

## **ANALIZA PRZYCZYŃ USZKODZEŃ TURBOSPREŻAREK SAMOCHODOWYCH**

### *Streszczenie*

*W artykule przedstawiono analizę przyczyn uszkodzeń turbosprężarek samochodowych. Opisano i omówiono najczęściej występujące w eksploatacji uszkodzenia turbosprężarek. Bazowano na danych zebranych z praktyki reklamacyjnej i szkoleniowej wiodącej na rynku firmy zajmującej się regeneracją turbosprężarek.*

### **WSTĘP**

Doładowanie silników zostało zapoczątkowane przez R. Diesla jeszcze w roku 1896, natomiast A. J. Buchi, jako pierwszy wykorzystał do napędu sprężarki turbinę zasilaną spalinami uchodzącymi z cylindra. Podstawowym celem doładowania jest uzyskanie wzrostu mocy użytecznej oraz sprawności silnika. Obecnie turbosprężarka jest jednym z obowiązkowych elementów współpracujących z silnikami o zapłonie samoczynnym, a także coraz częściej wspomaga silniki o zapłonie iskrowym [4,6,7,8]. Jednym z powodów coraz częstszego stosowania turbosprężarek w samochodach osobowych jest wprowadzanie coraz bardziej rygorystycznych norm emisji spalin. Aby im sprostać, producenci aut zmniejszają pojemność silników (stosując tzw. downsizing), co jednocześnie wymusza zastosowanie w takich silnikach doładowania. Tym sposobem zmniejsza się masę pojazdów a doładowane silniki o małych pojemnościach cechują się wysoką mocą i korzystną krzywą podaży momentu obrotowego.

Pomimo, że turbosprężarka jest bardzo prostym urządzeniem, która składa się zaledwie z kilku elementów [4,6,7,8], to jednak ze względu na charakter wykorzystania w silnikach oraz jej budowę jest podatna na uszkodzenia mechaniczne, które mogą doprowadzić nawet do jej całkowitego zniszczenia. W artykule podjęto próbę usystematyzowania wiedzy w zakresie najczęściej występujących uszkodzeń turbosprężarek.

### **1.1. PRZYCZYNY USZKODZEŃ TURBOSPREŻAREK**

Ze względu na swoją prostą budowę, wydawało by się, że turbosprężarka jest odporna na uszkodzenia. Jest to jednak urządzenie bardzo wrażliwe na złe warunki pracy takie jak podwyższona temperatura spalin, niewłaściwy wydatek, ciśnienie lub zanieczyszczenie oleju niezbędnego do smarowania i chłodzenia lub też niewłaściwa ochrona przed ciałami stałymi w układzie.

Objawami uszkodzenia turbosprężarki mogą być wycieki oleju silnikowego przez uszczelnienia turbosprężarki do obudowy sprężarki lub turbiny, hałas lub głośniejsza praca urządzenia, brak mocy silnika, biały, siwy, niebieski lub czarny dym wydobywający się z układu wydechowego, oraz zwiększone zużycie oleju.

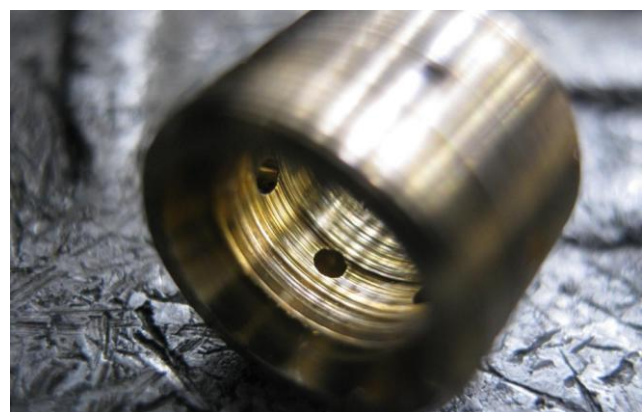
Do najczęstszych przyczyn uszkodzeń turbosprężarek należą:

- zanieczyszczenia oleju ciałami stałymi lub zanieczyszczenia chemiczne,
- ograniczony lub całkowity brak smarowania łożysk turbosprężarki,
- ciała obce w układzie dolotowym turbiny lub sprężarki,
- generowanie przez silnik dużych ilości nagaru,
- zbyt wysoka temperatura spalin,
- nieprawidłowa eksploatacja silnika z turbosprężarką.

