



**PRZEGLĄD POŁUDNIOWOKOREAŃSKICH ROZWIĄZAŃ
PATENTOWYCH Z ZAKRESU MODUŁOWYCH ŁADUNKÓW
MIOTAJĄCYCH DO 155 mm AMUNICJI ARTYLERYJSKIEJ**
**REVIEW OF SOUTH-KOREAN PATENT SOLUTIONS ON MODULAR
PROPULSIVE CHARGES FOR 155 mm ARTILLERY MUNITIONS**

Maciej MISZCZAK, *miszczakm@witu.mil.pl*, ORCID: 0000-0003-2737-1517
Aleksandra PLACHÁ, *plachaa@witu.mil.pl*, ORCID: 0000-0003-1359-5640
Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, ul. Pr. St. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka
Military Institute of Armament Technology, 7 Wyszyńskiego St., 05-220 Zielonka, Poland

DOI 10.5604/01.3001.0053.9221

Streszczenie: W artykule zaprezentowano pięć południowokoreańskich rozwiązań patentowych dotyczących modułowych ładunków miotających i elementów je tworzących do 155 mm amunicji artyleryjskiej. Wynalazki te zgłoszono w Koreańskim Urzędzie Własności Intelektualnej w latach 1992-2019. Trzy wynalazki dotyczą centralnych układów zapłonowych znajdujących się wewnątrz modułowych ładunków miotających, natomiast z dwóch pozostałych, jeden odnosi się do ładunków z dwubazowego prochu bezdymnego otaczającego centralne układy zapłonowe, zaś drugi opisuje konstrukcję palnych pojemników modułów miotających. Przedstawione wynalazki uwzględniają parametry materiałowe, geometrię poszczególnych elementów modułów miotających oraz technologie ich wytwarzania.

Słowa kluczowe: balistyka, technologia chemiczna, modułowe ładunki miotające do 155mm amunicji haubicznej, centralne układy zapłonowe, rurki palne, prochy bezdymne, palne pojemniki, koreańskie wynalazki

1. Wstęp

155 mm armato-haubice KRAB zrewolucjonizowały polską artylerię samobieżną, umożliwiając prowadzenie celnego ognia na znaczne donośności (ponad 40 km) i zapew-

Abstract: Five patent descriptions of South Korean inventions on modular artillery propulsive charges and their basic elements creating such propulsive charges used in 155mm artillery ammunition, were presented. Above inventions were filed to the Korean Intellectual Property Office in years 1992-2019. Three inventions deal with central ignition systems situated inside the modular propulsive charges, and a first of the remaining two relates to double-base smokeless powder charges surrounding the central ignition systems and the second to construction of combustible containers of the modular charges. Presented inventions describe material parameters, geometry of particular elements of the propulsive modules and technologies of their manufacture.

Keywords: ballistics, chemical technology, modular propulsive charges for 155 mm howitzer munitions, central ignition systems, combustible tubes, smokeless powders, combustible containers, Korean inventions

1. Introduction

The 155 mm KRAB gun-howitzers have revolutionized Polish self-propelled artillery, enabling accurate fire at considerable range (over 40 km) and ensuring high mobility on

niając wysoką mobilność na współczesnym polu walki. Armato-haubice i haubice tego kalibru są istotnym elementem uzbrojenia, a przeznaczona dla nich amunicja jest nieustannie rozwijana w kierunku zwiększenia donośności i zdolności rażenia. W 2022 roku Siły Zbrojne RP zakupiły południowokoreańskie 155 mm samobieżne haubice K9. Należy przypuszczać, że w ramach zawartych kontraktów dotyczących zakupu tych haubic podjęte zostaną prace nad uruchomieniem w kraju produkcji 155 mm amunicji, w tym modułowych ładunków miotających. W związku z powyższym postanowiono przeprowadzić poszukiwania patentowe w zakresie południowokoreańskich wynalazków dotyczących amunicji o kalibrze 155 mm. Najszerszą grupę wynalazków stanowiły rozwiązania obejmujące konstrukcje i technologie wytwarzania modułowych ładunków miotających. Wyniki poszukiwań patentowych przedstawiono w dalszej części artykułu.

2. Południowokoreańskie rozwiązania patentowe z zakresu modułowych ładunków miotających do 155 mm amunicji artyleryjskiej

W wyniku poszukiwań patentowych, w przedmiotowym zakresie, w międzynarodowych bazach opisów patentowych, wytypowano pięć wynalazków [1-5]. Opisy patentowe wynalazków uszeregowano wg daty ich zgłoszenia w Koreańskim Urzędzie Własności Intelektualnej następująco: KR 960004922(B1) [1], KR 101657435(B1) [2], KR 1019771168(B1) [3], KR 102051995(B1) [4] i KR 102177959(B1) [5]. Na podstawie analizy tytułów i skrótów opisów patentowych, wynalazki pogrupowano na następujące obszary tematyczne:

- centralne układy zapłonowe (rys. 1A) do modułowych ładunków miotających do amunicji kalibru 155 mm –

the modern battlefield. Howitzers and gun-howitzers of this caliber are an essential part of the armament, and the ammunition designed for them is constantly being developed to increase the range and target destroying capability. In 2022, the Polish Armed Forces purchased South Korean 155 mm self-propelled K9 howitzers. It should be assumed that within the framework of the contracts concluded for the purchase of these howitzers, works will be undertaken to start domestic production of 155 mm munitions, including modular propulsive charges. To be in accordance with above assumption, it was decided to conduct a patent search for South Korean inventions relating to 155 mm caliber howitzer ammunition. The broadest group of inventions contains solutions involving designs and technologies for manufacturing modular propulsive charges for 155 mm caliber howitzer shells. The results of the patent search are presented below.

2. South Korean Patent Solutions on Modular Propulsive Charges for 155 mm Artillery Munitions

As a result of a patent search in the above subject area in international databases of patent descriptions, five inventions were selected [1-5]. Patent descriptions of the inventions were ranked according to their filing date to the Korean Intellectual Property Office as follows: KR 960004922(B1) [1], KR 101657435(B1) [2], KR 1019771168(B1) [3], KR 102051995(B1) [4] and KR 102177959(B1) [5]. Based on analysis of titles and abstracts of the patent descriptions, the inventions were grouped into the following subject areas:

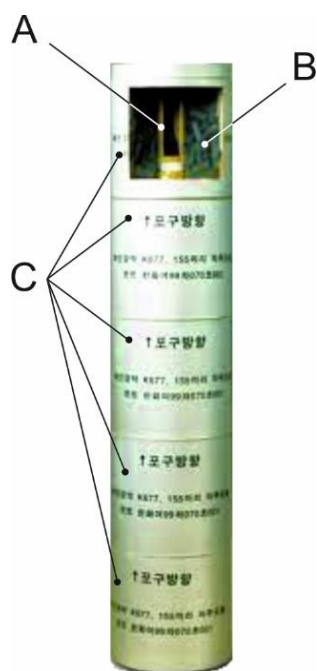
- central ignition systems (Fig. 1A) of modular propulsive charges for 155 mm

budowa i technologia wytwarzania: KR 101657 435(B1) [2], KR 1019771168 (B1) [3] oraz KR 102177959(B1) [5];

- proch bezdymny (rys. 1B) wchodzący w skład modułowych ładunków miotających: KR 102051995(B1) [4];
- palne pojemniki (rys. 1C) modułowych ładunków miotających: KR 960004922 (B1) [1].

caliber ammunition – design and manufacturing technology: KR 101657 435(B1) [2], KR 10197711 68(B1) [3] and KR 102177959(B1) [5];

- smokeless gunpowder (Fig. 1B) used in modular propulsive charges: KR 102051995(B1) [4];
- combustible containers (Fig. 1C) for modular propulsive charges: KR 960004922(B1) [1].



