

# **SZKOŁA GŁÓWNA SŁUŻBY POŻARNICZEJ**

dr Józef ŁABĘDZKI

## **SZKOLENIE OBRONNE**

### **MATERIAŁY DO STUDIOWANIA**

(studia stacjonarne)

(*Zeszyt II*)

### **BRONŃ ZAPALAJĄCA**

## SPIS TREŚCI

WSTĘP .....	3
1. Rys historyczny rozwoju broni zapalającej .....	4
2. Charakterystyka broni zapalającej i następstw jej użycia w warunkach wojny .....	9
2.1. Charakterystyka środków zapalających .....	11
2.1.1. Stałe środki zapalające .....	13
2.1.2. Charakterystyka ciekłych środków zapalających .....	17
3. Amunicja i sprzęt do stosowania środków zapalających .....	21
3.1. Klasyfikacja amunicji zapalającej i sprzętu przeznaczonego do stosowania środków zapalających .....	21
3.2. Charakterystyka amunicji i sprzętu do stosowania środków zapalających .....	23
3.2.1. Pociski zapalające do broni strzeleckiej .....	23
3.2.2. Granaty zapalające .....	23
3.2.3. Fugasy zapalające .....	23
3.2.4. Pociski zapalające artylerii lufowej i raketowej .....	24
3.2.5. Lotnicza amunicja zapalająca .....	25

## **WSTĘP**

Autor liczy na szczególne zainteresowanie bronią zapalającą ze strony studentów Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Zainteresowanie to powinno być naturalne – będące konsekwencją oczekiwanego „skrzywienia zawodowego”. Podstawowym, rozbudowanym źródłem wiedzy o broni zapalającej jest monograficzne opracowanie „Broń zapalająca” autorstwa Ireneusza Nowaka (w bibliotece uczelnianej znajduje się kilkanaście egzemplarzy). Ograniczona jego dostępność, połączona z koniecznością popularyzacji, wymusiła niniejszy skrót treści w nim zawartych. Za określeniem „skrót” kryje się nadzieja autora na samoistne wspomaganie zamieszczanych treści wyobraźnią czytelnika – studenta. Cichą nadzieją autora jest również sprowokowanie studentów do poszukiwania informacji o spalaniu niektórych materiałów, mających związek z bronią zapalającą, w ramach fizykochemii spalania – np. aluminotermia.

Materiał niniejszy w przystępny sposób informuje czytelnika o historii rozwoju i bojowego użycia broni zapalającej, o właściwościach fizykochemicznych najważniejszych środków zapalających, o skutkach użycia broni zapalającej w stosunku do sprzętu bojowego, zabudowy i środowiska, o sposobach obrony przed tą bronią. Wskazano też na uwarunkowania ratownictwa wywołane użyciem różnych rodzajów środków zapalających z uwzględnieniem terrorystycznych aspektów tegoż użycia.

W miarę pojawiania się nowych zjawisk związanych z użyciem broni zapalającej – w tym aspektów ratowniczych – treść opracowania będzie wzbogacana.

## 1. RYS HISTORYCZNY ROZWOJU BRONI ZAPALAJĄCEJ

**BRONŃ ZAPALAJĄCA**  
TO ŚRODKI RAŻENIA PRZEZNACZONE DO WYWOŁYWANIA POŻARÓW OBIEKTÓW  
ORAZ POWODOWANIA POPARZEŃ U LUDZI  
PRZEZ DZIAŁANIE PŁOMIENIEM LUB PROMIENIOWANIEM CIEPLNYM.

### **Broń zapalająca obejmuje środki zapalające oraz amunicję i sprzęt do ich bojowego użycia.**

Z przekazów historycznych wynika, że ogień wykorzystywano w celach wojennych już w starożytności i w średniowieczu. Adekwatnie do stopnia rozwoju cywilizacyjnego ludzkości, najpierw prymitywne, a z czasem coraz bardziej wyrafinowane stawały się sposoby wojennego stosowania ognia. Zauważono, że ogień jako środek walki ma niektóre właściwości przypisane współcześnie broniom masowego rażenia - zastosowany w warunkach umożliwiających samoistny rozwój pożarów wystarczy zainicjowanie pożaru (pożarów), a ten będzie czynił narastające spustoszenia. Czas oddziaływania ognia na podpalone obiekty jest długi i wynika głównie z jakości środowiska wywołanych pożarów (ilość i jakość przedmiotów - obiektów palnych i ich rozłożenie). Skutki pożarów mogą sięgać daleko poza miejsce ich zainicjowania i obejmują tak różne obiekty (w tym nie tylko palne), jak ludzi i zwierzęta. Umożliwiało to zadawanie przeciwnikowi dotkliwych strat materialnych. Skutecznych technik rażenia ogniem żołnierzy i sprzętu wojskowego dopracowano się dopiero w czasach bliższych współczesności.

Lapidarny skrót historii rozwoju sposobów użycia ognia w celach wojennych można przedstawić następująco:

Czasy starożytne i średniowiecze.

Za pomocą żagwi, a później pochodni, podpalano trawy na stepach. Zmuszano tym przeciwnika do ucieczki z miejsc zagrożonych przenoszącym się pożarem i rozpędzono jego zwierzęta. Pozbawiano tym sposobem przeciwnika jego środka transportu - koni, a także części zapasów żywności - koni i bydła;

- podpalając tym samym wioski i grody, te najczęściej były drewniane i prawie zawsze kryte strzechami, pozbawiano przeciwnika jego zaplecza;

wystrzeliwanie z łuków płonących strzał pozwalało zapalać różne obiekty z pewnego oddalenia;

- miotanie z proc oraz wystrzeliwanie z katapult i balist naczyń z płonącymi środkami zapalającymi (tłuszcze zwierzęce, olej skalny i pakuły nasycone nimi, smoła, siarka) zwiększało skuteczność podpalania wszelkich obiektów i znacznie utrudniało gaszenie ognia;

Prekursorem współczesnych środków zapalających był stosowany przez kilkanaście stuleci tzw. „**ogień grecki**”. Jego cechą było to, że nie dawał się gasić wodą. Pierwotnej jego, z czasów Bizancjum, receptury nie znamy. Istotę receptur z XII wieku zamieszczono poniżej.

1. - jedną część kalafonii, jedną część siarki i sześć części saletry dobrze sproszkowanych rozтворzyć w oleju lnianym lub laurowym, a następnie umieścić w metalowym naczyniu.
2. - jedną część siarki, dwie części węgla lipowego, sześć części saletry utłuc w marmurowej stępie i wymieszać ;

„Ogień grecki” stosowano do podpalania okrętów przeciwnika<sup>1</sup>, przerzucając wypełnione nim naczynia na pokłady jego okrętów lub wylewając go na nie za pomocą rur miedzianych. W średniowieczu ogniem greckim podpalano grody, miasta i zamki warowne.

Wynalezienie prochu strzelniczego przez chinczyków doprowadziło do skonstruowania silników raketowych. To pozwoliło miotać ładunki zapalające na stosunkowo duże odległości (w XVIII w - 2,5 km). Najpierw silniczki doczepiano do miotanych ręcznie dzid, co znacząco zwiększało ich zasięg. Później skonstruowano całą gamę różnych rakiet, głównie drewnianych, gdzie rolę statecznika pełniły tyczki drewniane lub bambusowe, a silnik umieszczany był w czołowej części rakiety. W wielu armiach ówczesnego świata (tatarska, mongolska, armie krajów arabskich, a następnie armie krajów europejskich) pojawiły się pododdziały miotaczy ognia. Często rolę tę w armiach europejskich pełniły jednostki artyleryjskie.

Okres od pierwszej wojny światowej do współczesności.

W drugim roku trwania I wojny światowej działania nabrały charakteru pozycyjnego. W wielu miejscach okopane pozycje znajdowały się na tyle blisko siebie, że ostrzał artyleryjski był niemożliwy. Poszukiwania broni skutecznej w takich sytuacjach doprowadziły użycia broni chemicznej oraz do nowych zastosowań środków zapalających i nowych konstrukcji broni do ich stosowania. Pojawiły się plecakowe, a więc przenośne, oraz przewoźne miotacze ognia, przeznaczone dla piechoty. Przeważnie były to miotacze strumieniowe o różnych konstrukcjach i wielkościach. Ogólna ich budowa daje się sprowadzić do czterech elementów składowych: zbiornika ciśnieniowego na mieszkankę zapalającą, zbiornika ze sprężonym powietrzem lub innym gazem, elastycznego węża oraz pistoletu lub karabinka spełniającego rolę prądownicy z zaworem odcinającym i urządzeniem zapalającym, kierującej strumień mieszanki na określony obiekt. Mieszkankę zapalającą stanowiły produkty przerobu ropy naftowej (nafta, benzyna, benzol) z różnymi dodatkami (siarka, olej dziegciowy i inne). Taka mieszkanka spalała się szybko, dając temperaturę 873 - 1073 K. Odległości miotania były kilkunastometrowe. Skonstruowano też i wykorzystywano ciężkie miotacze ognia. Rosjanie skonstruowali bardzo prosty w budowie miotacz SPS (od nazwisk konstruktorów: Stołygin, Powarin, Strauden). Był to miotacz tłokowy. Zbiornik na mieszkankę zapalającą miał kształt współczesnej butli na gazy techniczne. Zakończenie butli w miejscu króćca stanowiła lufa. W dno zamontowano komorę na ładunek z prochem wytwarzający ciśnienie. Wewnątrz znajdował się tłok, który oddzielał mieszkankę od gazów prochowych. Zapalenie ładunku prochowego powodowało narastanie ciśnienia pod tłokiem, przemieszczanie się tłoka w kierunku lufy i tym samym wyrzut mieszanki zapalającej, która była podpalana specjalnym urządzeniem u wylotu lufy. Ta myśl dalej rozwijana dała później pozytywne rezultaty w postaci doskonalszych wersji miotaczy ognia.

Miotacze ognia znalazły zastosowanie do:

- rażenia żołnierzy znajdujących się okopach i urządzeniach fortyfikacyjnych;
- podpalania łatwo palnych obiektów;
- niszczenia czołgów.

Miotaczowi (żołnierze posługujący się miotaczami) zawsze narażeni byli szczególnie na ogień broni strzeleckiej przeciwnika i ponosili duże straty. Bliski zasięg miotania wymuszał bardzo bliskie podchodzenie do celu. Robiono to pod osłoną ognia własnej piechoty. Bywało to nieskuteczne.

Oprócz miotaczy ognia, w czasie I wojny światowej zastosowanie znalazły również lotnicze bomby zapalające. Początki ich zastosowania nie były efektowne. Zaczynano od butelek napełnianych pakułami oraz mieszaniną nafty i olejów. Podobnie wykorzystywano wiele innych, nawet

---

<sup>1</sup> Riazin Z. Historia sztuki wojennej, t. II, Warszawa 1960, str. 64.

przypadkowych, pojemników. By wydłużyć czas palenia mieszanki, jako wypełniacza dodawano odpady tekstylne.

Pod koniec wojny Niemcy wyprodukowali małe (o masie 1 kg) bomby termitowe o obudowie z elektronu. Ich skuteczność w stosunku do miast była ogromna (francuskie miasto Reims poniosło w wyniku jednego bombardowania znacznie większe straty niż podczas artyleryjskiego ostrzału przez całą wojnę)<sup>2</sup>. Bomb tych Niemcy wyprodukowały ogromną ilość planując niszczenie Paryża i Londynu. Zakończenie wojny uniemożliwiło realizację tych planów. Skonstruowano następnie bomby kasetowe. W jednej kasecie - matce mieściło się wiele małych bomb termitowych (brytyjska Baby mieściła 272 bomby o masie 200 g każda). Zrzut bomb kasetowych zapewniał pokrycie bombami stosunkowo dużego obszaru, co niwelowało niedoskonałości celowania. Gama stosowanych bomb zapalających była bardzo duża. Z czasem lotnicza amunicja zapalająca zaczęła stanowić podstawową masę amunicji zapalającej w ogóle.

