



Palnik termitowy do przepalania min w obudowie plastikowej*

Paweł MAKSIMOWSKI, Tomasz GOŁOFIT, Andrzej KSIĄŻCZAK

*Zakład Materiałów Wysokoenergetycznych, Wydział Chemiczny,
Politechnika Warszawska,
ul. Noakowskiego 3, 00-664 Warszawa*

Streszczenie. W badaniach testowano palnik pirotechniczny zaprojektowany i wykonany w Zakładzie Materiałów Wysokoenergetycznych Politechniki Warszawskiej, który może służyć do przepalania plastikowych obudów min. Palnik ten składał się z tekturowo-gipsowej obudowy, w której umieszczony był ładunek pirotechniczny. Ładunek pirotechniczny składał się z masy termitowej oraz masy generującej tlen. Skonstruowany palnik pirotechniczny w oparciu o zmodyfikowane masy termitowe przepalał w ciągu kilku sekund plastikowe płytki o grubości 3 mm, także te, które były umieszczone pod 5-centymetrową warstwą piasku. Najlepszy efekt uzyskano dla masy termitowej o składzie: Fe_2O_3 (69%); Al (23%); Viton A (8%). Zastosowanie dodatkowych ładunków generujących tlen pozwoliło efektywniej przepalać plastikowe płytki.

Słowa kluczowe: budowa maszyn, pirotechnika, palnik pirotechniczny, niszczenie min, przepalanie obudów plastikowych min

1. WSTĘP

Miny przeciwpiechotne są łatwe w użyciu, a koszty ich produkcji są niskie (ok. 3 dolary). Koszt znalezienia i zniszczenia pojedynczej miny wynosi od 300 do 1000 dolarów.

* Artykuł był prezentowany na VIII Międzynarodowej Konferencji Uzbrojeniowej nt. „Naukowe aspekty techniki uzbrojenia i bezpieczeństwa”, Pułtusk, 6-8 października 2010 r.

Po zakończeniu II wojny światowej, proces oczyszczania terenu z min przeciwpiechotnych jest zadaniem niezwykle trudnym, gdyż nieznana jest liczba min i ich lokalizacja. Miny przemieszczają się w związku z: powodziami, deszczami, ruchami tektonicznymi i huraganami. Pierwszym etapem niszczenia min jest ich wykrycie. Etap ten realizowany jest za pomocą różnych nowoczesnych technik. Po zlokalizowaniu miny należy ją unieszkodliwić. Etap ten stwarza poważne niebezpieczeństwo. Do rozminowania wykorzystuje się kilka metod, m.in. doprowadza się do detonacji min, wykorzystując różnego rodzaju grabie, pługi lub wały, również do detonacji min, wykorzystuje się materiały wybuchowe, które umieszczane są na wierzchu miny. Detonacja tego materiału pobudza do detonacji materiał wybuchowy miny. Rozminowanie za pomocą powyżej opisanych konwencjonalnych metod wymaga detonacji materiału wybuchowego, co stwarza niebezpieczeństwo dla ludzi. Dodatkowym problemem w przypadku zastosowania konwencjonalnych technik niszczenia min, szczególnie na lądzie, jest wytworzenie metalicznych odłamków z miny i/lub urządzeń służących do detonacji, które mogą interferować z urządzeniami do wykrywania min, wytwarzając fałszywy pozytywny sygnał podczas dalszego przeszukiwania terenu. Innym sposobem na utylizację min jest metoda wykorzystująca wysokotemperaturowy materiał pirotechniczny [1-7]. Urządzenie takie umieszcza się tak, aby płomień wylotowy perforował korpus miny. Temperatura płomienia sięgająca 2000°C powoduje przepalenie obudowy miny i spalenie materiału wybuchowego. Jest to proces bezpieczny.

Celem prowadzonych badań było opracowanie palika termitowego zdolnego do przepalania obudów plastikowych min.

