

Materiały Wysokoenergetyczne / High Energy Materials, 2017, 9, 194 – 203; DOI: 10.22211/matwys/0149
ISSN 2083-0165

Copyright 2017 © Institute of Industrial Organic Chemistry, Poland

Praca doświadczalna / Research paper

Badania kontrolne parametrów materiałów wybuchowych i środków strzałowych w warunkach ruchowych zakładu górniczego **Follow-up measurements of explosives and blasting agents parameters in mining conditions**

Piotr Mertuszka,^{*)} Krzysztof Fulawka

KGHM CUPRUM Sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe, ul. Gen. W. Sikorskiego 2-8, 53-659 Wrocław, PL

*E-mail: pmertuszka@cuprum.wroc.pl

Streszczenie: Technika strzałowa jest obecnie podstawową metodą urabiania skał zwięzłych w górnictwie. Na skuteczność robót strzałowych wpływa wiele czynników, z których najistotniejszymi wydają się być skład i jakość dostarczanych materiałów wybuchowych, średnica otworu strzałowego czy sposób inicjacji. Prowadzenie badań kontrolnych wpływu tych parametrów na efektywność urabiania mogą przelożyć się na jej poprawę. W ramach niniejszego artykułu przedstawiono możliwości zastosowania wybranego systemu rejestracji prędkości detonacji do weryfikacji parametrów materiałów wybuchowych i środków strzałowych w warunkach ruchowych zakładu górniczego oraz zaprezentowano przykładowe wyniki badań.

Abstract: Currently, exploitation of the hard rock deposits is achieved through the use of blasting technology. The effectiveness of blasting works is influenced by many factors, the most important of which are the composition and quality of the explosives supplied, the blasthole diameter and the method of initiation. Conducting of the follow-up measurements on the impact of these parameters on the efficiency of the mining works may translate into its improvement. The article describes the technical parameters and possibilities of application of selected VOD recorder for verification of explosives and blasting agents parameters in mining conditions as well as results of field tests.

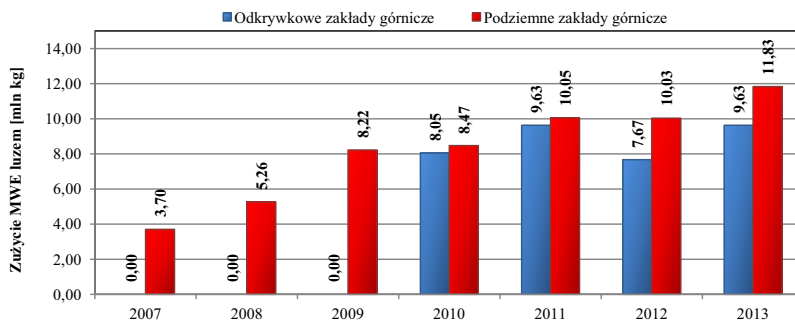
Słowa kluczowe: technika strzałowa, materiały wybuchowe, prędkość detonacji

Keywords: blasting technique, explosives, detonation velocity

1. Wprowadzenie

Technika strzałowa jest obecnie podstawową metodą urabiania skał zwięzłych zarówno w górnictwie podziemnym, jak i górnictwie odkrywkowym surowców skalnych. Wielokrotnie podejmowane próby mechanizacji tego procesu jak dotąd nie przyniosły w pełni satysfakcjonujących rezultatów. Szacuje się, że w najbliższych latach zużycie materiałów wybuchowych (MW) w górnictwie wzrośnie, bądź utrzymać się będzie na podobnym poziomie. Oznacza to, że należy w dalszym ciągu dążyć do poprawy efektywności prowadzonych robót strzałowych. Na skuteczność procesu urabiania wpływa wiele czynników, z których najistotniejszym wydaje się być jakość dostarczanych materiałów wybuchowych i środków strzałowych. Dotyczy to w szczególności materiałów wybuchowych emulsyjnych (MWE) luzem, które wytwarzane są bezpośrednio w miejscu prowadzenia robót strzałowych. W ostatnich latach nastąpił znaczny wzrost zużycia

MWE luzem w podziemnych i odkrywkowych zakładach górniczych (rys. 1). W roku 2016 w kopalniach rud miedzi KGHM już ponad 90% stosowanych materiałów wybuchowych stanowiły materiały emulsyjne luzem.



