

# Badanie wpływu pyłu aluminiowego na wybrane parametry materiałów wybuchowych emulsyjnych uczulanych mikrobalonami

Ewelina BEDNARCZYK, Andrzej MARANDA\*, Józef PASZULA, Andrzej PAPLIŃSKI – Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2016, 70, 1, 41–50

## Wstęp

Podstawowym składnikiem emulsyjnych materiałów wybuchowych (MWE) jest matryca, będąca emulsją typu „woda w oleju”. Fazę zdyspergowaną tworzy przesycony wodny roztwór utleniaczy, a fazę ciągłą (olejową) ciekłe paliwo, niemieszające się z wodą, i emulgator [1]. Pozostałe komponenty MWE, to różnego rodzaju środki modyfikujące ich właściwości fizykochemiczne.

Jako utleniacz najczęściej stosowany jest azotan(V) amonu w mieszaninie z azotanem(V) sodu lub azotanem(V) wapnia, które modyfikują właściwości wodnych roztworów. Obniżają punkt krytyczny roztworu i wpływają na wzrost bilansu tlenowego. Zawartość utleniaczy przekracza 90%. Paliwem są organiczne ciecze tworzące lub nietworzące roztworów z wodą. Do emulsyjnych materiałów wybuchowych mogą być dodawane także paliwa stałe (organiczne i nieorganiczne); są to paliwa dodatkowe, modyfikujące właściwości wybuchowe. Często używanym paliwem nieorganicznym jest pył aluminiowy, np. [2 ÷ 6], którego wpływ na wybrane parametry detonacyjne MWE zbadano w ramach prezentowanej pracy.

## Część eksperymentalna

### Materiał badawczy

**Matryca** firmy AUSTIN POWDER, Hydrox U, o lepkości 120000 cP, gęstości 1,42 g/cm<sup>3</sup> i o następującym składzie, %: azotan(V) amonu – 64,4; azotan(V) sodu – 14,6%; faza organiczna – 6,0%; woda – 15,0%.

**Mikrobalony** Expancel DE461DET40d25 firmy Akzo Nobel: rozmiar cząstek D(0.5) 35 ÷ 55 μm; gęstość 25 ± 3 kg/m<sup>3</sup> [7].

**Pył aluminiowy płatkowany**, zawartość glinu ~93% o rozmiarach cząstek 100 μm.

**Pył aluminiowy mielony** BLITZ Aluminium DEPUVAL 3083 produkcji BENDA-LUTZ:

- produkowane z aluminium o czystości minimum 99,7% Al;
- powierzchnia krycia 29000 cm<sup>2</sup>/g;
- pozostałość na sicie 45 μm (~325 mesh) maks. 0,8%;
- średni rozmiar ziarna 7 μm (analiza przeprowadzona przed odpyleniem);
- gęstość nasypowa 0,4 kg/L.



Rys. 1. Zdjęcia przedstawiające pyły aluminiowe, z lewej aluminium DEPUVAL; z prawej pył płatkowany [8]

Autor do korespondencji:  
Prof. dr hab. inż. Andrzej MARANDA, e-mail: amaranda@wat.edu.pl

Aluminium Depuval, to niepyłący pył aluminiowy powlekany (Rys. 1). Efekt ten uzyskiwany jest w procesie mielenia poprzez dodanie obojętnego dodatku w ilości do 0,2%. Pył może powoli reagować z wodą, czemu towarzyszy wydzielanie wodoru [8].

## Wyniki pomiarów parametrów detonacyjnych

**Prędkość detonacji** wyznaczono stosując metodę czujników zwarciovych. Materiały wybuchowe umieszczano w otoczkach z PCW o średnicach  $\Phi_{\text{wewnętrzne}} = 26$  mm i  $\Phi_{\text{zewewnętrzne}} = 33$  mm (ładunki do optymalizacji zawartości mikrobalonów) oraz o średnicach  $\Phi_{\text{wewnętrzne}} = 50$  mm i  $\Phi_{\text{zewewnętrzne}} =$  mm (ładunki o masie 400 g do pomiaru nadciśnienia fali podmuchowej). Badane materiały wybuchowe emulsyjne inicjowano zapalnikami elektrycznymi typu ERG.