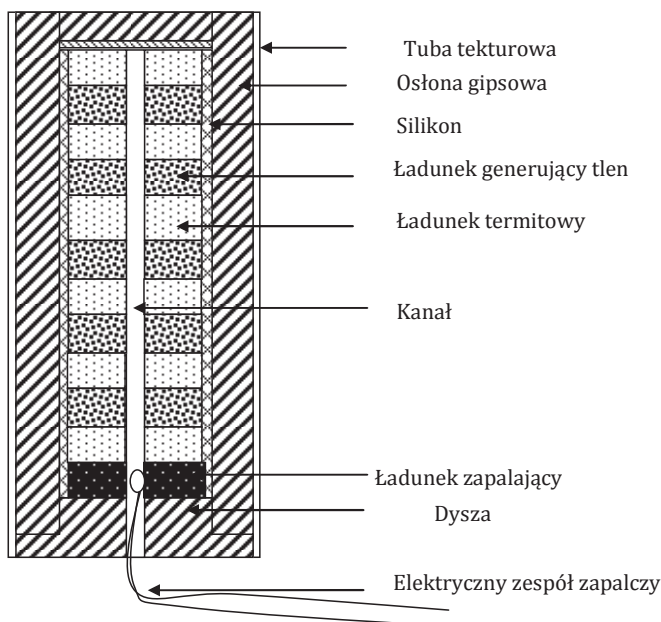
2. CZĘŚĆ EKSPERYMENTALNA

2.1. Materiały

Do budowy palnika zastosowano następujące materiały: tekturowa tuba produkcji Zakładów Produkcji Specjalnej, „Gamrat” w Jaśle; gips modelowy biały GMB-2,5, Nowy Łąd; silikon neutralny produkcji Zakładów Chemicznych „Silikony Polskie” Sp. z o.o.; elektryczny zespół zapalczy 0,2 A produkcji NITROERG S.A.; masy zapalające produkcji NITROERG S.A.; Glin (Al) – atomizowany, sferyczny o rozdrobnieniu 63 μm , czystość 99,7% (POCH); tlenek żelaza (Fe_2O_3) (POCH); tlenek niklu (NiO) (Aldrich); teflon (Aldrich); azotan baru (BaNO_3) (POCH); Viton A (DuPont); nadchloran sodu (NaClO_4) (Aldrich); proszek żelaza (Fe) (POCH).

2.2. Konstrukcja palnika pirotechnicznego

W badaniach testowano palnik pirotechniczny zaprojektowany i wykonany w Zakładzie Materiałów Wysokoenergetycznych Politechniki Warszawskiej o konstrukcji przedstawionej na rysunku 1. Palnik ten składał się z tekturowo-gipsowej obudowy, w której umieszczone były zaprasowane kształtki ładunków pirotechnicznych.



Rys. 1. Schemat palnika pirotechnicznego

Fig. 1. Scheme of pyrotechnic torch

Ładunek pirotechniczny składał się z masy termitowej oraz masy generującej tlen. Prasowane kształtki ładunku pirotechnicznego miały pośrodku kanał. Ładunek pirotechniczny zapalany był za pomocą doświadczalnie dobranej masy zapalającej i masy pośredniej. Masę zapalającą pobudzano za pomocą elektrycznego zespołu zapalczego. Cylindryczne termitowe ładunki były umieszczane naprzemiennie z ładunkami generującymi tlen w osłonie izolacyjnej tekturowo-gipsowej.

Obudowa palnika pirotechnicznego była odporna na wysoką temperaturę spalania termitu. Obudowa taka składała się z zewnętrznej tekturowej tuby o średnicy 48 mm i długości 250 mm, w środku której znajdowała się gipsowa rura o grubości ścianki ok. 9 mm. Grubość ścianki tulei gipsowej była tak dobrana, aby chroniła ona przed zapaleniem zewnętrzną papierową warstwę.

Obudowa tekturowo-gipsowa palnika pirotechnicznego wykonywana była w specjalnie zaprojektowanej formie przedstawionej na rysunku 2.



Rys. 2. Widok formy do formowania osłon palnika pirotechnicznego

Fig. 2. View of the mould for forming pyrotechnic torch casing

Na jednym z końców do tej osłony wklejana była gipsowa dysza (rys. 3), średnica otworu dyszy była ustalona eksperymentalnie i wynosiła 12 mm. Taki otwór dyszy zapewniał swobodny wypływ produktów reakcji, co zapobiegało rozerwaniu palnika.