Środki zapalające znalazły również zastosowanie w postaci amunicji artyleryjskiej. Amunicję tę stosowały artylerie wszystkich krajów biorących udział w wojnie. Początkowo były to pociski wypełnione białym fosforem. Dawały one więcej dymu niż ognia, ale obiekty łatwo palne podpały skutecznie. Właściwości maskujące (oślepiające) tego dymu nauczono się spożytkowywać taktycznie. Później wyprodukowano pociski artyleryjskie i moździerzowe z segmentami termitowymi. Pociski moździerzowe wypełniano również ciekłymi mieszankami zapalającymi. Zależnie od kalibru, pociski takie zawierały do 3, a dużych kalibrów nawet do 11 kg mieszanki zapalającej.

Również amunicja do broni strzeleckiej doczekała się wariantów zapalających. Używano jej głównie do zwalczania sterowców, które wypełnione były wodorem. Z 22 sterowców niemieckich zestrzelonych przez Anglików, 15 zostało zapalonych pociskami zapalającymi wystrzelonymi z broni strzeleckiej.

Efekty użycia broni zapalającej okazały się na tyle zachęcające, że po wojnie kontynuowano prace nad jej udoskonaleniem. W miotaczach ognia doskonalono głównie systemy zapłonu mieszanki zapalającej. Wiele uwagi poświęcano samym mieszankom zapalającym. Pojawiły się mieszanki zagęszczone. Spalały się one wolniej. Unikano tym samym dużych strat mieszanki przed jej dotarciem do celu. Duża lepkość owocowała paleniem się mieszanki nawet na pionowych ściankach rażonych obiektów. Jako substancję zagęszczającą używano kauczuk (naturalny lub syntetyczny), sole glinowe kwasów organicznych albo niektórych poliestrowych tworzyw sztucznych.

Podjęto też próby umieszczania miotaczy ognia na pojazdach. Doprowadziło to do konstruowania czołgów-miotaczy ognia. W ich konstruowaniu przodowali Włosi i Rosjanie. Ich konstrukcje były naśladowane przez innych konstruktorów. Przykładem włoskiej konstrukcji czołgu-miotacza ognia był Fiat-Ansaldo M 33 i M 35. Miotacz zamontowano na czołgu jako uzbrojenie dodatkowe w miejsce pokładowego karabinu maszynowego. Zbiornik mieszanki był holowany na dwukołowej przyczepie. Mieszanka była wyrzucana za pomocą sprężonego azotu. Uzyskiwano zasięg miotania około 50 - 60 m. Armata czołgowa była wykorzystywana zgodnie z przeznaczeniem.

Przykładem rosyjskiej konstrukcji czołgu-miotacza ognia był OT-26 (konstrukcja z 1933 r.). Była to konstrukcja zwarta. Korpus czołgu wykorzystano jako bazę dla miotacza. Działo pełniło nadal swoją rolę. Zbiornik o pojemności 360 dm<sup>3</sup> pozwalał oddać do 70 strzałów na odległość do 35m. Inny - OT-133, skonstruowany w 1939 r, to również konstrukcja zwarta. Korpus czołgu w całości wykorzystano do zainstalowania urządzeń miotacza. Zasięg miotania był duży - do 180 m. Ponieważ OT-133 był pozbawiony innego uzbrojenia, wymagał w działaniach bojowych wsparcia innych czołgów i piechoty. Włosi użyli czołgów-miotaczy w Etiopii, Rosjanie - w wojnie z Japonią nad rzeką Chałchyn-Goł.

---

<sup>2</sup> Nowak I., O bojowym użyciu środków zapalających przez lotnictwo, Myśl Wojskowa nr 2/1980 r.

W wielu rejonach umocnionych (linie Zygryda, Maginota i inne) zainstalowano stacjonarne miotacze ognia. Na ogół miały one konstrukcje indywidualne.

W konfliktach okresu międzywojennego znalazły też zastosowanie bomby zapalające. Używali je Włosi w Etiopii. Wojska gen Franco i Niemcy w Hiszpanii. Tam zbombardowano nimi Madryt, Barcelonę, Guernicę i kilka innych miast.

W Wojsku Polskim plecakowe miotacze ognia znajdowały się w strukturach niektórych pododdziałów saperów.

Wszystkie armie biorące udział w II wojnie światowej miały w wyposażeniu lekkie miotacze strumieniowe. Można było z nich na ogół oddać do 10 strzałów na odległości nie przekraczające 45 m. Ciężar tych miotaczy nie przekraczał 25 - 30 kg. Wiele armii posiadało też miotacze czołgowe lub na transporterach opancerzonych. Maksymalny zasięg miotania wahał się od 90 do 120 m. Mogły oddawać strzały na odległości od kilku do 135 m, zależnie od typu miotacza.

Pojawiły się fugasowe miotacze ognia. Konstruowali je Niemcy i Rosjanie. Istota ich wykorzystania sprowadzała się do tego, że pozostawiało się je w terenie podobnie jak miny (uzbrojone i zamocowane przez częściowe wkopanie). Ustawione na polu minowym stanowiły łącznie z nimi skuteczną i trudną do pokonania zaporę. Konstrukcyjnie były to zbiorniki ciśnieniowe o pojemności do 30 dm<sup>3</sup>, wyposażone w rurę syfonową, stanowiącą na zewnątrz lufę. Wyrzut mieszanki był powodowany poduszką ciśnieniową z gazów prochowych pochodzących ze specjalnego ładunku prochowego. Mogły być przygotowane do odpalania kierowanego (naciągiem, elektrycznie, lontem) lub indywidualnego, niekierowanego, podobnie jak miny.

W armiach zachodnich miotacze wszelkich typów wykorzystywano do wsparcia innych wojsk, głównie piechoty, podczas walk w miastach, walk z umocnionym przeciwnikiem itp.

Rosjanie na bazie doświadczeń wyniesionych z walk o Stalingrad zorganizowali najpierw kompanie (było ich około 150), a następnie bataliony miotaczy ognia. W wyposażeniu posiadały one około 500 miotaczy ognia różnych typów. Bataliony te usamodzielniono włączając w ich skład kompanię ciężkich karabinów maszynowych i samochody transportowe. Batalionom tym wyznaczano do obrony rejonu o rozmiarach 5 x 5 km w szczególnie ważnych miejscach. Z historii wynika, że obrona taka była w pełni skuteczna. Niemcy nie podejmowali prób atakowania takich umocnionych rejonów.

Lotnicza amunicja zapalająca (bomby), w ślad za zapotrzebowaniem, przeszła dużą metamorfozę. Pojawiło się ogromne spektrum rodzajów bomb zapalających o zróżnicowanym przeznaczeniu. W ślad za różnorodnym przeznaczeniem ich konstrukcje stawały się bardziej wyrafinowane. Dla uzyskiwania efektów powierzchniowego rażenia produkowano bomby wypełnione ciekłymi środkami zapalającymi. Były one stosunkowo duże - ważyły średnio kilkadziesiąt kilogramów. Efekt powierzchniowego rażenia uzyskiwano też stosując bomby kasetowe, zawierające wiele (kilkaset do kilku tysięcy) małych (na ogół do 1 kg) bomb ze stałymi środkami zapalającymi. Podobnym celom służyło wykonywanie nalotów dywanowych. Do skutecznego niszczenia obiektów zaplecza (miast i przemysłu) duży odsetek zrzuconych bomb stanowiły dość duże bomby ze stałym środkiem zapalającym, głównie termitem. Dla zapewnienia przebijałości dachów i stropów posiadały one odpowiednio ukształtowany korpus, którego przednia część jest wzmacniana. W wielu przypadkach bombę stanowi w całości środek zapalający (termity, elektron), gdyż jego właściwości na to pozwalają.

Wojna lokalna w Wietnamie charakteryzowała się szczególnie dużą intensywnością stosowania broni zapalającej przez Amerykanów. Pokrycie terenu (dżungla) i sposób prowadzenia wojny (bez określonego frontu) niejako sprzyjały stosowaniu takiej broni przez lotnictwo. Głównie stosowano bomby (i zbiorniki) wypełnione napalmem. Dla obniżenia kosztów, jako bomb używano beczek po paliwie zaopatrzonych w stabilizator i zapalnik. Taką beczkę bez stabilizatora nazywano zbiornikiem zapalającym. Wypełniona była najczęściej około 200 kg napalmu. Taką nazwę przypisywano też zużytemu zbiornikom dodatkowym na paliwo lotnicze, po ich wypełnieniu napalmem, wyposażeniu w system detonująco-zapalający i przystosowaniu do zrzutu na cel. W Wietnamie

pojawiły się różne, doraźnie konstruowane fugasy zapalające. Na ich konstrukcję składały się: napalm lub dowolne, dostępne inne paliwo, dowolny dostępny pojemnik, materiał wybuchowy z zapalnikiem o różnym działaniu. Skutecznie wykorzystywano takie fugasy do zabezpieczania baz przed dostępem partyzantów.

Dopełnienie wyobrażeń o rozwoju broni zapalającej niech stanowi wzmianka o dywersyjnych środkach zapalających. Pomysłowość w ich konstruowaniu jest prawie nieograniczona, tym bardziej, że najczęściej pracują nad nimi specjaliści najwyższej klasy. W konsekwencji próby systematyzowania dywersyjnych środków zapalających są mało sensowne. Opisy zastosowania takich środków nie są dostępne.

W wojnach i konfliktach lokalnych XX wieku daje się zauważyć zjawisko wzrostu udziału amunicji zapalającej w ogólnej ilości środków walki w miarę trwania działań wojennych. Według opublikowanych danych 90 % bomb zrzuconych w II wojnie światowej przez lotnictwo amerykańskie na terytorium japońskie oraz 50 % na terytorium niemieckie, to bomby zapalające. Powyższą prawidłowość ilustruje tabela 1.

Tabela 1.

Ilustracja wzrostu udziału środków zapalających  
wśród stosowanej amunicji lotniczej

	Okres początkowy	Okres końcowy
II WOJNA ŚWIATOWA	Od 0 do kilkunastu % bomb zapalających	HAMBURG 85 % DREZNO 82 % TOKIO 70 %
KONFLIKTY LOKALNE	KOREA	
	20% w latach 1950-51 (60 000 bomb zapalających różnego typu)	80% w latach 1952-53 (200 000 bomb zapalających różnego typu)
	WIETNAM	
	30 % w latach 1964-73	70% w latach 1974-75 (do 100% w zmasowanych nalotach)

Uwaga: Udział broni zapalającej wojsk lądowych w ogólnej masie stosowanej broni jest niewielki, dlatego lotniczą amunicję zapalającą należy traktować jako reprezentatywną w podobnych statystykach □

Ocenia się, że 1 tona bomb zapalających zrzucona na Niemcy, dała takie efekty jak 4,8 ton bomb odłamkowo-burzących. W przypadku Japonii stosunek ten wynosił 1:12 (w stosunku do obiektów łatwo palnych, a takimi w większości były miasta).

Broń zapalająca może być z powodzeniem stosowana do zwalczania obiektów fortyfikacyjnych i znajdujących się w nich ludzi. Bronić się przed bronią zapalającą mogą tylko ludzie odpowiednio przygotowani. Uodpornienie obiektów i ludzi na działanie broni zapalającej jest pracochłonne, i czasochłonne, ogólnie mówiąc kosztowne.

Podczas użycia broni zapalającej znaczące jest oddziaływanie jej na psychikę ludzi. Wywoływane jest uczucie strachu, które narasta i często przeradza się w panikę. Obrażenia spowodowane środkami zapalającymi są bardzo bolesne, trudne w leczeniu i pozostawiają trwałe blizny.

