

## BADANIA METALOGRAFICZNE KORBOWODÓW SILNIKÓW SPALINOWYCH

Leszek Gardyński, Hanna de Sas Stupnicka, Jan Wrona

Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań zniszczonych korbowodów kilku typów silników samochodów osobowych i ciężarowych. Zakres prezentowanych badań obejmował badania metalograficzne makroskopowe.

### 1. Wstęp

Korbowód jest częścią silnika narażoną na działanie dużych i zmiennych obciążeń wynikających z nacisku gazów na tłok oraz działania sił bezwładności. Dynamicznie zmienne obciążenia korbowodu powodują jego ściskanie, rozciąganie i zginanie. Od precyzji wykonania i montażu elementów mechanizmu tłokowo – korbowego zależy trwałość całego silnika. Awarie korbowodów rzadko dają się wcześniej wychwycić. Najczęściej proces niszczenia silnika rozpoczyna się w określonym miejscu i przybiera charakter lawinowy, prowadząc do poważnych uszkodzeń silnika. Utrudnia to ustalenie bezpośredniej przyczyny awarii, także jeśli wadliwym elementem był korbowód.

### 2. Materiały stosowane na korbowody

Materiał musi być tak dobrany, aby korbowód odznaczał się wytrzymałością zmęczeniową oraz możliwie małą masą. Najczęściej korbowody są odkute ze stali węglowych wyższej jakości o zawartości od 0.35-0.45% C lub ze stali niskostopowych, głównie Cr-Ni ulepszanych cieplnie. Przeważnie ze względu na koszty wykańczające, obróbkę skrawaniem ogranicza się do minimum. W konstrukcjach silników obciążonych oraz szybkoobrotowych stosuje się korbowody ze stali stopowych do ulepszania cieplnego, manganowych 45G2, chromowo-niklowych 30HN3, chromowo-molibdenowych 35HM, chromowo-niklowo-molibdenowych 40 HNM. Stale stopowe są bardziej wrażliwe na działanie karbu niż stale węglowe co powoduje ich mniejszą wytrzymałość zmęczeniową.

Jeżeli korbowód pracuje z bardzo dużymi prędkościami stosuje się stopy aluminium np. stop Y (Al-Cu4-Ni2), stopy AlMgCu jak też nowe odlewnicze stopy Al 2%Si 4%Zn i 2%Cu charakteryzujące się wysokimi własnościami mechanicznymi oraz znacznie obniżoną masą nawet o 30-40%.

