

**MAHLE**

*Driven by performance*

# TURBOSPREŻARKI: USZKODZENIA, PRZYCZYNY I ZAPOBIEGANIE

Informacja techniczna

AFTERMARKET





## Spis treści

1	Wstęp	4
2	Brak smarowania	6
3	Zanieczyszczony olej	8
4	Wyciek oleju z turbosprężarki	10
5	Uszkodzenia przez ciała obce	12
6	Uszkodzenia na skutek zbyt wysokiej temperatury spalin	13
7	Za wysoka prędkość obrotowa	14

# 1 Wstęp

MAHLE jest ważnym partnerem konstrukcyjnym i producentem elementów silnikowych oraz systemów filtracyjnych dla przemysłu samochodowego. Wspólnie z producentami silników i pojazdów na całym świecie. Inżynierowie firmy MAHLE opracowują wyroby o najwyższej jakości. Tak samo wysokie wymagania jakościowe dotyczą części zamiennych na rynek wtórny.

Wielokrotne kontrole podczas i po zakończeniu produkcji gwarantują wysoki poziom jakości wyrobów MAHLE. Jeżeli podczas eksploatacji dojdzie do awarii, to jej przyczyn należy z reguły szukać w otoczeniu silnika.

## TURBOSPŘĘŻARKA – AGREGAT

Turbospřężarki są stosowane do zwiększania mocy oraz do optymalizacji spalania. Aby zapewnić dobre i całkowite spalanie w silniku konieczne jest zachowanie stosunku mieszania 1 kg paliwa na ok. 15 kg powietrza (stechiometryczna mieszanka paliwowa). Ta ilořć powietrza odpowiada objętořci ok. 11 m<sup>3</sup>. Doładowanie powoduje podwyzszenie gęstořci powietrza i tym samym zwiększenie jego ilořci.

Na skutek doładowania następuje znaczne polepszenie stopnia napełnienia cylindrów i tym samym sprawnořci silnika spalinowego. Ponadto możliwe jest wyraźnie zwiększenie momentu obrotowego, połączony ze wzrostem mocy. Silnik z turbodoładowaniem o takiej samej mocy, jak silnik wolnossący może mieć więć mniejszą pojemnořć skokową i tym samym mniejszą masę (Downsizing).

Sercem kaźdej turbospřężarki są elementy ruchome, składowane się z wirnika turbiny na jednym wałku z wirnikiem spręźarki. Wirnik turbiny znajduje się po stronie spalin. Jest on połączony trwale z wałkiem, np. w procesie zgrzewania ciernego lub laserowego. Wirnik spręźarki jest zamontowany na drugim końcu wałka, typowo za pomocą połączeń śrubowych.

Strumieñ spalin z silnika przepływa przez turbinę. Powoduje to rozpędzenie wirnika turbiny do wysokich obrotów, który przez wałek napędza wirnik spręźarki. Prędkořć obrotowa turbiny zależy od jej wykonania oraz od ilořci spalin. W małych turbospřężarkach elementy wirujące osiągają prędkořć obrotową do 300 000 obr./min. Aby nie zniszczyć turbospřężarki i silnika, ciřnienie doładowania jest z reguły ograniczona przez układowy regulacji ciřnienia doładowania.

## WYMIANA TURBOSPŘĘŻARKI: TO NAJWAŻNIEJSZE

Zarówno konstrukcyjnie, jak i z punktu widzenia funkcjonalnořci, turbospřężarka jest dopasowana do żywotnořci silnika. W praktyce jednak wysokowydajne podzespoły, znajdujące się w układowy wydechowym, są naraźone na różne czynniki ryzyka, które mogą spowodować przedwczesną usterkę.

Warunkiem pomysłnej naprawy jest przeanalizowanie przyczyn i ich usunięcie. W przeciwnym razie istnieje ryzyko szybkiego uszkodzenia nowej turbospřężarki.

