

BADANIA DIAGNOSTYCZNE SILNIKÓW RAKIETOWYCH ŁWD W PROCESIE EKSPLOATACJI

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań balistycznych oraz fizyko-chemicznych paliw silników raketowych SR(M)ŁWD. Zwrócono szczególną uwagę na silniki, które nieprawidłowo zadziałały podczas badań balistycznych. Przeanalizowano przyczyny zdarzeń i sposoby rozwiązania zaistniałego problemu.

Słowa kluczowe: badania balistyczne, ŁWD, problemy eksploatacji

DIAGNOSTIC TESTS OF SR(M)ŁWD MOTORS. SERVICE PROBLEMS DURING EXPLOITATION

Abstract: The results of ballistic tests and physical-chemical analysis of propellants (charges) of SR(M)ŁWD motors were presented in the paper. A special attention was paid to motors, that failed to work properly during ballistic tests. Causes of incidents and ways to solve the problem were analysed.

Keywords: ballistic tests, ŁWD, exploitation problems

1. Wstęp

SR(M)ŁWD jest to zespół napędowy służący do wyciągania ładunku wydłużonego ŁWD-110/5000 na zaporę minową. Składa się z kadłuba w postaci dwóch cylindrycznych komór spalania zaelaborowanych ładunkami napędowymi. W przedniej części znajduje się głowica z komorą wyrównawczą i układem zapłonowym. Dodatkowo silnik wyposażony jest w ciągnio do przyłączenia ładunku wydłużonego oraz prowadnicę do zawieszenia na pokrywie pojemnika PW-ŁWD. Zapłon ładunków następuje od zapłonika PP-9 poprzez podsypkę prochową[1].

Ze względu na długi okres przechowywania silników w warunkach magazynowych należy zwrócić uwagę na zachodzące procesy starzeniowe, które w znaczącym stopniu wpływają na niezawodność i bezpieczeństwo ich eksploatacji.

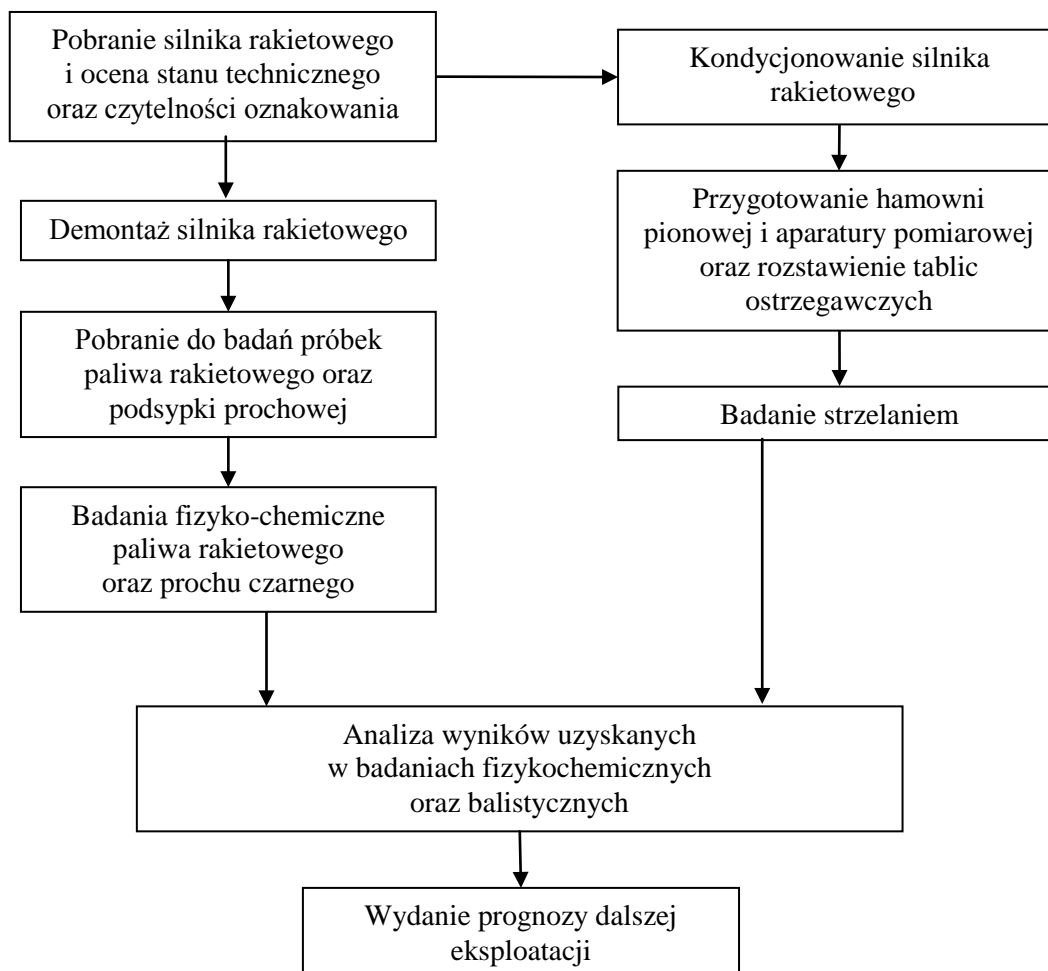
Silniki raketowe SR(M)ŁWD zostały przebadane zgodnie z procesem badań opracowanym w WITU.

