

## **KRYTYCZNA ANALIZA METOD NAPRAW TURBOSPREŻAREK SAMOCHODOWYCH**

### *Streszczenie*

*W artykule przedstawiono analizę w zakresie metod napraw turbosprężarek samochodowych. Opisano i omówiono objawy typowych uszkodzeń oraz proces regeneracji turbosprężarek. Bazowano na danych zebranych z praktyki reklamacyjnej i szkoleniowej wiodącej firmy zajmującej się regeneracją turbosprężarek..*

### **WSTĘP**

Pierwsza turbosprężarka została zastosowana w silniku spalinowym już na początku XX wieku przez szwajcara A. J. Buchi, choć ideę podniesienia mocy silnika poprzez sprężenia powietrza doprowadzanego zapoczątkował R. Diesla jeszcze w roku 1896. Obecnie turbosprężarka jest jednym z obowiązkowych elementów współpracujących z silnikami o zaplonie samoczynnym, a także coraz częściej wspomaga silniki o zaplonie iskrowym. Podstawowym celem doładowania jest uzyskanie wzrostu mocy użytecznej oraz sprawności silnika [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 doładowany silnik o małych pojemnościach cechuje 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. Niesprawność turbosprężarki w większości przypadków nie wymusza konieczności wymiany na nową, gdyż uszkodzeniom najczęściej ulegają jej wewnętrzne elementy. Właściciele pojazdów w których doszło do niesprawności turbosprężarki ze względu na znaczne oszczędności w kosztach naprawy coraz częściej decydują się na jej regenerację. W Polsce istnieje dużo podmiotów gospodarczych specjalizujących się w naprawach tego typu podzespołów. Producenci pojazdów również w swojej ofercie części zamiennych posiadają te „zregenerowane” bezpośrednio u producenta. W artykule przedstawiono oznaki niesprawności oraz proces naprawy turbosprężarki silnika spalinowego.

### **1. SYMPTOMY USZKODZENIA TURBOSPREŻARKI**

Trwałość podzespołu osprzętu silnika jakim jest turbosprężarka, przy prawidłowej eksploatacji pojazdu tj. zgodnej z zaleceniami producenta pojazdu, jest dość duża i wystarcza często na ponad 200 tys. km. Zaniedbania lub nieprawidłowa eksploatacja pojazdu może powodować, że objawy niesprawności turbosprężarki mogą wystąpić wcześniej, typowe symptomy uszkodzenia turbosprężarki opisano w pkt 1.1 -14. [5].

#### **1.1. Utrata mocy silnika, pogorszone osiągi pojazdu**

Do najczęstszych oznak niesprawności można zaliczyć utratę mocy silnika, pogorszenie osiągi pojazdu, spóźniona reakcja na naciśnięcie pedału przyspieszenia.

Turbosprężarka podnosi moc jaką rozwija jednostka napędowa, w związku z tym jednym z pierwszych sygnałów które mogą świadczyć o jej uszkodzeniu jest utrata mocy. Jeśli auto wyraźnie słabnie, nie rozwija pełnej mocy, lub reakcja na wciśnięcie pedału przyspieszenia się znacząco wydłuża, może to być objaw tego, że ciśnienie doładowania generowane przez turbosprężarkę jest zbyt niskie. Innym symptomem uszkodzenia może być ubytek mocy w związku ze zbyt wysokim ciśnieniem doładowania. Świadczy to u uszkodzeniu elementu sterującego prędkością obrotową wałka turbosprężarki czyli zaworu upustowego lub zmiennej geometrii. W skrajnych wypadkach może to doprowadzić do uszkodzenia silnika. Do błędu przeładowania zazwyczaj dochodzi w wyniku zacinań się kierownic zmiennej geometrii pokrytych grubą warstwą nagaru. Używanie pojazdu z turbosprężarką, w której zacinają się łopatki zmiennej geometrii jest niezwykle ryzykowna ze względu na to, że spadek mocy może wystąpić nagle.

#### **1.2. Niebieski lub czarny dym z układu wylotowego**

Niesprawność turbosprężarki często objawia się nadmiernym dymieniem wydobywającym się z układu wydechowego. Spaliny o niebieskim zabarwieniu wskazywać mogą, że spalaniu ulega olej silnikowy, co może świadczyć o uszkodzeniu uszczelnień turbosprężarki. Dość często bywa, w przypadku silników o zaplonie samoczynnym, że z układu wydechowego wydobywają się spaliny o zabarwieniu czarnym. Może to świadczyć o nieprawidłowym procesie spalania. Jedną z przyczyn tego zjawiska jest zbyt niskie ciśnienie doładowania, gdy turbosprężarka nie jest w stanie dostarczyć wymaganej ilości powietrza.

