

Zmiany prędkości detonacji MW emulsyjnego luzem w funkcji czasu na przykładzie emulinitu 8L

Changes of velocity of detonation of bulk emulsion explosives in relation to time based on emulinit 8L



Dr inż. Piotr Mertuszka^{*)}



Mgr inż. Bartłomiej Kramarczyk^{**)}



Mgr inż. Bogusław Cenian^{***)}

Treść: Jako jeden z elementów podwyższonego bezpieczeństwa materiału wybuchowego emulsyjnego ładowanego mechanicznie podaje się utratę jego właściwości wybuchowych po upływie pewnego czasu, niestety bez odniesienia się do konkretnych badań. Producent określił ten czas na ok. 48 godzin od momentu jego wytworzenia i załadowania do otworów strzałowych. W normalnych warunkach prowadzenia eksploatacji jest to czas w zupełności wystarczający do bezpiecznego prowadzenia ruchu. Jednak w praktyce mogą pojawić się sytuacje wyjątkowe, niemożliwe do przewidzenia, w wyniku których nie dochodzi do odpalenia załadowanego MW w przewidzianym terminie. Celem pracy było zweryfikowanie danych odnośnie zachowania się stosowanych w kopalniach KGHM materiałów wybuchowych emulsyjnych ładowanych mechanicznie poprzez śledzenie zmian prędkości detonacji w czasie. Przedmiotem badań był MWE typu Emulinit 8L produkowany przez NITROERG S.A. z Bierunia. Rejestrację prowadzono przy wykorzystaniu aparatury MicroTrap™ VOD/Data Recorder, która pozwala na ciągły pomiar prędkości detonacji materiałów wybuchowych.

Abstract: As one of the elements of enhanced safety of mechanically charged emulsion explosives, the loss of its explosive properties after a certain period of time is given, but without reference to the particular research. The manufacturer described this time for approximately 48 hours from the time of its charging to the blasting holes and sensitizing. Under regular conditions of mining works, this time is absolutely sufficient for safe mining operations. However, in practice there may be some exceptional situations, impossible to predict, that the charged explosive is not fired within the prescribed period of time. The aim of the study was to verify the data regarding the behavior of mechanically loaded emulsion explosives used in KGHM's mines by tracking the changes of velocity of detonation over time. The subject of the research was Emulinit 8L emulsion explosive manufactured by Nitroerg S.A. from Bieruń. The measurements were provided using MicroTrap™ VOD/Data Recorder, which allows for continuous measurement of velocity of detonation of explosives.

Słowa kluczowe:

technika strzałowa, materiały wybuchowe, prędkość detonacji

Key words:

blasting technique, explosives, velocity of detonation

1. Wprowadzenie

Jednym z podstawowych parametrów opisujących właściwości materiałów wybuchowych jest prędkość detonacji, którą można zdefiniować jako prędkość propagacji strefy reakcji chemicznej w detonującym materiale wybuchowym. Podczas praktycznego stosowania MWE typu Emulinit pojawiło się szereg pytań związanych ze zmiennością jego parametrów w czasie od załadowania otworów strzałowych

do odpalenia przodków. W związku z tym, że pojawiające się w materiale pęcherzyków gazowych, będących tzw. „gorącymi punktami” związane jest z procesem chemicznym, zachodzi podejrzenie, że po jakimś czasie materiał ten traci zdolność do detonacji. W opracowaniach: Zygmunta i in. (2007) oraz Marandy (2010) jako jedną z zalet materiału wybuchowego emulsyjnego luzem podaje się uzyskanie właściwości wybuchowych po około 30 minutach oraz ich utratę po około 48 godzinach. Oznacza to, że dla osiągnięcia maksymalnej efektywności robót strzałowych należy zainicjować MW w określonym przedziale czasowym. Problem ten był już w przeszłości analizowany, jednak z uwagi na brak możliwości

^{*)} KGHM CUPRUM Sp. z o.o., Wrocław, ^{**)} Nitroerg S.A., Bieruń

^{***)} KGHM Polska Miedź S.A., Polkowice-Sieroszowice

wykonania pomiaru prędkości detonacji wykonano jedynie próby jakościowe zachowania się MWE luzem w funkcji czasu (Cenian i in. 2015). W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań wpływu czasu na prędkość detonacji materiału wybuchowego na przykładzie Emulinitu 8L.