Rys. 1. Zużycie materiałów wybuchowych emulsyjnych w odkrywkowych i podziemnych zakładach górniczych w latach 2007-2013 [1]

Jednym z podstawowych parametrów charakteryzujących materiał wybuchowy jest prędkość detonacji, która opisuje z jaką prędkością wewnątrz ładunku materiału wybuchowego przemieszcza się fala detonacyjna. Parametr ten zależy od szeregu czynników i dzięki nowoczesnym technologiom pomiarowym może być oznaczany w warunkach ruchowych zakładu górniczego, tj. w momencie odpalania ładunków w otworach strzałowych. Otrzymanie wyniku poniżej wartości deklarowanej w certyfikacie badania WE/UE jest sygnałem do natychmiastowego wycofania danej partii MW lub wycofania modułu do wytwarzania MWE luzem i jego ponownej kalibracji oraz zbadania jakości komponentów wykorzystanych do produkcji. Szczegółowa wiedza na temat wpływu takich parametrów, jak skład MW, średnica otworu strzałowego czy sposób inicjacji na zachowanie się MW w warunkach rzeczywistych może przelożyć się na poprawę efektywności robót strzałowych.

W ramach niniejszego artykułu przedstawiono możliwości zastosowania ciągłego systemu rejestracji prędkości detonacji MicroTrap™ do weryfikacji parametrów materiałów wybuchowych i środków strzałowych w warunkach ruchowych zakładu górniczego oraz zaprezentowano przykładowe wyniki badań.

2. Badania kontrolne MW i środków strzałowych

2.1. Miejsce prowadzenia prac badawczych

Badania przeprowadzono w wybranych wyrobiskach górniczych kopalń rud miedzi Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego, na terenie wybranych dolnośląskich kopalń odkrywkowych surowców skalnych oraz na zakładowym placu testowym materiałów wybuchowych na terenie firmy NITROERG S.A. w Bieruniu.

2.2. System rejestracji MicroTrap™

Rejestrator MicroTrap™ jest jednokanałowym przenośnym urządzeniem do pomiaru prędkości detonacji ładunków MW. Pomiar prowadzony jest w sposób ciągły w oparciu o metodę elektryczną. Częstotliwość próbkowania na poziomie 2 MHz pozwala określić prędkość detonacji nawet krótkich ładunków MW z bardzo dużą dokładnością. Do badań wykorzystuje się specjalne sondy o długości od 30-100 cm (rurka koncentryczna) do nawet 900 m (przewód koncentryczny) dzięki czemu system ten można stosować zarówno w badaniach krótkich ładunków MW poza otworem strzałowym, jak i do pomiarów prędkości detonacji w długich otworach strzałowych. W trakcie pomiaru sonda jest obciążona impulsem prądu stałego o stałej amplitudzie. Fala detonacyjna poruszając się wzdłuż sondy skraca ją, powodując zmianę jej rezystancji. W wyniku tego urządzenie rejestruje zmianę napięcia w funkcji czasu, a następnie przelicza na prędkość detonacji. Po zakończeniu pomiaru

dane przesyłane są do komputera. Specjalne oprogramowanie, po uprzedniej konwersji zarejestrowanego sygnału zmian napięcia na prędkość, pozwala na analizę wyników badań. Szczegółowy opis systemu znaleźć można w literaturze przedmiotu [2-4]. Poza pomiarem prędkości detonacji system umożliwia także m.in. oznaczanie rzeczywistych czasów opóźnień zapalników w stosunku do wartości nominalnych. Ciągły pomiar prędkości umożliwia m.in. określanie minimalnej wielkości pobudzacza dla różnych MW poprzez pomiar prędkości rozbiegu, badania wpływu temperatury skał, obecności wody, zwiercin i innych zanieczyszczeń znajdujących się w kolumnie MW na prędkość detonacji.

Niepewność pomiaru przy zastosowaniu systemu MicroTrap™ związana jest ze zmiennością oporności jednostkowej stosowanych sond i zgodnie z deklaracją producenta może sięgać maksymalnie $\pm 2\%$.

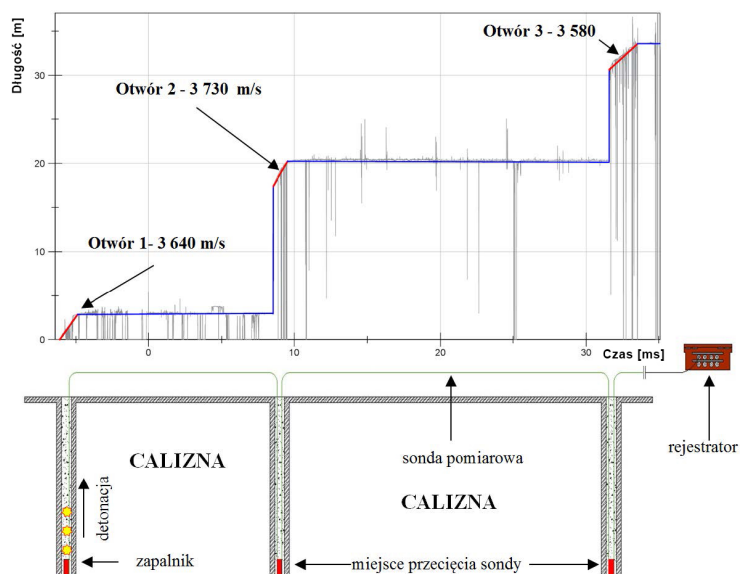
W opinii Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego we Wrocławiu aparatura MicroTrap™ nie kwalifikuje się do zaliczenia do sprzętu strzałowego, zatem nie wymaga dopuszczenia w trybie rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych.

