

BADANIMETALOGRAFICZNE ZNISZCZONYCH WAŁÓW KORBOWYCH

Hanna de Sas Stupnicka, Leszek Gardyński

*Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Materiałowej
ul. Nadbystrzycka 36, 20 – 618 LUBLIN*

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań zniszczonych wałów korbowych pochodzących z 3 różnych silników samochodów osobowych i ciężarowych. Zakres prezentowanych badań obejmował oględziny zewnętrzne i badania mikrostrukturalne

1. Wstęp

Wał korbowy jest jednym z głównych elementów roboczych silnika spalinowego.

Podczas pracy silnika wał korbowy podlega znacznym obciążeniom dynamicznym, które powodują szybkozmienne naciski w łożyskach korbowych i głównych, złożone naprężenia zmienne w materiale wału oraz drgania skrętne i zginające nie tylko samego wału lecz również i elementów z nim sprzężonych, dlatego też tak istotnym problemem jest dobór materiałów na wały korbowe.

2. Materiały stosowane na wały korbowe

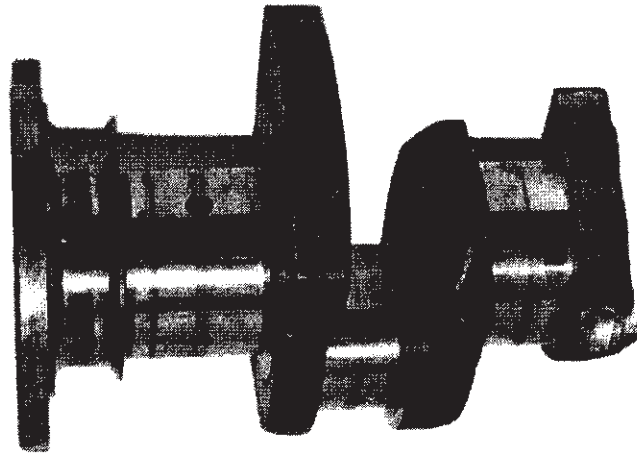
Stosuje się wały korbowe kute lub lane, rzadziej składane. Podstawowym materiałem na wały korbowe kute są stale węglowe wyższej jakości do ulepszenia cieplnego o zawartości od 0.45% do 0.55% węgla lub stale konstrukcyjne stopowe najczęściej chromowo - niklowe, chromowo - wanadowe lub podobne. Użycie stali stopowych na wały korbowe kute jest uzasadnione przede wszystkim wtedy, gdy chodzi o uzyskanie większej wytrzymałości zmęczeniowej lub większej twardości czopów. Wały korbowe kute podlegają dwukrotnej obróbce cieplnej. Surowe odkuwki są wyżarzane i normalizowane w celu usunięcia naprężeń wewnętrznych wywołanych kuciem. Po obróbce mechanicznej czopy utwardza się poprzez hartowanie powierzchniowe a następnie odpuszczanie.

Wały odlewane wykonywane są z żeliwa szarego lub sferoidalnego o osnowie perlitycznej lub perlityczno - ferrytycznej. Bardziej nowoczesnym materiałem stosowanym na wały korbowe jest żeliwo sferoidalne o strukturze bainityczno - martenzytycznej (uzyskanej w stanie surowym lub po zahartowaniu) oraz staliwo nadeutektoidalne z grafitem kulkowym o strukturze bainityczno - martenzytycznej. Wały odlewane wykonane z żeliwa cechuje większa zdolność tłumienia drgań skrętnych i zginających.

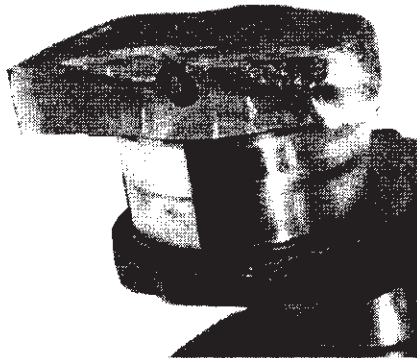
3. Badania metalograficzne

Badania metalograficzne uszkodzonych wałów obejmowały oględziny zewnętrzne i badania mikrostrukturalne. Badania przeprowadzono na wałach korbowych montowanych w silnikach S – 21, 2C90, 126A1.