2. Prowadzenie badań diagnostycznych

Diagnostyka silników ŁWD polega na badaniach balistycznych strzelaniem oraz badaniach fizykochemicznych paliwa oraz podsypki prochowej. Badania balistyczne pozwalają na obserwację zachowania silnika w zależności od temperatury kondycjonowania, natomiast analiza fizyko-chemiczna daje obraz poziomu zachodzących zmian starzeniowych. Zdarza się, iż pomimo prawidłowych wyników badań fizyko-chemicznych silnik wybuchnie

podczas badania strzelaniem. Ryzyko rozerwania bądź wybuchu silnika związane jest niejednorodnością próby. Przyczyną wybuchu może być zawilgocenie podsypki z prochu czarnego, bądź jak w przypadku silników kondycjonowanych w niskiej temperaturze – odklejony inhibitor.

Ogólny schemat prowadzenia badań silników SR(M)ŁWD przedstawiono poniżej (Rysunek 1).

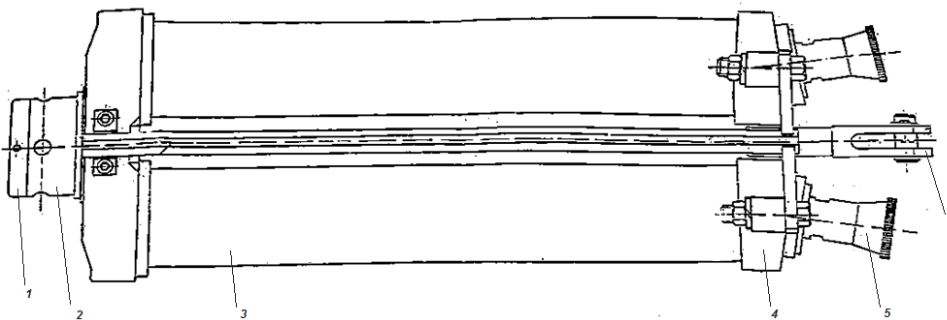


Rysunek 1. Schemat technologiczny prowadzenia badań silników ŁWD[2].

Poniżej przedstawiony został widok ogólny badanego silnika raketowego (Zdjęcie 1) oraz jego schemat (Rysunek 2).



Zdjęcie 1. Silnik raketowy SR(M)ŁWD.



- 1 - pokrywa dna silnika,
- 2 - dno przednie silnika z podsypką prochową,
- 3 - komora z paliwem,
- 4 - dno tylne,
- 5 - dysza,
- 6 - ciągnio.

Rysunek 2. Schemat silnika raketowego SR(M)ŁWD.

3. Badania balistyczne strzelaniem

Stacjonarne badania strzelaniem wykonano na hamowni pionowej. Zmierzono siłę ciągu silnika oraz czas jego pracy. Badaniu poddano po dwa silniki z każdej partii. Silniki były kondycjonowane przed badaniem w dwóch różnych temperaturach przez 24 godziny. Wyniki przeprowadzonego badania przedstawiono w Tabeli 1 oraz na Rysunku 2.



Zdjęcie 2. Widok stanowiska badawczego (hamownia pionowa) z zamontowanym silnikiem.

Podczas badania balistycznego strzelaniem na hamowni pionowej zmierzono siłę ciągu silnika oraz czas jego działania.

