

*Materiały Wysokoenergetyczne / High-Energetic Materials*, 2015, 7, 90 – 94  
ISSN 2083-0165

## Badanie wybranych właściwości mieszanek na bazie kauczuku EPDM jako izolacji termicznej silnika raketowego *The study of selected properties of compositions based on EPDM rubber as thermal insulation rocket motor*

Bogdan Florczak<sup>1, \*</sup>, Władysław Maciejewski<sup>2)</sup>

1) Instytut Przemysłu Organicznego, ul. Annopol 6, 03-236 Warszawa, PL

2) P.P.U.H. „WILMAC”, ul. Spółdzielcza 4, 05-840 Brwinów, PL

\*E-mail: florczak@ipo.waw.pl

**Streszczenie:** Przedstawiono wyniki badań dotyczące doboru składu i określenia właściwości fizyko-mechanicznych i ognioodporności badanych mieszanin polimerowych stosowanych jako izolacja termiczna wiążąca paliwo stałe ze ścianką komory silnika.

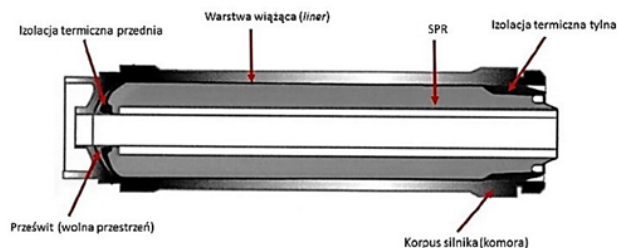
**Abstract:** The results of studies regarding the selection of the composition and determine the physical and mechanical properties and flame retardancy studied polymer blends used as insulation solid propellant binding with the wall of the chamber.

**Słowa kluczowe:** izolacja termiczna, mieszanina kauczukowa

**Keywords:** thermal insulation, polymer blend

### 1. Wstęp

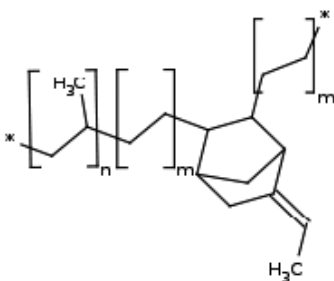
Izolacja jest zamocowana do wewnętrznej powierzchni ścianki obudowy silnika – rys. 1. Jej podstawowe zadanie polega na ochronie komory przed wysoką temperaturą produktów spalania paliwa raketowego. Grubość izolacji jest zmienna, największa jest w pobliżu dyszy i przedniej części silnika, zaś najmniejsza jest na odcinku cylindrycznym silnika (w środkowej jego części). Grubość izolacji zależy od właściwości materiału, z którego została wykonana. Zazwyczaj skład izolatora zawiera kauczuki organiczne z odpowiednimi wypełniaczami i dodatkami [1-9]. Stosowane kauczuki organiczne to przede wszystkim elastomery EPDM, tzn. terpolimery etylenowo-propylenowo-dienowe (rys. 2). Wypełniaczami są: krzemionka, włókna węglowe, aramidowe, sadza itp. Skład jakościowy takiej mieszaniny izolacyjnej przedstawiono w tabeli 1.



**Rys. 1.** Konfiguracja silnika raketowego ze stałym paliwem raketowym (SPR) bez dyszy

EPDM – elastomer usieciowany w procesie wulkanizacji siarkowej lub nadtlenkowej. Nazwy handlowe: Dutral® (Polimieri), Keltan (DSM), Vistalon (Exxon), Nordel® (Fa. Dow), Buna AP (Lanxess), Resitrix

(Phoenix Dichtungstechnik GmbH). EPDM posiada bardzo dobre właściwości m. in. odporność na warunki atmosferyczne (ozon), odporność na działanie wody, dobre właściwości na działanie wysokich temperatur do +110 °C, elastyczność w niskich temperaturach do -40 °C, twardość w zakresie od 40 ÷ 90 Shore A i jest powszechnie stosowany jako podstawowy składnik materiału izolacyjnego silników raketowych [8].



