



Części silnikowe

Uszkodzenia – przyczyny,
środki zaradcze i zapobieganie

Wstęp

MAHLE jest wiodącym partnerem w dziedzinie rozwoju i producentem elementów i systemów silnikowych dla przemysłu motoryzacyjnego.

Wspólnie z producentami silników i pojazdów na całym świecie, inżynierowie firmy MAHLE opracowują wyroby o najwyższej jakości.



Więcej
informacji:

www.mahle-aftermarket.com

Tak samo wysokie wymagania jakościowe dotyczą części zamiennych na rynek wtórny.

Liczne kontrole w czasie trwania i po zakończeniu produkcji gwarantują niezmiennie wysoki poziom jakości wyrobów MAHLE. Jeżeli podczas eksploatacji dojdzie do niespodziewanej awarii, to jej przyczyna tkwi zwykle w otoczeniu silnika. Przyczynami awarii mogą być również błędy obsługi, błędy montażowe lub stosowanie nieodpowiednich narzędzi.

W niniejszej broszurze opisaliśmy typowe uszkodzenia. Wskazujemy ich przyczyny i możliwości ich uniknięcia w przyszłości. Znaczenie ułatwia to poszukiwanie przyczyn usterek. Wskazówki pomagają zapewnić długie i niezawodne działanie naszych produktów, a tym samym – odpowiednio długą żywotność silnika.

Nasi eksperci mają również do czynienia z dużo bardziej skomplikowanymi uszkodzeniami, których wyjaśnienie wykraczałoby jednak poza zakres niniejszej broszury. W przypadku niejasności związanych z uszkodzeniami naszych produktów chętnie przebadamy je u nas i przygotujemy dla Państwa stosowną ekspertyzę. Prosimy o kontakt z odpowiednim partnerem dystrybucyjnym w Państwa okolicy.



Spis treści

1. Kwestie ogólne	
1.1	Zużycie spowodowane zanieczyszczeniami 06
1.2	Zalanie paliwem 08
1.3	Uderzenie cieczy 10
1.4	Zwiększone zużycie oleju 12
2. Tłoki	
	Rodzaje konstrukcji 18
	Zalecenia montażowe 22
	Oznaczenia 24
2.1	Denko tłoka i obszar pierścienia tłokowego
2.1.1	Przepalone denko tłoka w silnikach z zapłonem iskrowym i silnikach wysokoprężnych 26
2.1.2	Stopienie na denku tłoka i na progu ogniowym w silniku z zapłonem iskrowym 28
2.1.3	Stopienie na denku tłoka i na progu ogniowym w silniku wysokoprężnym 30
2.1.4	Pęknięte progi pierścieni tłokowych 32
2.1.5	Uderzenia zaworu na denko tłoka i uderzenia tłoka na głowicę cylindrów 34
2.1.6	Denko tłoka z pęknięciami 36
2.2	Płaszcz tłoka
2.2.1	Zatarcie tłoka po stronie ciśnienia i przeciwcisnienia – tylko obszar płaszcza tłoka 38
2.2.2	Jednostronne zatarcie na płaszczu tłoka 40
2.2.3	Zatarcie tłoka w kierunku ukośnym obok otworu piasty 42
2.2.4	Niesymetryczny ślad przylegania na płaszczu tłoka 44
2.2.5	Zatarcia tylko na dole płaszcza tłoka 46
2.2.6	Duże zużycie płaszcza tłoka o szorstkiej, matowej powierzchni 48

2.3	Podparcie – łożysko sworznia tłokowego
2.3.1	Zatarcia w otworze piasty 50
2.3.2	Zwęglona ścianka tłoka w obszarze otworu sworznia tłoka 52
3. Pierścienie tłokowe	
	Rodzaje konstrukcji i terminy specjalistyczne 56
	Zalecenia montażowe 58
3.1	Pierścienie tłokowe ze śladami przypaleń i zatarć 60
3.2	Uszkodzenie części pierścieniowej z powodu pękniętych pierścieni tłokowych 62
3.3	Poważne zużycie rowków pierścieni tłokowych i pierścieni tłokowych 64
3.4	Silne zużycie promieniowe pierścieni tłokowych 66
3.5	Zwiększone zużycie oleju po wymianie pierścieni tłokowych 68
4. Tuleje cylindrowe	
	Rodzaje konstrukcji i terminy specjalistyczne 72
	Zalecenia montażowe do tulei żebrowanych i tulei cylindrowych 73
	Uszczelki do tulei cylindrowych i żebrowanych 76
4.1	Ślady na ściance zewnętrznej tulei cylindrowych (kawitacja) 78
4.2	Rozerwany kołnierz na tulejach cylindrowych 80
4.3	Pęknięcia wzdłużne tulei cylindrowych 82
4.4	Zatarcia na zewnątrz i wewnątrz wstępnie obrabianej tulei cylindrowej (WN/LS) 84

5. Zawory	
	Rodzaje konstrukcji i terminy specjalistyczne 86
	Zalecenia montażowe 87
	Prowadnice zaworów 88
	Pierścienie gniazda zaworu 90
5.1	Zatarcia na trzonku zaworu 92
5.2	Deformacje na trzonku zaworu 94
5.3	Złamanie w rowku zaworu 96
5.4	Pęknięcie w obszarze talerzyka zaworu 98
5.5	Zużycie gniazda zaworu 100
5.6	Deformacja talerzyka zaworu 102
5.7	Przepalony talerzyk zaworu 104
6. Łożyska ślizgowe	
	Typy łożysk 108
	Miejsca montażu łożysk 109
	Rodzaje konstrukcji i materiały 110
	Zalecenia montażowe 113
6.1	Rowki i ciała obce na powierzchni bieżnej łożysk ślizgowych 114

6.2	Miejscowe ślady zużycia powierzchni bieżnej łożysk ślizgowych 116
6.3	Istotne ślady zużycia w obszarze fugi rozdzielającej w łożyskach ślizgowych 118
6.4	Wybłyszczenia, zarysowania albo korozja na zewnętrznych powierzchniach łożysk ślizgowych 120
6.5	Zużycie lub uszkodzenie zewnętrznych krawędzi łożyska ślizgowego 122
6.6	Duże zużycie wszystkich panewek łożysk głównych 124
6.7	Nierównomierny ślad przylegania w łożyskach ślizgowych 126
6.8	Zatarcia na łożyskach ślizgowych 128
6.9	Wylamania materiału w łożyskach ślizgowych 130
6.10	Porowata powłoka w łożyskach ślizgowych 132

Słowniczek	134
Nasze portfolio produktów	138
Serwisy informacyjne MAHLE	139

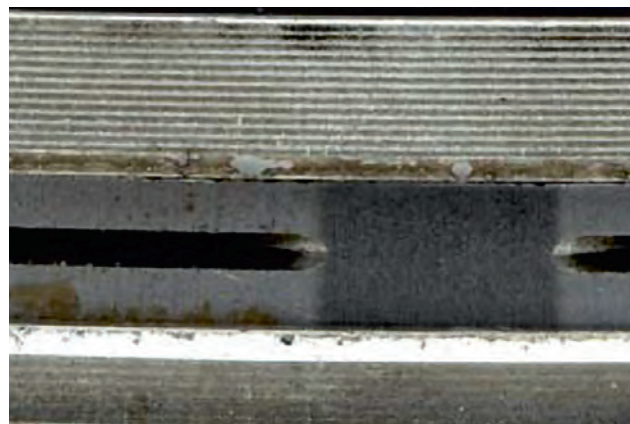
1.1 Zużycie spowodowane zanieczyszczeniami



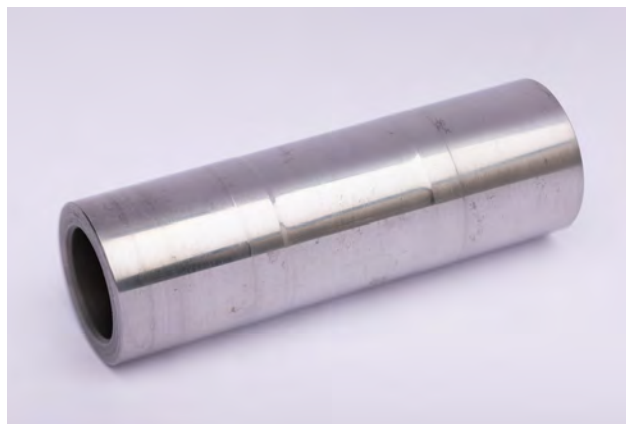
Rys. 1 Zużycie spowodowane zanieczyszczeniami na tłoku – mocne rowki w kierunku wzdłużnym



Rys. 2 Osiowe zużycie pierścieni tłokowych



Rys. 3 Skrajnie zużyty pierścień tłokowy zgarniający



Rys. 4 Zużyty sworznię tłokowy

Stan:

Zużycie spowodowane zanieczyszczeniami na silniku zwykle objawia się zwiększonym zużyciem oleju. Badanie elementów wykazuje różne uszkodzenia:

- Płaszcz tłoka ma matowy, szeroki ślad przylegania po stronie ciśnienia i przeciwcisnienia (rys. 1).
- Doszło do starcia profilu obróbki na płaszczu tłoka (rys. 2) i na elemencie współpracującym (powierzchnia bieżna cylindra) (rys. 3).
- Płaszcz tłoka, pierścienie tłokowe, powierzchnia bieżna cylindra wykazują wąskie rowki w kierunku pracy.
- Pierścienie tłokowe i zbocza rowka wykazują zużycie pod względem wysokości (rys. 4).
- Pierścienie tłokowe wykazują zwiększony luz stykowy. Krawędzie pierścienia mogą stać się wyjątkowo ostre.
- Doszło do starcia powierzchni pierścienia tłokowego zgarniającego (rys. 3).
- Na sworznii tłokowej występują rowki o profilu falistym w kierunku wzdłużnym (rys. 4 oraz 5).
- Oznaki zużycia spowodowanego zanieczyszczeniami można znaleźć również na innych elementach, np. na trzonku zaworu.

Przyczyny:

W przypadku zużycia spowodowanego zanieczyszczeniami można wyróżnić kilka przypadków w zależności od liczby uszkodzonych cylindrów i stanu zużycia pierścieni tłokowych:

Jeśli tylko jeden cylinder jest uszkodzony... a pierwszy pierścień tłokowy jest znacznie bardziej zużyty niż trzeci, oznacza to, że zanieczyszczenie przedostało się do komory spalania przez układ ssania cylindra, to znaczy z góry. Jest to spowodowane nieszczelnością lub osadami, które nie zostały usunięte przed montażem.

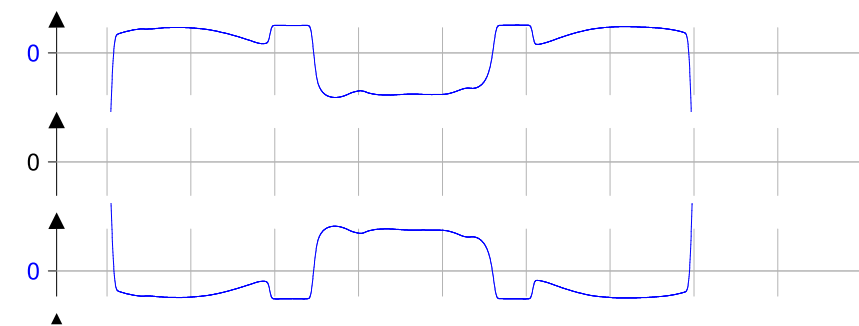
Jeśli uszkodzenie dotyczy kilku lub wszystkich cylindrów... a pierwszy pierścień tłokowy jest znacznie bardziej zużyty niż trzeci, oznacza to, że zanieczyszczenie przedostało się do komory spalania przez wspólny układ ssania wszystkich cylindrów. Jest to spowodowane nieszczelnościami lub uszkodzeniem albo brakiem filtra powietrza.

... a trzeci pierścień tłokowy jest znacznie bardziej zużyty niż pierwszy, oznacza to, że przyczyną jest zanieczyszczony olej silnikowy.

Mogło to być spowodowane zanieczyszczeniami pozostającymi w silniku po montażu. Przyczyną może być również zbyt rzadka wymiana oleju silnikowego i filtra oleju.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Należy sprawdzić szczelność układu ssania.
- Przed montażem skrzynię korbową i rury ssące należy oczyścić z zanieczyszczeń.
- Podczas montażu należy zapewnić czystość.
- Należy sprawdzić i ewentualnie wymienić filtr powietrza.



Rys. 5 Obrys płaszcza sworznia tłokowego

1.2 Zalanie paliwem



Rys. 1 Wżery w otworze piasty spowodowane rozcieńczonym olejem silnikowym



Rys. 2 Jednostronna panorama śladów zatarcia

Stan:

- Na płaszczu tłoka występuje matowy, miejscowo ciemniejszy ślad przylegania, który miejscowo przeplata się z zatarciami i rowkami (rys. 2).
- Na pierścieniach tłokowych znajdują się rowki, ewentualnie również punkty wypalenia na powierzchni pierścienia.
- Honowanie w tulei cylindrowej lub na powierzchni bieżnej cylindra jest mocno zużyte.
- Na sworzniu tłokowym widoczne są poważne oznaki zużycia. W otworze piasty można dostrzec formowanie się wżerów (rys. 1).

Przyczyny:

Zbyt duża ilość paliwa w oleju rozcieńcza film olejowy, co z kolei drastycznie zmniejsza jego nośność, a tym samym zwiększa zużycie części silnikowych. Takie uszkodzenia mogą wynikać z następujących przyczyn:

- Układ wtryskowy jest nieprawidłowo ustawiony.
- Wzbogacanie mieszanki paliwowej podczas rozruchu na zimno zawiera zbyt wiele smaru.
- Dysze wtryskiwacza działają nieprawidłowo.
- W przypadku częstej jazdy na krótkie odległości cykl regeneracji filtra cząstek stałych (DPF) jest często przerywany. Powoduje to gromadzenie się niespalonego paliwa w oleju silnikowym.
- Jeśli szczelina jest zbyt mała, tłok może stykać się z głowicą cylindra, co może prowadzić do niekontrolowanego wtrysku paliwa do dysz.
- Ciśnienie sprężania jest zbyt niskie. Może to być spowodowane następującymi przyczynami:
 - Zawór jest nieszczelny.
 - Uszczelka pod głowicą cylindrów jest nieszczelna.
 - Czasy sterowania nie są prawidłowo ustawione.
 - Szczelina jest zbyt duża.
 - Doszło do uszkodzenia co najmniej jednego pierścienia tłokowego.
 - Wystąpił błąd w układzie zapłonowym, np. uszkodzona świeca zapłonowa.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Konieczna jest prawidłowa regulacja układu wtryskowego (wzbogacenie podczas rozruchu na zimno itp.).
- Należy przestrzegać i, w ekstremalnych warunkach, odpowiednio skrócić okres między wymianami filtra paliwa.
- Należy kontrolować dysze wtryskiwacza.
- Należy kontrolować świece zapłonowe i w razie potrzeby wymieniać je.
- Należy przestrzegać wymiarów montażowych.
- Szczególnie w przypadku pojazdów z silnikiem wysokoprężnym należy regularnie przejeżdżać dłuższe dystanse, aby proces regeneracji filtra DPF był przeprowadzany prawidłowo i w całości. Podczas montażu należy zapewnić czystość.

1.3 Uderzenie cieczy



Rys. 1 Tłok pojazdu użytkowego roztrzaskany przez uderzenie cieczy



Rys. 2a Przełom statyczny spowodowany siłą od denka tłoka do otworu piasty



Rys. 2b Zbliżenie na przełom statyczny wywołany oddziaływaniem siły

Stan:

Uderzenie cieczy powoduje uwolnienie ekstremalnych sił. Może to wpływać na kilka elementów konstrukcyjnych:

- Tłok może zostać uszkodzony lub odkształcony (rys. 1).
- Łącznik korbowodu może zostać wygięty i złamany (rys. 3).
- Jedna lub obie piasty sworznia mogą wykazywać pęknięcie lub złamanie biegnące w górę, częściowo przez całą górną część tłoka (rys. 2a oraz b).
- Sworzeń tłokowy może zostać uszkodzony.

Przyczyny:

Przyczyną tego typu uszkodzenia są ciecze, woda lub paliwo przedostające się do komory spalania. Z uwagi na to, że ani woda, ani paliwa nie mogą być sprężane, oddziaływanie cieczy powoduje nagłe naprężenie tłoka, sworznia tłokowego, korbowodu, głowicy cylindra, skrzyni korbowej, łożysk i wału korbowego. Zbyt duża ilość cieczy może dostać się do komory spalania z następujących powodów:

- Woda dostała się do komory spalania przez układ ssący (np. podczas przepływu wody).
- Płyn chłodzący dostał się do komory spalania z powodu uszkodzonych uszczelek.
- Zbyt duża ilość paliwa dostała się do komory spalania z powodu uszkodzonej dyszy wtryskiwacza.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Podczas remontu silnika należy stosować uszczelki znajdujące się w nienagannym stanie. Uszkodzone uszczelki należy wymienić.
- Należy skontrolować dysze wtryskiwaczy i wymienić je w razie wątpliwości.



Rys. 3 Łącznik korbowodu wygięty i złamany przez uderzenie cieczy

1.4 Zwiększone zużycie oleju



Rys. 1 Należy natychmiast wyłączyć silnik, gdy zapali się ta kontrolka!