2.3. Pomiar prędkości detonacji materiałów wybuchowych

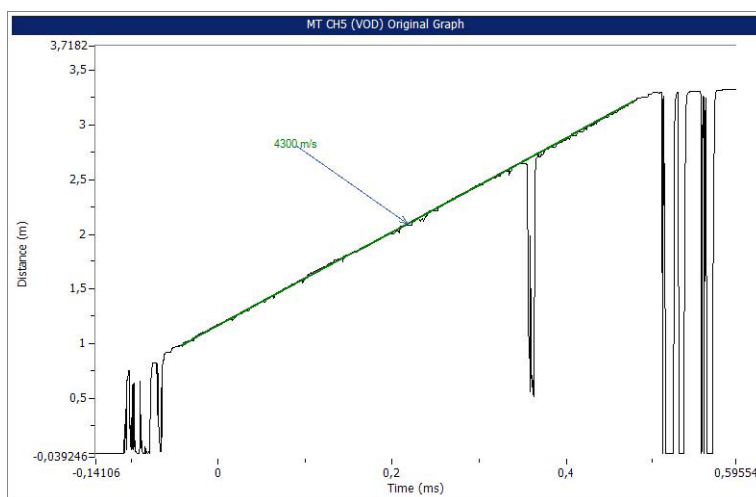
Prędkość detonacji jest jednym z podstawowych parametrów opisujących właściwości materiałów wybuchowych. Jest ona oznaczana w warunkach laboratoryjnych zgodnie z Polską Normą *PN-EN 13631-14:2005*. Wartość laboratoryjna może jednak istotnie różnić się od wartości pomierzonej *in situ*, dlatego ważna jest jej kontrola w warunkach ruchowych kopalń. Obecność wody w otworach strzałowych, zróżnicowana temperatura skał czy czas, który upłynął od załadunku do odpalenia w przypadku MWE luzem definitywnie wpływają na zachowanie się materiału wybuchowego.

Aby przeprowadzić pomiar w otworze strzałowym, zwarty koniec sondy przymocowuje się do ładunku udarowego, po czym wprowadza na dno otworu strzałowego zgodnie ze standardową procedurą. Warunkiem koniecznym przeprowadzenia pomiaru z wykorzystaniem metody ciągłej jest inicjacja ładunku MW od dna otworu strzałowego. Następnie, drugi koniec sondy, znajdujący się poza otworem strzałowym, łączy się z kablem komunikacyjnym podłączonym bezpośrednio do rejestratora. Sondę można zainstalować w jednym lub w kilku otworach strzałowych odpalanych w ramach jednej serii. W przypadku badań w kilku otworach strzałowych, sondę należy przekładać z jednego otworu do drugiego zgodnie z zastosowanymi stopniami opóźnień (narastająco). W trakcie detonacji ładunku w pierwszym otworze, czoło fali detonacyjnej przemieszczającej się wewnątrz ładunku MW powoduje skracanie (zwieranie) sondy. Następnie, po pewnym czasie, w zależności od zastosowanego opóźnienia, odpalany jest drugi otwór. Detonacja prowadzi do „amputacji” odcinka sondy, co widoczne jest na wykresie w postaci nagłego przyrostu odległości w czasie. Wraz z postępującą detonacją rejestrowana jest prędkość w drugim otworze oraz analogicznie w kolejnych. Zasadę pomiarów prędkości detonacji w kilku otworach strzałowych przedstawiono na rysunku 2.