Rys. 1 i 2 przedstawiają uszkodzony wał korbowy pochodzący z silnika S-21. Pęknięcie nastąpiło przez ramię wykorbienia wału. Przełom ma charakter zmęczeniowy, ognisko pęknięcia widoczne jest w miejscu przejścia powierzchni czopa wału w ramię wykorbienia. Obserwuje się zużycie czopów ścierne i przez utlenianie. Na czopach wału wyraźnie widoczne są rysy obwodowe. Nastąpiła utrata geometrii osi i płaszczyzn głównych wału. W miejscach rowków olejowych widoczne zużycie przez utlenianie

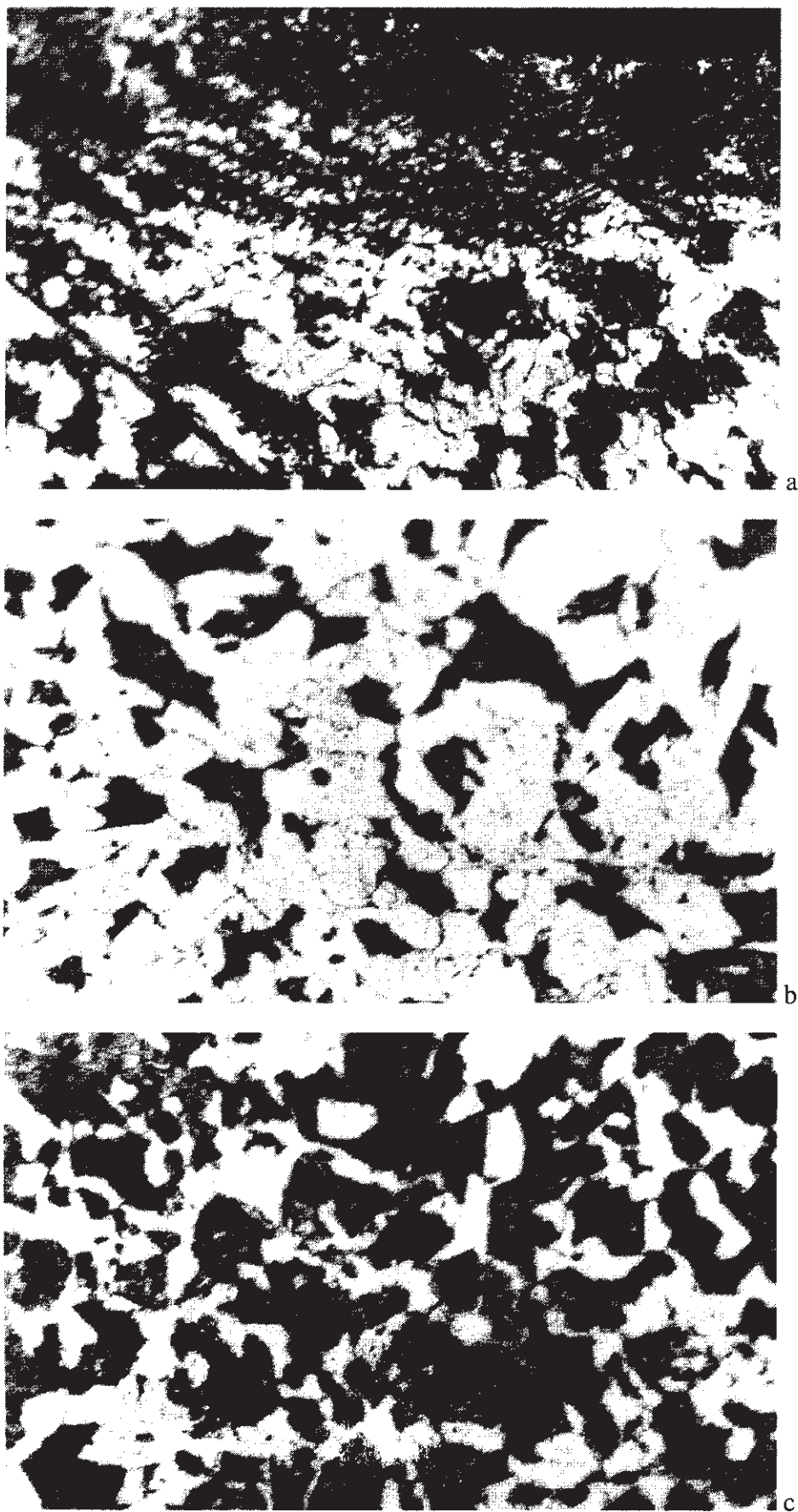


Rys. 1. Widok ogólny pękniętego wału korbowego silnika S-21



Rys. 2. Fragment pękniętego wału korbowego silnika S-21

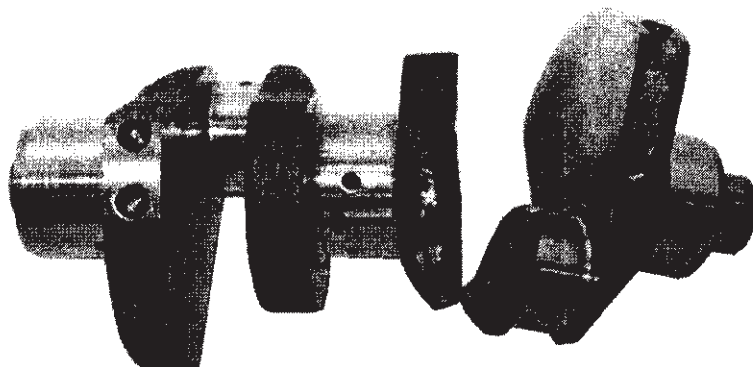
Na rys. 3 a, b, c przedstawiono obraz mikrostruktury wału korbowego silnika S-21 z obszaru pęknięcia. Wał korbowy posiada strukturę ferrytyczno-perlityczną ponieważ wykonany był ze stali 45. W pobliżu krawędzi złomu widoczne są silnie zniekształcone ziarna perlitu (rys. 3a), niejednorodność struktury oraz linie płynięcia materiału. Prawidłowy obraz struktury stali 45 przedstawia rys. 3c natomiast obszar o zmniejszonej zawartości węgla widoczny jest na rys. 3b. Ta niejednorodność składu chemicznego mogła być jedną z przyczyn pęknięcia wału.