W porównaniu z innymi środkami rażenia, broń zapalająca jest tania, a technologie jej produkcji są proste. Jej stosowanie nie wymaga zaawansowanych technik i szczególnie wysokich umiejętności. Skala następstw masowego użycia broni zapalającej pozwala traktować ją jako namiastkę, czy zamiennik broni jądrowej. W związku z tym znajduje się ona w arsenałach większości armii.



Ograniczyć znacząco skutki użycia broni zapalającej można tylko znając jej rażące właściwości i zasady obrony przed nią. Podstawowym i w zasadzie jedynym czynnikiem rażącego działania tej broni jest ogień, a skala (ich liczba, objęty nimi obszar, wielkość strat ludzkich i materialnych) ewentualnych pożarów i ich następstw, pozwala używać określenia – masowe.

To powoduje, że znajomość broni zapalającej, a zwłaszcza efektów jej użycia, nie powinna być obca oficerom pożarnictwa, z których w przyszłości będą się wywodzić współorganizatorzy i kierownicy szeroko pojętej ochrony ludności.

## 2. CHARAKTERYSTYKA BRONI ZAPALAJĄCEJ I NASTĘPSTW JEJ UŻYCIA W WARUNKACH WOJNY

### *KONWENCJA O ZAKAZIE LUB OGRANICZENIU UŻYCIA PEWNYCH BRONI KONWENCJONALNYCH, KTÓRE MOGĄ BYĆ UWAŻANE ZA POWODUJĄCE NADMIERNE CIERPIENIA LUB MAJĄCE NIEKONTROLOWANE SKUTKI*

*Wysokie Umawiające się Strony,*

*przypominając, że każde państwo ma obowiązek, zgodnie z Kartą Narodów Zjednoczonych, powstrzymywania się w stosunkach międzynarodowych od groźby lub użycia siły przeciw suwerenności, integralności terytorialnej lub niezależności politycznej któregośkolwiek państwa albo w jakikolwiek inny sposób niezgodny z celami Organizacji Narodów Zjednoczonych,*

*przypominając również ogólną zasadę ochrony ludności cywilnej przed skutkami działań wojennych,*

*opierając się na zasadzie prawa międzynarodowego, według której prawo stron konfliktu zbrojnego do doboru metod lub środków prowadzenia wojny nie jest nieograniczone, jak również na zasadzie zabraniającej używania w konfliktach zbrojnych broni, pocisków i materiałów oraz metod prowadzenia wojny, które powodują zbędne szkody lub nadmierne cierpienia, przypominając także, że jest zabronione stosowanie metod lub środków prowadzenia wojny, które mają na celu lub mogą spowodować rozległe długotrwałe i poważne szkody w środowisku naturalnym, [...],*

*biorąc pod uwagę, że Zgromadzenie Ogólne Organizacji Narodów Zjednoczonych i Komitet Rozbrojeniowy Organizacji Narodów Zjednoczonych mogą podjąć decyzję zbadania możliwości rozszerzenia zakazów i ograniczeń zawartych w niniejszej konwencji i w załączonych do niej protokołach, [...] uzgodniły co następuje:*

*Art. 1. Zakres stosowania*

*Niniejsza konwencja i załączone do niej protokoły mają zastosowanie w sytuacjach przewidzianych w artykule 2. wspólnym dla Konwencji Genewskich z dnia 12 sierpnia 1949 r. o ochronie ofiar wojny, łącznie z sytuacjami określonymi w art. 1 ust. 4 Dodatkowego Protokołu 1. do tych konwencji.<sup>3</sup>*

---

<sup>3</sup> Dz. u. nr 23 poz. 104, załącznik. Zgodnie z oświadczeniem rządowym z 19 marca 1984 r. polski dokument ratyfikacyjny został złożony 2 czerwca 1983 r. Sekretarzowi Organizacji Narodów Zjednoczonych. Konwencja weszła w życie 2 grudnia 1983 r. Jej sygnatariuszami są 32 państwa.

## 2.1. Charakterystyka środków zapalających

Definicja i klasyfikacja środków zapalających

**ŚRODKI ZAPALAJĄCE TO PIERWIASTKI, ZWIĄZKI CHEMICZNE  
LUB MIESZANINY ZDOLNE DO WYDZIELENIA W CZASIE SPALANIA  
DUŻEJ ILOŚCI CIEPŁA I WYTWARZANIA WYSOKIEJ TEMPERATURY,  
MOGĄCE DZIĘKI SWYM WŁAŚCIWOŚCIOM ZAPALAĆ INNE PRZEDMIOTY  
I MATERIAŁY ORAZ RAZIĆ LUDZI I ZWIERZĘTA.**

Z tej definicji wynika, że czynnikiem rażącym środków zapalającym jest energia cieplna, a same środki zapalające to paliwa i materiały palne. Spośród nich do celów wojskowych kwalifikowane są te, które posiadają następujące właściwości:

- temperaturę spalania przekraczającą 1300 K;
- duże ciepło reakcji spalania;
- dostatecznie długi czas spalania;
- łatwą zapalność;
- bezpieczeństwo podczas przygotowania, przechowywania i transportu;
- odporność na działanie środków gaśniczych.

Wydzielane podczas reakcji spalania ciepło powinno zapewnić nagrzanie rażonego obiektu powyżej temperatury zapłonu i zapalenia go. Nawet do zapalenia łatwo palnych materiałów (słoma, siano, suche drewno) niezbędna jest temperatura kilkuset Kelwinów (500 - 600), a do zapalenia mokrego drewna, ropy naftowej, olejów itp. nawet 600 - 800 K. Na nagrzanie wolno stojących przedmiotów zużywana jest tylko niewielka część wytwarzanego ciepła. Większość ciepła ulega rozproszeniu (wypromieniowaniu poza przedmiot, uniesiona z gazowymi produktami spalania, przekazana niepalnym przedmiotom). Za tym idzie potrzeba, aby temperatura spalania środka zapalającego była 2 - 3 razy wyższa od temperatury zapalenia się rażonego obiektu, tzn., aby przekraczała 1300 K. Każdy przedmiot ma określoną pojemność cieplną wynikającą z jego masy i ciepła właściwego. Oznacza to, że dany przedmiot potrzebuje określonej, różnej ilości ciepła aby ogrzać się do temperatury zapalenia. Oczywiście większej ilości ciepła dostarczają bardziej kaloryczne paliwa (środki zapalające). Duże wartości ciepła spalania mają:

- niektóre gazy, np. wodór;
- ciała stałe, np. glin, magnez, fosfor;
- ciecze, np. ropa naftowa, oleje itp.

Intensywne spalanie i długi czas palenia wykluczają się nawzajem. W praktyce wymaga się, aby ładunek środka zapalającego, którego temperatura spalania jest rzędu 1300 - 2300 K, palił się w ciągu 10 minut na możliwie największej powierzchni. Im większa jest powierzchnia oddziaływania środka zapalającego na dany przedmiot, tym więcej ciepła przekazane zostaje przedmiotowi, a co a tym idzie przedmiot jest skuteczniej zapalany.

Środki zapalające muszą charakteryzować się łatwością zapalenia. Jednak musi temu towarzyszyć odporność na zapalenie przypadkowe, np. podczas transportu, przygotowania czy przechowywania. Fosfor biały nie spełnia tych warunków - w zetknięciu z powietrzem atmosferycznym ulega samozapaleniu. Dlatego przechowuje się go po rozpuszczeniu w rozpuszczalnikach, np. dwusiarczku węgla, lub zanurzony w wodzie.

Potrzeba bezpieczeństwa podczas wykonywania prac ze środkami zapalającymi i potrzeba stabilności (trwałości) ich właściwości, głównie bojowych, są w pełni zrozumiałe. Zagrożenie zapaleniem się środków zapalających wymusza stosowanie bezpiecznych technologii, co znacząco podnosi koszty ich produkcji. Wymaga też stosowania niezawodnych urządzeń. Uniemożliwia często produkcję w dużych ilościach i tworzenie zapasów. Niektóre czynności produkcyjne przenosi się do wojsk (np. zagęszczanie paliw).

Przykładem środka posiadającego właściwości utrudniające gaszenie jest sól. Podstawowy środek gaśniczy - woda - tylko podsyca jego palenie się.

Spośród wielu substancji palnych tylko niektóre mają właściwości pozwalające zakwalifikować je do bojowych środków zapalających. Można je klasyfikować w oparciu o takie kryteria, jak:

- stan fizyczny;
- skład chemiczny;
- szybkość spalania;
- ciepło spalania i inne.

Najczęściej stosowane są kryteria składu chemicznego i stanu fizycznego. Pierwsze kryterium stanowi o podziale środków zapalających na dwie grupy:

1. - środki nie posiadające w swoim składzie utleniaczy. Do ich spalania niezbędny jest tlen z atmosfery;

2. - środki zawierające w swoim składzie utleniacze. Te palą się bez dostępu powietrza.

Do pierwszej grupy należą takie pierwiastki, jak sól, potas, magnez, glin, oraz ich stopy i mieszaniny, mieszaniny zawierające ropę naftową i jej pochodne - benzynę, naftę, benzol, oleje (i ich mieszaniny), a także fosfor biały oraz związki metaloorganiczne. Gaszenie ich możliwe jest przez odcięcie dostępu powietrza.

Drugą stanowią mieszaniny metali z tlenkami metali oraz solami bogatymi w tlen, pełniącymi rolę dostarczyciela tlenu. Ilość soli zawierających tlen - utleniaczy dobiera się tak, aby ilość tlenu wydzielanego w reakcji spalania zapewniała całkowite spalenie substancji palnej (metal). Gaszenie takich środków jest trudne, ponieważ odcięcie dopływu powietrza nie przerywa procesu palenia. Zalewanie ich wodą podczas palenia się, czy przysypanie ziemią może doprowadzić do ugaszenia poprzez intensywny odbiór ciepła, aż do wychłodzenia poniżej temperatury spalania.

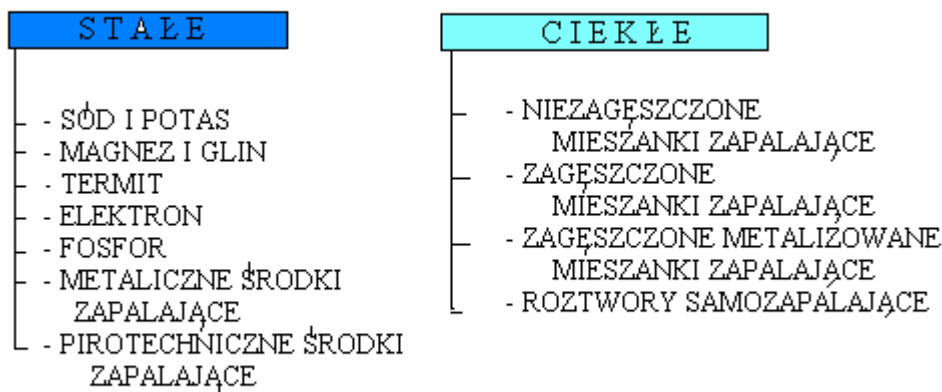
Ze względu na stan fizyczny, w jakim środki zapalające znajdują bojowe zastosowanie, dzielą się one na **stałe i ciekłe**.

**Stale** tworzą punktowe źródła ognia w miejscu upadku (trafienia celu). Cała, duża energia wydzielana w procesie spalania skoncentrowana jest na małej powierzchni.

**Ciekłe** tworzą powierzchniowe lub wielopunktowe źródła ognia. Mają zdolność rozlewania lub rozpryskiwania się w miejscu ich użycia, tworzą ogniska pożarów nawet na dużych powierzchniach, niekoniecznie poziomych.