Niniejsza broszura opisuje typowe uszkodzenia wraz z możliwymi przyczynami. Przedstawione informacje uzupełniają rady, jak w przyszłości unikać takich uszkodzeń.

Chcemy w ten sposób pomóc warsztatowi i przedsiębiorstwu remontującemu silniki w poszukiwaniu przyczyn usterek oraz umożliwić fachową naprawę, będącą warunkiem długiego i niezawodnego działania naszych produktów, a tym samym całego silnika.

## 2 Brak smarowania

Brak smarowania należy do najczęstszych przyczyn awarii turbosprężarki. Jeżeli turbosprężarka nie jest zasilana wystarczającą ilością oleju, dochodzi do jej uszkodzenia w bardzo krótkim czasie. Powodem są bardzo wysokie prędkości obrotowe turbosprężarki.

### SKUTKI

- Na skutek uszkodzenia łożyska wirniki turbiny i sprężarki mogą uderzyć w korpus turbosprężarki (zdj. 1). Można to poznać po śladach tarcia na korpusie (zdj. 2).
- Przy zbyt niskim ciśnieniu doładowania przez turbosprężarkę silnik wykazuje zbyt małą moc: elementy wirujące nie osiągają maksymalnej prędkości obrotowej i nie mogą przez to wytworzyć pełnego ciśnienia doładowania. Przyczyną tego jest pólplynne tarcie, spowodowane brakiem smaru.
- Z układu wydechowego wydostaje się czarny dym. To skutek zasilania silnika zbyt małą ilością powietrza, co powoduje podawanie za bogatej mieszanki paliwowo-powietrznej.
- Na wałku widoczne są wyraźne zmiany koloru (zdj. 3). Powstają one na skutek tarcia i spowodowanej przez nie wysokiej temperatury pomiędzy wałkiem i łożyskami. Przyczyną jest brak smarowania. Gdy temperatura przekroczy określoną wartość, następuje napawanie materiału łożyska na wałek (zdj. 4) lub zespolenie tulei łożyskowej z wałkiem.
- Złamany wałek (zdj. 5) to skutek długiej pracy turbosprężarki z niewystarczającą ilością oleju. Może przy tym dojść do wyżarzenia materiału wałka i jego złamania.
- W przypadku zespolenia tulei łożyskowych, zamontowanych na stałe w korpusie łożyska, z wałkiem może dojść do obracania się tulei w korpusie (zdj. 6).
- Na skutek pólplynnego tarcia wałek może ulec gwałtownemu zablokowaniu w korpusie łożyska. Gdyby doszło do takiego gwałtownego zablokowania elementów wirujących może nastąpić odkręcenie nakrętki zabezpieczającej wirnik sprężarki.
- Po uderzeniu w korpus turbosprężarki elementy wirujące mogą wykazywać znaczne niewyważenie. W konsekwencji istnieje niebezpieczeństwo zniszczenia łożyska promieniowego (zdj. 7).
- Ze względu na niewłaściwy olej lub wyłączenie gorącego silnika może dojść do zanieczyszczenia nagarem korpusu łożyska.
- Łożysko promieniowe uległo zatarciu.
- Łożysko osiowe wykazuje ślady zatarcia lub osady nagaru olejowego.
- Wybite łożyska mogą powodować zbyt duże zataczanie wałka, co z kolei może doprowadzić do uszkodzenia kołnierza łożyska.



