

## Badanie zapalników – test podwodny

Zenon Wilk<sup>1</sup>, Adam Zakrzewski<sup>1</sup>, Rafał Szymczak<sup>1</sup>, Danuta Duda<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> - Instytut Przemysłu Organicznego, Oddział w Krupskim Młynie

<sup>2)</sup> - „NITROERG” SA., Krupski Młyn

**Streszczenie:** Przedstawiona praca prezentuje stanowisko w IPO – Krupski Młyn do badania zapalników i soplek - test wybuchu podwodnego. Test wykonywany jest w stalowym zbiorniku o pojemności 1 m<sup>3</sup>, mierzone są zmiany ciśnienia w wodzie w trakcie, i po detonacji zapalnika. Do pomiaru zmian ciśnienia zastosowano czujniki piezoelektryczne, a do akwizycji i analizy danych oscyloskop cyfrowy i komputer. Metodą tą można badać wszystkie typy soplek i zapalników odpornych na wodę. Zaprezentowano wyniki badań wybranych typów zapalników produkcji „NITROERG” SA.

### 1. Wstęp

Zapalniki i sopleki różnego rodzaju są niezbędnym elementem niemal wszystkich urządzeń wybuchowych. W ciągu ostatnich lat w Polsce i na świecie opracowano i wdrożono do produkcji wiele nowych, często innowacyjnych, typów zapalników. Tworzenie nowych konstrukcji zapalników podyktowane jest zmieniającymi się wymaganiami im stawianymi – bezpieczeństwem użytkownika, względami ekologicznymi, zabezpieczeniem przed wykorzystaniem przez osoby niepowołane oraz specyficznymi wymaganiami określonymi przez użytkowników. Pojawianie się zapalników o zupełnie nowatorskiej konstrukcji, z niestosowanymi dotychczas materiałami wybuchowymi i niespotykanymi dotychczas parametrami użytkowania rodzi konieczność wprowadzania nowych metod badania tych zapalników. Szczególnie istotnym parametrem, który należy sprawdzać jest impuls energii jaka wyzwala się podczas detonacji oraz czy ten impuls na odpowiednim poziomie jest powtarzalny dla określonego typu wyrobu.

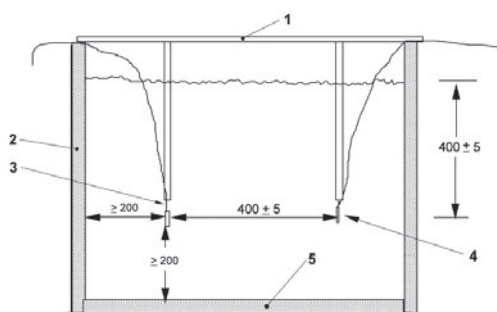
Standardy Komisji Europejskiej zalecają stosowanie do badania energii wybuchu materiałów wybuchowych, zapalników i soplek tzw. testu wybuchu podwodnego [1].

W warunkach krajowych tego rodzaju metody badawcze są już stosowane przez zespoły badawcze WAT [2-4].

W Oddziale IPO w Krupskim Młynie uruchomiono kolejne stanowisko do badania zdolności inicjalnej zapalników i soplek w teście wybuchu podwodnego. Stanowisko wyposażone jest również w system odpalania zapalników nieelektrycznych.

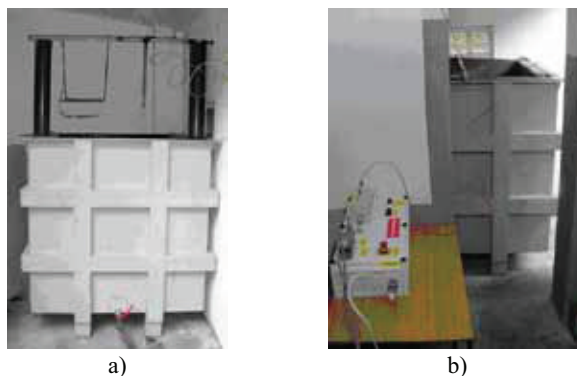
### 2. Stanowisko badawcze IPO – test wybuchu podwodnego

Stanowisko badawcze, spełniające wymagania normy europejskiej [1] przedstawiono schematycznie na rys.1.



**Rys. 1.** Schemat stanowiska badawczego – zbiornik do testu wybuchu podwodnego: 1 - układ nośny do montażu czujnika i badanego wyrobu; 2 - zbiornik wodny; 3 - badany wyrób, zapalnik lub sopleka; 4 - czujnik ciśnienia; 5 - tłumiąca energię warstwa wewnętrzna zbiornika

Widok zbiornika wodnego do testu wybuchu podwodnego przedstawia rys. 2.