Tabela 1. Przykładowe wyniki badania balistycznego silników raketowych SR(M)ŁWD[3].

| Partia silnika | Warunki kondycjonowania przed badaniem | | | |
|----------------|--|--------------------|-----------------|--------------------|
| | Chłodzenie | | Wygrzewanie | |
| | Siła ciągu [kN] | Czas działania [s] | Siła ciągu [kN] | Czas działania [s] |
| 1 | 23,46 | 4,28 | 17,81 | 3,80 |
| 2 | 25,73 | 4,36 | 18,52 | 3,60 |
| 3 | - | - | 18,89 | 3,87 |
| 4 | 26,15 | 4,33 | 28,18 | 3,62 |

Silnik z partii nr 3 (chłodzony) uległ rozerwaniu podczas badania, stąd brak wyniku umieszczonego w powyższej tabeli.

Podczas zdarzenia w wyniku zaistniałych naprężeń, obejmy korpusu silnika zostały przełamane, a jego dno wbiło się w czujnik. Wybuch spowodował rozerwanie paliwa silnika, wyrzucenie połowy korpusu poza stanowisko badawcze i rozrzucenie kawałków niespalonego materiału wokół stanowiska pomiarowego/badawczego. Pozostałości korpusu oraz zniszczone stanowisko przedstawiono na poniższych zdjęciach (Zdjęcie 3-9).

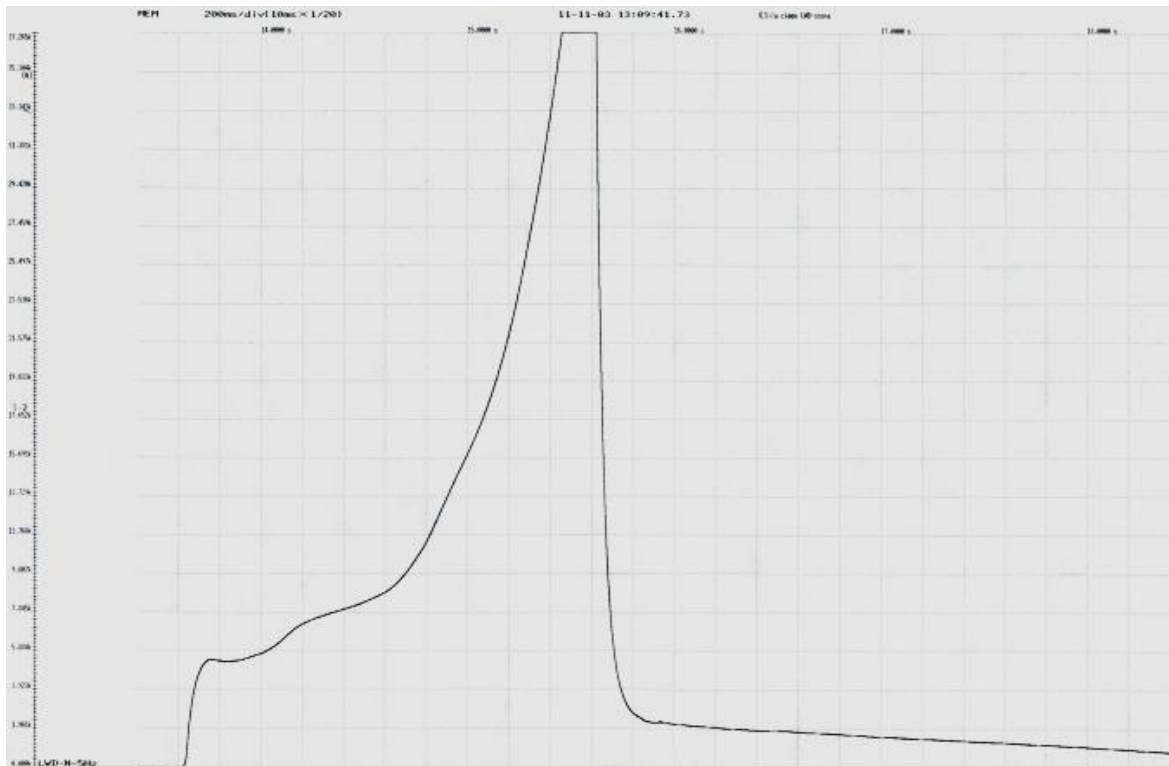


Zdjęcia 3-5. Zniszczone stanowisko badawcze oraz dno silnika

Poniżej zamieszczone zostały wykresy przebiegu badania balistycznego silnika, który zadziałał prawidłowo oraz silnika, który uległ rozerwaniu.



