

Dariusz WOŹNIAK, Leon KUKIEŁKA, Jacek WOŹNIAK

## PRAKTYCZNA IDENTYFIKACJA WYBRANYCH ASPEKTÓW ZUŻYCIA I AWARII W WOJSKOWYCH POJAZDACH MECHANICZNYCH

### *Streszczenie*

*W artykule przedstawiono zarys podstawowych problemów związanych z identyfikacją przyczyn zużycia i uszkodzeń w zespołach i układach wojskowych pojazdów mechanicznych. Przedstawiono wybrane przyczyny i rodzaje zużycia i awarii m.in. w zależności od sposobu eksploatacji, stopnia zużycia rezerwu, jakości obsługi technicznych i remontów – także od wpływu czynnika ludzkiego.*

**Słowa kluczowe:** klasyfikacja zużycia, przyczyny, przykłady praktyczne zużycia i awarii, identyfikacja

### WSTĘP

Zużywaniem [2, 3, 4, 5] nazywamy proces stopniowego niszczenia części pod wpływem czynników fizykochemicznych działających przez cały okres użytkowania części.

Zużywanie części pojazdów mechanicznych występuje w procesie normalnej (właściwej) eksploatacji i jest zjawiskiem nieuniknionym. Występuje ono w czasie transportu, magazynowania i użytkowania pojazdów mechanicznych. Zużywanie eksploatacyjne narasta stopniowo z intensywnością zależną od rodzaju zużycia, czynników powodujących zużycie oraz rodzaju i natężenia wymuszeń.

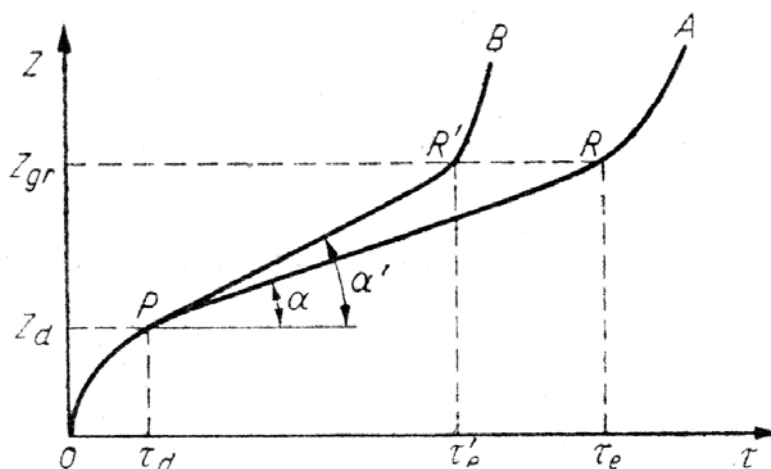
Wielkość zużycia części zależna jest od czasu eksploatacji lub przebiegu pojazdów. Intensywność zużywania w poszczególnych okresach eksploatacji nie jest jednakowa. W sposób graficzny przebieg zużywania eksploatacyjnego ilustruje krzywa Lorentza – jak na rys. 1.

Na osi rzędnych odłożono wielkość zużycia części  $Z$ , a na osi odciętych – czas pracy (przebieg eksploatacyjny)  $\tau$ . Dla uproszczenia analizie poddano zużywanie się tylko jednej części. Zużycie drugiej części skojarzenia np. węzła kinematycznego, lub pary współpracującej może mieć podobny charakter. Zużycie  $Z$  może być mierzone w różnych jednostkach (np. zużycie liniowe, masowe, objętościowe, przyrost luzu itp.)

Analizując krzywą zużycia można zauważyć, że poszczególne odcinki różnią się intensywnością zużywania.

Przyczyną przyspieszonego zużywania się części mogą być odmienne warunki eksploatacji (np. warunki drogowe, terenowe, klimatyczne, rodzaj wykonywanej pracy itp.), niewłaściwa obsługa techniczna (np. stosowanie niewłaściwych smarów itp.). Jednak dla określonej liczby pojazdów użytkowanych w odmiennych warunkach przy zastosowaniu prawidłowej

obsługi technicznej przebieg zużywania części zgodnie z krzywą OPR'B może być traktowany jako zużywanie normalne dla danych warunków eksploatacji. Stąd wynika względność pojęć zużycia normalnego i przyspieszonego.