Rys. 2 Zatkany pierścień olejowy

Stan:

Pewne zużycie oleju jest normalne. Różni się ono w zależności od rodzaju silnika i obciążenia. Jeśli zużycie oleju określone przez producenta zostanie przekroczone, mowa o zwiększonym zużyciu oleju – w przeciwieństwie do strat oleju, które są spowodowane na przykład wyciekami lub tym podobnymi przyczynami.

Przyczyny:

- Ze względu na nieszczelności w turbosprężarce, np. zużyte łożyska, olej dostał się do komory spalania przez układ ssania.
- Przewód powrotny oleju na turbosprężarce jest zatkany lub zanieczyszczony nagarem. W wyniku wzrostu ciśnienia w obiegu oleju olej został wypchnięty z turbosprężarki do układu ssania i do układu wydechowego.
- Olej dostał się do komory spalania wraz z paliwem – np. przez zużytą pompę wtryskową, która jest w zwykłe smarowana przez obieg oleju silnika.
- Z powodu nieszczelności układu ssania cząstki zanieczyszczeń przedostały się do komory spalania i zwiększyły zużycie (patrz również rozdział „1.1 Zużycie spowodowane zanieczyszczeniami na silniku”, strona 6).
- Jeśli tłok wystaje nieprawidłowo, może uderzyć w głowicę cylindrów. Wynikające z tego drgania wpływają na dyszę wtryskiwacza. Możliwy skutek: dysza nie zamyka się całkowicie, w wyniku czego do komory spalania dostaje się zbyt dużo paliwa i dochodzi do zalania (patrz także rozdział „1.2 Zalanie paliwem”, strona 8).
- Olej silnikowy jest w nieprawidłowym stanie, np.
 - z powodu przestarzałego oleju w wyniku zbyt długich okresów między wymianą oleju lub
 - z powodu stosowanie niskiej jakości, niedopuszczonych olejów.

- Skutkiem jest zbyt duża ilość nagaru olejowego i powstawanie sadzy. Te zawieszone ciała stałe w oleju mogą blokować pierścienie tłokowe i zatykać otwory zwrotne oleju w pierścieniach zgarniających (rys. 2).
- Wygięte lub skręcone łączniki korbowodu prowadzą do skośnego ruchu tłoka, w wyniku czego komora spalania nie jest już wystarczająco uszczelniona (patrz również rozdział „2.2.4 Asymetryczny ślad przylegania na wale tłoka”, strona 44). W najgorszym przypadku tłok może rozpocząć pompowanie. Wówczas olej jest transportowany do komory spalania.
- Jeśli pierścienie tłokowe są uszkodzone, zakleszczone lub nieprawidłowo zamontowane, może to prowadzić do nieprawidłowego uszczelnienia komory spalania względem skrzyni korbowej. Z powodu tej nieszczelności olej może przedostawać się do komory spalania.
- Śruby głowicy cylindrów są nieprawidłowo dokręcone. Może to prowadzić do zniekształceń, a tym samym do wycieków w obiegu oleju.
- Ze względu na zużyte tłoki, pierścienie tłokowe i gładzie cylindrów zwiększa się ilość gazów blow-by. Prowadzi to do powstania nadciśnienia w skrzyni korbowej. Jeśli ciśnienie jest zbyt wysokie, mgła olejowa może zostać wepchnięta do komór spalania przez odpowietrznik skrzyni korbowej.
- W przypadku zbyt wysokiego poziomu oleju, wał korbowy zanurza się w oleju silnikowym w misce olejowej, co prowadzi do powstania mgły olejowej. Ponadto stary lub niskiej jakości olej może powodować zjawisko powstawania piany. Mgła olejowa lub piana przechodzi następnie wraz z gazami blow-by przez układ odpowietrzania silnika do układu ssania, a tym samym do komór spalania.
- Nieprawidłowości w procesie spalania mogą spowodować zalanie paliwem. Ze względu na rozcieńczenie oleju paliwem zużycie tłoka, pierścieni tłokowych i powierzchni bieżnych cylindra wzrasta w istotnym stopniu (patrz również rozdział „1.2 Zalanie paliwem”, strona 8).
- Oleje gorszej jakości często mają mniejszą nośność i dlatego mogą powodować zwiększone zużycie.

- W przypadku odkształcenia cylindra, np. spowodowanego przez stare czy nieprawidłowo dokręcone śruby głowicy cylindra, pierścienie tłokowe nie mogą już odpowiednio uszczelniać komory spalania względem skrzyni korbowej. Umożliwia to przedostanie się mgły olejowej do komory spalania. Skrajne zniekształcenie może nawet spowodować pompowanie przez tłok. W takim wypadku olej jest faktycznie pompowany do komory spalania.
- Niewłaściwa obróbka cylindra z nieprawidłowym honowaniem powierzchni roboczej cylindra uniemożliwia dostateczny pobór oleju. Powoduje to znaczne zwiększenie zużycia elementów współpracujących, takich jak tłoki, pierścienie tłokowe i powierzchnia bieżna cylindra, a tym samym nieodpowiednie uszczelnienie skrzyni korbowej. W przypadku zatłakanych lub zablokowanych pilników

gładzących honowanie nie jest czyste. Zamiast tego odbywa się miażdżenie i rozsmarowywanie, co skutkuje powstaniem płaszcza z blachy. Pokryte nim warstwy grafitu nie mogą już spełniać swojego zadania. Ponadto wspomniany płaszcz (metalowe łuski) jest ścierany przez pierścienie tłokowe. Uwalniające się cząstki metalu prowadzą do powstania rowków i zużycia.

- W kompresorach do systemów sprężonego powietrza nieszczelna płyta zaworowa może prowadzić do tworzenia się kondensatu w cylindrze. Kondensacja rozcieńcza olej smarowy, powodując zwiększone zużycie tłoka, pierścieni tłokowych i powierzchni bieżnej cylindra. Olej dostaje się również do systemu sprężonego powietrza i powoduje uszkodzenie innych elementów (patrz również broszura dotycząca uszkodzeń filtra).



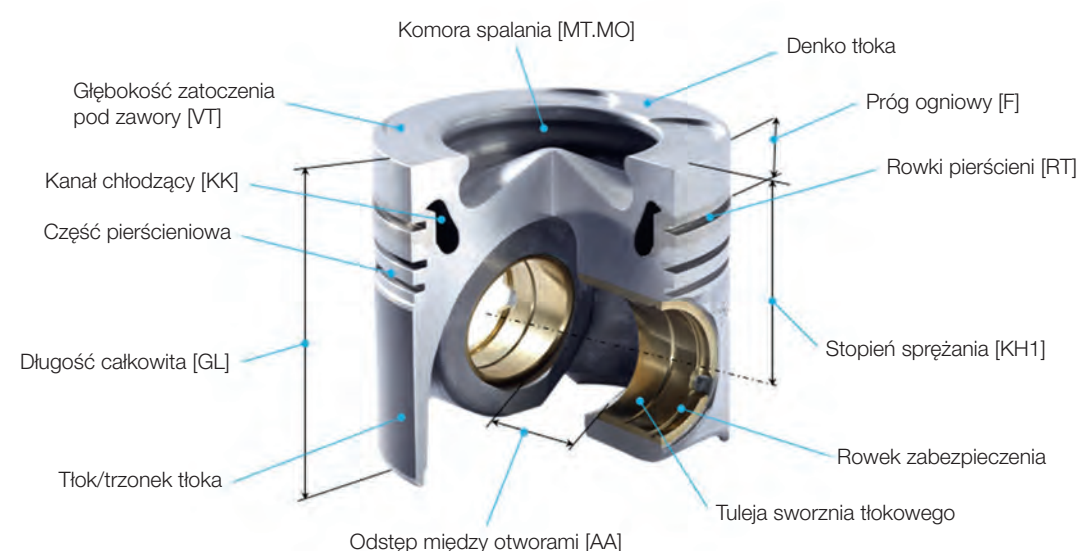
Rys. 3 Zadymiony układ wydechowy



2. Tłoki

Tłoki naprawcze MAHLE Original są gotowe do montażu i mają zamontowane pierścienie tłokowe. Główne wymiary i właściwości tłoków są wskazane w katalogu. Średnica tłoka, luz montażowy i ewentualnie kierunek montażu są podane na denku tłoka. Podana średnica tłoka plus przynależny luz montażowy odpowiadają średnicy cylindra.

Przy montażu tłoka należy przestrzegać kierunku montażu. Styki poszczególnych pierścieni tłokowych muszą być równomiernie rozłożone na obwodzie tłoka. Zabezpieczenie sworznia należy zamontować w taki sposób, aby styk był u góry lub u dołu. Otwór cylindra lub tłok i pierścienie muszą zostać powleczone olejem. Aby uniknąć uszkodzeń podczas montażu tłoka w otworze cylindra należy używać odpowiedniego narzędzia montażowego (np. opaski na pierścienie).



Rodzaje konstrukcji

Jako największy na świecie producent tłoków oferujemy różnorodne warianty produktów i materiałów.

Nasza oferta obejmuje odlewane lub spawane wiązką elektronów tłoki aluminiowe, a także tłoki z dolnymi częściami wykonanymi z aluminium, żeliwa sferoidalnego czy stali. Tłoki zbudowane z kilku elementów są przykręcane górnymi częściami wykonanymi z kutej stali – materiału, który świetnie sprawdza się w praktyce. Tłoki stalowe są nie tylko dostarczane jako wersje przykręcane. Są również dostępne jako wersje zgrzewane tarciowo lub lutowane w wysokiej temperaturze. Oferta tłoków MAHLE do dużych silników obejmuje produkty o średnicy do 580 mm.

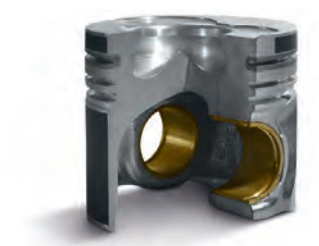
Obszary zastosowania dużych tłoków

- Pojazdy szynowe
- Pojazdy specjalne
- Technologia obsługi statków
- Ropa naftowa i gaz
- Silniki przemysłowe



Tłoki ECOFORM® z pochylonymi rdzeniami bocznymi

Tłoki o zoptymalizowanej masie do silników z zapłonem iskrowym w samochodach osobowych. Specjalna technologia odlewania zapewnia niską masę tych tłoków przy równocześnie wysokiej odporności strukturalnej.



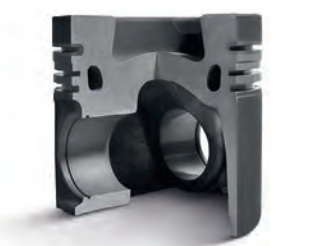
Tłoki z rowkami pierścieni i tulejami piasty

Te tłoki, przeznaczone do silników wysokoprężnych, mają rowki pierścieni metalicznie połączone z materiałem tłoka, wykonane ze specjalnego żeliwa, zapewniającego zwiększoną odporność na zużycie, zwłaszcza w obszarze pierwszego rowka pierścieniowego w silnikach wysokoprężnych. Wykonane ze specjalnego materiału tuleje piasty zapewniają wzrost obciążalności także tego elementu.



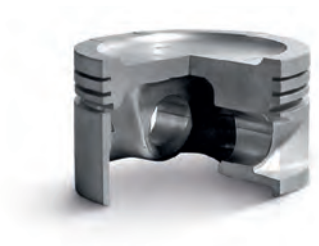
Tłoki MONOTHERM®

Jednoczęściowe tłoki ze stali kutej z przeznaczeniem do samochodów osobowych i pojazdów użytkowych. Tłoki charakteryzują się niezwykle wysoką wytrzymałością konstrukcyjną, zaprojektowaną z myślą o komorach spalania z obecnością ciśnienia o wartości co 220 barów i wyższej. W wariacie z otwartym trzonem i w połączeniu z krótkim sworzniem tłokowym masa tłoka ze stali kutej jest porównywalna z masą tłoka aluminiowego.



Tłok z rowkami pierścieni z kanałem chłodzenia i wzmocnieniem denka

Takie tłoki są stosowane w przypadku silników wysokoprężnych, poddanych dużym obciążeniom. Jako dodatkowe zabezpieczenie oraz w celu zapobiegania pęknięciom krawędzi komory lub denka tłoki te posiadają specjalną twardą powłokę anodowaną (powłokę HA) na denku tłoka.



Tłoki AUTOTHERMATIK®/HYDROTHERMATIK®

Te tłoki są stosowane przede wszystkim w wysoko obciążonych silnikach z zapłonem iskrowym i samoczynnym w samochodach osobowych. Mają one wtopione paski stalowe, nie mają jednak nacięć. Dzięki temu stanowią jednolity korpus o wyższej wytrzymałości.



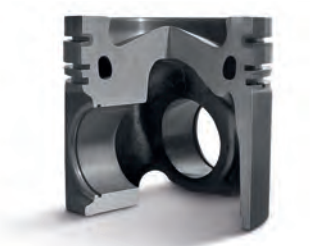
Tłoki AUTOTHERMIK®/HYDROTHERMIK®

Te bardzo równomiernie pracujące tłoki są stosowane przede wszystkim w silnikach samochodów osobowych. Mają one wtopione paski stalowe, a w obszarze przejściowym pomiędzy rowkami pierścieni a trzonem posiadają nacięcia.



Tłoki z chłodzonym rowkiem pierścieni

W przypadku tych tłoków w ramach specjalnego procesu produkcyjnego rowki pierścieni i kanał chłodzenia są łączone w jeden układ. Zapewnia to tłokom znacznie lepsze odprowadzanie ciepła, zwłaszcza w obszarze rowka pierwszego pierścienia.



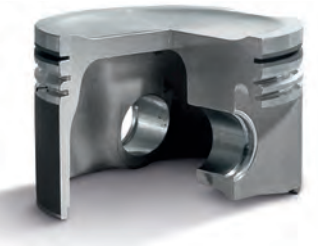
Tłoki z rowkami pierścieni i kanałem chłodzenia

Tłoki z rowkami pierścieni i kanałem chłodzenia stosowane są tam, gdzie występują szczególnie wysokie temperatury pracy. Z uwagi na wyższą temperaturę na denku tłoka i w obszarze pierścieni konieczne jest bardziej intensywne chłodzenie przez olej, cyrkulujący w kanale chłodzenia.



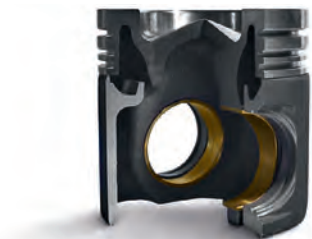
Odlewane tłoki z jednolitym płaszczem

Denko tłoka, obszar pierścieni tłokowych oraz płaszcz stanowią sztywną całość. Odlewane tłoki z jednolitym płaszczem mają dużą żywotność i pracują w silnikach z zapłonem iskrowym i samoczynnym. Ich zakres zastosowania sięga od silników modelarskich aż po duże silniki.



Kute tłoki z jednolitym płaszczem

Te tłoki są stosowane przede wszystkim w wysoko obciążonych silnikach seryjnych i wyczynowych. Ze względu na procesy wytwarzania posiadają one wyższą wytrzymałość, co pozwala na zmniejszenie grubości ścianek i tym samym masy tłoka.



Tłoki FERROTHERM®

Te tłoki mają konstrukcję złożoną ze stalowej główki tłoka i aluminiowego płaszcza tłoka, połączonych ruchomo ze sobą przez sworzeń tłokowy. Ze względu na wysoką wytrzymałość i niskie zużycie takie tłoki zapewniają spełnienie wysokich wymagań granicznych w zakresie emisji substancji szkodliwych w spalinach w przypadku silników wysokoprężnych o szczególnie wysokim obciążeniu.



Tłoki do silników dwusuwowych

Tłoki ze specjalnych stopów aluminiowych, odporne na wysokie obciążenia mechaniczne i ciepłe w silnikach dwusuwowych.



Tłoki MonoWeld® do pojazdów użytkowych

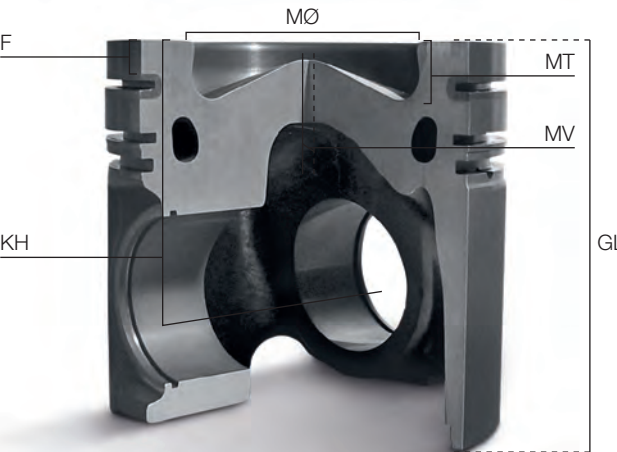
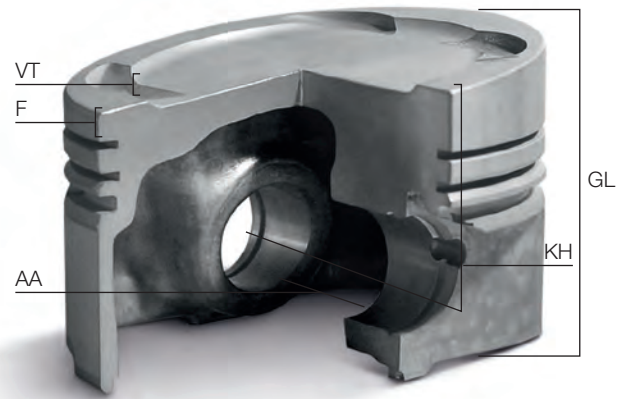
Zgrzewane tarciowo tłoki stalowe przekonują swoją wysoką obciążalnością termiczną, umożliwiając osiągnięcie ciśnienia zapłonu o wartości przekraczającej 230 barów. Zamknięta, sztywna struktura umożliwia lepsze chłodzenie brzegu komory spalania, ponieważ możliwe jest zastosowanie cieńszych ścianek. Połączony trzon zapewnia lepsze prowadzenie boczne, a tym samym zmniejsza tendencję do kawitacji.