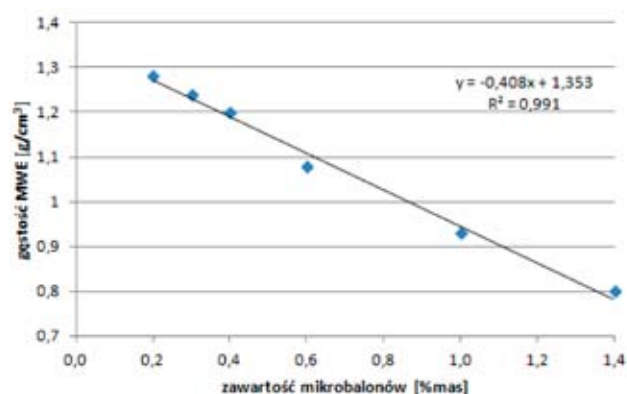
W pierwszej fazie eksperymentów zbadano prędkość detonacji dla sześciu zawartości mikrobalonów: 0,2%, 0,3%, 0,4%, 0,6%, 1,0% i 1,4%. Wyniki badań zestawiono w Tabelcy 1.

Tabelca 1

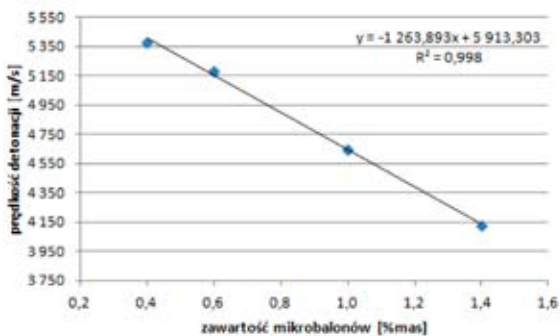
### Zestawienie zmian prędkości detonacji i gęstości dla badanych ładunków do optymalizacji zawartości mikrobalonów

Zawartość mikrobalonów, % mas	Gęstość, g/cm <sup>3</sup>	Prędkość detonacji, m/s
0,2	1,28 ± 0,01	brak detonacji
0,3	1,24 ± 0,01	brak detonacji
0,4	1,20 ± 0,01	5380 ± 30
0,6	1,08 ± 0,01	5190 ± 20
1,0	0,93 ± 0,01	4650 ± 20
1,4	0,80 ± 0,01	4130 ± 20

Gęstość badanych materiałów maleje liniowo dla wzrastających zawartości mikrobalonów w badanym zakresie (Rys. 2), natomiast prędkość detonacji MWE spada, a zależność ta ma charakter liniowy (Rys. 3). Maksymalna prędkość uzyskana została dla zawartości sensybilizatora 0,4%. Poniżej tej wielkości materiał nie detonuje.

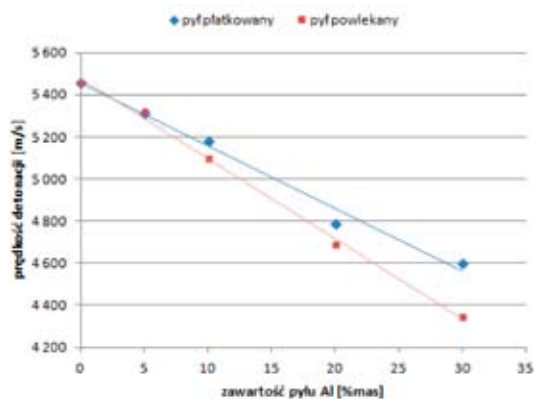


Rys. 2. Zależność gęstości badanego MWE od zawartości mikrobalonów

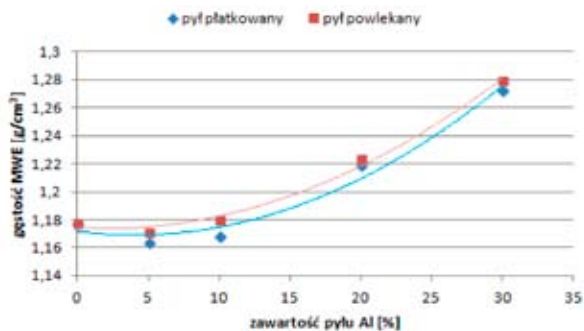


Rys. 3. Zależność prędkości detonacji od zawartości mikrobalonów

Następnie wykonano pomiary prędkości detonacji MWE zawierających: mikrobalony – 0,4%, pyły aluminiowe – 5 ÷ 30%, pozostałość matryca. Wyniki eksperymentów zilustrowano na Rysunkach 4 i 5.