2. Metodyka badań

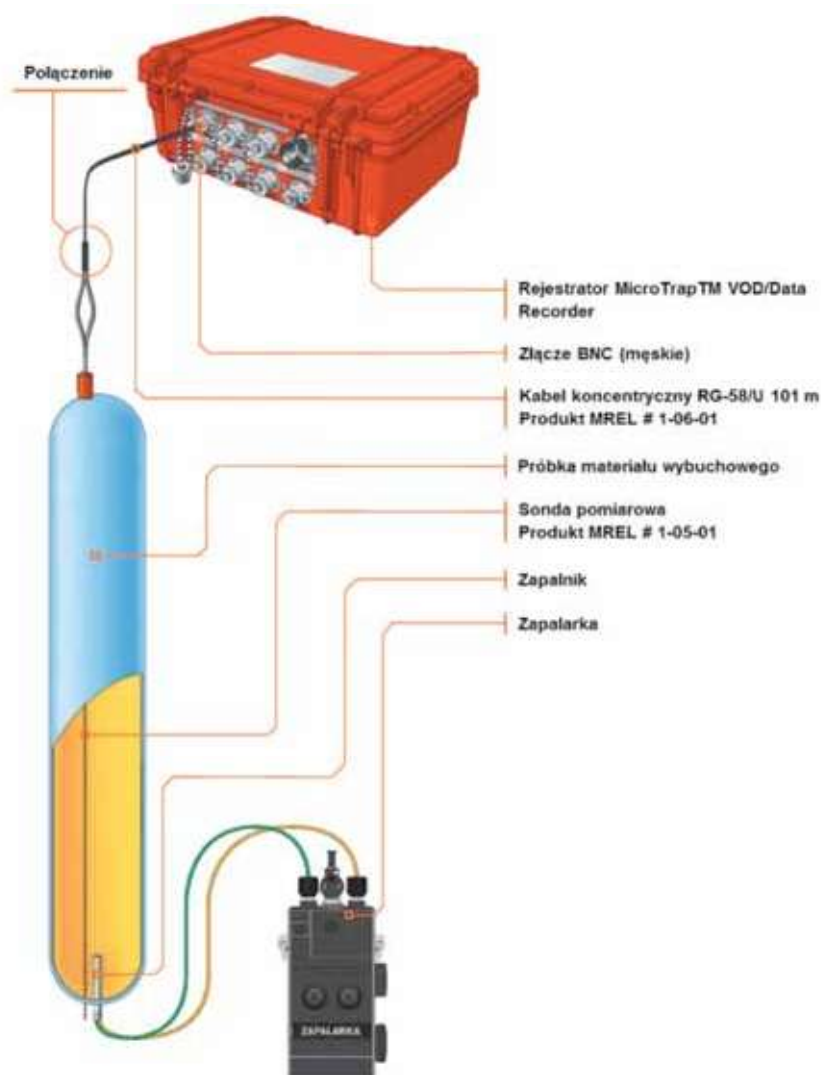
Badania polegały na przygotowaniu próbek ładunków MW, a następnie ich odpalaniu w określonych odstępach czasu. Próbkę materiału emulsyjnego luzem wykonano, napełniając nim rury kanalizacyjne z polipropylenu o średnicy 50 mm, długości 1000 mm i grubości ścianki 1,8 mm. Otrzymane w ten sposób naboje sukcesywnie uzbrajano zapalnikiem elektrycznym skalnym natychmiastowym i odpalano. Rejestrację prowadzono przy wykorzystaniu aparatury MicroTrap™ VOD/Data Recorder (rys. 1), która pozwala na ciągły pomiar prędkości detonacji materiałów wybuchowych z rozdzielczością na poziomie 0,5 μ s. Procedura badania próbek materiałów wybuchowych przedstawiona została na rys. 2. Sondę umieszczano osiowo w próbce materiału wybuchowego, rozpoczynając od końca, naprzeciw którego umieszczano zapalnik. Następnie sondę łączono z kablem komunikacyjnym, który podłączano do rejestratora. Po sprawdzeniu prawidłowości połączenia, aparaturę umieszczano w bezpiecznym miejscu i włączano w stan czuwania.