W sytuacjach w których występują zanieczyszczenia stałe w oleju, pierwszymi elementami które ulegają uszkodzeniu są wałek turbosprężarki oraz jej łożyska. Na wałku i tulejach ślizgowych zaobserwować można głębokie rysy, co pokazano na Rys. 1 i 2 [5]. Powodują one przerwanie filmu olejowego co doprowadza do kontaktu wałka z tuleją. W miejscach tych następuje ubytek materiału w związku z czym dochodzi do podwyższenia luzu promieniowego i osiowego układu wirującego, co w konsekwencji prowadzi do całkowitego uszkodzenia turbosprężarki.



**Rys. 1.** Wałek turbosprężarki pokryty głębokimi rysami w miejscu współpracy z tuleją główną



**Rys. 2.** Tuleja główna pokryta głębokimi rysami

Przy nieodpowiednim smarowaniu łożysk ślizgowych dochodzi to przegrzania i zatarcia wałka w tulejach. Zaobserwować wtedy możemy na wałku charakterystyczne przebarwienia świadczące o miejscowym wzroście temperatury (Rys. 3 i 4) [5].



**Rys. 3.** Przytarty i przegrzany wałek turbosprężarki na skutek niewłaściwego smarowania



**Rys. 6.** uszkodzenie na skutek kontaktu z drobnymi twardymi zanieczyszczeniami znajdującymi się w zasysanym powietrzu.

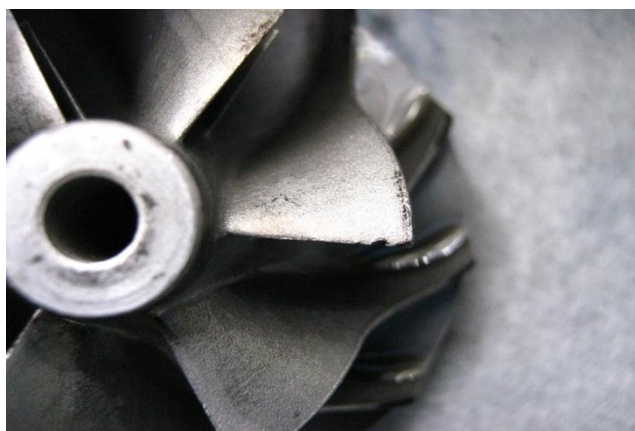


**Rys. 4.** Łożysko oporowe wytarte i przegrzane na skutek niewłaściwego smarowania.



**Rys. 7.** uszkodzenie koła kompresji na skutek kontaktu z ciałem obcym większych rozmiarów.

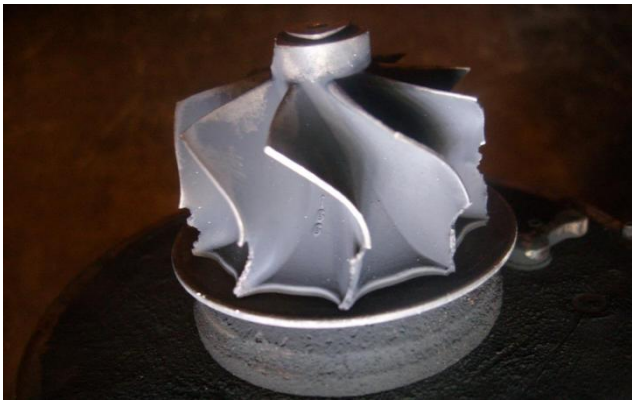
Uszkodzenia turbosprężarek powstałe na skutek z kontaktu z obcym ciałem stałym doprowadzają do rozważenia układu wirującego, co z kolei doprowadza do szlifowania łożysk ślizgowych, powiększenia luzu osiowego i promieniowego i następuje do zniszczenia turbosprężarki [3,5]. Typowe uszkodzenia powstałe po kontakcie z ciałem obcym pokazano na Rys. 5-9.



**Rys. 5.** Uszkodzona krawędź natarcia łopatki koła kompresji przez kontakt z ciałem obcym małych rozmiarów.



**Rys. 8.** Wygięcie łopatki koła kompresji na skutek kontaktu z miękkim materiałem znajdującym się w zasysanym powietrzu takich jak bryłka lodu lub element gumowy.



