

Krzysztof Formela\*<sup>1</sup>, Józef Haponiuk\*, Łukasz Piszczyk\*, Paulina Ciecholewska\*

## Właściwości mieszanin typu recyklat polietylenu–miał gumowy modyfikowanych poliizobutylenem w obecności nadtlenczków

Miał gumowy poddawano modyfikacji poliizobutylenem metodą mieszania w warunkach ścinania w obecności nadtlenczków lub bez nich. Do szczepienia poliizobutylenem na powierzchni miała gumowego stosowano trzy nadtlenczki organiczne: nadtlenek dikumylu, nadtlenek di-tert-butylu oraz di(tert-butylperoxyisopropyl)benzen. Scharakteryzowano wpływ modyfikacji na stopień spęcznienia, zawartość frakcji zolu oraz morfologię miała gumowego. Miał gumowy modyfikowany poliizobutylenem przetwarzano w mieszalniku firmy Brabender wraz z poprodukcyjnym recyklatem polietylenu wysokiej gęstości w stosunku wagowym 50:50. Określono statyczne i dynamiczne właściwości mechaniczne otrzymanych kompozycji termoplastycznych.

Słowa kluczowe: recykling materiałowy, odpady gumowe, kompozycje termoplastyczne

## The study of influence of polyisobutylene and type of peroxide on properties of recycled polyethylene – ground tire rubber blends

The surface of ground tire rubber (GTR) was modified by polyisobutylene at mixing (shear stress) waste rubber with polyisobutylene at the presence of peroxides. Polyisobutylene was grafted on ground tire rubber surface with using of three different organic peroxides: dicumyl peroxide, di-tert-butyl peroxide and di(tert-butylperoxyisopropyl)benzene. The swelling degree, zol fraction and morphology of modified ground tire rubber was characterized. Modified GTR was processed in a Brabender mixer with postproduction polyethylene wastes at 50:50 mass ratio. Static and dynamic mechanical properties of obtained thermoplastic compositions was characterized.

Key words: material recycling, rubber waste, thermoplastic compositions

### I. Wstęp

Poszukiwanie nowych, alternatywnych form recyklingu materiałowego odpadów gumowych oraz potencjalnych aplikacji otrzymanych produktów jest obecnie przedmiotem zainteresowania wielu firm oraz jednostek badawczych. Na wzrost popularności proekologicznych technologii wykorzystujących surowce wtórne, oprócz czynników ekonomicznych, wpływa wydanie aktów prawnych umożliwiających ich wdrażanie [1] oraz rosnąca ilość odpadów gumowych, głównie zużytych opon, których rocznie w Polsce przybywa około 200 tys. ton [2, 3].

Obecnie najczęściej stosowaną formą recyklingu materiałowego jest bezpośrednie wykorzystanie rozdrobnionych odpadów gumowych, głównie jako napelnaczy lub modyfikatorów kompozycji polimerowych [4-10], mieszanek kauczukowych [11-15], asfaltów

[16-21] i cementów [22, 23]. Udział rozdrobnionych odpadów gumowych w tego typu materiałach jest z reguły niewielki ze względu na pogorszenie ich właściwości mechanicznych, co wynika ze słabych oddziaływań na granicy faz ośrodka i usieciowanych cząstek miała gumowego. Jednym ze sposobów poprawy właściwości użytkowych kompozycji zawierających miał gumowy jest jego modyfikacja.

Colom i in. [24] określili wpływ rozmiaru cząstek rozdrobnionej gumy oraz warunków utleniania miała gumowego kwasami nieorganicznymi na kompatybilność kompozycji składających się z odpadowego polietylenu i odpadów gumowych. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzili, że właściwości uzyskanych kompozycji zależą bardziej od rozmiaru cząstek gumy niż od modyfikacji powierzchni miała gumowego za pomocą kwasów nieorganicznych.

Sonnier i współpr. [25] scharakteryzowali wpływ modyfikacji powierzchni miała gumowego na właściwości mechaniczne jego kompozycji z HDPE/LDPE. Modyfikacja polegała na utlenianiu miała gumowego za pomocą nadmanganianu potasu lub działaniu na miał promieniowania gamma w atmosferze powietrza. Autorzy

\* Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny, Katedra Technologii Polimerów

<sup>1</sup> Autor do korespondencji: e-mail: kformela@urethan.chem.pg.gda.pl

stwierdzili brak znaczącego wpływu zaproponowanych metod modyfikacji powierzchni miała na właściwości mechaniczne otrzymanych mieszanin.

Awang i współpr. [26] badali wpływ miała gumowego modyfikowanego 2-4-proc. roztworem lateksu kauczuku naturalnego na właściwości mieszanin typu polipropylen-miał gumowy. Modyfikacja rozdrobnionych odpadów gumowych lateksem wpłynęła na polepszenie właściwości mechanicznych, odporności chemicznej (pęcznienie w toluenie i oleju) oraz widocznej na zdjęciach SEM adhezji między fazami polipropylenu i miała gumowego. Ci sami autorzy potwierdzili również korzystny wpływ nadtlenu dikumylu, N,N'-*m*-fenylobismaleinoimidu [27] oraz *trans*-polioktanomeru [28, 29] na właściwości kompozycji polipropylen-miał gumowy.

W pracach [30, 31] badano możliwość zastosowania alliloaminy jako modyfikatora miała gumowego. Rozdrobnione odpady gumowe modyfikowane alliloaminą wykazywały wzrost oddziaływań na granicy faz polipropylen-miał gumowy, co potwierdziły badania właściwości mechanicznych oraz morfologii.

Celem naszej pracy była ocena wpływu poliizobutyenu, jako modyfikatora powierzchni miała gumowego oraz rodzaju nadtlenu organicznego użytego podczas intensywnego mieszania, na właściwości modyfikowanego miała gumowego. Przedstawiono wyniki badań statycznych i dynamicznych właściwości mechanicznych kompozycji termoplastycznych składających się z poprodukcyjnego polietylenu wysokiej gęstości oraz miała gumowego poddanego modyfikacji poliizobutylenem.