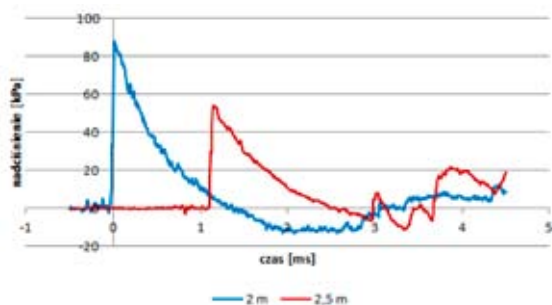
Rys. 4. Zależność prędkości detonacji od zawartości pyłu aluminiowego



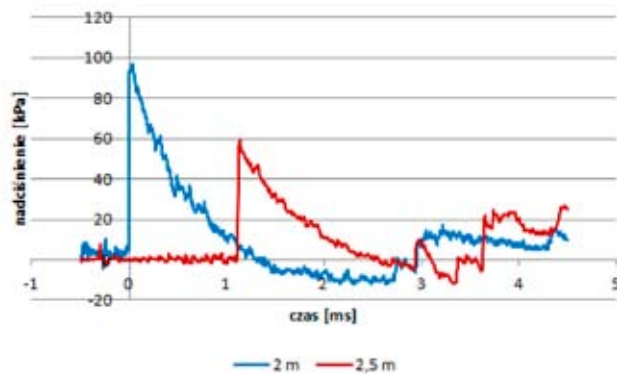
Rys. 5. Zależność gęstości MWE od zawartości pyłu aluminiowego

Pomiary *nadciśnienia fali podmuchowej* wykonano za pomocą czujników ciśnienia PCB Piezotronics, Inc serii I37A. Dwa czujniki znajdowały się w odległości 2 m oraz 2,5 m od ładunku, który zawieszono na wysokości 1,5 m od podłoża.

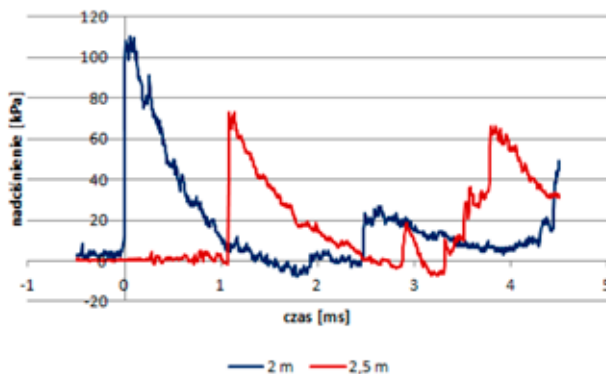
Na Rysunkach 6–8 przedstawiono przebiegi krzywych nadciśnienia powietrznych fal podmuchowych uzyskanych dla wybranych MWE. Natomiast na kolejnych rysunkach przedstawiono uzyskane nadciśnienia powietrznych fal podmuchowych (Rys. 9 i 11) oraz oszacowane impulsy (Rys. 10 i 12)



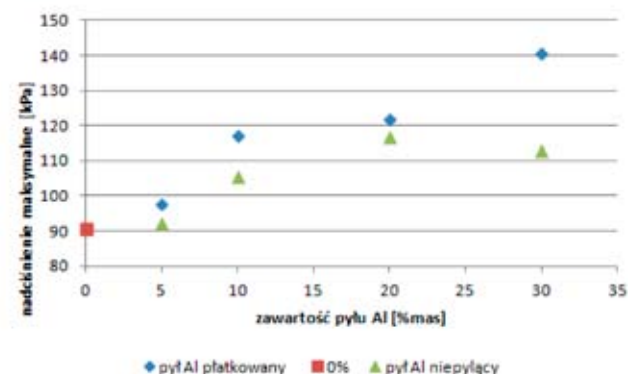
Rys. 6. Przebieg krzywej nadciśnienia dla 0% zawartości pyłu aluminiowego



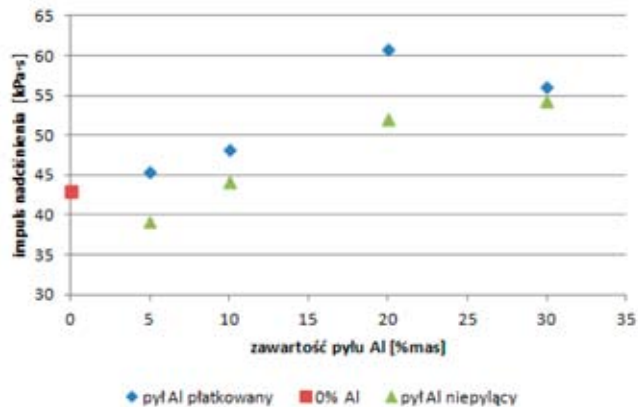
Rys. 7. Przebieg krzywej nadciśnienia dla 5% zawartości pyłu aluminiowego



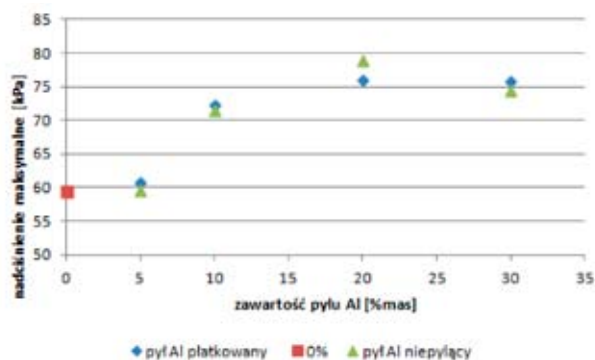
Rys. 8. Przebieg krzywej nadciśnienia dla 30% zawartości pyłu aluminiowego



