



## ZASTOSOWANIE METODY RENTGENOGRAFICZNEJ W BADANIACH ŚRODKÓW BOJOWYCH

### *APPLICATION OF X-RAY METHOD FOR TESTING MUNITIONS*

Marcin NITA, Radosław WARCHOŁ, Piotr KASPRZAK, Magdalena CZERWIŃSKA  
Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia  
*Military Institute of Armament Technology*

**Streszczenie:** W artykule zaprezentowano wybrane wyniki badań nieniszczących środków bojowych znajdujących się na wyposażeniu Sił Zbrojnych RP, wykonanych aparatem rentgenowskim typu MU-17F-225-9 firmy YXLON. Badania prowadzono w celach diagnostycznych, ze względu na ich ogromne znaczenie w procesie oceny stanu środków bojowych. Uzyskane wyniki decydują również o wyborze metodyki późniejszych badań.

**Słowa kluczowe:** badania rentgenograficzne, uzbrojenie, amunicja artyleryjska, zapalniki.

### 1. Wstęp

Za odkrywcę promieniowania rentgenowskiego oficjalnie przyjmuje się Wilhelma Röntgena, za co w roku 1901 została mu przyznana pierwsza nagroda Nobla w dziedzinie fizyki. Nowo odkryte promieniowanie, któremu Röntgen zaproponował nazwę promieniowania X, początkowo było wykorzystywane głównie w celach medycznych. Obecnie jednak znajduje szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach nauki i przemysłu, np. w inżynierii materiałowej, chemii oraz w produkcji żywności, farmaceutyków i w ochronie środowiska [1].

Spopularyzowanie badań nieniszczących, a głównie defektoskopii rentgenowskiej pozwoliło również na zmianę sposobu badań różnorodnych środków bojowych, które uprzednio wiązały się z nieuchronną koniecznością ich zniszczenia [2].

Badania rentgenograficzne najczęściej polegają na rejestrowaniu dwuwymiarowego

**Abstract:** Some results of non-destructive tests of explosive ordnance (munitions) used by the Polish Armed Forces and performed by X-ray apparatus MU-17F-225-9 from YXLON are presented in the paper. Tests were performed in diagnostic purposes as they are significant for munitions status evaluation process. Received results decide also about the selection of final testing methodology.

**Keywords:** X-ray tests, ordnance, artillery ammunition, fuses.

### 1. Introduction

X-ray radiation was discovered by Wilhelm Röntgen who received for it the first Nobel Prize in domain of physics in 1901. Newly discovered radiation was named by Röntgen's proposal as X-rays and it was first used for medical purposes. Now it is widely used in many domains of science and industry e.g. in material engineering, chemistry, and for manufacture of food, pharmaceuticals and for protection of environment [1].

Popularisation of non-destructive tests and especially X-ray defectoscopy has also changed the ways of testing for various pieces of munitions which previously had to be inevitably destroyed [2].

X-ray tests usually are based on recording a two-dimensional picture (exograph) created as the result of

obrazu, powstającego w wyniku prześwietlania wiązką promieniowania rentgenowskiego badanego obiektu. Promieniowanie to umożliwia wizualizację wnętrza obiektów charakteryzujących się nawet bardzo złożoną budową, np. zapalnika, zapłonika, mechanizmów zabezpieczająco-uzbrajających, itp. Jednocześnie daje też sposobność wykrycia defektów materiałowych, konstrukcyjnych i montażowych badanych obiektów. Pozwala wykryć procesy korozyjne, jak również procesy związane z rozkładem materiałów wybuchowych będących elementem środków bojowych.

W magazynach Wojska Polskiego w sposób ciągły utrzymywane są określone zapasy uzbrojenia. Znaczącą ich część stanowi amunicja (naboje, pociski, rakiety) i inne wyroby zawierające materiały wybuchowe. W celu zagwarantowania ich ciągłego bezpieczeństwa i niezawodności działania w procesie eksploatacji i składowania konieczne jest monitorowanie ich stanu technicznego. Do tego celu służy rentgenowski system diagnostyczny znajdujący się w Wojskowym Instytucie Technicznym Uzbrojenia w Zakładzie Badań Materiałów Wybuchowych (ZBMW). Jest to aparat rentgenowski typu MU-17F-225-9 firmy YXLON wyposażony w detektor półprzewodnikowy, umożliwiający obserwację badanego obiektu w czasie rzeczywistym. Maksymalne napięcie pracy dwuogniskowej lampy rentgenowskiej wynosi 225 kV, a maksymalny prąd ma wartość 1,4 mA. Parametry te w połączeniu z możliwością regulacji odległości detektora od lampy pozwalają uwidocznić elementy przesłonięte blachą pancerną o grubości do około 40 mm. Dzięki temu system znajdujący się w WITU jest powszechnie wykorzystywany do badań nieniszczących szerokiej gamy różnorodnych rodzajów środków bojowych. Atutem systemu jest również obrotowa głowica, która dodatkowo może być przesuwana w osiach X,Y,Z. Udogodnienie takie jest o tyle istotne, że w łatwy sposób umożliwia ocenę głębokości zalegania uszkodzeń lub niepożądanych wtrąceń w badanym wyrobie [3].

