacza do mieszanki. Jeżeli sadzę zmiesza się z olejem, a następnie wprowadzi do elastomeru, to jej aktywność jest mniejsza niż wtedy, gdy sadzę bezpośrednio zmiesza się z kauczukiem, a następnie wprowadzi zmiękczac [7]. Spowodowane to jest prawdopodobnie tym, że zmiękczacze na powierzchni cząstek napełniaczy mogą tworzyć warstwę pośrednią, oddalającą cząstki kauczuku i napełniacza od siebie, a tym samym utrudniają adhezję sadzy do kauczuku.

W celu określenia stopnia adhezji kauczuku do napełniacza wykonano oznaczenia kauczuku związanego w mieszankach, wykonanych wyżej opisanymi metodami A i B.

Badane próbki poddano działaniu rozpuszczalnika, oznaczono wagowo zawartość żelu (części nierozpuszczalnych), a następnie metodą termogravimetryczną oznaczono ilość kauczuku związanego w postaci żelu. Zawartość kauczuku związanego różni się, w zależności od sposobu sporządzania mieszanek, o około 26% na korzyść mieszanki wykonanej metodą A. Świadczy to o uzyskaniu większej adhezji kauczuku do sadzy w tej metodzie, a to przekłada się na:

- właściwości mechaniczne wulkanizatów przy rozciąganiu;
- odporność na działanie niskiej temperatury.

Dobłą i złą dyspersję sadzy w mieszankach gumowych sporządzonych metodami A i B zobrazowano na mikrofotografiach wykonanych techniką TEM (transmisyjna mikroskopia elektronowa) o powiększeniu 50 000 \times , umożliwiającą ocenę dyspersji napełniacza w ośrodku elastomerowym. Jak widać na zdjęciach TEM (rysunek 4), dyspersja napełniacza w elastomerze zależy od kolejności dodawania oleju względem sadzy do elastomeru.



Rys. 4. Mikrofotografie TEM: A (ciemne pole) – dobra dyspersja sadzy, B (jasne pole) – zła dyspersja sadzy
Fig. 4. TEM micrographs: A (dark field) – good dispersion of carbon black; B (bright field) – bad dispersion of carbon black

3.1. Analiza głównych właściwości wulkanizatów w odniesieniu do aktywności użytej sadzy i sposobu wykonania mieszanki kauczukowej

W pierwszym etapie prac określono wpływ rodzaju sadzy oraz sposobu wykonania mieszanki kauczukowej. W tabeli 3 przedstawiono właściwości wulkanizatów w zależności od rodzaju sadzy i sposobu wykonania mieszanki.

Różnice w wytrzymałości na rozciąganie wulkanizatów w zależności od sposobu wykonania mieszanki wzrastają wraz z rosnącą aktywnością użytej sadzy, rysunek 5.

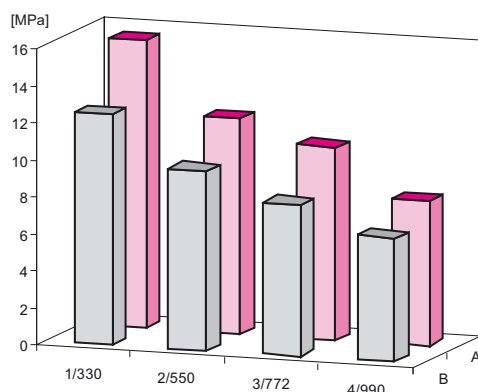
Jak wynika z tabeli 3, wraz z rosnącą aktywnością sadzy będącej napełniaczem mieszanki gumowej zmieniają się właściwości wulkanizatów. Zwiększają się:

- wytrzymałość na rozciąganie,
 - twardość,
 - moduł przy rozciąganiu,
- natomiast maleje:
- wydłużenie przy zerwaniu.