Zdj. 1  
Wirnik sprężarki po uderzeniu w korpus



Zdj. 2  
Ślady tarcia w korpusie sprężarki



Zdj. 3  
Zabarwienie wałka



Zdj. 4  
Napawany na wałku materiał łożyska



Zdj. 5  
Złamany wałek



Zdj. 6  
Obrócona tuleja łożyskowa



Zdj. 7  
Zniszczone łożysko promieniowe

## PRZYCZYNY

- Poziom oleju w silniku jest za niski. Na skutek tego zarówno silnik, jak i turbosprężarka są niewystarczająco smarowane i chłodzone olejem.
- Użyty olej nie jest wystarczająco odporny na działanie temperatury. Powoduje to zwiększenie wydzielania nagaru olejowego. Może to powodować problemy: przewód zasilający olejem turbosprężarkę oraz otwory olejowe w korpusie łożysk turbosprężarki mogą zostać zanieczyszczone nagarem.
- W przypadku wyłączenia zbyt gorącego silnika otwór doprowadzający olej może zostać zanieczyszczony nagarem, co spowoduje niewystarczające zasilanie olejem turbosprężarki.
- Jeżeli zimny silnik zostanie od razu po uruchomieniu rozpędzony do wysokiej prędkości obrotowej, zachodzi niebezpieczeństwo niewystarczającego smarowania olejem turbosprężarki, przez co ulegnie zerwaniu warstwa smaru.
- Jeśli w obiegu oleju znajdują się ciała obce, np. brud lub pozostałości uszczelki, może nastąpić zatkanie przewodu zasilającego olejem turbosprężarkę lub korpus jej łożyska.
- Jeżeli lepkość oleju jest zbyt wysoka, następuje opóźniony transport oleju do łożysk, przez co nie jest zagwarantowane wystarczające zasilanie olejem turbosprężarki. Przy zbyt niskiej lepkości oleju jego nośność jest zbyt mała, co z kolei może powodować tarcie półpłynne.
- Przy zasilaniu silnika biodieslem lub olejem roślinnym zachodzi niebezpieczeństwo zgęstnienia oleju silnikowego. To zwiększa lepkość oleju, który nie może być wtedy tłoczony przez niewielkie otwory olejowe w turbosprężarce.
- Przekrój otworu zasilającego korpus łożyska może być zredukowany przez nieprawidłową uszczelkę kołnierkową lub na skutek użycia płynnego środka uszczelniającego.

## ŚRODKI ZARADCZE I ZAPOBIEGANIE

- Silnik musi być nagrzewany i nie może być wyłączany gorący, lecz musi mieć wcześniej możliwość wystygnąć.
- Silnik musi być zasilany wystarczającą ilością oleju.
- Dopuszczalne jest tylko stosowanie olejów silnikowych, zatwierdzonych przez producenta pojazdu i silnika.
- Należy unikać jazdy tylko na krótkich trasach.
- Należy bezwzględnie przestrzegać okresów międzyprzebiegowych, podanych przez producenta.
- Należy używać tylko najwyższej jakości filtrów oleju, przeznaczonych dokładnie do danego typu pojazdu.
- Używać zawsze odpowiedniego zestawu montażowego do turbosprężarki.
- Przy zasilaniu silnika biodieslem lub olejem roślinnym należy skrócić okresy międzyserwisowe co najmniej o połowę.

### 3 Zanieczyszczony olej

Brud, sadza, paliwo, woda, pozostałości spalania lub starte drobinki metalowe mogą zanieczyścić olej. Ze względu na bardzo wysoką prędkość obrotową turbosprężarki nawet najmniejsze cząstki obce w oleju mogą spowodować jej poważne uszkodzenie.