Rys. 1. Modułowy ładunek miotający do 155 mm amunicji artyleryjskiej:

A – centralny układ zapłonowy, B –proch bezdymny,
 C – palne pojemniki;
 /opracowanie własne na podstawie [8]/

Fig.1. Modular propulsive charge for 155 mm artillery munitions

A – central ignition system, B –smokeless gunpowder,
 C – combustible containers;
 /own elaboration on the basis of the literature reference [8]/

2.1. Centralne układy zapłonowe modułowych ładunków miotających do 155 mm amunicji artyleryjskiej

2.1.1. Centralny układ zapłonowy wg patentu nr KR 101657435(B1)

Przedmiotem patentu nr *KR 101657435 (B1)* [2] jest centralny układ zapłonowy (rys. 2) stanowiący integralną część modułowych ładunków miotających do 155 mm amunicji artyleryjskiej.

2.1. Central Ignition Systems of Modular Propulsive Charges for 155 mm Artillery Munitions

2.1.1 Central ignition system according to patent No. KR 101657435(B1)

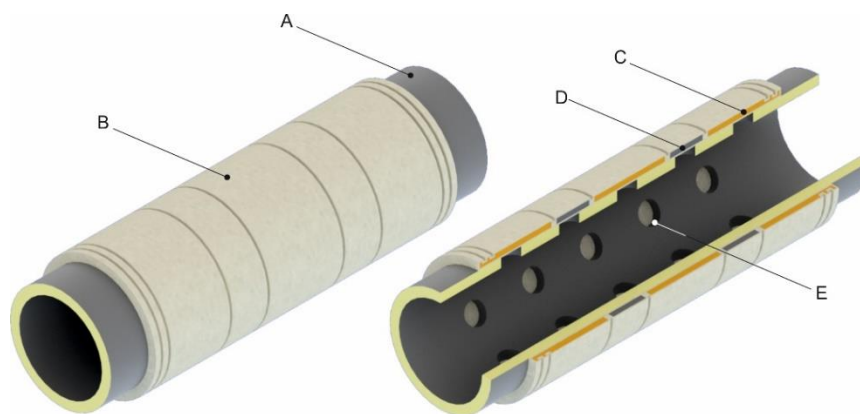
The subject of patent No. *KR 101657 435(B1)* [2] is a central ignition system (Fig. 2.) forming an integral part of modular propulsive charges for 155 mm artillery ammunition.

2.1.1.1. Konstrukcja centralnego układu zapłonowego wg patentu nr KR 101657435(B1)

Układ ten ma postać pustej, palnej rurki o średnicy wewnętrznej $15 \div 40 \text{ mm}$, z okrągłymi otworami przelotowymi o średnicy $1 \div 10 \text{ mm}$, w liczbie od 4 do 36 otworów na całej bocznej powierzchni rurki. Otwory te rozlokowane są równomiernie na całym obwodzie i wysokości rurki, przy czym otwory na przeciwległych powierzchniach mogą znajdować się w układzie naprzeciw siebie (rys. 3B) lub mogą być przesunięte względem siebie (rys. 3A).

2.1.1.1. Design of the central ignition system according to patent No. KR 101657435 (B1)

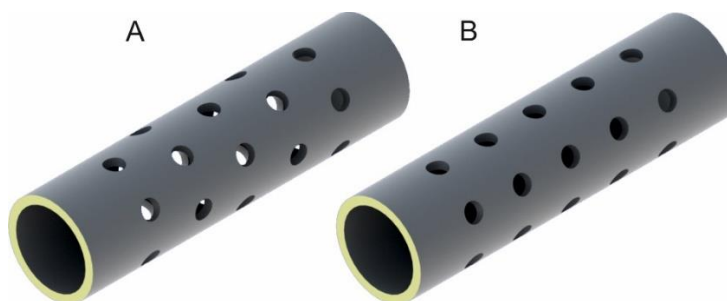
The ignition system has a form of a combustible tube with an inner diameter of $15 \div 40 \text{ mm}$, with circular through-holes with a diameter of $1 \div 10 \text{ mm}$, in number of 4 to 36 holes on tube entire lateral surface. These holes are distributed evenly around the circumference and height of the tube, and the holes on opposite surfaces may be in an opposite arrangement (Fig. 3B) or may be offset from each other (Fig. 3A).



Rys. 2. Centralny układ zapłonowy wg patentu nr KR 101657435(B1): A – rurka palna, B – opaska palna z kieszonkami zorientowanymi prostopadłe do osi podłużnej rurki palnej, C – kompozycja zapłonowa na bazie nitrocelulozy, D – proch czarny, E – otwory przelotowe

Fig.2. Central ignition system according to patent No. KR 101657435(B1)[2]:

A – combustible tube, B – combustible band with pockets oriented perpendicularly to the longitudinal axis of the combustible tube, C – ignition composition on nitrocellulose basis, D – black powder, E – through-holes



Rys. 3. Rurka palna z otworami przelotowymi:

A – przesuniętymi względem siebie, B – usytuowanymi naprzeciw siebie

Fig. 3. Combustible tube with through-holes

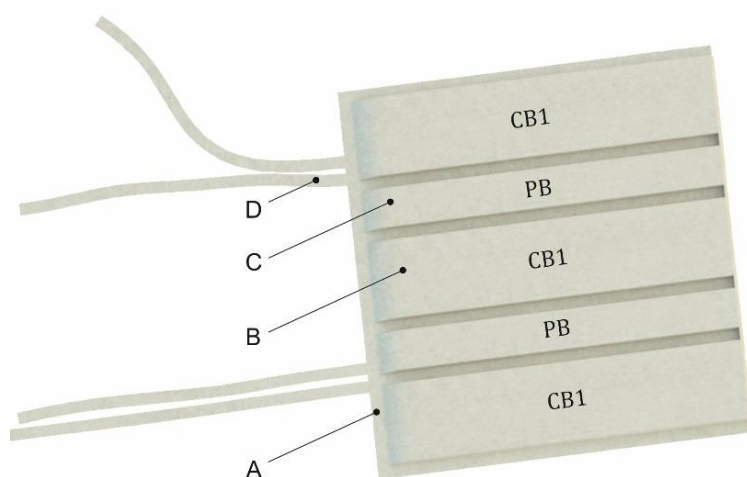
A – through-holes set-off from each other, B – through-holes situated opposite each other

Zewnętrzna i wewnętrzna powierzchnia boczna palnej rurki pokryta jest warstwą prochu czarnego. Na zewnętrznej powierzchni rurki, na odcinku obejmującym boczne otwory, zamocowana jest palna opaska (rys. 4) wykonana z materiału włóknistego (np. akrylowego jedwabiu wiskozowego), na której naszyte są kieszonki, gdzie umieszczono naprzemiennie warstwy prochu czarnego i kompozycji na bazie nitrocelulozy (NC).