*Rys. 3. Mikrostruktura wału korbowego silnika S-21 z obszaru pęknięcia.
Trawiono nitałem. Pow. 500x.*

Pęknięty wał korbowy silnika spalinowego 2C90 przedstawiono na rys. 4 i 5.

Widoczne są ślady zużycia ściernego na czopach, brak geometrii wału. Uszkodzenie ma charakter zmęczeniowy, ognisko złomu zmęczeniowego znajduje się w pobliżu otworu olejowego na powierzchni ramienia wału, również przy przejściu w powierzchnię czopa.



Rys. 4. Widok ogólny uszkodzonego wału korbowego silnika 2C90



Rys. 5. Obraz przełomu zmęczeniowego silnika 2C90.

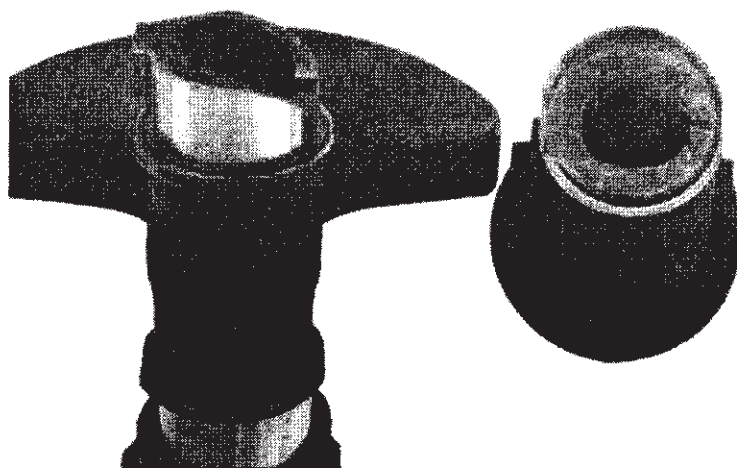
Obraz uszkodzeń wału korbowego silnika 126A1 przedstawiono na rys. 6 – 8. Na rys. 6 widoczny jest wał z zatartym czopem korbowym, zaobserwować też można zużycie adhezyjne, głębokie ślady odkształcenia oraz zablokowany otwór olejowy. Rys. 7 i 8 przedstawiają wał pęknięty w poprzek czopa korbowego i przełom zmęczeniowy widoczny na obu częściach pękniętego wału. Linia pęknięcia przebiega po spirali i przechodzi przez otwór olejowy. Na znacznej części swej długości pęknięcie przebiega przez płaszczyznę końca czopa.