Rys. 2. Wzór strukturalny EPDM

Tab. 1. Skład mieszaniny izolacyjnej na bazie EPDM [8]

Składnik	Części masowe
Kauczuk EPDM	70 ÷ 80
Kauczuk EPDM z etylideno norborenem (ENB)	15 ÷ 25
Środek klejący	5 ÷ 10
Antyutleniacz	1 ÷ 3
Zwilżacz	0 ÷ 1
Aktywator wulkanizacji	5 ÷ 10
Wypełniacz krzemionkowy	40 ÷ 50
Środek barwiący	0 ÷ 3
Plastyfikator	15 ÷ 25
Środek wulkanizacyjny	10 ÷ 20

## 2. Badanie właściwości fizyko-mechanicznych

Składy badanych mieszanin przedstawiono w tabeli 2 natomiast wykaz norm, według których przeprowadzono badania własności fizyko-mechanicznych w tabeli 3. Wyniki z badań mieszanin izolacyjnych przedstawiono w tabeli 4.

Tab. 2. Składy badanych mieszanin (części masowe): EPDM = 100, Stearyna = 1, Kaolin = 20, Siarka = 1,8, Tiuram = 1,6, Przyspieszcz M = 1,2 ponadto

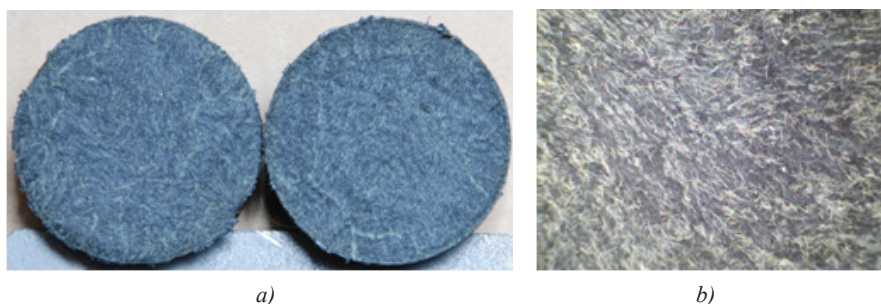
Składniki	Mieszanina					
	1	2	3	4	5	6
Tlenek cynku	41	41	40	40	35	50
Sadza						
Olej parafinowy						
Trójtlenek antymonu	52	52	50	52	40	60
Aramid						

**Tab. 3.** Wykaz normy według których przeprowadzono badania

Nazwa właściwości	Numer normy
Wytrzymałość na rozciąganie	PN-ISO 37:1998
Wydłużenie przy zerwaniu	PN-ISO 37:1998
Twardość	PN-ISO 188:2000
Wytrzymałość połączenia guma – metal metodą dwóch płytek	PN-C04252:1992
Optimum wulkanizacji	PN-ISO 3417:1994

**Tab. 4.** Właściwości mieszanin

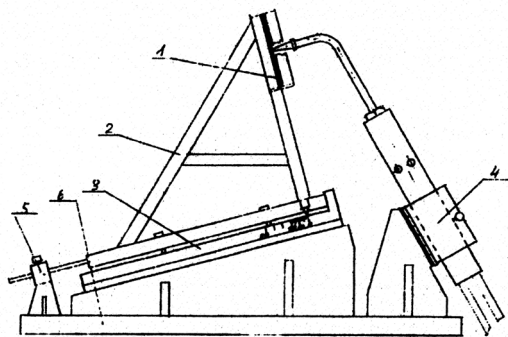
Parametr	Jednostka	Mieszanina					
		1	2	3	4	5	6
Wytrzymałość na rozciąganie, TSb	MPa	7,8	8,5	10,8	7,7	9,5	12,0
Wydłużenie przy zerwaniu, Eb	%	35	164	190	190	357	22
Twardość, H	°Sh	85	71	67	68	51	84
Wytrzymałości połączenia izolacja – metal	MPa	4,9	6,3	6,8	6,5	7,0	5,1
Optimum wulkanizacji w temperaturze 160 °C	min	15	17	17	17	18	15