Zawartość NC we wspomnianej kompozycji wynosi co najmniej 95 % jej masy, zaś udział difenyloaminy (DFA), spełniającej rolę stabilizatora trwałości chemicznej, stanowi 0,05 ÷ 5% masy kompozycji. Zawartość azotanu potasu (KNO_3) w prochu czarnym, w odniesieniu do całkowitej jego masy, mieści się w zakresie 50 ÷ 85%, węgla drzewnego 5 ÷ 20%, zaś siarki (S) 5 ÷ 15%. Stosunek masy prochu czarnego do masy kompozycji na bazie NC zmienia się w zakresie od $\frac{100}{1}$ do $\frac{1}{500}$, najkorzystniej w zakresie od $\frac{1}{3}$ do $\frac{1}{4}$. Przykładowo masa prochu czarnego w kieszonkach opaski palnej może wynosić 0,1 ÷ 10 g, zaś kompozycji na bazie NC - 10 ÷ 50 g.

The outer and inner side surfaces of the combustible tube are covered with a layer of black powder. On the outer surface of the tube, on its section covering the side holes, a combustible band (Fig. 4) made of a fibrous material (e.g., acrylic viscose silk) is attached, on which pockets are sewn, where alternating layers of black powder and nitrocellulose-based composition (NC) are placed.

The content of NC in the said composition is at least 95% by weight, while the content of diphenylamine (DPA), which acts as a stabilizer of chemical stability, accounts for 0.05÷5% by weight of the composition. The content of potassium nitrate (KNO_3) in black powder, relative to its total weight, is in the range of 50÷85%, charcoal 5÷20%, and sulfur (S) 5÷15%. The ratio of the mass of black powder to the mass of the NC-based composition varies from 100/1 to 1/500, most favorably in the range from 1/3 to 1/4. For example, the mass of black powder in the pockets of the combustible band can be 0.1÷10 g, while the NC-based composition can be 10÷50 g.



Rys. 4. Opaska palna

z kieszonkami: A – materiał włóknisty, B – kieszonka z kompozycją na bazie nitrocelulozy (CB1), C – kieszonka z prochem czarnym (BP), D – elementy mocujące (tasiemki)

Fig. 4. Combustible band with pockets: A – fibrous material, B – pocket with composition on the basis of nitrocellulose (NC)(CB1), C – pocket with black powder (BP), D – fixing elements (ribbons)

2.1.1.2. Sposób wytwarzania centralnego układu zapłonowego wg patentu nr KR 101657435(B1)

Sposób wytwarzania centralnego układu zapłonowego wg patentu nr KR 101657435(B1) polega na pokryciu wew-nętrznej i zewnętrznej powierzchni palnej rurki zawiesiną prochu czarnego w wodzie lub rozpuszczalniku organicznym (np. etanolu). Stosunek masy prochu czarnego do masy rozpuszczalnika organicznego zmienia się w granicach od $\frac{1}{0,1}$ do $\frac{1}{5}$, czyli od $\frac{10}{1}$ do $\frac{1}{5}$ i korzystnym jest kiedy wynosi $\frac{1}{1}$. Następnie rurkę palną pokrytą warstwą prochu czarnego suszy się i nakłada na jej zewnętrzną, boczną powierzchnię palną opaskę z kieszonkami wypełnionymi naprzemiennie prochem czarnym i kompozycją na bazie NC. Palna opaska intensyfikuje transfer energii z wnętrza rurki do zasadniczego ładunku miotającego wykonanego z prochu bezdymnego (rys. 1B) otaczającego centralny układ zapłonowy (rys. 1A).

2.1.1.3. Konfiguracja centralnego układu zapłonowego wg patentu nr KR 101657435(B1)

W ramach przykładów realizacji wynalazku na tle znanego stanu techniki, w tabeli 1, w opisie patentowym nr KR 101657435(B1) [2] podano czasy spalania siedmiu różnych konfiguracji centralnych układów zapłonowych, mierzone przy zastosowaniu kamery do zdjęć szybkich. Konfiguracja układu zapłonowego nr 1 stanowiąca rozwiązanie znane ze stanu techniki, przedstawiona została jako punkt odniesienia dla układów zapłonowych wykonanych według wynalazku.

2.1.1.2 Method on manufacture of central ignition system according to patent No. KR 101657435(B1)

A method on manufacture of central ignition system according to patent No. KR 101657435(B1) [2] consists in coating the inner and outer surfaces of the combustible tube with a suspension of black powder in water or organic solvent (e.g. ethanol). The ratio of the weight of black powder to the weight of the organic solvent varies from 1/0.1 to 1/5, that is, from 10/1 to 1/5, and it is advantageous when it is 1/1. Then the combustible tube covered with a layer of black powder is dried and a combustible band with pockets filled alternately with black powder and NC-based composition, is applied to the outer, lateral surface of the tube. The combustible band intensifies the transfer of energy from inside the tube to the basic propulsive charge made of smokeless powder (Fig.1B) surrounding the central ignition system (Fig. 1A).

2.1.1.3. Configuration of central ignition system according to patent No. KR 101657435(B1)

As an example of the invention implementation against the known state of the art, the patent description No. KR 101657435(B1) [2] presents the combustion times for seven different configurations of central ignition systems, measured by a high-speed camera – table 1. Ignition system configuration No. 1, which is a solution known from the state of the art, is presented as a reference for ignition systems made according to the invention.

Tabela 1. Czasy spalania centralnych układów zapłonowych wg patentu nr KR 101657435(B1) w zależności od ich konfiguracji

Nr konfiguracji układu zapłonowego	1	2	3	4	5	6	7
Średnica wewnętrzna rurki palnej	31 mm	26 mm	21 mm	26 mm	31 mm	26 mm	26 mm
Dodatkowy materiał palny w zestawie z palną rurką i jego masa	Benite* 28 g	BP** +NCK 6 g + 20 g	BP+NCK 6 g + 20 g	BP+NCK 6 g + 20 g	BP+NCK 6 g + 20 g	BP+NCK 2 g + 20 g	NCK*** 20 g
Masa prochu czarnego na bocznych powierzchniach palnej rurki			4 g	4 g	4 g	4 g	4 g
Czas spalania	207 ms	105 ms	76 ms	61 ms	65 ms	75 ms	68 ms

Table 1. Times of combustion of central ignition systems according to patent No. KR 101657435(B1) in dependence on the central ignition systems configurations

No. of configuration of ignition system	1	2	3	4	5	6	7
Internal diameter of ignition tube	31 mm	26 mm	21 mm	26 mm	31 mm	26 mm	26 mm
Additional combustible material in the set with combustible tube and mass of the material	Benite* 28 g	BP** +NCK 6 g + 20 g	BP+NCK 6 g + 20 g	BP+NCK 6 g + 20 g	BP+NCK 6 g + 20 g	BP+NCK 2 g + 20 g	NCK*** 20 g
Mass of black powder on the side surfaces of the combustible tube			4 g	4 g	4 g	4 g	4 g
Combustion time	207 ms	105 ms	76 ms	61 ms	65 ms	75 ms	68 ms

- *Benite – zapalająca kompozycja pirotechniczna zawierająca 40 % NC (13,5 % N), 44,3 % KNO_3 , 6,3 % S, 9,4 % węgla drzewnego oraz 0,5 % EC (etylocentralitu) [6], zaś według opisu patentowego US 3182595 [7] kompozycja ta zawiera 39 ÷ 41% NC, 43,3 ÷ 45,3 % KNO_3 , 6,0 ÷ 6,6 % S, 9,1 ÷ 9,7 % węgla drzewnego oraz 0,4 ÷ 0,6 % części masowych stabilizatora

- *Benite - an incendiary pyrotechnic composition containing 40% NC (13.5 % N), 44.3% KNO_3 , 6.3% S, 9.4% charcoal and 0.5% EC (ethylcentralite) [6], while according to patent description US 3182595 [7] this composition contains 39÷41% NC, 43.3÷45.3% KNO_3 , 6.0÷6.6% S, 9.1÷9.7% charcoal, and 0.4÷0.6% by weight parts of a chemical stability stabilizer, e.g. EC or nitro-

- chemicznej trwałości np. EC albo nitro-DFA;
- **BP - proch czarny;
- ***NCK - Kompozycja na bazie NC i DFA.