Rys. 6. Widok wału korbowego silnika 126A1 z zatartym czopem korbowym

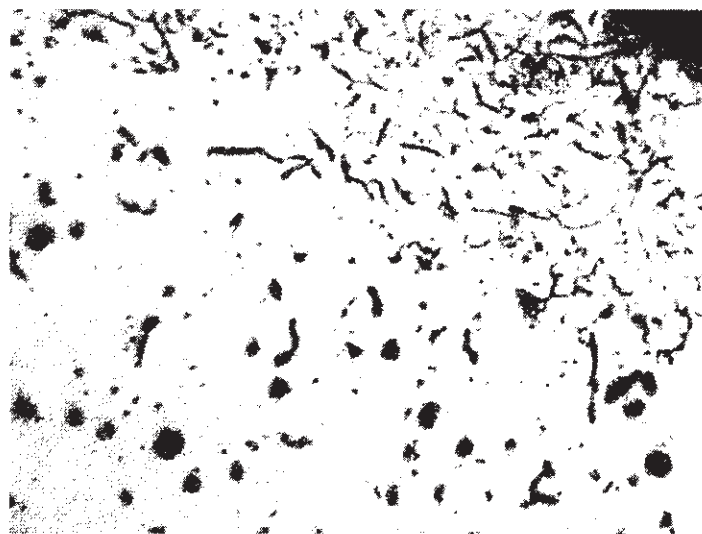


Rys. 7. Widok ogólny pękniętego wału korbowego silnika 126A1

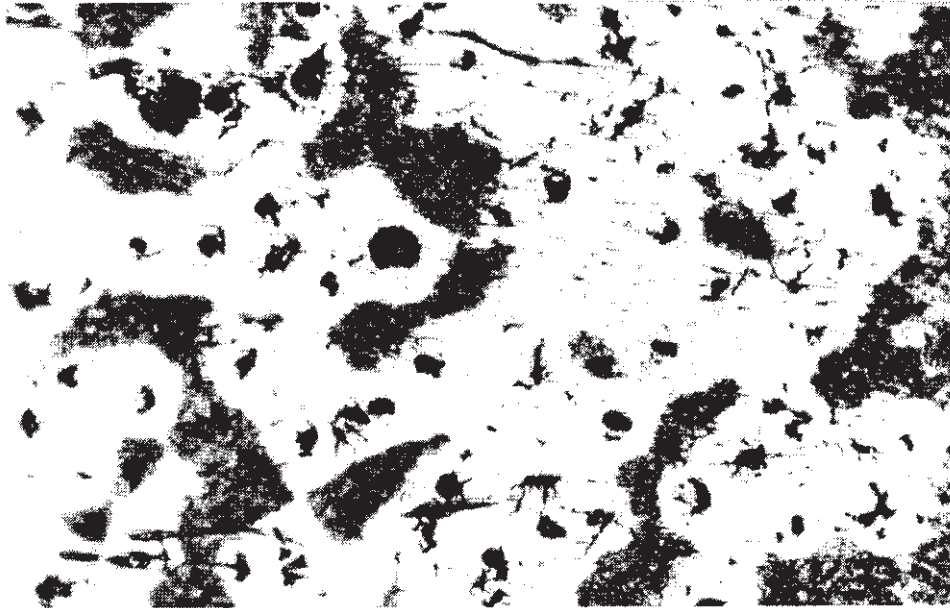


Rys. 8. Przełom zmęczeniowy pękniętego wału korbowego silnika 126A1.