**Rys. 9.** Uszkodzone koło turbinowe na skutek kontaktu z ciałem obcym znajdującym się w układzie wydechowym.

Przyczyną uszkodzenia turbosprężarki może być też nagar generowany przez silnik. Jedną z przyczyn tego zjawiska jest np. przepalenie oleju napędowego. Najczęstszym przypadkiem nieprawidłowej pracy turbosprężarki, spowodowanej zbyt dużą ilością nagaru, jest blokowanie się kierownic zmiennej geometrii, co pokazano na Rys. 10. Objawia się to problemami związanymi ze sterowaniem turbosprężarką, która może nie doładowywać, ze względu na zbyt małą prędkość układu wirującego, lub też przeladowywać, ze względu na zbyt wysoką prędkość układu wirującego. Rzadszym uszkodzeniem wynikającym z nagromadzenia się nagaru jest rozważenie elementów wirujących na skutek oderwania się części nagaru, co pokazano na Rys.11 [5].



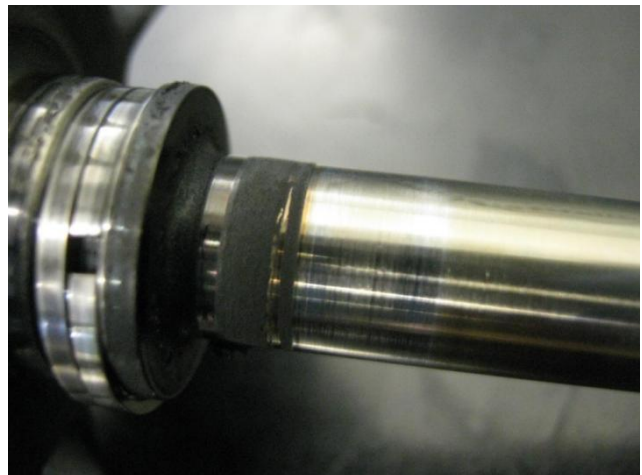
**Rys. 11** Zablockowane kierownice zmiennej geometrii z powodu nagaru.

Przy zbyt wysokiej temperaturze spalin może dojść do nadpalenia koła turbinowego. Zazwyczaj konsekwencją tego jest rozważenie układu wirującego i zniszczenie turbosprężarki. Przykład takiego uszkodzenia pokazano na Rys. 12 [5].

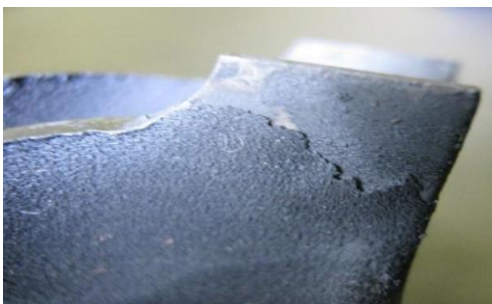


**Rys. 12.** Nadpalona łopatką koła turbinowego na skutek zbyt wysokiej temperatury spalin

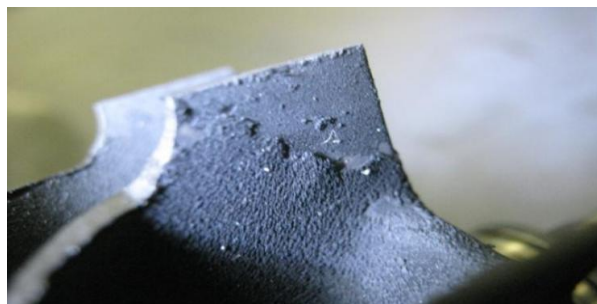
Do najczęstszych uszkodzeń wynikających z nieprawidłowej eksploatacji pojazdu wyposażonego w turbosprężarkę należą opisane już wcześniej przypadki wiążące się z zaniedbaniem w serwisowaniu pojazdu. Szczególnie te związane z brakiem smarowania wynikające z braku wymiany oleju w wyznaczonym terminie lub niedopilnowania jego poziomu. Innym błędem jest wyłączenie pojazdu bez wcześniejszego schłodzenia turbosprężarki po intensywnym użytkowaniu. Nie jest to bezpośrednim powodem uszkodzenia, lecz się do niego przyczynia. Na rozgrzanym wałku mogą tworzyć się spieki oleju, co pokazano na Rys. 13, które w późniejszym czasie utrudniają smarowanie i chłodzenie co w konsekwencji doprowadza do awarii [5].