## 2. Część doświadczalna

### 2.1. Materiały

- Miał gumowy (GTR) o frakcji do 1,5 mm, otrzymany w wyniku mechanicznego rozdrobnienia opon samochodowych, firmy ABC Recykling z Krosna Odrzańskiego;
- Mikrogranulat polietylenu wysokiej gęstości (HDPE) otrzymany w wyniku rozdrabniania odpadów poprodukcyjnych (MFR w 190°C i przy obciążeniu 2,16 kg; 23,1 g/10 min), firmy Kalman-Plastics z Warszawy;
- Nadtlenuki organiczne: Peroxan DC-P+ (nadtlenuk dikumylu), Peroxan BIB-1 (di(tert-butylonadtlenuizopropylu)benzen), Peroxan DB (nadtlenuk di-tert-butylu), firmy Pergan GmbH (Niemcy);
- Poliizobutylen, Oppanol B50, o masie cząsteczkowej  $M_v=400\ 000$ , z firmy BASF (Niemcy).

### 2.2. Modyfikacja miała gumowego

Modyfikację powierzchni miała gumowego przeprowadzono za pomocą walcarki laboratoryjnej firmy Buzuluk. Miał gumowy z poliizobutylenem poddano inten-

sywnemu ścinaniu w szczelinie między walcami w czasie 5 minut. W przypadku modyfikacji miała gumowego elastomerem oraz nadtlenukiem organicznym, w celu lepszej dyspersji nadtlenuk dodawano po 2 minutach wstępnego mieszania rozdrobnionych odpadów gumowych z poliizobutylenem. Próbkę odniesienia R0 stanowił miał gumowy poddany obróbce w szczelinie walcarki w warunkach identycznych jak podczas modyfikacji. Skład miała gumowego modyfikowanego poliizobutylenem podano w tabeli 1.

Tabela 1. Skład miała gumowego modyfikowanego poliizobutylenem, cz. mas.

Table 1. Composition of ground tire rubber modified with polyisobutylene, mass units

Składnik	Nazwa próbki				
	P1	P2	P3	P4	P5
GTR	90	80	70	60	50
Oppanol B50	10	20	30	40	50
	PK1	PK2	PK3	PK4	PK5
GTR	90	80	70	60	50
Oppanol B50	10	20	30	40	50
Peroxan DC-P+	1				
	PI1	PI2	PI3	PK4	PK5
GTR	90	80	70	60	50
Oppanol B50	10	20	30	40	50
Peroxan BIB-1	1				
	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5
GTR	90	80	70	60	50
Oppanol B50	10	20	30	40	50
Peroxan DB	1				

### 2.3. Kompozycje recyklat HDPE – modyfikowany miał gumowy

Kompozycje termoplastyczne zawierające recyklat HDPE oraz miał gumowy lub miał gumowy modyfikowanego poliizobutylenem (patrz tabela 1), w stosunku wagowym 50:50, otrzymano w mieszalniku typu Brabender, model GMF 106/2. Temperatura przetwórstwa wynosiła 180°C, prędkość obrotowa rotorów 80 min<sup>-1</sup>. Czas mieszania kompozycji wynosił 7 min, z czego przez 2 min uplastyczniano wstępnie poprodukcyjny recyklat polietylenu wysokiej gęstości, który przez kolejne 5 minut mieszano wraz z miałem gumowym poddanym uplastycznianiu na walcach (próbka R0) lub miałem gumowym modyfikowanym poliizobutylenem (próbki P, PK, PI, PT). Uzyskaną termoplastyczną kompozycję formowano w płyty o grubości 2 mm metodą prasowania, w temperaturze 180°C, pod ciśnieniem 4,9 MPa. Próbki kompozycji termoplastycznych oznaczono literą K poprzedzającą nazwy próbek modyfikowanego miała gumowego.

## 2.4. Metodyka badań

### Stopień spęcznienia i frakcja zolu

Stopień spęcznienia oraz frakcję zolu miálu gumowego poddanego modyfikacji poliizobutylenem wyznaczono metodą pęcznienia równowagowego w toluenie (temperatura pokojowa, 72 h). Stopień spęcznienia wyliczono zgodnie ze wzorem:

$$Q = \frac{m_t - m_0}{m_0} \quad (1)$$

gdzie:  $Q$  – stopień spęcznienia;  $m_t$  – masa próbki spęcznionej po czasie  $t$ , g;  $m_0$  – początkowa masa próbki, g.

Procentową zawartość frakcji zolu wyznaczono z różnicy mas próbek miálu modyfikowane poliizobutylenem przed pęcznieniem ( $W_1$ ) i po usunięciu rozpuszczalnika ( $W_2$ ), zgodnie ze wzorem:

$$\text{Frakcja zolu} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100, \% \quad (2)$$

### Morfologia

Miał gumowy poddany modyfikacji poliizobutylenem prasowano na papierze silikonowanym w temperaturze 180°C, pod ciśnieniem 10 MPa, w czasie 30 s. Do oceny morfologii otrzymanych próbek użyto elektronowego mikroskopu skaningowego firmy HITACHI, model S3400. Próbkę do badań zostały napyłone cienką warstwą złota.

### Właściwości mechaniczne kompozycji

Wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenie względne przy zerwaniu oznaczono za pomocą maszyny wytrzymałościowej firmy ZWICK model Z020, przy prędkości 50 mm·min<sup>-1</sup>, zgodnie z normą PN-ISO 527. Twardość Shore'a D oznaczono twardościomierzem firmy ZWICK model 3131, zgodnie z normą PN-ISO 868.

### Właściwości mechaniczne dynamiczne

Dynamiczne właściwości mechaniczne badano za pomocą analizatora marki TA Instruments, model DMA Q800. Próbkę o wymiarach (40 × 10 × 2) mm poddawa-

no sinusoidalnie zmiennemu odkształcaniu w trybie jednoosiowego zginania o częstotliwości 1 Hz i przy szybkości narastania temperatury 4°C·min<sup>-1</sup> w przedziale od -100°C do 100°C.