Po sprawdzeniu prawidłowości połączenia, aparaturę umieszcza się w bezpiecznym miejscu i wprowadza w stan czuwania. Zapis prędkości detonacji wykonany zostanie samoczynnie w momencie, kiedy odpowiednia długość sondy lub przewodu pomiarowego zostanie zniszczona przez detonację MW. Przykładowy wykres z badania MWE luzem w otworze strzałowym przedstawia rysunek 3. Przedmiotem badań był jeden ze stosowanych w kopalniach KGHM materiałów wybuchowych emulsyjny luzem zainicjowany zapalnikiem nieelektrycznym o masie ładunku wtórnego równej 0,65 g PETN. Pomiar prędkości detonacji przeprowadzono na odcinku około 3,2 m od dna otworu strzałowego. Średnia zmierzona wartość prędkości wyniosła 4300 m/s. Badany materiał wybuchowy osiągnął stabilną wartość prędkości detonacji w odległości około 100 cm od dna otworu strzałowego, co wskazywać może na problemy z przeniesieniem detonacji z zapalnika na MW. Niemniej prędkość detonacji badanego MWE osiągnęła akceptowalną wartość prędkości detonacji dla tego typu MW.



Rys. 2. Zasada pomiaru prędkości detonacji w kilku otworach strzałowych



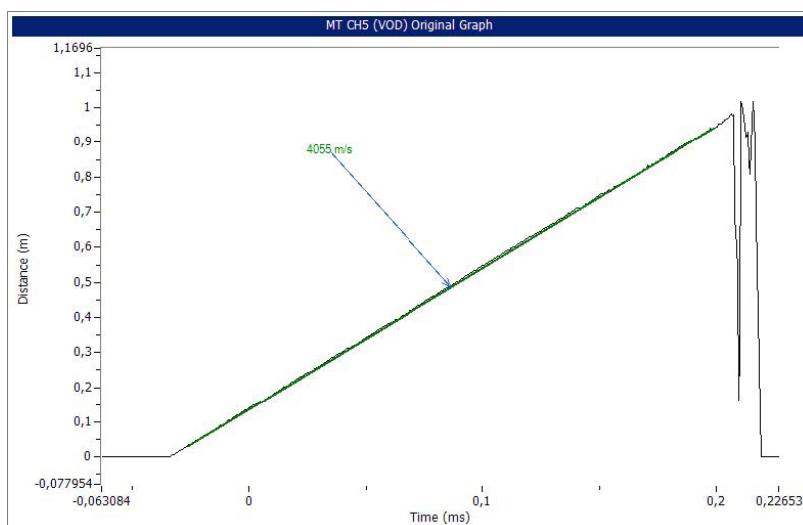
Rys. 3. Wykres prędkości detonacji MWE luzem zmierzony w trakcie odpalania przodka

Specjalny rodzaj sondy (rurka koncentryczna) pozwala na prowadzenie badań prędkości detonacji ładunków umieszczonych poza otworem strzałowym. Przedmiotem badań mogą być wszystkie rodzaje materiałów wybuchowych nabojujących, a także materiały wybuchowe luzem umieszczone np. w rurach stalowych lub tworzywowych. Procedura tego typu badań przedstawiona została na rysunku 4.



Rys. 4. Zasada pomiaru prób ładunków MW poza otworem strzałowym (z lewej) oraz widok uzbrojonej próby (z prawej) [5]

Przykładowy wykres z badania ładunku MW poza otworem strzałowym przedstawia rysunek 5. Do badań wykorzystano jeden ze stosowanych w kopalniach KGHM materiał wybuchowy emulsyjny luzem pobudzony zapalnikiem elektrycznym natychmiastowym o masie ładunku wtórnego równej 0,65 g PETN. Próbkę wykonano napełniając nim rury tworzywowe z polichlorku winylu o średnicy zewnętrznej 50 mm, długości 1000 mm i grubości ścianki 1,8 mm. Masa pojedynczego ładunku wynosiła około 2,2 kg. Otrzymany zapis prędkości detonacji jest na tyle stabilny, że może ona zostać wyznaczona zarówno metodą regresji liniowej, jak i metodą dwóch dowolnie wybranych punktów. Z wykresu wynika, że pomiar prędkości detonacji zarejestrowano w zasadzie na całej długości ładunku. Badany materiał osiągnął stabilną wartość prędkości już po kilku centymetrach od miejsca pobudzenia.



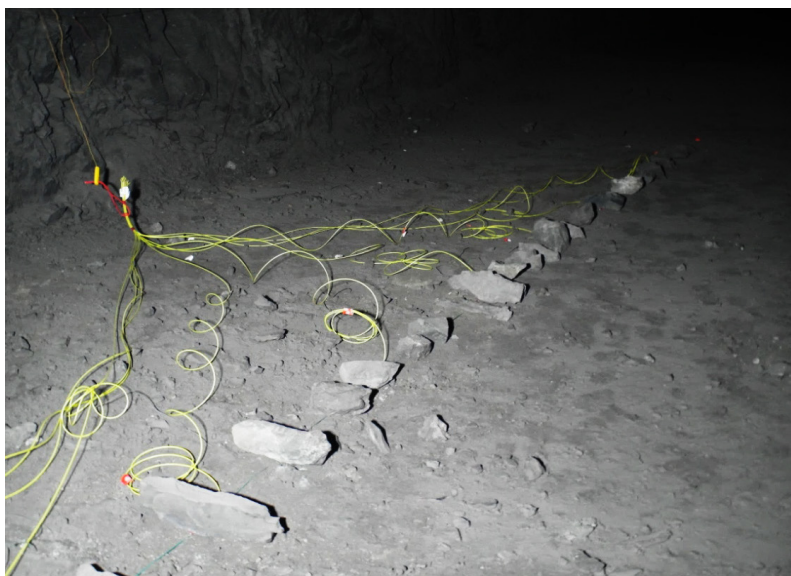
Rys. 5. Wykres prędkości detonacji ładunku MWE luzem umieszczonego w rurze tworzywowej

