

ANALIZA DOKUMENTACJI NORMALIZACYJNEJ POLSKIEJ I NATO W ZAKRESIE BADANIA TRWAŁOŚCI FIZYKOCHEMICZNEJ MIESZANIN I WYROBÓW PIROTECHNICZNYCH DO ZASTOSOWAŃ WOJSKOWYCH

W artykule dokonano analizy znormalizowanych metod i wymagań w zakresie badań trwałości/stałości fizykochemicznej, obejmujących mieszaniny i wyroby pirotechniczne przeznaczone do zastosowań wojskowych, na podstawie norm polskich, resortowej dokumentacji normalizacyjnej w postaci norm obronnych oraz na podstawie standaryzacyjnych dokumentów NATO obejmujących publikację sojuszniczą z zakresu uzbrojenia AOP-7 oraz porozumienia standaryzacyjne 4556 i 4515. W grupie materiałów pirotechnicznych omówiono m.in. problematykę badania i oceny stałości fizykochemicznej mieszanin pirotechnicznych miotających, w tym stałych heterogenicznych paliw raketowych i prochów czarnych. W zbiorze wyrobów pirotechnicznych przedyskutowano zagadnienia badania i oceny fizykochemicznej trwałości/stałości m.in. w odniesieniu do lontów prochowych, smugaczy artyleryjskich i granatnikowych oraz środków dymnych w postaci granatów i świec dymnych.

1. Wstęp

Analiza normalizacyjnej dokumentacji polskiej i NATO dotyczącej badania, określania i oceny fizykochemicznej trwałości/stałości mieszanin i wyrobów pirotechnicznych, zazwyczaj pojęciowo zawężanej do oddziaływania temperatury środowiska i nazywanej stałością (stabilnością) termiczną, wynika z potrzeby dalszego uporządkowywania, uzupełniania i precyzowania zakresu badań fizykochemicznej stałości ww. materiałów oraz wyrobów, a także wymagań i kryteriów oceny tej stałości nie tylko w sensie naukowo-badawczym, lecz również normalizacyjnym.

Dokonano analizy znormalizowanych metod i wymagań w zakresie badań trwałości/stałości fizykochemicznej, obejmujących mieszaniny i wyroby pirotechniczne przeznaczone do zastosowań wojskowych, na podstawie norm polskich (PN) [1-3, 7-11, 13-18], w tym norm dotyczących obronności i bezpieczeństwa państwa (PN-V) [7-11, 13-15], norm z zakresu chemii (PN-C) [2,3], polskiej normy wprowadzającej normy europejskie – PN-EN 268 [1], resortowej dokumentacji normalizacyjnej w postaci norm obronnych (NO) [17,18] oraz na podstawie standaryzacyjnych dokumentów NATO obejmujących publikację

sojuszniczą z zakresu uzbrojenia AOP-7 [6] a także porozumienia standaryzacyjne 4556 [4] i 4515 [5].

W grupie materiałów pirotechnicznych omówiono m.in. problematykę badania i oceny stałości fizykochemicznej mieszanin pirotechnicznych miotających, w tym stałych heterogenicznych paliw raketowych i prochów czarnych.

W zbiorze wyrobów pirotechnicznych przedyskutowano zagadnienia badania i oceny fizykochemicznej trwałości/stałości m.in. w odniesieniu do lontów prochowych, smugaczy artyleryjskich i granatnikowych oraz środków dymnych w postaci granatów i świec dymnych.

2. Badania trwałości/stałości fizykochemicznej, obejmujące mieszaniny pirotechniczne przeznaczone do użytku wojskowego

W standaryzacyjnym obszarze normalizacyjnej dokumentacji polskiej i NATO, obejmującym w swym zakresie badania fizykochemicznej trwałości/stałości wyrobów pirotechnicznych przeznaczonych do użytku wojskowego znalazły się następujące podzbiory wyrobów:

- materiały miotające do amunicji handlowej, przeznaczone do transportu [1];
- stałe heterogeniczne paliwa raketowe [4-11];
- prochy czarne [2-8];
- mieszaniny zawierające metal aktywny (glin, magnez, stop glinu i magnezu) [9-11].