Podział środków zapalających ze względu na stan skupienia przedstawia rysunek 1. (32, s. 76)

## ŚRODKI ZAPALAJĄCE



Rys. . Podział środków zapalających ze względu na ich stan skupienia

### 2.1.1. Stałe środki zapalające

#### Sód i potas

Sód i potas to metale silnie alkaliczne. Są pierwiastkami chemicznymi bardzo powszechnymi w przyrodzie. Z uwagi na dużą aktywność chemiczną nie występują w stanie wolnym lecz jako związki chemiczne - w postaci soli prostych lub złożonych. Ze związków sodu najbardziej znany jest chlorek sodu (sól kuchenna). Ta występuje w postaci ziół i w postaci roztworu w wodzie morskiej. Zaś potas najbardziej powszechny jest w postaci potażu (węglan potasu) i saletry potasowej (azotan potasu). Gęstość sodu wynosi 0,97, zaś potasu 0,86. Oznacza to, że rzucone na wodę nie toną. Z wodą reagują gwałtownie tworząc wodorotlenki. Wydziela się przy tym wodór i duża ilość ciepła. To ciepło powoduje zapalenie się zarówno wydzielanego wodoru (wybuchowe) jak i samego metalu, który płonie intensywnie. Powstałe w wyniku spalania metali tlenki łączą się z wodą na wodorotlenki. Próba gaszenia tych metali najpowszechniejszym środkiem gaśniczym - wodą jest zatem bezsensowna i tylko wzmacnia spalanie.

Jako środki zapalające nie są stosowane samodzielnie z uwagi na techniczne trudności przechowywania i bojowego użycia oraz koszty. Stosuje się je jako dodatki do różnych mieszanin zapalających przeznaczonych do użycia w środowisku z dostępem do wody. W suchym środowisku mieszaniny takie trudniej zapalają się i trudniej płoną. Obydwa opisywane metale nie reagują z substancjami ropopochodnymi. Właściwość ta pozwala przechowywać sód i potas zanurzone w pozbawionej wilgoci nafcie lub benzynie.

#### Magnez

Magnez jest pierwiastkiem szeroko rozpowszechnionym w przyrodzie. Występuje w licznych minerałach (dolomit, magnezyt, kizeryt, szenit, biszofit, karnalit). Wchodzi w skład azbestu i talku. Wielkie jego ilości znajdują się w postaci rozpuszczonych w wodzie morskiej soli. Jako ważny składnik chlorofilu jest powszechny w świecie roślin.

Magnez otrzymuje się z wymienionych minerałów. Metaliczny magnez ma barwę srebrzystobiałą. W suchym powietrzu nie ulega ona zmianie. Temperatura topnienia magnezu wynosi 924

K, zaś wrzenia - 1380 K. Magnez zapala się w powietrzu po podgrzaniu do temperatury topnienia. Spalaniu towarzyszy jaskrawe światło i wydzielanie znacznej ilości ciepła (301 kJ przy syntezie jednego mola MgO). Temperatura płonącego magnezu szybko osiąga temperaturę wrzenia. Pary magnezu palą się niezwykle intensywnie. Temperatura ich spalania osiąga 2300 K. Tworzący się tlenek magnezu izoluje płonący magnez od otoczenia utrudniając przekazywanie wydzielanego ciepła do środowiska reakcji spalania. W efekcie, pomimo wysokiej temperatury spalania, stosowanie magnezu do przepalania innych materiałów daje niewielkie efekty.

Płonącego magnezu oraz mieszanin zapalających z dodatkiem magnezu nie można gasić wodą. Woda w temperaturze ok. 2000 K ulega termolizie a wydzielający się wodór wzmacnia palenie.

## Glin

Glin jest najbardziej powszechnym pierwiastkiem w przyrodzie (ok. 7, 5% zbadanych składników skorupy ziemskiej). Jest składnikiem glinokrzemianów (ortoklaz, albit, amortyt, biotyt). Spotykany jest też jako czysty tlenek  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (korund) oraz w minerałach (boksyt, kriolit).

Czysty glin otrzymuje się elektrolitycznie. Jest srebrzystobiałym, kowalnym metalem. Jego temperatura topnienia wynosi 932 K, zaś wrzenia - 2073 K. Znajduje zastosowanie do produkcji przewodów elektrycznych, kształtowników i elementów różnych konstrukcji, a także jako blachy różnej grubości - od bardzo grubych (naczynia kuchenne, butle na propan-butan) do folii (kondensatory, opakowania żywności) włącznie. Pasywacja powierzchni metalicznego glinu na powietrzu powoduje, że jest on odporny na korozję powodowaną warunkami atmosferycznymi. Sproszkowany glin używany jest do wydzielania niektórych metali z ich tlenków, w aluminotermii, do odtleniania stali, jako farba ochronna (napylanie) oraz do wyrobu niektórych materiałów wybuchowych i ogni sztucznych.

W powietrzu glin zapala się z trudem, tylko pod wpływem silnego bodźca termicznego. W procesie spalania powstaje tlenek glinu ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Powstaniu jednego mola tlenku glinu towarzyszy wydzielanie 5,04 MJ ciepła. Spalanie sproszkowanego glinu objawia się intensywnym płomieniem. Glin w postaci bryły nie daje się zapalić. Jest to następstwem zjawiska pasywacji oraz dużego przewodnictwa cieplnego, które powoduje szybkie odprowadzanie ciepła w głąb bryły, a tym samym utrudnia osiągnięcie temperatury zapłonu. Powyższe właściwości glinu pozwalają stosować go do uzyskiwania środków zapalających w postaci sproszkowanej jako składnik mieszanin zapalających.

## Termit

Termit (a raczej termity) to mieszanina ziarnistego lub sproszkowanego glinu z tlenkami metali ciężkich, najczęściej żelaza, a ponadto niklu, kobaltu, manganu, chromu i innych. Najbardziej rozpowszechniony termit zawiera glin i tlenek żelazowy w proporcji 1: 3. Niekiedy termity zawierają dodatek soli - nośników tlenu, np. saletry w ilościach zapewniających całkowite utlenienie palnego metalu.

Rażące działanie termitów polega na wykorzystaniu procesów aluminotermii. Ich istota to redukcja glinem tlenków innych metali, łatwo oddających tlen. Dobiera się takie tlenki, których redukcja (rozkład) wymaga małej ilości ciepła. Metal nie powinien w czasie reakcji odparowywać, czyli jego temperatura wrzenia powinna być wyższa od temperatury reakcji. Reakcje aluminotermiczne mają następujące właściwości:

- substraty i produkty reakcji są ciałami stałymi;
- reakcja rozpoczyna się od działania na mieszaninę termitową silnego bodźca termicznego (zapłonnik);

- brak w procesie reakcji produktów gazowych ogranicza unoszenie ciepła poza środowisko reakcji do minimum. W efekcie reakcja przebiega w bardzo ograniczonej przestrzeni i w wysokiej temperaturze (nawet 2300 - 3700 K);
- produkty reakcji mają bardzo dużą zdolność zapalania i przepalania przedmiotów;
- ciepło wydzielające się w procesie aluminotermicznym jest na tyle duże, że produkty reakcji długo utrzymują się w stanie gęstej cieczy i rozplývają się przylegając do materiału na którym przebiega reakcja palenia się termitu.

Tworząca się podczas spalania termitu warstwa tlenku glinu do pewnego stopnia chroni powierzchnię rażonego przedmiotu przed bezpośrednim działaniem ciepła. Dla zmniejszenia efektów tego zjawiska stosuje się tzw. mieszanki termitowo - zapalające, dodając do zasadniczych, znacznie rozdrobnionych, składników termitu stosownych dodatków. Dodatki te to np. azotan baru, magnez, azotan potasu, a ponadto lepiszcze. Lepiszczce (cementatory) mogą stanowić np. roztwór celulozowy w acetonie, szkło wodne, topiona siarka, żywice, smoła, kalafonia, wosk, parafina itp. Termit zawierający szkło wodne pali się spokojnie. Jest mało wrażliwy na uderzenia. Celulozowy lub nitrocelulozowy dodaje w celu uzyskania spalania z płomieniem. Termit zawierający siarkę rozpryskuje się przy paleniu. Lepiszczca takie jak smoła, wosk, kalafonia i parafina zwiększają prędkość palenia się termitu, ale zmniejszają efekt cieplny.

Wysoka temperatura spalania termitu, poza podpalaniem wszelkich palnych przedmiotów, powoduje stapienie płyt stalowych w miejscu zetknięcia lub wniknięcia do wnętrza opancerzonych pojazdów, schronów itp. Oczywiście jest, że uszkodzeniu ulegają, również metalowe, części wszelkich urządzeń mających kontakt z płonąącym termitem.

Płonącego termitu nie można gasić wodą, gdyż powstająca w wyniku pirolizy wody mieszanina wodoru i tlenu ponownie spala się wybuchowo. Jedynie skuteczne okazuje się gaszenie płonącego termitu przez schłodzenie go poniżej temperatury zapłonu, tj. poniżej 1300 K. Jest to możliwe przy stosowaniu stałego dwutlenku węgla - z gaśnic śniegowych. Zapalanie ładunków termitowych następuje po użyciu specjalnie konstruowanych zapalników, których budowa i skład chemiczny pozwala na uzyskanie temperatury zapłonu przez zasadniczy ładunek.

Opisane powyżej właściwości termitów powodują, że są one przydatne do celów wojskowych. Napełniane są nimi bomby lotnicze, pociski, miny i granaty zapalające. Często amunicja termitowa ma korpus z elektronu a wypełnienie termitowe. Niektóre typy amunicji wypełnione są segmentami termitowymi i elektronowymi.

Mieszanki termitowe znajdują zastosowanie poza pirotechniką. Są one używane przy produkcji wysokiej jakości stopów metali, różnych specjalnych stali, a także do spawania konstrukcji stalowych.

## **Elektron**

Elektron jest lekkim stopem składającym się głównie z magnezu (ponad 90 %), glinu (kilka %) i dodatków innych metali, takich jak cynk, mangan, żelazo. Wynaleziono go w Niemczech w 1909 r. Miał on pełnić rolę materiału konstrukcyjnego spełnianą obecnie przez duraluminium.

Elektron ogrzany do temperatury 898 - 927 K zapala się i pali olśniewająco jasnym płomieniem. Wydziela się przy tym dużo dymu białego koloru (tlenek magnezu). Osiągana jest przy tym temperatura 2800 - 3300 K. W konsekwencji może on zapalać trudnopalne przedmioty. Do palenia się elektronu niezbędny jest tlen, który pobierany jest z atmosfery. Opilki, wióry, proszek i folia elektronowa zapalają się stosunkowo łatwo. Do zapalania większych kawałków elektronu stosowane są zapalniki termitowe. Pomimo wysokiej temperatury spalania elektron nie przepala blach stalowych. Jest to spowodowane dużym odprowadzeniem ciepła przez wydzielany dym i zużytego na emisję energii świetlnej. Palący się elektron można łatwo ugasić przez odcięcie dopływu tlenu (powietrza).

Elektron ma dużą wytrzymałość mechaniczną. Dlatego, poza zastosowaniem go bezpośrednio jako środka zapalającego, wykonuje się z niego korpusy bomb zapalających, a także korpusy pocisków artyleryjskich wypełniane termitem lub termitowymi mieszankami zapalającymi.

## Fosfor

Ocenia się, że skorupa ziemska zawiera około 0,12 % fosforu. Najczęściej występuje w postaci fosforytów i apatytów. W stanie wolnym w przyrodzie nie występuje. Powszechnie znane są dwie odmiany alotropowe fosforu: biały i czerwony. Ich zasadnicze właściwości fizyczne ilustruje tabela...

Tabela...

Właściwości fizyczne fosforu białego i czerwonego ????