Z porównania czasu spalania układu zapłonowego 1 oraz 5 wynika, że czas spalania układu zapłonowego w konfiguracji nr 1 jest ok. 3 razy dłuższy od czasu spalania układu zapłonowego w konfiguracji nr 5. Z porównania czasu spalania układów zapłonowych w konfiguracji 2 i 4 wynika, że pokrycie bocznych powierzchni palnej rurki warstwą prochu czarnego skraca czas spalania układu o ok. 40%.

Z wąskiego zakresu uzyskanych czasów spalania ($61 \div 76$ ms) centralnych układów zapłonowych w konfiguracjach 3 - 7, których palne rurki pokryte były warstwą prochu czarnego i otoczone palną opaską wynika, że układy te skutecznie spełniają swoją rolę, wykazując znaczne krótsze czasy spalania niż układy w konfiguracjach 1 i 2.

2.1.2. Centralny układ zapłonowy wg patentu nr KR 101977168(B1)

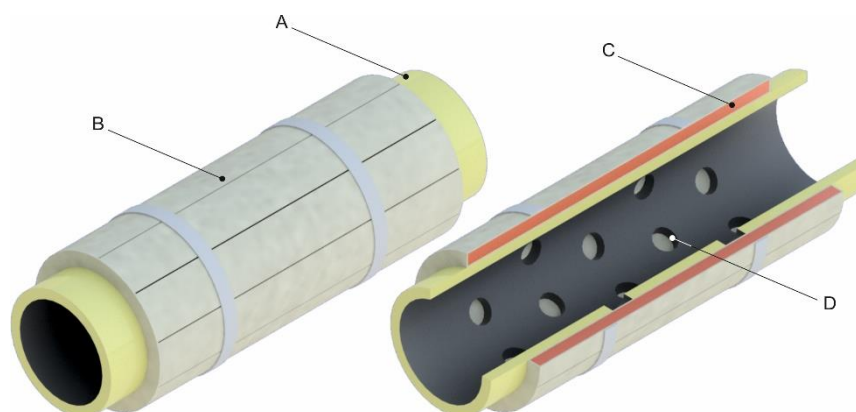
DPA;

- **BP - black powder;
- ***NCK - composition based on NC and DPA.

From the comparison of the combustion times of ignition system 1 and 5, it can be seen that the combustion time of the ignition system in configuration No. 1 is approx. 3 times longer than the combustion time of the ignition system in configuration No. 5. From comparison of the combustion time of the ignition systems in configurations 2 and 4, it follows that covering the side surfaces of the combustible tube with a layer of black powder reduces the combustion time of the system by about 40%.

A narrow range of obtained combustion times ($61 \div 76$ ms) of the central ignition systems in configurations 3 - 7, whose combustible tubes were covered with a layer of black powder and surrounded by a combustible band, shows that they effectively fulfill their role, having significantly shorter combustion times than systems in configurations 1 and 2.

2.1.2. Central ignition system according to patent No. KR 101977168(B1)



Rys. 5. Centralny układ zapłonowy wg patentu nr KR 101977168(B1)[3]:

A – rurka palna, B – opaska palna z kieszonkami zorientowanymi wzdłuż osi podłużnej rurki palnej,
C – kompozycja zapłonowa, D - otwory przelotowe

Fig. 5. Central ignition system according to patent No. KR 101977168(B1)

A – combustible tube, B – combustible band with pockets oriented along longitudinal axis of combustible tube, C – ignition composition, D – through-holes

Przedmiotem patentu nr KR 1019771 68(B1) [3] jest centralny układ zapłonowy modułowych ładunków miotających do 155 mm amunicji artyleryjskiej (rys. 5).

2.1.2.1. Konstrukcja centralnego układu zapłonnego wg patentu nr KR 101977168(B1)

Układ ten ma postać pustej, palnej rurki wykonanej na bazie NC, o zawartość azotu wynoszącej co najmniej 12,67%, otoczonej opaską palną. Palna rurka może mieć 12 okrągłych, bocznych otworów przelotowych, rozlokowanych równomiernie na jej całym obwodzie i wysokości, przy czym podobnie jak w rozwiązaniu patentowym nr KR 1016 57435(B1) [2], otwory na przeciwległych powierzchniach mogą znajdować się naprzeciw siebie albo mogą być przesunięte względem siebie (rys. 3). Wewnętrzna, boczna powierzchnia palnej rurki pokryta jest zawiesiną prochu czarnego w gumie arabskiej i dekstrynie. Po wyschnięciu płynnych składników zawiesiny, warstwa prochu czarnego mocno przylega do powierzchni palnej rurki. Do bocznej, zewnętrznej powierzchni rurki, na jej odcinku obejmującym otwory przylega palna opaska z kieszonkami zorientowanymi wzdłuż osi podłużnej rurki, mieszczącymi kompozycję zapłonową złożoną z NC, KNO₃, S, węgla drzewnego i EC. Pojedyncza kieszonka może pomieścić 6 ÷ 30 g ww. kompozycji, zaś palną rurkę może otaczać od 5 do 20 kieszonek. Kompozycja zapłonowa, umieszczona w kieszonkach może mieć postać wstęgi (paska), o powierzchni gładkiej lub chropowatej - jednolitej lub z otworami przelotowymi ułatwiającymi przedostanie się płomieni zapłonowych od palnej rurki do zasadniczego ładunku miotającego (prochu bezdymnego) otaczającego centralny układ zapłonowy.

The subject of patent No. KR 101977 168(B1) [3] is a central ignition system of modular propulsive charges for 155 mm artillery ammunition (Fig. 5).

1.1.2.1. Design of central ignition system according to patent No. KR 101977168(B1)

The system is in the form of an empty combustible tube made of NC, with a nitrogen content of at least 12.67%, surrounded by a combustible band. The combustible tube may have 12 circular, lateral through-holes, distributed evenly around its circumference and height, and, as in the solution of patent No. KR 1016 57435(B1) [2], the holes on opposite surfaces may be opposite each other or may be offset from each other (Fig. 3.). The inner, lateral surface of the combustible tube is covered with a suspension of black powder in Arabic gum and dextrin. After the liquid components of the suspension have dried, the layer of black powder firmly adheres to the surface of the combustible tube. To the lateral, outer surface of the tube, on its section encompassing the holes, adheres a combustible band with pockets oriented along the longitudinal axis of the tube, housing an ignition composition composed of NC, KNO₃, S, charcoal and EC. A single pocket can hold 6÷30 g of the above-mentioned composition, while the combustible tube can be surrounded by 5 to 20 pockets. The ignition composition, placed in the pockets, can be in the form of a ribbon (strip), with a smooth surface or rough - either monolithic or with through-holes to facilitate the passage of ignition flames from the combustible tube to the basic propulsive charge (smokeless powder) surrounding the central ignition system.

