

Materiały pirotechniczne i wybuchowe



asp. Mariusz Brzezina
st. asp. Marek Chrapkiewicz
st. asp. Mariusz Małek
Zakład Wyszkożenia Specjalnego

Materiały pirotechniczne i wybuchowe



Katowice 2024

Nadzór merytoryczny:
mł. insp. Tomasz Stechnij

Redakcja, korekta, skład:
Paweł Mięsiak

© Szkoła Policji w Katowicach, Katowice 2024, pewne prawa zastrzeżone.

Niniejsza publikacja w całości stanowi materiał dydaktyczny Szkoły Policji w Katowicach.
Publikacja dostępna jest na licencji:
Creative Commons – Uznanie autorstwa – Użycie niekomercyjne – Na tych samych warunkach (CC-BY-NC-SA) 4.0 Polska.

Postanowienia licencji są dostępne pod adresem:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.pl>

Spis treści

Wstęp	4
1. Rys historyczny	5
2. Podstawowe definicje	10
3. Uregulowania prawne związane z przechowywaniem oraz transportowaniem materiałów wybuchowych	24
4. Podział środków minerskich stosowanych w polskich siłach zbrojnych	30
4.1. Zwieracze i zapalniki.....	35
4.2. Materiały wybuchowe stosowane w minach.....	39
7. Wojskowe przepisy dotyczące bezpiecznego ustawiania min	40
7.1. Procedura prawidłowej instalacji min	40
7.2. Procedura bezpiecznego rozbrajania min	40
8. Urządzenia pirotechniczne stosowane przez Policję	42
8.1. Środki pirotechniczne stosowane przez Policję.....	42
8.2. Podstawa prawna użycia materiałów wybuchowych przez Policję	43
10. Procedura oględzin miejsca po wybuchu	44
11. Procedury w przypadku wykrycia niewybuchu, materiału wybuchowego lub niezidentyfikowanego pakunku	46
11.1. Procedura w przypadku znalezienia niewybuchu	46
11.2. Procedura w przypadku ujawnienia niezidentyfikowanego pakunku	47
Bibliografia	49

Ciekawość to jedna z największych motywacji, która pcha człowieka do osiągnięcia coraz nowszych poziomów wiedzy i to w bardzo wielu dziedzinach. Poprzez ciekawość i chęć poznania zdołano stworzyć narzędzia, dzięki którym wzniesiono się na wyższy poziom egzystencji w porównaniu do otaczającego nas świata zwierząt. Jednym z takich rewolucyjnych dorobków ludzkiej kreatywności było wynalezienie prochu.

Wynalazek ten, podobnie jak wiele innych, może służyć człowiekowi do różnych celów. Mimo swojej niszczyielskiej siły, proch jak również materiały wybuchowe pomagają w wielu aspektach życia codziennego. Można do nich zaliczyć budownictwo, przemysł górniczy, działania wojskowe, czynności służbowe wykonywane przez organy policyjne czy nawet rozrywkę.

Niestety, jak pokazuje historia współczesna, materiały wybuchowe mogą również służyć do celów przestępczych. Negatywnym przykładem są ataki terrorystyczne z użyciem ładunków wybuchowych. Biorąc to wszystko pod uwagę dochodzi się do oczywistych wniosków, że warto posiadać podstawową wiedzę oraz znać zasady działania materiałów wybuchowych, poznać ich podział pod względem siły detonacji oraz prawidłowego użytkowania.

Dla własnego bezpieczeństwa i świadomości każdy powinien zaczerpnąć wiedzy o materiałach wybuchowych, zarówno tych dostępnych na rynku cywilnym, stosowanych w budownictwie czy górnictwie, jak i tych, które stosuje Policja, a także Siły Zbrojne Rzeczypospolitej Polskiej.

Kolejnym bardzo ważnym aspektem w tej dziedzinie jest poznanie podstawowych zasad postępowania z materiałami wybuchowymi, sposobów ich przechowywania i bezpiecznego użytkowania. Do dnia dzisiejszego podczas prac ziemnych na terenie całego kraju znajdowane są niewypały z okresu II wojny światowej. Do tego typu incydentów dochodzi niezwykle często, o czym wyraźnie mówią policyjne statystyki.

Rozdział 1.

Rys historyczny

Od samego początku istnienia człowiek próbował wyrównać swoje szanse w starciu przeciwko innym gatunkom zwierząt, które w odróżnieniu od ludzi były obdarowane przez naturę większą siłą, szybkością, silniejszymi szczękami i ostrymi pazurami. Człowieka natura wyposażyła w inny rodzaj broni, jakim jest umysł.

Ludzkość, aby przetrwać, wynalazła narzędzia oraz broń w postaci włóczni i łuków. Tak samo ważne okazało się współdziałanie w grupie, co przynosiło jeszcze lepsze efekty. Dzięki osiągnięciu nowej technologii człowiek stał się myśliwym, a nie zwierzyną. Podobnie było w przypadku ujarzżenia ognia, który okazał się być niezbędnym do dalszego przetrwania.

Niestety, gdy zwierzęta przestały już zagrażać człowiekowi, zwrócił się on przeciwko innym ludziom, traktując ich jako źródło największego niebezpieczeństwa. Tak więc osiągnięcia umysłu, które służyły do przetrwania w dzikim świecie, stały się narzędziem wzajemnego zniszczenia. Poprzez nieustanne wojny ludzie ciągle poszukiwali nowych sposobów pokonania przeciwnika. Coraz częściej używali do tego celu ognia. Aby skuteczniej wykorzystać poznany żywioł zaczęto stosować różnego rodzaju mieszanki celem podtrzymania ognia, by przenieść go na wroga. Dla przykładu można podać ryciny z czasów istnienia Państwa Asyryjskiego, na których przedstawiono naczynia wypełnione płonąca substancją, które zrzucano na wrogie oddziały z murów. Z każdym kolejnym wiekiem posuwano się coraz dalej w doskonaleniu postępowania się łatwopalnymi substancjami.

Kolejnym przełomowym odkryciem było wynalezienie tzw. „greckiego ognia”, zwanego również „mokrym ogniem”. Jak przekonuje George I. Brown w książce *Historia materiałów wybuchowych* – „... nowa era środków zapalających zaczęła się w roku 673 n.e., kiedy to architekt Kallinikos przywiózł z egipskiego Heliopolis do Konstantynopola sekret greckiego ognia”¹. Substancja ta miała być mieszaniną tzw. oleju skalnego, który był poddawany odpowiedniej destylacji, a następnie zagęszczany poprzez rozpuszczenie w nim siarki i żywicy. Przez kolejne osiemset lat istnienia Cesarstwa Bizantyjskiego wyżej wymieniony środek zapalający był używany do obrony państwa. Dopiero Turcy Osmańscy pokonali potężne i bogate cesarstwo dzięki zastosowaniu prochu strzelniczego.

¹ G. Brown, *Historia materiałów wybuchowych*, str. 12.

Proch dymny, który jest powszechniej nazywany prochem czarnym, jest uznany za pierwszy i najstarszy materiał wybuchowy. Prekursorami bez wątplenia okazali się być w tej kwestii Chińczycy. Jednak dokładnej daty wynalezienia prochu czarnego nie sposób ustalić. Według niektórych teorii proch czarny mógł zostać odkryty nawet w starożytności. Jednym z przedstawicieli tej wersji był wybitny polski chemik, profesor Politechniki Warszawskiej Tadeusz Urbański, który twierdził: „wynalezienie prochu czarnego zostało dokonane w Chinach na wiele stuleci przed naszą erą”². Jednak większość dokumentów historycznych wskazuje, że prawdopodobnym wiekiem wynalezienia prochu czarnego był wiek IX naszej ery.

Według jednych źródeł niemal od samego początku zastosowano go w broni palnej, natomiast inne źródła utrzymują, że w początkowej fazie materiał ten był używany przede wszystkim do tzw. „ogni sztucznych”, które Chińczycy stopniowo udoskonalali. Nie mniej rozwój najnowocześniejszej na tamten czas broni palnej szacuje się na koniec panowania dynastii Tang. Wnioskować można to na podstawie zapisów dokonanych przez kronikarzy, którzy opisywali proporcje mieszaniny węgla drzewnego, siarki i saletry potasowej. Za szybkim zastosowaniem prochu czarnego do działań militarnych przemawiały inwazje armii mongolskich, które nieustannie nękały cesarstwo. Chińczycy zmuszeni byli przez wroga do zastosowania nowocześniejszej broni do obrony swojego państwa już na początku XI wieku, kiedy używali prochu strzelniczego w skonstruowanych przez siebie bombach i granatach.

W porównaniu z cywilizacją dalekiego wschodu, zachodnia kultura poznała tajemnicę prochu stosunkowo późno. Jedną z osób, które przyczyniły się do poznania tej niezwyklej tajemnicy był angielski mnich i filozof Roger Bacon, który dzięki znajomości języka arabskiego był w stanie poznać skład prochu strzelniczego. Innymi badaczami, którzy przyczynili się do rozpowszechnienia tajemnicy czarnego prochu w Europie byli tacy badacze jak: Albert z Bollstadtu, który opisał skład prochu w swoim dziele – „Cuda świata” oraz Marek Grek, którego broszura „Księga ognia” ukazała się w 1225 roku.

W historii wynalezienia prochu czarnego, a raczej wprowadzenia go do użytkowania w świecie zachodnim, ma swoje miejsce jeszcze jedna postać – Berthold Schwarz. W mieście Freiberg na jego cześć wystawiono pomnik, na którym napis głosi, iż Schwarz wynalazł proch i broń palną w 1353 roku. Jednak w tej kwestii, tj. wynalezienia broni palnej zdolnej miotać pociski penetracyjne napędzane prochem czarnym, również znaleźć można niedociągnięcia. O tego typu broni już w 1320 roku wspominają arabskie manuskrypty. Opisują one właśnie sposób użytkowania rurowych narzędzi

² A. Maranda, B. Gołąbek, J. Kasperski, *Materiały wybuchowe emulsyjne*, str. 13.

do miotania kul. W Polsce już w 1347 roku były pierwsze wzmianki o wykorzystaniu prochu czarnego w boju, które zostały opisane w Statucie Wiślickim. Porównując powyższe daty nietrudno zauważyć, że Berthold Schwarz nie mógł być prekursorem zamysłu wykorzystania prochu czarnego w działaniach militarnych na zachodzie.

Jednak proch czarny nie był tylko wykorzystywany do działań wojennych. W technice cywilnej znalazł on zastosowanie chociażby do oczyszczenia i pogłębienia koryta rzeki Niemen, które przeprowadzono w latach 1548-1572. Podobne zastosowanie proch znalazł w przemyśle górniczym. Słowacy twierdzili, że to właśnie oni w lutym 1627 roku wykorzystali ten innowacyjny na te czasy sposób drążenia skały w pracach cywilnych w miejscowości Banská Štiavnica (Bańska Szczaownica). W 1632 roku zostały przeprowadzone po raz pierwszy prace strzałowe w górach Górnego Harzu. Do prac tych wykorzystano właśnie proch czarny. Używano go również bardzo często w postaci zapalników, które inicjowały ładunki nitroglicerynowe. Pierwszy zapalnik tego typu opracowany został przez rosyjskiego chemika Nikołaja Nikołajewicza Zinina³. Mimo to, że proch ten był używany przez bardzo długi okres czasu w górnictwie, nie był to dobry środek strzałowy, ponieważ nie jest to materiał wybuchowy kruszący. Proch czarny nie ulega procesowi detonacji lecz eksplozji. Prędkość przemiany wybuchowej prochu wynosi 400 m/s i jest to zbyt mała wartość, by mówić o detonacji⁴.

Takie właśnie były początki związane z wykorzystaniem pierwszych materiałów wybuchowych, w tym przypadku prochu czarnego, nazywanym również często „prochem strzelniczym”. Dla lepszego zobrazowania zagadnienia w tabelach poniżej przedstawiono całą chronologię związaną z materiałami wybuchowymi. Tabele te przygotowane zostały na podstawie pracy dra inż. Ryszarda Morawy oraz prof. dra hab. inż. Zbigniewa Onderki⁵.

³ G. Brown, *Historia...*, s. 4.

⁴ Tamże, s. 5.

⁵ R. Morawa, Z. Onderka, *Wrażliwość niektórych materiałów wybuchowych kruszących na uderzenia. Górnicze środki strzałowe i sprzęt strzałowy*.

Rok powstania	Nazwa wynalazku	Odkrywca bądź miejsce powstania lub wykorzystania
Nieokreślony	Proch czarny – tzw. „sztuczne ognie”	Chiny
1380	Zastosowanie prochu czarnego w armatach	Mnich Bertold Schwarz
1632	Zastosowanie prochu czarnego przy urobku skał	Góry Górnego Harzu – Niemcy
1840	Lont zapalający – prochowy, wolnopalny	Bickford, Anglia
1846	Bawełna strzelnicza	Christian Schonbein – Niemcy
1847	Otrzymanie nitrogliceryny	Ascanio Sobrero – Italia
1863	Wynalezienie trotylu – TNT	Julius Bernard Wilbrand

Tab. 1. Chronologiczne zestawienie głównych odkryć środków strzałowych, od początku zastosowania do drugiej połowy XIX wieku⁶

Rok powstania	Nazwa wynalazku	Odkrywca bądź miejsce powstania lub wykorzystania
1862	Wprowadzenie nitrogliceryny do przemysłowej produkcji	Alfred Nobel – Szwecja
1863	Pierwsze zastosowanie nitrogliceryny	Alfred Nobel – Sztokholm
1865	Splonka detonująca	Andriejewski – Rosja
1865	Opatentowanie dynamitu	Alfred Nobel
1867	Opatentowanie konstrukcji splonki – detonatora	Alfred Nobel
1885	Opatentowanie saletry amonowej z naftą jako MW	USA
Lata 90. XIX wieku	Materiały wybuchowe powietrzne	Europa i USA

Tab. 2. Chronologiczne zestawienie głównych odkryć środków strzałowych, od drugiej połowy XIX wieku aż do lat 90. XIX wieku⁷

⁶ C. Piotrowski, *Prace minerskie i niszczenia*.

⁷ C. Piotrowski, *Środki minowania i rozminowywania – opis i użytkowanie*.