**Rys. 1.** Krzywa zużywania eksploatacyjnego części [2]

Najczęściej stosowana klasyfikacja procesów zużycia przedstawia się następująco [2, 5]:

- zużycie ściernie (w ruchu ślizgowym bez warstwy ścierniej, z warstwą ścierną, przez ośrodek sypki i w strumieniu ośrodka sypkiego), zużycie adhezyjne (z płytkim i głębokim wyrywaniem), zużycie zmęczeniowe (klasyczne, spalling, fretting i pitting), zużycie na skutek utlenienia, zużycie korozyjne (korozja chemiczna i elektro-chemiczna), zużycie tarcio-korozyjne (fretting-corrosion), zużycie erozyjne, zużycie kawitacyjne, zużycie ciepłe (z intensywnym utlenianiem warstwy wierzchniej i lokalnym wytapianiem warstwy).

Do analizy skutków i przyczyn zużycia części w aspekcie ich weryfikacji w procesie technologicznym planowanego, bądź wynikowego remontu można przyjąć poniższą uogólnioną klasyfikację czynników powodujących zużywanie części [2, 5]:

- wzajemne mechaniczne oddziaływanie powierzchni współpracujących, molekularne oddziaływanie powierzchni współpracujących, mechaniczne oddziaływanie stałych ciał obcych, mechaniczne oddziaływanie smarów (płynów), chemiczne oddziaływanie smarów, chemiczne oddziaływanie środowiska, działanie wysokich temperatur.

## 1. ZUŻYCIE CZĘŚCI – WYBRANE PRZYKŁADY

Z przykładów wiążących się ściśle z tematem artykułu autorzy wybrali także materiały z własnej praktyki zawodowej dotyczące zużycia, bądź awarii: silników, ram, układów przeniesienia napędu, układów bieżnych i innych podzespołów [6, 7, 8].

### 1.1. Silnik wysokoprężny

Rysunek 2 przedstawia typową i stosunkowo często spotykaną sytuację w eksploatacji pojazdów wojskowych tj. uszkodzenia/lub zużycia uszczelki podgłowicowej w silnikach samochodowych, uszczelka podgłowicowa uległa uszkodzeniu i spowodowała przedostanie się płynu chłodzącego do układu olejenia w silniku pojazdu Mercedes 290 GD.



Rys. 2. Widok kadłuba silnika z tłokami [1]

### 1.2. Ramy i układy wsporczo-nośne

Zużycie i wypracowanie powodujące trwałe odkształcenia eksploatacyjne powstają często samoistnie na wskutek wieloletniej eksploatacji pojazdów wojskowych [5, 7] w zmiennych warunkach. Taki przykład zilustrowano na rys. 3, na której widać obluzowanie nitów w mocowaniu osady amortyzatora przedniego w pojeździe Ził 131, innymi przykładami są trudno zauważalne odkształcenia w profilach ram, poprzeczek, podłużnic.



Rys. 3. Obluzowanie nitów [1]

### 1.3. Układ przeniesienia napędu

Często spotykanym zespołem, w którym występuje kilka rodzajów zużycia [3, 5] są skrzynie biegów. W tego typu zespołach, głównie na wskutek określonego przebiegu występują nadmierne luzy np. w otworach łożyskowych, także stosunkowo często występuje m.in. zużycie zębów kół zębatych połączone z ich łuszczeniem i pękaniem – rys. 4. Jako przykład pokazano skrzynię biegów pojazdu Mercedes 290 GD po przebiegu 390 tys. km.