Odmiana fosforu	Temperatura (K)			Ciężar właściwy (kg/dm <sup>3</sup> )
	Topnienia	Wrzenia	Zapłonu	
Fosfor biały	317	553	318 - 333	1,8
Fosfor czerwony	Nie topi się	Sublimuje w temp. 823-873	> 513	2,0 - 2,3

Źródło: I. Nowak, Broń zapalająca, t. 14, s. 88. MON, Warszawa 1986 r. □

W produkcji broni zapalającej wykorzystuje się głównie fosfor biały. Niska temperatura jego zapłonu powoduje, że w powietrzu ulega samozapłonowi. Dzieje się to tym łatwiej, im bardziej fosfor biały jest rozdrobniony. Produktem spalania fosforu jest pięciotlenek fosforu, wydzielający się w postaci białego gęstego dymu. Wilgotność powietrza zwiększa gęstość dymu. Ta właściwość fosforu jest wykorzystywana do wykonywania zasłon dymnych przy użyciu amunicji artyleryjskiej i lotniczej. Amunicja artyleryjska z białym fosforem nosi nazwę dymno-zapalającej.

Fosfor biały zapala jedynie materiały łatwo palne, takie jak siano, słoma, benzyna itp. Właściwości zapalające fosforu białego można poprawić dodając do niego olejów, ropy naftowej lub innych palnych produktów. Niekiedy fosfor stosowany jest wraz z sodem lub potasem, albo z termitem. Działanie zapalające takich mieszanin jest spotęgowane.

Fosforem elaboruje się granaty ręczne, nasadkowe i moździerzowe, pociski artylerii lufowej i raketowej oraz bomby lotnicze. Fosfor przeznaczony do elaboracji amunicji preparuje się odpowiednio do przeznaczenia danej amunicji. Do pocisków najczęściej jest wlewany po roztopieniu. Niekiedy umieszczany jest w nich w postaci kawałków odpowiedniej wielkości, uformowanych w kulki lub nadając im kształty wynikające z technologii cięcia. Kawałki fosforu mogą być umieszczane w pociskach po wymieszaniu ich ze sproszkowanym glinem lub zalewane w parafinie. Parafina chroni fosfor przed dostępem powietrza, a po zapaleniu znacząco poprawia właściwości zapalające amunicji.

Amunicja wypełniona fosforem służy, poza zapaleniem obiektów, do maskowania wojsk, oślepienia punktów obserwacyjnych i środków ogniowych przeciwnika, a także do wskazywania celów.

## Mieszanki zapalające z utleniaczami

Metale lekkie, takie jak glin i magnez często stosuje się w postaci różnych, innych od już przedstawionych, mieszanin. Rozdrobnione metale miesza się z solami bogatymi w tlen (azotany, chlorany, nadchlorany, chromiany) lub z tlenkami i nadtlenkami łatwo oddającymi tlen. Stosując odpowiedni dobór składników można uzyskać środki zapalające o pożądanych właściwościach. Np. azotan amonu, chloran potasu powodują, że mieszanina może wybuchnąć. Dodatki sodu, potasu, baru lub manganu wraz z substancjami organicznymi, a także siarką lub fosforem tworzą mieszaniny wybuchowe wrażliwe ponadto na uderzenia i tarcie. (główki zapalek, zapłoniki itp.). W róż-



nych okolicznościach właściwości te mogą być pożądane lub nie. Temperatura spalania omawianych mieszanin może osiągać 2300 - 3300 K.

W przeszłości mieszaninami tymi napełniano amunicję artyleryjską i bomby lotnicze. Obecnie napełnia się nimi pociski zapalające małego kalibru.

## 2.1.2. Charakterystyka ciekłych środków zapalających

Ciekłe środki zapalające produkuje się na bazie ropy naftowej i produktów jej przeróbki (benzyna, nafta) lub na bazie ciekłych produktów przetwórstwa węgla kamiennego (benzol, oleje). Paleta tych środków jest dosyć bogata. Stosownie do przeznaczenia odpowiednio się je przygotowuje dodając składniki nadające mieszaninom zapalającym pożądane właściwości.

Wśród ciekłych środków zapalających wyróżnia się:

- niezagęszczone ciekłe środki zapalające;
- zagęszczone ciekłe mieszaniny zapalające;
- zagęszczone metalizowane mieszanki zapalające (pirozele);
- roztwory samozapalne.

### Niezagęszczone ciekłe środki zapalające

Niezagęszczone środki zapalające to głównie różnego rodzaju węglowodory alifatyczne i aromatyczne oraz ich mieszaniny. Nie wymaga się wysokiej jakości tych składników. Zależnie od celu, sposobu i warunków użycia dobiera się skład mieszaniny. W temperaturach niższych dodaje się więcej składników lekkich, łatwiej palnych. Ilustruje to tabela...

Tabela...

Skład i warunki użycia niezagęszczonych mieszanek zapalających

Substancja zapalająca	Procentowa zawartość składników		
	Lato, jesień	Wszystkie pory roku	Przy temperaturze niższej niż 283 K
Olej napędowy	-	100	-
Nafta	-	100	-
Niezagęszczona mieszanina zapalająca w składzie:	-	-	-
- mazut	50	60	-
- nafta	25	25	25
- benzyna	25	15	25
- ropa naftowa	-	-	50

Źródło: I. Nowak, Broń zapalająca, t. 15, s. 94. MON, Warszawa 1986 r.

Niezagęszczone mieszanki zapalające mają dużą wartość opałową. Palą się jasnym płomieniem. Zapalanie przedmiotów następuje zarówno przez kontakt z płomieniem jak i od promieniowania cieplnego. Zawsze promieniowanie cieplne - podusza pobliskie przedmioty, co ułatwia rozprzestrzenianie się ognia. Posługiwanie się tymi środkami jest proste i w miarę bezpieczne. Technologia ich produkcji jest tania i prosta, zaś surowce - dostępne. W efekcie środki te są powszechne w wielu armiach.

Za wady niezagęszczonych ciekłych środków zapalających można uznać: stosunkowo niską temperaturę palenia - około 1000 - 1200 K, małą lepkość, a za nią wysoką podatność na rozlewanie, łatwe parowanie powodujące duże straty paliw przez ich spalanie się przed dotarciem do celu, a przez to niską efektywność zastosowania.

Obecnie już nie elaboruje się nimi amunicji zapalającej. Środki te, według obecnych poglądów, znajdują zastosowanie do tworzenia zapór ogniowo wodnych lub do doraźnego konstruowania fugasów zapalających.

### **Zagęszczone ciekłe mieszaniny zapalające**

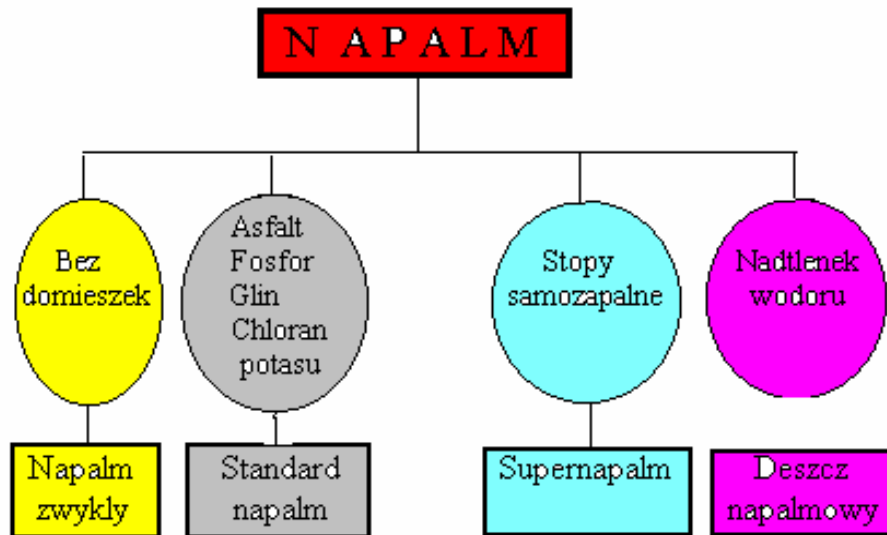
Większość wad niezagęszczonych mieszanin zapalających skutecznie wyeliminowano przez ich zagęszczenie - doprowadzenie do konsystencji galaretowatej. Przejściowo próbowano zagęszczać paliwa dodając do nich różnych żywic, kazeiny, niektórych tworzyw sztucznych rozpuszczalnych w paliwach, a nawet pakuł, węgla drzewnego czy odpadów tkanin. Zmniejszano tym sposobem straty paliw przed dotarciem do celu. Dobre rezultaty osiągnęto stosując dodatek kauczuku w ilości do 24 %, a także określonych tworzyw sztucznych, np. styrenu. Otrzymany w ten sposób żel w niewielkim stopniu wypalał się w czasie wybuchu amunicji zapalającej i do lotu do celu Jego dyspersja była też znacznie ograniczona. Duża lepkość powodowała dobre przyleganie do powierzchni rażonego obiektu i tym samym spalanie zasadniczej ilości paliwa na nim. Temperatury spalania tak zagęszczonych ciekłych środków zapalających osiągały 1000 - 1200 K. Temperatury takie, poza podpaleniem obiektów palnych, dawały efekt utraty właściwości wytrzymałościowych wielu konstrukcji. Jednak mieszanki zagęszczane kauczukiem były dość drogie. Poszukiwania innych, tańszych zagęstników doprowadziły do znalezienia pożądanych właściwości u soli glinowych kwasu naftenowego i palmitynowego. Stąd nazwa - napalm, która początkowo dotyczyła samych zagęstników, a później przyjęła się do zagęszczonego paliwa. Obecnie pod tą nazwą rozumie się wiele zagęszczonych mieszanek zapalających, głównie na bazie benzyn i nafty, zagęszczanych zarówno naftenianami i palmitynianami glinu, jak i solami glinu i kwasów tłuszczowych, a także metakrylany i polimetakrylany. W celu uzyskania pożądanych właściwości napalmów, tzn. poprawienia parametrów spalania, zapewnienia stabilności właściwości napalmu i zagęstnika (zapobieżenia zbrylaniu się zagęstnika) na okres przechowywania, oprócz zasadniczych składników zagęstnika dodaje się substancji nadających te właściwości napalmom. Najczęściej stosowane dodatki to: kwas stearynowy, asfalty, bezwodny silikażel, tlenek wapnia, polistyren, azotan sodu, wioóry magnezowe a także specjalna pasta - goop. Trzy ostatnie składniki wchodzi w skład tzw. supernapalmu (o czym niżej).

Fizykochemiczne procesy zagęszczania paliw są stosunkowo wolne. Jednocześnie dąży się do tego aby sporządzany napalm miał pożądane właściwości w chwili bojowego użycia. Temu celowi podporządkowana jest technologia sporządzania napalmu. Sam proces jest technicznie prosty. Polega na zwyczajnym zmieszaniu składników w beczkach, lub innych pojemnikach, przez żołnierzy. W pododdziałach miotaczy ognia są do tego celu odpowiednie urządzenia - mieszalniki. Taki proces przebiega w warunkach polowych w temperaturze otoczenia - stąd nazwa - chłodna technologia. Uzyskany napalm osiąga pożądane właściwości po okresie kilkunastu godzin i zachowuje je kilka dni. Proces można przyspieszyć przez dodanie peptyzatorów.

Duże ilości napalmu, np. do wypełniania bomb i zbiorników zapalających, sporządza się przemysłowo. Proces prowadzi się w wyższej temperaturze (kilkadziesiąt stopni). W efekcie uzyskany napalm zachowuje pożądane właściwości nawet przez kilka lat.