Rok powstania	Nazwa wynalazku	Odkrywca bądź miejsce powstania lub wykorzystania
Lata 50. XX wieku	Wprowadzenie MW typu ANFO do górnictwa (w Polsce pod nazwą saletrole)	Europa i USA
Lata 60. XX wieku	Opracowanie MW zawieszinowych SLURRY	Cook i Farnam – USA
1969 r.	Opatentowanie MW emulsyjnych	Cook i Farnam – USA
Lata 70. XX wieku	Wprowadzenie urządzeń samojezdnych do wytwarzania In situ i załadunku MW	-
Lata 80. i 90. XX wieku	Modyfikacja składów mieszanin wybuchowych – amonity, dynami-ty, karbonity – korekty wrażliwości i parametrów energetycznych	-

Tab. 3. Chronologiczne zestawienie głównych odkryć środków strzałowych wiek XX⁸

Jak można zauważyć ludzkość nieustannie dąży do rozszerzania wiedzy na temat materiałów wybuchowych oraz jak najskuteczniejszego ich zastosowania. Podstawowe pojęcia, zasady działania oraz zachowania się materiałów wybuchowych zostaną przedstawione w kolejnym rozdziale.

⁸ T. Baran, A. Policha, *Badania fizykochemiczne, wybuch i jego skutki. Kryminalistyczne badania materiałów i urządzeń wybuchowych.*

Rozdział 2.

Podstawowe definicje

W każdej dziedzinie życia człowiek, aby dojść do perfekcji musi poświęcić swój czas na zdobycie pewnego doświadczenia. Elementarna wiedza na dany temat jest kluczem, dzięki któremu jest w stanie dojść do mądrości, co pozwala na osiągnięcie określonej specjalizacji. W wielu zawodach pomyłka grozi poniesieniem strat materialnych, jednak w przypadku materiałów wybuchowych błęd często kończy się śmiercią i to zazwyczaj wielu osób. Aby zminimalizować tego typu sytuacje, które są skrajnie niepożądane, należy z największym naciskiem poznać podstawowe pojęcia i zasady działania materiałów wybuchowych oraz substancji pirotechnicznych i palnych. Poniżej zostały przedstawione podstawowe pojęcia.

Materiały wybuchowe – są to związki chemiczne lub ich mieszaniny, które pod wpływem jasno określonego działania zewnętrznego potrafią dokonać bardzo szybkich, a nawet gwałtownych przemian chemicznych. Efektem tych przemian jest wydzielanie się silnie nagranych, dużych ilości gazów. Gazy te o wysokim ciśnieniu podczas rozszerzania się, zdolne są do wykonania pracy mechanicznej⁹.

Inna definicja materiału wybuchowego, którą warto jest przytoczyć, zawarta jest w ustawie o broni, amunicji i materiałach wybuchowych z dnia 31 stycznia 1961 r. (Dz.U. nr 6, poz. 43), a mianowicie: materiałami wybuchowymi nazywamy ciała gazowe, ciekłe lub stałe, które w wyniku działania bodźców fizycznych lub chemicznych zdolne są do przemiany wybuchowej. W wyniku tej pracy dochodzi do niszczycielskiego oddziaływania na otoczenie¹⁰.

Innymi słowy, materiałami wybuchowymi nazywać można substancje, znajdujące się we wszystkich stanach skupienia, zdolne do niszczenia obiektów. Można ich używać w wielu aspektach ludzkiej działalności. Materiały te wykorzystuje się podczas prac budowlanych, robót strażowych w górnictwie węgla kamiennego, działaniach wojskowych czy policyjnych. Najważniejsze jednak jest, aby podczas pracy z materiałami wybuchowymi zachować jak największą ostrożność. Każdy błąd podczas wykonywanych prac może spowodować reakcję chemiczną, która może zakończyć się śmiercią.

Wybuch – można zdefiniować jako gwałtowną zmianę równowagi jaka znajduje się w układzie. Jeżeli ma charakter fizyczny w postaci rozprężenia medium albo

⁹ C. Piotrowski, Prace minerskie...

¹⁰ T. Baran, A. Policha, *Badania...*, s. 11.

gwałtownego odparowania metali, dochodzi wtedy do zjawiska „rozsadzania”, czyli mówiąc inaczej, wybuchu fizycznego lub chemicznego¹¹. W przypadku wybuchów chemicznych dochodzi do zjawiska, które polega na gwałtownych wybuchowych reakcjach chemicznych, które zachodzą w materiale wybuchowym – w związku albo w mieszaninie. Reakcje te przebiegają z szybkością tysięcy metrów na sekundę. Efektem tego jest wydzielanie ogromnych ilości produktów gazowych oraz ciepła.

Przemiany wybuchowe – chodzi tutaj o „prędkość reakcji”, która sięga setek, a bardzo często tysięcy metrów na sekundę, „samorzutność postępowania” rozpoczętej reakcji oraz „wydzielenie się ciepła”. Wydzielanie się ciepła w toku reakcji jest niezbędne do rozwijania się zapoczątkowanej już przemiany wybuchowej. Ostatnim ważnym czynnikiem występującym podczas przemiany wybuchowej jest „tworzenie się dużej ilości gazów”. Podczas reakcji gazy te silnie się nagrzewają, co prowadzi do ich znacznego rozszerzania się. Rozszerzanie się gazów prowadzi natomiast do znacznego wzrostu ciśnienia – do tego zjawiska dochodzi ze względu na „wykonaną pracę mechaniczną” podczas trwania niniejszego procesu¹².

Wybuch fizyczny – występuje w przypadku przekroczenia wytrzymałości np. ścianek kotła, w którym znajduje się woda. Do tego typu sytuacji może dojść gdy H₂O w sposób gwałtowny przechodzi w stan gazowy. Innym przykładem jest gwałtowny wzrost ciśnienia gazu w butli. Wybuch fizyczny może powstać w przypadku silnych wyładowań elektrycznych. Do podobnych sytuacji może dojść podczas próby przepuszczenia prądu wysokiego napięcia za pośrednictwem zbyt cienkiej nitki metalicznej. W czasie znacznych wyładowań elektrycznych różnice potencjałów zostają wyrównane w bardzo krótkim czasie. Wartości te sięgają rzędu 10⁻⁶-10⁻⁷s, dzięki czemu w strefie wyładowania powstaje bardzo wielka gęstość energii i wysoka temperatura, co powoduje nagłe przejście metalu w stan pary przy temperaturze rzędu 20 000°C¹³.

Wybuch chemiczny – występuje podczas szybkiego wydzielania się bardzo dużych ilości energii, czego powodem są zachodzące podczas zjawiska reakcje chemiczne. Podczas tego typu wybuchu powstaje bardzo dużo produktów gazowych. Produkty gazowe, które powstają podczas zaistnienia wybuchu wykonują znaczną pracę mechaniczną w środowisku, w którym doszło do wybuchu, ze względu na znaczne rozprężanie się tych gazów podczas trwania procesu. Zjawisku wybuchu towarzyszy huk oraz niszczenie ośrodka¹⁴. Wielka prędkość wybuchu, która dochodzi nawet

¹¹ Tamże.

¹² Tamże, s. 10.

¹³ D. Smoleński, *Spalanie materiałów wybuchowych*.

¹⁴ R. Morawa, Z. Onderka, *Wrażliwość...*

do kilku km/s jest spowodowana przenoszeniem go za pośrednictwem fali uderzeniowej. Prędkość rozprzestrzeniania się fali uderzeniowej jest znacznie większa niż prędkość przemieszczenia strefy rozkładu spalania materiału wybuchowego¹⁵.

Materiały pirotechniczne – to materiały, które również z powodzeniem można zaliczyć do materiałów wybuchowych. W odpowiednich, czyli sprzyjających warunkach, materiały pirotechniczne wykazują tendencje wybuchowe i są wrażliwe na czynniki zewnętrzne. Jeśli natomiast chodzi o sam skład chemiczny tych substancji, to składają się one przede wszystkim z mieszanin nieorganicznych utleniaczy z paliwami organicznymi z dodatkiem lepiszczy. Jednak podstawowym mechanizmem przemian wybuchowych materiałów pirotechnicznych jest spalanie¹⁶.

Ładunek – to potoczna nazwa stosowana w technice uzbrojenia oraz w przemyśle, określająca ilość materiału wybuchowego lub innej substancji, która wypełnia np. część bojową pocisku, jak przykładowo głowicę bojową czy skorupę, a także puszkę materiałów wybuchowych w górnictwie¹⁷.

Propergole – to związki chemiczne albo ich układy, w których znajdują się pierwiastki paliwowe oraz pierwiastki tlenu. W takim przypadku paliwo i utleniacz są niezależne od utleniacza zewnętrznego jakim bez wątpienia jest tlen znajdujący się w powietrzu. Do propergoli należą wszystkie materiały wybuchowe i paliwa raketowe.

Detonacja – przy tej definicji należy przytoczyć pojęcie detonacji pełnej, która jest najbardziej pożądanym zjawiskiem podczas prac z materiałami wybuchowymi. Detonacja pełna to proces przemiany wybuchowej charakteryzującej się powstawaniem i działaniem wewnątrz ładunku fali detonacyjnej. Dana fala detonacyjna przebiega w określony sposób, który zależy bezpośrednio od specyfiki i składu chemicznego materiału wybuchowego. Kolejnym bardzo istotnym czynnikiem są warunki w jakich dochodzi do detonacji. W przypadku niekorzystnych warunków, takich jak np. zawilgocenie, spiekanie czy zalegiwanie lub gdy podczas próby detonacji zastosuje się zbyt słaby impuls początkowy to proces detonacji może przebiec z znacznie mniejszymi prędkościami. W takim przypadku mamy do czynienia z „**niepełną detonacją**”. W przypadku takiego zjawiska może w ogóle nie dojść do detonacji, a zamiast tego proces zakończy się spalaniem materiału wybuchowego lub proces całkiem zaniknie. W praktyce wyżej opisane procesy nazywa się wybuchem. Analizując proces detonacji w sposób logiczny można dojść do wniosku, że do najbardziej niszczącego skutku niszczenia dochodzi podczas detonacji pełnej. Podczas prowadzenia prac należy dołożyć wszelkich starań w przygotowaniu oraz prawidłowym jego

¹⁵ Tamże, s. 11.

¹⁶ Tamże.

¹⁷ M. Korzun, *1000 słów o materiałach wybuchowych i wybuchu*.

użytkowaniu, aby doprowadzić do pełnej detonacji, co jest zjawiskiem pożądanym i oczekiwanym. W przypadku palenia się materiału wybuchowego – nie wliczając w to środków inicjujących – mamy do czynienia z stosunkowo wolnym procesem, który nie przekracza kilku metrów na sekundę. Zauważyć należy, że w gazowych mieszaninach wybuchowych prędkość detonacji mieści się w granicach od 1000 do 3000 m/s, zaś w przypadku materiałów ciekłych i stałych od 3000 do 9800 m/s.

Efekt detonacji – podstawowymi efektami detonacji są:

- huk,
- wysoka temperatura,
- gwałtowność,
- fala ciśnieniowa,
- duża produkcja gazów.

Inną definicję detonacji przedstawiono w pozycji opracowanej przez Dionizego Smoleńskiego „Spalanie materiałów wybuchowych”, gdzie detonacja jest niczym innym jak wybuchem rozprzestrzeniającym się ze stałą i maksymalną dla danego materiału wybuchowego oraz dla danych warunków prędkością, która przewyższa prędkość dźwięku w danym ciele¹⁸. Jak przekonuje autor detonacja jest „stacjonarną postacią wybuchu”. Dzięki prędkości jaka towarzyszy detonacji w określonych warunkach jest podstawą do scharakteryzowania danego materiału wybuchowego¹⁹.

Fala detonacyjna – inaczej fala uderzeniowa, która powstaje w materiałach wybuchowych podczas „zachodzącej w niej reakcji przemiany wybuchowej”. Podczas przejścia „czoła” fali detonacyjnej dochodzi do gwałtownego wzrostu ciśnienia, temperatury i gęstości co prowadzi do inicjacji reakcji wybuchowej. Głównymi parametrami fali detonacyjnej są:

- prędkość fali detonacyjnej,
- prędkość masowa produktów wybuchu,
- ciśnienie,
- temperatura.

Powyższe parametry posiadają wartość stałą czego efektem jest stałe uzupełnianie strat energetycznych za pośrednictwem ciepła wytworzonego w strefie reakcji. Efektywność fali detonacyjnej jako siły niszczącej jest mierzalna poprzez prędkość jaką osiąga, są to wartości rzędu 9 000 m/s.

Prędkość spalania w dużym stopniu zależy od warunków zewnętrznych. Jednak podstawowym czynnikiem wpływającym na ten proces jest ciśnienie znajdujące

¹⁸ D. Smoleński, *Spalanie...*, s. 11.

¹⁹ Tamże.

się w otaczającym ośrodku²⁰. W tabeli poniżej przedstawiono porównanie rodzaju wybuchu (detonacji) do prędkości spalania materiału wybuchowego.

Rodzaj wybuchu	Prędkość spalania (m/s)
Deflagracja	Kilka
Zapłon	Kilkadziesiąt
Wybuch zwykły	400-1000
Wybuch detonacyjny	Powyżej 1000

Tab. 4. Rodzaje wybuchów w zależności od prędkości spalania materiałów wybuchowych²¹

Na podstawie powyższych informacji jasne staje się, że wraz ze wzrostem ciśnienia dochodzi do wzrostu prędkości spalania. Jednak gdy proces spalania staje się coraz szybszy to w pewnych wypadkach może dojść do wybuchu.

Prędkość dźwięku – występuje w przypadku prędkości rozchodzenia się fal w ośrodkach sprężonych. W przypadku cieczy i ciał stałych prędkość dźwięku oblicza się na podstawie wzoru²²:

$$a = \frac{E}{p}$$

gdzie:

E – moduł przężności objętościowej,

p – gęstość.

W przypadku gazów zastosujemy wzór:

$$a = \sqrt{kRT}$$

gdzie:

k – wykładnik adiabaty,

R – uniwersalna stała gazowa,

T – temp. gazu wyrażona w °C.

Dla przykładu w przypadku powietrza $a \approx 20\sqrt{T}$ na poziomie morza w temp. 15°C prędkość dźwięku będzie wynosiła 340,27 m/s.

Eksplozja – to przejściowa forma przemiany wybuchowej o nieustalanej prędkości, która w zależności od warunków, przechodzi w detonację lub w deflagrację – mowa tu o zamkniętych pomieszczeniach. W takiej sytuacji dochodzi do znacznego wzrostu ciśnienia (powstających gazów), braku jego odprowadzania co w rezultacie doprowadza do detonacji. Ponadto należy dodać, że podczas eksplozji dochodzi

²⁰ G. Brown, *Historia...*, s. 4.