2.4. Oznaczanie czasów opóźnień zapalników

Dobór opóźnień milisekundowych pomiędzy kolejno odpalanymi otworami strzałowymi ma kluczowe znaczenie na efekt robót strzałowych, m.in. stopień rozdrobnienia urobku czy jego prawidłowy usyp. Problem ten dotyczy w szczególności kopalń odkrywkowych, gdzie dąży się do minimalizacji oddziaływania drgań

parasejsmicznych na otoczenie. Jak zaznacza Onderka [6], zbyt małe opóźnienie może zadziałać jak odpalenie natychmiastowe i doprowadzić do wzrostu intensywności drgań. Zbyt duże opóźnienie z kolei może doprowadzić do wzmocnienia drgań lub wystąpienia niewłaściwego rozdrobnienia urobku. Dokładnie wyznaczone czasy opóźnień między otworami strzałowymi są zatem niezmiernie istotne zarówno z punktu widzenia efektywności urabiania, jak i kontroli drgań parasejsmicznych.

System rejestracji MicroTrap™ umożliwia prowadzenie pomiarów dokładności czasów opóźnień wszystkich rodzajów zapalników, tj. elektrycznych, nieelektrycznych, jak i elektronicznych. Częstotliwość próbkowania na poziomie 0,5 μ s pozwala na rejestrację wszystkich stopni opóźnień zapalników mili-, decy- oraz półsekundowych. Sam pomiar polega na rozłożeniu i przymocowaniu do sondy pomiarowej badanych zapalników. Badanie to przeprowadza się na spągu wyrobiska (rys. 6). Ważne jest zachowanie równych odległości pomiędzy kolejnymi zapalnikami, a także rozłożenie opóźnień narastająco. Aby wyeliminować możliwość pojawienia się zakłóceń, sondę obciąża się na całej długości niewielkimi bryłami skalnymi. Pomiar rozpoczyna się w momencie odpalenia zapalnika natychmiastowego, który z kolei prowadzi do inicjacji rurek detonujących od wszystkich zapalników.



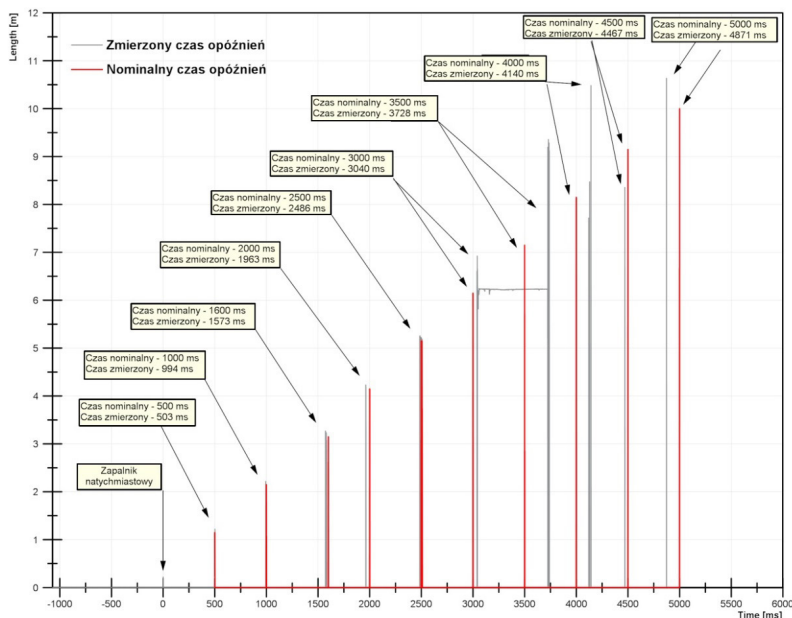
Rys. 6. Badanie czasów opóźnień zapalników na spągu wyrobiska