Standardowe warunki przyspieszonego starzenia objęte metodami badania i oceny fizykochemicznej trwałości/stałości mieszanin pirotechnicznych są następujące:

- ogrzewanie próbki mieszaniny pirotechnicznej w temperaturze 75°C przez 48 godzin [1];
- ogrzewanie próbki mieszaniny pirotechnicznej w temperaturze 100°C przez 40 godzin [4];
- ogrzewanie próbki mieszaniny pirotechnicznej zwykle przy wzrastającej, zaprogramowanej temperaturze do uzyskania rozkładu termicznego próbki przy użyciu różnicowej analizy termicznej (DTA), różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) i analizy termogravimetrycznej (TGA) [5];
- starzenie próbki mieszaniny pirotechnicznej podczas wielocyklicznego: oziębiania w temperaturze -50°C przez 6 godzin, sezonowania próbki w temperaturze pokojowej przez 18 godzin a następnie ogrzewania w temperaturze 50 °C przez 6 godzin (w ramach jednego cyklu starzenia) [7].

Z kolei zjawiska i parametry opisujące oraz mierzące trwałość/stałość fizykochemiczną mieszanin pirotechnicznych można pogrupować następująco:

- oznaki rozkładu materiału w postaci zmiany zabarwienia mieszaniny pirotechnicznej, jej zapalenia, palenia, wybuchu, efektów akustycznych i wizualnych towarzyszących tym zjawiskom, takich jak: trzask, huk, iskrzenie, płomień, dymienie, wydzielanie się głównie gazowych produktów rozkładu mieszaniny [1];
- higroskopijność mieszaniny pirotechnicznej [3,8];

- zawartość metalu aktywnego w mieszaninie pirotechnicznej [9-11];
- ubytek masy badanej próbki w wyniku jej przyspieszonego starzenia w temperaturze 75°C w ciągu 48 godzin [1];
- objętość ciśnienie wydzielających się (lotnych) produktów rozkładu próbki w wyniku jej przyspieszonego starzenia w temperaturze 100°C w ciągu 40 godzin [4];
- przyrost temperatury badanej próbki w wyniku jej samoogrzewania względem próbki odniesienia podczas ich termostatowania w identycznych warunkach w temperaturze 75°C przez okres do 48 godzin [1];
- analiza zjawiska termicznego rozkładu mieszaniny pirotechnicznej na podstawie przebiegu termogramów DTA, DSC i TGA [5];
- określenie zmian (najlepiej ilościowo) parametrów opisujących właściwości fizykochemiczne badanej substancji, przyjętych w sensie badawczym i normalizacyjnym jako parametry stałości/trwałości fizykochemicznej, przed i po przyspieszonym starzeniu w warunkach cykli zmiennotemperaturowych [7];

Z powyższego zakresu warunków przyspieszonego starzenia a także zjawisk i parametrów opisujących fizykochemiczną stałość mieszanin pirotechnicznych wynika, iż obejmują one różne podzbiory tych mieszanin i obejmują w różnym zakresie badania ich stałości, tworząc dosyć złożony obraz wzajemnych relacji.

Poniższa analiza dokumentacji standaryzacyjnej pod kątem warunków starzenia, mierzonej i/lub określanej własności, zjawiska a także zakresu badanych obiektów, umożliwi dobór metod badania stałości i/lub badanych własności reprezentujących stałość dla określonej grupy mieszanin pirotechnicznych.

Polska norma PN-EN 268 [1] opisuje sposób badania i ocenę stałości fizykochemicznej (nazywając ją stabilnością termiczną) w temperaturze 75°C materiałów miotających do amunicji handlowej, w celu określenia, czy badany materiał jest bezpieczny podczas transportu. A zatem norma ta w zbiorze mieszanin pirotechnicznych obejmuje m.in. stałe heterogeniczne paliwa raketowe, prochy czarne oraz inne mieszaniny pirotechniczne spełniające funkcje materiałów miotających.