Napalmy palą się spokojnie, jasnym, dymiącym płomieniem. Rozpływają się i przenikają do zagłębień i szczelin. Przyklejają się do powierzchni przedmiotów. Utrzymują się na powierzchni wody. Zapalają i przepalają łatwo palne przedmioty. W miejscu bojowego zastosowania palą się do 15 minut. Rażą nie tylko płomieniem i wysoką temperaturą, ale i produktami spalania. Paląc się zużywają duże ilości tlenu (1 kg napalmu paląc się zużywa około 3,5 kg tlenu. Odpowiada to prawie 12 m<sup>3</sup> powietrza. Niedostatek powietrza powoduje często, że spalanie jest niepełne - z powstawaniem trującego tlenku węgla.

Uznano, że zdolność przepalania przedmiotów przez „zwykły” napalm, a także jego temperatura spalania (1300 - 1400K), są zbyt małe. Metodami kombinacji różnych składników stworzono nowsze, bardziej wyrafinowane pokolenia napalmów. Obrazuje to rysunek...



Rys. Rodzaje napalmów

Proces spalania standard napalmu przebiega w temperaturze osiągającej 2000 K. Ciepło spalania przekracza 25 MJ/kg.

Supernapalm jest używany głównie w miotaczach ognia. Składa się ze zwykłego napalmu, do którego dodano magnezu lub glinu oraz sodu lub potasu. Zapala się samoczynnie (miotacz nie musi posiadać urządzenia zapłonowego) po zetknięciu z ziemią lub rażonym przedmiotem. Z opóźnieniem zapala się prawie w każdych warunkach, również na śniegu i na wodzie. Można go długo przechowywać, jednak składniki powodujące jego samozapalność przechowuje się oddzielnie i dodaje bezpośrednio przed użyciem.

Deszcz napalmowy jest samozapalny i przeznaczony do wylewania z samolotów. Zmieszanie napalmu ze stężonym nadtlenkiem wodoru powoduje, że krople - deszczu napalmowego po upadku na ziemię lub różne przedmioty zapalają się. Przyczyną samozapalenia się tej mieszaniny jest rozkład nadtlenku wodoru, który przebiega z wydzielaniem tlenu oraz wystarczającej do podpalenia ilości ciepła.

### Zagęszczone metalizowane mieszanki zapalające

Mieszanki te zwane są pirożelami. Ich konsystencja powoduje, że łączą w sobie cechy stałych i ciekłych środków zapalających. Sporządza się je dodając do ciekłych mieszanek zagęszczonych (napalmów) sproszkowanych niektórych metali, niemetali oraz utleniaczy. Dodatki te to najczęściej:

- sproszkowany glin lub magnez;
- siarka;
- siarczek amonu;
- saletra sodowa lub potasowa;
- nadtlenek sodu lub potasu;

- asfalt.

Dodatki te z jednej strony przedłużają czas palenia się, z drugiej podnoszą temperaturę spalania, która może osiągnąć 2800 K. Pirozele są lepкими substancjami o konsystencji ciasta. Podczas spalania nie rozpływają się, lecz przylegają do powierzchni przedmiotu i utrzymują się na niej. Palą się bardziej intensywnie niż napalm. Poszczególne składniki pirożelu wypalają się w różnym czasie. Najpierw wypalają się składniki ropopochodne, później magnez lub glin. Produktem spalania jest żużel składający się z tlenku magnezu lub glinu. Żużel ten rozgrzewa się do białości przepalając cienkie blachy. Dla ludzi zagęszczone metalizowane mieszanki zapalające są bardzo niebezpieczne, gdyż powodują zawsze ciężkie obrażenia tak nieosłoniętych jak i osłoniętych części ciała. Napełnia się nimi lotnicze bomby i zbiorniki zapalające.

### **Mieszanki samozapalne**

Cechę samozapalności w zetknięciu z ziemią lub różnymi obiektami ma supernapalm i deszcz napalmowy. Natomiast wyróżniającą właściwością mieszanek samozapalnych jest samo zapalenie się w kontakcie z powietrzem. Takie właściwości mają:

- roztwory benzyny i dwusiarczku węgla zawierające rozpuszczony biały fosfor;
- kompozycje zagęszczonych mieszanek zapalających z roztworem białego fosforu w dwusiarczku węgla;
- związki białego fosforu z siarką;
- niektóre związki metaloorganiczne;
- stop sodu z potasem.

Dwa pierwsze typy mieszanek bazują na niskiej temperaturze zapłonu białego fosforu. Samozapalenie następuje po odparowaniu dwusiarczku węgla (temperatura wrzenia CS<sub>2</sub> wynosi 319, 3 K). Efekt palny wzmagają się, ponieważ pali się jednocześnie rozpuszczalnik (benzyna, ropa naftowa, zagęszczona mieszanka) i biały fosfor.

Mieszanki oparte na związkach białego fosforu z siarką otrzymuje się przez stapianie białego fosforu z siarką w atmosferze beztlenowej. Proporcje składników dobierane są zależnie od przeznaczenia mieszanki i pory roku. Faktycznie otrzymana mieszanina jest roztworem białego fosforu w siarczku fosforu. Mieszanki te bardzo szybko zapalają się po zetknięciu z powietrzem.

Samozapalne związki metaloorganiczne to głównie połączenia niektórych metali (najczęściej cynki lub glinu) z pochodnymi węglowodorów. Jako środek zapalający zastosowanie znalazły: dimetylochloroglin, trimetyloglin, trietyloglin<sup>4</sup>, dimetylocynk i dietylocynk. Są to ciecze o nieprzyjemnym zapachu. Ich spalanie jest silnie egzotermiczne. Wadą ich jest skomplikowana technologia, wymagająca zabezpieczenia przed samozapaleniem (proces w atmosferze azotu, bez dostępu wilgoci, wysoka szczelność aparatury). Prace z gotowymi środkami są również niebezpieczne. Zetknięcie ich ze skórą powoduje bolesne oparzenia. Wypełnia się nimi pociski do niektórych typów miotaczy ognia (USA - raketowe).

---

<sup>4</sup> Trietyloglin oznaczony symbolem TPA używany jest także jako katalizator przy niskociśnieniowej metodzie polimeryzacji etylenu i propylenu.

### 3. AMUNICJA I SPRZĘT DO STOSOWANIA ŚRODKÓW ZAPALAJĄCYCH

#### 3.1. Klasyfikacja amunicji zapalającej i sprzętu przeznaczonego do stosowania środków zapalających

Środki zapalające na polu walki są stosowane przez wszystkie rodzaje sił zbrojnych za pomocą posiadanych przez nie rodzajów uzbrojenia.

Największą różnorodnością możliwości stosowania środków zapalających dysponują wojska lądowe. Mogą one stosować środki zapalające za pomocą amunicji do broni strzeleckiej piechoty i pokładowej pojazdów i wozów bojowych, ręcznych i nasadkowych granatów zapalających, pocisków moździerzowych, pocisków artylerii lufowej i raketowej, a także fugasów zapalających i miotaczy ognia różnych typów.

Lotnictwo może stosować środki zapalające za pomocą lotniczych bomb i kaset zapalających, lotniczych zbiorników zapalających oraz amunicji zapalającej do broni pokładowej. W dotychczasowych wojnach i konfliktach lokalnych podstawowa masa środków zapalających była używana właśnie przez lotnictwo. Marynarka wojenna może stosować środki zapalające za pomocą pocisków artylerii pokładowej i nabrzeżnej, pocisków broni strzeleckiej oraz amunicji lotniczej będącej na wyposażeniu lotnictwa marynarki wojennej.

Już w powyższym wprowadzeniu daje się zauważyć wstępną klasyfikację broni zapalającej. Można wyróżnić amunicję zapalającą do wszelkiej broni oraz sprzęt do stosowania środków zapalających w sposób inny niż w pociskach – np.: za pomocą miotaczy ognia.

Na amunicję zapalającą składają się rodzaje amunicji przypisane do rodzajów broni. Amunicję zapalającą wojsk lądowych (w zasadzie) stanowią:

- pociski broni strzeleckiej;
- pociski artylerii raketowej;
- pociski artylerii lufowej;
- granaty zapalające (miotane ręcznie i nasadkowe);
- fugasy zapalające;

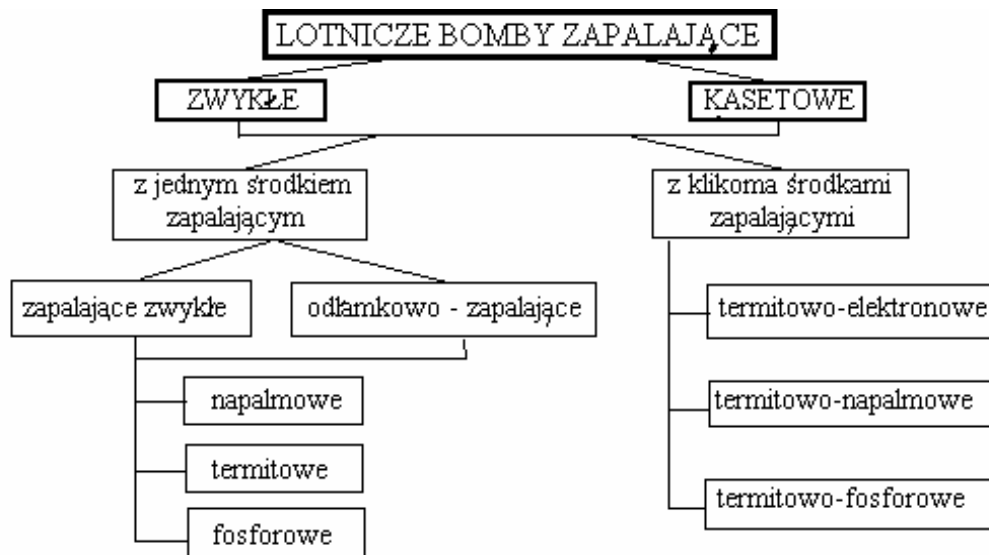
Amunicję zapalającą stosowaną przez lotnictwo stanowią:

- bomby lotnicze.
- pociski raket powietrze - ziemia;

W działaniach specjalnych (dywersyjnych) stosowane bywają:

- ładunki termitowe;
- butelki zapalające;
- ładunki fosforowe;
- mieszanki chemiczne;
- inne (*pomysłowość daje duże możliwości !!!*).

W dotychczasowych wojnach i konfliktach lokalnych przytłaczająca większość środków zapalających stosowana była przez lotnictwo. Zależnie od rodzaju rażonego obiektu i planowanych efektów niezbędne było posiadanie bomb o bardzo różnych właściwościach. Bogactwo wachlarza stosowanej amunicji lotniczej (bomb) i najczęściej spotykaną jej klasyfikację przedstawia rys....



Rys. Klasyfikacja lotniczych bomb zapalających

Wśród pocisków zapalających broni strzeleckiej wyróżnia się:

- zwykle zapalające;
- przeciwpancerno - zapalające;
- przeciwpancerno - zapalająco - smugowe;
- zapalająco - wskaźnikowe.

Wśród pocisków zapalających artylerii raketowej wyróżnia się:

- zwykle - zapalające;
- odłamkowo - zapalające;
- zapalające - segmentowe.

Wśród pocisków zapalających artylerii lufowej wyróżnia się:

- zwykle - zapalające;
- zapalające - segmentowe;
- odłamkowo - zapalające;
- odłamkowo - zapalająco - smugowe;
- przeciwpancerno - zapalające;
- przeciwpancerno - zapalająco - smugowe.

Miotacze ognia klasyfikuje się z uwzględnieniem różnych kryteriów.

W zależności od konstrukcji:

- tłokowe;
- beztłokowe.

W zależności od liczby oddawanych strzałów:

- jednostrzałowe;
- wielostrzałowe.

W zależności od zdolności do manewru:

- ruchome;
- stacjonarne.