²¹ Z. Stelmazuk, *Album amunicji saperskiej*.

²² Ustawa z dnia 24 maja 2013 r. o środkach przymusu bezpośredniego i broni palnej.

do powstania fali uderzeniowej rozchodzącej się z prędkością powyżej 400 m/s, ale poniżej maksymalnej prędkości możliwej dla danego materiału wybuchowego. Reakcja ta przechodzi w strukturze materiału wybuchowego w sposób niestabilny i ze zmienną prędkością²³.

Wrażliwość materiału wybuchowego – to zdolność materiału do przemian wybuchowych, do której dochodzi pod wpływem bodźca zewnętrznego. Do nich można zaliczyć między innymi czynniki cieplne takie jak:

- ogrzewanie przeponowe,
- bezpośrednie działanie płomienia na materiał wybuchowy,
- elektryczne (wyładowanie elektryczne, żarzenie mostkowe itp.),
- energia wybuchu innego materiału wybuchowego.

Wrażliwość materiału wybuchowego określaną jest za pomocą współczynnika wrażliwości (R_W), który wyrażono w następującym wzorze:

$$R_W = (R_M \cdot R_T)^{0,5}$$

gdzie:

R_M – współczynnik wrażliwości mechanicznej materiału wybuchowego,

R_T – współczynnik wrażliwości termicznej materiału wybuchowego.

W tabelach poniżej zostaną przedstawione wrażliwości poszczególnych materiałów wybuchowych inicjujących (tab. 5), wrażliwość materiałów wybuchowych kruszących na uderzenia (tab. 6) oraz wrażliwość niektórych materiałów na bodźce wybuchowe (tab. 7). Tabele zostały przedstawione w książce Mikołaja Korzuna *1000 słów o materiałach wybuchowych i wybuchu*.

Rodzaj materiału wybuchowego	Temperatura pobudzenia (°C)	Wrażliwość na uderzenie		
		Masa (kg)	Granica (cm)	
			Górna	Dolna
Piorunian rtęci	175-180	0,69	8,5	5,5
Tetrazen	140	0,69	12,5	7,0
Azydek ołowiu	330-348	0,98	23,0	7,0
Trójnitrorezorcynian ołowiu	275	1,43	25,0	14,0

Tab. 5. Wrażliwość niektórych materiałów wybuchowych inicjujących²⁴

²³ M Korzun, *1000 słów...*, s. 12.

²⁴ Tamże.

Rodzaj materiału wybuchowego	Liczba wybuchów przy spadku ciężarka 10 kg z wysokości 25 cm (%)	Wysokość spadku ciężarka 2 kg powodującego wybuch (cm)
Trotyl	4-8	100
Amatole	20-30	-
Kwas pikrynowy	24-32	80
Tetryl	44-52	40
Heksogen	72-80	30-32
Heksogen flegmatyzowany	28-32	-
Prochy bezdymne	40-80	-
Oktogen	72-80	-
Okrogen flegmatyzowany	36	-
Pentryt	100	17
Dwunitroglukol	100	10-12
Nitrogliceryna	100	4

Tab. 6. Wrażliwość niektórych materiałów wybuchowych kruszących na uderzenia²⁵

Rodzaj materiału wybuchowego	Graniczny ładunek inicjujący (g)	
	Piorunian rtęci	Azydek ołowiu
Trotyl	0,36	0,09
Kwas pikrynowy	0,30	0,025
Tetryl	0,29	0,025
Heksogen	0,19	0,05
Pentryt	0,17	0,01-0,02

Tab. 7. Wrażliwość niektórych materiałów wybuchowych na bodźce wybuchowe²⁶

Reasumując, miarą wrażliwości materiału wybuchowego jest „najmniejsza ilość danego rodzaju energii”, która została dostarczona z zewnątrz, którą potocznie nazywa się bodźcem pobudzenia. Bodziec taki jest niezbędny do zapoczątkowania reakcji wybuchowej²⁷.

Implozja – to zjawisko w którym dochodzi do gwałtownego zgniecenia naczynia w skutek działania ciśnienia zewnętrznego, które w znacznym stopniu przewyższa ciśnienie znajdujące się wewnątrz naczynia. Do tego typu zjawiska dochodzi np. w kineskopach. Implozja jest przeciwieństwem eksplozji²⁸.

Inhibitor – to substancja, którą dodaje się do układu w nieznaczących ilościach. Substancja ta ma za zadanie spowolnienie lub całkowite zatrzymanie rozpoczętej reakcji. Do najbardziej powszechnie stosowanych inhibitorów można zaliczyć takie,

²⁵ R. Morawa, Z. Onderka, *Wrażliwość...*

²⁶ A. Maranda, B. Gołąbek, J. Kasperski, *Materiały wybuchowe...*

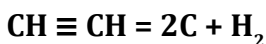
²⁷ M Korzun, *1000 słów...*, s. 12.

²⁸ Tamże.

które zachodzi w przypadku występowania korozji, starzenia się materiału (guma), utleniania czy np. polimeryzacji. Każdy inhibitor ma inny mechanizm działania²⁹.

Deflagracja – to spalanie wybuchowe. Rodzaj przemiany wybuchowej, w której przekazanie energii cieplnej ze strefy reakcji do warstwy materiału wybuchowego następuje na drodze przewodnictwa oraz promieniowania. W zjawisku tym prędkość liniowa zależy od „ciśnienia zewnętrznego i waha się w granicach od mm/s do kilkuset m/s”. Bardzo ważną cechą tego zjawiska jest również to, że spalanie to propaguje się z prędkością niższą niż wynosi prędkość dźwięku w danym materiale. Dzieje się tak z powodu szybkiej reakcji utleniania. Deflagracja w określonych warunkach, czyli w przypadku wzrostu ciśnienia, może przechodzić w eksplozję lub detonację³⁰.

Bilans tlenowy materiałów wybuchowych – w bilansie najważniejszy jest odpowiedni dobór „składników mieszanin wybuchowych”. Jest to niezbędne do uzyskania jak najlepszego efektu wybuchu oraz składu i rodzaju produktów rozkładu³¹. Większość przekształceń wybuchowych z jakimi mamy do czynienia to reakcje utleniania, czyli udział tlenu w całym procesie. Mamy również do czynienia z reakcjami, w których do takich sytuacji nie dochodzi. Idealnym przykładem jest rozkład acetyleny³²:



Reasumując, bilans tlenowy to nic innego jak różnica pomiędzy ilością tlenu jaka jest zawarta w materiale wybuchowym a rzeczywistą ilością tlenu jaka jest potrzebna do spalenia węgla i wodoru aby otrzymać CO₂ oraz H₂O. Aby obliczyć bilans tlenowy stosuje się następujący wzór:

$$\text{BT} = ((c - (2a + b/2)) \cdot 16 \cdot 100\%) / M$$

gdzie:

M – masa molowa materiału wybuchowego, **BT** – Bilans tlenowy,

a, b, c – odpowiednia liczba atomów węgla, wodoru oraz tlenu w 1 molu materiału wybuchowego.

W związku z powyższym należy zauważyć, że występują materiały wybuchowe o bilansie tlenowym dodatnim, zerowym oraz ujemnym. W przypadku bilansu dodatniego występuje nadmiar tlenu, w przypadku bilansu zerowego występuje równowaga, a gdy jest mowa o bilansie ujemnym to występuje zjawisko niedoboru tlenu. W praktyce wykorzystuje się tak zwany „współczynnik tlenowy”. Pod tym

²⁹ Tamże.

³⁰ Ustawa o środkach przymusu...

³¹ T. Baran, A. Policha, *Badania...*, s. 10.

³² Tamże.

stwierdzeniem rozumie się ilość tlenu, która faktycznie jest zawarta w materiale wybuchowym (wartość ta jest przedstawiona w procentach). Dla lepszego zrozumienia zagadnienia został przytoczony przykład przedstawiony w publikacji Tadeusza Barana oraz Aldony Polichy „Wybuch i jego skutki – kryminalistyczne badania materiałów i urządzeń wybuchowych”:

„Nitrogliceryna [triazotan gliceryny, $C_3H_5(ONO_2)_3$]

– na spalenie trzech atomów węgla do CO_2 potrzeba 6 atomów tlenu,

– na spalenie 5 atomów wodoru do H_2O potrzeba 2,5 atomu tlenu.

Razem na spalenie węgla i wodoru w cząsteczce nitrogliceryny potrzeba zatem 8,5 atomu tlenu. W cząsteczce nitrogliceryny znajduje się 9 atomów tlenu, wobec czego”:

$$\frac{9}{8,5} \cdot 100\% = 105,9$$

– współczynnik tlenowy jest większy od stu, a bilans tlenowy jest dodatni.

Wybuchowe związki chemiczne – to związki chemiczne, które są stosunkowo niestabilne i pod wpływem bodźców zewnętrznych wykazują zdolność do szybkich przemian egzotermicznych. W momencie gdy dochodzi do tego typu zjawiska, następuje „całkowite rozerwanie wiązań wewnątrzcząsteczkowych” co z kolei prowadzi do rekombinacji uwolnionych atomów na produkty stałe termodynamicznie. Związki te posiadają w swojej strukturze atomy tlenu, dzięki czemu jest możliwe ich całkowite lub częściowe spalenie wewnętrzne. Można jednak również natrafić na wybuchowe związki chemiczne, które w swoim składzie nie posiadają atomów tlenu. Takim związkiem jest np. azydek ołowiu $Pb(N_3)_2$, co czyni go związkiem endotermicznym. Związek ten podczas wybuchu rozkłada się na podstawowe elementy. W przypadku wyżej wymienionego pierwiastka dochodzi do rozpadu na ołów i azot³³.

Mieszaniny wybuchowe – to układy co najmniej dwóch składników, które nie są ze sobą związane chemicznie. W układzie tym widać bardzo ważną zależność. Jeden ze składników jest bardzo mocno bogaty w tlen, co czyni go utleniaczem, natomiast drugi ze składników ma niedobór tlenu co czyni go paliwem. Mieszaniny wybuchowe występują we wszystkich stanach skupienia, gazowych, ciekłych, stałych oraz heterogennych.

Mieszaniny wybuchowe gazowe – w przypadku mieszanin gazowych należy zauważyć, że mają największe znaczenie pod kątem naukowym. Powodem jest duża łatwość prowadzenia badań nad ich wybuchami. Dzięki pracom nad gazami wybuchowymi, które stały się podstawą w procesie poznania mechanizmów powstawania

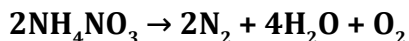
³³ D. Smoleński, *Spalanie...*, s. 11.

i rozprzestrzeniania się wybuchów, można było lepiej pojąć kwestie kinetyczne oraz reakcji wybuchowych. W zastosowaniu technicznym jednak gazy wybuchowe nie mają na razie większego zastosowania ze względu na małą gęstość energii przy wybuchu. Nie mniej jednak gazy te w praktyce stanowią bardzo duże zagrożenie wybuchowe np. w przypadku gazu kopalnianego.

Gazy wybuchowe – produkty, które powstały w wyniku reakcji przemian wybuchowych. „Gazy te są w stanie zająć objętość ponad 700-900 razy większą od materiału wyjściowego”. Produkty gazowe, które wytwarzają się podczas procesu są w stanie nagrzać się do temperatury od 2 000 do 4 000 K, co w jeszcze większym stopniu zwiększa ich ciśnienie. Gazy wybuchowe stanowią główną siłę uderzeniową wybuchu. Podczas zaistnienia wybuchu gazy te wytwarzają fale uderzeniowe, które poruszają się z prędkościami znacznie większymi od prędkości dźwięku. Bardzo istotnym zjawiskiem podczas trwania tego procesu jest to, że „wartość ciśnienia w miarę ich rozszerzania się maleje”³⁴.

Ciekłe mieszaniny wybuchowe – w tym przypadku składnikiem paliwowym „są przeważnie substancje o dużym cieple spalania”. Do takich substancji niewątpliwie należy zaliczyć toluen $C_6H_5CH_3$ czy benzen C_6H_6 . W przypadku utleniacza najczęściej swoje zastosowanie znajduje dymiący kwas azotowy czy czteronitrometan. Mimo tego, że ciekłe mieszaniny wybuchowe tworzą silne związki materiałów wybuchowych, są stosowane w praktyce stosunkowo rzadko. Powodem jest zbyt duża wrażliwość tych związków oraz nieporęczność³⁵.

Stałe mieszaniny wybuchowe – związki te są szeroko rozpowszechnione w technice wojskowej i cywilnej. Mieszaniny te dzielą się na podgrupy, które są uzależnione od utleniacza, który zostanie wykorzystany. Do największej grupy materiałów wybuchowych należy zaliczyć materiały saletrzano amonowe, które potocznie nazywa się amonitami. Ich najważniejszym składnikiem jest saletra amonowa – NH_4NO_3 – której zawartość mieści się w granicach od 40% do 95%. Powodem takiej proporcji jest stosunkowo mała ilość tlenu, która zostaje do wykorzystania po utlenieniu wewnętrznym. Poniższe równanie przedstawia omówioną reakcję:



Do innych grup mieszanin wybuchowych w stanie stałym zaliczamy dynamity. W tym przypadku podstawowym składnikiem materiałów wybuchowych jest nitrogliceryna – $C_3H_5N_3O_9$. Ta grupa również dzieli się na podgrupy. Podział ten jest

³⁴ M Korzun, *1000 słów...*, s. 12.

³⁵ D. Smoleński, *Spalanie...*, s. 11.

uzależniony od zawartości nitrogliceryny w materiale wybuchowym. W związku z powyższym mamy następujący podział:

- żelatyna wybuchowa – 93% nitrogliceryny,
- dynamity żelatynowe – 62-63 % nitrogliceryny,
- dynamity proszkowe – 29-30 % nitrogliceryny.