Pojęcia specjalistyczne

Rodzaje półfabrykatów

F	=	tłok odlewany	AK	=	wnęka na dyszę rozpylającą olej chłodzący
KB	=	tłok FERROTHERM®	DRT	=	podwójny rowek pierścieniowy
L	=	tłok z jednolitym płaszczem	KK	=	kanal chłodzący
MT	=	tłok MONOTHERM®	RT	=	rowki pierścieni
P	=	tłok kuty	GRT	=	chłodzony rowek pierścieni
V	=	tłok AUTO-/HYDROTHERMIK®/ tłok AUTO-/HYDROTHERMATIK®	Fe	=	powlekany żelazem
			HA	=	utlenianie anodowe na twardo
			C	=	grafitowany

Pojęcia specjalistyczne



Tłoki (wymiary)

AA	=	odstęp między otworami
F	=	wysokość pierścienia przeciwoгниowego
GL	=	długość całkowita
KH	=	stopień sprężania
MØ	=	średnica komory spalania
MT	=	głębokość komory spalania
MV	=	przesunięcie komory spalania
ÜH	=	przewyżka
VT	=	głębokość zatoczenia pod zawory

Sworznie tłokowe

Wymiary sworzni:
Średnica zewnętrzna sworznia x długość całkowita

FB	=	sworznie kształtowy
NB	=	tulejka sworznia tłokowego
S	=	korbowód kurczliwy/zaciskowy
T	=	korbowód trapezowy
ST	=	korbowód stopniowy

Zalecenia montażowe

Tłoki do naprawy MAHLE są gotowe do montażu i mają zamontowane pierścienie tłokowe. Średnica tłoka, luz montażowy i kierunek montażu są oznaczone na denku tłoka. Podana średnica tłoka plus przynależny luz montażowy odpowiadają średnicy cylindra. Aby uzyskać wskazaną średnicę znamionową tłoka, należy jeszcze odjąć grubość powłoki wynoszącą 0,015 do 0,020 mm od zmierzonej średnicy tłoka dla tłoków z grafitowanym trzonem.

Przykład

Zmierzona średnica na warstwie grafitu	90,00 mm
Wskazana średnica na denku tłoka	– 89,96 mm
-----	-----
Grubość warstwy grafitu	0,04 mm

Pierścienie tłokowe zostały zamontowane z najwyższą starannością. Każde niepotrzebne usunięcie i ponowne zamocowanie z nadmiernym rozciągnięciem powoduje trwałe deformacje i pogarsza właściwości robocze. Sworznie tłokowe są zapakowane w sposób odporny na korozję i, podobnie jak zabezpieczenia sworzni (jeśli są wymagane), są dołączone do tłoka. Sworznie tłokowe są odpowiednio dopasowane i wymienne w ramach danego typu tłoka. W niektórych przypadkach tłoki i sworznie są oznaczone kolorami. W takim wypadku pod żadnym pozorem nie wolno wymieniać ich na inne.

Montaż tłoka i korbowodu

Przed montażem łączniki korbowodu zostały sprawdzone pod kątem równoległości osiowej ich otworów (zginanie i skręcanie) i w razie potrzeby wymienione. Podczas montażu należy zapewnić odpowiednie smarowanie elementów. Co do zasady tłoki i korbowody należy montować zgodnie z zalecanym kierunkiem montażu.



Gniazdo skurczowe

Montaż tłoka i sworznia z gniazdem skurczowym w korbowodzie wymaga najwyższej staranności. Szczególnie ważna jest swoboda ruchu między tłokiem a sworzniem po montażu.

Sworzeń pływający

W przypadku tłoków ze sworzniami pływającymi, dołączone pierścienie zabezpieczające służą do mocowania tłoka w otworze sworznia tłoka.

Pierścienie zabezpieczające należy montować za pomocą odpowiedniego narzędzia. Należy zwrócić uwagę na to, aby pierścienie zabezpieczające były całkowicie osadzone w przewidzianych do tego celu rowkach, a połączenie zawsze znajdowało się w kierunku skoku tłoka. Nie stosować używanych pierścieni zabezpieczających i unikać nadmiernego ściskania – w przeciwnym razie może dojść do trwałego odkształcenia.

Montaż tłoka

Przy montażu tłoka należy przestrzegać kierunku montażu. Styki poszczególnych pierścieni tłokowych muszą być równomiernie rozłożone na obwodzie tłoka. Zabezpieczenie sworznia należy zamontować w taki sposób, aby styk był u góry lub u dołu. Otwór cylindra lub tłok i pierścienie muszą zostać powleczone olejem.

Aby uniknąć uszkodzeń podczas montażu tłoka w otworze cylindra należy używać odpowiedniego narzędzia montażowego (np. opaski na pierścienie).

W przypadku silników wysokoprężnych należy zmierzyć szczelinę i przestrzegać odpowiednich informacji dostarczonych przez producenta silnika.

W przypadku tłoków z twardym anodowanym denkiem tłoka nie wolno wykręcać denka.

Należy upewnić się, że stosowane są wyłącznie uszczelki pod głowicą cylindrów i filtry powietrza, paliwa i oleju zatwierdzone przez producentów silników.

Elementy (blok cylindrów, wał korbowy, korbowód i miska olejowa) należy przed montażem dokładnie oczyścić z pozostałości po obróbce i osadów.



Oznaczenia

Dane na denku tłoka

- 1

Znaki towarowe / firmowe. Te znaki gwarantują jakość MAHLE.
- 2

Kierunek montażu jest oznaczony na denku tłoka zgodnie z zaleceniami odpowiedniego producenta silnika i należy go przestrzegać. Stosuje się między innymi symbol wału korbowego, tłoczenia lub określenia takie jak „przód”, „front” lub „powietrze wylotowe”. Przestrzeganie kierunku montażu może być konieczne ze względu na asymetryczny kształt denka lub ze względu na otwór sworznia tłokowego, który został zdjęty z osi z powodu hałasu. W przypadku tłoków do silników o wymiarach cylindra w calach oprócz największej średnicy tłoka podawana jest również informacja „godz.” lub dla nadwymiarów np. „.020”.
- 3

Luz montażowy w milimetrach odpowiada niezbędnej różnicy średnicy otworu cylindra i płaszcza tłoka.

- 4

Podano największą średnicę tłoka w milimetrach. W przypadku małych tłoków stemplowane są zazwyczaj tylko grupa wymiarowa i średnica znamionowa. Dalsze informacje na temat średnicy i luzu montażowego można znaleźć na opakowaniu.

Dodatkowymi oznaczeniami na denku tłoka mogą być na przykład:

- A = wydech
- E = wlot
- 1 = cylinder 1
- 1/2 = cylindry 1 i 2

Obliczenie wymiaru nominalnego otworu cylindra na przykładzie pokazanego tłoka:

Średnica tłoka (4)	83,93 mm
Luz (3)	+ 0,07 mm
-----	-----
Średnica cylindra	84,00 mm



2.1.1 Przepalone denko tłoka

W silnikach z zapłonem iskrowym
i silnikach wysokoprężnych



Rys. 1 Otwór w denku tłoka spowodowany użyciem świec zapłonowych o nieprawidłowej wartości cieplnej

Stan:

- W denku tłoka znajduje się otwór (rys. 1).
- Powierzchnia otaczająca otwór jest pokryta stopionym materiałem tłoka.
- Doszło do stopienia progu ogniowego (rys. 2).
- Denko tłoka stopiło się, a część pierścieniowa częściowo się przepaliła (rys. 3 oraz 4).

Przyczyny:

Przyczyną takich uszkodzeń jest miejscowe przegrzanie. W tym zakresie należy dokonać rozróżnienia na silniki z zapłonem iskrowym i silniki wysokoprężne.

Silnik z zapłonem iskrowym:

- Wartość cieplna świecy zapłonowej jest zbyt niska.

- Wystąpiły zapłony żarowe, które są spowodowane przegrzaniem świecy zapłonowej (patrz również rozdział 2.1.2, strona 28).

Silnik wysokoprężny:

Głowica tłoka jest przegrzana, ale komora spalania nie jest uszkodzona. Na denku tłoka pojawia się prawidłowy wzór strumienia. Zbyt wysoki poziom temperatury głowicy tłoka może mieć następujące przyczyny:

- Dysza oleju chłodzącego jest wygięta, oderwana lub niezamontowana (błąd montażowy).
- Przekroczono okresy wymiany oleju. W takim przypadku istnieje przede wszystkim przy biopaliwie z rzepaku i soi zagrożenie polimeryzacji oleju silnikowego, co może prowadzić do zapchania się dysz chłodzenia olejem.
- Ciała obce, takie jak pozostałości uszczelnień lub tym podobne, utrudniają niezbędny obieg w obwodzie oleju (patrz także rozdział 2.1.3, strona 30).

Środki zaradcze i zapobieganie:

Silnik z zapłonem iskrowym:

- Można używać tylko paliwa o podanej liczbie oktanowej.
- System wtryskowy, gaźnik i zapłon muszą być dokładnie ustawione.
- Można używać tylko świec zapłonowych zgodnych z wytycznymi producenta.
- Należy skontrolować układ ssania pod kątem szczelności.

Silnik wysokoprężny:

- Ilość i czas wtrysku muszą być ustawione zgodnie z instrukcjami producenta.
- Dysze wtryskiwacza należy sprawdzić pod względem szczelności, ciśnienia wtrysku i wzoru strumienia.
- Przy montowaniu dysz oleju chłodzącego należy uważać na ich właściwe ustawienie.

- Przy zasilaniu silnika biopaliwami należy znacząco skrócić okresy między wymianą oleju.
- Kanały olejowe w bloku silnikowym, wale korbowym i w głowicy cylindra powinny być starannie wyczyszczone.
- Zawór regulacji ciśnienia musi zostać sprawdzony pod kątem poprawnego działania.



Rys. 2 Stopiony próg ogniowy na silniku z zapłonem iskrowym



Rys. 3 Przepalony tłok w silniku wysokoprężnym



Rys. 4 Stopiony próg ogniowy na tłoku w silniku wysokoprężnym

2.1.2 Stopienie na denku tłoka i na progu ogniowym

W silniku z zapłonem iskrowym



Rys. 1 Ślady erozji na tłoku w silniku z zapłonem iskrowym



Rys. 2 Spalanie stukowe

Stan:

Opisany tutaj schemat uszkodzeń obejmuje kilka etapów, od stopień do otworu w denku tłoka:

- Na powierzchni na denku tłoka lub progu ogniowym widać miejscowe uszkodzenia przypominające erozję (rys. 1).
- Próg pierścienia tłokowego jest pęknięty (rys. 3).
- Na głowicy tłoka można zaobserwować stopienia (rys. 2) – aż do całkowicie stopionej głowicy tłoka wraz z pęknięciem progu pierścienia tłokowego (rys. 3).
- W tłoku występuje otwór.

Przyczyny:

To uszkodzenie wynika z nieprawidłowości w procesie spalania. Może to wynikać z kilku przyczyn:

- Spalanie odbywa się przy użyciu mieszanki paliwowo-powietrznej, która jest zbyt uboga, co może wynikać z następujących czynników:

- Dochodzi do zasysania powietrza obcego.
- Występuje problem z układem sterowania silnikiem, np. w odniesieniu do ilości dostarczanego paliwa.
- Ustawienie gaźnika jest nieprawidłowe.
- Czujnik jest uszkodzony (przepływomierz masowy powietrza, czujnik lambda, przetwornik OT itp.).
- Zastosowano niewłaściwe paliwo (o niskiej liczbie oktanowej, olej napędowy zamiast benzyny).
- Świeca zapłonowa ma zbyt niską wartość cieplną.
- Czas zapłonu jest nieprawidłowo ustawiony.
- Ciśnienie doładowania jest zbyt wysokie (np. z powodu tuningu).
- Doszło do przegrzania poszczególnych elementów lub całego silnika. Przyczynami są np.:
 - Luz zaworów jest zbyt mały, co powoduje przegrzanie talerzyka zaworu.
 - Zbyt wysoka temperatura powietrza zasysanego.
 - Usterka w obwodzie chłodziwa, taka jak brak wody, luźny pasek klinowy lub uszkodzony termostat.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Wolno tankować wyłącznie paliwo o podanej liczbie oktanowej.
- System wtryskowy, gaźnik i zapłon muszą być dokładnie ustawione.
- Można używać tylko świec zapłonowych zgodnych z wytycznymi producenta.
- Układ ssania należy sprawdzić pod względem jego szczelności.
- Po poprawkach na głowicy cylindrów należy założyć grubszą uszczelkę, a przy tłoku nadwymiarowym należy uważać na mniejszy stopień sprężania.
- Przy załadowanym silniku należy uważać na prawidłowe ciśnienie doładowania.



Rys. 3 Pęknięcie progu pierścienia

2.1.3 Stopienie na denku tłoka i na progu ogniowym

W przypadku silnika wysokoprężnego



Rys. 1 Stopiona korona tłoka w silniku wysokoprężnym



Rys. 2 Stopienie na progu ogniowym i zatarcia na trzonie



Rys. 3 Przebarwienia spowodowane przegrzaniem na tłoku FERROTHERM®



Rys. 4 Złamana dysza oleju chłodzącego

Stan:

Opisany tutaj schemat uszkodzeń obejmuje kilka etapów, od lekkich uszkodzeń na tłoku aż do poważnych awarii silnika:

- Na głowicy tłoka występują ślady erozji.
- Na głowicy tłoka widoczne są stopienia – aż do całkowicie stopionego denka (rys. 1).
- W skrajnych przypadkach na całej długości i całym obwodzie tłoka występują zatarcia.
- Na denku tłoka występuje otwór.

Przyczyny:

Uszkodzenie to spowodowane jest przeciążeniem termicznym tłoka. Istnieją dwie możliwe przyczyny tego stanu rzeczy, które również różnią się wyglądem uszkodzeń:

1. Nieprawidłowości w procesie spalania:

Te nieprawidłowości można zdiagnozować na podstawie następujących cech:

- Brzeg komory spalania jest „obgryziony”, dochodzi do miejscowego stopienia materiału.
- Dysze wtryskiwacza nieprawidłowo natryskują.
- Ciśnienie wtryskiwania i szybkość podawania przez dysze są ustawione nieprawidłowo.
- Nieprawidłowości w procesie spalania mogą mieć kilka przyczyn:
- Zbyt bogata mieszanka paliwowo-powietrzna. Możliwe są następujące przyczyny:

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Ilość wtryskana i moment wtrysku muszą być nastawione według wskazówek producenta.
- Dysze wtryskiwacza należy sprawdzić pod względem szczelności, ciśnienia wtrysku i wzoru strumienia.
- Przy montowaniu dysz oleju chłodzącego należy uważać na ich właściwe ustawienie.
- Zaleca się demontaż dysz oleju chłodzącego przed demontażem tłoków. Zapobiega to wygięciu dyszy oleju chłodzącego przez korbowód podczas ciągnięcia tłoków.
- Kanały olejowe w bloku silnikowym, wale korbowym i w głowicy cylindra powinny być starannie wyczyszczone.
- Zawór regulacji ciśnienia musi zostać sprawdzony pod kątem poprawnego działania.
- W przypadku pracy silnika na biopaliwie należy zwrócić uwagę na odpowiedni olej silnikowy i szczególne okresy wymiany oleju.

2.1.4 Pęknięte progi pierścieni tłokowych



Rys. 1 Wylamane progi pierścieni tłokowych przez zakłócenia w procesie spalania



Rys. 2 Przełom statyczny wywołany oddziaływaniem siły



Rys. 3 Przebieg złamania od dołu do góry

Stan:

- Przy złamanych progach pierścieni tłokowych należy rozróżnić dwa przebiegi takiego złamania: od góry w dół (rys. 1) albo od dołu w górę (rys. 2 oraz 3).
- Na denku tłoka, na progu ogniowym i na powierzchniach bocznych rowka można rozpoznać ślady erozji.

Przyczyny:

Przyczyną tych uszkodzeń są przeciążenia mechaniczne, które z kolei mogły zostać spowodowane zakłóceniami w procesie spalania lub błędem podczas montażu.

1. Nieprawidłowości w procesie spalania:

Po uruchomieniu zapłonu iskrownikiem dochodzi w innych miejscach w komorze spalania do samozapłonu, przez co prędkość spalania wzrasta ok. dziesięciokrotnie. Prowadzi to po pierwsze do stromego wzrostu ciśnienia aż do 300 bar na stopień kąta obrotu korby (normalna wartość 3–5 bar na stopień kąta korby) i do wibracji podobnych do ultradźwięków i do przegrzania na skutek nieregularnego przebiegu spalania. Skutkiem są pęknięcia albo złamania progów pierścieni tłokowych i płaszcz tłoka, z przebiegiem pęknięcia od góry w dół. Takie usterki w procesie spalania oznaczają się jako „spalanie stukowe”.