Badania te są zgodne z grupą badań oznaczonych kodem 3(c), zalecanych przez ONZ dla materiałów niebezpiecznych przeznaczonych do transportu [12].

Stażność w temperaturze 75°C określana jest dwuetapowo. Pierwsza część badań ma wykazać, czy badany materiał jest niestabilny albo stabilny termicznie, odpowiednio na podstawie występowania albo braku oznak jego rozkładu w postaci np. zmiany zabarwienia, zapłonu, wybuchu, wydzielania gazowych produktów rozkładu w czasie termostatowania do 48 godzin. Jeżeli przed upływem 48 godzin próbka nie ulegnie zapaleniu, spaleniu i/lub nie wybuchnie, wówczas oblicza się procentowy ubytek masy próbki odpowiadający w znacznym stopniu masie substancji lotnych próbki. W zakresie pierwszej części badań badaną próbkę uznaje się za niestabilną termicznie, gdy nastąpi jej zapłon i/lub palenie i/lub wybuch.

Drugi etap badań przeprowadzany jest, gdy na podstawie pierwszego etapu nie można dokładnie wywnioskować o stabilności albo niestabilności termicznej badanego materiału. W drugiej części badań określa się za pomocą termopar różnicę temperatur między próbką badaną a próbką odniesienia, termostatowanych w takich samych warunkach przez 48 godzin. Po drugim etapie, badaną próbkę uważa się za niestabilną termicznie, jeżeli nastąpi jej zapłon i/lub palenie i/lub wybuch albo gdy przyrost temperatury badanej próbki względem temperatury próbki odniesienia (inercyjnej termicznie) jest nie mniejszy niż 3°C, co jest zgodne również z

zaleceniami ONZ w zakresie badania stałości w ramach instrumentalnej części badań do celów transportowych według testów z grupy 3(c) [12].

W izotermicznych warunkach starzenia w temperaturze 100°C przez 40 godzin przeprowadzane jest badanie stałości mieszanin pirotechnicznych oraz heterogenicznych paliw raketowych przeznaczonych do użytku wojskowego [6] za pomocą t.zw. „testu próżniowego” (VST- Vacuum Stability Test) [4], opcjonalnie z użyciem manometrów rtęciowych albo czujników tensometrycznych. Badanie polega na pomiarze objętości gazowych produktów rozkładu badanej próbki znajdującej się początkowo w próżni, powstałych w wyniku ogrzewania próbki w ww. warunkach.

Analogicznie jak w przypadku poprzednim, badania fizykochemicznej stałości za pomocą analizy termicznej DTA, TGA i DSC [5] obejmują mieszaniny pirotechniczne i heterogeniczne paliwa raketowe przeznaczone do użytku wojskowego [6].

Badania stałości/trwałości za pomocą ww. cykli zmiennotemperaturowych obejmują wszystkie rodzaje materiałów pirotechnicznych - domyślnie do użytku cywilnego jak i wojskowego [7].

Higroskopijność jako parametr stałości/trwałości wszelkiego rodzaju mieszanin pirotechnicznych podana jest w polskiej normie PN-V- 04002-2 [8]. Własność ta umożliwia ocenę zdolności pochłaniania wody przez mieszaninę pirotechniczną. Higroskopijność obliczana jest na podstawie procentowego przyrostu masy mieszaniny pirotechnicznej w funkcji czasu jej nawilżania wodą w temperaturze $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, przy czym czasy nawilżania wynoszą kolejno: 4 godziny, 8 godzin, 1 dzień, 2 dni, 5 dni oraz 10 dni.

Sposób oznaczanie higroskopijności prochów czarnych podany jest w polskiej normie PN – 61/C – 86002 [3], przy czym próbka prochu powinna być nawilżana przez 12 godzin. Według wymagań podanych w polskiej normie PN-C-86203 [2], higroskopijność prochu czarnego, oznaczona według PN-C-86002 [3] nie może przekraczać 1,5 %.