#### SKUTKI

- Nawet najmniejsze ciała obce w oleju powodują porysowanie tulei łożyskowych (zdj. 1). Może dojść do znacznego zużycia pierścieni uszczelniających turbosprężarki. Ponieważ zużyte pierścienie nie uszczelniają wystarczająco turbosprężarki, olej dostaje się na stronę turbiny. Widać to po zwiększonym zużyciu oleju.
- Luz elementów wirujących ulega zwiększeniu wskutek zużycia tulei łożyskowych. Powoduje to nierównomierny ruch obrotowy i dotykane wirnika sprężarki lub turbiny do korpusu (zdj. 2). Następnie może dojść do złamania wałka.
- Na kołnierzu łożyska, to znaczy na tarczy oporowej łożyska osiowego, występują rowki.
- W łożysku osiowym widoczne są rowki lub ślady zatarcia.
- Zablockowany przewód oleju powoduje, że znajdujący się w turbosprężarce olej nie może odpływać i jest wtłaczany na stronę sprężarki i turbiny. Po stronie turbiny olej może przypalić się do wałka i utworzyć nagar (zdj. 3). Warstwa nagaru olejowego może spowodować znaczne zużycie korpusu łożyska i pierścieni uszczelniających.
- Wałek łożyska wykazuje znaczne ślady zużycia w łożyskowaniach (zdj. 4).

#### PRZYCZYNY

- W razie przekroczenia okresów międzyprzeglądowych filtr oleju nie filtruje zanieczyszczeń z oleju w wystarczający sposób. Cząstki zanieczyszczeń dostają się wtedy przez otwarty zawór obejściowy filtra oleju do obiegu silnika.
- W przypadku eksploatacji silnika z zatkany filtrem oleju te małe, ścierne cząsteczki nie mogą być odfiltrowywane z oleju.
- Jeżeli uszczelka głowicy cylindrów lub chłodnica są nieszczelne, do obiegu oleju dostaje się woda, powodując jego rozrzedzenie. Prowadzi to do zmniejszenia nośności oleju.
- W przypadku naprawy silnika bez zachowania odpowiedniej czystości przed ponownym montażem, zanieczyszczenia znajdują się w silniku jeszcze przed jego ponownym uruchomieniem.
- Nie została wymieniona chłodnica powietrza doładowującego. Nagromadzony olej silnikowy, wióry lub odłamki z poprzedniej awarii dostają się z pewnym, typowym opóźnieniem do silnika.
- Jeżeli silnik ulega znacznemu zużyciu, najczęściej metalowe drobiny spowodowane tym zużyciem dostają się przez obieg oleju także do turbosprężarki.
- Gdy w silniku występują zakłócenia spalania, do oleju może dostać się niespalone paliwo. Rozrzedzenie oleju powoduje spadek jego nośności.



Zdj. 1  
Rowki w łożysku promieniowym



Zdj. 2  
Wirnik turbiny po otarciu się o korpus



Zdj. 3  
Nagar olejowy po stronie turbiny





Zdj. 4

Wyraźne ślady zużycia na wale w łożyskowaniu

## ŚRODKI ZARADCZE I ZAPOBIEGANIE

- Należy bezwzględnie przestrzegać okresów międzyprzebiegów, podanych przez producenta.
- Należy używać tylko najwyższej jakości filtrów oleju, przeznaczonych dokładnie do danego typu pojazdu.
- Dopuszczalne jest tylko stosowanie olejów silnikowych, zatwierdzonych przez producenta pojazdu i silnika.
- Przy wymianie turbosprężarki należy zawsze montować nową chłodnicę powietrza doładowującego i nowy filtr powietrza. Ponadto należy wymienić olej wraz z filtrem oleju.
- Oczyszczyć korpus filtra powietrza i kanały powietrza doładowującego przez ich odkurzenie.

## 4 Wyciek oleju z turbosprężarki

Jeżeli silnik wykazuje zwiększone zużycie oleju i dymi na niebiesko, w analizie przyczyn należy uwzględnić turbosprężarkę. Ważne: olej wydostaje się z korpusu turbosprężarki tylko wtedy, jeżeli w jej otoczeniu panują inne warunki robocze.