W zależności od zasady działania:

- strumieniowe;
- bezodrzutowe;

## **3.2. Charakterystyka amunicji i sprzętu do stosowania środków zapalających**

### **3.2.1. Pociski zapalające do broni strzeleckiej**

Pociski zapalające do broni strzeleckiej pozwalają łatwiej wstrzeliwać się w cel (pokazując punkt trafienia pozwalają dobrać poprawki celowania), służą wskazywaniu celów, a także zapalaniu łatwo palnych celów naziemnych i powietrznych, nie chronionych pancerzem. Pociski te nie są przeznaczone do bezpośredniego rażenia żołnierzy.

W praktyce spotyka się pociski zapalające do broni strzeleckiej długiej i pokładowej o kalibrach 7, 62 mm i większych, w tym do karabinów (i działek) przeciwlotniczych.

Wyróżnić można pociski smugowe - pozostawiające smugkę dymu wzdłuż toru lotu, świetlne - znaczące tor lotu i punkt trafienia jasnym płomieniem, zwane smugowo-zapalającymi. Wskaźnikowe - pokazujące obłoczką białego dymu punkt trafienia. Smugowe mają w tylnej części tzw. smugacz. Smugacz stanowi sobą biały fosfor (starsza amunicja) lub opiłki aluminiowe i utleniacze (chloran lub nadchloran strontu) zespolone żywicami lub ropopochodnymi w celu tworzenia płomienia i dymu. W pociskach świetlnych jest używany termit z dodatkiem azotanu baru i substancji ropopochodnych. Dodatki te zmniejszają prędkość spalania termitu i dają płomień. Część środka zapalającego jest umieszczana w przedniej części pocisku. Ta część środka zapalającego zapalając się po trafieniu w łatwo palny cel może go podpalić. Pociski wskaźnikowe mają masę dymotwórczą w przedniej części. Dając rozbłysk i tworząc obłoczek dymu w chwili trafienia w cel wskazują punkt trafienia. Opisane powyżej pociski na ogół mają osłabioną przednią część w celu zmniejszenia prawdopodobieństwa rykoszetów.

Jeżeli pociski zapalające zawierają wewnątrz twardy rdzeń, umożliwiając przebijanie opancerzeń, noszą nazwę przeciwpancerno – zapalających.

### **3.2.2. Granaty zapalające**

Granaty zapalające przeznaczone są do niszczenia sprzętu i wyposażenia. Odróżnia się granaty miotane ręcznie, przy pomocy granatników lub przy pomocy karabinków - granatników (granatników nasadkowych). Masa ich na ogół nie przekracza 1 kg. Najczęściej stosowany środek zapalający to fosfor. Wówczas temperatura spalania osiąga 1500 K. Pozwala to zapalić każdy materiał palny w miejscu palenia się granatu. W wielu typach granatów środek zapalający stanowi termit. Wówczas temperatura spalania osiąga 3000 K. Pozwala to przepalić stalową płytę o grubości nawet 15 mm.

Osobną grupę granatów zapalających stanowią granaty konstruowane doraźnie, z opakowań szklanych i dostępnych cieczy palnych. Ciecze te mogą to być dostępne paliwa lub rozpuszczalniki organiczne lub mieszanki sporządzane specjalnie (mieszanka KS - fosfor biały w dwusiarczku węgla, jako mieszanka samozapalna). W potocznym rozumieniu są to tzw. „koktajle Mołotowa”.

### **3.2.3. Fugasy zapalające**

Fugasy zapalające, czasem zwane ogniowymi, stanowią szczególną grupę amunicji zapalającej. Pod pojęciem fugasów zapalających rozumieć należy rodzaj min wypełnionych ciekłą substancją zapalającą. Szczegółność polega na braku typowych konstrukcji tychże min. W warunkach działań wojennych potrzeby zaspokajane są przez doraźne konstruowanie takich fugasów z materiałów dostępnych w pobliżu miejsca zastosowania. Zawsze na konstrukcję fugasów zapalających składają się następujące elementy: pojemnik z cieczą palną, materiał wybuchowy i zapalnik. Rolę pojemnika mogą pełnić beczki, łuski po amunicji artyleryjskiej, worki foliowe, pojemniki plasty-

kowe, opakowania szklane (wiele butelek wypełnionych paliwem, ułożonych wokół ładunku wybuchowego) itp. Jako ciecz zapalająca może być wykorzystany napalm, dowolne paliwo do pojazdów, oleje, rozpuszczalniki organiczne lub dowolna dostępna palna ciecz. W celu wydłużenia czasu spalania się paliwa, w pojemniku wraz z paliwem można umieszczać kawałki tkanin, rozpuszczać w paliwie gumę i tp. Zadaniem materiału wybuchowego jest rozrzucenie paliwa i podpalenie go. Rolę tę może spełniać dowolny ładunek wybuchowy, np. trotyl w kostkach, petarda lub lont detonujący. W większych fugasach potrzeba zastosować większe ładunki materiału wybuchowego. Rolą zapalnika jest zdetonowanie ładunku wybuchowego w odpowiednim czasie. W zasadzie stosuje się typowe wersje zapalników używanych w pracach minerskich (naciskowe, naciągowe, sterowane zdalnie - radiowo lub przewodowo).

Najczęściej fugasy zapalające stosowano do rażenia piechoty - wzbogacając nimi przeciwpiechotne pola minowe. Skutecznie były stosowane przez Amerykanów podczas wojny wietnamskiej do zabezpieczenia baz przed dostępem żołnierzy wietkongu. Często stosowano je też do niszczenia opuszczanych obiektów fortyfikacyjnych i innych.

### **3.2.4. Pociski zapalające artylerii lufowej i raketowej**

Pociski te przeznaczone są do podpalania drewnianych obiektów fortyfikacyjnych, składów paliw, składów amunicji, dojrzałych zbóż, lasów, torfowisk itp. Niektóre rodzaje pocisków mają zastosowanie do zwalczania celów powietrznych lub opancerzonych, inne do zadymiania i wstrzeliwania się artylerii w cele naziemne. Istnieje duża gama pocisków zapalających do artylerii lufowej, raketowej i moździerzy. Cechę zapalności nadaje się tym pociskom poprzez wypełnienie ich odpowiednim środkiem zapalającym. Najczęściej jest to odpowiednio spreparowany termit lub biały fosfor, rzadko napalm.

Fosforowe pociski zapalające mają kadłub pocisku odłamkowo-burzącego i zapalnik uderzeniowy. Napełniane są białym fosforem i niewielkim ładunkiem materiału wybuchowego. Przy wybuchu pocisku powstaje gęsty obłok białego dymu, utrzymujący się 10 - 30 sekund. Dlatego pociski te używane bywają do zadymiania (oślepienia przeciwnika) i do wstrzeliwania się artylerii w cel podczas strzelań z zakrytych stanowisk ogniowych. Upadek kawałków fosforu na obiekty palne może je podpalić. Kawałki płonącego fosforu trafiając na odsłonięte części ciała, a nawet na umundurowanie, powodują trudno gojące się silne oparzenia. Efekty poparzeń są potęgowane przez silnie toksyczne właściwości białego fosforu. W niektórych pociskach (USA) fosfor jest umieszczony w postaci owiniętych w bawełnę kawałków. Zapobiega to rozdrobnieniu fosforu po wybuchu pocisku i wydłuża czas palenia się kawałków fosforu nawet do 5 minut. Zależnie od kalibru (wielkości), pocisk może zawierać od 30 do 140 takich kawałków.

Termitowo - segmentowe pociski zapalające są wypełnione segmentami termitu o kształcie „ćwiartki tortu”. Termit w takim segmencie wprasowany jest w blachę ze stali lub elektronu. Wzdłuż osi pocisku, pomiędzy segmentami przebiega kanał, w którym znajduje się lont prochowy i spłonka zapalająca powodująca zapalenie się segmentów po wystrzale. Ładunek miotający umieszczony w tylnej części pocisku rozrzuca płonące segmenty w pobliżu, celu tworząc potencjalnie kilkadziesiąt ognisk pożarów. Segmenty mają masę około 100 g każdy. Palą się około 15 - 20 s. Ich energia kinetyczna pozwala na wbijanie się w drewno na kilka cm, a także na przebijanie np. dachów. Pociski takie mają zapalniki uderzeniowe lub czasowe. Największe efekty uzyskuje się przy wybuchach pocisków kilkadziesiąt metrów przed celem.

Pociski przeciwpancerno - zapalające oprócz twardego rdzenia przeciwpancernego, umożliwiającego przebijanie pancerza posiadają w przedniej części masę zapalającą (najczęściej termit), a w tyle - materiał wybuchowy. Po przebicciu pancerza energią kinetyczną rdzenia masa zapalająca przedostaje się do wnętrza pojazdu gdzie wybuch materiału wybuchowego rozrzuca masę zapalającą, która zapala się i powoduje zapalenie się pojazdu.



Pociski odłamkowo - zapalające są częściowo wypełnione materiałem zapalającym (w miejsce części materiału wybuchowego), a częściowo materiałem wybuchowym. Rażą odłamkami pochodzącymi ze skorupy pocisku oraz materiału zapalającego. Te ostatnie mogą zapalać palne przedmioty. Niektóre typy pocisków odłamkowo - zapalających i przeciwpancerno - zapalających w tylnej części mają umieszczone smugacze. Te zostawiając ślad świetlny na torze lotu pocisku ułatwiają korygowanie błędów celowania.

Pociski wystrzeliwane z moździerzów mają również wersje zapalające (moździerzowe granaty zapalające). Najczęściej wypełniane są one (poza materiałem wybuchowym) białym fosforem lub kawałkami termitu, bądź ich mieszaniną, albo ciekłym środkiem zapalającym. Do ciekłej mieszaniny zapalającej często dodaje się fosfor, który powoduje samozapalność mieszaniny. Moździerzowe granaty zapalające mogą być wyposażone w zapalniki uderzeniowe lub czasowe. Zapalniki czasowe pozwalają uzyskać równomierniejsze pokrycie celu odłamkami.

Pociski zapalające artylerii raketowej, przy różnorodności rozwiązań konstrukcyjnych, mają stałe elementy budowy: kadłub - mieszczący silnik raketowy wytwarzający ciąg (w silnikach prochowych kadłub jest jednocześnie komorą spalania) oraz głowica bojowa. Konstrukcja głowicy bojowej zawsze odpowiada jej przeznaczeniu. Mieści ona ładunek bojowy i zapalnik wraz z mechanizmami jego uzbrajania. Najczęściej głowice bojowe pocisków zapalających zawierają, oprócz materiału kruszącego i zapalającego (np. fosfor) segmenty termitowe w kształcie walców. Energia kinetyczna tych segmentów w momencie wybuchu głowicy pozwala jest na tyle duża, że pozwala przebijać blachę, z której zbudowane są różne zbiorniki, np. beczki, baki pojazdów itp. Głowice pocisków artylerii raketowej mogą być również napełniane ciekłymi środkami zapalającymi, podobnie jak moździerzowe granaty zapalające.

### 3.2.5. Lotnicza amunicja zapalająca

Na lotniczą amunicję zapalającą składają się głównie, bardzo różnorodne w konstrukcji i przeznaczeniu, lotnicze bomby zapalające oraz amunicja zapalająca do lotniczej broni pokładowej i rakiety zapalające wchodzące w skład uzbrojenia lotniczego. O dwóch ostatnich grupach lotniczej amunicji zapalającej można powiedzieć, że działają i są konstruowane podobnie jak ich odpowiedniki w wojskach lądowych.