Badania przeprowadzono na zakładowym placu spalania materiałów wybuchowych na terenie firmy NITROERG S.A. w Bieruniu. Do badań wykorzystano materiał wybuchowy emulsyjny Emulinit 8L, który ładowano z Modułowego Urządzenia Pompującego. Jego podstawowe parametry przedstawiono w tab. 1. Po załadowaniu rur materiałem wybuchowym i odczekaniu pewnego czasu, gdy materiał wybuchowy w wyniku nagazowania powiększył swoją objętość, jego poziom wyrównywano do krawędzi rur, a nadmiar usuwano.

Tabela 1. Niektóre parametry strzałowe MWE Emulinit 8L (wg danych producenta)

Table 1. Selected blasting parameters of Emulinit 8L emulsion explosive (based on manufacturer's data)

| | |
|--|-------------------------|
| Średnica krytyczna | 30 mm |
| Minimalna średnica otworów strzałowych | 34 mm |
| Prędkość detonacji (34 mm) | 3800 m/s |
| Bilans tlenowy | 0,05% |
| Wrażliwość na tarcie | > 360 N |
| Wrażliwość na uderzenie | >30 J |
| Ciepło wybuchu | 3084 kJ/kg |
| Koncentracja energii | 3546 kJ/dm ³ |
| Energia właściwa | 788 kJ/kg |
| Objętość gazów po strzelaniu | 870 dm ³ /kg |



Rys. 1. Sposób badania prędkości detonacji próbki materiału wybuchowego (Instrukcja obsługi systemu rejestracji MicroTrap)

Fig. 1. Method of VOD measurement of explosive's sample (User's Manual of MicroTrap™ VOD/Data Recorder)



Rys. 2. Proces przygotowania prób: 1 – ładowanie MWE luzem do rur kanalizacyjnych; 2 – proces nagazowywania i transport prób na plac odpalania; 3 – podłączanie sondy pomiarowej oraz zapalnika; 4 – przysypywanie ładunków MWE gotowych do odpalania

Fig.2. The process of sample preparation: 1 – charging bulk emulsion explosives into the sewer pipe; 2 – storing and transport of samples to the detonation field; 3 – connecting the measurement probe and detonator; 4 – covering the emulsion explosives ready for blasting

Po nagazowaniu próby zatykano także z drugiej strony i transportowano na plac odpalania. Z uwagi na masę pojedynczej próby wynoszącą ok. 2,2 kg, przysypywano je ponad 50-centymetrową warstwą piasku. Proces przygotowania prób do odpalania przedstawiono na rys. 2 (1 ÷ 4).

3. Pomiar prędkości detonacji ładunków MWE

Pomiar prędkości detonacji przygotowanych ładunków materiałów wybuchowych przeprowadzono w wybranych chwilach czasowych od momentu ich załadowania, tj. po 30, 60, 90, 180, 240, 300 minutach oraz po 24 godzinach. Wyniki badań przedstawiono w tab. 2. Oznaczają one procentową wartość zmierzonej prędkości detonacji w stosunku do wartości wyjściowej (pierwszy pomiar po 30 minutach od załadowania przyjęto jako 100%). Każda seria badań składała się z trzech prób. Czas pomiędzy kolejno odpalonymi próbkami w serii nie przekraczał 5 minut.

Tabela 2. Procentowe wartości prędkości detonacji przygotowanych próbek MWE w stosunku do prędkości detonacji pierwszej próby