**Rys. 13.** Widoczne ślady spieczonego oleju w miejscu współpracy wałka z łożyskiem głównym



**Rys. 10.** Odrywające się fragmenty nagaru z koła turbinowego turbosprężarki.



## PODSUMOWANIE

Turbosprężarka jest urządzeniem o bardzo prostej budowie. Jeden element wirujący i kłapa lub łopatki mające kontrolować prędkość wirowania. W idealnych warunkach pracy jakimi są stałe smarowanie o jednakowym wydatku ciśnieniu, stała temperatura pracy oraz czysty gaz służący do napędu, turbosprężarka mogła by bezawaryjnie działać przez bardzo długi czas. Niestety warunki pracy przy silniku spalinowym najczęściej nie są idealne. Turbosprężarka została zaprojektowana do pracy przy sprawnym silniku spalinowym i problem zaczyna się w chwili gdy jednostka przestaje się cechować pełną sprawnością. Wynika z tego, że wszystkie uszkodzenia turbosprężarki powstają w wyniku innych uszkodzeń silnika lub osprzętu. Bardzo częstym błędem serwisów jest wymiana uszkodzonej turbosprężarki bez usunięcia przyczyny powstania awarii. Skutkiem tego jest kolejna awaria, najczęściej w dość krótkim czasie po wymianie. Dodatkowo niekorzystnym faktem w eksploatacji turbosprężarek jest to, że praktycznie każde, wydawało by się drobne, uszkodzenie jest zazwyczaj przyczyną całkowitego zniszczenia. Dzieje się tak ze względu na prędkość obrotową układu wirującego przekraczającą często 200tys. obr/min. Przy tej prędkości wirowania wszystko co spowoduje nawet delikatne rozważenie układu wirującego doprowadza do zupełnego zniszczenia. Aby móc skutecznie zapobiegać uszkodzeniom lub minimalizować ich skutki należy bezwzględnie stosować się do zaleceń producenta pojazdu w zakresie eksploatacji pojazdu (wymiany olejów zgodnie z harmonogramem, schładzanie turbosprężarki po długiej jeździe na wysokich obrotach silnika). Podczas naprawy lub wymiany zespołu turbosprężarki należy bezwzględnie stosować się do procedury producenta turbosprężarki podczas jej wymiany (na nową lub zregenerowaną) w zakresie procesu montażu jak również w zakresie dodatkowych czynności tj. wymiana oleju na nowy, oczyszczenie całego układu dolotowego.

## BIBLIOGRAFIA

1. Drozd K., Olejnik K. Badania materiałowe elementów turbosprężarki pod kątem eliminowania przyczyn uszkodzeń eksploatacyjnych Journal of Science of the Gen. Tadeusz Kosciuszko Military Academy of Land Forces; lip-wrz2013, Vol. 169 Issue 3, p88-98, 11p
2. Filipczyk J. : Causes of automotive turbocharger faults Transport problems, Volume 8 Issue 2 2013.
3. Idzior M., Bieliński M., Borowczyk T., Daszkiewicz P., Stobnicki P. Badania symulacyjne wpływu nieszczelności układów dolotowych turbosprężarek na ich skuteczność działania 4/2012 (151) - PTNSS-2012-SS4-407.
4. Mysłowski J.: Doładowanie silników. Wyd. 2 / 2006 - Dostęp do wersji elektronicznej w serwisie ibuk.pl
5. Materiały zebranie z praktyki reklamacyjnej i szkoleniowej wiodącej na rynku firmy zajmującej się regeneracją turbosprężarek.
6. Wajand Jan A., Wajand Jan T., Tłokowe silniki spalinowe średnio i szybkoobrotowe, Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa 2005
7. Wajand J, Werner J. Silniki spalinowe małej i średniej mocy Wydawnictwo Naukowo-Techniczne Warszawa 1971.
8. Witkowski A.: Sprężarki wirnikowe. Teoria, konstrukcja, eksploatacja, Gliwice, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 2004
9. [www.turbobygarrett.com/turbobygarrett/basic](http://www.turbobygarrett.com/turbobygarrett/basic)

## ANALYSIS OF CAUSES DAMAGE TO THE TURBOCHARGERS

### Abstract

*The article presents an analysis of the causes of damage to automotive turbochargers. Described and discussed the most common in use damage to the turbocharger. It was based on data collected from practice complaint and training market leading regenerator turbochargers.*

### Autorzy:

Prof. dr hab. inż. **Wincenty Lotko** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Mechaniczny;  
dr hab. inż. **Rafał Longwic**, prof. PL – Politechnika Lubelska, Katedra Pojazdów Samochodowych;  
dr hab. inż. **Krzysztof Górski**, prof. UTH - Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Mechaniczny;  
mgr inż. **Przemysław Sander** - Politechnika Lubelska, Katedra Pojazdów Samochodowych;  
mgr inż. **Tomasz Durczak** - Politechnika Lubelska, Katedra Pojazdów Samochodowych.