W przypadku sadzy aktywnej, omawiane modyfikacje w sposobie wykonania mieszanek kauczukowych pro-

Tabela 3. Właściwości wulkanizatów w zależności od rodzaju sadzy i sposobu wykonania mieszanki
Table 3. Properties of the vulcanizates regarding to the kind of carbon black used and the way of rubber compound preparation

Nr mieszanki	1		2		3		4	
Typ sadzy wg ASTM	330		550		772		990	
Ilość sadzy, cz.wag.	140		140		140		140	
Ilość oleju, cz.wag.	55		55		55		55	
Metoda sporządzania mieszanki	A	B	A	B	A	B	A	B
Własności wulkanizatów								
Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	15,5	12,4	11,6	9,7	10,4	8,2	7,8	6,7
Wydłużenie przy zerwaniu, %	260	230	310	250	260	260	590	530
Moduł przy rozciąganiu M ₁₀₀ , MPa	3,2	3,4	2,8	2,7	2,2	2,1	1,3	1,2
Twardość, °ShA	70	72	61	67	65	66	50	49



Rys. 5. Wytrzymałość na rozciąganie wulkanizatów 1–4
Fig. 5. Tensile strength of the vulcanizates (No 1–4)

wadzą do zwiększenia wytrzymałości wulkanizatu na rozciąganiu o 3,1 MPa, rysunek 5.

Wzrost ten jest osiągnięty przy jednoczesnym zachowaniu porównywalnych pozostałych właściwości fizycznych mieszanek 330 1A i 1B. Natomiast w przypadku sadzy nieaktywnej różnice w uzyskanych wynikach nie są tak istotnie duże (mieszanki 990 4A i 4B). Sadze półaktywne, powodują także zauważalny wzrost wytrzymałości na rozciąganie wulkanizatów mieszanek, w zależności od sposobu ich wykonania, który w tym przypadku wynosi 1,9 MPa – dla mieszanek 550 2A i 2B oraz 2,2 MPa – dla 772 3A i 3B.

Podsumowując, ze wzrostem aktywności sadzy mieszanki użytej jako napełniacza mieszanek kauczukowych zwiększają się różnice wytrzymałości ich wulkanizatów w zależności od sposobu wykonania mieszanki.

Wydłużenie przy zerwaniu jest maksymalne dla sadzy nieaktywnej, minimalne zaś dla sadzy aktywnej oraz porównywalne dla obydwu z omawianych metod A i B.

Moduł przy rozciąganiu zwiększa się wraz z rosnącą reaktywnością sadzy i jest porównywalny dla obydwu omawianych metod produkcji mieszanek. Twardość wulkanizatów wzrasta wraz z rosnącą aktywno-

cią sadzy i jest, podobnie jak w przypadku modułu i wydłużenia, porównywalna w obu omawianych metodach.

3.2. Analiza głównych właściwości wulkanizatów w odniesieniu do ilości użytego zmiękczacza i sposobu wykonania mieszanki kauczukowej

Kolejnym etapem badań było określenie wpływu ilości zmiękczacza i sposobu wykonania mieszanki kauczukowej na jej właściwości fizyczne.

W tabeli 4 przedstawiono wyniki badań właściwości fizycznych wulkanizatów w zależności od ilości użytego zmiękczacza i sposobu wykonania mieszanek kauczukowych.

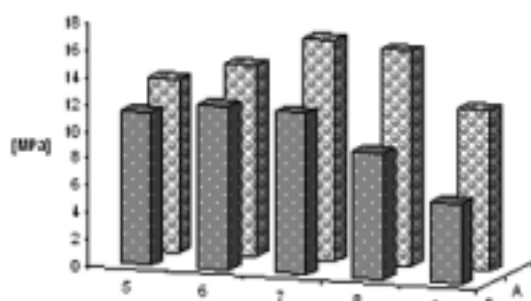
Analizując właściwości wulkanizatów zawierających określone proporcje napełniacza do zmiękczacza, przedstawione w tabeli 4, można wnioskować, że przy stałej zawartości tego samego typu sadzy w mieszance, zwiększanie udziału oleju od początkowej, najmniejszej założonej przez nas wartości, powoduje wzrost wytrzymałości na rozciąganie do maksymalnej wartości (mieszanki nr 7 i 8). Jednak dalsze dodawanie zmiękczacza powoduje pogorszenie tych właściwości (mieszanka nr 9). Wprowadzenie niedostatecznych ilości zmiękczacza w stosunku do założonych przez nas ilości napełniacza prowadzi do uzyskania wulkanizatu o niskich wartościach wytrzymałości podczas jego rozciągania. Ponadto, wraz ze wzrostem zawartości oleju w mieszance kauczukowej, przy niezmiennej ilości napełniacza, zwiększa się różnica w wytrzymałości na rozciąganie wulkanizatów, uzależniona od kolejności wprowadzania oleju względem sadzy do elastomeru.