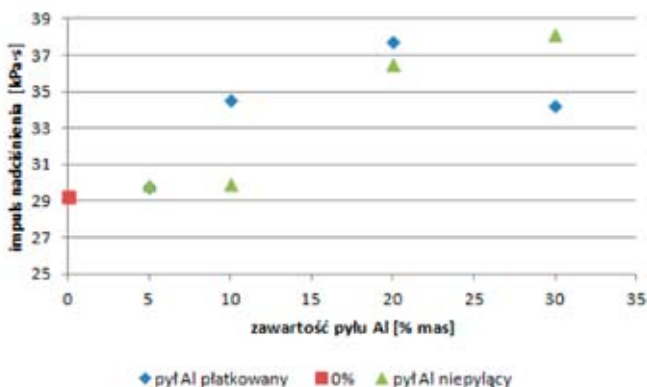
Rys. 9. Maksymalne nadciśnienie powietrznej fali podmuchowej generowanej w wyniku detonacji MWE zawierających różne ilości pyłu aluminiowego, w odległości 2 m od ładunku



Rys. 10. Zależność impulsu nadciśnienia od zawartości pyłu aluminiowego w odległości 2 m od ładunku



Rys. 11. Maksymalne nadciśnienie powietrznej fali podmuchowej generowanej w wyniku detonacji MWE zawierających różne ilości pyłu aluminiowego, w odległości 2,5 m od ładunku



Rys. 12. Zależność impulsu nadciśnienia od zawartości pyłu aluminiowego w odległości 2,5 m od ładunku

## Oszacowanie parametrów termodynamicznych badanych MWE

### Metodyka obliczeń

Pomocą w określeniu wpływu stopnia przereagowania ziaren pyłu aluminiowego w ścisłej strefie detonacji, pomiędzy czołem fali detonacyjnej, na którym następuje sprężanie materiału wybuchowego, a płaszczyzną Chapmana-Jougueta (C-J), gdzie następuje kształtowanie się równowagi termodynamicznej w obrębie powstających produktów przemiany, jest analiza numeryczna. W pracy przeprowadzono obliczenia parametrów detonacji badanych mieszanin wysokoenergetycznych za pomocą programu MWEQ, którego podstawy metodyczne przedstawione zostały w [10]. Program określa skład chemiczny i parametry termodynamiczne równowagowego stanu mieszaniny reaktywnej. Obliczenia oparte są na bardzo obszernej bazie danych charakteryzujących właściwości termodynamiczne substancji chemicznych, które potencjalnie mogą występować w składzie produktów przemiany. Baza zawiera wielkości entalpii tworzenia, zestawy współczynników, które pozwalają na wyznaczanie wielkości ciepła właściwego, entalpii i entropii w funkcji temperatury. Metodyka obliczeń przedstawiona w [10] pozwala na iteracyjne określanie stężeń molowych, temperatury, ciśnienia, energii wewnętrznej i innych parametrów mieszaniny w przypadku układów zawierających duże ilości (kilkadziesiąt, powyżej 100) substancji występujących w postaci gazowej oraz w fazach skondensowanych, ciekłej i stałej. Stan produktów odpowiadający stacjonarnej wartości prędkości detonacji określany jest z hipotezy Chapmana-Jougueta, zgodnie z którą w płaszczyźnie C-J następuje minimalizacja entropii mieszaniny reaktywnej.

Ze względu na wysokie ciśnienia i temperatury, jakie panują w produktach detonacji, niezbędne jest uwzględnienie wpływu objętości własnej molekuł na postać równania stanu. Podczas prowadzonych obliczeń, do opisu nieidealnych właściwości substan-

cji w warunkach wysokiej komprymacji materii, wykorzystywane było równanie stanu BKW. Szersze przedstawienie zastosowania równania BKW do opisu właściwości produktów spalania i wybuchu przedstawiono w [11]. Wpływ nieidealności w równaniu BKW charakteryzowany jest za pomocą czterech parametrów stałych  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\kappa$  i  $\theta$  oraz współczynników objętościowych, charakteryzujących daną substancję chemiczną, zwanych kowolumenami ( $k_i$ ). W obliczeniach przyjmowana była parametryzacja równania BKW, określona doświadczalnie w pracy [12]. Ze względu na występowanie wybuchowego azotan(V) sodu w składzie materiału, niezbędne było uwzględnienie w produktach związków sodu. Rozpatrywano był udział następujących substancji:  $\text{Na}_{(g)}$ ,  $\text{Na}_{2(g)}$ ,  $\text{NaH}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2\text{H}_2$ ,  $\text{NaNO}_{2(g)}$ ,  $\text{NaNO}_{3(g)}$ , oraz w fazach stałych  $\text{Na}_2\text{O}_{(s)}$ ,  $\text{NaOH}_{(s)}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_{3(s)}$ . Ponieważ w pracy [12] nie rozpatrywano udziału sodu w badanych materiałach wybuchowych, to dokonano aproksymacji kowolumenów charakteryzujących związki sodu na podstawie koncepcji kowolumenów geometrycznych [13]. Szczegółowe oszacowania przedstawiono w [14].