2.1.3. Centralny układ zapłonowy wg patentu nr KR 102177959(B1)

Przedmiotem patentu nr KR 1021779 59 (B1) [5] jest centralny układ zapłonowy modułowych ładunków miotających do 155 mm amunicji artyleryjskiej (rys. 6).

1.1.3.1. Konstrukcja centralnego układu zapłonowego wg patentu nr KR 102177959(B1)

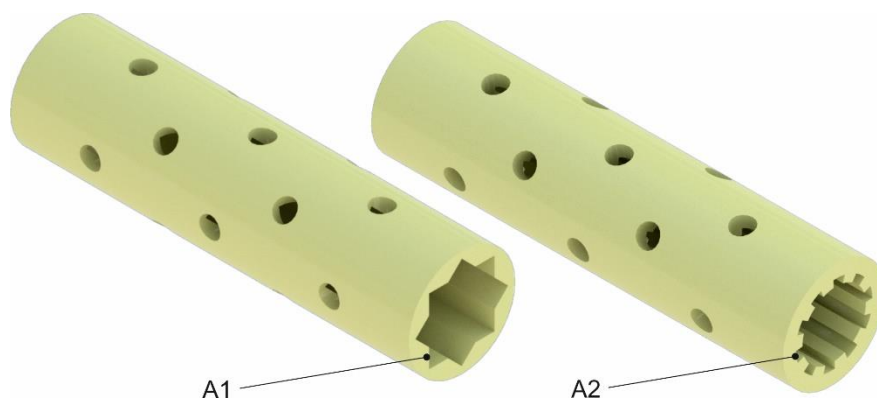
Układ ten ma postać pustej, palnej rurki o średnicy wewnętrznej $22 \div 32$ mm. Rurka palna wykonana jest z kompozycji zawierającej $50 \div 70\%$ NC (korzystnie $60 \div 65\%$), energetycznego plastyfikatora (żelatynizatora NC), takiego jak nitrogliceryna (NG) lub dinitrodiglikol (DEGDN) lub dinitrotrietylenoglikol (TEGDN), stanowiącego $30 \div 40\%$ masy rurki, korzystnie: $33 \div 37\%$ jej masy, $0,1 \div 5\%$ stabilizatora chemicznej trwałości, takiego jak DFA, 2-nitro-DFA, akardyt I, akardyt II, karbamid lub EC (korzystnie $0,5 \div 3\%$), a więc jej skład zbliżony jest do składu prochu dwubazowego.

2.1.3. Central ignition system according to patent No. KR 102177959(B1)

The subject of patent No. KR 102177959(B1) [5] is the central ignition system of the modular propulsive charges for 155 mm artillery ammunition (Fig. 6).

2.1.3.1. Design of the central ignition system according to patent No. KR 102177959(B1)

The system is in the form of an empty, combustible tube with an inner diameter of $22 \div 32$ mm. The combustible tube is made of a composition containing $50 \div 70\%$ NC (advantageously $60 \div 65\%$), an energetic plasticizer (NC gelatinizer), such as nitroglycerin (NG) or dinitrodiglycol (DE GDN) or dinitrotriethyleneglycol (TEGDN), constituting $30 \div 40\%$ of mass of the tube, advantageously: $33 \div 37\%$ of its mass, $0.1 \div 5\%$ of a chemical stability stabilizer, such as DPA, 2-nitro-DPA, acardite I, acardite II, carbamide or EC (favorably $0.5 \div 3\%$), so that its composition is similar to that of a two-base smokeless gunpowder.



Rys. 6. Centralny układ zapłonowy wg patentu nr KR 102177959(B1)[5]
 A1 – rurka palna z rowkami (zabkami) trójkątnymi, A2 – rurka palna z rowkami (zabkami) prostokątnymi

Fig. 6. Central ignition system according to patent No. KR 102177959(B1)
 A1 – combustible tube with triangular grooves (teeth), A2 – combustible tube with rectangular grooves (teeth)[

Ponadto palna rurka według niniejszego rozwiązania patentowego ma gładką zewnętrzną powierzchnię boczną, zaś jej powierzchnia wewnętrzna jest równomiernie rowkowana na całym swoim obwodzie i długości. Może również posiadać okrągłe boczne otwory przelotowe o średnicy $1 \div 10 \text{ mm}$, w liczbie od 3 do 20 otworów.

Stacjonarne badania spalaniem przedstawione w niniejszym opisie patentowym, wykazały, że czas od zapłonu palnej rurki do jej rozpadu (rozerwania) mieści się w zakresie $150 \div 200 \text{ ms}$, zaś w przypadku dotychczas stosowanej rurki (podanej w stanie techniki i zaprezentowanej w tabeli 1. jako konfiguracja układu zapłonowego nr 1) czas ten wynosi 207 ms . Z powyższego wynika, że nowo opracowana rurka charakteryzuje się krótszym czasem spalania.

2.1.3.2. Sposób wytwarzania centralnego układu zapłonowego wg patentu nr KR 102177959(B1)

W opisie patentowym [5] przedstawiono bardzo skrótowo przykładowy sposób wytwarzania palnych rurek, polegający na tym, że jej podstawowe składniki - NC, NG i 2-nitro-DFA miesza się i ugniata. Otrzymane w ten sposób jednorodne ciasto formowane jest w płaty podczas procesu walcowania, a następnie, w postaci rulonów, transportowane jest do prasy-wyłączarki, gdzie zostaje wytłoczone w postaci długich rurek, które w dalszym procesie są cięte na odcinki o odpowiedniej długości.

2.2. Proch bezdymny wchodzący w skład modułowych ładunków miotających do 155 mm amunicji artyleryjskiej

Przedmiotem patentu nr KR 1020519 95(B1) [4] jest grafitowany, jednokanalikowy, dwubazowy proch bezdymny do jedno- i dwumodułowych ładunków miotających do

In addition, the combustible tube according to the present patent solution has a smooth outer lateral surface, while its inner surface is evenly grooved along its entire circumference and length. It may also have circular lateral through-holes with a diameter of $1 \div 10 \text{ mm}$, in the number of 3 to 20 holes.

Stationary combustion tests presented in this patent description, showed that the time from ignition of the combustible tube to its disintegration (bursting) is in the range of $150 \div 200 \text{ ms}$, while in the case of the previously used tube (given in the state of the art and presented in Table 1. as ignition system configuration No. 1) this time is 207 ms . It can be seen from the above that the newly developed tube has a shorter combustion time.

2.1.3.2. Method of manufacture of central ignition system according to patent No. KR 102177959(B1)[5]

The patent description [5] presents very briefly an example of a method of producing combustible tubes, where its basic components - NC, NG and 2-nitro-DPA are mixed and kneaded. The resulting homogeneous dough is formed into sheets during the rolling process, and then, in the form of rolls, it is transported to an extruder press, where it is extruded in the form of long tubes, which in a further process are cut into sections of appropriate length.