Materiały wybuchowe należy podzielić na trzy grupy ze względu na swoje zastosowanie:

1) Materiały wybuchowe inicjujące – ten rodzaj materiałów wybuchowych jest stosowany dla zapoczątkowania wybuchu. Podstawowymi cechami tego rodzaju materiału wybuchowego są przede wszystkim:

- duża wrażliwość – rozumie się przez to zaistnienie rozpadu detonacyjnego pod wpływem bardzo małych bodźców zewnętrznych, takich jak ciepło czy działanie mechaniczne,
- mały ładunek minimalny – rozumie się przez to bardzo szybkie przejście do wybuchu mimo niewielkiego zastosowania materiału wybuchowego inicjującego, niezbędnego do wytworzenia fali detonacyjnej. Reasumując, materiały wybuchowe inicjujące stosuje się przede wszystkim w soplekach detonacyjnych oraz w soplekach zapalających. Do najczęściej stosowanych można zaliczyć sole ciężkich metali takich jak piorunian rtęci – $\text{HG}(\text{CNO})_2$, azydek ołowiu – $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$, acetylenek srebra – Ag_2C_2 .

2) Materiały wybuchowe kruszące – ten rodzaj materiałów wybuchowych jest stosowany w minach, urządzeniach burzących czy pociskach. Materiał wybuchowy jest znacznie mniej wrażliwy niż inicjujący. Biorąc powyższe pod uwagę należy zaznaczyć, że w tym przypadku ładunek minimalny musi być o wiele wyższy niż w przypadku materiału inicjującego. Materiał wybuchowy kruszący można detonować pod działaniem materiałów inicjujących, jednak w niektórych przypadkach konieczne jest zastosowanie innych, dodatkowych detonatorów. „Podstawowym mechanizmem ich rozpadu jest detonacja”³⁶. Do najważniejszych przedstawicieli materiałów wybuchowych kruszących należą między innymi: azotany gliceryny, azotany celulozy, azotany pentaerytrytu, trotyl, kwas pikrynowy, heksogen, nitroguanidyna, czteronitrometan.

3) Materiały wybuchowe miotające – inaczej prochy. Do tej grupy mieszanin zaliczyć należy proch czarny, w skład którego wchodzi 75% saletry potasowej, 10% siarki oraz 15% węgla drzewnego. Prochy bezdymne, jednorodne oraz spora liczba paliw

³⁶ D. Smoleński, *Spalanie...*, s. 11.

rakietowych, która jest mieszkanką nadchloranu amonu oraz żywicy syntetycznej. Prochy bezdymne również dzielą się na grupy:

- **Nitrocelulozowe** – są to prochy oparte na rozpuszczalniku lotnym. W swoim składzie zawierają aż 95% nitrocelulozy,
- **Balistyty** – skład tej grupy prochów jest oparty na „bawełnie kolodionowej i rozpuszczalniku nielotnym” czyli nitroglicerynie,
- **Kordyty** – z kolei ta grupa prochów składa się przede wszystkim z bawełny strzelniczej, czyli nitrogliceryny i acetonu.

Temperatura wybuchu materiałów wybuchowych – podczas rozkładu wybuchowego dochodzi do wydzielania się znacznej ilości ciepła oraz dużej ilości gazów. W sytuacji, w której temperatura gazu osiąga wartość maksymalną mamy do czynienia z tzw. „temperaturą wybuchu”. Aby obliczyć temperaturę wybuchu wykorzystuje się prawo **Hessa**. W sformułowaniu matematycznym prawo to mówi „...że w przypadku procesu izobarycznego ($p=\text{const}$) lub izochorycznego ($v=\text{const}$) i gdy nie ma pracy objętościowej gazów, efekty cieplne przemiany nie zależą od drogi procesu, lecz jedynie od stanu początkowego i końcowego”³⁷. Aby lepiej pojąć powyższy cytat dobrze jest poznać definicje „ciepła tworzenia” oraz „ciepła spalania”.

Ciepło tworzenia – to efekt cieplny, który towarzyszy procesowi syntezy. Procesem syntezy nazywany tworzeniem się jednego mola (wartość wyrażona w kg) związku z pierwiastków z tym, że produkty reakcji oraz substraty muszą znajdować się w warunkach normalnych.

Ciepło spalania – to ilość energii cieplnej jaka wytwarza się podczas całkowitego spalania jednego kilograma danej substancji. Dzięki zastosowaniu prawa Hessa wiemy, że ciepło tworzenia się materiału wybuchowego jest niczym innym jak różnicą jaka istnieje pomiędzy „ciepłem tworzenia się z pierwiastków produktów spalania i ciepłem spalania samego materiału wybuchowego”. Zależność ta jest wyrażona następującym wzorem:

$$Q_v = Q_2 - Q_1$$

gdzie:

Q_v – ciepło wybuchu w stałej objętości,

Q_2 – ciepło tworzenia produktów wybuchu,

Q_1 – ciepło tworzenia materiału wybuchowego.

³⁷ T. Baran, A. Policha, *Badania...*, s. 10.

Aby prawidłowo obliczyć temperaturę wybuchu zastosowano zależność:

$$Q_v = cvt \quad \text{albo} \quad C_v = \frac{Q_v}{t_2 - t_1} \rightarrow t = \frac{Q_v}{C_v}$$

gdzie:

c_v – średnie ciepło właściwe produktów wybuchowych zastosowane dla przedziału 0 – t°C,

Q_v – ciepło wybuchowego przekształcenia,

t – temperatura wybuchu.

W tabeli poniżej przedstawiono średnie ciepła właściwego zastosowanego dla przedziału temperatur 0-t°C.

Temperatura °C	2 000	2 500	3 000	3 500	4 000	4 500	5 000
Związek							
CO ₂	11,03	11,33	11,52	11,69	11,83	11,96	12,07
CO	6,03	6,13	6,27	6,36	6,41	6,47	6,51
H ₂	5,44	5,60	5,73	5,85	5,94	6,03	6,09
H ₂ O	8,36	8,70	9,17	9,45	9,69	9,88	10,04
O ₂	6,30	6,40	6,48	6,53	6,59	6,61	6,63
N ₂	5,90	6,12	6,21	6,30	6,38	6,42	6,45
NO	6,15	6,28	6,37	6,44	6,49	6,54	6,58

Tab. 8. Średnia ciepła właściwego dla przedziału temperatur 0-t°C dla następujących związków w kaloriach³⁸

Objętość właściwa gazów prochowych – to objętość jaką zajmują gazowe produkty spalania w danej przestrzeni. Mówiąc bardziej szczegółowo w warunkach normalnych, w założeniu 0°C przy ciśnieniu 750mm słupa rtęci – zakładając, że woda, która wchodzi w skład gazów prochowych jest w postaci pary. Dla zdecydowanie większej liczby stosowanych prochów wartość ta wynosi prawie: 1000 dm³/kg.

Fala uderzeniowa – jest to fala burząca, w postaci silnej fali ciśnieniowej. Fala uderzeniowa przemieszcza się „względem ośrodka z prędkością większą od prędkości dźwięku”³⁹. Wielkość nadciśnienia panującego na jej czole oblicza się według następującego wzoru:

$$\Delta P = 3,2 \cdot \frac{\sqrt[3]{L^2}}{R^2}$$

³⁸ Mała Encyklopedia PWN.

³⁹ M Korzun, 1000 słów..., s. 12.

gdzie:

\mathbb{L} – masa ładunku,

\mathbb{R} – odległość od miejsca wybuchu.

Powietrzna fala uderzeniowa jest wynikiem działania silnie ściśniętych i nagranych produktów gazowych powstających podczas reakcji wybuchu. Należy przytoczyć:

- **prędkość reakcji** – w przypadku kruszących materiałów wybuchowych waha się od 1000 do 8500 m/s,
- **temperatura wybuchu** – przypadku kruszących materiałów wybuchowych wynosi około 3 000°C,
- **nadciśnienie** – gdzie w przypadku użycia 1 kg materiału wybuchowego powstaje około 1 000 litrów gazów powybuchowych. Wielkość nadciśnienia jest zależna od odległości od epicentrum wybuchu⁴⁰,
- **fala podmuchu** – w przypadku tego zjawiska dochodzi do tzw. zaburzenia rozchodzącego się w atmosferze. Zaburzenie to powoduje zmianę parametrów w atmosferze, przejawiające się we wzroście ciśnienia, temperatury i gęstości. Podczas „przechodzenia” fali uderzeniowej można odnotować obecność ruchów powietrza w postaci wiatru, który szybko przemija. Sama fala podmuchu powstaje podczas wybuchu, z tym, że przy samym zjawisku wybuchu mamy do czynienia z falą uderzeniową⁴¹.

Pojęcia, które zostały przedstawione są niezbędne, aby w sposób skuteczny oraz przede wszystkim bezpieczny posługiwać się z materiałami wybuchowymi. Prace z materiałami wybuchowymi oraz materiałami pirotechnicznymi wymagają nie tylko rzetelnej wiedzy z takich dziedzin nauki jak chemia czy fizyka. Równie ważne jest poznanie przepisów prawa, na podstawie których takie prace będą wykonywane. W prawodawstwie Rzeczypospolitej Polskiej przepisy odnoszą się w inny sposób w przypadku zastosowania materiału wybuchowego oraz materiału pirotechnicznego w pracach w przemyśle cywilnym, a zupełnie inaczej prawo odnosi się do prac z tego typu materiałami w przypadku działań sił zbrojnych oraz Policji. W kolejnym rozdziale zostaną przedstawione podstawy prawne odnoszące się do powyższych zagadnień.

⁴⁰ Michał Starski, *Czeskie granaty ręczne*.

⁴¹ D. Smoleński, *Spalanie...*, s. 11.

Rozdział 3.

Uregulowania prawne związane z przechowywaniem oraz transportowaniem materiałów wybuchowych

Pierwszym z aktów prawnych, niniejszej pracy to Ustawa z dnia 21 czerwca 2002 roku o materiałach wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego. W niniejszej ustawie można znaleźć podstawowe uwarunkowania prawne dotyczące między innymi nabywania oraz przechowywania materiałów wybuchowych przez osoby cywilne. Ustawa ta również nawiązuje do sytuacji, w których pozwolenie na ich posiadanie może zostać cofnięte.

Bardzo ważnym aspektem jest również wyjaśnienie w jaki sposób materiały te powinny być transportowane oraz oznakowane podczas transportu. Niniejsza ustawa została uchwalona z myślą o przedsiębiorcach, jednostkach naukowych oraz firmach zajmujących się transportem tego typu materiałów. W przypadku Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej, Policji oraz innych służb ustawa ta nie obowiązuje⁴².

W ustawie zostało sprecyzowane, kto może posiadać materiały wybuchowe i jakie pozwolenia są potrzebne do ich przechowywania. Jeśli chodzi o materiały tzw. „pirotechniki widowiskowej”, nie są potrzebne zezwolenia. Materiały te są również inaczej oznakowane, aby unikać pomyłek. Pozwolenie na przechowywanie i nabywanie materiałów wybuchowych wydaje wojewoda właściwy w miejscu usytuowania siedziby przedsiębiorcy. Organ ten ma prawo do niewydania niniejszego pozwolenia lub jego cofnięcia w przypadku wcześniejszego wydania. Wojewoda może wydać pozwolenie do prowadzenia prac, takich jak:

- „poszukiwanie lub rozpoznawanie złóż kopalin”,
- „wydobywanie kopalin ze złóż”,
- „podziemnego bezzbiornikowego magazynowania substancji”.

Ponadto pozwoleń udziela się przedsiębiorcom, którzy są osobami fizycznymi oraz osobami innymi niż fizyczne. Wymagania jakie są do uzyskania niniejszego pozwolenia zostały szczegółowo opisane w niniejszej ustawie. Według prawa polskiego dopuszczalne są sytuacje, w których przedsiębiorca nie musi posiadać pozwolenia na używanie czy przechowywanie materiałów wybuchowych – mowa tutaj o użytkowaniu cywilnym – jeżeli spełni następujące wymagania:

- „posiada koncesję na wytwarzanie materiałów wybuchowych lub obrót tymi materiałami”,

⁴² Ustawa dnia 21 czerwca 2002 r. o materiałach wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego.

- „rodzaj nabywanych, przechowywanych lub używanych materiałów wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego odpowiada rodzajowi materiałów wybuchowych określonych w koncesji”.

Każdy przedsiębiorca jest zobowiązany do pisemnego poinformowania właściwego ze względu na umiejscowienie siedziby danego przedsiębiorcy wojewodę. Pismo to powinno zawierać dokładną datę podjęcia działalności gospodarczej w tym nabywania, użytkowania i przechowywania materiałów wybuchowych. Aby osoba fizyczna uzyskała niniejsze pozwolenie musi ona spełnić szereg wymogów:

- musi posiadać co najmniej wykształcenie średnie albo średnie branżowe,
- musi posiadać pełną zdolność do czynności prawnych,
- nie leczyć się psychiatrycznie,
- nie może być karana prawomocnym wyrokiem za przestępstwo lub przestępstwo skarbowe,
- kandydat na uzyskanie pozwolenia nie może być zarejestrowany w „Krajowym Rejestrze Dłużników Sądowych”,
- przedsiębiorca musi również udowodnić, że jest w stanie spełnić warunki techniczne oraz organizacyjne do prowadzenia działalności z użytkowaniem materiałów wybuchowych. Ponadto konieczne jest zatrudnienie wykwalifikowanej kadry.

Osoby, które uzyskały pozwolenie na nabywanie, przechowywanie i użytkowanie materiałów są zobligowane do przestrzegania zasad bezpieczeństwa oraz warunków, które zawarte są w wydanym pozwoleniu. Podczas wykonywania prac z materiałami wybuchowymi musi być prowadzony stały nadzór nad osobami, które te prace wykonują. Przedsiębiorca jest zobowiązany zapewnić odpowiednie miejsce w którym będą przechowywane materiały oraz musi stale oceniać i dokumentować stopień ryzyka związany z ich użytkowaniem. Pracownicy zatrudnieni przez osobę fizyczną mającą pozwolenie na użytkowanie materiałów wybuchowych w pracach cywilnych muszą spełnić następujące wymagania:

- ukończenie 21. roku życia,
- musi być zdrowa psychicznie,
- nie może być skazana prawomocnym wyrokiem za przestępstwo lub przestępstwo skarbowe,
- osoba ta musi mieć nienaganną opinię, która zostaje wydana przez powiatowego lub miejskiego komendanta Policji, właściwego do miejsca zamieszkania pracownika ubiegającego się o przystąpienie do odbycia szkolenia i przystąpienia do egzaminu,
- przystąpienie do specjalistycznego szkolenia oraz zdanie egzaminu przed komisją kwalifikacyjną.