Rysunek 3. Wynik badania balistycznego SR(M)ŁWD – prawidłowe zadziałanie.



Rysunek 4. Wynik badania balistycznego SR(M)ŁWD – nieprawidłowe zadziałanie.



Zdjęcie 6 i 7. Pozostałości korpusu silnika, który został zniszczony podczas badań



Zdjęcie 8-9. Pęknięta obejma silnika oraz niespalone kawałki paliwa

Pomimo iż największe zagrożenie wybuchem silnika występuje w trakcie strzelań silników mrożonych, zdarzały się (nieliczne) przypadki rozerwania silnika, który był kondycjonowany w temperaturach dodatnich. W takiej sytuacji również następowało rozerwanie komory silnika oraz wyrzucenie połowy korpusu poza stanowisko badawcze.

4. Badania fizyko-chemiczne

Równolegle dokonano demontażu jednego z silników z każdej partii. Oględziny rozkręconych części korpusu silnika pozwoliły stwierdzić niezgodności mogące mieć wpływ na bezpieczeństwo dalszej eksploatacji silników SR – M – ŁWD. Wykryte niezgodności przedstawione zostały na Zdjęciach 13-16.

Badaniom fizyko-chemicznym poddano próbki paliw raketowych pobranych z obu ziaren prochowych oraz podsypki z prochu czarnego z danej zdemontowanej partii silnika. Badania wykonano zgodnie z odpowiednimi Procedurami Badawczymi Laboratorium Badań Środków Bojowych[4].

Poniżej widok zapleśniałej podsypki prochowej, która może być powodem zbyt słabego impulsu do zadziałania silnika bądź jego nierówne odpalenie, a tym samym jego nieprawidłową pracę.



Zdjęcie 10 i 11. Widok zapleśniałej i zbrylonej podsypki z prochu czarnego.

Oderwany inhibitor może powodować nierówne lub zbyt szybkie palenie się ziaren prochowych w komorach silnika, co pociąga za sobą zagrożenie rozerwania komory silnika.



Zdjęcie 12. Odklejony/oderwany inhibitor ziarna paliwa.



Zdjęcie 13. Oderwany inhibitor ziarna paliwa.

5. Analiza wyników badań

Prawdopodobne są trzy przyczyny zaistnienia podobnych zdarzeń:

- 1) obręcz korpusu silnika została rozerwana, ponieważ najprawdopodobniej nie wytrzymała naprężeń jakie powstały podczas palenia wyrobu,
- 2) podsypka prochowa z powodu wilgoci nie zapaliła równocześnie obu ziaren prochowych, co spowodowało odpalenie najpierw paliwa w jednej komorze silnika, a po chwili w drugiej. W wyniku tego silnik uzyskał nierówny ciąg, co doprowadziło do częściowego zerwania mocowania i niesymetrycznego oparcia silnika o czujnik (widoczne większe wgłębienie z jednej strony), w wyniku czego pękła obręcz korpusu, a elementy silnika zostały rozrzucone wokół stanowiska,
- 3) odklejony inhibitor ziarna paliwa rakietowego, czego dowodzi boczne rozerwanie komory silnika.

6. Wnioski

Wraz z upływem czasu silniki przechowywane w warunkach magazynowych będą ulegały nieodwracalnym procesom starzeniowym.

Wyniki przeprowadzonych w ciągu kilku ostatnich lat badań dowodzą, że konieczna jest modernizacja silników ŁWD – zarówno w zakresie produkcji jak i wymiana zapłonników na takie, które będą mniej podatne na działanie wilgoci – np. uniwersalny zapłonnik pirogeniczny, nad którym prowadzone są już daleko posunięte badania.

Literatura

- [1] Warunki Techniczne NR zb/z-2.00.00.m na silnik rakietowy SR-ŁWD/Z (część mechaniczna) Zespół bojowy wyrzutni ładunków wydłużonych dużych ZB-ŁWD/Z.
- [2] Proces technologiczny prowadzenia badań silników SR(M)ŁWD – WITU.
- [3] Sprawozdanie z badań diagnostycznych środków OPBMR – Archiwum WITU.
- [4] Metodyka badań diagnostycznych środków OPBMR –WITU.