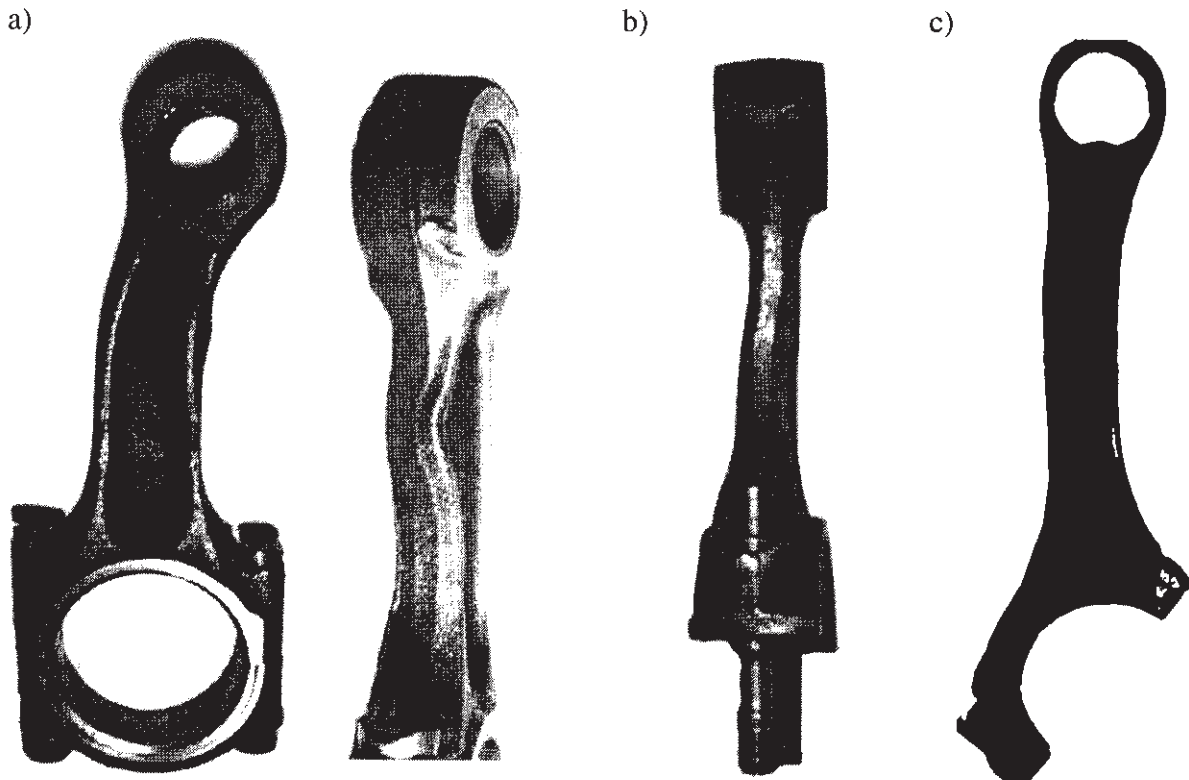
Stopę korbowodu z reguły wykonuje się oddzielnie, chociaż coraz częściej można spotkać nowe konstrukcje silników z korbowodami jednolitymi, ze stopami oddzielanymi w czasie produkcji przez odłupywanie, pasowanymi na swobodnej powierzchni przelomu. Prawidłowa struktura wewnętrzna odkuwki to włókniste ziarna współosiowe z osią korbowodu (rys. 1).



Rys. 1. Prawidłowy przebieg włókien w przekroju korbowału. Trawiono odczynnikiem Jacewicza.

### 3. Badania metalograficzne

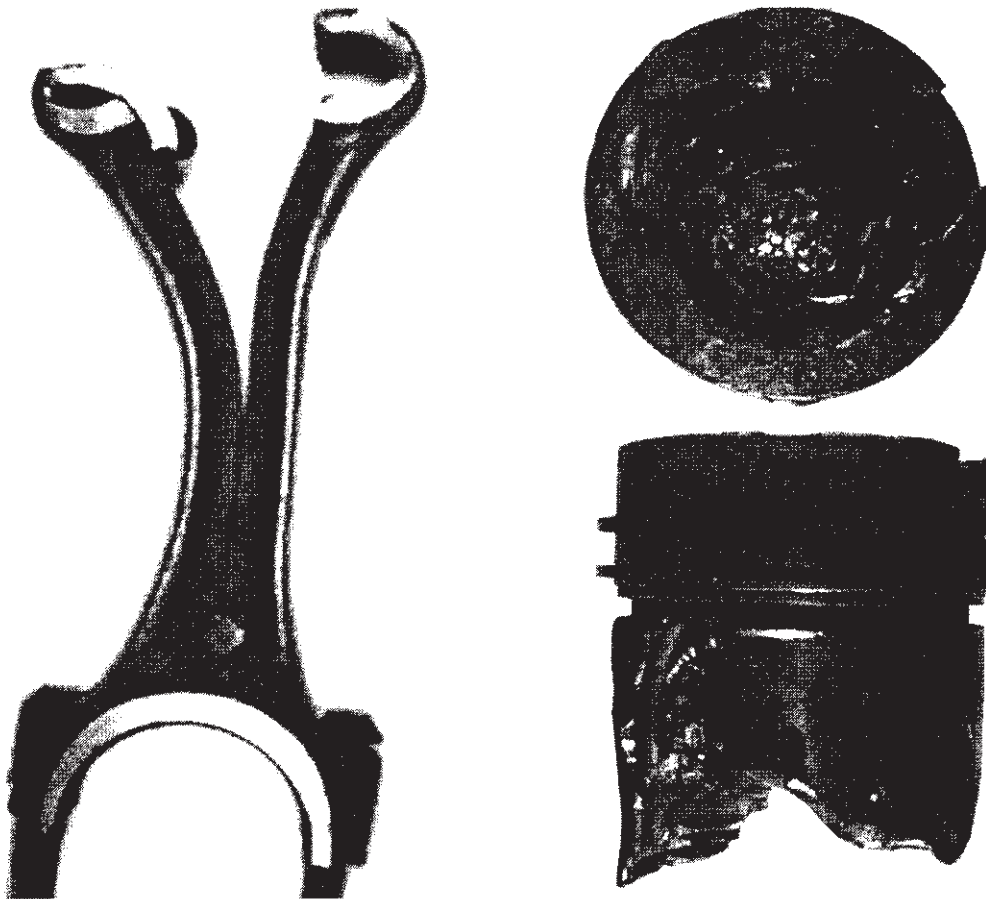
Często spotykanym uszkodzeniem korbowodów jest wyboczenie na skutek dostania się do cylindra cieczy, elementów stałych lub silnego zatarcia. Przykłady takich wyboczonych korbowodów przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Różne postaci wyboczenia korbowodów.