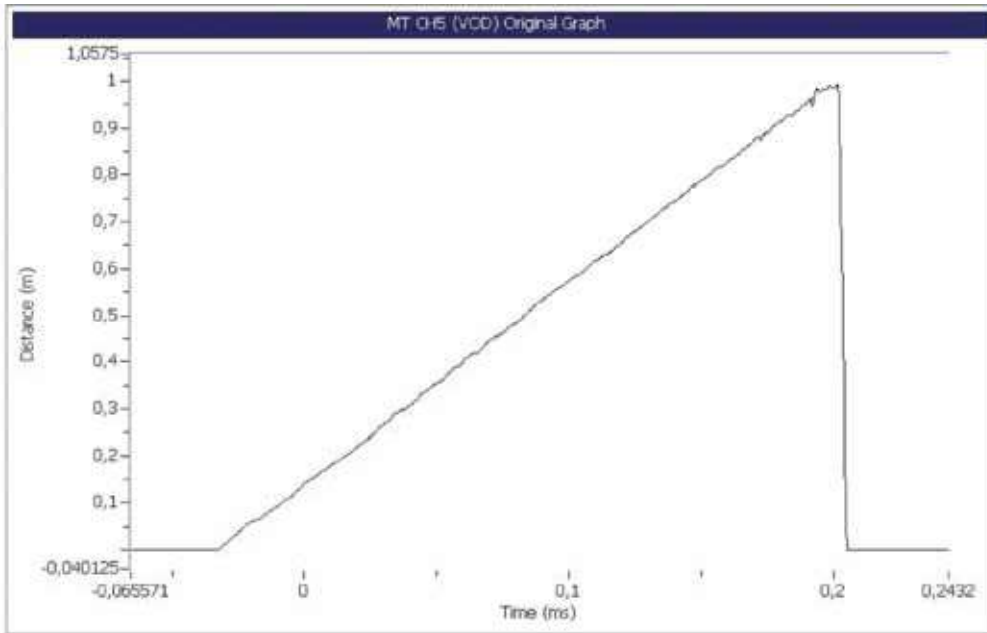
Table 2. Percentage values of VOD of prepared samples of emulsion explosives in relation to the VOD of the first sample

| Seria | Czas | Próba 1 | Próba 2 | Próba 3 | Średnia |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 30 min. | 100 | 98 | 95 | 98 |
| 2 | 60 min. | 93 | 94 | 93 | 93 |
| 3 | 90 min. | 83 | 85 | 83 | 84 |
| 4 | 180 min. | 86 | 84 | 87 | 86 |
| 5 | 240 min. | 83 | 80 | 80 | 81 |
| 6 | 300 min. | 79 | 79 | 79 | 79 |
| 7 | 24 godz. | 77 | 74 | 73 | 75 |

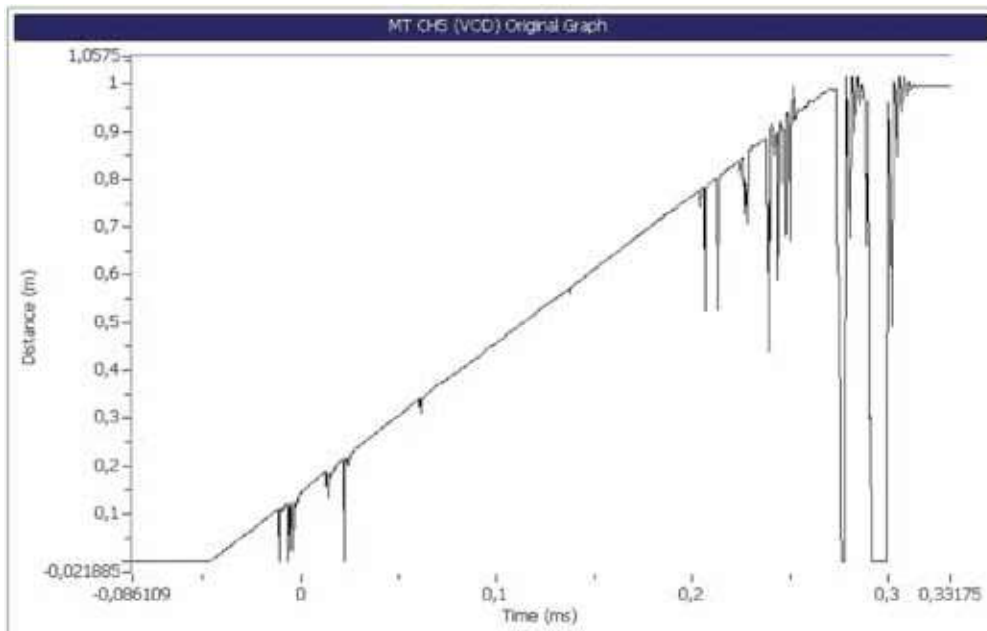
Wyniki pomiarów wskazują, że największą prędkość detonacji uzyskała pierwsza próba materiału wybuchowego odpalona po 30 minutach od załadowania jej do rury kanalizacyjnej. Dla kolejnych prób w pierwszej serii odnotowano już niewielki spadek prędkości na poziomie 2-5% w stosunku do pierwszej próby. Spadek prędkości detonacji w ramach jednej serii związany jest z przerwą technologiczną pomiędzy poszczególnymi pomiarami, niezbędną do uzbrojenia kolejnych ładunków. Kolejne serie pomiarów wykazują liniowy spadek prędkości detonacji w stosunku do pierwszej próby. Przykładowe przebiegi prędkości detonacji dla wybranych prób przedstawiono na rys. 3 - 4. Z wykresów wynika, że pomiar prędkości detonacji zarejestrowano w zasadzie na całej długości próby. Badany materiał osiągnął stabilną wartość prędkości już po kilku centymetrach od miejsca pobudzenia. Na rys. 5 przedstawiono widok po odpaleniu jednego z ładunków MWE w wybranych chwilach czasowych.