2.2. Smokeless Powder Included in Modular Propulsive Charges for 155 mm Artillery Ammunition

The subject of patent No. KR 1020519 95(B1) [4] is a graphitized, single-channel, two-base smokeless gunpowder for single- and two-module propulsive charges

155 mm amunicji artyleryjskiej przeznaczonej do strzelania z haubicy o długości lufy 52 kalibry i objętości komory naboju wynoszącej 23 dm³.

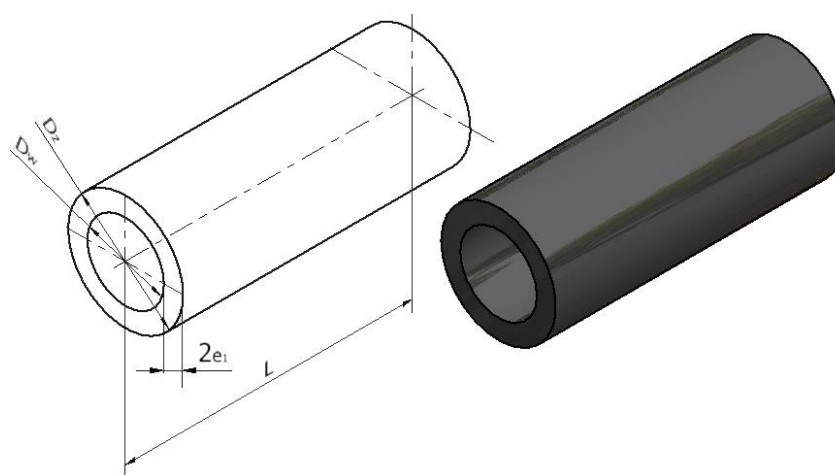
2.2.1. Kompozycja prochu bezdymnego wchodzącego w skład modułowych ładunków miotających do 155 mm amunicji artyleryjskiej wg patentu nr KR 102051995(B1)

Proch bezdymny będący przedmiotem rozwiązania patentowego nr KR 102051995 (B1) ma następujący skład: 47 ÷ 89,9 % NC, 10 ÷ 60 % (korzystnie 30 ÷ 40 %) energetycznego plastyfikatora-żelatynizatora NC, np. DEGDN, TEGDN, triazotanotrimetyloetanu (TMETN), 0,1 ÷ 5 % (korzystnie 0,5 ÷ 3%) stabilizatora chemicznej trwałości, takiego jak DFA, 2-nitro-fenylamina, 2-nitro-DFA, 4-nitro-DFA, EC, metylocentralit (MC), akardyt I, akardyt II lub karbamid. W celu zminimalizowania zagrożenia toksykologicznego dla ludzi, stabilizatorem powinien być np. EC i akardyt II.

for 155 mm artillery ammunition intended for firing with a howitzer with a barrel length of 52 calibers and a round chamber volume of 23 dm³.

2.2.1. Composition of smokeless powder included in modular propulsive charges for 155 mm artillery ammunition according to patent no. KR 102051995(B1)

Smokeless powder which is the subject of the solution of patent No. KR 102051995(B1) has a following composition: 47÷89.9% NC, 10÷60% (preferably 30÷40%) of an energetic plasticizer-gelatinizer NC, such as. DEGDN, TEGDN, trimethyl-ethane-trinitrate (TMETN), 0.1÷5% (favorably 0.5÷3%) of a chemical stability stabilizer, such as DPA, 2-nitro-phenylamine, 2-nitro-DPA, 4-nitro-DPA, EC, methylcentralite (MC), acardite I, acardite II or carbamide. In order to minimize toxicological risks to humans, the stabilizer should be EC and acardite II, for example.



Rys. 7. Jednokanalikowe, grafitowane ziarno prochu dwubazowego wchodzące w skład modułowego ładunku miotającego do 155 mm amunicji artyleryjskiej wg patentu nr KR 102051995(B1)[4]

Fig. 7. A single-channel graphitised grain of two-base gunpowder as a part of modular propulsive charge for 155 mm gun ammunition according with patent nr KR 102051995(B1)[4]

Ziarno prochu bezdymnego jest pokryte warstwą grafitu i ma postać rurki (rys. 7) o średnicy wewnętrznej D_w , średnicy zewnętrznej D_z

The grain of smokeless gunpowder is covered with a layer of graphite and is in the form of a tube (Fig. 7.) with an inner diameter of D_w , an

oraz długości L , przy czym stosunek $\frac{D_z}{D_w}$ mieści się w przedziale $1,5 \div 3$, zaś stosunek $\frac{L}{D_z}$ mieści się w zakresie $1,0 \div 4$, korzystnie w zakresie $2 \div 3$. Grubość warstwy palnej $2e_1$ ziarna prochowego powinna mieścić się w przedziale $1,3 \div 1,8$ mm, korzystnie w zakresie $1,4 \div 1,6$ mm.

2.2.2. Sposób wytwarzania prochu bezdymnego wchodzącego w skład modułowych ładunków miotających do 155 mm amunicji artyleryjskiej wg patentu nr KR 102051995(B1)

Sposób wytwarzania dwubazowego prochu bezdymnego wg patentu nr KR 102051995(B1) [4] polega na wymieszaniu NC w środowisku rozpuszczalnika, albo mieszaniny rozpuszczalników, takich jak metanol, etanol, dimetyloeter, dietyloeter, tetrahydrofuran (THF), aceton, dimetylosulfotlenek (DMSO) z energetycznym plastyfikatorem i stabilizatorem chemicznej trwałości. W wyniku tego procesu powstaje ciasto prochowe, które jest kondycjonowane przez $12 \div 72$ h w temperaturze $20 \text{ }^\circ\text{C} \div 30 \text{ }^\circ\text{C}$, a następnie formowane są z niego sznury z centralnym kanałikiem, które w dalszym procesie są cięte na ziarna prochowe o określonej długości. Otrzymane w ten sposób ziarna prochowe są suszone w temperaturze $50 \text{ }^\circ\text{C} \div 60 \text{ }^\circ\text{C}$ przez $24 \div 96$ h, korzystnie przez 48 h, stosując cyrkulację gorącego powietrza lub suszenie w komorach pod zmniejszonym ciśnieniem. Następnie ziarna prochowe są grafitowane, w wyniku czego ich powierzchnia staje się gładka i tym samym mniej podatna na wchłanianie wilgoci i elektryzowanie.

W ramach przykładu realizacji wynalazku, w opisie patentowym [4] przedstawiono trzy ziarna prochowe wykonane z tego samego ciasta prochowego różniące się parametrami geometrycznymi.

Proces wykonania ziaren prochowych

outer diameter of D_z and a length L , with the ratio of $\frac{D_z}{D_w}$ being in the range of $1.5 \div 3$, and the ratio of $\frac{L}{D_z}$ being in the range of $1.0 \div 4$, preferably in the range of $2 \div 3$. The thickness of the combustible layer $2e_1$ of the powder grain should be in the range of $1.3 \div 1.8$ mm, preferably in the range of $1.4 \div 1.6$ mm.