Przedmiotem badań była seria zapalników nieelektrycznych półsekundowych o czasie nominalnym od 0 ms do 5000 ms i interwale co 500 ms. Zgodnie z przyjętą procedurą, zapalniki przymocowano taśmą izolacyjną do sondy pomiarowej w odstępach co 100 cm. Do inicjacji zastosowano zestaw do inicjowania lontu detonującego Nitroconnector oraz 50-centymetrowy odcinek pentrytowego lontu detonującego o masie rdzenia MW 10 g/m. Wyniki pomiarów poszczególnych stopni zapalników wraz z odniesieniem do wartości nominalnych przedstawiono na rysunku 7. Ponieważ w trakcie badania sonda pomiarowa nie była przymocowana do zapalnika natychmiastowego pobudzającego lont, oznaczenie rzeczywistego czasu odejścia zapalnika o najniższym stopniu opóźnienia nie było możliwe.

Czasy opóźnień przebadanych serii zapalników charakteryzowały się niewielkimi odchyleniami w stosunku do czasu nominalnego deklarowanego przez producenta. Największe odchylenie na poziomie 214 ms zarejestrowano dla stopnia 35 (czas nominalny – 3500 ms). Zarejestrowano czasy opóźnienia wszystkich badanych zapalników, co oznacza brak nakładania się czasów sąsiadujących stopni opóźnień zapalników. Zbliżone wyniki otrzymano także w dwóch kolejnych seriach badań.

Wyniki badań potwierdzają zasadność prowadzenia okresowych pomiarów kontrolnych czasów opóźnień

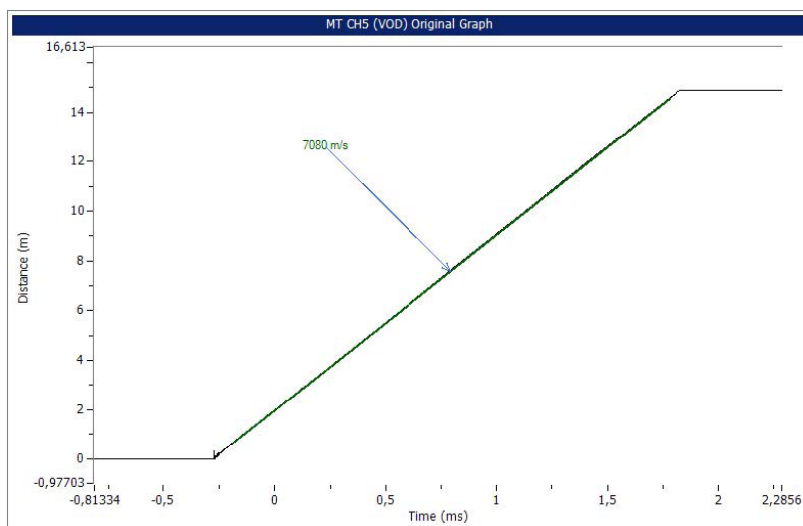
zapalników zwłoczných. Wyrzykowa kontrola zapalników może przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa ich użytkowania poprzez możliwość wycofania partii zapalników, których czasy opóźnień zdecydowanie odbiegają od wartości nominalnych deklarowanych przez producentów.



Rys. 7. Wyznaczone czasy opóźnień zapalników na tle wartości nominalnych

2.4. Pomiar prędkości lontu detonującego

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych, ładunki materiału wybuchowego w długich otworach strzałowych należy inicjować przy użyciu lontu detonującego. Podczas stosowania tej metody w podziemnych zakładach górniczych pojawiły się sygnały o problemach związanych z ciągłością detonacji na pewnych odcinkach lontu. Wnioskowanie czy przerwanie detonacji wywołane było czynnikami technologicznymi, czy też wynikało z niewłaściwego obchodzenia się z lontem (np. w trakcie transportu) jest zagadnieniem skomplikowanym powinno być podparte szczegółowymi badaniami. Analizowany system pomiaru ciągłego umożliwia również określanie prędkości lontu detonującego na całej jego długości. Badania tego typu są znacznie dokładniejsze niż te określone w normie *PN-EN 13630-11:2004*, ponieważ eliminuje się całkowicie możliwość pojawienia się błędów spowodowanych niedokładnym określeniem odległości pomiędzy punktami pomiarowymi. Metoda ciągła pozwala ponadto wyznaczyć obszary ewentualnych spadków prędkości detonacji na badanym odcinku lontu. Pomiar polega na przymocowaniu sondy do lontu detonującego na całej długości za pomocą taśmy izolacyjnej. Do badań zastosować można zarówno sondę pomiarową, jak i przewód pomiarowy. Do inicjacji natomiast można wykorzystać dowolny rodzaj zapalnika, przy czym powinien być on umieszczony od strony zwartego końca sondy. Lont można badać zarówno w otworze, jak i poza otworem strzałowym, np. na spągu wyrobiska. W przypadku badania na spągu wskazane jest odcinkowe obciążenie lontu niewielkimi bryłami skalnymi, co pozwoli na eliminację ewentualnych zakłóceń. Przykładowy zapis prędkości detonacji lontu detonującego o długości 15 m i masie rdzenia 10 g pentrytu na metr bieżący przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Wykres prędkości detonacji lontu detonującego