**Rys. 2.** Widok zbiornika do testu wybuchu podwodnego

Nad zbiornikiem przedstawiono konstrukcję nośną z czujnikiem ciśnienia i do montażu zapalników lub spłonek. Badany wyrób umieszczano tak, aby jego ładunek spłonkowy znajdował się na tej samej wysokości, co czujnik (rys. 2a).

Stanowisko wyposażone jest również w system stacjonarny do odpalania zapalników nieelektrycznych. Konstrukcja zapalarki pozwala na wykonywanie badań zapalników nieelektrycznych różnych producentów. Rys. 2.b. przedstawia zbiornik wodny i system odpalający dla zapalników nieelektrycznych. Na fotografii przedstawiono przygotowany do odpalenia zapalnik nieelektryczny typu „Nitronel” produkcji „NITROERG” SA. Do pomiaru zmian ciśnienia zastosowano czujnik piezoelektryczny firmy PCB typu W138A05 w specjalnym wykonaniu wraz z kablem pomiarowym o długości 6 m. W tabeli 1 przedstawiono charakterystykę czujnika ciśnienia wg danych producenta.

**Tabela 1.** Parametry techniczne czujnika ciśnienia firmy PCB Piezotronics typu W138A05

Parametr	Jednostka miary	Wartość
Zakres pomiarowy	[MPa]	34,475
Czułość	[mV kP <sup>-1</sup> ]	0,15
Element aktywny	materiał	Turmalin
Długość kabla	[m]	6

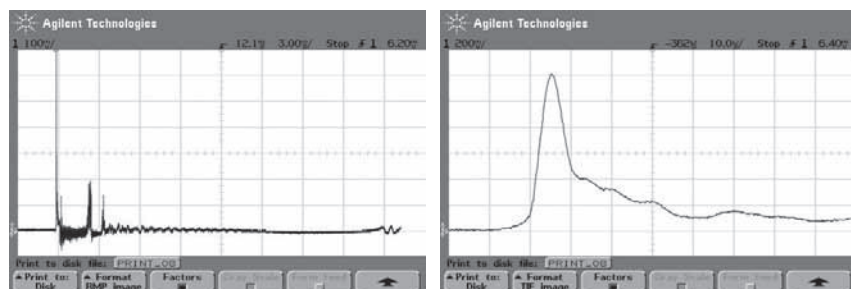
Do akwizycji i analizy danych zastosowano oscyloskop cyfrowy i komputer przenośny. Widok aparatury pomiarowej przedstawia rys. 3.



**Rys. 3.** Widok aparatury pomiarowej do akwizycji i analizy danych pomiarowych

W teście tym zbiera się znacznie większą ilość danych pomiarowych niż w testach dotychczas stosowanych (przebiecie płytki ołowianej lub aluminiowej). Pozwalają one bardzo dobrze scharakteryzować właściwości

zapalników, i zespołów spłonkowych, pod względem wartości energii wybuchu, czyli zdolności inicjowania. Na rysunku poniżej przedstawiono typowe przykłady przebiegów fali ciśnienia rejestrowanych w czasie testu wybuchu podwodnego.



**Rys 4.** Typowe przykłady przebiegów fal ciśnienia rejestrowanych w czasie testu wybuchu podwodnego

Wynikiem testu każdego zapalnika jest wykres ciśnienia w funkcji czasu (zob. rys. 4) i wyznaczone z niego maksymalne ciśnienie fali uderzeniowej ( $\Delta p$ ), czas pierwszej pulsacji pęcherza gazowego (TPG). Następnie wg normy [1] wyznacza się energię fali uderzeniowej (EFU) oraz energię pęcherza gazowego (EPG).

### 3. Badania

Wykonano testy dla dwóch typów zapalników nieelektrycznych, jednego typu zapalnika elektrycznego i dla spłonki typu ZnT. Widok badanych wyrobów przedstawia rys. 5.



**Rys. 5.** Widok wyrobów, które badano w teście wybuchu podwodnego

Badane zapalniki:

- zapalnik nieelektryczny skalny powierzchniowy - NITRONEL QS 25ms,
- zapalnik nieelektryczny skalny półsekundowy - NITRONEL LP 0-10, dla wybranego czasu opóźnienia Nr 5,
- zapalnik elektryczny skalny 0,2 A półsekundowy NITRODET - GZE S 0,2A P.