Na rysunku 6 przedstawiono w sposób graficzny wytrzymałość na rozciąganie omawianych wulkanizatów.

Tabela. 4. Właściwości fizyczne wulkanizatów w zależności od ilości użytego zmiękczacza i sposobu wykonania mieszanki gumowej

Table 4. Physical properties of vulcanizates regarding to the amount of plasticizer and the way of rubber compound preparation

Nr mieszanki	5		6		7		8		9	
Typ sadzy ASTM	330		330		330		330		330	
Ilość sadzy, cz.wag.	100		100		100		100		100	
Ilość oleju, cz.wag.	35		40		45		55		65	
Metoda sporządzania mieszanki	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Właściwości wulkanizatów										
Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	12,8	11,3	14,2	12,1	16,4	12,3	16,0	9,4	12,0	6,0
Wydłużenie przy zerwaniu, %	292	283	245	222	340	290	360	237	400	390
Moduł przy rozciąganiu M ₁₀₀ , MPa	2,5	2,5	3,0	3,0	2,4	2,3	2,3	2,2	1,5	1,2
Twardość, °ShA	72	71	76	76	70	68	69	68	63	58

Rys. 6. Wytrzymałość na rozciągania wulkanizatów 5–9
Fig. 6. Tensile strength of the vulcanizates (No 5–9)

Wraz ze zwiększeniem ilości oleju w mieszance przy stałej zawartości sadzy, zwiększa się wydłużenie przy zerwaniu.

Zwiększanie ilości oleju w mieszankach przy stałej zawartości sadzy, powoduje zmniejszanie się modułu przy rozciąganiu – to może być oznaką spadku stopnia usieciowania wulkanizatu, którego jest on jednym z znaczników.

Moduł przy rozciąganiu zależny jest od:

- stopnia usieciowania wulkanizatu,
- grubości i właściwości warstwy powierzchni napełniacza związanej (siłami adsorpcji) z elastomerem,
- tzw. efektu hydrodynamicznego (obecności fazy twardej),
- „struktury napełniacza”.

Zwiększenie ilości zmiękczacza w mieszance prowadzi do zmiany (obniżenia) lepkości mieszanek. Twardości wulkanizatów są porównywalne, niezależnie od kolejności wprowadzania do niej napełniacza względem zmiękczacza.

Można przypuszczać, że zwiększona ilość oleju w mieszance wykonywanej metodą B powoduje spadek aktywności sadzy i izolowanie kontaktu napełniacza z kauczukiem, co przekłada się na gorsze właściwości mechaniczne gumy.

3.3. Wpływ technologii produkcji mieszanek kauczukowych na ich odporność na niską temperaturę

W celu ustalenia najniższej temperatury, w której próbki poddane badaniom w niskiej temperaturze, w określonych warunkach nie ulegną pęknięciu, przyjęto doświadczalny skład recepty mieszanki gumowej nr 10 [11], którą wykonano dwiema wyżej opisanymi metodami: A i B. W tabeli 5 przedstawiono wpływ technologii przygotowania mieszanek kauczukowych na ich odporność na działanie niskiej temperatury.