Kontrola jakości wyrobów i ich elementów aparatem rentgenowskim powinna być wykonywana nie tylko w przypadku środków bojowych przechowywanych w magazynach, ale również na etapie ich produkcji. Kontrola taka pozwala na skuteczniejszą eliminację wad w danym wyro-

scanning a tested object by X-ray beam. This radiation makes possible the internal parts of objects with even complex structure become visible e.g. fuse, primer, safety – arming mechanisms, etc. At the same time it gives a chance to detect faults in material, structure and assembly of examined objects. The processes of erosion and some processes connected with decomposition of explosive materials which are a part of munitions may also be detected.

In depots of the Polish Army a regular stock of ordnance is stored. Ammunition (cartridges, projectiles and rocket projectiles) and other parts including explosive materials are a meaningful part of it. In order to secure a permanent level of safe and reliable operation for them when they are used and stored, the monitoring of their technical status is required. For this reason an X-ray system installed in Testing Laboratory of Explosive Materials of the Military Institute of Armament Technology is used. It is the X-ray instrument MU-17F-225-9 of YXLON company that is equipped with semi conductive detector providing the visualisation of tested objects in real time. The maximal working voltage of bifocal X-ray lamp is 225 kV and maximal current is 1.4 mA. These parameters combined with a possibility for adjusting the distance between detector and lamp provide the visualisation of components screened by an armour plate of ca. 40 mm thickness. For this reason the existing system is widely used for non-destructive tests of various types of munitions. A turning table which additionally may be shifted in X,Y,Z axes is another benefit of the system. The solution facilitates evaluation of the depth of defects or unwanted inclusions placed within tested article [3].

The X-ray survey of quality for articles and their components has to be carried out not only for munitions stored in depots but also at the stage of manufacture. Such survey secures more effective elimination of defects in a

bie, co przekłada się na większą niezawodność środków bojowych, a także na zmniejszenie ryzyka wystąpienia wypadku podczas jego eksploatacji, wynikającego z wadliwego wykonania.

W artykule przedstawiono wyniki, otrzymane podczas badań środków bojowych na rentgenowskim stanowisku diagnostycznym. Celem tych badań była zgrubna identyfikacja użytych materiałów konstrukcyjnych i wybuchowych oraz wykrycie w gotowych wyrobach i w ich elementach:

- zanieczyszczeń (np. wtrąceń, ciał obcych typu kawałki szkła, drewna, plastiku, piasku itp.),
- defektów mechanicznych (np. pęknięcia, ukruszenia, ubytki),
- wad konstrukcyjnych (np. nieprawidłowo wykonana iglica),
- wad montażowych (np. brak spłonki pobudzającej).

## 2. Diagnostyczne badania rentgenograficzne inicjatorów procesu spalania i detonacji

Obecność w inicjatorach procesu spalania lub detonacji materiałów wybuchowych różnorodnych substancji wybuchowych o różnicowanym składzie i gęstości, pozwala w łatwy sposób na wstępną identyfikację danego typu ładunku wybuchowego. Jest to szczególnie widoczne w przypadku substancji wybuchowych, zawierających związki lub proszki metali ciężkich np.: inicjujących materiałów wybuchowych lub mieszanin pirotechnicznych.

Przykładem takich substancji są: bardzo popularny inicjujący materiał wybuchowy - azydek ołowiu(II) oraz masy opóźniające na bazie tlenku ołowiu(II, IV), wolframu i cyrkonu. W przypadku tych substancji uzyskiwany obraz jest zdecydowanie ciemniejszy niż obraz otrzymany w wyniku prześwietlenia ładunku kruszącego materiału wybuchowego wykonanego np. z trotylu.

Na fotografii 1 przedstawiono płomieniową spłonkę pobudzającą z widocznymi ładunkami: inicjującego materiału wybuchowego (obszar ciemny na górze spłonki) i kruszącego materiału wybuchowego (obszar jasny).

specific article what contributes into greater reliability of munitions and reduced risks of any accidents at life time caused by a faulty workmanship. The paper includes results of tests carried out on X-ray diagnostic stand. The aim of these tests was to identify the used structural and explosive materials and to detect in final articles and their components:

- Impurities (e.g. inclusions, foreign bodies such as pieces of glass, wood, plastic, sand, etc.)
- Mechanical defects (e.g. cracks, crumbled fragments, cavities)
- Structural defects (e.g. improperly made striker)
- Assembling faults (e.g. lack of initiating primer).

## 2. Diagnostic X-ray Tests of Initiators for Combustion and Detonation Processes

The presence of various explosive compositions, with different contents and densities, in initiators of combustion and detonation processes helps in preliminary identification and categorisation of explosive charge. It is clearly visible for explosive compositions including compounds or powders of heavy metals e.g. primary explosive materials or pyrotechnical mixtures.

An exemplary material of that kind is typical primary explosive – lead azide (II) and delaying substances on the base of lead oxide (II, IV), tungsten and zirconium. The X-ray picture received from scanning these substances is decisively darker than for high explosives e.g. TNT (trotyl).

The flame booster primer with visible primary charge (dark part at the top of primer) and high explosive material (brighter area) is presented in photo 1.