2.2.2. Method on manufacture of smokeless gunpowder included in modular propulsive charges for 155 mm artillery ammunition according to patent No. KR 102051995(B1)

The method of producing two-base smokeless gunpowder according to patent No. KR 102051995(B1) [4] involves mixing NC in a solvent environment, or in a mixture of solvents such as methanol, ethanol, dimethyl ether, diethylether, tetrahydrofuran (THF), acetone, dimethylsulfoxide (DMSO) with an energetic plasticizer and chemical stability stabilizer. As a result of this process, a powder dough is formed, which is conditioned for $12 \div 72$ h at $20 \text{ }^\circ\text{C} \div 30 \text{ }^\circ\text{C}$, and then cords with a central channel are formed from it, which are cut into powder grains of a certain length in a further process. The resulting powder grains are dried at $50 \text{ }^\circ\text{C} \div 60 \text{ }^\circ\text{C}$ for $24 \div 96$ h, preferably for 48 h, using hot air circulation or drying in chambers under reduced pressure. The gunpowder grains are then graphitized, resulting in a smooth surface and thus less susceptible to moisture absorption and static electricity charging.

As an example of the implementation of the invention, the patent description [4] presents three gunpowder grains made from the same gunpowder dough that differ in geometric parameters (sizes).

The process for making gunpowder grains was as follows: 3 kg of NC, 7 kg of DEGDN and 20 g of chemical stability

przedstawiał się następująco: 3 kg NC, 7 kg DEGDN i 20 g stabilizatora chemicznej trwałości w roztworze alkoholowym, wymieszano w mieszaninie acetonu, octanu etylu i eteru dietylowego w mieszalniku wyposażonym w mieszadło łopatkowe typu sigma. Temperatura mieszaniny wynosiła 40 °C. Biorąc pod uwagę masy składników ciasta prochowego, NC stanowiła 65 % masy prochu bezdymnego, DEGDN 35 %, zaś stabilizator chemicznej trwałości 0,1 %. Po usunięciu (odparowaniu) nadmiaru rozpuszczalników, ciasto prochowe zostało szczelnie zamknięte i kondycjonowane przez 12 h. Następnie ciasto prochowe (o odpowiednio niskiej lepkości) zostało wytłoczone w postaci sznurów z centralnym kanalikiem, które po wytłoczeniu zostało pocięte na ziarna jednokanalikowe (rurki) o odpowiedniej długości. Powstałe ziarna prochowe były suszone w temp. 50 °C ÷ 60 °C przez 72 h, a następnie grafitowane. Po zakończeniu całego procesu otrzymano trzy rodzaje ziaren (o różnej geometrii):

- Ziarno prochowe nr 1 o grubości warstwy palnej $2e_1 = 1,45 \text{ mm}$, stosunku $\frac{D_z}{D_w} = 2$ oraz $\frac{L}{D_z} = 2,5$.
- Ziarno prochowe nr 2 o grubości warstwy palnej $2e_1 = 1,90 \text{ mm}$, stosunku $\frac{D_z}{D_w} = 2$ oraz $\frac{L}{D_z} = 2,5$.
- Ziarno prochowe nr 3 o grubości warstwy palnej $2e_1 = 1,45 \text{ mm}$, stosunku $\frac{D_z}{D_w} = 1,3$ oraz $\frac{L}{D_z} = 2,5$.

2.3. Palne pojemniki modułowych ładunków miotających do 155 mm amunicji artyleryjskiej

Przedmiotem patentu nr KR 960004922 [1] jest sposób wytwarzania palnego pojemnika modułowego ładunku miotającego (rys. 1C).

Sposób ten polega na tym, że w środowisku wodnym miesza się 50 ÷ 80% części masywowych NC (o długość włókna 1,5 ÷ 4 mm,

stabilizer in alcoholic solution were mixed in a mixture of acetone, ethyl acetate and diethyl ether in a mixer equipped with a sigma-type, paddle stirrer. The temperature of the mixture was 40 °C. Taking into account the weights of the components of the gunpowder dough, NC accounted for 65% of the weight of smokeless gunpowder, DEGDN 35%, and chemical stability stabilizer 0.1%. After removing (evaporating) the excess solvents, the gunpowder dough was sealed and conditioned for 12 h. The gunpowder dough (with sufficiently low viscosity) was then extruded in the form of cords with a central channel, which after extrusion were cut into single-channel grains (tubes) of appropriate length. The resulting powder grains were dried at 50 °C ÷ 60 °C for 72 h and then graphitized. After the whole process, the following three types of grains (with different geometries) were obtained:

- Gunpowder grain No.1 with burning layer $2e_1 = 1.45 \text{ mm}$, and ratios $\frac{D_z}{D_w} = 2$ and $\frac{L}{D_z} = 2.5$;
- Gunpowder grain No.2 with burning layer $2e_1 = 1.90 \text{ mm}$, and ratios $\frac{D_z}{D_w} = 2$ and $\frac{L}{D_z} = 2.5$;
- Gunpowder grain No.3 with burning layer $2e_1 = 1.45 \text{ mm}$, and ratios $\frac{D_z}{D_w} = 1.3$ and $\frac{L}{D_z} = 2.5$.

2.3. Combustible Containers of Modular Propulsive Charges for 155 mm Artillery Ammunition

The subject of patent No. KR 960004922 [1] is a method of manufacturing a combustible modular container of a propulsive charge (Fig. 1C).

The method consists in mixing 50 ÷ 80% by mass parts of NC (with a fiber length of

zawartość azotu w NC 12,2 ÷ 12,45 %) i 20 ÷ 50 % części masowych pulpy Krafta (miazgi celulozowej) w specjalnym mieszalniku, którego mieszadło obraca się z prędkością 100 ÷ 400 $\frac{obr}{min}$. Podczas mieszania dodaje się 8 ÷ 15 % części masowych żywicy akrylonitrylo-butadienowo styrenowej (ABS) albo żywicy butadienowo-styrenowej (SBR), a następnie 5 ÷ 18% części masowych talku, 1 ÷ 10% części masowych DFA w roztworze alkoholowym, wodnego roztworu węglanu wapnia ($CaCO_3$), w celu utrzymania pH mieszaniny reakcyjnej w zakresie 8 ÷ 11 oraz wodnego roztworu siarczanu amonowego ($(NH_4)_2SO_4$) w celu uzyskania i utrzymania pH mieszaniny reakcyjnej w zakresie 4 ÷ 6.

Mieszanina wynikowa w postaci wilgotnego filcu zawierającego 70 ÷ 80 % wilgoci jest suszona w podwyższonej temperaturze i pod obniżonym ciśnieniem w celu zmniejszenia wilgotności do 50 ÷ 60 %. Filc poddany jest prasowaniu przez 8 minut pod ciśnieniem 90 $\frac{kG}{cm^2}$ w temperaturze 120°C. Suszenie i prasowanie przyspiesza utwardzenie żywicy ABS lub SBR. Kształtka w postaci rury jest cięta na cylindry-moduły. Do klejenia elementów pojemników palnych stosuje się klej w postaci NC rozpuszczonej w rozpuszczalniku organicznym.