Przyczynami spalania stukowego mogą między innymi być:

Silnik z zapłonem iskrowym:

- Punkt czasu zapłonu nie jest odpowiedni (wczesny zapłon).
- Zbyt uboga mieszanka paliwowo-powietrzna.

- Zamiast benzyny stosowano olej napędowy (krytyczne znaczenie mają nawet niewielkie domieszki w benzynie).

- Zasysane powietrze jest zbyt gorące.

- Stopień sprężania jest zbyt wysoki.

Silnik wysokoprężny:

Zbyt duże opóźnienie zapłonu przy spalaniu stukowym w silniku wysokoprężnym prowadzi do niekontrolowanego spalania przy wysokich skokach ciśnienia i do mechanicznego przeciążenia progów pierścieni tłoka. Oto potencjalne przyczyny:

- Ciśnienie sprężania jest zbyt niskie.
- Ciśnienie wtrysku jest zbyt niskie.
- Pomoc w zapłonie np. spray startowy został źle zastosowany.
- Dysze wtryskiwacza są nieszczelne.
- Wtryskiwana jest zbyt duża dawka paliwa.
- Zamiast oleju napędowego stosowano benzynę.

2. Błąd montażu:

- Kiedy pierścienie tłokowe zostają zamontowane bez taśmy mocującej, to często znajdują się one niedokładnie w rowku. Przy jednoczesnym pukaniu tłoka pierścienie stoją częściowo ponad i stwarzają blokadę po stronie czołowej otworu. W ten sposób następuje typowe pęknięcie progów pierścieni tłokowych od dołu do góry (rys. 2 oraz 3).
- Przy silnikach dwutaktowych przeciwnie – pęknięcie przebiega od góry w dół, ponieważ tłok wsuwany jest do cylindra od dołu.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Można używać tylko paliwa o podanej liczbie oktanowej.
- System wtryskowy, gaźnik i zapłon muszą być dokładnie ustawione.
- Można używać tylko świec zapłonowych zgodnych z wytycznymi producenta.
- Układ ssania należy sprawdzić pod względem jego szczelności.
- Po poprawkach na głowicy cylindrów należy założyć grubszą uszczelkę, a przy tłoku nadwymiarowym należy uważać na mniejszy stopień sprężania.
- Przy załadowanym silniku należy uważać na prawidłowe ciśnienie doładowania.
- Przy remoncie silnika należy zwracać uwagę na nienaganny stan uszczelnień, a odpowiednie uszczelki muszą zostać wymienione.
- Należy sprawdzić dysze wtryskiwacza i w razie potrzeby wymienić je.

2.1.5 Uderzenia zaworu na denko tłoka i uderzenia tłoka na głowicę cylindrów



Rys. 1 Denko tłoka ze śladem uderzeń zaworu



Rys. 2 Tłok uderzający w głowicę cylindrów



Rys. 3 Tłok pęknięty w poprzek na wysokości osi sworznia tłoka

Stan:

- Na denku tłoka widoczne są uderzenia zaworów albo ślady dotyku spowodowane kolizjami z głowicą cylindrową (rys. 1 oraz 2).
- Tłok jest zerwany w poprzek otworu piasty (rys. 3) w związku z ekstremalnymi uderzeniami na denko tłoka.

Przyczyny:

Opisany wcześniej obraz uszkodzeń odnosi się do uszkodzeń związanych z kolizją tłoka. Możliwymi elementami biorącymi udział w kolizji są:

Co najmniej jeden zawór:

Przyczyny kolizji mogą być następujące:

- Nadmierne obroty sprężyny zaworów nie są w stanie ich w porę zawrócić i tłok koliduje z zaworami.
- Błędne ustawienie po montażu albo nieprawidłowo działający napinacz łańcucha, np. przez nieprawidłowo nastawione czasy sterowania lub przez zwolniony pasek zębaty / łańcuch rozrządu przestawiły się czasy sterowania.
- Jeden z zaworów jest zerwany.
- Rozciągnięty łańcuch rozrządu (skutek zbyt długich przerw między wymianą oleju).

- Przeskoczenie łańcucha rozrządu (obróć silnika w tył).
- Przez wybite łożysko korbowe albo przez poluzowane śruby korbowodu luz w łożysku stał się zbyt duży.
- Po szlifowaniu głowicy cylindra nie poprawiono wycofania zaworów.

Głowica cylindrów:

Przyczyny kolizji mogą być następujące:

- Przez wybite łożysko korbowe albo przez poluzowane śruby korbowodu luz w łożysku stał się zbyt duży.
- W przypadku silnika wysokoprężnego: na skutek zbyt dużego stopnia sprężania tłoka albo zbyt cienkiej uszczelki głowicy cylindrowej po szlifowaniu głowicy, wymiar szczeliny jest zbyt mały.

Ciała obce:

Oto potencjalne przyczyny:

- Podczas montażu przedostały się do komory spalania małe elementy np. śrubki lub nakrętki.
- Uwarunkowane zużyciem oleju (patrz także rozdział „1.4 Zwiększone zużycie oleju”, strona 12) w komorze spalania powstaje nagar, który zmniejsza szczelinę.

Przy wszystkich tego rodzaju kolizjach, tłok może zostać tak dalece uszkodzony, że pęknie w poprzek otworu piasty sworznia tłokowego (poziomo).

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Podczas montowania, czasy sterowania muszą być dokładnie ustawione.
- W trakcie montażu łożyska korbowego należy sprawdzić luz między czopami a dużym uchem korbowodu.
- Śruby łożyska korbowego należy zamontować zgodnie z wytycznymi producenta pojazdu (wymienić, dokręcić zgodnie z instrukcjami dociągania).
- Podczas montażu należy sprawdzić rozmiar szczeliny na wszystkich cylindrach.
- Przy twardych odgłosach pracy należy silnik wyłączyć, żeby uniknąć skutków nieprawidłowej pracy, i odszukać przyczynę.

2.1.6 Denko tłoka z pęknięciami



Rys. 1 Pęknięcia na brzegu komory spalania



Rys. 2 Pęknięty tłok aż do otworu piasty



Rys. 3a Pęknięcia na brzegu komory spalania



Rys. 3b Zbliżenie

Stan:

- Na denku tłoka widać pęknięcia (rys. 1).
- Tłok jest uszkodzony w kierunku sworznia tłokowego (rys. 2).
- Na brzegu komory spalania występują pęknięcia (rys. 3a oraz b).

Przyczyny:

Tak ukształtowane rys. wskazują na mechaniczne albo termiczne przeciążenie tłoka.

Przeciążenie mechaniczne:

Mechaniczne przeciążenie tłoka często jest spowodowane tuningiem.

- Nadmierny wzrost mocy (tuning) silnika prowadzi do przeciążenia tłoka przede wszystkim na kierunku sworznia tłokowego. Skutkiem jest zarysowanie w otworze piasty albo pęknięcie łupliwe wzdłuż tłoka w kierunku sworznia tłokowego.
- Poprzez tuning silnika ze znacznie zwiększonym ciśnieniem zapłonu lub późniejszą obróbkę geometrii sworznia tłokowego (redukcję masy), sworzeń tłokowy może zostać mechanicznie przeciążony. Zatem pod wpływem ciśnienia zapłonu sworzeń tłokowy staje się owalny, co może prowadzić do dużych naprężeń w otworze piasty i do rozerwania tłoka w kierunku sworznia.
- Poprzez zredukowanie wagi tłoka, nie mogą już zostać przejęte występujące tam siły, co powoduje powstanie pęknięć w materiale.

Przeciążenie termiczne:

Z braku działania systemu wtryskowego, wzrostu mocy (tuning) albo środka wspomagającego start w silnikach wysokoprężnych, w komorze spalania znajduje się zbyt duża ilość paliwa, co z kolei prowadzi do bardzo zmiennych obciążeń termicznych tłoka. Zwłaszcza w silnikach wysokoprężnych może prowadzić to do powstawania pęknięć na brzegu komory spalania (rys. 3a oraz b).

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Wzrost mocy i niezbędne modyfikacje silnika mogą być dokonywane wyłącznie przez producenta silnika lub przez doświadczonych tunerów.
- Układ wtryskowy musi być wyregulowany zgodnie ze specyfikacją producenta.

2.2.1 Zatarcie tłoka po stronie ciśnienia i przeciwcisnienia

Tylko obszar płaszcza tłoka



Rys. 1 Zatarcie na tłoku FERROTHERM®, przebarwienia termiczne na tulei cylindra



Rys. 2 Zatarcie na płaszczu tłoka, spowodowane niedostatecznym luzem

Stan:

- Na płaszczu tłoka widać ślady zatarcia wraz z rysami zarówno po stronie ciśnienia, jak i przeciwcisnienia (rys. 1).
- Miejsca zatarcia są świeżące, jak wypolerowane (rys. 2).
- Zatarcia skoncentrowane są w obszarze płaszcza tłoka.
- Pierścienie tłokowe i obszar pierścieni tłokowych są w dobrym stanie.
- W przypadku tłoka dwuczęściowego (FERROTHERM®): silne zatarcia na całym płaszczu tłoka. Lekkie zatarcia w strefie pierścieniowej stalowej części górnej

Przyczyny:

Przyczyną takich uszkodzeń jest miejscowe przegrzanie. Ponieważ korona tłoka i denko tłoka nie są uszkodzone, należy wykluczyć w tym przypadku nieprawidłowości w procesie spalania. Pozostają jeszcze dwie możliwe przyczyny:

Zatarcia na skutek zbyt małego luzu (przegrzanie):

Silnik został przegrzany z następujących powodów:

- Zbyt niski poziom wody chłodzącej.
- Niedostateczna cyrkulacja czynnika chłodzącego, na przykład przez uszkodzoną pompę chłodziwa, luźny albo zerwany pasek klinowy, uszkodzony termostat, uszkodzenia w sprzęgle Visco® albo uszkodzony wentylator.
- Wentylacja silnika jest nieprawidłowa.
- Z powodu zastosowaniu środka uszczelniającego przekroje poprzeczne w chłodnicy są zwężone.

Ponieważ aluminium tłoka rozszerza się termicznie dwa razy więcej niż żeliwo cylindra, to w przypadku zbyt wysokiego obciążenia termicznego (silnik zimny, a tłok gorący) może dojść do zacierania się tłoka.

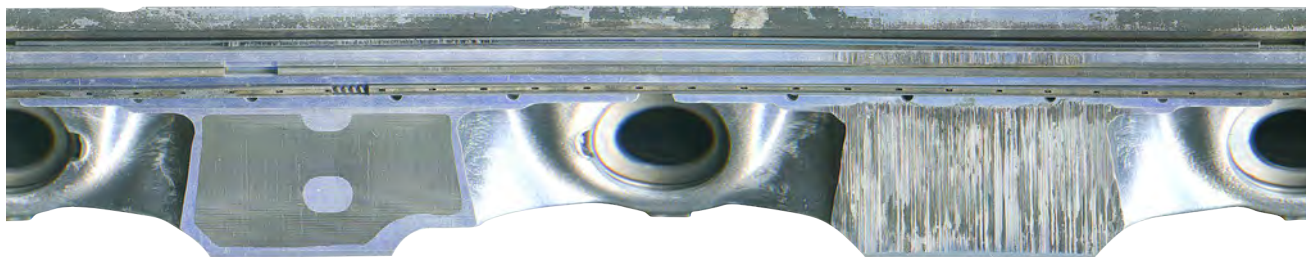
Zatarcia przez zbyt małą szczelinę (błąd obróbki):

Otwór cylindra nie jest wykonany na właściwy wymiar (średnica tłoka plus luz montażowy). Uszkodzenie występuje natychmiast po pierwszym uruchomieniu, gdy tylko silnik osiągnie temperaturę roboczą.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Dokładny wymiar cylindra musi być bezwzględnie dotrzymany. Można to stwierdzić za pomocą podanych na tłoku wartości (średnica tłoka plus luz montażowy).
- Należy sprawdzić stan chłodziwa, w szczególności:
 - Poziom chłodziwa
 - Pompę chłodziwa (pasek klinowy)
 - Termostat
 - Wentylator
- Układ chłodzenia musi zostać odpowiednio wietrzony. Obejmuje to również obwód grzewczy, chłodnicę EGR, skrzynię biegów i chłodnicę oleju.
- Aby odpowietrzyć układ chłodzenia, zaleca się użycie próżniowego urządzenia odpowietrzającego.

2.2.2 Jednostronne zatarcie na płaszczu tłoka



Rys. 1 Jednostronne zatarcie



Rys. 2 Pierścienie tłokowe z rowkami i nadpalonymi miejscami

Stan:

- Zatarcie tłoka znajduje się tylko po stronie ciśnieniowej płaszcza tłoka (rys. 1).
- Po stronie przeciwcisnienia znajduje się dobry ślad przylegania.
- Pierścienie tłokowe są częściowo nadpalone (rys. 2).

Przyczyny:

Ponieważ strona ciśnieniowa tłoka jest podczas taktu roboczego znacznie bardziej obciążona niż strona przeciwcisnienia, obserwuje się niedostateczne smarowanie najpierw po stronie ciśnieniowej. Oto potencjalne przyczyny:

Wysoka zawartość paliwa w oleju:

- Nieprawidłowo wyregulowany układ wtryskowy
- Wzbogacanie mieszanki paliwowej podczas rozruchu na zimno zawiera zbyt wiele smaru
- Uszkodzone dysze wtryskiwacza
- Częsta praca na krótkich dystansach

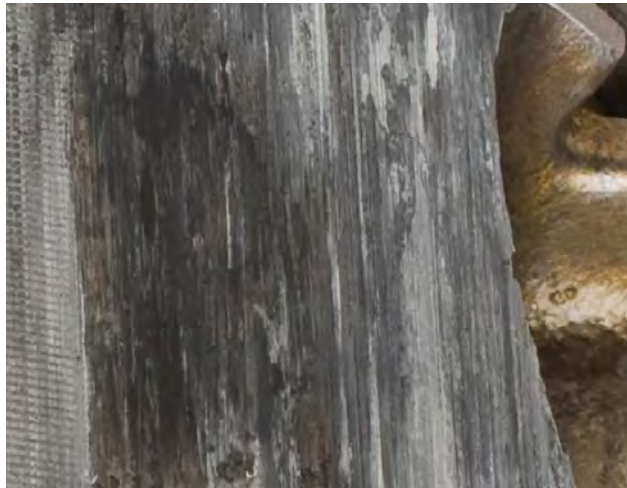
Niedobór oleju na ścianie cylindra:

- Zbyt niski poziom oleju
- Zatkany otwór oleju w korbowodzie
- Uszkodzona dysza oleju chłodzącego
- Nieprawidłowe wsunięcie po naprawie silnika
- Olej o zbyt niskiej nośności
- Olej rozcieńczony przez paliwo lub kondensat wody (patrz także rozdział „1.2 Zalanie paliwem”, strona 8)

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Należy zapewnić prawidłowe zasilanie w olej – a otwory olejowe w korbowodzie należy sprawdzić na ich drożność.
- Należy stosować tylko zatwierdzone przez producenta oleje.
- Silnik należy zaraz po jego zmontowaniu załączyć do pracy z średnimi obrotami i z średnią mocą.
- Wymagana jest koniecznie regularna kontrola poziomu oleju; w razie potrzeby należy uzupełnić olej.
- Należy kontrolować ciśnienie oleju. Zbyt niskie ciśnienie oleju może być spowodowane zatartą pompą olejową, zbrudzonym filtrem, uszkodzonym zaworem nado ciśnieniowym w pompie olejowej albo też zbyt rozcieńczonym olejem.
- Należy sprawdzić układ chłodzenia. Nieszczelna chłodnica oleju jest odpowiedzialna za chłodziwo w oleju i za olej w chłodziwie.

2.2.3 Zatarcie tłoka w kierunku ukośnym obok otworu piasty



Rys. 1 Ślady zatarcia w kierunku po przekątnej obok otworu piasty



Rys. 2 Boczne zatarcia tłoka obok otworu piasty



Rys. 3 Otwór piasty ze śladami zatarcia

Stan:

- Ślady zatarcia występują tylko w kierunku ukośnym obok otworu piasty (rys. 1).
- Płaszcz tłoka w kierunku ciśnienia i przeciwcisnienia jest najczęściej bez zatarć (rys. 2).
- Pomiędzy zatarciami znajdują się mocno wypolerowane powierzchnie.
- Korbówód można jedynie z trudnością odchyłać w osi sworznia tłoka.
- W otworze piasty znajdują się ślady zatarcia (rys. 3).

Przyczyny:

Uszkodzenie powstaje, kiedy zdolność nośna filmu olejowego między tłokiem a powierzchnią bieżną cylindra w obszarze na ukos obok otworu sworznia jest niedostateczna.

W rezultacie film jest częściowo przeciskany. Wynikający z tego miejscowy kontakt między płaszczem tłoka a powierzchnią bieżną cylindra prowadzi do zatarcia.