*Fot. 1. Płomieniowa spłonka pobudzająca*

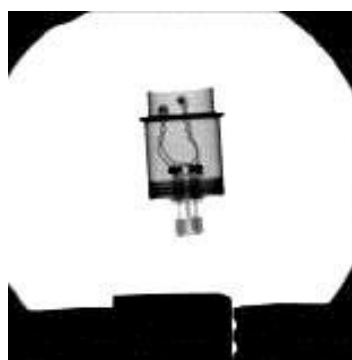
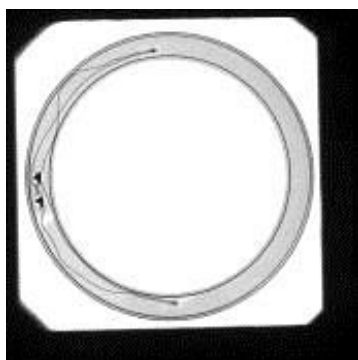
*Photo 1. Flame booster primer*

Kształt poszczególnych ładunków wybuchowych spłonki sugeruje, że proces jej produkcji nie został wykonany całkowicie poprawnie, z uwagi na niesymetryczne zaprasowanie ładunku inicjującego.

Ze względu na stosunkowo dużą powierzchnię detektora wchodzącego w skład zestawu rentgenowskiego możliwe jest również badanie inicjatorów o większych gabarytach i nietypowych kształtach, np. zapłonników z pocisku 9M14M oraz 9M14P1 ppk „Malutka” (fot. 2)

The shape of particular explosive charges indicates that manufacturing process was a bit faulty as the primary charge was asymmetrically pressed.

As the X-ray system has a relatively large detector surface it is also possible to test primary devices of greater sizes and untypical shapes e.g. primers used in antitank guided missiles „Malutka” 9M14M and 9M14P1 (Photo 2).



**Fot. 2 . Zdjęcia rentgenograficzne a) zapłonnika silnika startowego b) silnika marszowego z rakiety 9M14M oraz 9M14P1 ppk „Malutka”**

***Photo 2. Exographs of: a) Primer of launching motor, b) Marching motor for 9M14M and 9M14P1 antitank guided missiles „Malutka”***

Metoda rentgenograficzna umożliwia też badanie wyrobów niewielkich gabarytów, takich jak pironabój UDP 2-3 (fot. 3) lub pironabój PP-9 RSM z rakiety 5W27U (fot. 4).

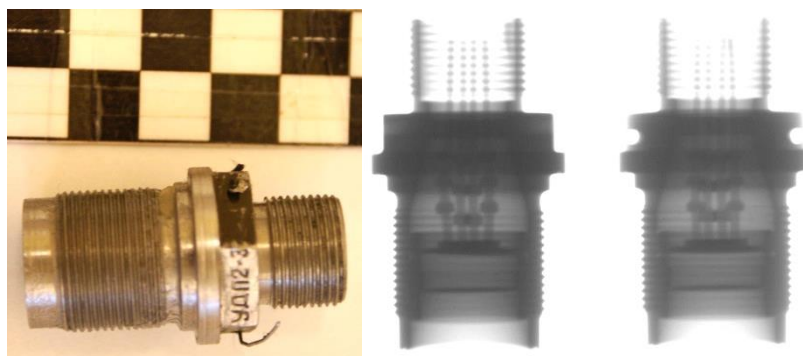
### **3. Badania rentgenograficzne amunicji artyleryjskiej**

Ze względu na wielkość komory roboczej aparatu MU-17F-225-9 możliwe jest badanie wyrobów o długości nieprzekraczającej 1 m i masie nie większej niż 50 kg.

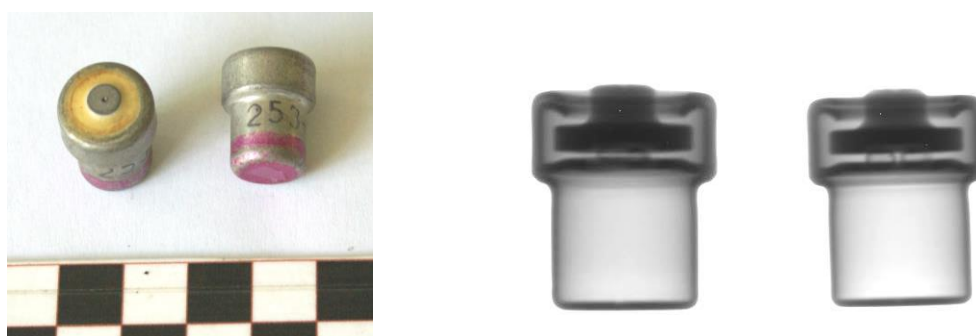
The X-ray method may be used for testing articles with small sizes such as pyrotechnical shots UDP 2-3 (Photo 3) or PP-9 RSM from rocket 5W27U (Photo 4).

### **3. Artillery Ammunition X-ray Tests**

The size of the working space of X-ray system MU-17F-225-9 limits the length of tested objects to 1 m and the weight to 50 kg.



**Fot. 3. Zdjęcia rentgenograficzne pironaboju UDP 2-3 z rakiety 9M33M3.**  
*Photo 3. Exographs of pyrotechnical shot UDP 2-3 from missile 9M33M3.*



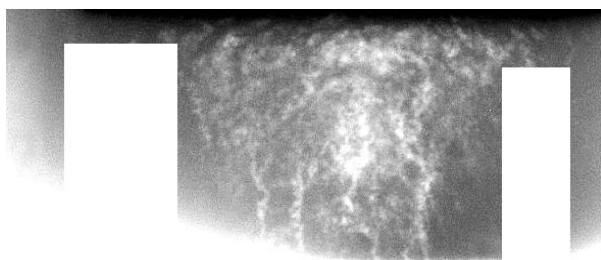
**Fot.4. Przykładowe zdjęcie i rentgenogramy pironaboju PP-9 RSM**  
*Photo 4. Exemplary picture and exograph of pyrotechnical shot PP-9 RSM*

Jest to bardzo istotne podczas prowadzenia badań amunicji artyleryjskiej charakteryzującej się często znacznymi gabarytami i masą. Rentgenogramy wybranych fragmentów korpusów pocisków moździerzowych, w których metoda rentgenograficzna pozwoliła na ujawnienie istotnych wad przedstawiono na fot. 5 i 6.