### SKUTKI

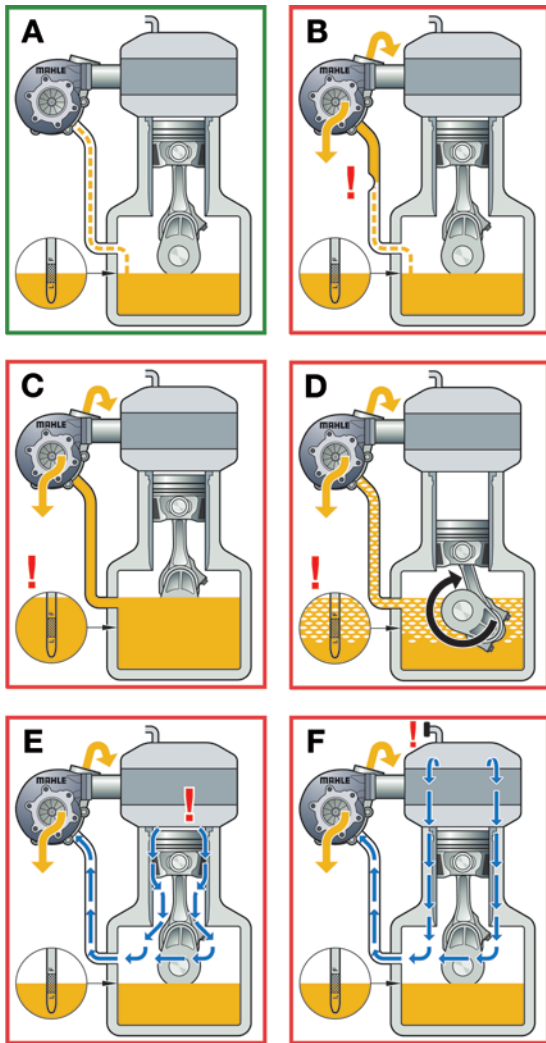
- Z turbosprężarki od strony turbiny lub sprężarki wydostaje się olej.
- Z układu wydechowego wydostaje się niebieski dym.
- W układzie ssącym i w chłodnicy powietrza doładowującego nagromadził się olej silnikowy.
- Silnik traci moc.
- Silnik przyspiesza obroty w niekontrolowany sposób (tzw. „przekręcanie”) na skutek oleju silnikowego, nagromadzonego w chłodnicy powietrza doładowującego, który jest wtłaczany do układu ssania silnika i ulega spalaniu.
- W przypadku turbosprężarki VTG na łopatkach kierujących może znajdować się nagar.

### PRZYCZYNY

- Jeżeli przewód powrotny oleju z turbosprężarki jest zatkany (zdj. 1) lub załamany, olej nie może odpływać z turbosprężarki (zdj. 2, szkic B). Możliwą przyczyną zatkania przewodu powrotnego może być jego zanieczyszczenie nagarem, spowodowane np. brakiem osłon termicznych, źle ułożony przewód powrotny, wyłączenie gorącego silnika, niska jakość oleju lub stosowanie płynnych środków uszczelniających. Ponieważ turbosprężarka jest nadal zasilana olejem z obiegu silnika, olej wydostaje się po stronie turbiny lub sprężarki.
- Przy napełnieniu zbyt dużej ilości oleju do silnika, olej z przewodu powrotnego turbosprężarki nie może spływać z powrotem do miski olejowej (zdj. 2, szkic C). Dodatkowo wał korbowy uderza w powierzchnię oleju. Powoduje to powstawanie piany olejowej, będącej dodatkową barierą dla oleju powrotnego z turbosprężarki (zdj. 2, szkic D).
- Jeśli ciśnienie w skrzyni korbowej jest zbyt wysokie – albo na skutek zbyt wysokiego przedmuchu (zdj. 2, szkic E), albo na skutek zatkania skrzyni korbowej (zdj. 2, szkic F) – następuje jego przeniesienie także do przewodu powrotnego oleju. Utrudnia to powrót oleju z turbosprężarki, przez co olej wydostaje się po stronie turbiny lub sprężarki.



Zdj. 1  
Przewód powrotny oleju, zanieczyszczony nagarem



Zdj. 2  
Wyciek oleju z turbosprężarki. Szkic A przedstawia stan optymalny.