### Wykonanie obliczeń

Interpretacja numeryczna parametrów badanych mieszanin wybuchowych przeprowadzona została dla dwóch przypadków. W pierwszym przyjęto, że jest możliwe przereagowanie całej ilości glinu ( $\text{Al}_{akt}$ ) zawartego w ziarnach pyłu wprowadzanego do mieszaniny wybuchowej. W drugim – założono sytuację przeciwną. Przyjmowano, że w przestrzeni pomiędzy czołem fali detonacyjnej a punktem Chapmana-Jougueta, całość materiału zawartego w ziarnie pyłu, zarówno metaliczny glin jak i okrywająca go warstewka  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , pozostają jako składnik inercyjny ( $\text{Al}_{inert}$ ), który jedynie absorbuje ciepło. Otrzymane wyniki przedstawiono w tablicach (Tab. 2 i 3).

Tablica 2

### Oszacowane parametry MWE zawierających pył aluminiowy płatkowany (czystość 93% Al)

Charakterystyki badanych MWE		Skład pyłu aluminiowego przyjmowany w obliczeniach, g/kgMW			Wyniki obliczeń					
Udział masowy pyłu w MWE, %	$\rho_{0MWE}$ , kg/m <sup>3</sup>	$D_{eksp}$ , m/s	$\text{Al}_{akt}$	$\text{Al}_{inert}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$D_{C-J}$ , m/s	$P_{C-J}$ , MPa	$T_{C-J}$ , K	$Q_v$ , MJ/kg	$\Sigma_{(g)}$ , mol/kgMW
0	1,177	5460±160	-	-	-	5340	8159	2237	2,688	43,572
5	1,164	5320±170	4,6500	-	0,3500	5437	8436	2620	3,472	41,84
			-	4,6500	0,3500	5175	7459	2177	2,564	41,37
10	1,165	5070±60	9,3000	-	0,7000	5332	8254	2953	4,191	38,09
			-	9,3000	0,7000	4903	6619	2114	2,439	39,17
20	1,219	4790±140	18,6000	-	1,4000	5265	8768	3644	5,796	30,88
			-	18,6000	1,4000	4606	599	1968	2,189	34,79
30	1,272	4610±180	27,9000	-	2,1000	5226	8864	4267	7,361	24,21
			-	27,9000	2,1000	4260	5114	1803	1,934	30,45

gdzie:  $\rho_{0MWE}$  – gęstość materiału wybuchowego,  $D_{eksp}$  – prędkość detonacji wyznaczona eksperymentalnie,  $D_{C-J}$ ,  $P_{C-J}$ ,  $T_{C-J}$  – odpowiednio prędkość detonacji, ciśnienie detonacji i temperatura wyznaczona dla punktu Chapmana-Jougueta,  $Q_v$  – ciepło wybuchu,  $\Sigma_{(g)}$  – objętość produktów wybuchu.

Tablica 3

Oszacowane parametry MWE zawierających pył aluminiowy Depuval (czystość 99,7% Al)

Charakterystyki badanych MWE			Skład pyłu aluminiowego przyjmowany w obliczeniach, g/kgMW			Wyniki obliczeń				
Udział masowy pyłu w MWE, %	$\rho_{0MW}$ , kg/m <sup>3</sup>	$D_{exp}$ , m/s	Al <sub>akt.</sub>	Al <sub>inert</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$D_{c-j}$ , m/s	$P_{c-j}$ , MPa	$T_{c-j}$ , K	$Q_p$ , MJ/kg	$\Sigma_{(g)}$ , mol/kgMW
0	1,177	5460±160	0,00	0,00	0,00	5340	8159	2237	2,688	43,572
5	1,171	5320±110	4,9850	0,0000	0,0150	5433	8407	2649	3,529	41,15
			0,0000	4,9850	0,0150	5156	7379	2177	2,564	41,37
10	1,205	5200±120	9,9700	0,0000	0,0300	5504	9001	3008	4,328	37,86
			0,0000	9,9700	0,0300	5049	7159	2109	2,440	39,17
20	1,223	4690±80	19,9400	0,0000	0,0600	5320	9029	3760	6,068	30,47
			0,0000	19,9400	0,0600	4631	5993	1965	2,189	34,79
30	1,279	4390±150	29,9100	0,0000	0,0900	5364	9237	4413	7,741	23,82
			0,0000	29,9100	0,0900	4300	5210	1798	1,934	30,45

gdzie: oznaczenia jak w Tablicy 2.