Producent badanych wyrobów: „NITROERG” S. A. w Krupskim Młynie.

Wykonano również testy wybuchu podwodnego dla spłonek typu ZnT. Spłonki te w uzgodnieniu z wytwórcą badanych zapalników przyjęto jako ładunek odniesienia do oceny zapalników pod względem wartości energii wybuchu, czyli zdolności inicjowania.

Dla każdego z rodzajów wyrobów stosowano właściwy dla nich sposób inicjowania detonacji: zapalniki elektryczne przy użyciu zapalarki do zapalników elektrycznych, a nieelektryczne – zapalarki do zapalników nieelektrycznych. Spłonki typu ZnT inicjowano za pomocą odcinków lontu prochowego. Charakterystykę wyrobów i wyniki ich badań w teście wybuchu podwodnego przedstawiono w tabeli 2.

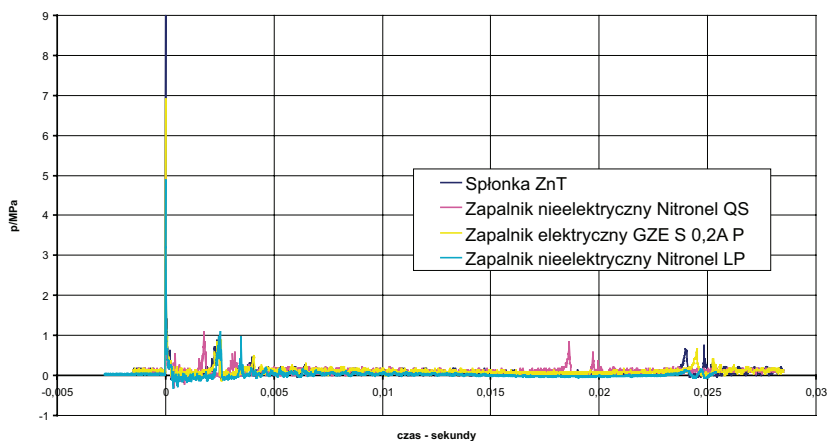
**Tabela 2.** Charakterystyka zapalników i spłonek oraz wyniki ich badań w teście wybuchu podwodnego

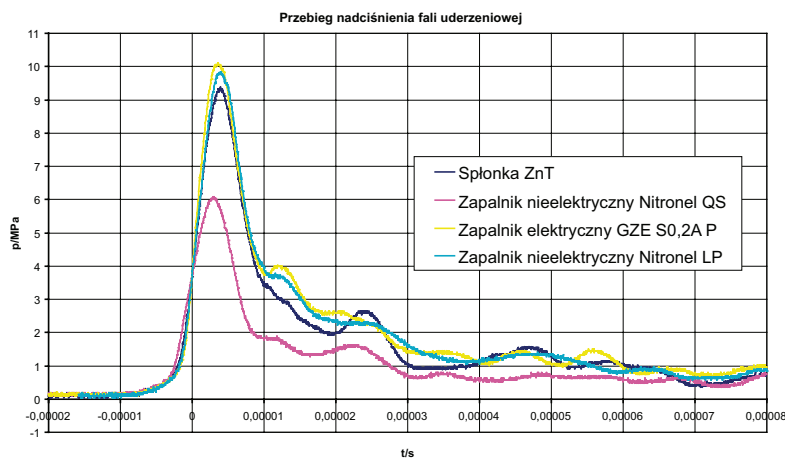
Typ zapalnika lub spłonki oraz charakterystyka	$\Delta p$ [MPa]	EFU [J]	TPG [ms]	EPG [J]	EFU+EPG [J]
Spłonka ZnT MW: - 600 mg TNT, - 100 mg PETN, - 300 mg mieszaniny: (4:1) Azydek Pb/TRNO. Łuska cynkowa.	9,22 (± 0,18)	619 (± 37)	23,99 (± 0,09)	1074 (± 24)	1693 100%
Zapalnik elektryczny NITRODET GZE S 0,2A P MW: - 700 mg PETN, - 80 mg azydku Pb. Łuska aluminiowa.	9,88 (± 0,48)	729 (± 26)	24,68 (± 0,21)	1170 (± 30)	1899 112,1%
Zapalnik nieelektryczny powierzchniowy NITRONEL QS 25ms MW: - 200 mg PETN, - 80 mg azydku Pb. Łuska aluminiowa.	5,86 (± 0,16)	245 (± 15)	18,39 (± 0,20)	483 (± 15)	728 43%
Zapalnik nieelektryczny NITRONEL LP 0-10 Opóźnienie Nr 5 MW: - 700mg PETN, - 80 mg azydku Pb. Łuska aluminiowa.	9,71 (± 0,36)	780 (± 78)	24,28(± 0,27)	1114 (± 12)	1894 111,9%