4. Pomiar gęstości MW

Zdolność do detonacji materiałów wybuchowych emulyjnych ładowanych mechanicznie do otworów strzałowych zależy przede wszystkim od prawidłowego uwrażliwienia matrycy. Jak już wspomniano, powstawanie pęcherzyków gazu, będących tzw. „gorącymi punktami” dla otrzymanego materiału wybuchowego jest ściśle związane z jego gęstością. Parametr ten można w prosty sposób oznaczyć nawet w warunkach ruchowych kopalni. Pomiar przeprowadza najczęściej operator modułu mieszalniczo-załadowczego. W praktyce, według ustaleń producenta materiału wybuchowego Emulinit 8L, aby uzyskać prawidłowe parametry stosowanego MW jego gęstość powinna zawierać się w przedziale od 0,80 g/cm³ do 1,25 g/cm³. Nie podaje się jednak w jaki sposób zmienia się gęstość MWE w zależności od czasu, który upłynął od



Rys. 3. Przykładowy wykres prędkości detonacji badanego MWE luzem (seria I)
 Fig. 3. An example plot of VOD of the tested emulsion explosive (series I)



Rys. 4. Przykładowy wykres prędkości detonacji badanego MWE luzem (seria VII)
 Fig. 4. An example plot of VOD of the tested emulsion explosive (series VII)



Rys. 5. Widok po odpaleniu pojedynczego ładunku MWE w wybranych chwilach czasowych
 Fig. 5. The view after firing a single charge of emulsion explosive at selected time points

momentu wprowadzenia uczulacza do matrycy ani od ilości użytego uczulacza.

Pomiary gęstości próbek materiału wybuchowego wykonano posługując się wagą elektroniczną o dokładności 1 g oraz kubeczkami jednorazowymi o pojemności 560 cm³. Kubeczki napełniano wytworzonym przez urządzenie mieszalniczo-załadowcze materiałem wybuchowym i wyrównywano jego poziom do krawędzi naczynia. Następnie naczynie ważono. Po odczekaniu pewnego czasu, gdy materiał wybuchowy w wyniku nagazowania powiększył swoją objętość, czynność powtarzano. Pomiar gęstości zakończono po okresie 1,5 godziny, gdy nie następował już mierzalny spadek gęstości. Wyniki przedstawiono w tab. 3.