Korbowody te pochodzą z różnych silników ZS, użytkowanych na terenie naszego kraju. Uległy uszkodzeniu na skutek zassania przez silnik wody przez układ dolotowy przy szybkim przejeździe przez głęboką kałużę (rys. 2a i c). Ciekawa była przyczyna uszkodzenia korbowału w przypadku rys. 2b, otóż w silniku który przewożono z zagranicy i przechowywano

w pozycji leżącej olej dostał się nad tłoki. Silnik następnie został zamontowany w pojeździe i uległ omawianemu uszkodzeniu przy próbie uruchomienia. Inny przykład uszkodzenia korbowodu przy próbie „sprężenia” przez tłok tym razem uszkodzonego zaworu, który wpadł do cylindra przedstawiono na rys. 3. Korbowód uległ tu rozłupaniu wzdłuż osi przechodzącego przez cały trzon otworu olejowego do smarowania sworznia tłokowego. Opisywanej awarii korbowodu towarzyszyła całkowite zniszczenie silnika na wysokości uszkodzonego cylindra.



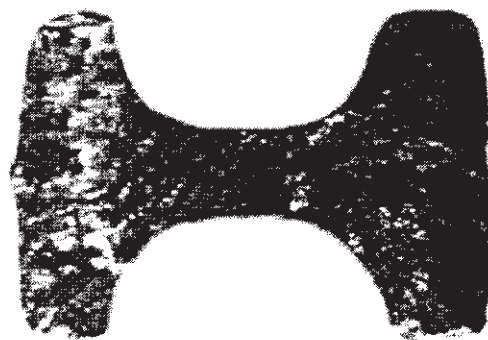
Rys. 3. Uszkodzone na skutek wpadnięcia zaworu do cylindra korbowód i tłok silnika 6CT107.

Kolejne opisywane przypadki, dotyczą silników o ZI uszkodzonych w okresie gwarancyjnym. W pierwszym przypadku (rys. 4), trudno jest określić bezpośrednią przyczynę awarii, widoczne jest silne zatarcie korony tłoka w płaszczyźnie osi sworznia tłokowego oraz unieruchomione są pierścienie uszczelniające, ale brak pokrywy stopy korbowodu i powyginane śruby mogą świadczyć o poluzowaniu się śrub mocujących stopę. Widoczna na przełomie korbowodu jaśniejsza strefa po lewej stronie sprawia mylne wrażenie strefy zmęczeniowej, w rzeczywistości jest pokryta aluminium z uszkodzonego płaszcza tłoka.