3. Zastosowanie systemu MicroTrap™ do badań wpływu wybranych czynników technologicznych na prędkość detonacji MW

Poza badaniami polegającymi na weryfikacji wybranych parametrów materiałów wybuchowych i środków strzałowych, system rejestracji ciągłej wykorzystać można również do badań wpływu wybranych czynników technologicznych na zachowanie się materiału wybuchowego, w tym m.in. wpływ czasu na zdolność do detonacji (szczególnie istotny w przypadku MWE luzem), wpływ średnicy ładunku MW (otworu strzałowego) czy wpływ zastosowanego środka inicjującego na przebieg prędkości detonacji.

Autorzy niniejszego opracowania podjęli w ostatnim czasie próbe określenia wpływu wybranych parametrów na zachowanie się materiału wybuchowego luzem. Mówiąc o wpływie czynników technologicznych na prędkość detonacji należy przede wszystkim uwzględnić zależność pomiędzy czasem przechowywania MWE luzem w otworze strzałowym a jego zdolnością do detonacji. Czas pomiędzy załadowaniem MW do otworów strzałowych i jego odpaleniem ma szczególnie duże znaczenie w przypadku prowadzenia grupowych strzelań odprężających w kopalniach podziemnych. Ładowanie otworów strzałowych prowadzone jest nawet na kilku następujących po sobie zmianach. Dochodzi więc do sytuacji, w których MWE przed odpaleniem może przebywać w otworach strzałowych nawet przez kilkadziesiąt godzin. Przeprowadzone badania wpływu czasu na prędkość detonacji MWE luzem wykazały dużą zmienność tego parametru w funkcji czasu. Prędkość detonacji prób odpalonych po 5 h od załadowania spadła o ponad 20% w stosunku do pierwszej próby odpalanej 30 min po załadowaniu [7]. Zachodzi zatem uzasadnione podejrzenie, że nie wszystkie przodki odpalane są w optymalnym dla danego MW przedziale czasu, co może niekorzystnie wpływać na efektywność prowadzonych robót strzałowych.

W kolejnej serii badań przeanalizowano wpływ średnicy ładunku MWE na prędkość detonacji dla dwóch rodzajów stosowanych w kopalniach KGHM materiałów wybuchowych emulsyjnych luzem. Badania tego typu szczegółowo opisuje norma *PN-EN 13631-14:2005*, która przewiduje odpalanie ładunków MW w rurach stalowych o wymiarach zgodnych z ISO 4200:1991. Badania przeprowadzone przy wykorzystaniu metody ciągłej potwierdziły niemalże liniową zależność wzrostu prędkości detonacji w zależności od średnicy ładunku. W zakresie badanych średnic ładunków (32 mm, 40 mm i 50 mm) uzyskano w przybliżeniu monotoniczny wzrost prędkości detonacji w miarę zwiększania średnicy naboju [8]. Szczegółowe rozpoznanie zagadnienia wpływu średnicy otworów strzałowych, a co za tym idzie – średnicy ładunków MW na prędkość detonacji –

ma bezpośrednie przełożenie na efektywność prowadzonych robót strzałowych. Można przypuszczać, że nie wszystkie otwory strzałowe odpalane są w odpowiednich dla danego materiału wybuchowego średnicach, co również może niekorzystnie wpływać na efektywność prowadzonych robót strzałowych.

Ostatnim przeanalizowanym parametrem mającym wpływ na zachowanie się MWE luzem był sposób inicjacji. Celem badań było sprawdzenie wpływu zastosowanego środka inicjującego na prędkość detonacji. Do badań wykorzystano wybrane rodzaje pobudzaczy, zapalniki elektryczne skalne różniące się masami ładunku wtórnego oraz materiał wybuchowy nitroestrowy. Wyniki badań wskazują jednoznacznie, że sposób inicjacji nie wpływa na prędkość detonacji materiału wybuchowego emulsyjnego luzem [9]. Jak wynika z przeprowadzonej analizy, nawet przy pobudzeniu MWE samym zapalnikiem osiąga on prędkość detonacji deklarowaną w certyfikacie badania typu WE/UE. Różnica pojawia się natomiast w początkowej fazie, tzw. etapie rozbiegu detonacji. Ważna jest zatem długość odcinka, po której materiał wybuchowy osiągnie ustaloną/stabilną prędkość detonacji. Jeśli odległość ta jest zbyt duża, istnieje wysokie prawdopodobieństwo pojawienia się tzw. „fajek”, czyli resztek niezdetonowanego materiału wybuchowego na dnie otworu strzałowego, co wpływa niekorzystnie na efekt robót strzałowych.