**Rys. 3.** Przykładowe zdjęcia próbek mieszanin po badaniach wytrzymałościowych po zerwaniu według normy PN-ISO 37:1998: a) połączenia metal – guma; b) 10 krotne powiększenie powierzchni tych próbek

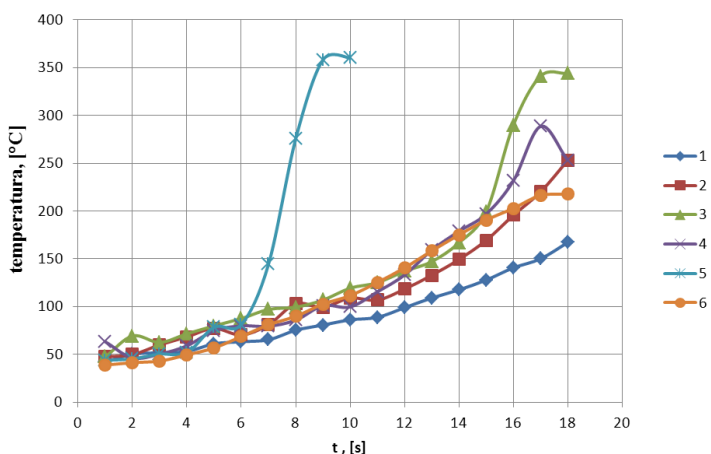
### 3. Badanie ognioodporności

Do badania ognioodporności wulkanizatów mieszanek kauczukowych wybrano metodę palenia palnikiem acetylenowym płytek izolacyjnych przywulkanizowanych do blachy stalowej. Palnik acetylenowy pozwala na uzyskanie, w płomieniu palnika, temperatury około 3100-3300 °C. Jest to temperatura, jakiej można się spodziewać w komorze spalania silnika. W badaniu tym, do rejestracji przyrostu temperatury w czasie, wykorzystano kamerę termowizyjną. Badanie polegało na rejestracji temperatury blachy stalowej podczas palenia przywulkanizowanej do niej gumo podobnej izolacji, palnik acetylenowy i kamera termowizyjna znajdowały się po przeciwnych stronach próbki – palnik od strony gumy a kamera o strony blachy (rys. 4).

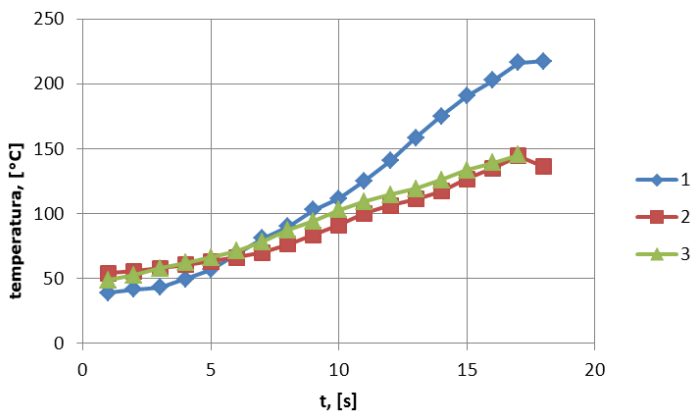
Próbka przeznaczona do badania składała się z blachy stalowej o grubości 1 mm i warstwy gumy o grubości 1 mm, 2 mm i 3 mm, zwulkanizowanych ze sobą. W celu zapewnienia stałego współczynnika rozproszenia światła blacha stalowa pomalowana była farbą wysokiej odporności na temperaturę około 600 °C. Gabaryty płytki 100x100 mm. Wyniki z badań przedstawiono na rys. 5-7.