Na fot. 7a i 7c zaprezentowano ziarna paliwa z silników startowych i marszowych pocisków raketowych 9M14M i 9M14P1 ppk „Malutka” skierowanych do badań metodą rentgenograficzną. W czasie prowadzenia badania analizowano możliwość wystąpienia wad materiałowych, a w tym niejednorodność paliw raketowych. Badanie miało również na celu ujawnienie potencjalnych zanieczyszczeń znajdujących się w ziarnach. Wyniki tych badań zaprezentowano na fot.7b i 7d.

It is very important at testing artillery ammunition as it is often characterised by large volumes and weights. The exographs of selected parts of bodies of mortar projectiles where the X-ray method has disclosed essential faults are presented in photos 5 and 6.

The grains of propellant from launching and marching motors of „Malutka” antitank guided missiles 9M14M and 9M14P1, scanned by X-ray method, are shown on photos 7a and 7c. During the test a possibility of material defects and especially of rocket propellant non-homogeneities was analysed. Another aim of the test was to disclose potential impurities placed in the grains. Results of these tests are presented on photos 7b and 7d.



**Fot. 5. Fragment nieprawidłowo wykonanego korpusu pocisku móżdziejowego (widoczna nieciągłość gęstości).**

*Photo 5. A part of defectively fabricated body of mortar projectile (a discontinuity of density is visible).*



**Fot. 6. Fragmenty korpusów pocisków móżdziejowych z widocznymi pęknięciami**

*Photo 6. Fragments of mortar projectiles with visible cracks*

W wyniku interpretacji uzyskanych zdjęć, stwierdzono wady paliwa silnika marszowego w postaci odklejonego inhibitora (fot. 8). Jednorodność gęstości ładunku w jego całej objętości była na wymaganym poziomie. Nie wykryto również ciał obcych w ziarnach.

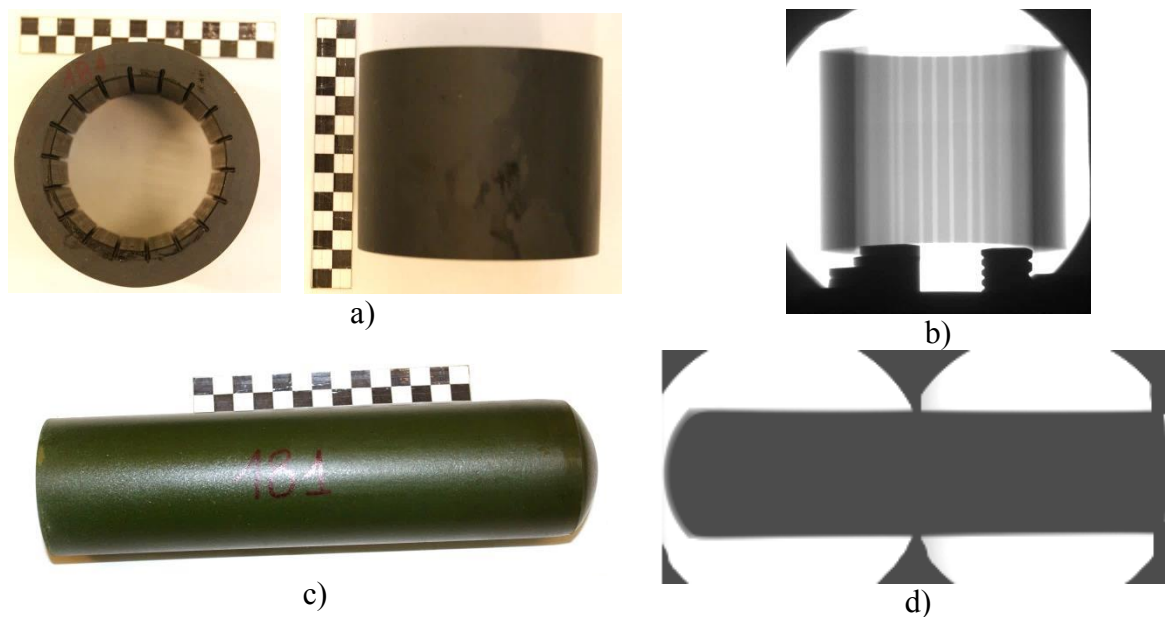
W skład rakiety 9M14M wchodzi głowica kumulacyjna, która również poddawana jest badaniom nieniszczącym (fot. 9).

W czasie badania tego elementu zwraca się uwagę na osiowość i symetrię wykonania ładunku kumulacyjnego, sposób umieszczenia soczewki, poprawność wykonania ładunku materiału wybuchowego. Jest to o tyle istotne, że parametry te decydują o skuteczności działania głowicy bojowej.