Ostatnim standardowym parametrem określającym fizykochemiczną stałość/trwałość fizykochemiczną mieszanin pirotechnicznych zawierających składnik palny w postaci metali aktywnych – glinu, magnezu lub ich stopu, jest zawartość metalu aktywnego w mieszaninie pirotechnicznej tj. metalu zdolnego wziąć udział w reakcji spalania mieszaniny [9-11]. Zawartość metalu aktywnego w mieszaninie pirotechnicznej jest obliczana na podstawie zmierzonej objętości wodoru powstającego w wyniku reakcji metalu z wodą.

3. Badania trwałości/stałości fizykochemicznej, obejmujące wyroby pirotechniczne przeznaczone do zastosowań wojskowych

W standaryzacyjnym obszarze normalizacyjnej dokumentacji polskiej i NATO, obejmującym w swym zakresie badania fizykochemicznej trwałości/stałości wyrobów pirotechnicznych przeznaczonych do użytku wojskowego znalazły się następujące podzbiory wyrobów:

- lonty prochowe [16];
- smugacze artyleryjskie i granatnikowe [17];
- świece i granaty dymne [18].

Standardowe warunki przyspieszonego starzenia objęte metodami badania i oceny fizykochemicznej trwałości/stałości wyrobów pirotechnicznych są następujące:

- ogrzewanie wyrobu pirotechnicznego w temperaturze 75°C przez 48 godzin (dotyczy lontów prochowych) [16];
- starzenie dowolnego wyrobu pirotechnicznego podczas wielocyklicznego oziębiania w temperaturze -50°C przez 6 godzin, sezonowania wyrobu w temperaturze pokojowej przez 18 godzin a następnie ogrzewania w temperaturze 50°C przez 6 godzin (w ramach jednego cyklu starzenia) [7];
- termostatowanie wyrobu pirotechnicznego w temperaturze $(45 \pm 2)^\circ\text{C}$ (dotyczy lontów prochowych, w tym specjalnych) [16];
- termostatowanie wyrobu pirotechnicznego w temperaturze $(-30 \pm 2)^\circ\text{C}$ (dotyczy tylko lontów prochowych specjalnych) [16];

Z kolei zjawiska i parametry opisujące oraz mierzące trwałość/stałość fizykochemiczną wyrobów pirotechnicznych można pogrupować następująco:

- oznaki rozkładu lontu prochowego w postaci zapalenia, palenia, wybuchu, efektów akustycznych i wizualnych towarzyszących tym zjawiskom, takich jak: trzask, huk, iskrzenie, płomień, dymienie, wydzielanie się (głównie gazowych) produktów rozkładu w wyniku przyspieszonego starzenia w temperaturze 75°C do 48 godzin [16];
- oznaki mechanicznego uszkodzenia powłoki, obudowy, korpusu, opakowania wyrobu (np. w postaci pęknięć, rozerwania powłoki lontów, opakowań, wysypywania się mieszaniny pirotechnicznej z wyrobu) w wyniku starzenia w warunkach stałej temperatury [16] albo w ramach cykli zmiennotemperaturowych [7];
- określenie zmian (najlepiej ilościowo) parametrów opisujących własności fizykochemiczne badanego wyrobu (przyjętych w sensie badawczym i normalizacyjnym jako parametry jego stałości/trwałości fizykochemicznej) przed i po przyspieszonym starzeniu w warunkach cykli zmiennotemperaturowych [7];
- wodoodporność/ wodoszczelność wyrobu pirotechnicznego [14,16];
- hermetyczność (szczelność) opakowań zawierających wyroby i materiały pirotechniczne (zwłaszcza w odniesieniu do oddziaływania wilgoci, wody) [15,17,18].

Z powyższych zakresów dotyczących warunków przyspieszonego starzenia a także zjawisk i parametrów opisujących fizykochemiczną trwałość/stałość wyrobów pirotechnicznych wynika, iż obejmują one różne podzbiory tych wyrobów oraz obejmują w różnym zakresie badania ich stałości, tworząc dosyć złożony obraz wzajemnych relacji.