Rys. 3. Widok gipsowej dyszy wklejanej do obudowy palnika pirotechnicznego

Fig. 3. View of gypsum nozzle pasted to pyrotechnic torch casing

Tekturowo-gipsową osłonę wraz z dyszą suszono w suszarce w temperaturze 60°C do stałej masy. Do tak przygotowanej osłony wklejano pastylki prasowanej masy termitowej i masy mającej za zadanie wytworzenie tlenu. Suche i odpowiedniej granulacji składniki ładunków termitowych mieszano i prasowano. W badaniach stosowano różnego rodzaju proszki glinu: atomizowany sferyczny 63 μm , atomizowany sferyczny 100-315 μm oraz mielony płatkowy 63 μm .

Stosowano następujące składy ładunków termitowych:

Masa nr I: Fe_2O_3 -25,7%, Al-34,6%, NiO-33,7%, teflon-6,0%

Masa nr II: BaNO_3 -26%, Fe_2O_3 -50%, Al-24%

Masa nr III: Fe_2O_3 -69%, Al-23%, Viton A-8%

Skład masy generującej tlen był następujący: NaClO_4 lub BaNO_3 -90%, Fe-10%

Jako masę zapalającą stosowano masy o składzie:

1. mieszanina krzem/minia ołowiana – 40:60;
2. mieszanina krzem/minia ołowiana – 48:52;
3. mieszanina antymon/nadmanganian potasu – 35:65;
4. mieszanina antymon/czerwień żelazowa/ KClO_4 /minia – 30:30:25:15.

Aby ułatwić zapalenie zasadniczej masy termitowej, stosowano również masy pośrednie uzyskiwane poprzez wymieszanie w stosunku 50/50 masy zapalającej z masą termitową. Po zaprasowaniu kształtki ładunku termitowego i ładunku generującego tlen w postaci pastylek o średnicy 30 mm i kanale w środku o średnicy 8 mm wklejane były do osłony tekturowo-gipsowej. Do bezpośredniego prasowania mas pirotechnicznych w tekturowej tubie zaprojektowano odpowiednią matrycę. W tubie takiej można także bezpośrednio zaprasować odpowiednią dyszę z gipsu lub szamotu ze szkłem wodnym. Po wklejeniu kształtek ładunków pirotechnicznych lub po ich bezpośrednim zaprasowaniu w tubie tekturowej tylna część palnika pirotechnicznego uszczelniana była masą gipsową.

2.3. Stanowisko do prowadzenia prób nad przepalaniem plastikowych osłon

Skuteczność palników pirotechnicznych do przepalania plastikowych osłon oceniano na podstawie ich zdolności do perforowania płytek z różnego tworzywa sztucznego i o różnej grubości, a także blachy stalowej o grubości 2 mm. Nad odpowiednią płytką umieszczano w odległości ok. 5 cm palnik pirotechniczny i zapalano go za pomocą elektrycznego zespołu zapalczego.



Rys. 4. Stanowisko do prowadzenia prób nad przepalaniem plastikowych osłon

Fig. 4. Experimental setup for burning tests of the plastic casing

Próby przeprowadzano w formie wypełnionej piaskiem (rys. 4), działając palnikiem pirotechnicznym na plastikową płytkę leżącą na piasku lub przykrytą 5-centymetrową warstwą piasku.

Głównym tworzywem sztucznym, które poddawano próbom na przepalanie było PCV. Jest to tanie tworzywo, z którego wykonuje się głównie osłony plastikowych min. Tworzywo to charakteryzuje się tym, że nie ulega topnieniu pod wpływem wysokiej temperatury, ale ulega pyrolizie prowadzącej do zwęglenia się, co utrudnia proces perforowania.