W sytuacjach, w których przedsiębiorca zamierza przemieszczać materiały wybuchowe przeznaczone do użytku cywilnego, musi on uzyskać zgodę na tego typu transport od ministra do spraw gospodarki. Pozwolenie jest wydawane na rok w formie decyzji na pisemny wniosek przedsiębiorcy. Jest on zobowiązany do przechowywania dokumentu uprawniającego go do transportu materiałów wybuchowych na czas określony w niniejszym pozwoleniu. Jeżeli podczas kontroli drogowej przez organ uprawniony do przeprowadzenia takiej kontroli, przewoźący materiał wybuchowy nie okaże wymaganego pozwolenia na transport takich materiałów lub materiału, który jest przewożony nie będzie odpowiadał właściwościom lub rodzajowi materiału, na transport, na który wydano zgodę, materiał taki zostanie zatrzymany. W przypadkach, gdy przedsiębiorca zamierza transportować materiał wybuchowy lub amunicję poza granice Rzeczypospolitej Polskiej musi uzyskać on zgodę od właściwego organu państwa Członkowskiego Unii Europejskiej. W związku z użytkowaniem materiałów pirotechnicznych wprowadzono podział na następujące klasy tych materiałów:

- **Klasa F1** – do tej klasy zaliczamy wyroby, które charakteryzują się najniższym stopniem zagrożenia dla życia i zdrowia. Podczas ich używania dochodzi też do najmniejszych uszkodzeń w mieniu oraz w najmniejszym stopniu szkodzą one środowisku. Poziom hałasu również jest najniższy. Tego typu materiały pirotechniczne mogą być użyte w zamkniętych pomieszczeniach.
- **Klasa F2** – do tej grupy zaliczamy materiały pirotechniczne, które wykazują niskie zagrożenie dla życia i zdrowia ludzkiego. Podczas użytkowania występuje niski poziom hałasu. Użytkowanie ich w małym stopniu zagraża mieniu i środowisku. Przeznaczone są do użytku na zamkniętym obszarze na zewnątrz budynków.
- **Klasa F3** – do tej klasy zaliczamy materiały pirotechniczne, które podczas użytkowania stwarzają średnie zagrożenie dla życia i zdrowia ludzkiego. Hałas, który się podczas działania tych środków wytwarza, jest nieszkodliwy dla zdrowia ludzkiego. Tego typu materiały należy stosować na dużych otwartych przestrzeniach.
- **Klasa F4** – jest to grupa materiałów pirotechnicznych, która charakteryzuje się najwyższym z pozostałych grup stopniem zagrożenia dla życia i zdrowia ludzkiego. Może również dokonać największych zniszczeń mienia. Materiały te nie są szkodliwe dla zdrowia ludzkiego pod względem hałasu. Tego typu materiałów pirotechnicznych używa się dla celów widowiskowych, wyłącznie profesjonalnych. Osoby obsługujące tego typu materiały powinny mieć wiedzę specjalistyczną.

Ustawodawca określił szereg kar dla osób niestosujących się do powyższych przepisów. W przypadku ujawnienia osoby, która przemieszcza materiał wybuchowy bez odpowiednich zezwoleń, grozi kara od sześciu miesięcy do trzech lat pozbawienia wolności. W przypadku nabywania i przechowywania materiałów wybuchowych

bez wymaganego zezwolenia jest przewidziana sankcja w wymiarze od sześciu miesięcy do ośmiu lat pozbawienia wolności. Taka sama kara dotyczy osób, które wytwarzają materiały bez zezwolenia. W Rozporządzeniu Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 9 lipca 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy produkcji, transporcie wewnątrzzakładowym oraz obrocie materiałów wybuchowych, w tym wyrobów pirotechnicznych⁴³, przedstawiono kryteria jakie muszą spełnić budynki w których przechowywane są materiały wybuchowe. Obliczenie maksymalnych dopuszczalnych ilości materiałów wybuchowych jakie mogą być przechowywane w budynku wylicza się na podstawie odpowiednich wzorów. Bardzo ważne jest utrzymanie odpowiednich minimalnych odległości takich budynków od innych zabudowań. Podział ten jest również dokonany ze względu na rodzaj budynku w którym przechowuje się takie materiały. Poniżej przedstawiono tabelę ukazującą zasięg stref zagrożenia wybuchem jakie może zaistnieć wokół budynku nieobwałowanego. Tabelę wykonano na podstawie danych zawartych w niniejszym rozporządzeniu⁴⁴. W kolejnej tabeli dla porównania przedstawiono tę samą ilość przechowywanych materiałów wybuchowych o tej samej sile wybuchowej jednak w budynku obwałowanym. Wykonano ją na podstawie danych zawartych w niniejszym rozporządzeniu⁴⁵.

⁴³ Rozporządzenie z dnia 9 lipca 2003 r. Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy produkcji, transporcie wewnątrzzakładowym oraz obrocie materiałów wybuchowych, w tym wyrobów pirotechnicznych.

⁴⁴ Tamże.

⁴⁵ Tamże.

Ilość materiału wybuchowego (kg)	Zasięg stref zagrożeń (w metrach) wyznaczonych nadciśnieniem fali uderzeniowej równym			
	250 kPa	35 kPa	5 kPa	3 kPa
5	4	10	28	37
10	4	13	35	46
20	6	16	44	58
50	8	22	60	79
100	10	27	76	99
200	12	34	96	125
500	16	46	130	169
1 000	21	58	163	214
2 000	26	74	206	270
5 000	35	100	279	366
10 000	44	126	352	461
20 000	56	158	443	581
50 000	76	215	601	788
10 0000	96	271	758	993
20 0000	121	341	954	1 251
50 00000	164	463	1 296	1 698
1 000 000	206	583	1 633	2 139

Tab. 9. Zasięg stref zagrożenia wybuchem jakie może zaistnieć wokół budynku nieobwałowanego⁴⁶

⁴⁶ Mała Encyklopedia PWN.

Ilość materiału wybuchowego (kg)	Zasięg stref zagrożeń (w metrach) wyznaczonych nadciśnieniem fali uderzeniowej równym			
	250 kPa	35 kPa	5 kPa	3 kPa
5	-	-	10	14
10	-	-	14	19
20	-	-	18	25
50	-	-	26	35
100	-	10	34	46
200	-	13	44	61
5000	-	19	64	88
1 000	-	25	84	121
2 000	-	32	115	172
5 000	14	47	182	286
10 000	18	61	268	429
20 000	23	80	400	581
50 000	34	122	601	788
100 000	44	174	758	993
200 000	58	254	954	1 251
500 000	84	432	1 296	1 698
1 000 000	115	583	1 633	2 139

Tab. 10. Zasięg stref zagrożenia wybuchem jakie może zaistnieć wokół budynku obwałowanego⁴⁷

Dane przedstawione w powyższych tabelach jednoznacznie ukazują jakie jest ogromne zagrożenie dla otoczenia budynku, w którym są przechowywane materiały wybuchowe. Zastosowane zabezpieczenia w postaci obwałowania budynku zmniejszają to zagrożenie, jednak przy wielkich ilościach materiałów najlepszym zabezpieczeniem jest przestrzeganie zasad prawidłowego magazynowania tego typu materiałów, stałe kontrole magazynowanych środków oraz umieszczenie budynku, w którym składuje się materiały wybuchowe z dala od innych zabudowań.

⁴⁷ Ustawa z dnia 21 maja 1999 r. o broni i amunicji.

Rozdział 4.

Podział środków minerskich stosowanych w polskich siłach zbrojnych

W tym rozdziale zaprezentowany zostanie podział min, rodzaje zapalników jakie są stosowane do tego rodzaju urządzeń oraz materiały wybuchowe, które są instalowane w minach. Generalnie rozróżnia się kilka rodzajów min, które posiadają inną budowę oraz moc wybuchową w zależności od rodzaju zastosowania. W związku z powyższym miny dzielimy według ich przeznaczenia na:

- przeciwpancerne,
- przeciwpiechotne,
- przeciwtransportowe,
- przeciwdesantowe.

Jak łatwo zauważyć każda z wyżej wymienionych min jest przeznaczona do innego rodzaju działania i eliminacji innego rodzaju zagrożenia w warunkach bojowych. Teraz według powyższej chronologii zostaną opisane poszczególne miny⁴⁸.

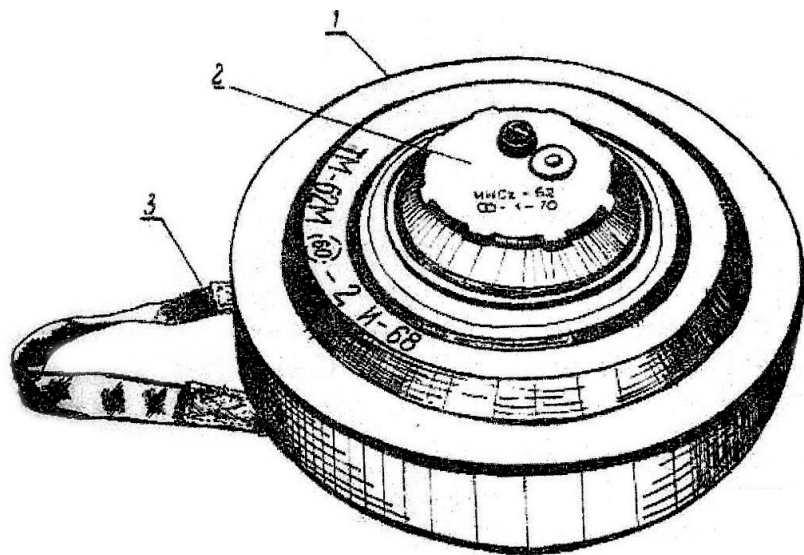
Miny przeciwpancerne – ten rodzaj min został stworzony z myślą o niszczeniu podwozi oraz układów jezdnych wozów opancerzonych, czołgów oraz innych pojazdów mechanicznych. W związku z tym miny przeciwpancerne dzielimy na dwa rodzaje:

- przeciwdenne,
- przeciwgąsienicowe.

Do min przeciwdennych zamontowano swego rodzaju mechanizm, zwany „przedłużaczem prętowym zapalnika”. Zapalnik ten uruchamia mechanizm, który doprowadza do wybuchu, gdy przedłużka ta znajdzie się w odpowiednim odchyleniu pod wpływem nacisku np. gąsienicy czołgu. Mina ta została skonstruowana w taki sposób, że gdy dojdzie do jej detonacji pod dnem czołgu powoduje jego rozerwanie, co w rezultacie kończy się eliminacją załogi pojazdu bojowego⁴⁹. Podstawowa różnica między minami przeciwdennymi a minami przeciwgąsienicowymi polega na tym, że te drugie, gdy wybuchają pod wpływem nacisku gąsienicy uszkadzają mechanizm jezdny pojazdu i unieruchamiają go. Załoga w tym przypadku najczęściej nie jest poszkodowana. Na poniższym obrazku (rys. 1) przedstawiono przykładową minę przeciwpancerną stosowaną przez polskie siły zbrojne.

⁴⁸ C. Piotrowski, *Środki minowania...*

⁴⁹ Tamże.



Rys. 1. Mina przeciwpancerna typu TM-62M⁵⁰

Miny przeciwpiechotne – podstawowym przeznaczeniem min przeciwpiechotnych jest ranienie żołnierzy nieprzyjacielskich wojsk podczas działań wojennych. Ponadto ten rodzaj min doskonale znalazł swoje zastosowanie do rażenia osłon przeciwpancernych zapór minowych. Ten rodzaj min również ma swój podział:

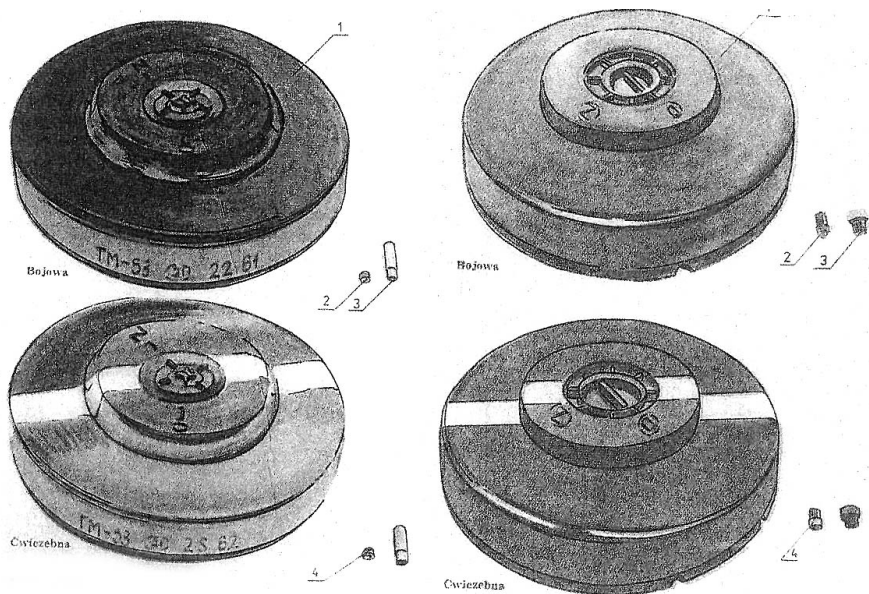
- odłamkowe – ten rodzaj min przeciwpiechotnych został skonstruowany w taki sposób aby razić cele grupowe. Ich promień działania jest przede wszystkim uzależniony od samej konstrukcji miny oraz sposobu jej ustawienia w terenie,
- podmuchowe (fugasowe) – ten rodzaj min przeciwpiechotnych jest zbudowany tak aby razić żołnierza, który bezpośrednio przyczynił się do zadziałania mechanizmu zapłonowego.

Ponadto powyższe miny dzielą się jeszcze na „samoczynne” i „kierowane”. Na potrzeby walki stworzono również miny typu uniwersalnego, które łączą w sobie obie powyższe cechy. W przypadku min kierowanych ich wybuch jest powodowany za pośrednictwem energii elektrycznej doprowadzanej do miny za pomocą przewodów elektrycznych. Można również doprowadzić do detonacji takiej miny za pomocą tzw. odciągów, czyli „zapalników o działaniu naciągowym”^{51, 52}. Poniżej (rys. 2) Przedstawiono przykładowe miny przeciwpiechotne.

⁵⁰ C. Piotrowski, *Prace minerskie...*

⁵¹ G. Brown, *Historia...*, s. 4.