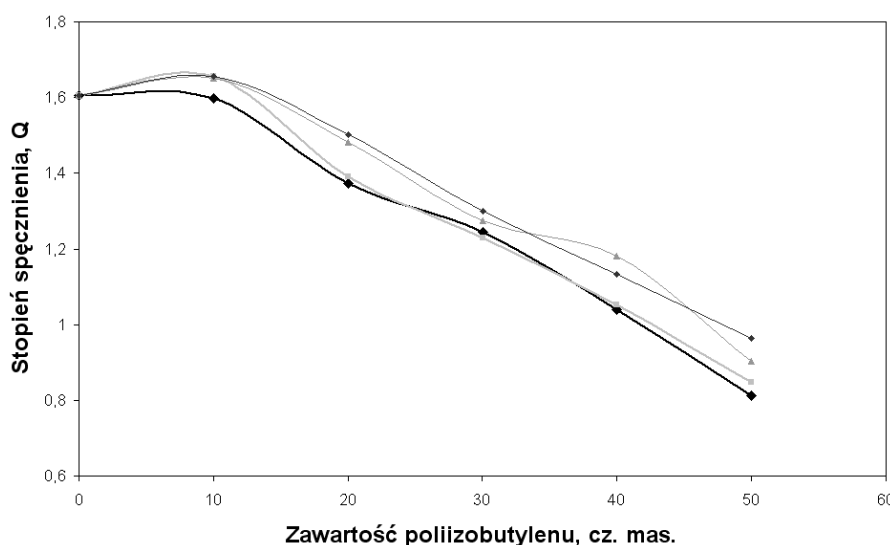
## 2.5. Wyniki badań i dyskusja

### Stopień spęcznienia i frakcja zolu

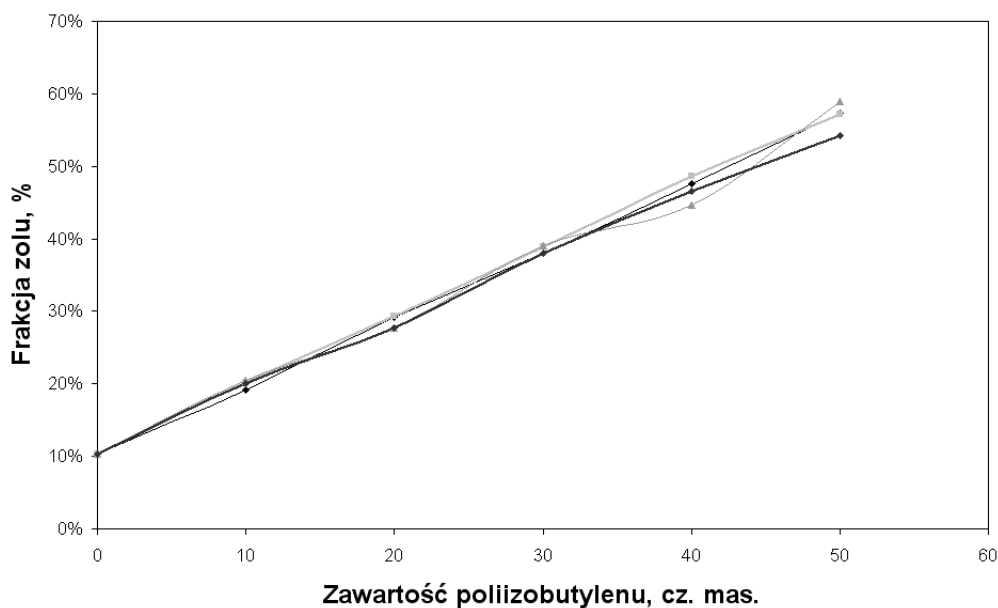
Na rys. 1 i 2 przedstawiono wyniki badań wpływu ilości poliizobutyleny oraz nadtlenców na stopień spęcznienia oraz frakcję zolu. Stopień spęcznienia malał wraz ze wzrostem ilości poliizobutyleny w próbkach otrzymywanych bez udziału nadtlenu, natomiast zmieszanie poliizobutyleny z miálem gumowym w obecności nadtlenców spowodowało wzrost stopnia spęcznienia, co świadczyło o częściowej degradacji poliizobutyleny oraz dewulkanizacji powierzchni rozdrobionych odpadów gumowych. Na rys. 3 przedstawiono zdjęcia frakcji zolu po badaniu pęcznienia. W przypadku zastosowania do modyfikacji miálu gumowego większych ilości poliizobutyleny (powyżej 10 cz. mas.) zaobserwowano migrację sadzy z rozdrobionej gumy do fazy poliizobutylenowej, która w wyniku rozpuszczenia w toluenie podczas badania pęcznienia uwalniała napełniacz, osadzający się na dnie naczynka pomiarowego oraz w gilzie, w której prowadzono pomiar, co sprawiło problemy podczas analizy ilościowej migrującej sadzy.

### Morfologia

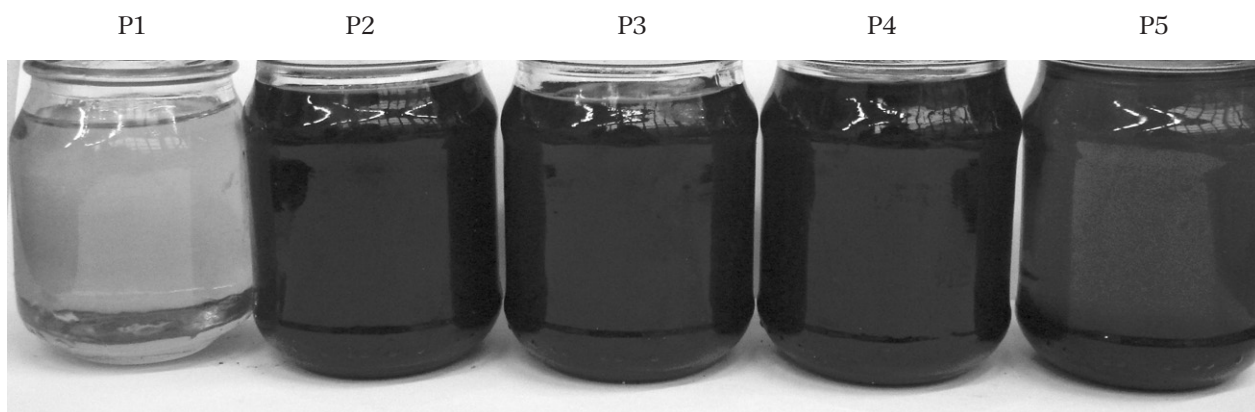
Na rys. 4 przedstawiono obrazy mikroskopowe miálu gumowego poddanego obróbce na walcach (próbka R0) oraz modyfikacji poliizobutylenem w ilości 10 cz. mas. (próbka P1) i 50 cz. mas. (próbka P5). Widoczne rozwinięcie powierzchni próbki R0, poddanej silnemu ścinaniu na walcach, sugeruje częściową dewulkanizację miálu gumowego. Dodatek 10 cz. mas. poliizobutyleny w próbce P1 spowodowało laminację powierzchni miálu cienką warstwą elastomeru. Wzrost ilości poliizobutyle-