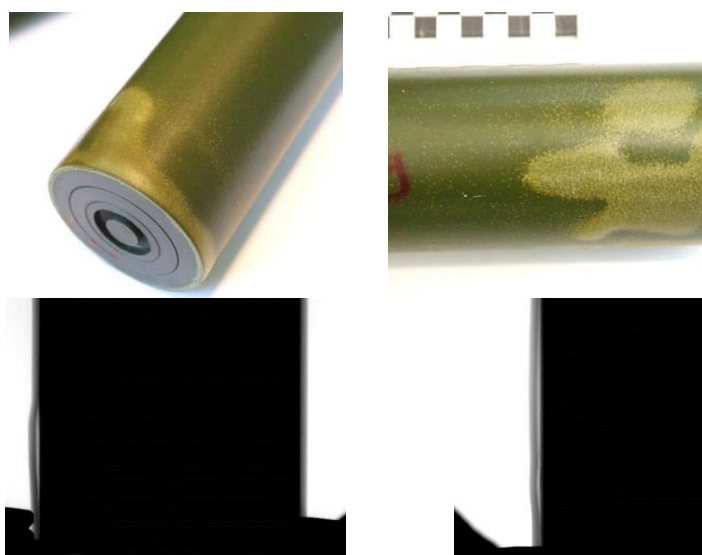
Interpretation of pictures shows faults of marching motor propellant where the inhibitor was stuck out (photo 8). The uniformity of density of the charge was on required level within its whole volume. No foreign body was detected in grains.

Missile 9M14M includes a shaped charge head that is also subjected to non-destructive tests (photo 9).

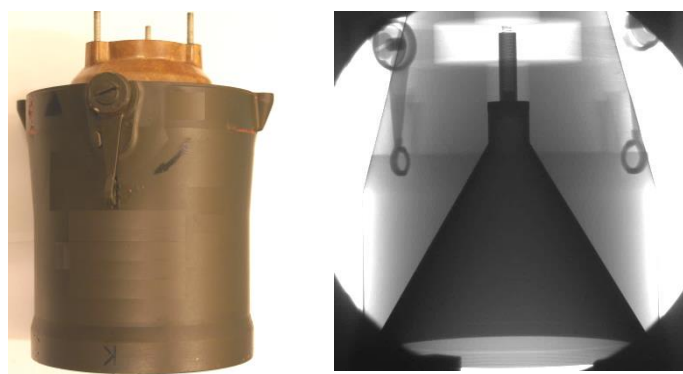
When this part is tested the attention is paid to axial and symmetrical fabrication of the shaped charge, a way the focusing device is fixed and correctness of fabrication of the explosive charge. These parameters are essential as they decide about the war head efficiency.



**Fot. 7. Zdjęcia i rentgenogramy ładunków: a-b) startowego, c-d) marszowego z rakiety ppk „Malutka”**  
**Photo 7. Pictures and exographs of: a-b) Launching, c-d) Marching charges of antitank guided missile „Malutka”**



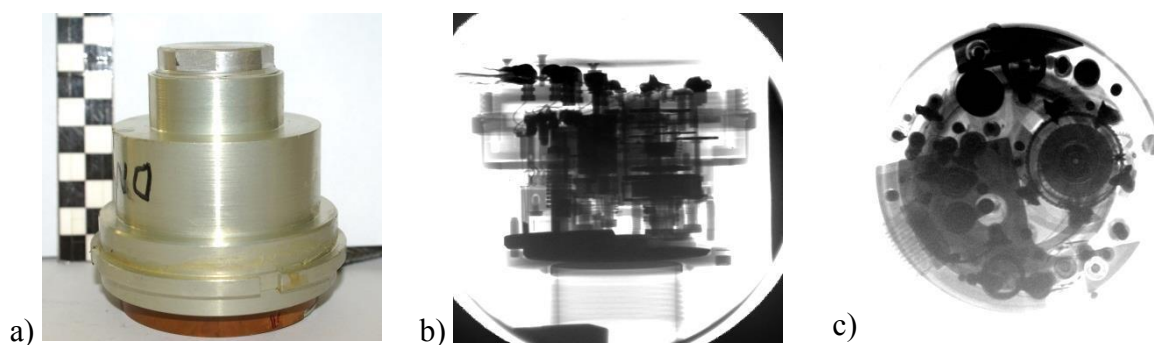
**Fot. 8. Niezgodności przykładowych silników marszowych z rakiety**  
**Photo 8. Incompatibilities of exemplary rocket marching motors**



**Fot. 9. Zdjęcie (a) i rentgenogram (b) głowicy bojowej z rakiety**  
**Photo 9. Picture (a) and exograph (b) of a missile war head**

Aparatem rentgenowskim można również badać tak skomplikowane elementy, jak mechanizm zabezpieczająco-uzbrajający wyrobu 9M33M3, który składa się z układów elektrycznych, mechanicznych i pirotechnicznych. W celu przeprowadzenia badania tego typu wyrobów potrzebne jest wykonanie wielu zdjęć, pozwalających na pełne uwidocznienie ich skomplikowanej budowy wewnętrznej (fot. 10).

The X-ray apparatus may be also used for examination of such complex components as safety-arming mechanism of 9M33M3 article consisting of electric, mechanical and pyrotechnical units. The investigations of such articles demand a series of pictures to be taken for complete illustration of their complicated internal structure (photo 10).