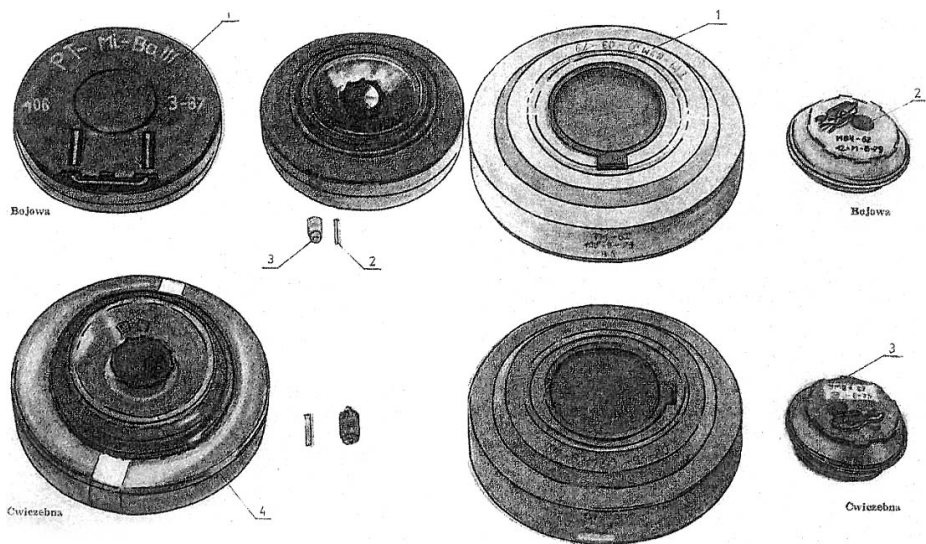
⁵² Tamże, s. 33.



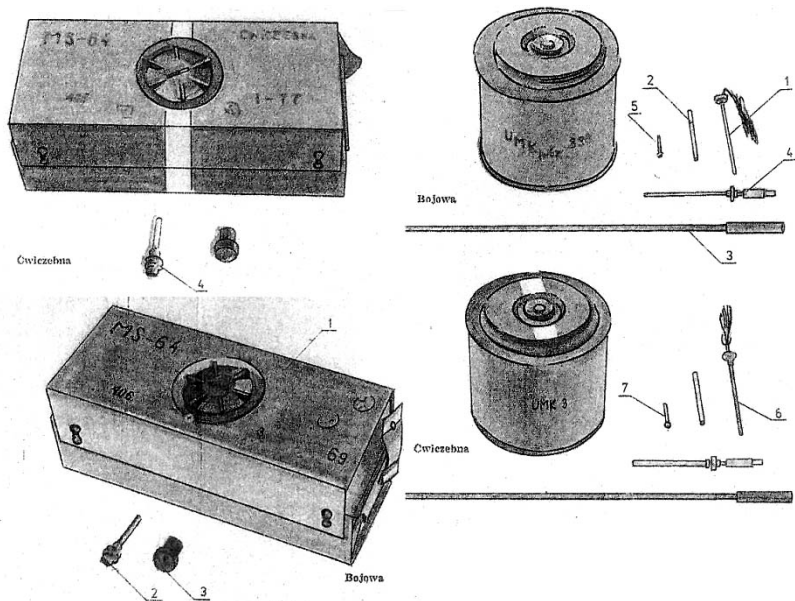
Rys. 2. Przykładowe miny przeciwpiechotne⁵³

Miny przeciwtransportowe – ten rodzaj min, w odróżnieniu od min przeciwpancernych czy przeciwpiechotnych, ustawia się na drogach i jezdniach. Miny te są instalowane w takich odcinkach jezdni lub drogi, gdzie ich ominięcie jest najtrudniejsze. Najlepiej jest je ustawiać w pochyleniach dróg, wysokich nasypach czy ciasnych przejazdach takich jak skarpy czy tereny bagienne. Najskuteczniejszym sposobem instalacji tego rodzaju min jest ich umieszczanie na poboczach jezdni, rowach czy obiektach komunikacyjnych. Najczęściej stosowaną miną przeciwtransportową jest mina specjalna typu MS-64. Ten rodzaj min znalazł swoje zastosowanie głównie dla wojsk powietrznodesantowych. Miny te bardzo skutecznie niszczą węzły kolejowe oraz drogi kołowe. Można je też stosować na tyłach wrogich wojsk podczas działań wojennych. Skuteczność min jest ściśle uzależniona od ich ilości oraz miejsca instalacji. Dla łatwiejszego „odpalenia” miny w stalowej blasze urządzenia, zwanym „kadłubem” zamontowano gniazdo z nagwintowanym otworem. Do tego gniazda jest wkręcany zapalnik. Dla zwiększenia pewności wystąpienia wybuchu w bocznej ścianie miny zamontowano drugi nagwintowany otwór, gdzie również można zainstalować zapalnik, w razie gdyby pierwszy nie zadziałał, drugi jest używany awaryjnie. Poniżej umieszczono przykładowe miny przeciwtransportowe (rys. 3) oraz miny specjalne (rys. 4).

⁵³ C. Piotrowski, *Prace minerskie...*



Rys. 3. Przykładowe miny przeciwtransportowe wraz z zapalnikami⁵⁴

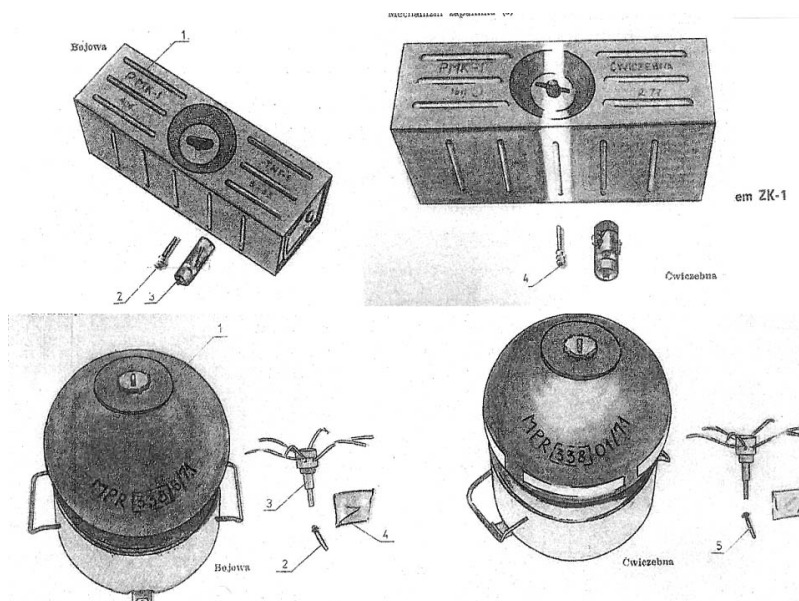


Rys. 4. Miny specjalne MS-64⁵⁵

⁵⁴ Tamże, s. 35.

⁵⁵ Tamże.

Miny przeciwdesantowe – ta grupa min została tak skonstruowana, aby można było je użyć w podmokłych terenach, a nawet w samej wodzie. Urządzenia te instaluje się w zbiornikach wodnych, przybrzeżach mórz, rzek czy innego rodzaju rubieżach wodnych gdzie może dojść do ataku wrogich wojsk desantowych podczas działań wojennych. Miny te znalazły zastosowanie w niszczeniu bojowych pojazdów pływających oraz innych środków desantowych. Mamy dwa rodzaje min stosowanych do zwalczania ataków desantowych. Zaliczamy do nich miny kotwiczne oraz miny denne. Podczas instalacji min bierze się pod uwagę odpowiednią głębokość ich osadzania (co jest ściśle uzależnione od typu urządzenia) oraz środowiska wodnego, w którym mają one być zainstalowane. Bardzo ważnym czynnikiem jest również falowanie jakie występuje w danym zbiorniku wodnym. Jest one od siebie bardzo różne, gdyż jego intensywność i wysokość fal jest inna na morzu czy basenie portowym a zupełnie inna na rzece czy jeziorze. Niemniej miny te zachowują swoje właściwości bojowe nawet przy falowaniu, które występuje przy wietrze dochodzącym do siły 6° w skali Beauforta^{56,57}. Poniższej zamieszczono przykładowe miny kolejowe oraz miny przeciwdesantowe (rys. 5).



Rys. 5. Rysunki u góry przedstawiają miny kolejowe MPK-1. Rysunki dolne miny przeciwdesantowe MPR⁵⁸

⁵⁶ G. Brown, *Historia...*, s. 4.

⁵⁷ A. Maranda, *Materiały wybuchowe...*, s. 5.

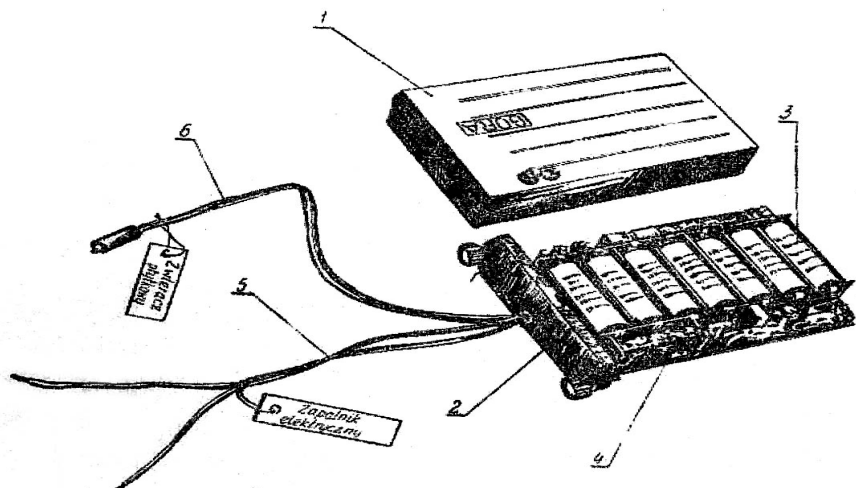
⁵⁸ Tamże, s. 36.

4.1. Zwieracze i zapalniki

Po zapoznaniu się z podstawowymi minami stosowanymi w Wojsku Polskim należy wspomnieć o zapalnikach i zwieraczach wykorzystywanych do pobudzenia materiału znajdującego się we wnętrzu min. Mechanizm inicjujący wybuch materiału wybuchowego w minie może być spowodowany na kilka sposobów:

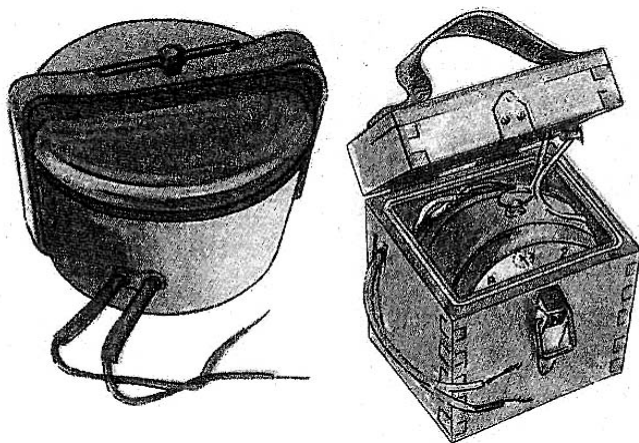
- poprzez bezpośredni nacisk na specjalnie przygotowaną powierzchnię miny, która jest czuła na tego typu bodźce,
- poprzez zwolnienie lub tylko napięcie drutów przymocowanych do zapalnika,
- podczas próby usunięcia miny, która jest tak skonstruowana, że gdy tylko próbuje się wykonać tego typu czynność następuje detonacja,
- poprzez wysłanie sygnału lub impulsu urządzeniem nadajnikowym,
- można też doprowadzić do wybuchu miny dzięki zainstalowaniu w urządzeniu minowym mechanizmu zegarowego.

Poniżej został przedstawiony przykład zwieracza indukcyjnego (rys. 6). Następnie zwieracz zegarowy (rys. 7), a na kolejnych rysunkach pokazano zapalniki elektryczne do min (rys. 8). Na ostatnim rysunku zamieszczono lonty prochowe oraz detonacyjne (rys. 9).

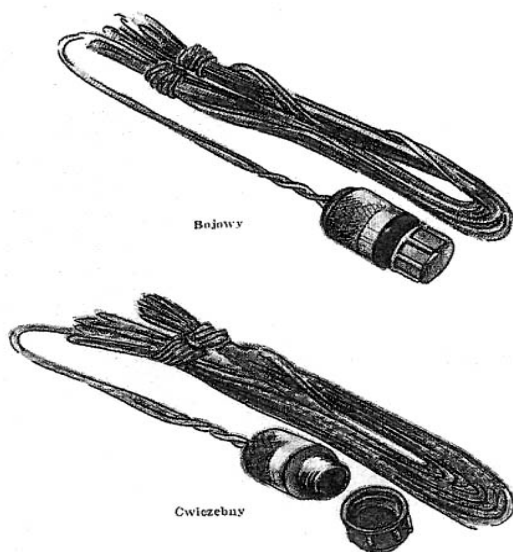


Rys. 6. Zwieracz indukcyjny ZI-1 (1 – obudowa, 2 – pokrywa, 3 – źródło zasilania, 4 – układy elektroniczne, 5 – przewody do odpalania elektrycznego, 6 – przewody do zwieracza płytkowego)⁵⁹

⁵⁹ C. Piotrowski, *Środki minowania...*

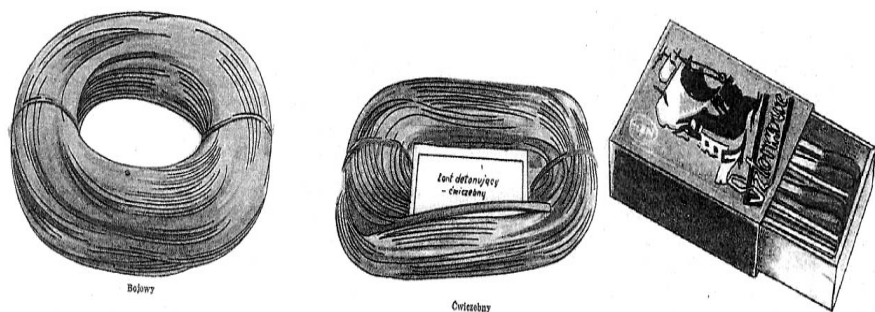


Rys. 7. Zwieracz zegarowy ZD-35⁶⁰



Rys. 8. Zapalnik Elektryczny do miny PSM-1

⁶⁰ Tamże.