Rys. 1. Wpływ poliizobutyleny oraz rodzaju nadtlenu na stopień spęcznienia modyfikowanego miálu gumowego  
Fig. 1. The influence of polyisobutylene and type of peroxide on swelling degree

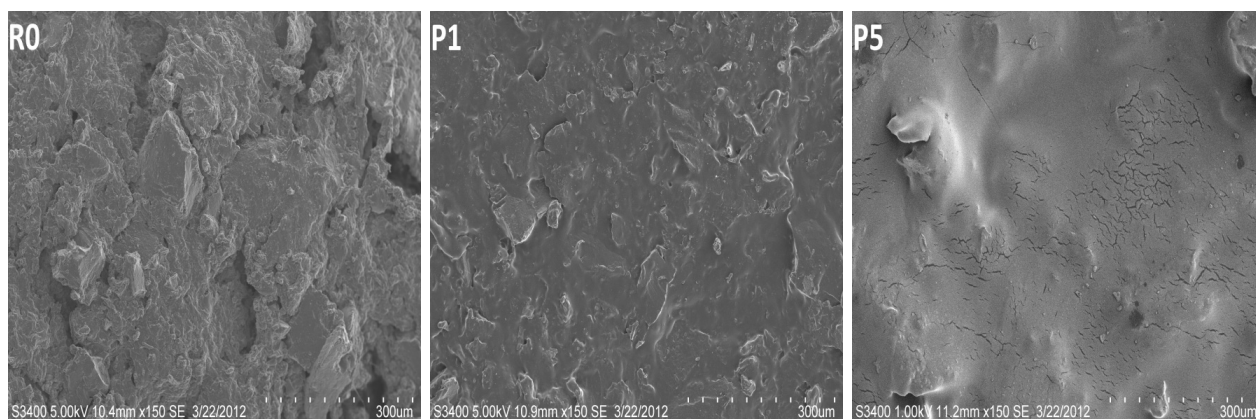


Rys. 2. Wpływ poliizobutyleny oraz rodzaju nadtlenu na zawartość frakcji zolu modyfikowanego miat gumowego  
 Fig. 2. The influence of polyisobutylene and type of peroxide on zol fraction of modified GTR



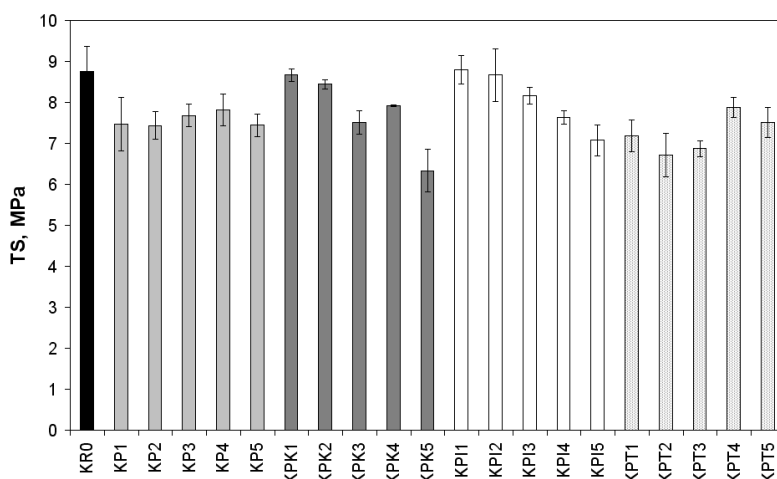
Rys. 3. Wpływ poliizobutyleny na pozostałość po oznaczeniu stopnia spęcznienia oraz frakcji zolu modyfikowanego miat gumowego

Fig. 3. The influence of polyisobutylene on residue after estimation of swelling degree and zol fraction of modified GTR

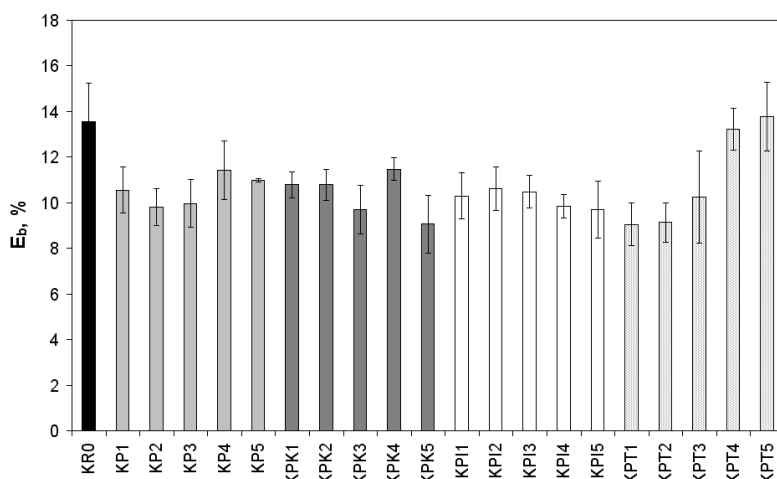


Rys. 4. Wpływ poliizobutyleny na morfologię powierzchni miat gumowego modyfikowanego poliizobutylenem. R0 – miat gumowy poddany pulweryzacji na walcach, P1 – miat gumowy zawierający 10 cz. mas. poliizobutyleny, P5 – miat gumowy zawierający 50 cz. mas. poliizobutyleny