$\Delta p$  – maksymalne ciśnienie fali uderzeniowej, EFU – energia fali uderzeniowej, TPG – czas pierwszej pulsacji pęcherza gazowego, EPG – energia pęcherza gazowego

Na kolejnych rysunkach przedstawiono przykładowe wyniki rejestracji przebiegów ciśnienia badanych wyrobów w teście wybuchu podwodnego (rys. 6) i przebiegów nadciśnienia fali uderzeniowej (rys. 7).

Przykładowe wyniki rejestracji przebiegów ciśnienia

**Rys. 6.** Przykładowe wyniki rejestracji przebiegów ciśnienia badanych wyrobów w teście wybuchu podwodnego



Rys. 7. Przebieg nadciśnienia fali uderzeniowej dla badanych wyrobów

#### 4. Podsumowanie

- 4.1. Test wybuchu podwodnego umożliwia dokładne określanie parametrów opisujących zdolność inicjującą wszystkich typów zapalników (elektrycznych, nieelektrycznych, słonek).
- 4.2. Zaimplementowana metoda nadaje się do testów porównawczych wszystkich typów zapalników z zapalnikami wzorcowymi dowolnego typu. Jedynym wymogiem jest wodoszczelność zapalnika, bądź możliwość jego uszczelnienia.
- 4.3. Zaprezentowane stanowisko badawcze umożliwia szybkie testowanie dużej ilości zapalników – czas badania jednej serii zapalników jest znacznie krótszy niż przy metodach tradycyjnych. Ponadto stanowisko badawcze umożliwia jednoczesne badanie zdolności inicjalnej zapalników i czasu ich zadziałania.
- 4.4. Wyznaczone w trakcie testu parametry umożliwiają określenie różnych typów energii uwalnianej podczas detonacji zapalnika - metoda ta pozwala na rozróżnienie i określenie zdolności kruszących i miotających zapalnika.
- 4.5. Na podstawie przedstawionej serii wyników badań można ocenić wartości energii wybuchu, czyli zdolności inicjowania badanych zapalników w stosunku do ładunku odniesienia (słonka ZnT = 100%). Zdolność inicjowania zapalników elektrycznych (NITRODET - GZE S 0,2A P) i nieelektrycznych (NITRONEL LP) jest bardzo zbliżona - na poziomie ok. 112% w stosunku do słonki ZnT. Zapalnik nieelektryczny skalny powierzchniowy - NITRONEL QS 25ms wykazuje się zdecydowanie niższą zdolnością inicjowania, na poziomie 43% w stosunku do słonki ZnT. Wynika to z przeznaczenia tego zapalnika. Służy on do inicjowania detonacji rurek detonujących sieci zapalników nieelektrycznych.

#### Podziękowanie

Autorzy dziękują zespołowi WAT Warszawa - prof. dr. inż. Andrzejowi Marandzie i dr. inż. Józefowi Paszuli za pomoc merytoryczną w realizacji projektu stanowiska badawczego.

Spółce „NITROERG” SA. dziękujemy za pomoc w uruchomieniu stanowiska badawczego - zbiornika do testu wybuchu podwodnego i systemu odpalania zapalników nieelektrycznych oraz za dostarczenie próbek zapalników nieelektrycznych do badań.

#### Literatura

- [1] PN-EN 13763-15:2007 Materiały wybuchowe do użytku cywilnego - Zapalniki i przekaźniki - Część 15: Wyznaczanie równoważnika zdolności inicjowania
- [2] Paszula J., Maranda A., Gołąbek B., Kasperski J., *An underwater test for LWC emulsion explosives.*

- 8<sup>th</sup> Seminar “New Trends in Research of Energetic Materials”, Pardubice Czech Republic April 20-22, 2004,.
- [3] Paszula J., Sołtys M., *Badanie wpływu geometrycznego położenia zapalnika i masy jego ładunku wtórnego na wyniki testu wybuchu podwodnego*. V Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa – Waplewo, WAT Warszawa, 2004.
- [4] Paszula J., Maranda A., *Określenie równoważnika zdolności inicjowania dla słonki pobudzającej ZnT i zapalnika elektrycznego skalnego 0,2A NITRODET w teście wybuchu podwodnego*. Raport z badań Z.T.S. „NITRON” S.A. Krupski Młyn -WAT Warszawa, 2004.