#### **1.3. Duży ubytek oleju silnikowego, wycieki**

W silnikach wyposażonych w turbosprężarkę często można zaobserwować ubytki oleju silnikowego, spowodowane uszkodzeniem uszczelnień turbosprężarki. Olej może wydostawać się po stronie „gorącej” turbosprężarki i być dopalany w układzie wydechowym, jak również może dostawać się przez układ dolotowy do komory spalania i w wyniku spalania generować ponadnormatywne odkładanie się nagaru w turbosprężarce oraz spaliny o zabarwieniu niebieskim.

#### **1.4. Głośna praca turbosprężarki**

Głośna praca turbosprężarki zazwyczaj oznacza już jej poważne uszkodzenie, ponieważ powstaje w wyniku kontaktu układu wirującego z obudową turbosprężarki. Świadczy to o ponadnormatywnym luzie na wałku turbosprężarki powstałym w wyniku wyeksplotowania łożysk ślizgowych. Zazwyczaj głośność turbosprężarki poprzedzona jest objawami opisanymi w pkt 1.1-1.3.

## 2. PROCES REGENERACJI TURBOSPREŻARKI

Regeneracja uszkodzonej turbosprężarki, którą pokazano na Rys.1, polega na zastąpieniu części uszkodzonych częściami nie uszkodzonymi oraz umiejętnym złożeniem ich w całość. Niezależnie od stwierdzonych uszkodzeń turbosprężarki proces naprawczy wygląda tak samo.



Rys. 1. Widok uszkodzonej turbosprężarki

Proces regeneracji turbosprężarki można podzielić na kilka ważnych etapów, które omówiono poniżej.

### 2.1. Demontaż uszkodzonych elementów

Na etapie demontażu uszkodzona turbosprężarka podlega rozbiórce na części pierwsze. Oceniana jest stopień zużycia poszczególnych elementów ruchomych takich jak wałek, koło kompresji oraz układ zmiennej geometrii. Ocenie podlegają również elementy nieruchome takie jak obudowa łożysk oraz obudowy turbiny i sprężarki. Do kolejnego etapu odbudowy trafiają części, które wizualnie wyglądają na nie uszkodzone, celem dokładniejszej weryfikacji i zdatności do ponownego montażu. Na Rys. 2 pokazano częściowo rozmontowaną turbosprężarkę.



Rys. 1. Widok uszkodzonej turbosprężarki w stanie częściowego demontażu

### 2.2. Czyszczenie

Czyszczenie poprzez piaskowanie jest kolejnym etapem w procesie regeneracji turbosprężarki. Na tym etapie ujawniają się uszkodzenia nie stwierdzone po wstępnych oględzinach. Po piaskowaniu ujawniają się często pęknięcia ukryte pod nagarem. Na Rys. 3 pokazano pęknięcie obudowy części turbinowej w okolicy zaworu upustowego. Na uszkodzenia tego typu narażone są głównie elementy korpusu po stronie „gorącej” turbosprężarki. Uszkodzenia te mają charakter zmęczeniowy, który wynika z dużej amplitudy temperatur podczas pracy. Ze względu na warunki temperaturowe, nie ma możliwości naprawy takiego korpusu poprzez spawanie. Taka naprawa byłaby nieskuteczna i w dość szybkim czasie niesprawność mogłaby powrócić. Element taki podlega tylko i wyłącznie wymianie.

dzenia te mają charakter zmęczeniowy, który wynika z dużej amplitudy temperatur podczas pracy. Ze względu na warunki temperaturowe, nie ma możliwości naprawy takiego korpusu poprzez spawanie. Taka naprawa byłaby nieskuteczna i w dość szybkim czasie niesprawność mogłaby powrócić. Element taki podlega tylko i wyłącznie wymianie.



Rys. 3. Widok pękniętej obudowy części turbinowej w okolicy zaworu upustowego

### 2.3. Kompletowanie części składowych i składanie

Etapy naprawy turbosprężarki pokazane w pkt. 2.1-2.2 miały na celu wyeliminowanie części nie nadających się do ponownego użycia. Na tym etapie w procesie naprawy następuje kompletowanie części, które podlegały wymianie, po czym następuje złożenie z nich działającej turbosprężarki. Na Rys. 4 pokazano zestaw naprawczy do turbosprężarki firmy Melett [12]. Do montażu wykorzystywane są również elementy turbosprężarki, które nie uległy uszkodzeniu i w procesie weryfikacji pozytywnie przeszły testy, kwalifikując się do ponownego montażu.