**Fot. 10. Zdjęcia oraz rentgenogramy mechanizmu zabezpieczająco-uzbrajającego wyrobu 9M33M3**

*Photo 10. Pictures and exographs of a safety-arming mechanism of 9M33M3*

#### 4. Badania rentgenograficzne ładunków MW

Przed pobraniem próbek z ładunków materiałów wybuchowych wykonywane są badania rentgenowskie całego ładunku, znajdującego się w środku bojowym. Ładunki te mają najczęściej postać wyprasek lub odlewów. W tej sytuacji metoda rentgenograficzna pozwala wykryć pęknięcia, nieciągłość gęstości, porowatość. Bardzo łatwo jest wskazać również miejsce zalegania w ładunkach kruszących materiałów wybuchowych przedmiotów o gęstości większej niż gęstość materiału wybuchowego.

Ładunek materiału wybuchowego, w którym stwierdzono pęknięcia przedstawiono na fot. 11.

W przypadku ładunków wykonanych metodą prasowania mieszanin pirotechnicznych metoda rentgenograficzna daje również duże możliwości. Fot. 12 przedstawia nieprawidłowości w ładunku pirotechnicznym w postaci rozwarstwień i pustych przestrzeni. Eksploatacja takich ładunków może skutkować niekontrolowanym wybuchem.

Aparat rentgenowski typu MU-17F-225-9 wykorzystywany jest również do wykrywania wadliwie działającego elementu w środku

#### 4. X-ray Tests of Explosive Charges

The X-ray tests of complete explosive charges included in a particular piece of munitions are carried out before any sample is taken. These charges usually have the form of presswork or cast elements. In such way the X-ray method can detect possible cracks, density discontinuity, and porosity. It is also easy to show the places inside the high explosive charges with objects of greater density than density of original explosive material.

Picture of an explosive charge with cracks is presented in photo 11.

In case of charges made by a method of pressing pyrotechnical compositions the X-ray technique also provides many opportunities. Photo 12 shows faulty fragments of pyrotechnical charge in the form of delaminating and empty spaces. The use of such charges may result in uncontrolled explosion.

X-ray apparatus MU-17F-225-9 is also used for detection of any malfunctioning component of the explosive ordnance



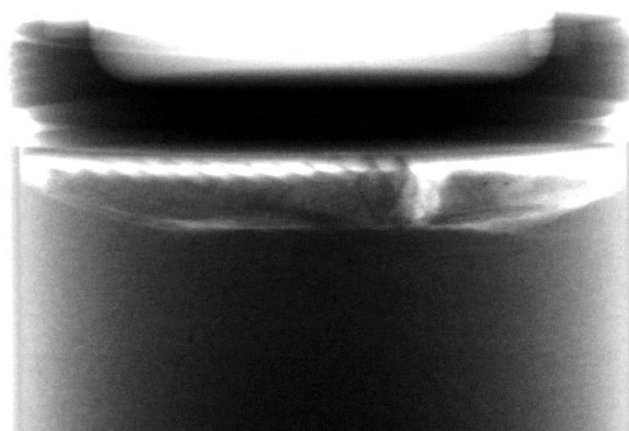
bojowym podczas jego badań niszczących. Dobrym przykładem jest przypadek przerwania procesu spalania ładunku opóźniacza pirotechnicznego. W tej sytuacji możliwe jest bezpośrednio i szybko wskazanie wadliwie działającego elementu bez konieczności demontażu układu (fot. 13).

during its destroying tests. An example of it is an interruption of combustion process of pyrotechnical delaying charge. In such case it is possible to show quickly and directly the faulty operating component without any necessity for disassembling the unit (photo 13).



**Fot. 11. Pęknięcia ładunku kruszącego materiału wybuchowego**

*Photo 11. Cracks of high explosive charge*



**Fot. 12. Defekty ładunku wykonanego metodą prasowania mieszaniny pirotechnicznej**  
*Photo 12. Defects of the charge made by pyrotechnical mixture pressing method*

## **5. Zastosowanie badań rentgenograficznych w ekspertyzach sądowych**

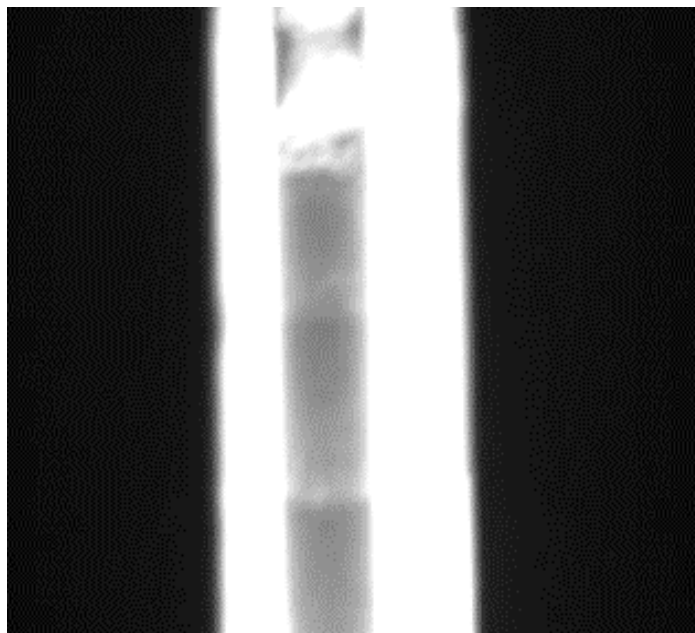
Nieniszczące badania rentgenograficzne są również pomocne w wykonywaniu ekspertyz sądowych. Na przykład, metodę rentgenograficzną zastosowano w badaniach dowodów sądowych 2 sztuk niekompletnych granatników przeciwpancernych pochodzących z II wojny światowej. Badania wskazały na zaawansowaną korozję i brak jakichkolwiek materiałów