Podsumowanie

Pył aluminiowy stosowany jest często jako dodatek do materiałów wybuchowych kruszących, paliw raketowych i wyrobów pirotechnicznych, w celu modyfikacji ich właściwości. Glin zwiększa energię wydzielającą się w reakcji spalania paliw raketowych, co powoduje wzrost zdolności podmuchowej i energii wybuchu podwodnego materiałów wybuchowych. Najczęściej stosowany jest pył aluminiowy o rozmiarach ziaren rzędu mikrometrów. Dostępne są również pyły aluminiowe o dużej powierzchni i rozmiarach cząstek rzędu nanometrów.

W przypadku idealnych materiałów wybuchowych zastosowanie Al jako dodatku powoduje spadek ich prędkości detonacji, co wynika z inercyjności chemicznej cząsteczek glinu w strefie reakcji chemicznej przebiegającej za frontem fali detonacyjnej. Wysokoenergetyczna reakcja utleniania Al zachodzi dopiero w strefie produktów detonacji. Wydzielające się na tym etapie duże ilości energii powodują wzmocnienie parametrów powietrznych fal podmuchowych. Dodatkowo część glinu utleniana jest tlenem z powietrza. Ten efekt dopalania wykorzystywany jest w amunicji termobarycznej.

Zastosowanie pyłu aluminiowego w nieidealnych materiałach wybuchowych daje nieco inne efekty. Przykładem mogą być materiały amonowosaetrzane z grupy amonali. Pył aluminiowy pełni w nich funkcje uczulacza uwrażliwiającego saletrę amonową i podwyższającego ich parametry detonacyjne. Przy wzroście zawartości pyłu aluminiowego wzrasta prędkość detonacji i zmniejsza się średnica krytyczna. Glin stanowi bowiem paliwo w stosunku do drugiego składnika mieszaniny – azotanu(V) amonu.

Emulsyjne materiały wybuchowe będące mieszaniną utleniaacza, paliw i innych dodatków, w tym przypadku zachowują się jak materiały wybuchowe idealne. Dodatek pyłu aluminiowego powoduje spadek prędkości detonacji MWE, a wraz ze wzrostem

zawartości glinu, wzmocnieniu ulegają parametry powietrznych fal podmuchowych; jednak w mniejszym stopniu niż w przypadku molekularnych MW.

Otrzymane wyniki szacowań potwierdzają koncepcję analizy parametrów detonacji przyjętą w założeniach do wykonywanej analizy numerycznej. Wielkości prędkości detonacji otrzymywane przy założeniu, że prędkość detonacji określana jest stanem równowagi termodynamicznej, jaki kształtuje się w gazowych produktach detonacji, są bliskie wielkościom obserwowanym w doświadczeniach.

Wysokie ciepło wybuchu, przy założeniu pełnego przereagowania glinu, potwierdza przydatność pyłu aluminiowego jako składnika energetyzującego mieszaniny wybuchowe. Jednocześnie zgodność z danymi doświadczalnymi obliczeń wykonywanych przy założeniu inercyjnego udziału ziaren pyłu w procesach zachodzących pomiędzy czołem fali detonacyjnej a punktem Chapmana-Jo-uguteta, potwierdza hipotezę o wydłużeniu czasu przereagowania pyłu aluminiowego, w stosunku do procesów zachodzących w fazie gazowej, które kształtują doświadczalnie obserwowane wartości prędkości detonacji.

W przypadku wysokich koncentracji pyłu, wyniki obliczeń mogą być zaniżone, ponieważ w strefie detonacji nie jest osiągnięta pełna równowaga termiczna. W rzeczywistym procesie detonacji ziarna pyłu przejmują ciepło od powstających produktów reakcji, jednak nie dochodzi do wyrównania temperatury w całej objętości ziarna. Wewnętrzna część ziarna uzyskuje mniejszą temperaturę niż ściśle centrum. Deficyt (utrata energii) pochłanianej przez niereagującą część ziarna jest wtedy mniejszy, niż przyjmowany w obliczeniach, kiedy zakłada się wyrównywanie temperatury w całej objętości materiału tworzącego ziarno pyłu.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań, sformułowano następujące wnioski:

- dodatek pyłu aluminiowego powoduje spadek prędkości detonacji emulsyjnych materiałów wybuchowych, podobnie jak w przypadku idealnych materiałów wybuchowych, co wynika z inercyjności chemicznej glinu w strefie reakcji;
- przyrost impulsu nadciśnienia, oraz nadciśnienia na froncie fali podmuchowej, w stosunku do ładunku bez glinu, wynika z silnie egzotermicznych reakcji utleniania tego metalu w strefie produktów detonacji;
- bardziej aktywny w strefie produktów detonacji jest pył płatkowany; ładunki zawierające dodatek tego pyłu osiągają wyższe parametry detonacyjne: prędkość detonacji i parametry powietrznej fali podmuchowej.