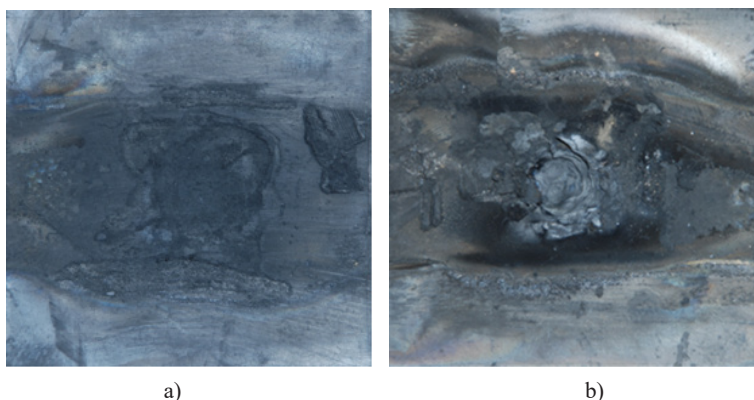
Rys. 4. Stanowisko do badań czasu przepalenia: 1 – próbka; 2 – stojak; 3 – sanie; 4 – uchwyt palnika; 5 – blokada; 6 – podstawa



Rys. 5. Uśredniona wartość zmierzona za pomocą kamery termowizyjnej temperatury blachy stalowej w funkcji czasu t



Rys. 6. Uśredniona wartość zmierzona za pomocą kamery termowizyjnej, dla mieszaniny 6 o grubości 1 mm, 2 mm i 3 mm, temperatury blachy stalowej w funkcji czasu t



Rys. 7. Wygląd próbki po badaniu ognioodporności: a) próbka bezpośrednio po paleniu; b) próbka, z której usunięto produkty spalania

#### 4. Podsumowanie badań

Wyniki z przeprowadzonych badań na ognioodporność wskazują, że mieszanki: 1, 2 i 6 są najbardziej obiecujące i możliwe do zastosowania jako materiał izolacyjny. Badania wykazały również, że minimalna grubość izolacji z wykonanych mieszanek zapewniająca w ciągu około 4,5 s minimalny przyrost temperatury wynosi 1 mm.

Należy dokonać wyboru mieszanki, z której można będzie wykonać izolację termiczną na podstawie jeszcze innych kryteriów np. technologiczność, właściwości fizyko-mechaniczne, łatwość uzyskania surowców, cena itp.

#### Podziękowanie

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach **2010-2013** jako projekt rozwojowy.

#### Literatura

- [1] Davenas Alain. 1993. *Solid Rocket Propulsion Technology*. Oxford : Pergamon Press.
- [2] Sutton P. George, Biblarz Oscar. 2001. *Rocket Propulsion Elements*. New York : John Wiley & Sons.
- [3] *Solid rocket motor internal insulation*. NASA SP-8093, 1976.
- [4] Herring G. Liles. 1985. *Elastomeric Insulating Materials for Rocket Motors*. Patent USA 4,501,841.
- [5] Herring G. Liles. 1989. *Elastomeric Insulating Materials for Rocket Motors*. Patent USA 4,878,431.
- [6] Guillot G. David. 2000. *Novel EPDM Rocket Motor Insulation*. Patent Int. WO 00/43445.
- [7] Bhuvanewari C.M., Sureshkumar M.S., Kakade S.D., Gupta M., 2006. "Ethylene-Propylene Diene Rubber as a Futuristic Elastomer for Insulation of Solid Rocket Motors". *Def. Sci. J.* 56 : 309-320.
- [8] Guillot G. David., Harvey R. Albert. 2008. *EPDM Rocket Motor Insulation*. Patent USA 7,371,784.
- [9] Sureshkumar M.S., Bhuvanewari C.M., Kakade S.D., Gupta M., 2008. "Studies on the Properties of EPDM-CSE Blend Containing HTPB for Case-Bonded Solid Rocket Motor Insulation". *Polym. Adv. Technol.* 19 : 144-150.