## **5. Application of X-ray Tests in Legal Expertises**

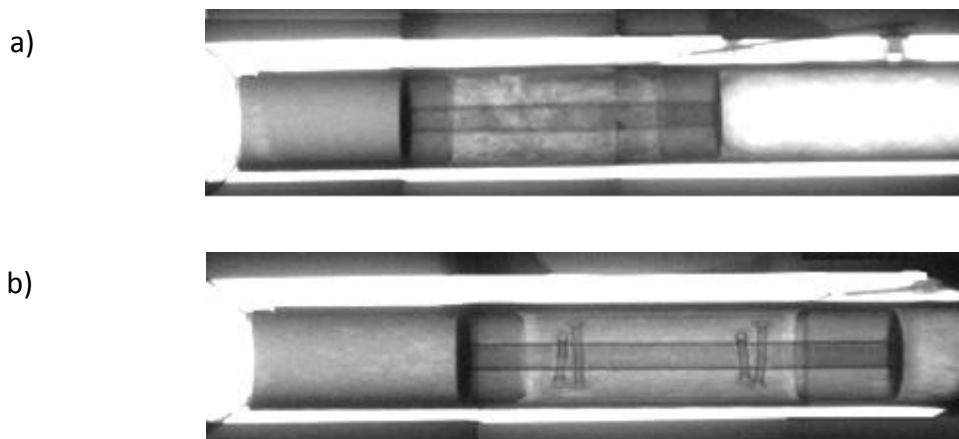
Non-destructive X-ray tests are also useful in law suits expert opinions. An example of such application was testing two WWII incomplete antitank grenade launchers as evidences for a court of law. X-ray tests have indicated the process of advanced corrosion and the lack of any explosive materials inside

10  
wybuchowych w ich wnętrzu (foto.14).

(photo 14).



**Zdjęcie 13. Miejsce przerwania procesu spalania opóźniającej mieszaniny pirotechnicznej**  
*Photo 13. The spot of interrupting the combustion process of delaying pyrotechnical mixture*

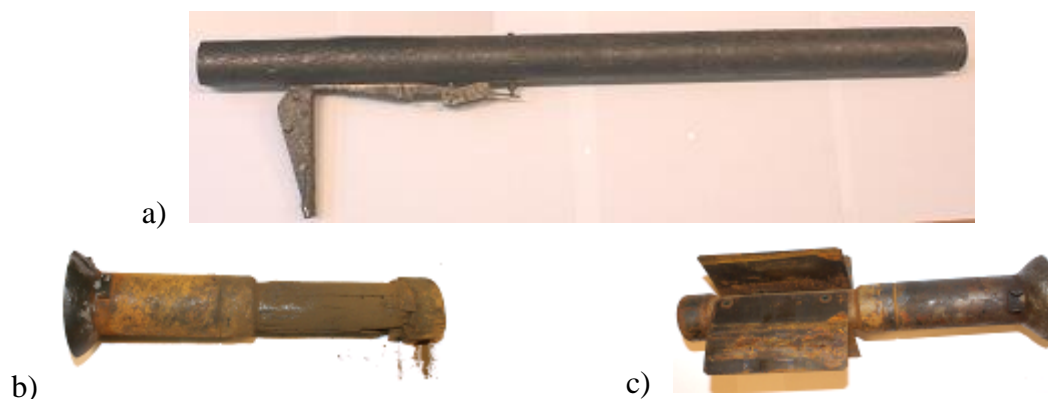


**Fot. 14. Rentgenogramy granatników dostarczonych do ekspertyzy a) bez, b) z drewniano-stalowym trzonem (brzechwą)**

*Photo 14. Exographs of grenade launchers for expert opinion a) without, b) with steel-wooden handle (fin)*

Podczas demontażu z rur wyrzutni wydobyto drewniano-stalowe fragmenty stabilizatorów, przy czym nie znaleziono żadnych śladów materiału wybuchowego, co było zgodne z wynikami wstępnych badań rentgenograficznych.

At disassembling the launcher tubes some wooden-steel fragments of stabilisers were taken out and no traces of any explosives were found what confirmed the results of preliminary X-ray tests.