3. REZULTATY I DYSKUSJA

Przepalanie obudowy z tworzywa sztucznego stwarza niekiedy większe trudności niż przepalenie obudowy metalowej. Tworzywo sztuczne jako izolator ma znacznie mniejszy współczynnik przekazywania ciepła niż metal. W wielu przypadkach tworzywo sztuczne nie topi się, a jedynie ulega zwęgleniu, co stwarza dodatkowe trudności w jego przepaleniu. Zwęglona warstwa tworzywa sztucznego dodatkowo izoluje głębsze warstwy przed dostępem gorącego strumienia z palnika pirotechnicznego.

W minach jako materiał wybuchowy stosuje się głównie trotyl. Jest to materiał o wysokim ujemnym bilansie tlenowym i dlatego w celu efektywniejszego zapalenia należałoby dostarczyć mu dodatkowo tlenu. Palnik pirotechniczny zaprojektowano i wykonano tak, aby był zdolny do szybkiego przepalenia plastikowej osłony i zapalenia materiału wybuchowego w minie. Otwór w wypalanej osłonie powinien być na tyle duży, aby podczas palenia materiału wybuchowego wewnątrz miny nie dochodziło do wzrostu ciśnienia, co mogłoby doprowadzić do detonacji miny.

Wstępne badania palnika pirotechnicznego przeprowadzono w oparciu o typowy termit żelazowy (mieszanina glinu i tlenku żelaza). Wadą takiego palnika jest to, że przy jego paleniu wydzielają się duże ilości stałego i ciekłego żużla. Ciekły, gorący żużel efektywnie przepala stalową blachę, ponieważ współczynnik przewodzenia ciepła jest wysoki, metal ulega stopieniu i utlenieniu.

W przypadku tworzywa sztucznego mechanizm oddziaływania strumienia cieplnego jest odmienny, tworzywo ulega powierzchniowemu zwęgleniu, tworząc warstwę dodatkowej izolacji, utrudniającą perforowanie. Plastikowa osłona miny deformuje się pod wpływem gorąca, jednak może ona nie ulec przepaleniu. Krzepnący żużel zatyka dyszę palnika pirotechnicznego, co może doprowadzić do wybuchu obudowy palnika. Te wady typowego termitu usunięto, modyfikując jego skład tak, aby zmniejszyć krzepliwość wydzielającego się żużla, zwiększyć ilość powstających gazów i zwiększyć łatwość zapalania się ładunków termitowych. Dlatego też w dalszych badaniach konstrukcję palnika pirotechnicznego oparto na zmodyfikowanych masach termitowych o składach podanych w części eksperymentalnej.

Podczas prasowania kształtek z tych mas napotkano na trudności w formowaniu kształtek. Masy te prasowane były pod ciśnieniem 10-100 MPa. Przy próbach zaprasowania badanych mas stwierdzono, że proszki te bardzo źle się prasują. Po zaprasowaniu kruszą się i rozwarstwiają, dlatego też niezbędne było dobranie odpowiedniego ciśnienia prasowania, dodanie odpowiedniego lepiszcza lub dobranie odpowiedniej formy krystalicznej stosowanych proszków, aby otrzymać kształtki o odpowiedniej wytrzymałości. Na rysunku 5a przedstawiono rozwarstwioną zaprasowaną pastylkę z masy termitowej, a na rysunku 5b – widok prawidłowo zaprasowanej pastylki z masy termitowej po zoptymalizowaniu warunków zaprasowania. Lepiszczce i ciśnienie zaprasowania dobierano doświadczalnie.



Rys. 5. Widok zaprasowanych kształtek ładunków termitowych: a) pastylka, która uległa rozwarstwieniu po wyjęciu z matrycy, b) prawidłowo zaprasowana pastylka ładunku termitowego

Fig. 5. View of the pressed shape of thermite charge: a) tablet stratification after removal from the matrix, b) correctly pressed tablet of thermite charge

Największą wytrzymałość posiadały masy, w których zastosowano glin atomizowany sferyczny o wymiarach 100-315 μm . Dodatek lepiszcza do masy znacznie poprawiał właściwości wytrzymałościowe prasowanych kształtek. W badaniach jako lepiszcze wykorzystywano głównie szelak i Viton A. Przeprowadzono optymalizację ciśnienia prasowania na wytrzymałość mechaniczną otrzymywanych kształtek masy termicznej. Najlepsze rezultaty uzyskano, stosując ciśnienia prasowania ok. 10 MPa. W podobnych warunkach prasowano także ładunki generujące tlen.