Poniższa analiza dokumentacji standaryzacyjnej pod kątem warunków starzenia, mierzonej i/lub określanej własności zjawiska, a także zakresu badanych obiektów, umożliwi dobór metod badania trwałości/stałości i/lub badanych własności reprezentujących tę trwałość/stałość dla określonej grupy wyrobów pirotechnicznych. Niniejszą trwałość/stałość można określić zasadniczo na podstawie wpływu dwóch podstawowych bodźców środowiskowych (otoczenia) - temperatury (zazwyczaj podwyższonej) oraz oddziaływań wody/wilgoci.

Dla lontów prochowych stosowane są badania na „odporność na niskie i podwyższone temperatury” [16], polegające na ich termostatowaniu w temperaturze $(45 \pm 2)^\circ\text{C}$ oraz w przypadku lontów prochowych specjalnych – dodatkowo w temperaturze $(-30 \pm 2)^\circ\text{C}$. W wyniku przetrzymywania lontów w podwyższonej

temperaturze zwoje krążka lontu nie powinny się zlepiać, rozwijanie krążka lontu powinno odbywać się bez jego uszkodzenia, zaś w wyniku oziębiania krążka lontu specjalnego, jego powłoka nie powinna pękać.

Badania trwałości/stałości fizykochemicznej za pomocą wyżej opisanych cykli zmiennotemperaturowych są bardzo uniwersalne, gdyż obejmują swym zakresem dowolny wyrób pirotechniczny, podobnie jak w przypadku mieszanin pirotechnicznych.

Badanie trwałości/stałości fizykochemicznej wyrobów pirotechnicznych w zakresie oddziaływań na nie wody/wilgoci sprowadza się do określania ich wodoodporności oraz wodoszczelności a także hermetyczności opakowań zawierających te wyroby [14-18].

Według polskiej normy PN-V-04002-3 [14] odnoszącej się do wszystkich wyrobów pirotechnicznych, badanie wodoodporności tych wyrobów polega na oznaczeniu zawartości wody w wyrobie przed jego zanurzeniem w wodzie, przetrzymaniu wyrobu pod wodą, na określonej głębokości, przy określonej temperaturze i w określonym czasie, a następnie oznaczeniu zawartości wody w mieszaninie pirotechnicznej, którą zawiera wyrób. Wyroby pirotechniczne powinny być zanurzone w wodzie o temperaturze $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$, na głębokości wynoszącej (25 ± 2) cm licząc od górnej powierzchni wyrobu przez 24 godziny. Dopuszczalne są inne warunki przetrzymywania wyrobu pod wodą, o ile są zgodne z wymaganiami odpowiednich norm i/lub z warunkami dokumentacji technicznej danego wyrobu.

Wyrób pirotechniczny jest wodoodporny, gdy zawartość wody w mieszaninie pirotechnicznej zawartej w nim, po przetrzymywaniu pod wodą jest nie większa niż przed zanurzeniem wyrobu w wodzie. Ponadto, po przetrzymywaniu pod wodą, wyrób pirotechniczny sprawdzany jest na niezawodność działania. Na przykład sprawdzanie wodoszczelności lontu prochowego według polskiej normy PN-C-86068 [16] polega na przetrzymywaniu 30 jego krążków pod wodą, przez 4 godziny na głębokości około 25 cm. Lont uznany jest jako wodoszczelny/wodoodporny, gdy po przetrzymywaniu pod wodą spełni szereg następujących wymagań eksploatacyjnych: zachowa wymiary, zachowa masę prochu w przeliczeniu na 1 m lontu, utrzyma czas palenia na wolnym powietrzu oraz pod przybitką glinianą a także zachowa zdolność pobudzania spłonki ZnT, zachowa zdolność zapalenia pirotechnicznego prochu czarnego i drugiego odcinka tego samego lontu. Ponadto lont po przetrzymaniu pod wodą powinien palić się bez iskrzenia na zewnątrz oraz nie powinien gasnąć ani wybuchać.