Obrazy mikrostruktur pochodzące z obszaru pęknięcia wału korbowego silnika 126A1 wykonanego z żeliwa sferoidalnego pokazane są na rys. 9 i 10. Przy krawędzi przełomu widoczne są wydzielania grafitu płatkowego (rys. 9) a niejednorodna wielkość wydzieleni grafitu kulkowego oraz niepełna jego sferoidyzacja widoczne są na rys.10. Żeliwo z grafitem płatkowym posiada niższą plastyczność i wytrzymałość na rozciąganie co powoduje mniejszą wytrzymałość zmęczeniową, te błędy odlewnicze mogły być przyczyną uszkodzenia wału.



Rys. 9. Mikrostruktura wału korbowego silnika 126A1 w pobliżu pęknięcia. Widoczne wydzielania grafitu płatkowego. Zgląd nie trawiony, pow. 100x



Rys. 10. Mikrostruktura wału korbowego silnika 126A1. Niejednorodne wydzielania grafitu kulkowego i brak pełnej ich sferoidyzacji

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania metalograficzne uszkodzonych wałów korbowych nie pozwalają na jednoznaczne określenie przyczyn ich zniszczenia. Najczęściej badane przełomy mają charakter zmęczeniowy. Często obraz przełomu wału korbowego jest trudny do interpretacji ze względu na to, że przed zatrzymaniem silnika uszkodzone części wału wykonują jeszcze pewną liczbę obrotów i trąc o siebie powodują powstanie na przełomie wtórnych zawalcowań i wybłyszczeń.

Strefy przejściowe pomiędzy warstwą zahartowaną i nie zahartowaną stanowią mogą ognisko pęknięć i należy uważać by nie pokryły się z karbami innego rodzaju, zwłaszcza geometrycznego.

Awarii wału nie można rozpatrywać indywidualnie, często ma ona związek z innym wcześniejszym uszkodzeniem w układzie korbowo – tłokowym np. nieznacznym odkształceniem korbowa przy uderzeniu tłoków o grzybki zaworów po urwaniu paska napędu rozrządu.

5. Wnioski

1. Większość badanych przełomów uszkodzonych wałów korbowych ma charakter zmęczeniowy.
2. Prawie wszystkie przełomy zmęczeniowe mają ognisko w miejscu przejścia czopa w ramię wykorbienia, które stanowi naturalny karb geometryczny. Przy produkcji i regeneracji wałów należy zwrócić szczególną uwagę na promienie przejścia.
3. Miejsce pęknięcia wału jest trudne do przewidzenia i raczej nie zależy od wartości momentu skręcającego (bliskości koła zamachowego) lecz od geometrii powierzchni, struktury materiału oraz rodzaju i amplitudy drgań skrętnych.
4. W przypadku wałów odlewanych przyczyną uszkodzeń może być nieprawidłowa struktura (niepełna sferoidyzacja lub strefowy jej brak).
5. Ze względu na skłonność do przebiegu przełomów przez otwory olejowe należy szczególnie dokładnie je projektować i rozmieszczać, a przy wałach odlewanych dbać o prawidłowe ustawienie rdzenia odlewniczego.

Bibliografia

- [1] Stupnicka H.: *Investigation of causes of wear piston-cylinder liner assembly in a combustion engine*, III Międzynarodowa Konferencja Naukowa Izvor i prenos snage, Titograd, 1990, str.153-160.
- [2] Stupnicka H, Wrona J.: *Badania przyczyn zniszczenia wału korbowego silnika ZS z wtryskiem bezpośrednim*, Explo-Sil.92, Gdynia, 1992, str. 122-127.
- [3] Gardyński L., Ignaciuk P.: *Uszkodzenia kawitacyjne tulei cylindrowych w silniku 359M*. Journal of KONES'97, Bielsko – Biała 1997, str. 177÷182.
- [4] Wilczkowski A.: *Awarie silników spalinowych. Uszkodzenia w układach korbowych*. Wydawnictwo MiW Łódź 1996.

METALLOGRAPHIC EXAMINATIONS OF COMBUSTION ENGINES CRANKSHAFTS

Summary: The paper presents results of examinations carried out at Technical University of Lublin on failures of combustion engines crankshafts. The crankshafts came from three different engine types, originally mounted in cars and utility van. The scope of the research covered the visual inspection and microstructural examinations of crack surfaces.