Oto potencjalne przyczyny:

- Mocowanie korbowodu jest wadliwie zamontowane, np. kiedy tłok i korbówód zostały poruszone zaraz po skurczeniu. Przez wyrównanie temperatury sworzeń może być jeszcze gorący, odpowiednio się rozszerzyć i zatrzeć się w otworze piasty.
- Naprężenia w cylindrze mocno ograniczają luz pracy. Ponieważ obszar przy otworze sworznia tłokowego jest najbardziej sztywny, tłok może tylko w niewielkim stopniu się tu naddać.
- Jeśli sworzeń tłokowy przed zmontowaniem silnika nie został dostatecznie naoliwiony, to podczas uruchamiania remontowanego silnika może dojść do niedostatecznego smarowania między sworzniem a tłokiem. Skutkiem tego jest zatarcie w otworze sworznia tłoka, co prowadzi do wzrostu temperatury w obszarze otworu piasty.
- Faza rozgrzewania przy zbyt niskich obrotach była zbyt długa. Kierownice powietrza lub zanieczyszczone żeberka chłodzące są miejscowo przegrzane.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Bezpośrednio przed zmontowaniem silnika korbówód, sworzeń tłoka i otwór sworznia tłoka muszą być dostatecznie naoliwione i sprawdzone na swobodę ruchu.
- Zaleca się wlać do nowo zamontowanego silnika część nowego oleju silnikowego poprzez napełnianie ciśnieniowe, np. poprzez podłączenie przełącznika ciśnienia oleju. Dzięki temu olej silnikowy już podczas pierwszego uruchomienia znajdzie się w obudowie filtra oleju i chłodnicy oleju, a także w kanałach olejowych, przewodach olejowych i łożyskach.
- Po zmontowaniu natychmiast należy silnik włączyć do pracy przy średnich obrotach i przy średnim obciążeniu.

2.2.4 Niesymetryczny ślad przylegania na płaszczu tłoka



Rys. 1 Niesymetryczny ślad przylegania (ślad kośny) na płaszczu tłoka

Stan:

- Płaszcz tłoka wykazuje niesymetryczny ślad przylegania (rys. 1).
- Próg ogniowy jest jasno wypolerowany w kierunku osi sworznia, a po przeciwnej stronie zaczerniony nagarem.

Przyczyny:

Poprzez geometryczne odchylenia w prowadzeniu tłoka dochodzi do jego ukośnego ruchu w cylindrze. W ten sposób tłok przylega z jednej strony do cylindra, zaś z drugiej strony pozostaje duża szczelina, przez którą przedostają się gorące spaliny (gazy blow-by) i spalają film olejowy. Pracujące również ukośnie pierścienie tłokowe wibrują i powodują ruchy pompowania, co prowadzi do wzrostu zużycia oleju (patrz także rozdział „1.4 Zwiększone zużycie oleju”, strona 12). Może to wynikać z następujących przyczyn:

- Otwory w małych i w dużych gniazdach korbowodu nie są równoległe. Występują odchylenia w wyrównaniu, ponieważ:
 - korbowód jest wygięty albo wykręcony lub
 - otwór korbowodu jest wykonany krzywo.
- Oś łożyska głównego wykazuje ukośne ułożyskowanie, co może np. wskazywać na wybite panewek.
- Śruby głowicy cylindrów są źle dokręcone (zła kolejność albo zły moment dociągania). Uwaga: chłodzone powietrzem tuleje żebrowane są na to szczególnie wrażliwe.
- Na podstawie tulei żebrowanej znajdują się zanieczyszczenia. W rezultacie tuleja żebrowana znajduje się ukośnie na skrzyni korbowej, powodując, że tłok porusza się ukośnie w otworze cylindra (skośnie).

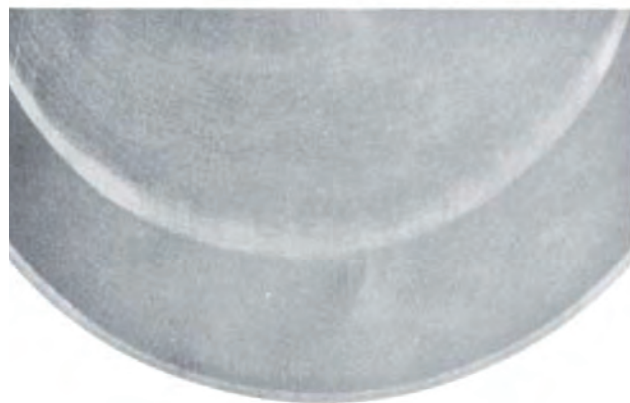
Środki zaradcze i zapobieganie:

- Osadzenie łożyska głównego, wał korbowy i korbowód muszą być obrabiane i montowane w jednej płaszczyźnie (koncentrycznie).
- Należy zwracać uwagę na to, że korbowód jest ustawiony pod kątem.
- Śruby głowicy cylindra należy dokręcać zgodnie z instrukcjami producenta.
- W trakcie montowania silnika, należy przestrzegać jak najwyższej czystości, np. należy starannie usuwać resztki uszczelnień.

2.2.5 Zatarcia tylko na dole płaszcza tłoka



Rys. 1 Zatarcia na dole płaszcza tłoka spowodowane ściśnięciem tulei cylindrowej



Rys. 2 Świecąca się linia na obwodzie otworu cylindra

Stan:

- W dolnym obszarze płaszcza tłoka widać oddzielne ostre zatarcie (rys. 1).
- W otworze cylindra można rozpoznać błyszczący brzeg po obwodzie. (rys. 2).

Przyczyny:

Ślady te spowodowane są przez miejscowo ograniczony brak luzu między tłokiem a otworem cylindra, co może być wywołane następującymi przyczynami:

Kiedy miejsce w rowku uszczelniającym nie jest wystarczające, wtedy tuleja cylindrowa zostaje zwężona. Może to być spowodowane przez:

- zastosowanie niewłaściwej (zbyt grubej) uszczelki,
- zastosowanie dodatkowych środków uszczelniających,
- zsuniętą uszczelkę,
- nieusunięcie pozostałości starej uszczelki.

W przypadku błędnego lub nierównomiernego momentu dokręcenia śrub głowicy cylindrowej – szczególnie przy tulejach żebrowanych – istnieje ryzyko przeciągnięcia cylindra.

Źle ustawiona honownica, np. przy zbyt małym wybiegu listew, może doprowadzić do tego, że średnica otworu na końcu cylindra będzie za mała.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Śruby głowicy cylindrowej muszą być dokręcone według instrukcji dociągania.
- Można używać tylko dostarczonych uszczelek.
- Honownica musi być prawidłowo wyregulowana. W trakcie honowania i po honowaniu otwory cylindra muszą być sprawdzane w wielu płaszczyznach i w różnym położeniu.
- Żeby wykluczyć brak luzu lub przeciągnięcia cylindra, należy najpierw zamontować mokre tuleje cylindrowe bez uszczelek. W ten sposób można w miarę wcześniej rozpoznać braki luzu. Dopiero potem należy montować tuleje cylindrowe już z uszczelkami.
- Należy zachować ostrożność, aby upewnić się, że uszczelki są prawidłowo umieszczone w przewidzianych do tego celu rowkach.

2.2.6 Duże zużycie płaszcza tłoka o szorstkiej, matowej powierzchni



Rys. 1 Zużycie płaszcza tłoka spowodowane zanieczyszczeniami

Stan:

- Silnik wykazuje wysokie zużycie oleju (patrz rozdział „1.4 Zwiększone zużycie oleju”, strona 12).
- Duży wyciek gazu (blow-by), brak rozruchu, szczególnie przy niskich temperaturach zewnętrznych.
- Obydwie strony płaszcza tłoka mają matowe, szerokie ślady przylegania (rys. 1).
- Profil obróbki jest częściowo zniesiony.
- Na płaszczu tłoka znajdują się pojedyncze wąskie rowki.
- Pierścienie tłokowe mają duży luz stykowy i są zużyte po promieniu.
- Na pierścieniu zgarniającym olej jest mocne zużycie progów bieżnych lub są one wręcz zniesione.
- Powierzchnie boczne rowków wykazują zużycie osiowe.

Przyczyny:

Taki obraz uszkodzeń powstaje przez zużycie na skutek zanieczyszczeń. Przy tym można rozróżnić parę przypadków – w zależności od liczby tak uszkodzonych cylindrów i od stanu zużycia pierścieni tłokowych:

Jeśli tylko jeden cylinder jest uszkodzony...

...a pierwszy pierścień tłokowy jest znacznie bardziej zużyty niż trzeci, wówczas zanieczyszczenie przedostało się do komory spalania przez układ ssania cylindra, tj. z góry. Jest to spowodowane nieszczelnością lub osadami, które nie zostały usunięte przed montażem.

Kiedy uszkodzeniu uległa większa liczba cylindrów albo wszystkie cylindry...

...a pierwszy pierścień tłokowy jest znacznie bardziej zużyty niż trzeci, wtedy zanieczyszczenie dostało się do komory spalania przez wspólny układ ssania wszystkich cylindrów. Jest to spowodowane nieszczelnościami lub zniszczonym albo brakującym filtrem powietrza.

... a trzeci pierścień tłokowy jest znacznie bardziej zużyty niż pierwszy, oznacza to, że przyczyną jest zanieczyszczony olej silnikowy. Olej silnikowy mógł być zanieczyszczony już podczas napełniania.

Zanieczyszczenie pozostałe w skrzyni korbowej po montażu.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Należy sprawdzić szczelność układu ssania.
- Należy sprawdzić i ewentualnie wymienić filtr powietrza.
- Przed montażem skrzynię korbową i rury ssące należy oczyścić z zanieczyszczeń.
- Podczas montażu należy zapewnić czystość.
- Miarki i lejki do oleju silnikowego należy przechowywać w warsztacie tak, aby się nie zabrudziły.

2.3.1 Zatarcia w otworze piasty



Rys. 1 Zatarcia w otworze piasty

Stan:

- Na tłoku są zatarcia w otworze piasty, przede wszystkim w jego górnym obszarze (rys. 1).

Przyczyny:

- Sworzeń tłoka przed montażem nie był dobrze naoliwiony (patrz także rozdział „2.2.3 Zatarcie tłoka w kierunku ukośnym obok otworu piasty”, strona 42).
- Zdolność nośna filmu olejowego została mocno obniżona z powodu rozcieńczenia przez paliwo (patrz także rozdział „1.2 Zalanie paliwem”, strona 8).
- Panewka korbowodu nie została obrobiona na właściwy wymiar, i jej średnica jest zbyt mała. Przez to sworzeń tłoka może się już swobodnie poruszać w tłoku.
- Przez błędnie założone łożyska ślizgowe (łożysko główne / łożysko korbowodu / panewka korbowodu) zasilanie w olej jest utrudnione (patrz także rozdział „6.8 Zatarcia na łożyskach ślizgowych”, strona 128).
- Zastosowano olej o niższej jakości, który nie spełnia podanych wymagań.
- Film olejowy w otworze piasty został zniszczony przez siły, ciepło i ścieranie spowodowane przez tłok.
- Ten obraz uszkodzeń jest wstępnym etapem uszkodzenia opisanego w rozdziale 2.2.3 „Zatarcie tłoka w kierunku ukośnym obok otworu piasty” (strona 42).

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Podczas montażu należy zwracać uwagę na dostateczny luz między sworzniem tłokowym a panewką korbowodu.
- Przed zamontowaniem silnika sworzeń tłokowy musi być odpowiednio naoliwiony.
- Należy przestrzegać kierunku montażu łożysk ślizgowych (otwór oleju, rowki olejowe).
- Można używać wyłącznie oleju silnikowego zatwierdzonego przez producenta silnika.

2.3.2 Zwęglona ścianka tłoka w obszarze otworu sworznia tłoka



Rys. 1a Zwęglenie ścianki tłoka spowodowane przez luźne zabezpieczenie sworznia tłoka albo przez ciało obce w otworze sworznia tłokowego



Rys. 1b Zbliżenie na powierzchnię bardziej miękkiego materiału tłoka i twardszego materiału pierścienia tłokowego, startych w tym samym stopniu

Stan:

- Tłok jest zwęglony w obszarze wokół otworów sworznia tłokowego (rys. 1a).
- Uszkodzenie rozciąga się do części pierścieniowej.
- Powierzchnia jest wyblyszczona i gładko wyszorowana (rys. 1b).
- Uszkodzeniu mogą ulec także pierścienie tłokowe.
- Zwęglenia występują po obu stronach tłoka.

Przyczyny:

Ten obraz uszkodzeń został spowodowany przez luźne części w tłoku w obszarze otworu sworznia, np. przez ciała obce albo przez wypadnięcie zabezpieczeń sworznia spowodowane albo błędem montażowym, albo przez wysokie obroty.

Ciała obce i odłamki mogą również migrować przez otwór w sworzniu tłokowym na drugą stronę tłoka. Dlatego zwęglenia zwykle występują po obu stronach tłoka, nawet jeśli zabezpieczenie wyskoczyło tylko z jednej strony.

Nadmierne obroty:

W przypadku nadmiernej prędkości obrotowej oba końce zabezpieczenia sworznia tłokowego mogą wpaść w wibracje, a tym samym wypaść.

Błąd montażowy:

- Ciała obce przemieszczają się przez otwór w sworzniu tłokowym na drugą stronę. Dlatego zwęglenia są często obecne po obu stronach, nawet jeśli czynnik wywołujący problem (np. poluzowane zabezpieczenie) znajdował się tylko po jednej stronie.
- Jeden z pierścieni zabezpieczających został odwrotnie założony.
- Jeden z pierścieni zabezpieczających nie jest w rowku albo jest złamany.
- Zastosowano stare, używane pierścienie zabezpieczające.
- Przy montażu sworznia tłokowego nastąpił przełom statyczny w obszarze rowka zabezpieczenia.
- Korbówód jest krzywy (patrz także rozdział „2.2.4 Niesymetryczny ślad przylegania na płaszczu tłoka”, strona 44).

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Podczas montażu pierścieni zabezpieczających należy zwracać uwagę, żeby styk pierścieni zabezpieczających znajdował się na godzinie „6” albo na „12”.
- Zasadniczo należy stosować nowe, niezdeformowane pierścienie zabezpieczające.
- Sworzeń tłoka nie może być montowany na siłę, np. uderzeniami młotka.
- Przed zamontowaniem korbowodu należy sprawdzić otwory na ich równoległość (wychylenie korbowodu).

3. Pierścienie tłokowe

Zestaw pierścieni MAHLE „N” odpowiada pierścieniom wykorzystywanym w wyposażeniu fabrycznym (OEM). Ten zestaw pierścieni może być stosowany zarówno w przypadku tłoków nowych, jak

i używanych. Zestawy pierścieni MAHLE „V” i „G” oferują ekonomiczne rozwiązanie w celu znormalizowania zużycia oleju i zmniejszenia strat ciśnienia podczas pracy tłoków.



Pierścienie tłokowe muszą być zamontowane w taki sposób, aby oznaczenia (np. „Top” albo „M”) wskazywały w górę (w kierunku denka tłoka).



Rodzaje konstrukcji i terminy specjalistyczne

Pierścienie tłokowe zostały zamontowane z najwyższą starannością. Każde niepotrzebne usunięcie i ponowne zamocowanie z nadmiernym rozciągnięciem powoduje trwałe deformacje i pogarsza właściwości robocze.