Po zaprasowaniu kształtki ładunku termitowego i ładunku generującego tlen w postaci pastylek o średnicy 30 mm i kanale w środku o średnicy 8 mm wklejane były do osłony tekturowo-gipsowej za pomocą silikonu. Jest to ważna operacja, ponieważ niedokładne wklejenie i pozostawienie pustych przestrzeni między pastylkami ułatwia dostęp gorących gazów powstających podczas palenia się takiego ładunku do większej powierzchni masy, co z kolei może spowodować znaczny wzrost szybkości spalania tej masy, wzrost ciśnienia i możliwość rozerwania tekturowo-gipsowej osłony.

Można uniknąć powstawania tego zjawiska, prasując bezpośrednio odpowiednie masy pirotechniczne w tubie kartonowej – wtedy nie ma potrzeby wyjmowania prasowanych kształtek. Eliminuje się wówczas problem niedostatecznej wytrzymałości prasowanych kształtek, ich rozwarstwiania się i nieszczelności podczas wklejania ich do osłony. W tubie takiej można także bezpośrednio zaprasować odpowiednią dyszę z gipsu lub szamotu ze szkłem wodnym. Zaprasowane w ten sposób ładunki umieszcza się w osłonie tekturowo-gipsowej.

Palniki pirotechniczne wypełnione różnymi masami termitowymi oceniano pod względem łatwości zapłonu, skuteczności przepalania różnych materiałów, ilości stałych i gazowych produktów powstających w trakcie procesu palenia oraz ich dynamiki wypływu z palnika pirotechnicznego.

Ładunki termitowe do palnika pirotechnicznego przygotowane z masy nr I przy paleniu dawały efektywny strumień pozwalający na przepalenie stalowej blachy. Jej wadą jest to, że jest trudno zapalna, a tlenek niklu stosowany w tej masie jest drogi. Inną stosowaną masą termitową w prowadzonych badaniach była masa nr II. Masa ta łatwiej ulegała zapaleniu niż ładunki z masy nr I, dawała duże ilości gazów i mniej żużla. Najlepszy efekt uzyskano dla masy nr III. Masa ta łatwo ulega zapaleniu, ilość wydzielających się przy paleniu gazów jest wystarczająca, aby odkryć minę znajdującą się pod 5-centymetrową cm warstwą suchego piasku, tworzące się przy paleniu ciekłe i stałe produkty są rozpraszane i nie zatykają przepalanego otworu w płytce z PCV ani dyszy palnika pirotechnicznego. Otwór w wypalanej płytce miał średnicę ok. 30 mm i powinien być wystarczający, aby produkty spalania materiału wybuchowego mogły się swobodnie wydostać, nie zwiększając ciśnienia w obudowie miny.

Na rysunku 6 przedstawiono widok skutków działania tego palnika pirotechnicznego na płytki plastikowe umieszczone na powierzchni piasku.



Rys. 6. Efekt działania palnika pirotechnicznego na płytki plastikowe umieszczone na powierzchni piasku

Fig. 6. The effect of the pyrotechnic torch burning on plastic plates placed on the sand surface

Na zdjęciach widoczny jest duży okrągły otwór w przepalanej płytce z PCV o grubości 3 mm, a także brak jest dużych ilości zastygłego żużla, który zatykałby przepalony otwór. Podczas palenia palnika pirotechnicznego opartego na ładunkach z modyfikowanymi termitami i ładunkach generujących tlen wydzielala się stosunkowo duża ilość gazów, która pozwalała na odkrycie plastikowej lub metalowej płytki umieszczonej pod powierzchnią piasku. Zastosowane palniki pirotechniczne przepalały płytki w ciągu od kilku do kilkunastu sekund w zależności od grubości badanej płytki. Wartości czasu przepalenia od rodzaju i grubości osłony zestawiono w tabeli 1. W badaniach tych zastosowano palnik pirotechniczny z ładunkami termitowymi otrzymanymi z masy nr III. Przepalane osłony umieszczone były bezpośrednio pod palnikiem pirotechnicznym w odległości ok. 5 cm.