Rys. 9. Lonty prochowe oraz detonacyjne⁶¹

W tabeli poniżej przedstawiono podział zapalników oraz ich właściwości. Są to urządzenia najpowszechniej stosowane jako bodźce zapalające materiał wybuchowy w minach. Tabela została stworzona na podstawie danych zawartych w publikacji „Środki minowania i rozminowywania – opis i użytkowanie” (tab. 11). Do detonowania min często również używa się przewodów miedzianych o przekroju poprzecznym żyły $0,75 \text{ mm}^2$. Przewód ten znajduje się w specjalnej otulinie izolacyjnej wykonanej z polietylenu. Do prac minerskich wykorzystuje się przewody dwużyłowe lub jednożyłowe. W tabeli poniżej przedstawiono charakterystykę przewodów służących do detonowania min. Została ona opracowana na podstawie danych zawartych w książce: „Prace minerskie i niszczenia” (tab. 12).

⁶¹ Tamże.

Rodzaj zapalnika	Mechanizm działania	Zapalniki o działaniu natychmiastowym	Zapalniki o działaniu opóźnionym
Mechaniczny	Mechanizm ten działa natychmiast po naciśnięciu lub zwolnieniu obciążenia, napięcia lub zwolnienia odciągu drutowego.	Ten rodzaj zapalników powoduje wybuch miny przy pierwszym bezpośrednim oddziaływaniu bodźca zewnętrznego	Urządzenia te powodują wybuch po upływie określonego czasu (za pośrednictwem mechanizmu zegarowego lub substancji chemicznej o określonym stężeniu)
Elektromechaniczny	W tym przypadku do wybuchu dochodzi gdy zamknie się obwód elektryczny. Do tej sytuacji może dojść na skutek wstrząsu gruntu, nacisku lub upływu czasu w przypadku mechanizmu zegarowego.		
Elektrochemiczny	Wywołuje wybuch miny po upływie określonego czasu na skutek chemicznego działania substancji znajdującej się w zapalniku. Chemikalia te finalnie powodują zamknięcie się obwodu elektrycznego co doprowadza do wybuchu miny.		

Tab. 11. Podział zwieraczy i zapalników stosowanych w wojsku

Rodzaj przewodu	Jednożyłowy	Dwużyłowy
Powierzchnia przekroju poprzecznego żyły wyrażona w mm²	0,75	2 x 0,75
Budowa żyły	siedem cynkowanych miedzianych drucików o średnicy 0,37 mm	Siedem cynkowych drucików o średnicy 0,37 mm
Budowa izolacji	2 warstwy gumy (w przewodach starego typu) lub polietylenu – opłot zewnętrzny	gumowy lub polietylowy opłot zewnętrzny lub z powłoką zewnętrzną wykonaną z tego samego tworzywa
Oporność 1 km przewodu wyrażona w omach (Ω)	25	2 x 25
Ciężar 1 kilometra przewodu wyrażona w kilogramach	30	60
Wytrzymałość na rozerwanie wyrażona w kilogramach	40	60

Tab. 12. Charakterystyka przewodów minerskich

4.2. Materiały wybuchowe stosowane w minach

Materiały wybuchowe jakie stosuje się do min na potrzeby ich umieszczenia w „obudowie miny” muszą być do tego celu odpowiednio przygotowane. W związku z powyższym materiały te przyjmują następujące postacie:

- sproszkowana – w tym przypadku materiał wybuchowy proszkowy jest umieszczany (wsypywany) do kadłuba miny przez specjalnie do tego celu wykonany otwór,
- sprasowana – standardowa postać naboju lub kostek,
- ciekła – w tym przypadku doprowadza się materiał wybuchowy do postaci substancji, która jest wlewana do kadłuba miny.

Jeśli chodzi o sam materiał wybuchowy jaki stosuje się do wypełniania min, jest to trotyl (materiał wybuchowy kruszący). Aby mina zadziałała prawidłowo, ładunek, który się w nim umieszcza, składa się z dwóch części: jest to materiał wybuchowy pełniący formę detonatora inaczej zwanego „pobudzaczem” oraz ładunek podstawowy. Sam detonator w zależności od samej budowy miny jest umieszczany w kadłubie urządzenia lub w zapalniku i najczęściej ma on postać sprasowanej masy o określonym kształcie.

Rozdział 7.

Wojskowe przepisy dotyczące bezpiecznego ustawiania min

W każdym przypadku gdy ma się do czynienia z obsługą materiałów wybuchowych należy ściśle przestrzegać przepisów oraz procedur postępowania. Podobnie jest w przypadku przepisów górniczych, gdzie jest jasno określone w jaki sposób ma być przechowywany, transportowany i w końcu używany materiał wybuchowy wykorzystywany do prac. Podczas działań związanych z ustawianiem min, również są jasno określone zasady postępowania. Poniżej zostaną wymienione podstawowe zasady prac z minami, które są wykonywane podczas ich instalowania jak i rozbijania.

7.1. Procedura prawidłowej instalacji min

Do prac związanych z przygotowaniem, instalowaniem i uzbrajaniem min należy w każdym przypadku wyznaczać żołnierzy doświadczonych, znających budowę i zasady działania wyżej wymienionych urządzeń. Samą czynność uzbrajania miny może wykonywać tylko jedna osoba.

Przed przystąpieniem do instalacji miny bezwzględnie należy dokładnie sprawdzić jej stan techniczny oraz zapalniki, które zostaną użyte do obsługi miny. Podczas prac związanych z rozwijaniem drutów odciążowych należy rozwijać je od tzw. „kołków odciążowych” aż do samej miny.

Bardzo ważne jest, aby nie napinać drutu i pozostawić nieznaczny luz. Podczas uzbrajania miny, która działa na zasadzie naciągowym, należy za każdym razem posługiwać się zawleczkami i tulejami, które pełnią funkcję zabezpieczenia niedopuszczającego do samoczynnego wybuchu ładunku umieszczonego w minie. Podczas instalacji tzw. min fugasowych nie należy stosować warstwy maskującej, której grubość przekracza 2 cm. Zabronione są wszelkie prace przy minach w momencie usunięcia zabezpieczeń (zawleczek czy tulei).

7.2. Procedura bezpiecznego rozbijania min

W przypadkach, w których konieczne staje się rozbicie miny, wskazane jest aby czynność tą wykonywali żołnierze przeszkoleni w kwestii budowy urządzenia, zasady działania miny oraz znający algorytm postępowania w czynnościach związanych z rozbiciem miny. Sama czynność rozbicia miny musi być wykonywana tylko przez jednego żołnierza. Pozostali żołnierze powinni znajdować się w bezpiecznej

odległości od ładunku. Odległość ta jest stricte określona do siły rażenia poszczególnych min. W sytuacji, w której żołnierz jest zmuszony rozbroić minę o zapalniku naciągowym, powinien rozpocząć swoją pracę od przecięcia drutu naciągowego. W przypadku czynności wykonywanych z minami zaopatrzonymi w zapalniki umieszczone w kadłubie urządzenia, bardzo ważne jest, aby przed rozpoczęciem procedury rozbijania umieścić w tym zapalniku tuleję bądź zawleczkę zabezpieczającą. Gdy żołnierz – saper podczas czynności rozbijania zauważy, że zapalnik jest w taki sposób umiejscowiony w kadłubie miny, że nie można go odkręcić palcami, powinien on zniszczyć taką minę w miejscu jej instalacji. Po rozbiciu miny jej poszczególne części powinny być składowane w miejscu wyznaczonym przez dowódcę. Podstawową zasadą jest oddzielenie od siebie kadłubów min od zapalników.

Rozdział 8.

Urządzenia pirotechniczne stosowane przez Policję

W tym rozdziale zwrócimy uwagę na uregulowania prawne dotyczące posiadania broni i amunicji przez osoby cywilne. Następnie zostaną opisane środki pirotechniczne stosowane przez oddziały prewencji Policji podczas działań. Przede wszystkim należy jasno określić, czym jest amunicja. Przez pojęcie amunicji rozumie się ogólnie pojęte pociski, naboje, miny, granaty, które służą do niszczenia czy obezwładnienia. W przypadku osób cywilnych również zostało stworzone odpowiednie uregulowanie prawne, które w pełni charakteryzuje amunicję dostępną dla osób nienależących do służb mundurowych.

To uregulowanie prawne znajduje się w Ustawie o broni i amunicji z dnia 21 maja 1999 r. Ilekroć w ustawie jest mowa o broni, należy przez to rozumieć: broń palną, w tym broń bojową, myśliwską, sportową, gazową, alarmową i sygnałową⁶². Ta sama ustawa wyłącza pojęcie amunicji, które jest stosowane przez Siły Zbrojne Rzeczpospolitej Polskiej, Policję, Straż Graniczną itp. Służby te podlegają ustawom szczegółowym. Gdy osoba niebędąca w służbach mundurowych chce być w posiadaniu broni palnej, która miota pociski penetracyjne, zwane potocznie amunicją, musi mieć stosowne pozwolenie.

8.1. Środki pirotechniczne stosowane przez Policję

W Policji używa się trzech rodzajów granatów (są to granaty niebojowe). Dwa rodzaje granatów są używane przez pododdziały zwarte Policji podczas działań zmierzających do przywrócenia bezpieczeństwa i porządku publicznego w starciach z agresywnym tłumem. Do tych granatów można zaliczyć:

- **granat hukowo-błyskowy P1-S** – są to granaty znajdujące się w zielonym pojemniku wykonanym z tworzywa sztucznego. W środku znajduje się ładunek inicjujący, który uruchamiany jest po wyrwaniu zawleczeni co powoduje intensywne spalanie się ładunku pirotechnicznego. Od wyrwania zawleczeni do detonacji ładunku hukowego dochodzi po upływie od 3 do 5 sekund. Efekt jest taki, że dochodzi do intensywnego efektu błyskowego oraz silnych działań dźwiękowych, który ma za zadanie doprowadzenie do rozpraszania się tłumy oraz zdobywania pola przez oddziały prewencji Policji,

⁶² Ustawa o broni i amunicji z dnia 21 maja 1999 r., art. 4, pkt 1, ust. 1, s. 3.

- **granat hukowo-błyskowy P2-S** – ten rodzaj granatów ma taką samą budowę oraz mechanizm działania jak granat P1-S. Jediną różnicą jaka występuje między tymi środkami przymusu bezpośredniego polega na tym, że w granacie hukowo-błyskowym P2-S dodatkowo umieszczono gaz łzawiący,
- **granaty dymne** – ten rodzaj środków pirotechnicznych używany jest jedynie na poligonach ćwiczebnych. Powodem jest duża ilość środków barwiących, które używane w warunkach miejskich powodowałyby duże straty materialne.

Zgodnie z Ustawą o środkach przymusu bezpośredniego i broni palnej środków pirotechnicznych o właściwościach olśniewających cyt.: „używa się w celu poprawy bezpieczeństwa podczas wykonywania ustawowych zadań przez uprawnionego, w warunkach stwarzających szczególne zagrożenie życia lub zdrowia uprawnionego lub innej osoby”⁶³.

8.2. Podstawa prawna użycia materiałów wybuchowych przez Policję

Zgodnie z Ustawą o środkach przymusu bezpośredniego i broni palnej z dnia 24 maja 2013 r. materiałów wybuchowych używa się do pokonywania zamknięć budowlanych. W świetle prawa ten rodzaj środka jest używany wyłącznie przez uprawnionych (w tym przypadku Policję) w celu umożliwienia tym osobom wejścia do pomieszczenia lub budynku.

Aby użyć tego typu środka przymusu musi być spełnionych kilka przypadków wymienionych w niniejszej ustawie, do których zaliczamy: „użycie lub wykorzystanie innych środków przymusu bezpośredniego mogłoby powodować zagrożenie życia lub zdrowia uprawnionego lub innej osoby” lub „wejście uprawnionych do pomieszczeń lub innych miejsc jest niemożliwe bez wykorzystania tych środków”⁶⁴.

Zgodnie z brzmieniem wyżej wymienionej ustawy podczas używania lub wykorzystywania środków przymusu bezpośredniego należy w każdym przypadku kierować się zasadą celowości, która mówi o tym, że po osiągnięciu zamierzonego celu należy odstąpić od dalszego stosowania środka przymusu.

Drugą zasadą jest tzw. zasada minimalizacji skutków – czyli używanie środków z możliwością jak najmniejszej szkody w stosunku do osoby, wobec której takowych środków się używa. W przypadku materiałów pirotechnicznych oraz wybuchowych stosowanych przez Policję, również należy kierować się tymi zasadami.

⁶³ Ustawa o środkach przymusu..., art. 32, ust. 3.

⁶⁴ Tamże, art. 32, ust. 2 pkt. 1 i 2.

Rozdział 10.

Procedura oględzin miejsca po wybuchu

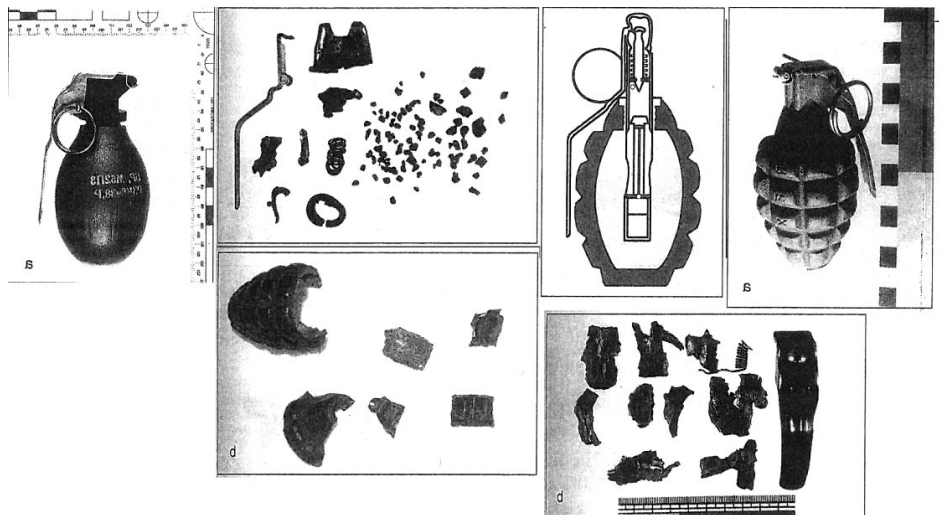
Przeprowadzanie oględzin miejsca powybuchowego ma na celu uzyskanie jak największej ilości informacji dotyczących samego zdarzenia oraz przyczyn zaistniałej sytuacji. Do podstawowych czynności oględzin zaliczamy:

- **zabezpieczenie miejsca, w którym doszło do wypadku – wybuchu.** W warunkach cywilnych tym elementem zajmuje się Policja. W początkowej fazie na miejsce kierowany jest patrol prewencji, który ma za zadanie jako pierwszy dotrzeć do miejsca zdarzenia, potwierdzić bądź nie potwierdzić zdarzenia, a w przypadku potwierdzenia zabezpiecza w odpowiedni sposób miejsce. Ponadto policjanci patrolowi starają się zebrać jak najwięcej informacji na temat zdarzenia, np. od ewentualnych świadków, wstępnie oceniają, co jest zniszczone i czy są osoby poszkodowane lub zabite, po czym informują dyżurnego jednostki o szczegółach tego co zastali na miejscu,
- **zabezpieczenie śladów przed zatarciem** – dyżurny jednostki po otrzymaniu informacji potwierdzającej od policjantów Służby Patrolowej, kieruje na miejsce grupę operacyjno-procesową w celu dokonania oględzin miejsca zdarzenia. Policjanci prewencji w razie konieczności, po przekazaniu miejsca policjantom komórki dochodzeniowo śledczej, mogą zostać wykorzystani do zabezpieczenia rejonu znajdującego się wokół miejsca wypadku w celu niedopuszczenia do niego osób postronnych, które mogłyby zatrzeć ślady. Grupa operacyjno-procesowa poza zabezpieczeniem śladów, ma za zadanie określić, czy doszło tutaj do wypadku czy do działania przestępczego. W takich przypadkach z policjantami ściśle współpracuje prokuratura, pod którą podlega rejon w którym doszło do zdarzenia.