**Rys. 4.** Uszkodzenie zębów [1]

#### **1.4. Układy bieżne**

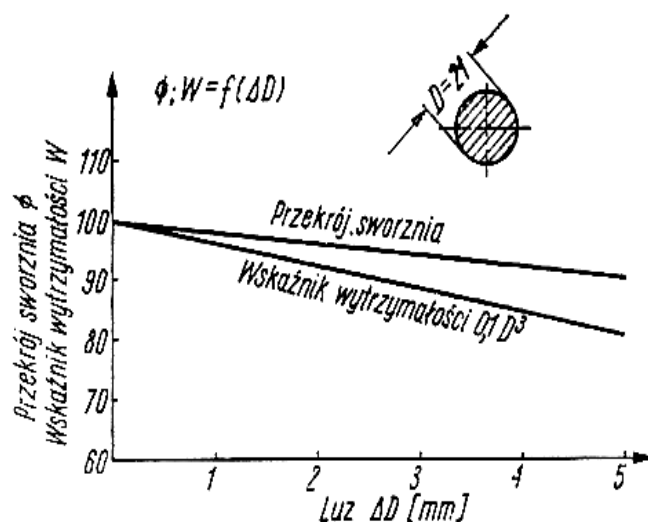
Na rys. 5 przedstawiono część układu jezdny transportera gąsienicowego typu SPG 2A [5]. W układzie tego typu następuje stosunkowo szybkie zużycie połączenia sworzni – ogniwo, rys. 6. Podczas eksploatacji po różnych nawierzchniach dróg zmniejsza się przekrój sworznia w sposób regularny, bądź nieregularny, co z kolei powoduje obniżenie jego wskaźnika wytrzymałości. Poprawę stanu osiąga się poprzez okresowe regulacje naciągu gąsienic.



**Rys. 5.** Widok gąsienicy SPG 2A [1]

Graficzną ilustrację przebiegu zużycia sworznia przedstawiono na rys. 6 [3].

Innym rozwiązaniem jest wyposażanie tego typu wozów bojowych w komplety taśm gąsienicowych z nakładkami gumowymi [5] np. typ 840 firmy Diehl, czy polskich producentów np. WZM Siemianowice Śląskie, Bumar.



Rys. 6. Spadek wytrzymałości objętościowej sworznia gąsienicy w wyniku procesu zużycia [3]

## 2. USZKODZENIA CZĘŚCI – WYBRANE PRZYKŁADY

Uszkodzenie części różni się od zużycia tym, że w przypadku uszkodzenia część całkowicie traci przydatność do dalszej eksploatacji. Uszkodzenie następuje nagle, najczęściej w wyniku oddziaływań na nią czynników mechanicznych. Przyczyny uszkodzeń części mogą być diametralnie różne, lecz można je podzielić zasadniczo na poniższe grupy [4, 6]:

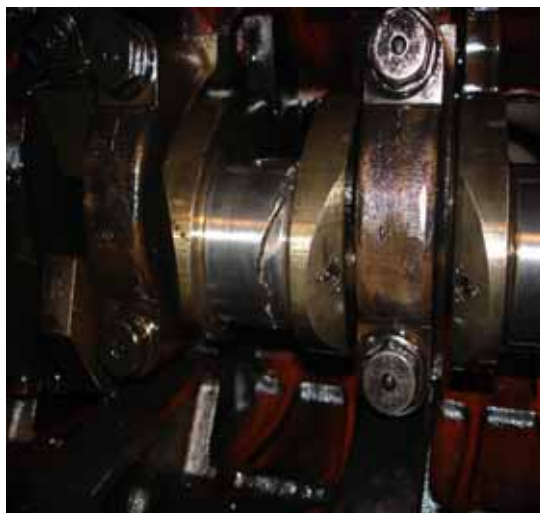
- uszkodzenia eksploatacyjne,
- uszkodzenia powypadkowe,
- wady konstrukcyjne,
- wady technologiczne.

Uszkodzenia eksploatacyjne powstają przy niewłaściwym użytkowaniu pojazdu, nieprawidłowej obsłudze lub nieodpowiednim przechowywaniu i konserwacji.

Autorzy wybrali ze swojej praktyki zawodowej poniższe przykłady tego typu uszkodzeń w różnych podzespołach/układach pojazdów.

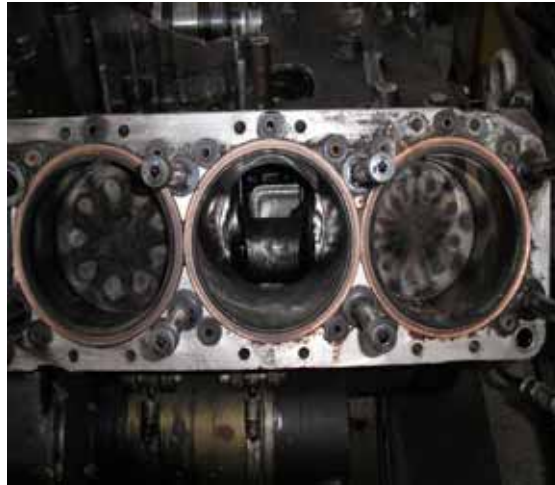
### 2.1. Silniki wysokoprężne i gaźnikowe

Pęknięcie czopa wału korbowego – występuje najczęściej [4, 8] w wyniku opóźnionej reakcji, często niedoświadczonego kierowcy po wystąpieniu dobrze słyszalnych, w początkowej fazie awarii tzw. stuków, pukania – wygląd takiego uszkodzenia w silniku typu S-359 przedstawiono na rys. 7.