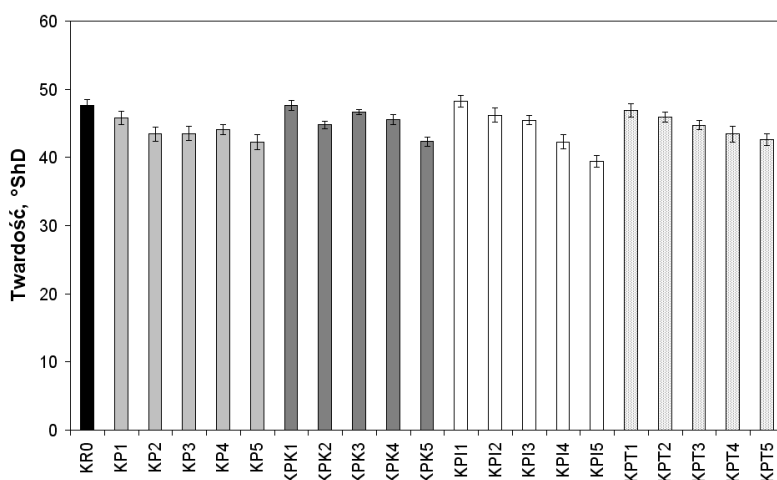
Fig. 4. The influence of polyisobutylene on surface morphology of ground tire rubber modified with polyisobutylene. R0 – pulverized GTR, P1 – GTR modified with 10 wt. % polyisobutylene, P5 – GTR modified with 50 wt. % polyisobutylene



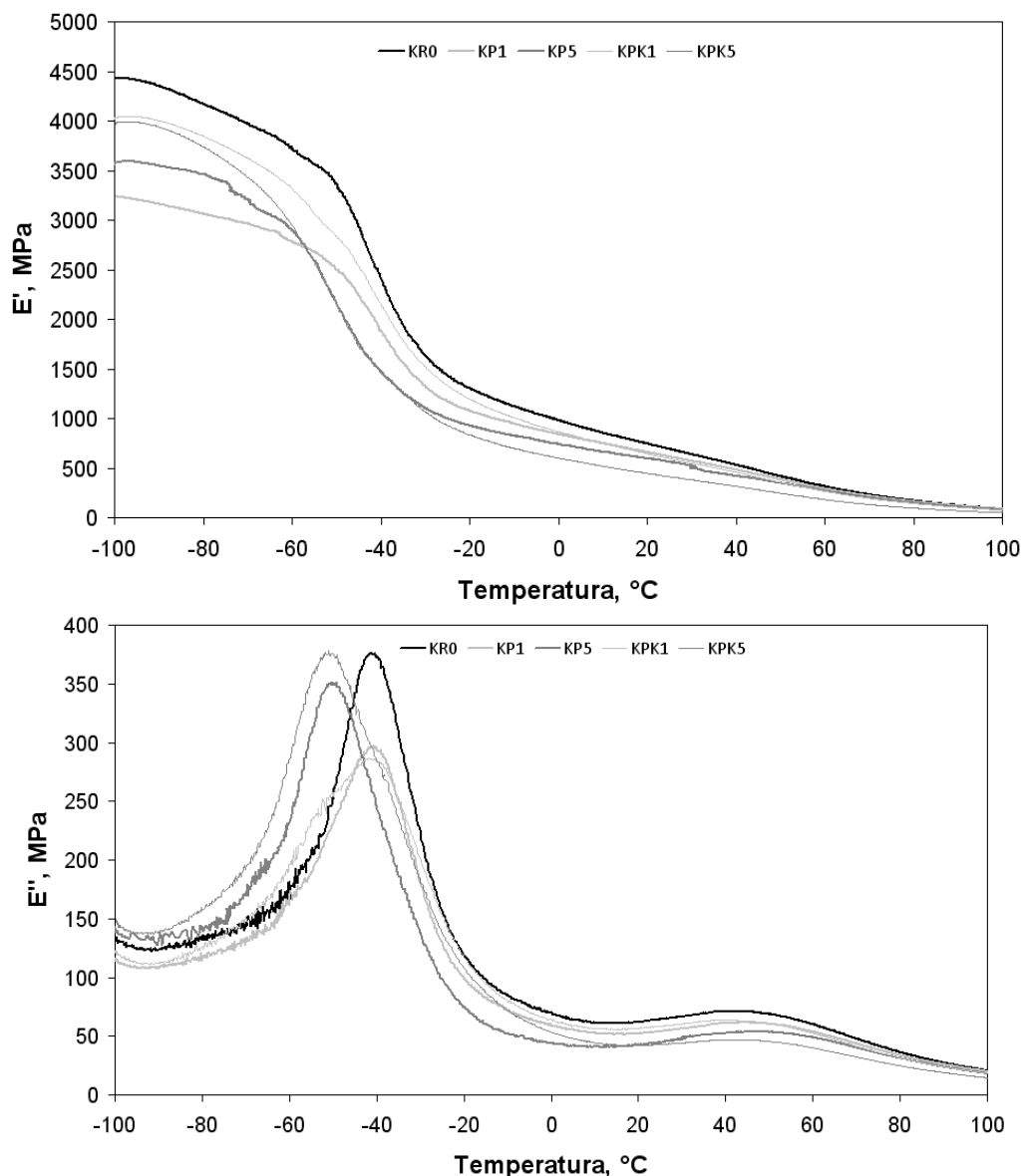
Rys. 5. Wpływ poliizobutyleny oraz rodzaju nadtlenu na wytrzymałość na rozciąganie kompozycji termoplastycznych na podstawie poprodukcyjnego polietylenu wysokiej gęstości oraz modyfikowanego miat gumowego  
 Fig. 5. The influence of polyisobutylene and type of peroxide on tensile strength of thermoplastic compositions based on postproduction HDPE and modified GTR



Rys. 6. Wpływ ilości poliizobutyleny oraz rodzaju nadtlenu na wydłużenie przy zerwaniu kompozycji termoplastycznych na podstawie poprodukcyjnego polietylenu wysokiej gęstości oraz modyfikowanego miat gumowego  
 Fig. 6. The influence of polyisobutylene and type of peroxide on elongation at break of thermoplastic compositions



Rys. 7. Wpływ poliizobutyleny oraz rodzaju nadtlenu na twardość kompozycji termoplastycznych na podstawie poprodukcyjnego polietylenu wysokiej gęstości oraz modyfikowanego miat gumowego  
 Fig. 7. The influence of polyisobutylene and type of peroxide on hardness of thermoplastic compositions



Rys. 8. Wpływ mieszania miazgi gumowej z poliizobutylenem w obecności nadtlenu dikumylu na moduł zachowawczy ( $E'$ ) oraz moduł stratności ( $E''$ ) w funkcji temperatury kompozycji termoplastycznych KR0; KP1; KP5; KPK1; KPK5