Wersje

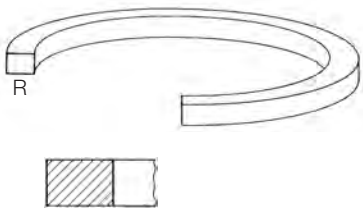
- Cr = chrom
- CrC = chrom wielowarstwowy
- CrK = ceramika chromowa
- Fe = tlenek żelaza
- Mo = molibden
- P = fosforan
- N = azotowane
- PVD = powłoka plazmowa
- IF = wewnętrzne ścięcie (góra)
- IFU = wewnętrzne ścięcie (dół)
- IW = kąt wewnętrzny (góra)
- IWU = kąt wewnętrzny (dół)

Przeliczanie milimetrów na cale

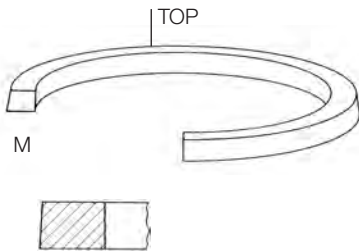
mm	cale
1,600	1/16
1,990	5/64
2,385	3/32
3,160	1/8
3,947	5/32
4,747	3/16
6,335	1/4

Pierścienie sprężania

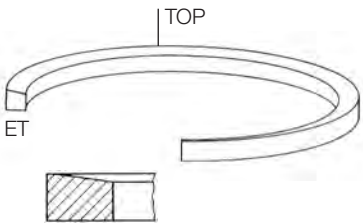
Pierścień o przekroju prostokątnym



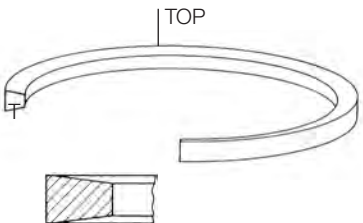
Pierścień prostokątny ze stożkiem (minutowy)



Pierścień trapezowy (jednostronny)

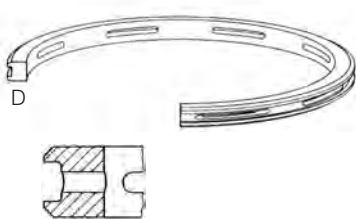


Pierścień trapezowy (dwustronny)

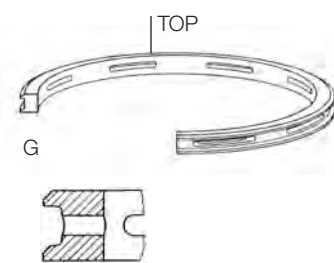


Pierścienie tłokowe zgarniające

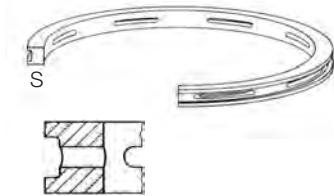
Pierścień o profilu daszkowym



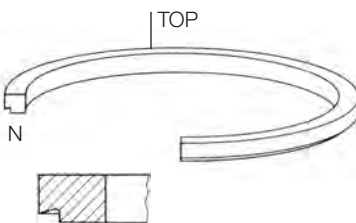
Pierścień o równych sfazowaniach



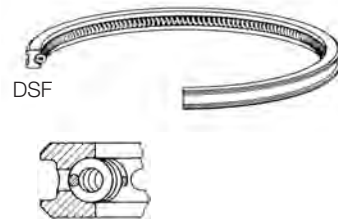
Pierścień zgarniający z nacięciem (walcowy)



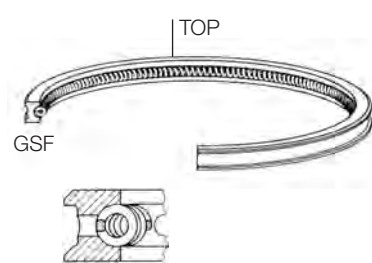
Pierścień noskowy



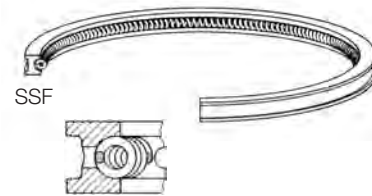
Pierścień o profilu daszkowym ze sprężyną węzową



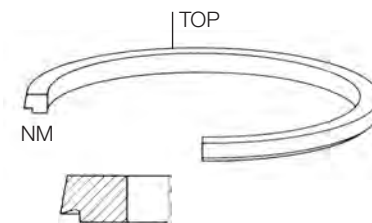
Pierścień o równych sfazowaniach ze sprężyną spiralną



Pierścień zgarniający z nacięciem ze sprężyną węzową



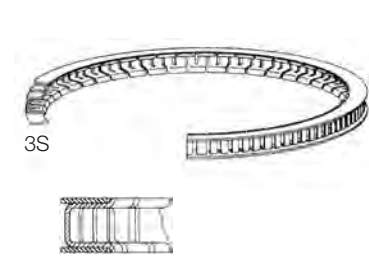
Pierścień noskowy ze stożkiem



Pierścień elastyczny o przekroju ceowym (wieloczęściowy)



Pierścień tłokowy zgarniający (wieloczęściowy)



Zalecenia montażowe

Przed montażem pierścieni należy dokładnie oczyścić rowki pierścieni. Należy upewnić się, że ani zbocza rowka, ani promienie w dnie rowka nie są uszkodzone.

Pierścienie są montowane za pomocą odpowiednich szczypiec do pierścieni tłokowych, zaczynając od najniższego pierścienia. Należy unikać nadmiernego rozciągania, ponieważ może dojść do odkształcenia pierścieni, przez co nie będą już zapewniać prawidłowego uszczelnienia.

Istotne jest zwrócenie uwagi na oznakowanie TOP. W przypadku pierścieni z oznakowaniem TOP, należy je montować w pozycji z oznaczeniem skierowanym w górę w kierunku denka tłoka.

W przypadku pierścieni osadzących sprężynujących węża węzeł sprężyny (końcówka węzła z drutem łączącym) musi być ustawiona z przesunięciem wynoszącym 180° względem styku pierścienia. Jeśli sprężyna węzowa powleczone jest węzłem teflonowym, należy zwracać uwagę, aby przylegał on do styku pierścienia.

Stalowe pierścienie płatkowe (pierścienie 3S) wymagają zachowania szczególnej staranności podczas montażu. Po włożeniu sprężyny płytki należy zamontować w taki sposób, aby styki płytek ustawione były w kierunku otworu na sworzeń. Podczas montażu górnej płytki końce sprężyny należy trzymać razem, aby zapobiec ich zachodzeniu na siebie (należy zwrócić uwagę na barwne oznaczenie). Następnie należy zamontować dolną płytkę.



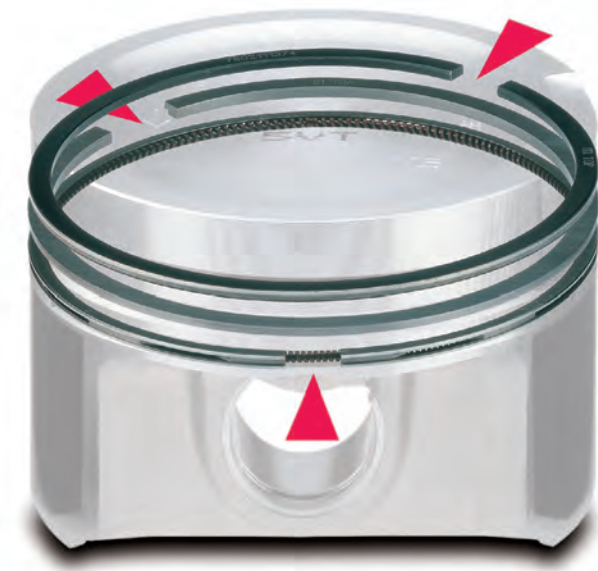
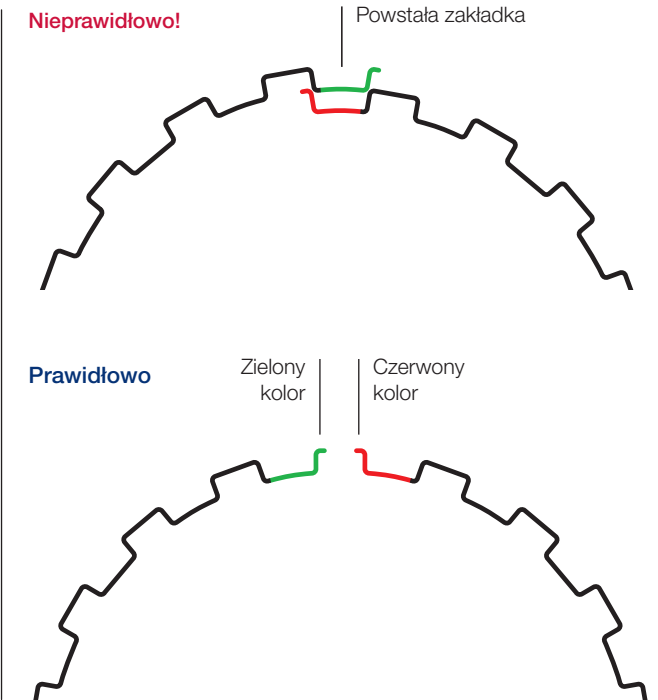
W przypadku tłoków z zabezpieczeniami przed obrotem w rowkach pierścieniowych należy zapewnić przyleganie styków pierścienia do kołków zabezpieczających.

Po zamontowaniu pierścieni styki pierścieniowe muszą być równomiernie rozmieszczone na całym obwodzie (np. 120° dla tłoka 3-pierścieniowego).

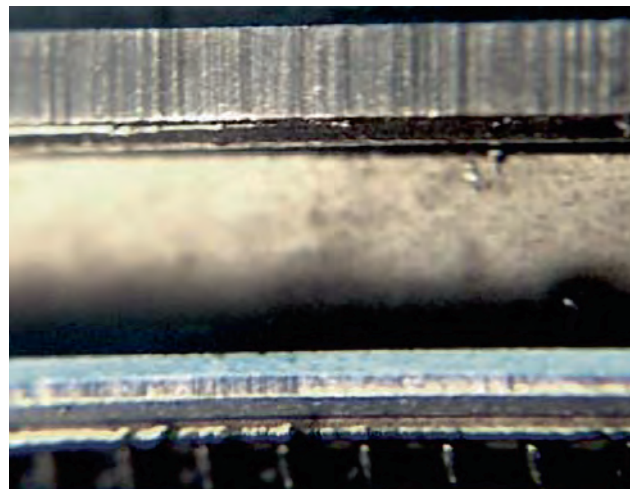
Po zamontowaniu pierścieni należy sprawdzić luz. Luzy do 0,100 mm są nieszkodliwe. Jeśli wartość będzie wyższa, należy wymienić tłok.

Zestawy pierścieni uwzględniają pewne zużycie powierzchni bieżnej cylindra. Nie powinno ono przekraczać wartości ok. 0,100 mm (w oparciu o średnicę cylindra). W przypadku większego zużycia należy użyć nowej tulei cylindrowej lub wywiercić otwór cylindra i wypoasażyć go w odpowiedni tłok nadwymiarowy.

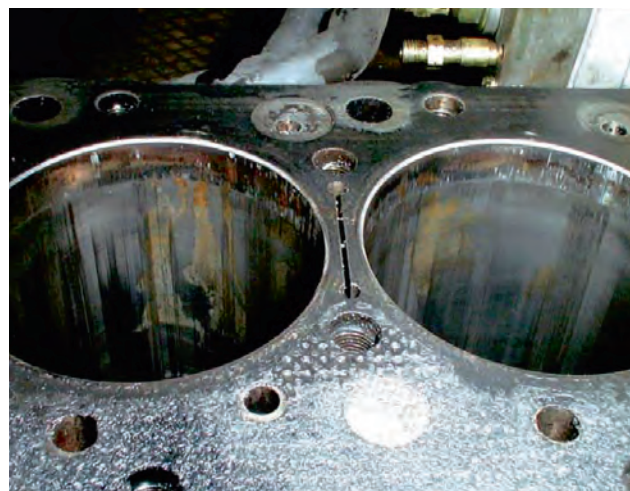
W przypadku chromowanych powierzchni bieżnych cylindrów nie wolno stosować chromowanych pierścieni tłokowych.



3.1 Pierścienie tłokowe ze śladami przypaleń i zatarć



Rys. 1 Pierścienie tłokowe z rowkami i nadpalonymi miejscami



Rys. 2 Otwór cylindra z podłużnymi rowkami

Stan:

- Na całym obwodzie pierścieni tłokowych znajdują się zatarcia i miejscowe przypalenia (rys. 1).
- Na płaszczu tłoka widać zatarcia.
- W otworze cylindra znajdują się wzdłużne rowki (rys. 2).

Przyczyny:

Przypalone pierścienie tłokowe są obrazem uszkodzeń, który najczęściej występuje w połączeniu z dalszymi uszkodzeniami tłoka albo cylindra. Przyczyną przypalenia pierścieni jest niedostateczne smarowanie wywołane przez następujące czynniki:

- W trakcie rozruchu silnik został mocno obciążony. Ponieważ w tej fazie pierścienie tłokowe nie uzyskały jeszcze pełnej skuteczności uszczelniającej, gorące gazy spalinowe mogą przejść obok tłoka (blow-by) i spalić film olejowy. Kolejnym skutkiem obok zatarcia pierścieni tłokowych może być także zatarcie tłoka.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- W fazie rozruchu (rozgrzewania) silnika należy unikać wysokich prędkości obrotowych lub dużych obciążeń przy niskich obrotach.



Rys. 3 Pierścień tłokowy ze śladami zatarcia w kierunku skoku

3.2 Uszkodzenie części pierścieniowej z powodu pękniętych pierścieni tłokowych



Rys. 1 Uszkodzenie denka tłoka z powodu pojedynczych odłamków rowków pierścieni



Rys. 2a Uszkodzenie pierścienia tłokowego spowodowane spalaniem stukowym

Stan:

- Progi pierścieni tłokowych lub próg ogniowy są uszkodzone (rys. 1).
- Powierzchnie wyrobienia są jasne i gładkie.
- W dalszym przebiegu uszkodzenia widoczne są uderzenia odłamków pierścieni tłokowych w denko tłoka.
- Pierścień tłokowy z uszkodzonego rowka jest złamany.

Przyczyny:

Uszkodzenie powstało przez pęknięcie jednego z pierścieni tłoka lub przez drgania pierścienia tłokowego. Oto możliwe przyczyny:

Błąd montażowy:

Pierścień tłokowy nie został w trakcie montażu dokładnie wciśnięty do rowka pierścienia tłokowego i został złamany przy wkładaniu tłoka do cylindra.

Spalanie stukowe:

Z powodu skoków ciśnienia przy spalaniu stukowym doszło do pęknięcia pierścienia tłoka (rys. 2a oraz b).

Luz wysokości pierścienia tłokowego:

- Rowki pierścieni tłokowych są zużyte.
- Pierścień tłokowy jest zużyty.
- Ze względu na przeciążenie termiczne silnika zmniejsza się wytrzymałość materiału, a rowki się wybijają.

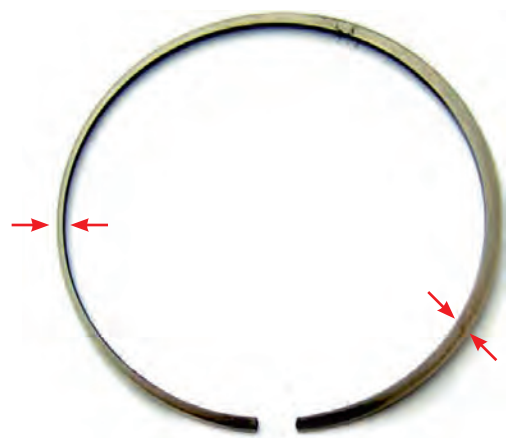
Środki zaradcze i zapobieganie:

- Podczas montażu należy stosować taśmę do mocowania pierścieni.
- Przed montażem należy sprawdzić nuty pierścieni tłokowych na ich zużycie. W przypadku zbyt dużego zużycia rowków pierścieni tłokowych należy zamontować nowy tłok.



Rys. 2b Zbliżenie na pęknięcie pierścienia tłokowego

3.3 Poważne zużycie rowków pierścieni tłokowych i pierścieni tłokowych



Rys. 1 Pierścień tłokowy ze skrajnym zużyciem promieniowym



Rys. 2 Silne zużycie osiowe, szczególnie pierwszego pierścienia tłokowego

Stan:

- Pierścienie tłokowe wykazują silne zużycie promieniowe (rys. 1). W rezultacie luz stykowy może wzrosnąć do kilku milimetrów.
- Na pierścieniach tłokowych i zboczach rowka daje się zauważyć silne zużycie po osi (rys. 2 oraz 3).
- Silnik ma wyższe zużycie oleju (patrz rozdział „1.4 Zwiększone zużycie oleju”, strona 12) wraz ze spadkiem mocy.

Przyczyny:

Taki obraz uszkodzeń powstaje przez zużycie na skutek zanieczyszczeń. Przy tym można rozróżnić parę przypadków – w zależności od liczby tak uszkodzonych cylindrów i od stanu zużycia pierścieni tłokowych:

Jeśli tylko jeden cylinder jest uszkodzony...

...a pierwszy pierścień tłokowy jest znacznie bardziej zużyty niż trzeci, wówczas zanieczyszczenie przedostało się do komory spalania przez układ ssania cylindra, tj. z góry. Jest to spowodowane nieszczelnością lub osadami, które nie zostały usunięte przed montażem.

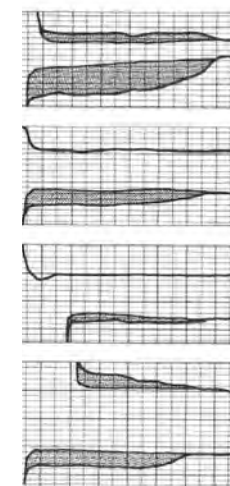
Kiedy uszkodzeniu uległa większa liczba cylindrów albo wszystkie cylindry...

...a pierwszy pierścień tłokowy jest znacznie bardziej zużyty niż trzeci, wtedy zanieczyszczenie dostało się do komory spalania przez wspólny układ ssania wszystkich cylindrów. Jest to spowodowane nieszczelnościami lub zniszczonym albo brakującym filtrem powietrza.

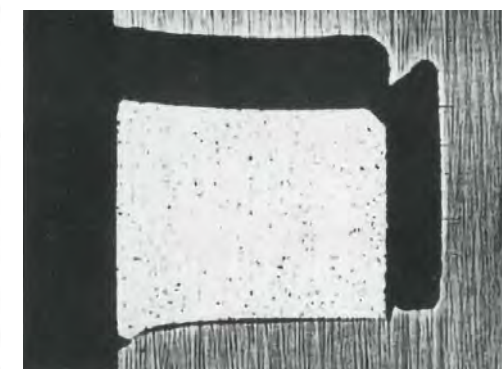
... a trzeci pierścień tłokowy jest znacznie bardziej zużyty niż pierwszy, oznacza to, że przyczyną jest zanieczyszczony olej silnikowy. Olej jest zanieczyszczony przez nieoczyszczoną skrzynię korbowa lub brudny separator mgły olejowej.