Badanie hermetyczności opakowań wyrobów pirotechnicznych według polskiej normy PN-V-04002-4 [15] polega na wytworzeniu wewnątrz opakowania zawierającego wyroby pirotechniczne, uprzednio zanurzonego pod wodą, ciśnienia do 0,05 MPa oraz utrzymywaniu go przez 30 s. Podczas badania należy obserwować wskazania manometru mierzącego ciśnienie wewnątrz opakowania oraz stan powierzchni wody nad opakowaniem. Opakowanie jest hermetyczne, gdy podczas badania nie zachodzi w nim spadek ciśnienia oraz nie pojawiają się na powierzchni wody pęcherzyki powietrza.

Na przykład norma obronna NO-13-A213 [17] dotycząca badań i wymagań na smugacze artyleryjskie i granatnikowe podaje, że hermetyczność opakowań (pudełek) zawierających te wyroby powinna być badana według normy polskiej PN-V-04002-4 [15], czyli zgodnie z jej warunkami badań na hermetyczność, traktowaną jako parametr określający fizykochemiczną stałość, natomiast norma obronna NO-10-A204 [18] na ogólne wymagania na środki dymne, takie jak świece i granaty dymne, podaje, iż korpusy ww. środków dymnych powinny być hermetyczne

i zabezpieczone przed możliwością wydostawania się mieszaniny dymotwórczej na zewnątrz, przy czym metalowe elementy konstrukcyjne tego rodzaju wyrobów należy zabezpieczyć przed korozją (a więc przede wszystkim przed wilgocią).

4. Wnioski

Na podstawie dokonanego przeglądu i analizy polskich norm i dokumentacji standaryzacyjnej oraz dokumentów standaryzacyjnych NATO stwierdza się, że badaniami trwałości/stałości fizykochemicznej obejmującym najszerszy asortyment badanych obiektów tj. mieszaniny i wyroby pirotechniczne, są badania na odporność/stabilność termiczną przeprowadzane w ramach cykli zmiennotemperaturowych (-50°C , 20°C , 50°C) oraz w warunkach izotermicznych w temperaturze 75°C do 48 godzin. Warto przy tym zauważyć, że badania starzeniem w 75°C nie obejmują szeroko rozumianego zbioru materiałów i wyrobów pirotechnicznych, w tym przeznaczonych do zastosowań wojskowych.

W związku z powyższym, należy jak najszybciej opracować normę dotyczącą badania fizykochemicznej trwałości/stałości obejmującą mieszaniny i wyroby pirotechniczne przeznaczone do zastosowań wojskowych, na podstawie przyspieszonego starzenia w podwyższonej temperaturze wynoszącej 75°C do 48 godzin, a następnie opracować kryteria ocen i prognozowania tej stałości.

Charakterystycznymi parametrami/własnościami mieszanin pirotechnicznych w aspekcie badania fizykochemicznej trwałości/stałości, wynikającymi z własności samego materiału są: higroskopijność, zawartość metalu aktywnego, ubytek masy badanego materiału, objętość/ciśnienie gazowych produktów jego rozkładu przyrost jego temperatury względem inercyjnej termicznie substancji odniesienia oraz przebieg termogramów DTA, TGA i DSC przedstawiających termiczny rozkład mieszaniny.

Wydaje się, iż jednym z najbardziej istotnych parametrów tego typu termogramów powinna być temperatura rozkładu termicznego, tak jak to ma miejsce podczas badania kompatybilności (zgodności) materiałowej substancji wysokoenergetycznych za pomocą technik analizy termicznej [19,20].

Charakterystycznymi parametrami/własnościami wyrobów pirotechnicznych w aspekcie badania fizykochemicznej trwałości/stałości, wynikającymi z budowy samego wyrobu posiadającego względnie trwałą postać, czyli znajdującego się zazwyczaj w określonej obudowie, opakowaniu, jest hermetyczność i odporność na oddziaływanie środowiska, zwłaszcza wody (wilgoci), która oprócz temperatury jest jednym z najbardziej destrukcyjnie działających bodźców na materiały i wyroby pirotechniczne w sensie ich własności chemicznych i fizycznych, w tym strukturalnych.

W tym miejscu warto zastanowić się nad nadaniem, w sensie normalizacyjnym, parametrom/własnościom określającym odporność wyrobów pirotechnicznych na bodźce mechaniczne rangi parametrów/własności odpowiadających za ich fizykochemiczną stałość/trwałość.