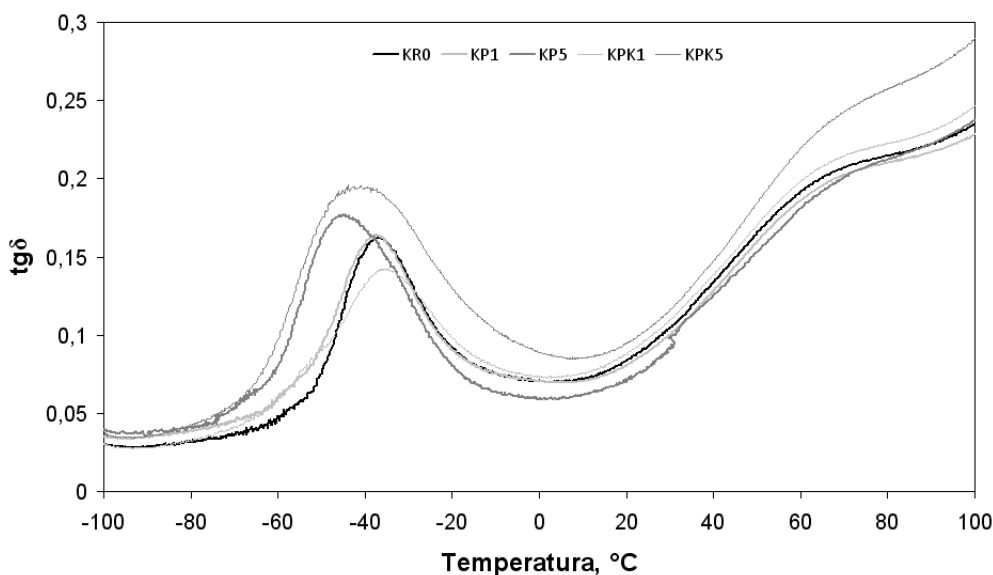
Fig. 8. Effect of polyisobutylene and its dicumyl peroxide mixing on storage modulus ( $E'$ ) and loss modulus ( $E''$ ) as a function of temperature for KR0; KP1; KP5; KPK1; KPK5 compositions

nu do 50 cz. mas. w próbce P5, skutkowało występowaniem mikropęknięć na powierzchni modyfikowanego miazgi gumowego.

#### Badania właściwości mechanicznych kompozycji

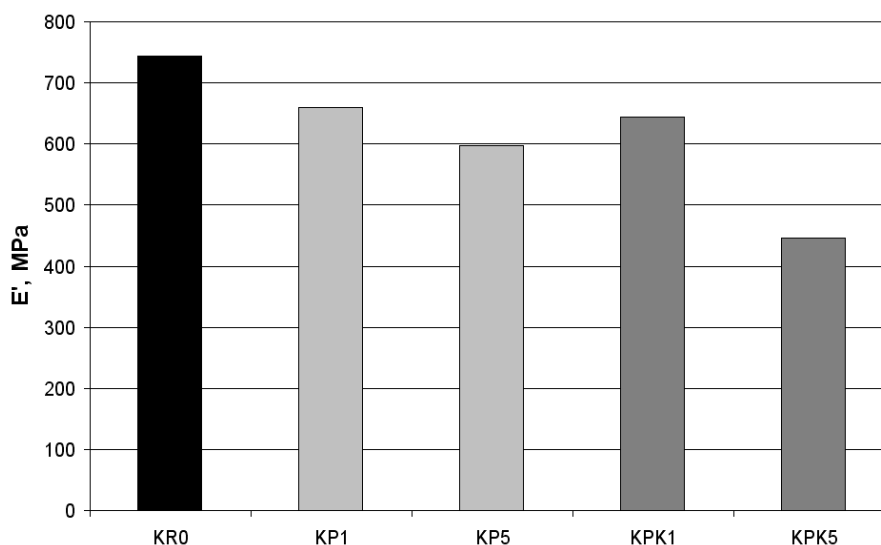
Na rys. 5 i 6 zaprezentowano wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia przy zerwaniu kompozycji termoplastycznych z poprodukcyjnego HDPE oraz modyfikowanego miazgi gumowego. Zastosowanie poliizobutyleny jako modyfikatora miazgi gumowego wpłynęło w niewielkim stopniu na wzrost wytrzymałości na rozciąganie oraz wartość wydłużenia przy zerwaniu. Natomiast w przypadku zastosowania w kompozycjach termoplastycznych miazgi gumowego modyfikowanego elastomerem oraz nadtlenkami, w przypadku nadtlenu dikumylu lub

di(tert-butylnadtlenoizopropyl)benzenu zaobserwowano wzrost wytrzymałości na rozciąganie oraz zmniejszenie wydłużenia przy zerwaniu, przy czym lepsze rezultaty uzyskano w przypadku di(tert-butylnadtlenoizopropyl)benzenu. Zastosowanie miazgi gumowego modyfikowanego poliizobutylenem i nadtlukiem di-tert-butylu nie wpłynęło znacząco na wytrzymałość na rozciąganie uzyskanych kompozycji. W przypadku większych ilości poliizobutyleny zaobserwowano wyraźny wzrost wydłużenia przy zerwaniu otrzymanych kompozycji termoplastycznych, świadczący o mniejszym stopniu usieciowania elastomeru w przypadku tego nadtlenu; potwierdzają to wyniki badania wydłużenia przy zerwaniu kompozycji przedstawione na rys. 6.