4. Podsumowanie

Prowadzone w ostatnich latach próby mechanizacji procesu urabiania skał twardych jak dotąd nie przyniosły w pełni satysfakcjonujących rezultatów. Można więc przypuszczać, że zapotrzebowanie na materiały wybuchowe i środki strzałowe w polskim górnictwie pozostanie w dalszym ciągu na zbliżonym poziomie. Kontynuacja prac w zakresie poprawy efektywności robót strzałowych, jak i prowadzenie badań jakości dostarczanych do zakładów górniczych materiałów wybuchowych wydają się być uzasadnione.

Do niedawna, pomiary kontrolne parametrów materiałów wybuchowych i środków strzałowych prowadzono wyłącznie w warunkach laboratoryjnych, zatem dalece odbiegających od warunków ruchowych zakładu górniczego. Szereg czynników, które mają wpływ na zachowanie się materiału wybuchowego, a których nie można uwzględnić w badaniach laboratoryjnych powoduje, że są one często rozbieżne z wynikami badań *in situ*. Temperatura skał, obecność zwiercin i wody w kolumnie MW, czas pomiędzy załadowaniem i odpaleniem MW, czy w końcu problem zaciskania otworów strzałowych, mogą istotnie wpływać na zachowanie się danego MW, a w szczególności MWE luzem. Prowadzenie badań kontrolnych wpływu tych parametrów na efektywność urabiania może zdecydowanie przełożyć się na jej poprawę. Badania tego typu pozwalają nie tylko kontrolować parametry materiałów wybuchowych i środków strzałowych, ale mogą być postawą do zmian pewnych elementów przyjętej technologii urabiania.

Podziękowanie

Praca została zrealizowana w ramach działalności statutowej KGHM CUPRUM Sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe o numerze M/16/0008.

Literatura

- [1] Krzelowski Jan, Stanek Mirosław. 2014. *Bezpieczeństwo robót strzałowych w zakładach górniczych*. W: Nowe techniki stosowania materiałów wybuchowych. (Sobala J., red.) Katowice : Główny Instytut Górnictwa, 10-21.
- [2] Cenia Bogusław, Mertuszka Piotr, Pytel Witold. 2015. Pilotażowe pomiary dołowe prędkości detonacji materiałów wybuchowych w warunkach kopalń KGHM. *CUPRUM Czasopismo Naukowo-Techniczne Górnictwa Rud* 4 (77): 145-157.
- [3] Batko Paweł, Pyra Józef. 2010. Pomiar prędkości detonacji MW w otworze strzałowym z zastosowaniem aparatury MicroTrap. *Górnictwo i Geoinżynieria* 34 (4): 57-66.
- [4] Szastok Michał. 2015. Nowa metoda pomiaru prędkości detonacji materiałów wybuchowych. *Wiadomości*

Górnictwo 66 (4): 213-216.

- [5] Instrukcja obsługi systemu rejestracji MicroTrap™.
- [6] Onderka Zbigniew. 2001. Efekt sejsmiczny strzelania – uwagi i zalecenia. Materiały konferencyjne: Technika strzelnicza w górnictwie. 435-453. Jaszowiec : Wydawnictwo Art-Tekst.
- [7] Mertuszka Piotr, Kramarczyk Bartłomiej, Cenian Bogusław. 2017. Zmiany prędkości detonacji MW emulsyjnego luzem w funkcji czasu na przykładzie Emulinitu 8L. *Przegląd Górniczy* 3: 10-14.
- [8] Mertuszka Piotr, Cenian Bogusław, Kramarczyk Bartłomiej, Pytel Witold. Influence of explosive charge diameter on detonation velocity based on Emulinit 7L and 8L bulk emulsion explosives. *Cent. Eur. J. Energ. Mater.* (zgłoszenie do druku 2017).
- [9] Mertuszka Piotr, Fuławka Krzysztof, Cenian Bogusław, Kramarczyk Bartłomiej. 2017. Wpływ sposobu pobudzenia materiału wybuchowego emulsyjnego luzem na prędkość detonacji na przykładzie Emulinitu 8L. *Przegląd Górniczy* 5: 8-16.

Received: July 4, 2017

Revised: December 12, 2017

Published: December 28, 2017