Środki zaradcze i zapobieganie:

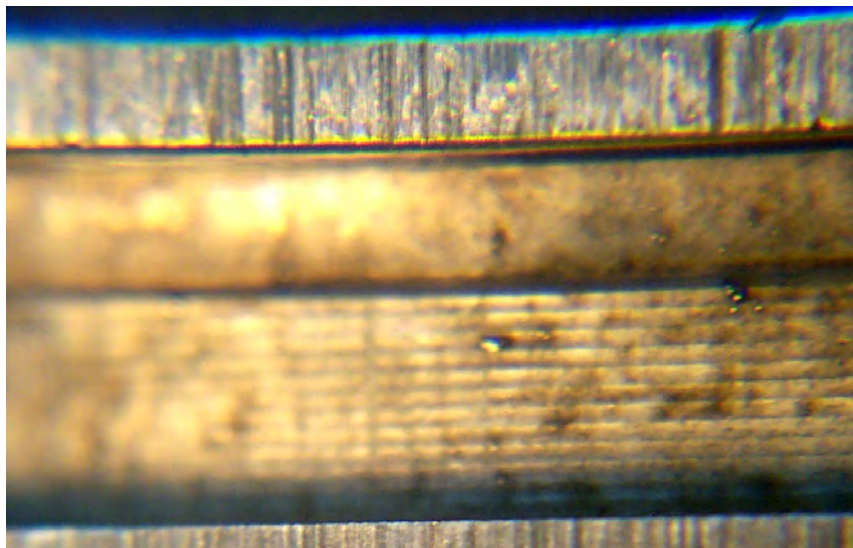
- Należy sprawdzić szczelność układu ssania.
- Należy sprawdzić i ewentualnie wymienić filtr powietrza.
- Przed montażem skrzynię korbową i rury ssące należy oczyścić z zanieczyszczeń.
- Podczas montażu należy zapewnić czystość.
- Skontrolować, wyczyścić lub wymienić separatory mgły olejowej.



Rys. 3 Zużycie rowków



3.4 Silne zużycie promieniowe pierścieni tłokowych



Rys. 1 Silne zużycie promieniowe przy stosunkowo niskim zużyciu osiowym



Rys. 2 Rowki i nadpalenia na pierścieniach tłokowych

Stan:

- Pierścienie tłokowe wykazują silne zużycie promieniowe (rys. 1).
- Powierzchnie bieżne pierścieni tłokowych mają rowki w kierunku biegu na całym obwodzie.
- Powierzchnie bieżne pierścieni tłokowych są częściowo nadpalone (rys. 2).
- Zużycie osiowe pierścieni tłokowych jest niewielkie.
- Zużycie osiowe zbroczy rowka jest także niewielkie.
- Mogło dojść do starcia powierzchni pierścienia tłokowego zgarniającego (rys. 2).
- Na płaszczu tłoka znajdują się mocne rysy, potencjalnie w kombinacji ze śladami tarcia albo zatarcia.

Przyczyny:

Zbyt duża ilość paliwa w oleju rozcieńcza film olejowy, co z kolei drastycznie zmniejsza jego nośność, a tym samym zwiększa zużycie części silnikowych. Takie uszkodzenia mogą wynikać z następujących przyczyn:

- Układ wtryskowy jest nieprawidłowo ustawiony.
- Wzbogacanie mieszanki paliwowej podczas rozruchu na zimno zawiera zbyt wiele smaru.
- Dysze wtryskiwacza działają nieprawidłowo.
- Z powodu zbyt małego wymiaru szczeliny tłok uderza o głowicę cylindrów i powoduje przez to niekontrolowane wtryskiwanie dysz.
- Ciśnienie sprężania jest zbyt niskie co prowadzić może do przerw w zaplonie. Może to być spowodowane następującymi przyczynami:
 - Zawór jest nieszczelny.
 - Uszczelka pod głowicą cylindrów jest nieszczelna.
 - Czasy sterowania nie są prawidłowo ustawione.
 - Szczelina jest zbyt duża.
 - Doszło do uszkodzenia co najmniej jednego pierścienia tłokowego.
 - Wystąpił błąd w układzie zapłonowym, np. uszkodzona świeca zapłonowa.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Konieczna jest prawidłowa regulacja układu wtryskowego (wzbogacenie podczas rozruchu na zimno itp.).
- Należy sprawdzić dysze wtryskiwacza.
- Należy przestrzegać wymiarów montażowych.
- Należy kontrolować świece zapłonowe i w razie potrzeby wymieniać je. Zapewnić zgodność ze specyfikacjami producenta.

3.5 Zwiększone zużycie oleju po wymianie pierścieni tłokowych

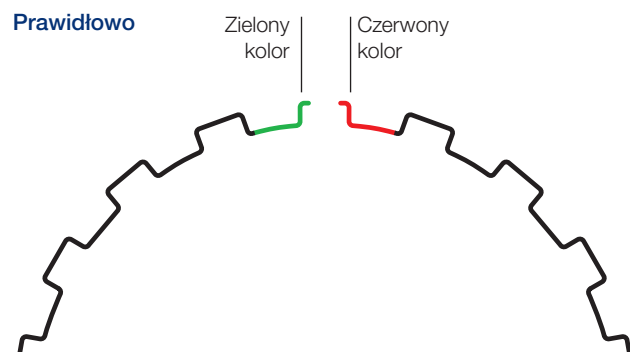


Rys. 1 Prawidłowo włożona sprężyna rozprężna (widoczne oba oznaczenia kolorystyczne)



Rys. 2 Powrót oleju

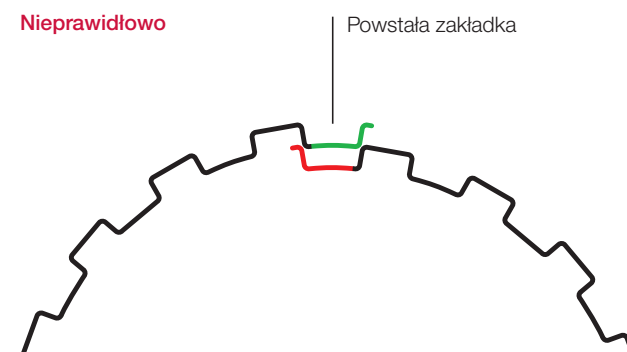
Prawidłowo



Zielony kolor

Czerwony kolor

Nieprawidłowo



Powstała zakładka

Stan:

- Po zamontowaniu nowych zestawów pierścieni tłokowych z trzyczęściowym pierścieniem zgarniającym (typ 3S) silnik wykazuje niebieski dym i zwiększone zużycie oleju.
- Często zwiększone zużycie oleju występuje tylko na poszczególnych tłokach silnika.
- Świeca zapłonowa i komora spalania uszkodzonego cylindra są zatłuszczone lub zanieczyszczone sadzą.

Przyczyny:

Podczas montażu trzyczęściowego pierścienia uszczelniającego nałożono sprężynę rozprężną. W rezultacie nacisk sprężyny na dwie stalowe płytki (szyny) jest zbyt niski.

Podczas obsługi tłoka, na przykład podczas montażu korbowodu, sprężyna rozprężna jest pomijana, tak że dwa końce zachodzą na siebie.

Złącze dolnej płytki pierścienia 3S jest zamontowane w niewłaściwej pozycji (w obszarze powrotu oleju).

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Włożyć sprężynę rozprężną w taki sposób, aby końce nie zachodziły na siebie.
- Dolna i górna płytka (szyna) muszą być umieszczone pod kątem 120° w lewo lub w prawo od złącza sprężyny rozprężnej.
- Złącze płytek nie może znajdować się w obszarze powrotu oleju.
- Przed montażem tłoka w otworze cylindra należy ponownie sprawdzić złącze sprężyny rozprężnej. Oba barwne oznaczenia na końcach złącza muszą być widoczne (rys. 1). Jeśli widoczne jest tylko jedno barwne oznaczenie, pierścień ściągający olej musi zostać ponownie zdemonstrowany, a następnie prawidłowo założony.
- Złącze płytek nie może znajdować się w obszarze powrotu oleju (rys. 2). W przeciwnym razie istnieje ryzyko, że płytka wyskoczy z rowka.
- Skontrolować, wyczyścić lub wymienić separator mgły olejowej.



Sprawdzona jakość – precyzyjne dopasowanie i trwałość

4. Tuleje cylindrowe

Tuleje cylindrowe MAHLE (WN/LW + WT/LD) i tuleje żebrowane (WR/LF) mają gotowy (honowany) lub wstępnie przetoczony otwór cylindra (WV/LP) zgodnie z projektem producenta silnika. Główne wymiary i właściwości cylindrów są wskazane w katalogu.



Mokra tuleja cylindrowa (WN/LW)

Otwory montażowe, a zwłaszcza powierzchnie osadzenia w bloku cylindrów, muszą być starannie oczyszczone i wolne od uszkodzeń. Skorodowane powierzchnie należy poddać ponownej obróbce (użyć kołnierza i tulei nadwymiarowych o średnicy zewnętrznej). Zwrócić uwagę na prawidłowe osadzenie (wystająca część tulei zgodnie z instrukcjami producenta silnika). Po zamontowaniu tulei z odpowiednimi pierścieniami uszczelniającymi (użyć środka antyadhezyjnego) należy sprawdzić średnicę cylindra, szczególnie w obszarze pierścieni uszczelniających, w celu wykrycia zwężeń spowodowanych zablokowanymi pierścieniami uszczelniającymi. Nieprawidłowe uszczelnienia (średnica i materiał) mogą prowadzić do zwężenia cylindra, a tym samym do uszkodzenia silnika. Dlatego zalecamy stosowanie cylindrów MAHLE z odpowiednimi zestawami uszczelek MAHLE.

Suche tuleje cylindrowe (WT/LD)

Przed montażem tulei cylindrowej otwór montażowy w bloku cylindrów musi zostać dokładnie oczyszczony i sprawdzony pod kątem dokładności wymiarowej i ewentualnych odkształceń. Ważny jest okrągły i cylindryczny otwór montażowy, ponieważ określa on geometryczny kształt wewnętrznej wsuniętej, cienkościennej tulei.

Zasadniczo przy wkładaniu tulei nie należy używać oleju ani smaru, ponieważ powoduje to powstanie nagaru i utrudnia przepływ ciepła. Lepiej zastosować specjalne środki antyadhezyjne, na przykład dwusiarczek molibdenu.

Wstępnie obrobiona tuleja cylindrowa (WV/LP)

Przylegająca powierzchnia kołnierza musi być prostopadła do otworu montażowego, płaska i wystarczająco sfazowana. Nierównomierne podparcie kołnierza tulei może prowadzić do jego oderwania.

W tym cylindrze otwór jest tylko wstępnie nawiercony. Po wciśnięciu w cylinder, odbywa się dokładne nawiercanie otworu cylindra i honowanie na gotowo do wymiaru nominalnego.

Powierzchnia czołowa tulei musi być wyrównana z powierzchnią uszczelniającą bloku cylindrów; w razie potrzeby powierzchnia bloku i tuleja cylindrowa muszą zostać przeszlifowane.

Tuleja żebrowana (WR/LF)

Zgodnie z informacjami producentów silników stosuje się cylindry z żeliwa szarego lub z metali lekkich.

Cylindry z metali lekkich (np. z powierzchniami bieżnymi wykonanymi z NIKASIL®, SILUMAL®, Cromal®) są podzielone na kilka grup ze względu na niewielkie odstępstwa montażowe dla niektórych typów cylindrów. W tym przypadku należy użyć tłoka, który pasuje do grupy wymiarowej. Zalecamy stosowanie kompletnego zespołu (cylinder + tłok). Są one dopasowywane w zakładzie MAHLE.

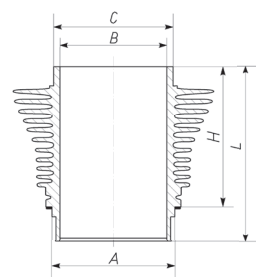
Rodzaje konstrukcji i terminy specjalistyczne

Główne wymiary

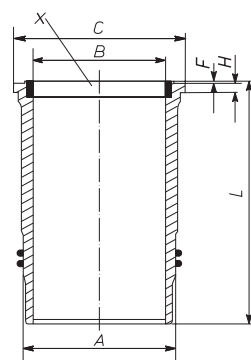
- A = średnica pasowania
- B = maksymalna dopuszczalna średnica wykończenia dla wstępnie obrobionych tulei
- C = średnica kołnierza
- F = wysokość pierścienia przeciwoigniowego
- H = wysokość kołnierza
- L = długość całkowita
- R = wysokość swobodnego obrotu
- X = pierścień tulei

Cylindry i tuleje MAHLE są optymalnie dopasowane pod względem trybologicznym do współpracujących tłoków i pierścieni tłokowych.

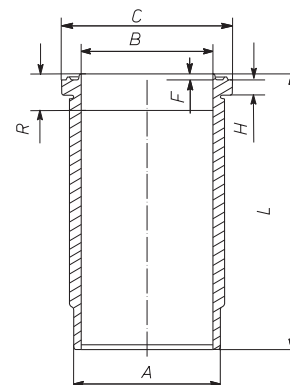
Tuleja żebrowana



Tuleja mokra



Tuleja sucha



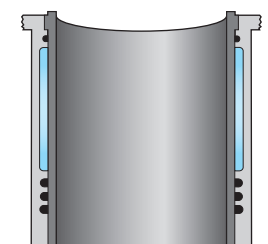
Zalecenia montażowe do tulei żebrowanych i tulei cylindrowych

Tuleje żebrowane i tuleje cylindrowe MAHLE mają wykończony (szlifowany) lub wstępnie przetoczony otwór cylindra zgodnie z projektem producenta silnika.

W odpowiednich przypadkach, kiedy producent silnika przewidział podział na grupy wymiarowe (np. oznaczenia kolorystyczne lub znakowanie literami), zostało to również zachowane w przypadku zespołów w postaci odpowiednich etykiet.

Mokra tuleja cylindrowa (WN/LW)

Otwory montażowe, a zwłaszcza powierzchnie osadzenia w bloku cylindrów, muszą być starannie oczyszczone i wolne od uszkodzeń. Skorodowane powierzchnie należy poddać ponownej obróbce (użyć kołnierza i tulei nadwymiarowych o średnicy zewnętrznej). W tym celu należy zachować ostrożność, aby zapewnić swobodę ruchu i prawidłowe dopasowanie (wystająca część tulei zgodnie z instrukcjami producenta silnika). Po zamontowaniu tulei z odpowiednimi pierścieniami uszczelniającymi (użyć środka antyadhezyjnego) należy sprawdzić średnicę cylindra, szczególnie w obszarze pierścieni uszczelniających, w celu wykrycia zwężeń spowodowanych zablokowanymi pierścieniami uszczelniającymi. Nieprawidłowe uszczelnienia (średnica i materiał) mogą prowadzić do zwężenia cylindra, a tym samym do uszkodzenia silnika. Po montażu tulei należy wytworzyć ciśnienie w układzie chłodzenia w celu wykrycia nieszczelności przed uruchomieniem silnika.



Suche tuleje cylindrowe

Przed montażem tulei cylindrowej otwór montażowy w bloku cylindrów musi zostać dokładnie oczyszczony i sprawdzony pod kątem dokładności wymiarowej i ewentualnych odkształceń.

Otwory nieokrągłe lub uszkodzone można ponownie obrobić pod kątem montażu tulei nadwymiarowych. Ważny jest tutaj okrągły i cylindryczny otwór odbiorczy, ponieważ określa on geometryczny kształt wewnętrzny wciśniętej cienkościennej tulei.

Wstępnie obrobiona tuleja cylindrowa (WV/LP)

Przylegająca powierzchnia kołnierza musi być prostopadła do otworu montażowego, płaska i wystarczająco sfazowana. Nierównomierne podparcie kołnierza tulei może prowadzić do jego oderwania.

Po montażu tulei, która jest tylko wstępnie nawiercona w średnicy wewnętrznej, odbywa się dokładne nawiercanie i szlifowanie otworu cylindra do wymiaru nominalnego lub, w przypadku dokładnie nawierconych tulei, tylko szlifowanie (tolerancja zgodnie z DIN/ISO H5).

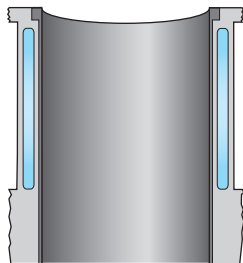
Powierzchnia czołowa tulei musi być wyrównana z powierzchnią uszczelniającą bloku cylindrów; w razie potrzeby powierzchnia bloku i tuleja cylindrowa muszą zostać przeszlifowane.

Tuleja cylindrowa honowana na gotowo (WT/LD)

W przypadku tych tulei cylindrowych w otworze bloku cylindrów występuje pasowanie ślizgowe lub niewielkie przekrycie. Przed zamontowaniem tulei należy dokładnie zmierzyć otwór montażowy w bloku.

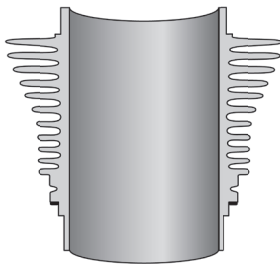
Zasadniczo przy wciskaniu tulei nie należy używać oleju ani smaru, ponieważ powoduje to powstanie nagaru i utrudnia przepływ ciepła. Lepiej zastosować specjalne środki antyadhezyjne, na przykład dwusiarczek molibdenu.

Po wciśnięciu średnicę cylindra należy zmierzyć w poprzek w kilku płaszczyznach (przynajmniej na górze i na dole).