Najważniejsze cele prowadzenia oględzin miejsca powybuchowego

Pierwszym i podstawowym celem jaki przyświeca policjantom służby dochodzeniowo-śledczej jest ustalenie dokładnego miejsca, w którym doszło do eksplozji. Po wykonaniu pierwszych działań należy określić, na podstawie ujawnionych śladów, jaki rodzaj urządzenia eksplodował. Następnie dzięki uzyskanym śladom można określić rodzaj materiału wybuchowego jaki znajdował się w urządzeniu. Kolejnym punktem jaki należy wykonać jest oszacowanie wielkości odpalonego ładunku oraz sposobu jego detonacji. Gdy zostaną wyjaśnione powyższe aspekty należy w sposób staranny zabezpieczyć wykryte ślady i dowody rzeczowe. Po zabezpieczeniu materiału

dowodowego w sposób fizyczny należy zabezpieczyć go procesowo w postaci sporządzenia odpowiedniej dokumentacji „techniczno-kryminalistycznej”. Ostatnim elementem jest wstępne odtworzenie zdarzenia oraz konstrukcji urządzenia wybuchowego zanim doszło do detonacji. Na rysunku poniżej zamieszczono przykładowe zabezpieczenie procesowe granatu ręcznego przed i po detonacji (rys. 10). Na podstawie zebranych elementów rozerwanego granatu można określić jaki był to typ ładunku, dzięki czemu odtwarza się model granatu, co jest dołączone do dokumentacji dowodowej.



Rys. 10. Granat ręczny przed wybuchem oraz zebrane elementy składowe urządzenia po dokonanych oględzinach miejsca wybuchu⁶⁵

⁶⁵ T. Baran, A. Policha, *Badania...*

Rozdział 11.

Procedury w przypadku wykrycia niewybuchu, materiału wybuchowego lub niezidentyfikowanego pakunku

11.1. Procedura w przypadku znalezienia niewybuchu

W przypadku znalezienia niewybuchu przez osobę np. podczas wykonywania prac ziemnych w swoim ogrodzie, procedura postępowania wygląda następująco:

1. Osoba (znalazca), gdy odkryje przedmiot przypominający niewybuch (pocisk artyleryjski, minę, amunicję, pocisk do granatnika przeciwpancernego itp.), pod żadnym pozorem nie powinna próbować usunąć go z ziemi, gdyż:
 - materiał wybuchowy, który stosuje się w technice wojskowej jest w pełni odporny na warunki atmosferyczne,
 - niezależnie od daty wyprodukowania takiego uzbrojenia (miny, pociski, granaty, bomby lotnicze, zapalniki, naboje artyleryjskie itp.), zachowuje ono właściwości wybuchowe.
2. Znalazca natychmiast po ujawnieniu pocisku jest obowiązany powiadomić służby (w tym przypadku Policję) dzwoniąc pod numer 112 (od 2018 roku wszystkie zgłoszenia są przyjmowane w **WCPR – Wojewódzkim Centrum Powiadamiania Ratunkowego**). Dyżurny Policji po uzyskaniu od obywatela informacji, która dotyczy ujawnienia przedmiotu przypominającego swą budową ładunek wybuchowy, natychmiast na miejsce kieruje patrol Policji w celu zabezpieczenia miejsca ujawnienia niewybuchu. W powiadomieniu osoba powinna podać swoje imię i nazwisko, dokładny adres zamieszkania oraz dokładnie opisać miejsce, w którym ujawniła niewybuch.
3. Patrol Policji skierowany przez dyżurnego jednostki zabezpiecza miejsce za pomocą odpowiedniej taśmy oraz obejmuje niewybuch nadzorem. Podczas nadzoru niewybuchu zadaniem policjantów jest niedopuszczenie osób trzecich do niebezpiecznego przedmiotu. Policjanci powinni znajdować się w bezpiecznej odległości od niewybuchu. Jednak nie można dopuścić do sytuacji, w której funkcjonariusze stracą z pola widzenia miejsce, gdzie znajduje się niewybuch.
4. Funkcjonariusze nieetatowej grupy rozpoznania minersko-pirotechnicznej (NGR-M-P), którzy obligatoryjnie zostają wysłani na miejsce zdarzenia, po pozytywnym zweryfikowaniu materiału wybuchowego za pośrednictwem dyżurnego jednostki terenowej Policji telefonicznie informują odpowiednią komórkę wojskową

o zaistniałej sytuacji. Celem niniejszego postępowania jest wezwanie na miejsce patrolu rozminowania Sił Zbrojnych RP. Patrol specjalistyczny Wojska Polskiego do 72 godzin powinien przybyć na miejsce zdarzenia, aby przejąć od Policji niewybuch. Na czas przyjazdu wyżej wymienionego patrolu wpływają okoliczności w jakich odnaleziono niewybuch. W przypadku gdy pocisk znajduje się w miejscu zaludnionym (posesja prywatna, centrum miasta itp.) można przyjazd jednostki specjalnej przyspieszyć. W przypadku gdy niewybuch został ujawniony np. na terenie leśnym, gdzie zagrożenie dla ludzi jest znikome, patrole rozminowania nie traktują tego typu zgłoszenia jako priorytetowe i w pierwszej kolejności zajmują się tymi ładunkami, które zostały ujawnione w zaludnionych miejscach.

5. Patrol rozminowania Sił Zbrojnych RP, który przyjedzie na miejsce odnalezienia niewybuchu w zależności od rozpoznania i okoliczności:

- detonuje niewybuch na miejscu przy użyciu własnego ładunku wybuchowego,
- zabiera niewybuch ze sobą, po czym przewozi go na poligon gdzie niewybuch zostaje zdetonowany,
- rozbiera niewybuch.

Od tego postępowania istnieje odstępstwo. W przypadku gdy podczas prowadzenia czynności ustalono, że znalazca starał się go rozkręcić czy w jakikolwiek inny sposób ingerował w jego strukturę, na miejsce jest wzywany samodzielny pododdział kontrterrorystyczny Policji – SPKP – komórka minersko-pirotechniczna (podlegająca pod Komendanta Wojewódzkiego, Stołecznego Policji) w celu dokonania oględzin miejsca oraz oględzin ładunku. Powód takiego postępowania jest jasny. Jakakolwiek świadoma ingerencja w budowę niewybuchu jest **PRZESTĘPSTWEM**⁶⁶.

11.2. Procedura w przypadku ujawnienia niezidentyfikowanego pakunku

W tym przypadku procedura jest bardzo podobna do tej, która została zawarta powyżej, z tą różnicą, że o całym zdarzeniu informuje się również koordynatora Centralnego Biura Śledczego Policji. W sytuacji, w której następuje wykrycie podejrzanego pakunku np. paczki z wystającymi przewodami, pozostawionego bagażu w miejscu grupowania się dużej ilości osób takich jak dworce, przystanki autobusowe, centra handlowe, w pierwszej kolejności wysyłany jest patrol Policji w celu potwierdzenia zgłoszenia. W sytuacji, gdy policjanci którzy dotarli na miejsce potwierdzą ujawnienie takiego pakunku, przekazują tę informację dyżurnemu po czym zabezpieczają miejsce nie dopuszczając do niego osób postronnych. Dyżurny jednostki po uzyskaniu

⁶⁶ Ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r. Kodeks karny.

informacji wysyła do policjantów patrolowych przewodnika psa służbowego wraz z wyszkolonym do tego psem, który za pomocą węchu potrafi rozpoznać potencjalny ładunek wybuchowy. Przewodnik psa również powinien być przeszkolony w tym zakresie (należać do nieetatowej grupy rozpoznania minersko-pirotechnicznego). Pies po obwąchaniu paczki zachowuje się w dwojaki sposób:

- zaznacza pakunek – co jest jednoznaczne z tym, że w pakunku najprawdopodobniej znajduje się materiał wybuchowy,
- nie zaznacza, co znacznie zmniejsza ryzyko wystąpienia ładunku – w tej sytuacji przewodnik psa ma za zadanie zweryfikowanie zgłoszenia.

W przypadku gdy pies dokona zaznaczenia pakunku, przewodnik psa informuje dyżurnego jednostki o dużym prawdopodobieństwie wystąpienia materiału wybuchowego. Dyżurny uzyskując taką informację powiadamia dyżurnego samodzielnego pododdziału kontrterrorystycznego Policji. Wraz z uzyskaną informacją dyżurny SPKP wysyła specjalistyczny patrol na miejsce, który ma na wyposażeniu skonstruowanego do tego typu działań robota. W zależności od okoliczności policjanci samodzielnego pododdziału kontrterrorystycznego Policji, Centralny Pododdział Kontrterrorystyczny Policji „BOA” wykonują następujące czynności:

1. rozbrajają ładunek na miejscu przy pomocy robota – sytuacja rzadko spotykana ze względu na ryzyko zaistnienia zagrożenia dla osób postronnych,
2. używają armatki wodnej w celu neutralizacji ładunku,
3. używają specjalistycznej amunicji „super sabot”, kaliber 12/70 w celu neutralizacji ładunku,
4. zabierają paczkę ze sobą (przy pomocy robota oraz tzw. „beczki”, znajdującej się w pojeździe specjalistycznym) w celu przewiezienia jej na poligon, aby dokonać jej detonacji lub rozbrojenia⁶⁷.

W sytuacji gdy policjanci SPKP oraz BOA podejmą decyzje o zniszczeniu paczki bez próby jej otwarcia, a w rezultacie okaże się, że w paczce lub bagażu nie było materiału wybuchowego, Policja nie odpowiada za straty materialne poniesione przez właściciela⁶⁸.

⁶⁷ Ustawa z dnia 10 czerwca 2016 r. o działaniach antyterrorystycznych.

⁶⁸ Zarządzenie nr 36 Komendanta Głównego Policji z dnia 14 listopada 2017 roku w sprawie zadań realizowanych przez policję w sytuacjach kryzysowych.

Bibliografia

Akty prawne:

- Ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r. Kodeks karny (Dz.U. z 2024 r. poz. 17 z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 10 czerwca 2016 r. o działaniach antyterrorystycznych (Dz.U. z 2024 poz. 92 z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 24 maja 2013 r. o środkach przymusu bezpośredniego i broni palnej (Dz.U. z 2024 r. poz. 383 z późn. zm.).
- Ustawa dnia 21 czerwca 2002 r. o materiałach wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego (Dz.U. z 2022 r. poz. 2378).
- Ustawa z dnia 21 maja 1999 r. o broni i amunicji (Dz.U. z 2024 r. poz. 485).
- Rozporządzenie z dnia 9 lipca 2003 r. Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy produkcji, transporcie wewnątrzzakładowym oraz obrocie materiałów wybuchowych, w tym wyrobów pirotechnicznych (Dz.U. z 2024 r. poz. 1132).
- Zarządzenie nr. 36 Komendanta Głównego Policji z dnia 14 listopada 2017 r. w sprawie zadań realizowanych przez policję w sytuacjach kryzysowych (Dz.Urz.KGP z 2017 r. poz. 73 z późn. zm.).

Literatura:

- Baran T., Policha A., *Wybuch i jego skutki – Kryminalistyczne badania materiałów i urządzeń wybuchowych*, Zeszyt Metodyczny – Badania Fizykochemiczne, Warszawa 2004.
- Brown G., *Historia materiałów wybuchowych*, 2001.
- Grzebieluch M., Kukuła A., *Opis i użytkowanie pistoletu P-83 wyd. II*, Szkoła Policji w Katowicach 2009.
- Korzun M., *1000 słów o materiałach wybuchowych i wybuchu*, Warszawa 1986.
- *Mała Encyklopedia PWN*, Wydanie trzecie, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 1999.
- Maranda A., Gołąbek B., Kasperski J., *Materiały wybuchowe emulsyjne*, 2008.
- Morawa R., Onderka Z., *Wrażliwość niektórych materiałów wybuchowych kruszących na uderzenia. Górnicze środki strzałowe i sprzęt strzałowy*.
- Piotrowski C., *Prace minerskie i niszczenia*, Warszawa 1972.
- Piotrowski C., *Środki minowania i rozminowywania – opis i użytkowanie*, Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa 1978.
- Smoleński D., *Spalanie materiałów wybuchowych*, Warszawa 1979.

- Starski M., *Czeskie granaty ręczne*, Nowa Technika Wojskowa, 2008.
- Stelmaszuk Z., *Album amunicji saperskiej*, Ministerstwo Obrony Narodowej, Warszawa 1991.

Zakład Wyszukolenia Specjalnego

asp. Mariusz Brzezina
st. asp. Marek Chrapkiewicz
st. asp. Mariusz Małek

Szkoła Policji w Katowicach
ul. gen. Jankego 276
40-684 Katowice-Piotrowice
www.katowice.szkolapolicji.gov.pl