## ŚRODKI ZARADCZE I ZAPOBIEGANIE

- Napędzać silnik tylko maksymalnie dopuszczalną ilością oleju.
- Dopuszczalne jest tylko stosowanie olejów silnikowych, zatwierdzonych przez producenta pojazdu i silnika.
- Przewód powrotny oleju musi być ułożony dokładnie tak samo, jak w stanie oryginalnym. Ponadto zwrócić uwagę na zamontowanie wszystkich osłon termicznych.
- Sprawdzić przepustowość przewodu powrotnego oleju i przyłączy do skrzyni korbowej. Zalecana jest zawsze wymiana przewodu i złącza.
- Należy sprawdzić i ewentualnie wymienić odpowietrznik skrzyni korbowej.
- Sprawdzić tłoki i pierścienie tłokowe, czy nie są zużyte i w razie potrzeby wymienić.
- Przy wymianie turbosprężarki należy zawsze montować nową chłodnicę powietrza doładowującego i nowy filtr powietrza. Ponadto należy wymienić olej wraz z filtrem oleju.

## 5 Uszkodzenia przez ciała obce

Jeżeli od strony ssącej lub wydechowej dostaną się ciała obce, jak pył, piasek, śruby, części pierścieni tłokowych lub zaworów albo osadów, powoduje to z reguły całkowite zniszczenie turbosprężarki ze względu na bardzo wysoką prędkość obrotową. Konsekwencją mogą być też uszkodzenia chłodnicy powietrza doładowującego.

### SKUTKI

- Ze względu na wcześniejsze uszkodzenia, ciała obce z silnika lub kolektora spalin mogą uszkodzić krawędzie natarcia wirnika turbiny.
- Uszkodzone i zgięte zostają kierownice sterujące zespołem VTG (zdj. 1). Skutkiem jest znaczny spadek mocy.
- Ciała obce w zasysanym powietrzu powodują uszkodzenie wirnika sprężarki (zdj. 2). Może to spowodować nawet całkowite starcie łopatek. Ponadto uszkodzony może zostać kanał ssący w korpusie sprężarki (zdj. 3).
- Skropliny, które zamrzną w kanale ssącym, mogą uszkodzić wirnik sprężarki. Charakterystyczną cechą takiej przyczyny jest uszkodzenie tylko jednej łopaty turbiny: ze względu na dużą prędkość obrotową następuje rozbicie cząsteczek lodu po uderzeniu w pierwszą łopatę, wobec czego nie są uszkadzane inne łopaty (zdj. 4).

### PRZYCZYNY

- Jeśli dojdzie na przykład do urwania zaworu lub uszkodzenia pierścieni tłokowych, ich fragmenty przedostają się przez kolektor ssący i uderzają w łopatki kierujące zespołu VTG, a następnie w wirnik turbiny.
- Zarówno nieszczelność w układzie ssącym, jak i zanieczyszczony albo uszkodzony filtr powietrza mogą być przyczyną przedostania się ciał obcych do układu ssącego.
- W zimie skropliny mogą powodować tworzenie się lodu w układzie ssącym.

### ŚRODKI ZARADCZE I ZAPOBIEGANIE

- Zwracać uwagę na szczelność układu ssącego.
- Po zakończeniu prac przy układzie ssącym należy bezwzględnie zagwarantować, że nie pozostały tam luźne części.
- Wymieniać filtr powietrza zgodnie z wymaganiami producenta, a korpus filtra powietrza i kanały powietrza doładowującego należy oczyścić przez odkurzenie.
- Należy unikać jazdy tylko na krótkich trasach.