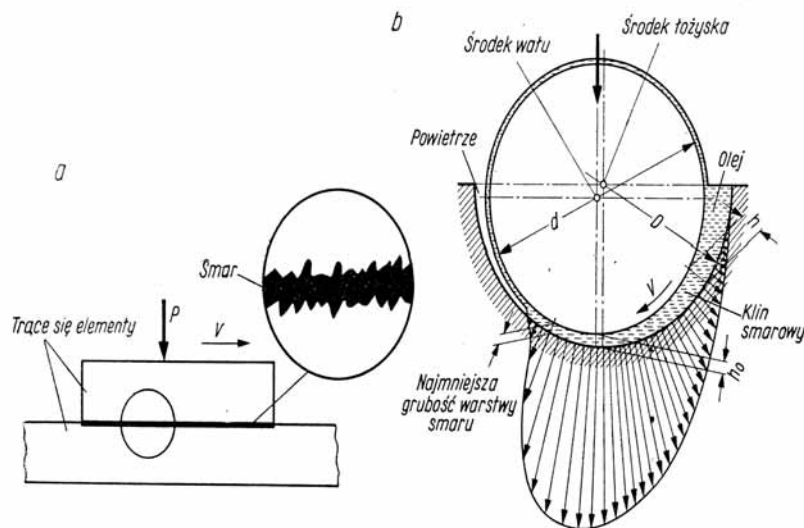
Rys. 7. Widok przełomu wału korbowego [1]

Na rys. 8 widać wyraźne zatarcie/zniszczenie i przegrzanie termiczne czopa korbodowego wału silnika W6M – oba czynniki spowodowały całkowite jego zniszczenie i konieczność wymiany.



**Rys. 8.** Widok zatartego czopa wału korbowego [1]

Zatarcie części w wyniku przeciążenia, przegrzania lub braku smaru, zaniku olejenia [2, 8] tj. brak spełnienia warunków technicznych zilustrowanych na rys. 3, taki przykład pokazano na rys. 9.



**Rys. 9.** Tarcie płynne: a) schemat, b) schemat położenia wałka w łożysku (wykres ciśnień smaru w klinie smarowym) [3]

Na rysunku 10 przedstawiono zużycie awaryjne tzw. wytarcie kompozycji półpanewki korbodowej silnika typu S-359. Przyczyną takiego zużycia było przekroczenie przez pojazd przebiegu w kilometrach - kwalifikującego go do kolejnego remontu głównego [4, 5].



**Rys. 10.** Zużycie kompozycji półpanewek [1]

Pęknięcie chłodnicy, kadłuba lub głowicy silnika w wyniku np. wycieku płynu chłodzącego, lub jego zamarznięcia [2, 3, 8]. Na rys. 11 przedstawiono pęknięcie połączone z odlupaniem powierzchni bocznej silnika S-232 spowodowane zalaniem układu chłodzenia rozcieńczonym z wodą płynem chłodzącym Borygo i jego zamarznięciem.



**Rys. 11.** Widok uszkodzeń bloku silnika S-232 [1]

Czynnikami wymuszającymi w sposób nagły awarie są bardzo często uszkodzenia mechaniczne, bądź nadmierne luzy w łożyskach, osadzeniach, otworach technologicznych powodujące nagłe uszkodzenie elementu większego [2, 3].

Na rysunku 12 widać pęknięcie bloku, co spowodowało zniszczenie całkowite silnika 5D-20B 300. Sprawcą dewastacji był kierowca, który nie reagował na wskazania wskaźników i kontynuował jazdę.



Rys. 12. Zniszczenie bloku silnika [1]

## 2.2. Układ przeniesienia napędu

Inny przypadek pokazano na rys. 13, gdzie widać ukręcenie tylnej półosi napędowej, za łożyskiem stożkowym w pojeździe Lublin.