W opisie patentowym [1] przedstawiono rolę każdego składnika palnego pojemnika, stwierdzając min., że NC jest strukturalnym i energetycznym składnikiem, pulpa Krafta spełnia rolę podstawowego składnika strukturalnego, DFA jest stabilizatorem chemicznej trwałości, talk obniża erozję lufy, ponieważ podczas strzału zostaje rozpylony na powierzchni przewodu lufy, zmniejszając tarcie między powierzchnią boczną pocisku, a wewnętrzną powierzchnią lufy, zaś $CaCO_3$ i $(NH_4)_2SO_4$ są regulatorami pH mieszaniny reakcyjnej, z której powstaje filc - materiał palnego pojemnika.

1.5÷4 mm, nitrogen content in NC 12.2÷12.45%) and 20÷50% by mass parts of Kraft pulp (cellulose pulp) in a special mixer, the stirrer of which rotates at 100÷400 rpm, in an aqueous environment. While stirring, 8÷15 wt% parts of acrylonitrile butadiene styrene resin (ABS) or styrene butadiene resin (SBR) are added, followed by 5÷18 wt% parts of talc, 1÷10 wt% parts of DPA in alcohol solution, an aqueous solution of calcium carbonate ($CaCO_3$) to maintain the pH of the reaction mixture in the range of 8÷11, and an aqueous solution of ammonium sulfate ($(NH_4)_2SO_4$) to obtain and maintain the pH of the reaction mixture in the range of 4÷6.

The resulting mixture, in the form of moist felt containing 70÷80% moisture, is dried at elevated temperature and reduced pressure to reduce the moisture content to 50÷60%. The felt is subjected to pressing for 8 minutes at a pressure of 90 kG/cm² at 120 °C. Drying and pressing accelerates the curing of ABS or SBR resin. Such obtained tube is cut into cylinder-modules. For bonding combustible container components, it is used an adhesive in the form of NC dissolved in an organic solvent.

The patent description [1] also details the role of each component of the combustible container, stating among others, that: NC is structural and energetic component, Kraft pulp acts as the primary structural component, DPA is a stabilizer of chemical durability, talc reduces barrel erosion as it is sprayed onto the inner surface of the barrel tube during firing, so reducing friction between the side surface of the shell and the inner surface of the barrel, and $CaCO_3$ and $(NH_4)_2SO_4$ are regulators of the pH of the reaction mixture from which the felt, i.e. - material of the combustible container, is formed. ABS and SBR resins are the bind-

Żywiec ABS i SBR są lepiszczami spajającymi wszystkie składniki palnego pojemnika.

3. Podsumowanie i wnioski

Omawiane południowokoreańskie opisy patentowe, zwłaszcza w ramach przykładów realizacji wynalazków, podają wiele szczegółowych danych, stanowiących cenną wiedzę *know-how* i dotyczących parametrów materiałowych, budowy i technologii wytwarzania podstawowych elementów modułowych ładunków miotających, tj. centralnych układów zapłonowych, ładunków prochów bezdymnych otaczających układy zapłonowe oraz palnych pojemników mieszczących układy zapłonowe i ładunki prochu bezdymnego.

Analizując zaprezentowane rozwiązania patentowe można stwierdzić, że:

- zastosowanie technologii powlekania powierzchni palnych rurek centralnych układów zapłonowych zawiesiną prochu czarnego jest dobrą alternatywą dla dotychczas stosowanego wklejania ziaren prochu czarnego (stanowiących drobne elementy) do wnętrza palnej rurki, co przekłada się bezpośrednio na jakość i pewność zapłonu;
- wykorzystanie palnych opasek z kieszonkami zawierającymi ładunki zapalające umożliwia odpowiednie wzmocnienie zapłonu;
- wykonanie palnych rurek z mieszaniny zbliżonej składem do prochu dwubazowego, bez ich pokrywania warstwą prochu czarnego oraz zrezygnowanie z opasek palnych wypełnionych ładunkiem zapalającym może utrudnić zapłon i spalanie zasadniczego ładunku miotającego, otaczającego palne rurki, a tym samym obniżyć niezawodność działania modułowych ładunków miotających;
- rowkowanie wewnętrznej powierzchni

ers that bind all the components of the combustible container together.

3. Summary and Conclusions

The South Korean patent descriptions discussed, especially within the examples of the implementation of the inventions, provide a lot of detailed data constituting valuable know-how and concerning the material parameters, construction and manufacturing technology of the basic elements of modular propulsive charges, i.e. central ignition systems, smokeless powder charges surrounding the ignition systems and combustible containers housing the ignition systems and smokeless powder charges.

Analyzing the presented patent solutions, it can be concluded that:

- the use of technology for coating the surfaces of combustible central tubes of ignition systems with a suspension of black powder is a good alternative to the previously used pasting of grains of black powder (which are fine elements) into the interior of the combustible tube, which directly translates into ignition quality and reliability.
- the use of combustible bands with pockets containing incendiary charges makes it possible to adequately enhance ignition;
- making combustible tubes from a mixture similar in composition to two-base gunpowder, without coating them with a layer of black powder, and dispensing with combustible bands filled with incendiary charges may hinder the ignition and combustion of the basic propelling charge surrounding the combustible tubes, and thus reduce the reliability of modular propulsive charges;

palnych rurek stosowane jest w celu zwiększenia początkowej powierzchni ich spalania, a tym samym skrócenia czasu ich spalania i zwiększenia niezawodności zapłonu zasadniczego ładunku miotającego z prochu bezdymnego.

Powyższe informacje mogą być przydatne dla ośrodków zajmujących się opracowywaniem i/lub badaniem 155 mm amunicji artyleryjskiej oraz zakładów produkujących modułowe ładunki miotające do tego rodzaju amunicji.

– grooving of the inner surface of combustible tubes is used to increase their initial combustion surface, thereby reducing their combustion time and increasing the reliability of ignition of the basic propulsive charge of smokeless gunpowder.

The above information may be useful for centers involved in the development and/or testing of 155mm artillery munitions and plants that produce modular propelling charges for such munitions.

Literatura / Literature

- [1] Kim Kyuang Mo, Manufacture method for variable propelling charge for large-caliber gun, Patent KR 960004922(B1), date of filing - 8.04.1992 and date of publication -17.04.1996
- [2] Lee Won Min, Lee Hyoung Ju, Lee Sung Kye, Modular charge ignition system and manufacturing method for the same, Patent KR 101657435(B1), date of filing - 10.03.2016 and date of publication - 13.09.2016
- [3] Jung Jin Young, Kwon Soon Kil, Choi Jae Hyun, Modular charge ignition system, Patent KR 1019771168(B1), date of filing - 7.12.2018 and date of publication - 10.05.2019
- [4] Kwon Soon Kil, Jung Jin Young, Jae Hyun, Lee Won Min, Propellant of low zone for 155mm howitzer and manufacturing method thereof, Patent KR 102051995(B1), date of filing – 17.05.2019 and date of publication 4.12.2019
- [5] Jung Jin Young, Kwon soon Kil, Choi Jae Hyun, Lee Won Min, An Young In, Integrated igniter for modular charge, Patent KR 102177959(B1), date of filing – 18.06.2019 and date of publication – 12.11.2020
- [6] Ludwig Stiefel (Ed), Gun propulsion technology, Ed. AIAA, USA (1988), p.123
- [7] Hassmann Harry F., Igniter assembly containing Benite strands, Patent US 3182595, date of filling 20.07.1962 and date of publication 11.05.1965
- [8] Modular Charge System 155mm, K677, 2023, karta producenta Hanwha, www.hanwhacorp.co.kr, dostęp: czerwiec 2023