Rys. 9. Wpływ mieszania miąta gumowego z poliizobutylenem w obecności nadtlenu dikumylu na tangens stratności w funkcji temperatury Kompozycji termoplastycznych KR0; KP1; KP5; KPK1; KPK5

Fig. 9. Effect of polyisobutylene and dits dicumyl peroxide grafting on loss tangent as a function of temperature for KR0; KP1; KP5; PK1; PK5 compositions



Rys. 10. Wartości modułu zachowawczego ( $E'$ ) kompozycji termoplastycznych KR0; KP1; KP5; KPK1; KPK5; wyznaczone w temperaturze 20°C metodą DMTA

Fig. 10. Values of storage modulus ( $E'$ ) thermoplastic compositions KR0; KP1; KP5; KPK1; KPK5; determined at 20°C by DMTA

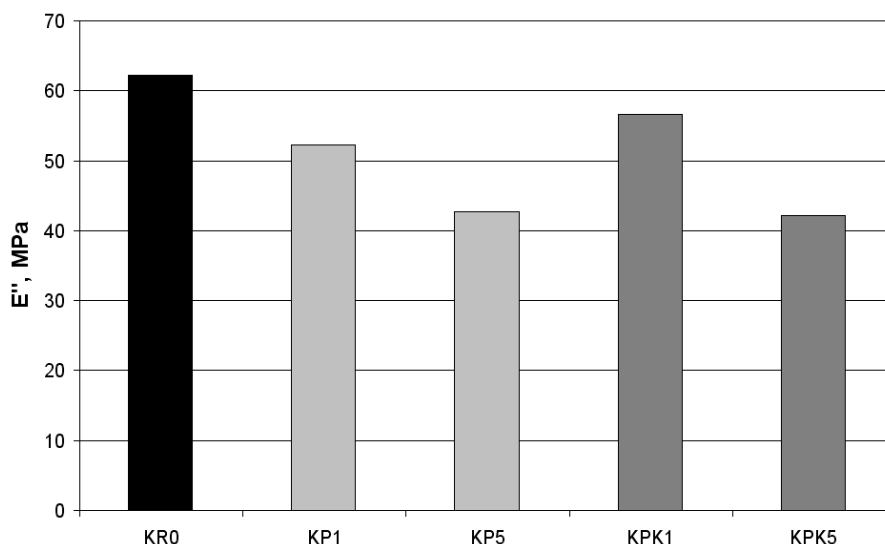
Na rys. 7 podano wyniki badań twardości kompozycji termoplastycznych. Zastosowanie poliizobutyleniu jako modyfikatora miąta gumowego, wpłynęło na nieznaczny spadek twardości badanych układów, niezależnie od rodzaju zastosowanego nadtlenu.

#### Właściwości mechaniczne dynamiczne

Na rys. 8 i 9 przedstawiono wyniki dynamicznych właściwości mechanicznych kompozycji polietylen-miał gumowy oraz kompozycji polietylen-miał gumowy modyfikowany poliizobutylenem. W obszarze lepkosprężystym zaobserwowano obniżenie wartości dynamicznej

go modułu elastyczności ( $E'$ ) wraz ze zwiększeniem ilości użytego poliizobutyleniu (Oppanol®), co wynikało z większego udziału elastycznej fazy amorficznej. Maksyma na krzywych modułu stratności ( $E''$ ) uległy przesunięciu w kierunku niższych temperatur w przypadku zastosowania do modyfikacji coraz większych ilości poliizobutyleniu, co wynika prawdopodobnie ze zmniejszającego się średniego stopnia usieciowania fazy amorficznej zawierającej poliizobutylen i miał gumowy.

Na rys. 10 i 11 zestawiono wartości modułów zachowawczego ( $E'$ ) oraz stratności ( $E''$ ) odczytane z pomia-



Rys. 11. Wartości modułu stratności ( $E''$ ) kompozycji termoplastycznych KR0; KP1; KP5; KPK1; KPK5; wyznaczone w temperaturze 20°C metodą DMTA

Fig. 11. Values of loss modulus ( $E''$ ) of thermoplastic compositions KR0; KP1; KP5; KPK1; KPK5; determined at 20°C by DMTA

rów dynamicznych właściwości mechanicznych w temperaturze 20°C. Najwyższe wartości modułu  $E'$  w temperaturze pokojowej otrzymano dla kompozycji HDPE z miazem gumowym poddanym ścinaniu w szczelinie walcarki. Dodatek poliizobutyleny jako modyfikatora miazgu gumowego wpłynął na spadek wartości modułu zachowawczego przy zwiększeniu udziału odkształceń sprężystych (mniejsze wartości modułu stratności), co wynika również ze zmniejszenia stopnia krystaliczności polietylenu w kompozycjach zawierających większe udziały częściowo mieszalnego elastomeru [8, 32].

### 3. Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że dodatek poliizobutyleny Oppanol B50® jako modyfikatora miazgu gumowego wpływa na właściwości otrzymywanych kompozycji typu miazg gumowy – recyklat poprodukcyjny HDPE. Zdjęcia mikroskopowe wykazały, że wzrost ilości poliizobutyleny użytego jako modyfikatora powierzchni miazgu gumowego powoduje powstawanie mikropęknięć w badanym materiale. Zastosowanie miazgu gumowego modyfikowanego poliizobutylenem w kompozycjach termoplastycznych wpłynęło na spadek wytrzymałości na rozciąganie, wydłużenia przy zerwaniu oraz twardości. Podobne rezultaty otrzymano dla kompozycji termoplastycznych składających się z poprodukcyjnego HDPE oraz miazgu gumowego modyfikowanego elastomerem w obecności nadtlenu.

Na podstawie wyników badań przedstawionych w niniejszej pracy oraz innych badań własnych [33] można stwierdzić, że kompozycje polietylenu z miazem gumowych uzyskują lepsze właściwości jedynie w przypadku zastosowania w roli modyfikatora wstępnie usieciowanego kauczuku butylowego, zaś poliizobutylen (użyty

w pracy Oppanol B50) oraz nieusieciowany kauczuk butylowy [34] nie nadają się do tego celu.

Uzyskane wyniki wskazują na rolę struktury topologicznej elastomerów stosowanych do kompatybilizacji gdyż, niezależnie od typu chemicznego elastomeru, istotne jest jego wstępne usieciowanie, które wzmacnia strukturę przy zachowaniu możliwości przetwórstwa typowego dla termoplastów.