Rys. 13. Ukręcona półoś tylna [1]

## 2.3. Wypadki i kolizje drogowe

Uszkodzenia powypadkowe noszą najczęściej losowo-wynikowy charakter. Przyczyną wypadków i kolizji drogowych pojazdów wojskowych są głównie i wyłącznie niepełna sprawność techniczna pojazdu przed wyjazdem oraz nieostrożna, brawurowa jazda kierowców, zbyt duża prędkość, nieprzestrzeganie zasad ruchu drogowego.

## 2.4. Wady konstrukcyjne i technologiczne

Skutkiem wad konstrukcyjnych i technologicznych są względnie częste przypadki urywania się korbowodów w silnikach – rys. 14.





**Rys. 14.** Pęknięcie śruby korbowodu [1]

Wstępne oględziny miejsc pęknięć wskazują na występowanie piętrzenia naprężeń w miejscu przejścia od trzonka korbowodu do stopy. Wtórny zjawiskiem jest uszkodzenie kadłuba silnika spowodowane uderzeniem urwanego korbowodu, co przy tak rozległym zniszczeniu bloku, ponadto zniszczeniu tłoków i tulei cylindrów powoduje duże straty finansowe [2, 4]. Stosunkowo często spotyka się uszkodzenie śrub (rys. 15), łączących poszczególne składowe części i podzespołów, które w zależności od natężenia powodują różnorakie uszkodzenia.



**Rys. 15.** Pęknięcie i zerwanie śrub przeciwcieżaru [1]

## **PODSUMOWANIE**

W artykule przedstawiono i scharakteryzowano niektóre typowe przyczyny i rodzaje zużycia i awarii podzespołów/zespołów różnych typów pojazdów w zależności od sposobu ich eksploatacji, stopnia zużycia, jakości remontów i obsługi, wpływu innych czynników bardzo często ludzkich, które jest zwykle trudno udowodnić.

Zaproponowany układ i forma artykułu ma ukierunkować i wskazać na pewien logiczny tok identyfikacji i rozróżniania przyczyn i rodzajów zużycia i awarii wg określonego algorytmu i analizy związków przyczynowo skutkowych m.in. w celu pełnej i obiektywnej oceny stanu technicznego pojazdów, co jest bardzo istotne m.in. do szybkiego odtworzenia ich sprawności technicznej.

Uzupełnieniem artykułu są rysunki oraz zdjęcia bezpośrednio związane z przedstawionym tematem.

## BIBLIOGRAFIA

1. Archiwum i zdjęcia własne.
2. Cypko J., Cypko E., *Podstawy technologii i organizacji naprawy pojazdów mechanicznych*. WKiŁ, Warszawa 1982.
3. Janecki J., Gołąbek S., *Zużycie części i zespołów pojazdów samochodowych*. Wyd. II, WKiŁ, Warszawa 1974,
4. Włodarski J. K., *Tłokowe silniki spalinowe procesy trybologiczne*. WKiŁ, Warszawa, 1982.
5. Woźniak D., *Obsługiwanie i remonty UiSW. Założenia, zakres, organizacja*. Skrypt – dodatek do PSP nr 8/2011 (050), Wydawnictwo WIW, Warszawa 2011, płyta CD.
6. Woźniak D., *Kawitacja w pojazdach*. Przegląd Wojsk Lądowych 2008, nr 5 (011) Warszawa 2008.
7. Woźniak D., *Motoryzacyjne aspekty korozji*. Rzeczoznawca Samochodowy 2007, nr 4(138).
8. Woźniak D., *Ocena techniczna silników po awarii*. Przegląd Wojsk Lądowych 2006, nr 10(568).

## PRACTICAL IDENTIFICATION OF CHOSEN ASPECTS OF WEARING AND MALFUNCTIONS IN ARMY MECHANICAL VEHICLES

### *Abstract*

*This work presents an outline of the basic issues connected with identifying signs of wearing out and malfunctions in assemblies and systems in army mechanical vehicles. It presents some of the causes and types of wearing out – among other things – depending on the type of exploitation, level of wearing out, quality of servicing and repairs, also depending on the human factor.*

**Key words:** wearing out classification, causes, practical examples of wearing out and malfunctions, identification.

### **Autorzy:**

prof. dr hab. inż. **Leon Kukielka** – Politechnika Koszalińska

mgr inż. **Dariusz Woźniak** – Stowarzyszenie Rzeczoznawców Techniki Samochodowej i Ruchu Drogowego w Warszawie, Oddział w Koszalinie.

lic. **Jacek Woźniak** – Langloo Szczecin S.A.