Rys. 4. Widok zestawu naprawczego do turbosprężarki firmy Melett oraz elementów zakwalifikowanych do ponownego montażu

Podstawowe zestawy naprawcze dostępne na rynku, między innymi takie jak prezentowany na Rys. 4, (zestaw naprawczy firmy Melett) zawierają przede wszystkim komplet łożyskowania turbosprężarki, czyli łożysko główne i łożysko wzdłużne oraz trzpień łożyska wzdłużnego. Zestaw zawiera również pierścienie uszczelniające wałek turbosprężarki oraz oringi uszczelniające. Elementy



takie jak wałek turbosprężarki, koło kompresji czy układ zmiennej geometrii to elementy rozszerzonego zestawu naprawczego. Po zmontowaniu łożysk w obudowie, umieszczeniu w nich wałka i przykręceniu do niego koła kompresji (turbosprężarka jest jeszcze bez obudów turbiny i sprężark) dokonywany jest proces wyważania. Na Rys. 5 pokazano układ wirujący podlegający wyważeniu.



Rys. 5. Widok układu wirujący wraz z obudową łożysk

## 2.4. Wyrównoważenie układu wirującego

Wyrównoważenie układu wirującego turbosprężarki polega na umieszczeniu go w wyważarce i uzyskaniu prędkości zbliżonej do prędkości roboczej. Do tego celu niezbędne jest zapewnienie smarowania. Urządzenia do wyważania dysponują układem olejowym do którego podłącza się wyważaną turbinę. NA Rys. 6 pokazano przykładową wyważarkę firmy Schenck [12].



Rys. 6. Wyważarka do turbosprężarek firmy Schenck.

Wyrównoważenie układu wirującego odbywa się poprzez usunięcie odpowiedniej masy z nakrętki mocującej koło kompresji na wałku turbosprężarki, co pokazano na Rys. 7. Wyważarka wskazuje miejsce oraz wagę materiału jaki należy usunąć.



Rys. 6. Widok usuwania masy z nakrętki koła kompresji celem wyrównoważenia układu wirującego

## 2.5. Kalibracja turbosprężarki

Po opuszczeniu stanowiska do wyważania turbosprężarka składana jest do postaci w jakiej montuje się ją do silnika. To jednak nie koniec procesu naprawczego mającego na celu odzyskanie właściwości normatywnych. Niezbędne jest jeszcze skalibrowanie układu mającego regulować prędkość obracania się układu wirującego. Kalibracji podlega zawór upustowy lub kierownica zmiennej geometrii. Porusza nimi zawór podciśnieniowy lub nadciśnieniowy za pośrednictwem cięgna o regulowanej długości. Od długości cięgna zależą podstawowe parametry pracy turbosprężarki tj. ciśnienie doładowania oraz to przy jakich obrotach silnika pojawia się wymagane ciśnienie doładowania. Pomocne w regulacji może być urządzenie VTR Turbo technics, które pokazano na Rys. 7 [11], mierzące przepływ powietrza przez układ zmiennej geometrii.



Rys. 7. VTR Turbo technics do kalibracji turbosprężarek

## PODSUMOWANIE

Awaria turbosprężarki w pojazdach jest dość powszechnym zjawiskiem, które generuje wysokie koszty naprawy. W Polsce mamy bardzo dużą ilość firm oferujących regenerację podzespołu silnika jakim jest turbosprężarka, co pozwala znacząco obniżyć koszty naprawy tego elementu. Ceny za tą usługę wahają się od kilkuset do kilku tys. złotych. Oczywiście rzeczą wpływającą na cenę usługi jest model turbosprężarki jak również zastosowane do naprawy części zamienne i procedury naprawcze. Istnieją duże wahania cen w przypadku odbudowy takich samych modeli turbosprężarek. Wynikają one przede wszystkim z tego, jakiej jakości części zamienne zostaną wykorzystane do odbudowy oraz jakiego sprzętu używa się do wyważania i kalibracji turbosprężarki i czy w ogóle go używa. Od wyważenia układu wirującego zależy żywotność zregenerowanego podzespołu zatem ważne jest to aby firma oferująca regenerację dysponowała specjalistycznym oprzyrządowaniem.

## BIBLIOGRAFIA

1. Drozd K., Olejnik K. Badania materiałowe elementów turbosprężarki pod kątem eliminowania przyczyn uszkodzeń eksploatacyjnych Journal of Science of the Gen. Tadeusz Kościuszko 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)
10. [www.schenck-rotec.pl](http://www.schenck-rotec.pl)
11. [www.turbotechnics.com.pl](http://www.turbotechnics.com.pl)
12. [www.melett.com](http://www.melett.com)

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.

## CRITICAL ANALYSIS METHODS TO REPAIR AUTOMOTIVE TURBOCHARGERS

### *Abstract*

*The article presents an analysis of automotive turbochargers repair methods. Described and symptoms typical of the damage and the process of regeneration of turbochargers. It was based on data collected from practice complaint and training market leading regenerator turbochargers.*