*Praca została wykonana w ramach projektu badawczo-rozwojowego RX-03/46/2011 dofinansowanego przez WFOŚiGW w Gdańsku*

*Praca badawcza realizowana w ramach projektu systemowego „InnoDoktorant – stypendia dla doktorantów, IV edycja”. Projekt jest współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Społecznego (Program Operacyjny Kapitał Ludzki, Priorytet VIII, Działanie 8.2, Poddziałanie 8.2.2: „Regionalne Strategie Innowacji”)*

### Literatura

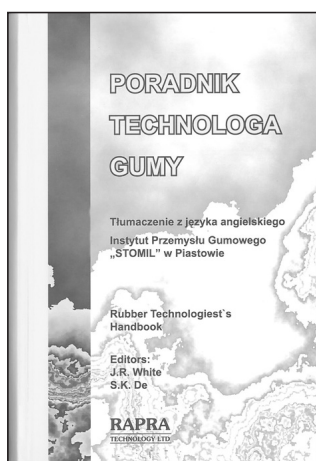
1. Januszewicz K., Melaniuk M., Klugmann-Radziemska E., *Elastomery* 2010, **14**, nr 2, 10.
2. Sikora J.W., Ostaszewska U., *Elastomery* 2010, **14**, nr 2, 17.
3. Ministerstwo Środowiska, *Sprawozdanie z realizacji krajowego planu gospodarki odpadami 2010 za okres od dnia 1 stycznia 2009 r. do dnia 31 grudnia 2010 r.*, Warszawa, grudzień 2011 r.
4. Wu D.Y., Bateman S., Partlett M., *Compos. Sci. Tech.* 2007, **67**, 1909.
5. Tolstov A., Grigoryeva O., Fainleib A., Danielenko I., Spanoudaki A., Pissis P., Grener J., *Macromol. Symp.* 2007, **254**, 226.
6. Kowalska E., *Przem. Chem.* 2003, **82**, 911.



7. Naskar A.K., De S.K., Bhowmick A.K., *J. Appl. Polymer Sci.* 2002, **84**, 370.
8. Parasiewicz W., Mężyński J., Niciński K., Ostaszewska U., Bieliński D., *Elastomery* 2011, **15**, nr 2, 20.
9. Formela K., Stankiewicz P., Kołacka K., Piszczyk Ł., Haponiuk J., *Wpływ warunków przetwórstwa oraz dewulkanizacji na kompatybilność i właściwości kompozycji LDPE-miat gumowy*, *Przem. Chem.*, w druku.
10. Tan K., Chunxi L., Meng H., Wang Z., *Polymer Test.* 2009, **28**, 2.
11. Carli L.N., Boniatii R., Teixeira C.E., Nunes R.C.R., Crespo J.S., *Mater. Sci. Eng.: C* 2009, **29**, 383.
12. Ismail H., Omar N.F., Othman N., *J. Appl. Polymer Sci.* 2011, **121**, 1143.
13. Li S., Lamminmäki J., Hanhi K., *J. Appl. Polymer Sci.* 2005, **97**, 208.
14. Parasiewicz W., Mężyński J., Niciński K., Ostaszewska U., *Elastomery* 2011, **15**, nr 1, 16.
15. Formela K., Kołacka K., Stankiewicz P., Haponiuk J., Stasiak A., *Wpływ całkowitej zawartości sadzy na właściwości mieszanin SBR/dewulkanizat*, *Przem. Chem.*, w druku.
16. Gaweł I., Ślusarski L., *Polimery* 1998, **43**, 280.
17. Magioli M., Sirqueira A.S., Soares B.G., *Polymer Test.* 2010, **29**, 840.
18. Stępkowski R., Parasiewicz W., *Elastomery* 2003, **7**, nr 1, 12.
19. Koba H., Skotnicki Ł., Szydło A., *Drogownictwo* 2010, nr 11, 378.
20. Xiao F., Amirkhanian S.N., *Mater. Struct.* 2010, **43**, 223.
21. Sybilski D., Horodecka R., Bańkowski W., Mirski K., Wróbel A., Kopaniewski J., *Pat. PL 198859* (2008).
22. Sukontasukkul P., *Construct. Build. Mater.* 2009, **23**, 1084.
23. Radziszewski P., Ołdakowska E., *Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej. Budownictwo* 2007, **31**, 239.
24. Colom X., Cañavate J., Carrillo F., Suñol J.J., *J. Appl. Polymer Sci.* 2009, **112**, 1882.
25. Sonnier R., Leroy E., Clerc L., Bergeret A., Lopez-Cuesta J.M., *Polymer Test.* 2007, **26**, 274.
26. Awang M., Ismail H., Hazizan M.A., *Polymer Test.*, 2008, **27**, 93.
27. Awang M., Ismail H., *Polymer Test.* 2008, **27**, 321.
28. Awang M., Ismail H., Hazizan M.A., *Polymer Test.* 2007, **26**, 779.
29. Awang M., Ismail H., *J. Vinyl. Addit. Techn.* 2009, **15**, 29.
30. Shanmugharaj A.M., Kim J.K., Ryu S.H., *J. Appl. Polymer Sci.* 2007, **104**, 2237.
31. Lee S.H., Zhang Z.X., Xu D., Chung D., Oh G.J., Kim J.K., *Polymer Eng. Sci.* 2009, **49**, 168.
32. Szabó P., Pukánszky, *Macromol. Symp.* 1998, **129**, 29.
33. Formela K., Haponiuk J., Stankiewicz P., Ryl J., Końska K., *Przem. Chem.*, w recenzji.
34. Ciecholewska P., *Praca magisterska, Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny, Gdańsk 2012.*

Instytut IMPiB, Oddział Elastomerów i Technologii Gumy w Piastowie oferuje:

## „Poradnik Technologa Gumy”



„Poradnik Technologa Gumy” stanowi polski przekład książki „Rubber Technologist's Handbook”. Jest to pierwsza tego rodzaju pozycja w języku polskim od czasu wydania w 1981 r. książki „Guma – Poradnik Inżyniera i Technika”.

Poradnik ten jest przeznaczony dla szerokiego kręgu odbiorców, zarówno praktyków zatrudnionych w zakładach przemysłu gumowego, projektantów maszyn i urządzeń oraz obiektów budowlanych, jak i osób, które chcą dopiero poznać zagadnienia technologii i stosowania gumy. Będzie on również przydatny dla studentów kierunków chemicznych, mechanicznych, budowy maszyn itp.

Cena jednego egzemplarza 157,50 zł (w tym 5% VAT). Do ceny zostaną doliczone koszty wysyłki.

### Zamówienie prosimy kierować na adres:

Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników  
Oddział Elastomerów i Technologii Gumy

05-820 Piastów, ul. Harcerska 30

e-mail: t.jedrzejak@impib.pl

fax: (22) 723 71 96, tel. (22) 723 60 25 do 29 wew. 289 lub 250