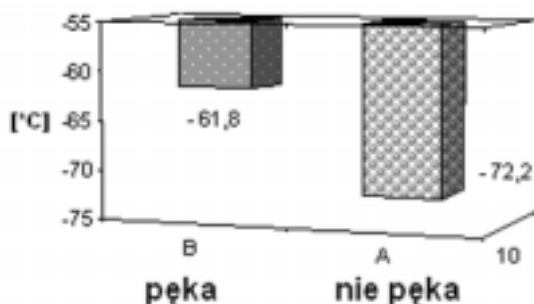
Tabela. 5. Wpływ sposobu sporządzania mieszanek gumowych na ich odporność na działanie niskiej temperaturę

Table 5. The influence of the rubber compound preparation on their low-temperature resistance

Nr mieszanki	10	
Typ sadzy ASTM	330	
Ilość sadzy, cz.wag.	130	
Ilość oleju, cz.wag.	78	
Metoda sporządzania mieszanki	A	B
Właściwości wulkanizatów		
Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	7,8	6,1
Wydłużenie przy zerwaniu, %	415	390
Moduł przy rozciąganiu M ₁₀₀ , MPa	1,57	1,50
Twardość, °ShA	67	70
Temperatura kruchości gumy, °C	-72,2 nie pęka	-61,8 pęka

Kolejność wprowadzania składników podczas sporządzania mieszanki kauczukowej, opisana w metodzie

B, prowadzi do uzyskania wulkanizatów EPDM o wyznaczonej T_K równej $-61,8^\circ\text{C}$. Metoda A natomiast pozwala uzyskać wulkanizat odporny na temperaturę $-72,2^\circ\text{C}$, bez wyznaczenia właściwej temperatury kruchości T_K tej mieszanki, ze względu na brak możliwości aparaturowych.



Rys. 7. Temperatura kruchości gumy
Fig. 7. Brittle point of the rubber compound

Na rysunku 7 przedstawiono w sposób graficzny odporność gumy na działanie niskiej temperatury.

Problem zwiększania odporności gumy na działanie niskiej temperatury, przez modyfikację technologii wytwarzania mieszanek, jest w trakcie badań i będzie tematem następnej pracy.

4. Wnioski

Kolejność dodawania zmiękczacza do mieszanki gumowej ma istotny wpływ na właściwości fizyczne

produkowanej gumy. Opisana metoda A wytwarzania mieszanek gumowych z kauczuku EPDM, napełnionych sadzą o dużej reaktywności i rozwiniętej powierzchni, pozwala uzyskać wulkanizaty, które charakteryzują się:

- większą wytrzymałością na rozciąganie,
- lepszą odpornością na działanie niskiej temperatury.

Ponadto, zależność ta jest bardziej widoczna w przypadku mieszanek posiadających w swoim składzie zwiększoną zawartość zmiękczaczy.

Literatura

1. Vink D. A., *Elastomery* 1997, 1, nr 5, s.13-19
2. White J.R. i De S.K. „*Rubber Technologist's Handbook*”, wyd. RAPRA Technology Limited, I wydanie 2001 r.
3. Accorsi J. V., *Cabot Corporation Billerica, Massachusetts, USA. Wire & Cable Symposium, Atlantic City, November 18, 1999*
4. Zaborski M., Ślusarski L., *Elastomery* 1997, 1, nr 5, s. 6-12
5. www.totalpolska.com.pl
6. Riedel J.A. i Vander Laan R.H., „*The Vanderbilt Rubber Handbook*”, wyd. 13, 1990, s. 123-148
7. Zaborski M., „*Aktywność napełniaczy w ośrodku elastomerach*” – *Rozprawy naukowe. Politechnika Łódzka, 1994*
8. www.degussa.com
9. www.columbianchemicals.com
10. Żarczyński A., *Elastomery* 1997, 1, nr 2, s. 3-16
11. Gallagher M. *Rubber World*, 1994, 211, nr 3, s. 26

Instytut Przemysłu Gumowego „Stomil”, 05-820 Piastów, ul. Harcerska 30

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: Krystyna Karwat – tel. (0 22) 723 60 25 wew. 204
k.karwat@ipgum.pl, ipg@ipgum.pl