Literatura

1. Maranda A., Gołąbek B., Kasperski J.: *Materiały wybuchowe emulsyjne*. WNT, Warszawa 2008.
2. Mendes R., Ribeiro J., Plaksin I., Campos J.: *Non ideal detonation of emulsion explosives mixed with metal particles*. AIP Conf. Proc. 2012, 1426, 267.
3. Wang L., Wang N., Zhang L.: *Study on key factors affecting energy output of emulsion explosives in underwater explosion*. Propellants, Explosives, Pyrotechnics 2012, 37, 83 -92.
4. Takahashi K., Murata K., Kato Y., Fujita M., Itoh S.: *Non-ideal detonation of emulsion explosives*. Journal of Materials Processing Technology 1999, 85.
5. Paszula J., Maranda A., Gołąbek B., Kasperski J.: *Zdolność do wykonania pracy górniczych materiałów wybuchowych w teście wybuchu podwodnego*. Górnictwo i Geoinżynieria 2004, 28, 3/1.
6. Murata K., Takahashi K., Kato Y.: *Measurements of underwater explosion performances by pressure gauge using fluoropolymer*, 12<sup>th</sup> International Symposium on Detonation, August 11-16, 2002, Wyndham San Diego at Emerald Plaza.
7. [https://www.akzonobel.com/expandel/system/Images/AkzoNobel\\_Expandel\\_DE\\_product\\_specification\\_tcm65-49451.pdf](https://www.akzonobel.com/expandel/system/Images/AkzoNobel_Expandel_DE_product_specification_tcm65-49451.pdf) (15.06.2015).



8. [http://www.bendalutz.com/sites/default/files/documents/DEPUVAL\\_Product\\_Information\\_20130415\\_E.pdf](http://www.bendalutz.com/sites/default/files/documents/DEPUVAL_Product_Information_20130415_E.pdf) (15.06.2015).
9. Grishkin A.M., Dubnov L.V., Davidov V.Yu., Levshina Yu.A., Mikhailova T.N.: *Effect of powdered aluminum additives on detonation parameters of high explosives*. Combustion, Explosion and Shock Waves 1993, **29**, 2.
10. Papiński A.: *An implementation of the steepest descent method to evaluation of equilibrium composition of reactive mixtures containing components in condensed phases*. Central European Journal of Energetic Materials 2007, **4**, 1-2.
11. Papiński A.: *Modelowanie rozwoju spalania i wybuchu w niejednorodnych fizycznie ośrodkach reaktywnych*. Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2009.
12. Fried L.E., Souers P.C.: *BKWC: An Empirical BKW Parameterization Based on Cylinder Test Data*. Propellants Explosives, Pyrotechnics. 1996, **21**, 215-223.
13. Hobbs M.L., Baer M.R.: *Nonideal Thermoequilibrium Calculations Using a Large Product Species Data Base*. Shock Waves 1992, **2**, 177-187.
14. Papiński A., Maranda A.: *Investigation of the influence of cooling salts upon explosive performance of emulsion explosives*. Central European Journal of Energetic Materials 2015, **12**, 3.

Mgr inż. Ewelina BEDNARCZYK ukończyła studia II stopnia na Wydziale Nowych Technologii i Chemii Wojskowej Akademii Technicznej (2015). Specjalność: materiały wybuchowe i pirotechnika.

Prof. dr hab. inż. Andrzej MARANDA ukończył Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej (1971). Obecnie pracuje w Wojskowej Akademii Technicznej oraz w Instytucie Przemysłu Organicznego w Warszawie. Zainteresowania naukowe: chemia i technologia materiałów wybuchowych, ochrona środowiska. Jest autorem i współautorem pięciu monografii, 21 patentów oraz ponad 580 publikacji zamieszczonych w czasopismach naukowych oraz prezentowanych na krajowych i zagranicznych konferencjach naukowych.  
e-mail: amaranda@wat.edu.pl, tel.: +48226837541

Dr inż. Józef PASZULA jest absolwentem Wydziału Chemii i Fizyki Technicznej Wojskowej Akademii Technicznej. Doktorat uzyskał na Wydziale Mechatroniki (2000). Obecnie pracuje na Wydziale Nowych Technologii i Chemii WAT. Jest współautorem ok. 100 prac naukowych (artykułów i referatów konferencyjnych).