W przypadku przedstawionym na rys. 5 nastąpiło pęknięcie jednej z piast sworznia w tłoku w rezultacie którego tłok przestał być osiowo prowadzony w cylindrze o czym świadczy ślad zatarcia na koronie po przeciwnej stronie pękniętej piasty. Po wystąpieniu pęknięcia tłok zaczął się stopniowo obracać i w trakcie dwudziestu kilku cykli roboczych uderzał o grzybek otwierającego się zaworu wydechowego o czym świadczą widoczne na denku ślady. Na denku widać również trzy podobne ślady uderzeń o zawór dolotowy. Później nastąpiło zgięcie korbowodu w płaszczyźnie bocznej (o ok.  $10^\circ$ ) i urwanie. W ostatniej fazie zginania główka korbowodu zsunęła się prawdopodobnie ze sworznia a następnie została zgnieciona.



*Rys. 4. Widok tłoka silnika samochodu o ZI z uszkodzonym korbowodem. Obok powiększenie przelomu korbowodu.*



*Rys. 5. Widok uszkodzonych tłoka silnika o ZI. Na denku tłoka po lewej stronie, w okolicy wybrania pod zawór wydechowy widoczne ślady uderzeń*

#### 4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania makroskopowe uszkodzonych korbowodów pochodzących z różnych silników samochodów osobowych i ciężarowych pozwalają na stwierdzenie, że sam korbowód jest bardzo rzadko przyczyną awarii w układzie korbowo-tłokowym, najczęściej przyczyną uszkodzenia są panewki, źle dokręcone śruby korbowodowe lub tłok, ewentualnie przedmioty dostające się do komory spalania lub warunki smarowania i chłodzenia silnika. Ze

względu na znaczne zniszczenia wtórne towarzyszące na ogół awariom układu korbowo-tłokowego, wydanie jednoznacznych orzeczeń w sprawie ich przyczyn jest bardzo trudne i nie zawsze do końca możliwe. W szczególnych przypadkach jeśli powyższy zakres badań jest niewystarczający przeprowadza się badania materiałowe korbowodów lub innych elementów mechanizmu korbowego.

## 5. Wnioski

2. Istotnym wydaje się miejsce umieszczenia w samochodzie wlotu powietrza do silnika ze względu na to, że częstą przyczyną poważnych uszkodzeń mechanicznych silnika jest zassa nie przez niego wody.
3. Korbowody z drążonym trzonem przy wystąpieniu nadmiernych obciążeń ściskających mają tendencje do wzdluznych pekniec, natomiast pelne ulegaja wyboczeniu.
4. Częstą przyczyną zniszczenia korbowodu są nieprawidłowości w procesie montażu stopy, korbowodu i panewek korbowodowych, nieodpowiednie dokręcenie śrub oraz praca silnika w warunkach niedostatecznego smarowania i chłodzenia.

## Bibliografia

- [1] Gardyński L., Surowska B.: „*Podwyższanie trwałości zmęczeniowej tłoków silników ZS*”. Zeszyty problemowe Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji PAN. Zeszyt nr 17. Wyd. PAN, Kraków 1999, str. 17÷23.
- [2] Gardyński L., Weroński A.: „*Analiza wpływu obciążenia cieplnego na pęknięcie elementów komory spalania w doładowanym silniku ZS*”. Materiały konferencyjne KONES'96 Zakopane 1996, str. 65÷69.
- [3] Gardyński L., Ignaciuk P.: „*Uszkodzenia kawitacyjne tulei cylindrowych w silniku 359M*”. Journal of KONES'97, Bielsko-Biała 1997, str. 177÷182.
- [4] Niewczas A., Ignaciuk P., Gardyński L.: „*Ocena wpływu technologicznej poprawności pierścieni tłokowych na ich współpracę z gładzią cylindra na przykładzie silnika 359M*”. Materiały konferencyjne KONES'95, Poznań-Błażejewko 1995, str. 354÷361.
- [5] Wilczkowski A.: „*Awarie silników spalinowych. Uszkodzenia w układach korbowych*”. Wydawnictwo MiW Łódź 1996.

## METALLOGRAPHIC EXAMINATIONS OF COMBUSTION ENGINES CONNECTING – RODS

**Summary.** The paper presents the results of examinations of cracks in engines elements carried out at Technical University of Lublin. The scope of the research covered the metallographic macroscopic studies of cracks in connecting – rods coming from different types of engines.