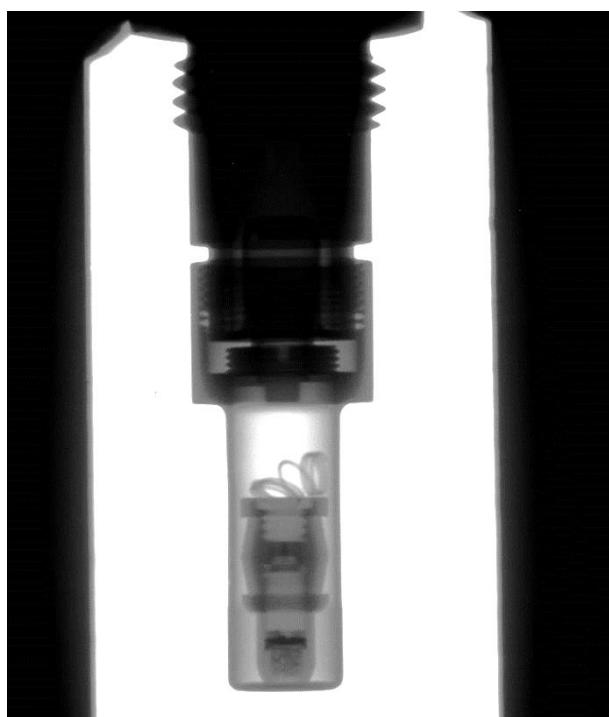


**Fot. 15 . Elementy po demontażu wyrzutni granatników**

*Photo 15. Components after disassembling the grenade launcher*

W przypadku innej ekspertyzy dotyczącej zapalnika artyleryjskiego wz.24/31 R.Y.G metoda rentgenograficzna pozwoliła stwierdzić w sposób bezpieczny dla eksperymentatora, że w jego wnętrzu znajduje się jedynie nakłuciowa spłonka zapalająca i przekaźnik pirotechniczny. Informacja ta była przydatna w trakcie ustalania kolejności i sposobu dalszego demontażu zapalnika. Na tym etapie można było również stwierdzić, że elementy wewnętrzne zapalnika zamontowane były niepoprawnie, co całkowicie uniemożliwiło jego prawidłową pracę (fot. 16).

In the case of another expert opinion the X-ray method has disclosed in a safe way for investigator that inside of artillery fuse wz.24/31 R.Y.G there is only a prick igniting primer and pyrotechnical relay. This information was useful for setting the order and way of further disassembling for the fuse. It was possible to state on this stage that internal components of the fuse were assembled incorrectly what completely prevented its proper operation (photo 16).



**Fot. 16. Rentgenogram zapalnika wz.24/31 R.Y.G. otrzymanego w celu wykonania ekspertyzy**

*Photo 16. Exograph of wz.24/31 R.Y.G. fuse that was delivered for preparing expert opinion*

## 6. Podsumowanie

## 6. Summary

W artykule zaprezentowano nieniszczącą metodę badań różnorodnych środków bojowych, do których wykorzystywany jest rentgenowski system diagnostyczny MU-17F-225-9 firmy YXLON. Zaprezentowano również i pokrótce omówiono wybrane wyniki przeprowadzonych badań nieniszczących. Przytoczone przykłady wyraźnie pokazują zalety tej metody w procesie badań środków bojowych.

Należy zaznaczyć, że wiele konstrukcji środków bojowych znajdujących na wyposażeniu Wojska Polskiego, eksploatowanych głównie przez Marynarkę Wojenną jest produkcji radzieckiej. Środki te również podlegają badaniom okresowym. W ich przypadku pojawia się problem braku stosownej dokumentacji technicznej, niezbędnej do przeprowadzenia badań. Dzięki rentgenowskiemu systemowi diagnostycznemu możliwa jest analiza ich konstrukcji i przeprowadzenie w bezpieczny sposób demontażu.

Ważnym aspektem całego systemu jest odpowiednio przygotowany i wyszkolony personel, posiadający wiedzę o budowie i działaniu amunicji, co pozwala prawidłowo analizować i oceniać amunicję na podstawie otrzymanych rentgenogramów.

Uzyskane w ten sposób informacje pozwalają zdecydować o sposobie dalszego postępowania z danym środkiem bojowym w ten sposób, by postępowanie to realizowane było w sposób bezpieczny dla badacza i użytkownika. Metoda rentgenowska pozwala jednocześnie stwierdzić czy dany wyrób będzie działał prawidłowo, czyli czy spełnia postawione mu wymagania. System rentgenowski eksploatowany w WITU ma wiele przydatnych funkcji np. możliwość nakładania różnorodnych filtrów na prześwietlane elementy, co daje lepszy efekt zobrazowania wykrywanych wad.

The paper describes non-destructive method for testing various pieces of munitions by using X-ray diagnostic system MU-17F-225-9 made by YXLON company. Moreover some comments and results of non-destructive tests are provided. These examples clearly indicate the benefits of the method for testing explosive ordnance.

It has to be stressed that many pieces of munitions of the Polish Armed Forces inventory and used mainly by the Navy were manufactured in the Soviet Union. These pieces of munitions are also subjected to periodical examinations. In this case there is a problem of lacking technical documentation needed for tests. The analysis of their structure and safe disassembling can be made by using X-ray diagnostic system.

Another important aspect of the system is suitably prepared and trained personnel possessing the knowledge on designs and operations of the ammunition to properly analyse and evaluate it on the base of received exographs.

The information obtained in this way is used to decide about further treatment of a piece of ordnance in such a way that secures the safety for the investigator and the user. At the same time the X-ray method indicates if an article operates properly i.e. if it meets the requirements which were laid down for it. The X-ray system used by the Military Institute of Armament Technology has a lot of useful functions such as a set of filters which can be put on scanned components to boost the visualisation of detected faults.

## **Literatura / Literature**

- [1] G. Jezierski, Promieniowanie rentgenowskie – obecne zastosowania, Politechnika Opolska
- [2] M. Dobrowolski, Badania radiograficzne – dawniej, obecnie i co może być jutro, Krajowa Konferencja Badań radiograficznych „Stary Młyn 2012.
- [3] M. Miszczak, M. Drwał, D. Danielewicz, Pewne aspekty rentgenograficznych badań zapalników artyleryjskich, PTU
- [4] Zdjęcia, rentgenogramy – archiwum opracowania własne WITU/Zakład Badań Materiałów Wybuchowych

[5] Burkan, X-ray Inspection of Large Caliber Artillery Shells, Aircraft Bombs and Rocket Motors, [www.burkan.ae](http://www.burkan.ae)