Tabela 3. Wyniki pomiarów gęstości badanego MWE

Table 3. The results of measurements of the density of the tested explosive

| L.p. | Czas [min.] | Gęstość [g/cm ³] |
|------|-------------|------------------------------|
| 1. | 5 | 1,23 |
| 2. | 10 | 1,11 |
| 3. | 15 | 1,08 |
| 4. | 20 | 1,04 |
| 5. | 25 | 1,00 |
| 6. | 30 | 0,97 |
| 7. | 35 | 0,95 |
| 8. | 40 | 0,93 |
| 9. | 45 | 0,91 |
| 10. | 50 | 0,90 |
| 11. | 55 | 0,89 |
| 12. | 60 | 0,88 |
| 13. | 65 | 0,87 |
| 14. | 70 | 0,87 |
| 15. | 75 | 0,86 |
| 16. | 80 | 0,85 |
| 17. | 85 | 0,84 |
| 18. | 90 | 0,84 |

5. Dyskusja nad wynikami badań

Wieloletnie prace nad bardziej efektywnymi i bezpieczniejszymi materiałami wybuchowymi doprowadziły do powstania materiałów wybuchowych emulsyjnych luzem, których załadunek odbywa się w sposób mechaniczny. W ostatnich latach już około 80% materiałów wybuchowych stosowanych na terenie kopalń LGOM stanowią materiały emulsyjne luzem. Materiały te uzyskują pełną zdolność do detonacji po około 20 minutach od załadowania do otworów strzałowych. Ze względów technologicznych, czas od momentu załadowania do odpalenia przodka wynosi do kilku, a w niektórych przypadkach nawet do kilkunastu godzin. Przeprowadzone badania wykazują, że prędkość detonacji materiału wybuchowego typu Emulinit spada liniowo w okresie

do 24 godzin od załadowania. Tym samym materiał wybuchowy staje się słabszy, chociaż niekoniecznie traci właściwości wybuchowe. Dla zapewnienia maksymalnej efektywności stosowanych materiałów wybuchowych należałoby odpalić przodki w możliwie najkrótszym czasie od ich załadowania. Jak wynika z tab. 2, prędkość detonacji prób odpalonych po 5 godzinach od załadowania spadła o ponad 20% w stosunku do pierwszej próby odpalonej 30 minut po załadowaniu. Mając na uwadze, że prędkość detonacji jest jednym z głównych czynników wpływających na uzyskanie efektywnego zabioru, zasygnalizowany przez autorów niniejszej pracy problem powinien zostać szczegółowo przeanalizowany.

6. Podsumowanie i wnioski

Przedstawione w ramach niniejszej pracy wyniki badań wpływu czasu na prędkość detonacji, jako jednego z parametrów opisujących działanie MW, wykazały dużą zmienność tego parametru w funkcji czasu. Ma to bezpośrednie przełożenie na efektywność prowadzonych robót strzałowych. Zachodzi bowiem uzasadnione podejrzenie, że nie wszystkie przodki odpalane są w optymalnym dla materiału wybuchowego przedziale czasu, co może powodować ograniczanie zabiorów. Problem ten nabiera także szczególnego znaczenia w przypadku prowadzenia grupowych strzelań odprężających, kiedy przodki ładowane są przez kilka następujących po sobie zmian i odpalane dzień, a nawet dwa po ich załadowaniu.

Należy jednak zaznaczyć, że nie tylko czas wpływa na działanie MWE luzem w konkretnych warunkach danego otworu strzałowego. Takimi czynnikami są również temperatura w otworze czy jego średnica oraz ilość użytej do uczulenia materiału substancji chemicznej. Wszelkie poznane zależności prędkości detonacji MWE luzem również od innych czynników pozwolą na opracowanie optymalnego zastosowania konkretnego materiału w warunkach kopalnianych. Koniecznym może okazać się zmiana procesu gazowania, poprzez zmiany w składzie uczulacza, czy też dozowanie tego komponentu.

Literatura

- ZYGMUNT B., MARANDA A., BUCZKOWSKI D. 2007 – Materiały wybuchowe trzeciej generacji. Wydawnictwo Wojskowej Akademii Technicznej. Warszawa.
- MARANDA A. 2010 – Przemysłowe materiały wybuchowe. Wydawnictwo Wojskowej Akademii Technicznej. Warszawa.
- CENIAN B., WOJEWÓDKA A., PYTEL W., MERTUSZKA P. 2015 – Wpływ czasu na zdolność detonowania materiałów wybuchowych emulsyjnych. „Wiadomości Górnicze” nr 2.

Artykuł wpłynął do redakcji – grudzień 2016
Artykuł akceptowano do druku 15.02.2017