Dr hab. inż. Andrzej PAPIŃSKI – profesor nadzwyczajny Wojskowej Akademii Technicznej, absolwent kierunku Fizyka Techniczna (1971). Obecnie pracuje w Zakładzie Inżynierii Bezpieczeństwa Instytutu Techniki Lotniczej w Wydziale Mechatroniki i Lotnictwa WAT. Jest autorem i współautorem ponad 130 prac naukowych (artykułów i referatów konferencyjnych). Specjalista w zakresie modelowania procesów przemiany materiałów energetycznych, numerycznego modelowania dynamiki obciążenia ośrodków jednorodnych i wielofazowych, analizy zagrożeń materiałów w dynamicznych

## Aktualności z firm

News from the Companies

Dokończenie ze strony 40

### Zmiany w zarządzie TAURON Polska Energia

Rada nadzorcza TAURON Polska Energia na posiedzeniu 8 grudnia 2015 r. odwołała ze składu zarządu spółki Jerzego Kurellę – prezesa zarządu, Piotra Kotodzieja – wiceprezesa zarządu ds. strategii i rozwoju, Henryka Borczyka – wiceprezesa zarządu ds. korporacji oraz Michała Gramatykę – wiceprezesa zarządu ds. handlowych. W skład zarządu – od 8 grudnia 2015 – rada nadzorcza powołała Remigiusza Nowakowskiego – powierzając mu stanowisko prezesa zarządu, Jarosława Brodę – powierzając mu stanowisko wiceprezesa zarządu ds. strategii i rozwoju, Kamila Kamińskiego – powierzając mu stanowisko wiceprezesa zarządu ds. korporacji oraz Piotra Zawistowskiego – powierzając mu stanowisko wiceprezesa zarządu ds. handlowych. Wiceprezesem ds. ekonomiczno-finansowych pozostaje nadal Anna Striżyk. (kk)

(<http://media.tauron.pl/>, 8.12.2015)

### RYNEK

#### Grupa Azoty ZAK SA poszerza portfolio o nawozy płynne

25 listopada ub.r. w Grupie Azoty ZAK SA oficjalnie otwarto instalację do produkcji nawozów RSM wraz z bazą logistyczną oraz zmodernizowany magazyn nawozów.

Łączny koszt inwestycji to ponad 50 mln zł. Zdolności produkcyjne nowej instalacji sięgną 100 tys.t produktu rocznie. RSM jest poszukiwanym na rynku wysokoskoncentrowanym nawozem azotowym

w formie wodnego roztworu saletrzano-mocznikowego. Roztwór produkowany jest w trzech wariantach: 28%N, 30%N, 32%N dostosowanych do różnych temperatur transportu i przechowywania.

– *Nawozy są jednym z dwóch głównych profilów działalności Grupy Azoty ZAK SA. Poszerzenie oferty produktowej w tym obszarze jest wynikiem świadomej polityki budowania przewag konkurencyjnych. Cieszymy się, że od teraz, obok renomowanych marek nawozów granulowanych, możemy zaoferować klientom również nawozy płynne* – mówił podczas otwarcia instalacji Adam Leszkiewicz, prezes Grupy Azoty ZAK SA

Ważnym elementem zrealizowanej inwestycji jest baza logistyczna. Dzięki niej Spółka włączy się do sieci dystrybucji nawozów płynnych, tworzonej przez Grupę Azoty. Integracja sprzedaży RSM pochodzących z zakładów Grupy Azoty w Kędzierzynie-Koźlu i Puławach pozwoli na zmaksymalizowanie efektu synergii.

– *Inwestycja jest naszą odpowiedzią na wzrastający popyt na nawozy płynne. Dzięki niej dostawy do naszych Klientów będą mogły być realizowane ekspresowo, a zadowolenie klientów to od zawsze jeden z naszych priorytetów* – podkreślał prezes Leszkiewicz.

Grupa Azoty ZAK SA może pochwalić się jeszcze jedną zrealizowaną inwestycją, która zwiększy potencjał logistyczny Spółki. 25 listopada ub.r. do użytku został również oddany zmodernizowany magazyn do składowania nawozów saletranych. Koszt modernizacji to ponad 20 mln zł. Magazyn mieści 35 tys. t produktów, takich jak Salmag®, Salmag z siarką®, Salmag z borem®, ZAKsan® i Miksal. (abc)

(<http://grupaaazoty.com/pl/wydarzenia/> 25.11.2015, dostęp 19.01.2016)

Dokończenie na stronie 50