Zdj. 1  
Uszkodzone kierownice powietrza w zespole VTG



Zdj. 2  
Wirnik sprężarki, uszkodzony przez ciała obce



Zdj. 3  
Uderzenia ciał obcych w kanale ssącym korpusu sprężarki



Zdj. 4  
Uszkodzona tylko jedna łopata wirnika sprężarki

## 6 Uszkodzenia na skutek zbyt wysokiej temperatury spalin



Zdj. 1  
Pęknięcie korpusu turbiny

Każda turbosprężarka jest dobrana tylko do zdefiniowanego zakresu temperatury. W razie jego przekroczenia już w kilka sekund może dojść do uszkodzenia turbosprężarki.

### SKUTKI

- W korpusie turbosprężarki powstają pęknięcia (zdej. 1).
- Przewody oleju mogą zostać zanieczyszczone nagarem: w przypadku zanieczyszczenia nagarem przewodu zasilającego turbosprężarkę nie jest wystarczająco zasilana olejem. Po zanieczyszczeniu nagarem przewodu powrotnego, olej nie może odpływać i dochodzi do wycieknięcia oleju z turbosprężarki na zewnątrz (patrz też rozdział „4 Wyciek oleju z turbosprężarki”, strona 10).

### PRZYCZYNY

- Na skutek tuningu zmieniony został poziom temperatury.
- W silniku wystąpiły zakłócenia spalania.
- Silnik został wyłączony w gorącym stanie.

### ŚRODKI ZARADCZE I ZAPOBIEGANIE

- Turbosprężarkę można montować wyłącznie w przewidzianym do tego celu pojeździe.
- Montaż turbosprężarki jest dopuszczalny tylko w oryginalnym stanie, jaki dostarczył producent. Dokonywanie zmian technicznych jest niedopuszczalne.
- Po dużych obciążeniach, np. po jeździe z pełnym obciążeniem, należy zawsze ostudzić silnik przy średnich prędkościach obrotowych.

## 7 Za wysoka prędkość obrotowa

Podzespoły turbosprężarki są przystosowane do określonego zakresu prędkości obrotowych. W razie jego przekroczenia już w kilka sekund może dojść do całkowitego uszkodzenia turbosprężarki.

### SKUTKI

- Z tyłu wirnika sprężarki widoczne są niewielkie wgłębienia (zdj. 1). Przy zbyt wysokiej prędkości obrotowej doszło do plastycznego odkształcenia materiału (typowe dla aluminium). Następuje jego płynięcie wraz ze zwiększeniem średnicy zewnętrznej.
- Jeżeli prędkość obrotowa będzie dalej rosła, może dojść do uderzenia wirnika sprężarki w korpus lub do jego rozerwania (zdj. 2).

### PRZYCZYNY

- Na skutek tuningu nastąpiło przekroczenie maksymalnej dopuszczalnej prędkości obrotowej turbosprężarki.
- Blachy kierujące VTG zostały zablokowane przez nagar w pozycji do niskich prędkości obrotowych. Jeżeli nastąpi wtedy zwiększenie prędkości obrotowej silnika, dochodzi do rozbiegania turbosprężarki.
- Pneumatyczny lub elektryczny układ regulacji jest nieszczelny lub uszkodzony.

### ŚRODKI ZARADCZE I ZAPOBIEGANIE

- Turbosprężarka musi zawsze pozostawać w stanie z momentu jej dostawy.
- Turbosprężarkę można montować wyłącznie w przewidzianych do tego celu pojazdach.
- Po dużych obciążeniach, np. po jeździe z pełnym obciążeniem, należy zawsze ostudzić silnik przy średnich prędkościach obrotowych.
- Dopuszczalne jest tylko stosowanie olejów silnikowych, zatwierdzonych przez producenta pojazdu i silnika.
- Należy bezwzględnie przestrzegać okresów międzyprzeglądowych, podanych przez producenta.



Zdj. 1  
Wgniecenia od tyłu wirnika sprężarki



Zdj. 2  
Rozerwany wirnik sprężarki



# MAHLE

*Driven by performance*

[www.mahle-aftermarket.com](http://www.mahle-aftermarket.com)