Tabela 1. Czas przepalenia płyty

Table 1. Time of the plastic plate burning

Lp.	Rodzaj i grubość przepalanej płyty	Średni czas przepalenia [s]
1	Stalowa blacha grubości 3 mm	3
2	PCV grubości 3 mm	6
3	PCV grubości 6 mm	15
4	PE grubości 3 mm	4
5	PE grubości 6 mm	9

PCV – polichlorek winylu, PE – polietylen

Na rysunku 7 przedstawiono efekt działania palnika pirotechnicznego na a) płytkę plastikową umieszczoną pod 5-centymetrową warstwą piasku, b) blachę stalową umieszczoną pod 5-centymetrową warstwą piasku. Na obu tych zdjęciach widoczna jest odkryta spod piasku przepalona płytka, a otwór nie jest zalany zastygłym żużlem.



Rys. 7. Efekt działania palnika pirotechnicznego na: a) płytkę plastikową umieszczoną pod 5-centymetrową warstwą piasku, b) blachę stalową umieszczoną pod 5-centymetrową warstwą piasku

Fig. 7. The effect of the pyrotechnic torch burning on: a) plastic plate located below 5 cm sand layer, (b) steel plate located below 5 cm sand layer

4. PODSUMOWANIE

W rezultacie przeprowadzonych badań opracowana została konstrukcja palnika pirotechnicznego, który jest zdolny do szybkiego przepalania plastikowych osłon w minach, a otwór powstały w wypalonej osłonie jest na tyle duży, że nie powinien podczas palenia materiału wybuchowego wewnątrz miny doprowadzić do wzrostu ciśnienia i detonacji miny. Najlepszy efekt uzyskano dla masy termicznej nr III o składzie: Fe_2O_3 (69%); Al (23%); Viton A (8%). Zastosowanie ładunków generujących tlen pozwoliło efektywniej przepalać plastikowe płytki. Skonstruowany palnik pirotechniczny w oparciu o zmodyfikowane masy termitowe przepalał w ciągu kilku sekund plastikowe płytki o grubości 3 mm – także te, które były umieszczone pod 5-centymetrową warstwą piasku.

Artykuł zawiera wyniki pracy finansowanej ze środków na naukę w latach 2009-2010 jako projekt rozwojowy nr 0006/R/T00/2008/05 „Autonomiczny system wykrywania i niszczenia min niemetaliowych”.

LITERATURA

- [1] Helms H.H., *Pyrotechnic Composition*, US Patent 3695951.
- [2] Hart G.L., *Pyronol Torch*, US Patent 5372069.
- [3] Carter G., *Pyrotechnic Thermite Composition*, US Patent 6627013.
- [4] Song E., *Incendiary Device*, US Patent 6766744.
- [5] Kennedy K.L., *Pyrotechnic Composition For Cutting Torch*, US Patent 4432816.
- [6] Clifton T.C., *Bomb Disposal*, GB Patent 2335971.
- [7] Hahma A., *Pyroteknisk anordning*, SE Patent 527975.

Pyrotechnic Torch for Burning of the Plastic Mine Casings

Paweł MAKSIMOWSKI, Tomasz GOŁOFIT, Andrzej KSIĄŻCZAK

Abstract. Pyrotechnic torch designed and constructed in Division of High Energetic Materials, Warsaw University of Technology, was tested in these studies. It can be used to burning the plastic mine casings. This torch consisted of a cardboard – plaster casing in which a pyrotechnic charge was placed. The charge was composed of a termite and an oxygen-generating mass. The torch based on a modified termite mass burned in a few seconds the plastic plates with a thickness of 3 mm, even those that were placed under 5 cm sand layer. The best effect was achieved for the following mass composition: Fe₂O₃ (69%); Al (23%); Viton A (8%). Application of additional oxygen-generating charges allowed for more efficient burning of the plastic plate.

Keywords: mechanical engineering, pyrotechnics, pyrotechnic torch, the destruction of mines, burning of the plastic mine casings