Lotnicze bomby zapalające to szczególny środek walki. W połączeniu z możliwościami lotnictwa (zasięgiem, udźwigiem) pozwalają na uzyskanie efektów o dużej skali, zaś ich zróżnicowanie jakościowe pozwala skutecznie razić bardzo różne obiekty - od nieukrytych ludzi po cele opancerzone i obiekty fortyfikacyjne, a także wzniesienie pożarów środowiska w uzasadnionych okolicznościach. Z oczywistych względów bardziej na ich działanie narażone są obiekty palne. Obiekty niepalne mogą tracić właściwości wytrzymałościowe wskutek wysokiej temperatury spalania na nich lub w bezpośredniej ich bliskości środków zapalających.

Niezależnie od przedstawionej wyżej klasyfikacji bomb lotniczych, z punktu widzenia sposobu wzniesienia pożarów obiektów i środowiska, a także prowadzenia walki z pożarami, istotne jest rozróżnienie dwóch grup lotniczej amunicji zapalającej: jedna to **bomby wypełnione ciekłymi środkami zapalającymi**, druga to **bomby wypełnione stałymi środkami zapalającymi**.

Pierwsza grupa to jednocześnie bomby duże, nawet kilkuset kilogramowe. Ich wybuchy w miejscu upadku i eksplozji powodują „obrzucenie” pobliskich obiektów ciekłym i zarazem lepkim środkiem zapalającym na stosunkowo dużych powierzchniach z kątem nachylenia od poziomego do pionowego. Obiekty wysokie, np. budynki, są podpalane w wielu miejscach jednocześnie, w tym w miejscach położonych wysoko - w zasięgu rozrzutu paliwa. Przyklejone do obiektu paliwo spala się zarówno na obiektach palnych jak i niepalnych. Te pierwsze mogą być stosunkowo łatwo podpalane, zaś te drugie mogą tracić parametry wytrzymałościowe wskutek nagrzania.

Ludzie w zasięgu rozrzutu paliwa mogą ponosić obrażenia zarówno wskutek bezpośredniego działania na ciało środka zapalającego, jak i wskutek braku tlenu w atmosferze, a także jako obrażenia wtórne, np. pod walącymi się wskutek pożaru obiektami.

Druga grupa jest bardzo zróżnicowana pod względem rozmiarów, konstrukcji i przeznaczenia. Jednak cechą wspólną dla całej tej grupy jest bardzo zogniskowane działanie - przedmioty palne mogą zapalać się, a niepalne być niszczone tylko w miejscu palenia się ładunku zapalającego. To rzutuje na sposób rozwijania się pożaru, a w konsekwencji na sposób walki z nim. Prawie zawsze w krótkim czasie po upadku bomby możliwe jest niedopuszczenie do zapalenia przez nią obiektu, na którym bomba się rozpala.

Obrażenia ludzi mogą wystąpić wskutek braku tlenu w atmosferze w rejonie zrzutu dużej ilości bomb, od przypadkowych bezpośrednich trafień bombami i również jako wspomniane już obrażenia wtórne.

Jak wynika ze schematu obrazującego „klasyfikację...”, współczesne bomby można podzielić ze względów technicznych na zwykłe i kasetowe. Jedne i drugie mogą zawierać jeden lub więcej środków zapalających. Znane są bomby wypełnione termitem lub fosforem wypełniającym korpus wykonany z elektronu lub stopu cyrkonowego. Istnieją bomby termitowo-elektronowe, termitowo-fosforowe oraz napalmowo-fosforowe. Bomby zapalające dzieli się też na działające miejscowo i powierzchniowo. Bomby o działaniu miejscowym zawsze wypełnione są stałym środkiem zapalającym. Wywołuje jedno ognisko pożaru, którego wielkość zależy od ciężaru bomby oraz od rodzaju i ilości wypełniającego ją środka zapalającego. Masa takich bomb wynosi od kilkudziesięciu dekagramów do 50 (niektórych więcej) kg. Bomby te mają zwykle zapalniki uderzeniowe, powodujące zapalenie się bomby po uderzeniu o przeszkodę. Bomby o działaniu powierzchniowym mają ładunki rozrzucone (rozpryskiwane) na określonej powierzchni. W efekcie powstaje wiele źródeł ognia (ognisk pożaru). Bomby te wypełnione są ciekłymi środkami zapalającymi. Są to bomby duże. Ich masa, zależnie od typu, wynosi od 250 do 500 kg, czasem więcej. Rolę bomb zapalających dużych wagomiarów czasem spełniają zbiorniki zapalające. Są to np. podwieszane zbiorniki na paliwo lotnicze, ale wypełnione napalmem. Wyposaża się je w zapalniki głównie czasowe, powodujące wybuch na wysokości zapewniającej największą efektywność. Efekt powierzchniowego rażenia uzyskuje się również stosując bomby kasetowe, wypełnione stałym środkiem zapalającym. Bomby te mają bardzo małe rozmiary (niektóre rozmiarami przypominają długopis lub piłkę tenisową), ale jednorazowo zrzucane są na cel w dużych ilościach (nawet kilkadziesiąt tysięcy).

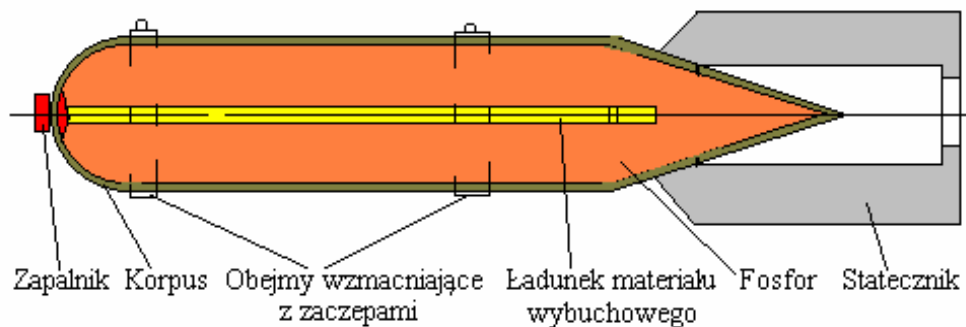
Bomby bardzo małych wagomiarów (do 5 kg) zrzucane są w kasetach lub za pomocą automatów zrzutowych. Na jednorazowy zrzut może składać się od kilkuset do kilkudziesięciu tysięcy bomb kasetowych. Zależy to od wielkości kaset oraz od udźwigu samolotu. Taki skrajnie duży zrzut może objąć obszar kilkudziesięciu hektarów. Bomby średnich wagomiarów (5 - 25 kg) zrzucane są w odpowiednich kasetach lub w wiązkach. Bomby duże (25 - 500 i więcej kg) zrzucane są pojedynczo lub parami zależnie od konstrukcji systemu zwalniania ładunków z podwieszeń samolotowych.

Każda bomba zapalająca składa się z kadłuba (korpusu) ze stabilizatorem, środka zapalającego i zapalnika. Bomby z samozapalającym środkiem zapalającym zapalnika nie potrzebują, chociaż niektóre go mają. Kadłub wykonuje się ze stali, elektronu lub tworzyw sztucznych i nadaje mu kształt aerodynamiczny. Bomby, których kadłuby wykonane są z materiału zapalającego (np. elektronu) lub innego środka spalającego się razem z zawartością noszą niekiedy nazwę bezkadłubowych. Bomby małe przeznaczone do zrzutów w kasetach często mają kształt inny, np. kulisty lub graniastosłupa o podstawie sześciokąta. Pozwala to lepiej wykorzystać pojemność ładunkową kaset. Bomby przeznaczone do rażenia obiektów o trwalszej konstrukcji mają kadłuby odporne na uderzenia mechaniczne, a w efekcie zdolne są do przebijania dachów (niektóre nawet stropów) i wzniesienia pożarów wewnątrz rażonych obiektów. Niekiedy środkami zapalającymi wypełnia się kadłuby bomb odłamkowo-burzących. Niektóre rodzaje bomb zapalających mają wewnątrz dodatkowo ładunek wybuchowy. Służy on do rozdrabniania lub rozrzucającego środka zapalającego na dużej powierzchni.

W przeszłości, w celu utrudnienia akcji ratowniczych, pewną liczbę zrzucających bomb wyposażano w zapalniki działające z opóźnieniem. Czas opóźnienia detonacji można zaprogramować na kilka minut do kilku godzin. Bomby kasetowe i kasety wyposaża się w zapalnik czasowy, powodujący wybuch na zaprogramowanej wysokości w celu rozrzucenia zawartości kasety i optymalnego pokrycia nią rażącego obiektu.

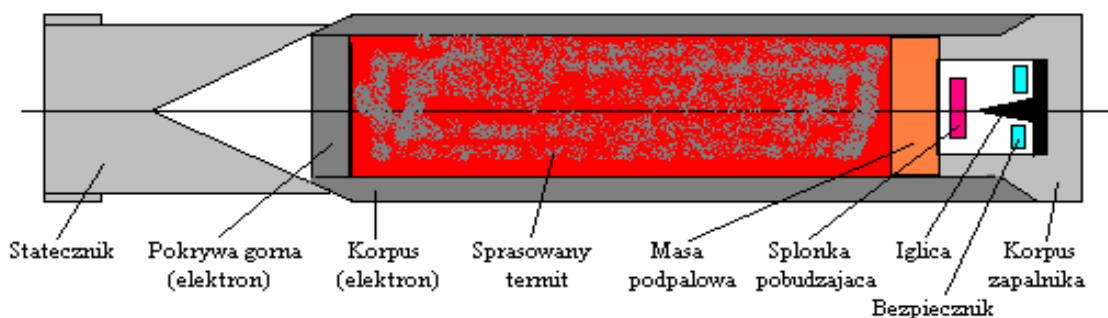
Poniżej zamieszczono opisy wybranych, reprezentatywnych typów lotniczych bomb zapalających.

**Bomby fosforowe** mają budowę opartą o tę samą koncepcję co artyleryjskie pociski fosforowe. Cienkościenne korpusy bomb wypełnione są białym fosforem. Wzdłuż osi podłużnej znajduje się kanał wypełniony ładunkiem wybuchowym. Zadaniem tego ładunku jest rozerwanie korpusu, częściowe rozdrobnienie fosforu i rozrzucenie go. Zapalnik, z reguły uderzeniowy, umieszczony jest w części czołowej i spełnia tradycyjną rolę. Kawałki fosforu rozrzucają się na odległość do 70m. Zapalają się jeszcze przed upadkiem i palą się do 1,5 minuty, wydzielając przy tym biały, gęsty dym. Ta właściwość dymu powoduje, że bomby te bywają używane jako dymne, do oślepienia punktów obserwacyjnych i środków ogniowych przeciwnika. Budowę bomby fosforowej ilustruje rys.... Wagi tych bomb są zróżnicowane od kilku do kilkudziesięciu kg.



Rys. Budowa fosforowej bomby zapalającej

**Bomby termitowo - elektronowe** mają zawsze grubościenny kadłub wykonany z elektronu, napełniony sprasowanym termitem. Ich masa wynosi na ogół od 1 do 10 kg. Wraz z postępem w konstrukcji kaset i automatów zrzutowych konstruuje się również bomby mniejsze. Budowę bomb termitowo - elektronowych ilustruje rysunek...



Rys. Budowa termitowo-elektronowej bomby zapalającej

W początkowym okresie po zapaleniu się bomba pali się żółtym płomieniem. Jest to efekt spalania się termitu. Później pali się elektron. Płomień jest oślepiający i ma białe - niebieski kolor. Wydziela się przy tym ciężki biały dym. W wysokiej temperaturze kadłub elektronowy rozpływa się. Wskutek tego zwiększa się powierzchnia oddziaływania wysokiej temperatury na obiekt. W końcowej fazie palenie przebiega bardzo gwałtownie. Towarzyszy mu rozrzucanie we wszystkich kierunkach cząstek płonącego termitu, elektronu i roztopionej szlaku. Bomby spalają się w ciągu 5 - 10 minut. Promień źródła ognia wynosi kilkadziesiąt centymetrów.