Jako podzbiory materiałowe obejmujące swym zakresem substancje i wyroby przeznaczone do użytku wojskowego, najpełniej w zakresie badania i oceny trwałości/stałości fizykochemicznej, w dokumentacji normalizacyjnej prezentowane są wśród mieszanin pirotechnicznych prochy czarne oraz stałe heterogeniczne paliwa raketowe, zaś w zakresie wyrobów pirotechnicznych – lonty prochowe.

Literatura:

1. Polska Norma PN-EN 268: 1993; Materiały wybuchowe miotające do amunicji handlowej. Wymagania i metody badań.
2. Polska Norma PN-C-86203:1997; Prochy czarne.
3. Polska Norma PN-C-86002; Prochy czarne. Oznaczanie wilgotności, higroskopijności i składu chemicznego.
4. NATO Standardization Agreement 4556 (STANAG 4556):1998; Explosives: Vacuum Stability Test.
5. NATO Standardization Agreement 4515 (STANAG 4515) (Edition 1); Explosives: Thermal Characterization by Differential Thermal Analysis, Differential Scanning Calorimetry and Thermogravimetric Analysis.
6. NATO Allied Ordnance Publication 7 (AOP- 7):2001 (Edition 2); Manual of Data Requirements and Tests for Qualification of Explosive Materials for Military Use.
7. Polska Norma PN-V- 04002-8:1996; Mieszanki pirotechniczne i wyroby pirotechniczne. Trwałość fizyczna i chemiczna. Badania odporności na długoletnie składowanie za pomocą zmiennych cykli temperaturowych.
8. Polska Norma PN-V- 04002-2:1996; Mieszanki pirotechniczne i wyroby pirotechniczne. Trwałość fizyczna i chemiczna. Oznaczanie higroskopijności.
9. Polska Norma PN-V- 04002-5:1997; Mieszanki pirotechniczne i wyroby pirotechniczne. Trwałość fizyczna i chemiczna. Oznaczanie aktywności glinu.
10. Polska Norma PN-V- 04002-6:1997; Mieszanki pirotechniczne i wyroby pirotechniczne. Trwałość fizyczna i chemiczna. Oznaczanie aktywności magnezu.
11. Polska Norma PN-V- 04002-7:1997; Mieszanki pirotechniczne i wyroby pirotechniczne. Trwałość fizyczna i chemiczna. Oznaczanie aktywności stopów glinu i magnezu.
12. Recommendations on Transport of Dangerous Goods. Manual of Tests and Criteria, Edition 3, New York, 1999.
13. Polska Norma PN-V- 04002-1:1996; Mieszanki pirotechniczne i wyroby pirotechniczne. Trwałość fizyczna i chemiczna. Postanowienia ogólne.
14. Polska Norma PN-V- 04002-3:1996; Mieszanki pirotechniczne i wyroby pirotechniczne. Trwałość fizyczna i chemiczna. Badanie wodoodporności wyrobów pirotechnicznych.
15. Polska Norma PN-V- 04002-4:1996; Mieszanki pirotechniczne i wyroby pirotechniczne. Trwałość fizyczna i chemiczna. Badanie szczelności hermetycznych opakowań zawierających wyroby pirotechniczne.
16. Polska Norma PN-C-86068:1997; Środki zapalające. Lonty prochowe.
17. Norma Obronna NO – 13 – A213; Amunicja i jej części składowe. Smugacze artyleryjskie i granatnikowe. Wymagania i badania.
18. Norma Obronna NO – 13 – A204; Środki dymne. Świece i granaty dymne. Wymagania ogólne.
19. NATO Standardization Agreement 4147 (STANAG 4147) (Edition 2); Chemical compatibility of ammunition components with explosives; (Non-nuclear application).
20. Polska Norma PN-V-04011-22: 1999; Kruszące materiały wybuchowe o przeznaczeniu wojskowym. Metody badań. Oznaczanie reaktywności (zgodności kontaktowej).