Tuleja żebrowana (WR/LF)

Zgodnie z informacjami producentów silników stosuje się cylindry z żeliwa szarego lub z metali lekkich. Cylindry z metali lekkich (np. z powierzchniami bieżnymi wykonanymi z NIKASIL®, SILUMAL®, Cromal®) są podzielone na kilka grup ze względu na niewielkie odstępstwa montażowe w standardowych wymiarach cylindrów.



Poniższy przykład dla trzech grup wymiarowych wyjaśnia klasyfikację dla wymiaru standardowego.

Tłok 503 81 00	Cylinder 503 WR 27	Zestaw 503 81 92
Oznaczenie grupy wymiarowej, średnica		Połączenia tłok/cylinder
A 94,919–94,923	A 95,000	A–A
AB 94,923–94,933		AB–A oraz AB–B
B 94,933–94,937	B 95,013	B–B

Uszczelki do tulei cylindrowych i żebrowanych

Zestawy uszczelek (SK)

Dostępne są odpowiednie zestawy uszczelek do naszych najpopularniejszych tulei cylindrowych i żebrowanych, które można zamówić pod oddzielnymi numerami artykułu (rys. 1).

Materiały uszczelnień

Ke	= Keltan/EPDM
Pa	= uszczelka papierowa
Pe	= perbunan/NBR
Si	= silikon/VMQ/MVQ
T	= pierścień tombakowy
Vi	= Viton/FKM/FPM
We	= uszczelka z żelaza miękkiego / podkładka wyrównawcza

Właściwości materiałowe uszczelek

W przypadku silników poddawanych dużym obciążeniom oferujemy uszczelnienia zgodne ze specyfikacjami OE z materiału usieciowanego nadtlenkowo. Uszczelki te są oznaczone w katalogu jako „perox”.

perox = materiał usieciowany nadtlenkowo



Rys. 1 Zestaw uszczelek do mokrych tulei cylindrowych



4.1 Ślady na ścianie zewnętrznej tulei cylindrowych (kawitacja)



Rys. 1a Tuleja cylindrowa z uszkodzeniem kawitacyjnym

Stan:

W mokrych tulejach cylindrowych znajdują się na zewnątrz w obszarze płaszcza wodnego zagłębienia albo dziury (kawitacja, rys. 1a oraz b). Najczęściej są one jednak widoczne od strony ciśnieniowej lub przeciwciepniowej w obszarze górnego lub dolnego martwego punktu tłoka.

Przyczyny:

Uszkodzenie kawitacyjne powstaje w wyniku wibracji tulei cylindrowej. Wibracje te mogą powstać przez zmianę powierzchni przylegania tłoka w górnym i w dolnym martwym punkcie na ścianie cylindra i przenosić się na otaczający płaszcz wodny. Przy odbiciu od ścianki cylindra, w trakcie wibracji na krótko powstaje próżnia, co prowadzi do tworzenia się pęcherzyków pary w wodzie. Przy zetknięciu się pęcherzyków ze ścianką tulei następuje implozja pęcherzyków, a napierająca na tuleję cylindrową woda powoduje erozję metalu. Kawitacji sprzyjają następujące czynniki:

- W chłodziwie brak jest dostatecznej ilości środka zapobiegającego zamarzaniu, który redukuje tworzenie się pęcherzyków.
- Układ chłodzenia, np. pokrywa chłodnicy, jest nieszczelny. Przez to nie ma możliwości odtworzenia ciśnienia w systemie chłodzenia, co sprzyja powstawaniu pęcherzyków.
- Tuleja cylindrowa w skrzyni korbowej ma zbyt duży luz. Przez to wibracje, które są spowodowane przez zmianę powierzchni przylegania tłoka, nie są już dostatecznie przechwytywane.
- Zastosowano niewłaściwy środek chłodzący (jak zawierającą kwasy wodę itp.).
- Silnik ma zbyt niski poziom temperatury. Przez to występuje zbyt niski poziom ciśnienia wody chłodzącej, co sprzyja tworzeniu się pęcherzyków. Także tłok nie dochodzi do swojej temperatury pracy, ma zbyt duży luz i zbyt nagle przebiegającą zmianę powierzchni przylegania. Zbyt niski poziom temperatury może mieć następujące przyczyny:
 - Wadliwy termostat lub łącznik termiczny.
 - Sprzęgło Visco® wirnika wentylatora jest uszkodzone, tj. wirnik wentylatora jest stale napędzany.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- System chłodzenia (pokrywa chłodnicy, węże, opaski) należy koniecznie skontrolować pod kątem szczelności.
- Sprawdzić ciśnienie otwarcia zaworu w pokrywie chłodnicy / zbiornika wyrównawczego. W razie potrzeby wymienić pokrywę.
- Należy dodać wystarczającą ilość środka zapobiegającego zamarzaniu z ochroną antykorozyjną.
- Należy sprawdzić działanie układu chłodzenia (termostat, wentylator, łącznik termiczny).

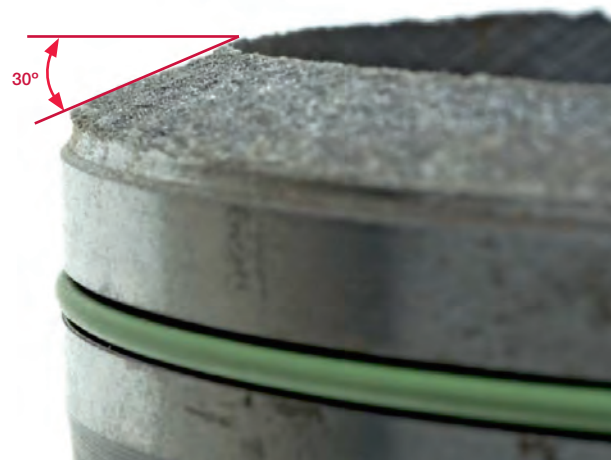


Rys. 1b Zbliżenie na tuleję cylindrową z ostrymi krawędziami i powiększającymi się do wewnątrz otworami

4.2 Rozerwany kołnierz na tulejach cylindrowych



Rys. 1 Ułamany kołnierz tulei cylindrowej



Rys. 2 Pęknięcie o zgrubnej strukturze i kącie przebiegu ok. 30 stopni

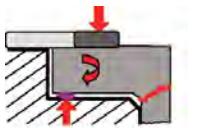
Stan:

- Tuleja cylindrowa jest zerwana poniżej kołnierza (rys. 1).
- Kąt przebiegu pęknięcia wynosi ok. 30 stopni (rys. 2).
- Można rozpoznać zgrubną strukturę pęknięcia (rys. 2).

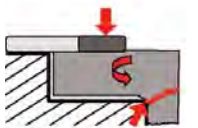
Przyczyny:

Czynnikiem wywołującym tego rodzaju przełom statyczny jest moment zginający na podparciu kołnierza. Moment zginający może mieć następujące przyczyny:

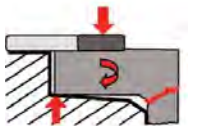
Między tuleją cylindrową a podparciem kołnierza znajdują się ciała obce (np. brud, resztki uszczelki, wióry itp.).



Brak fazowania na podparciu kołnierza.



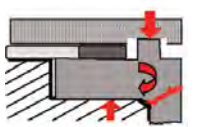
Gniazdo kołnierza zostało wykonane ze skosem.



Zastosowano nieprawidłową uszczelkę głowicy cylindra, przy której średnica obudowy komory spalania jest zbyt mała.



Gniazdo progu ogniowego w głowicy cylindra nie zostało wyczyszczone lub obrobione po szlifowaniu powierzchni głowicy cylindra.



Ze względu na zbyt duże wycofanie tulei cylindrowej, tuleja cylindrowa chwieje się w gnieździe, powodując silne impulsy uderowe.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Należy zwrócić uwagę na czystą obróbkę podparcia kołnierza w bloku silnika.
- Osadzenie tulei cylindrowej musi być sprawdzane w odniesieniu do wypoziomowania i prostopadłości.
- Można używać wyłącznie dopuszczonych uszczelek pod głowicą cylindrów.
- Po obróbce kołnierza należy wykonać fazkę.

4.3 Pęknięcia wzdłużne tulei cylindrowych



Rys. 1 Pęknięcie wzdłużne tulei cylindrowej



Rys. 2 Dolny koniec tulei cylindrowej z pęknięciem wzdłużnym

Stan:

W tulei cylindrowej występuje pęknięcie wzdłużne (rys. 1 oraz 2).

Przyczyny:

Pęknięcie wzdłużne wychodzące z górnego albo dolnego końca tulei cylindrowej:

Tuleja cylindrowa ma uszkodzenie powstałe w wyniku złego jej transportowania albo przemieszczania, które mogło powstać w wyniku silnego uderzenia osiowego np. w wyniku upadku na posadzkę betonową. Powstałe w wyniku upadku naprężenia w materiale tulei mogą doprowadzić do wyżej opisanego obrazu uszkodzenia.

Pęknięcie w obszarze ruchu tłoka:

Przez uderzenie wodą (patrz także rozdział „1.3 Uderzenie cieczy”, strona 10) powstają bardzo duże siły w komorze spalania. Ponieważ woda nie może ulec sprężeniu, powstające przy tym siły muszą zostać zaabsorbowane przez sąsiednie części, między innymi przez tuleję cylindrową. Może to spowodować pęknięcie tulei cylindrowej.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Tuleje cylindrowe należy transportować ostrożnie i wyłącznie w pozycji pionowej.
- Przed montażem tulei cylindrowej należy dokonać badania ultradźwiękami. Dodatkowo należy przeprowadzić kontrolę wzrokową powierzchni tulei cylindrowej.

4.4 Zatarcia na zewnątrz i wewnątrz wstępnie obrobionej tulei cylindrowej (WN/LS)



Rys. 1 Zatarcia na płaszczu tłoka



Rys. 2a oraz b Zatarcia na zewnątrz tulei cylindrowej (na całym obwodzie)



Stan:

- Zatarcia na tłoku ok. 1000 km po remoncie silnika (rys. 1).
- Silne zatarcia w otworze cylindra na całym obwodzie.
- Tuleja cylindra ma istotne podłużne rowki na zewnątrz i wypchnięty materiał na całym obwodzie (rys. 2a oraz b).
- Wszystkie cylindry silnika wykazują podobny schemat uszkodzeń.

Przyczyny:

Otwory montażowe dla wstępnie obrobionych tulei cylindrowych w bloku silnika zostały wywiercone w zbyt małym rozmiarze. W rezultacie przekrycie między tuleją cylindrową a blokiem silnika było zbyt duże. Spowodowało to pęknięcia na zewnętrznej stronie tulei cylindrowej i bardzo duże naprężenia w tulei cylindrowej podczas wciśnięcia. Nawet po obróbce przez wiercenie i honowanie powierzchni bieżnej cylindra do zamierzonego wymiaru, naprężenia były nadal obecne. Ze względu na temperatury pracy podczas pierwszych ok. 1000 km, naprężenia w tulei cylindrowej były powoli zmniejszane, co prowadziło do falistego odkształcenia tulei cylindrowej w stanie zmontowanym. Ze względu na falistę odkształcenie, luz między otworem cylindra a tłokiem był stale wykorzystywany, co doprowadziło do zatarcia tłoka.

Środki zaradcze i zapobieganie:

Wcisnąć wstępnie przetoczone tuleje cylindrowe z przekryciem określonym przez producenta silnika. Zwykle wynosi ona 0,04–0,06 mm dla silników do samochodów osobowych (wartości odniesienia dla bloku z żeliwa szarego i cylindra z żeliwa szarego). Wcisnięcie wymaga zwykle sił 5000–15 000 N (co odpowiada 500–1500 kg).

Jeśli do wciśnięcia cylindra wymagane jest 40 000–50 000 N (co odpowiada 4–5 t), jest to wyraźna oznaka zbyt dużego przekrycia! Gdy tylko na prasie pojawią się tak duże siły, należy przerwać proces i przeprowadzić pomiar oraz honowanie otworu montażowego.

5. Zawory

Rodzaje konstrukcji i terminy specjalistyczne

Zawory monometaliczne

Są one wytwarzane przy użyciu metody wprasowywania na gorąco lub procesu spiętrzania.

Zawory bimetaliczne

Zawory bimetaliczne umożliwiają idealne połączenie materiałów zarówno w przypadku trzonu, jak i głowicy.

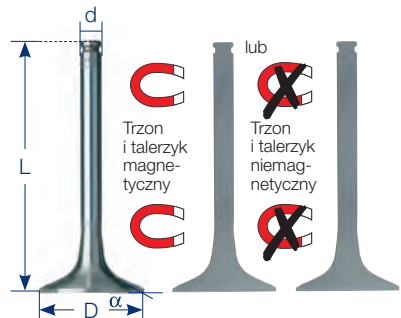
Zawory drążone

Służą one z jednej strony zmniejszeniu masy, z drugiej zaś obniżeniu temperatury. Po wypełnieniu sodem (temperatura topnienia 97,5°C), efekt ciekły sód może transportować ciepło z głowicy zaworu do trzonka zaworu i osiągnąć redukcję temperatury od 80°C do 150°C.

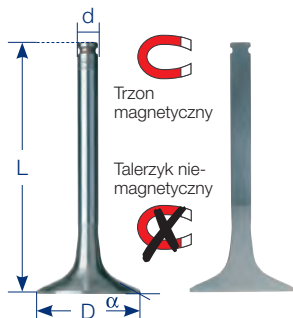
Materiały

- S = stal wysokostopowa CrSi do zaworów wlotowych poddawanych wysokim obciążeniom i zaworów wydechowych poddawanych niskim obciążeniom, a także materiał trzonu do zaworów bimetalicznych.
- X = stal CrMoV o doskonałej odporności na zużycie i właściwościach ślizgowych dla zaworów wlotowych poddawanych mniejszym obciążeniom.
- T = stal austenityczna CrMnNi z dodatkiem azotu do zaworów dolotowych i wydechowych o najwyższych obciążeniach mechanicznych i termicznych w silnikach benzynowych i wysokoprężnych. Stosowana również jako materiał głowicy do zaworów bimetalicznych.
- PT = stal austenityczna CrMnNiNb o doskonałej odporności na ciepło i zużycie. Standardowy zawór do samochodów ciężarowych z opancerzeniem gniazda i bez. Stosowana również w silnikach wysokoprężnych do samochodów osobowych.
- I2 = niski stop żelaza i niklu o dobrej odporności na korozję i wysokiej odporności na ciepło. Wykorzystywany jako materiał głowicy, głównie w zaworach bimetalicznych do pojazdów użytkowych.
- I = superstop niklu (Nimonic 80A®) do zaworów wydechowych poddawanych największym obciążeniom.

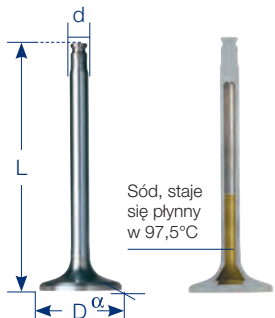
Zawór monometaliczny



Zawór bimetaliczny



Zawór drążony z wypełnieniem sodowym



Zalecenia montażowe

Zawory są jednymi z najbardziej obciążonych termicznie i mechanicznie elementów silnika. Ich żywotność – a tym samym żywotność silnika – jest silnie uzależniona od prawidłowej technicznej instalacji.

Zawory MAHLE są dostarczane w stanie gotowym do montażu i są pakowane pojedynczo.

Przed montażem należy sprawdzić zawory pod kątem ewentualnych uszkodzeń (np. spowodowanych upadkiem). Pod żadnym pozorem nie należy montować uszkodzonych lub wygiętych zaworów. Należy upewnić się, że zawory pasują do danego silnika.

Zawory MAHLE są przeznaczone wyłącznie do danego zastosowania i w żadnym razie nie mogą być poddawane obróbce mechanicznej ani modyfikacji.

Przed montażem zaworu należy sprawdzić wewnętrzny stożek talerzyka sprężyny zaworu pod kątem zużycia lub uszkodzenia. Należy sprawdzić również, czy siła sprężyny zaworu nadal mieści się w wartościach zalecanych przez producenta silnika.

Podczas montażu należy użyć nowych elementów stożka zaworu i uszczelkek trzonka zaworu.

Trzonek zaworu musi być wystarczająco zwilżony czystym olejem silnikowym przed włożeniem do prowadnicy zaworu.

Należy bezwzględnie przestrzegać informacji i wytycznych producenta silnika.

Po włożeniu zaworów nasunąć tuleję montażową uszczelnień trzonu na podstawę zaworu. Zapobiega to uszkodzeniu krawędzi uszczelniających uszczelnienia trzonka zaworu.

Materiały

Stale austenityczne
Stale martenzytyczne

Konstrukcja

Zawory monometaliczne
Zawory bimetaliczne

Wersja gniazda

Wzmocnienie proszkiem plazmowym
Hartowanie indukcyjne

Hartowanie indukcyjne

Hartowanie konturowe
Hartowanie przelotowe
Hartowanie powierzchniowe

Zawory drążone

Średnica trzonka: >6 mm

Zamknięcie otworu:

- Spawanie laserowe
- Zgrzewanie cierne
- Wypełnienie sodem

Profil szyjki

Skręcony, szlifowany, kuty kontur

Denko talerzyka

Obrobione
Kute
Z czaszą lub bez

Geometria spodu

1–3 rowki Wersja specjalna

Długość zaworu

80–210 mm

Średnica talerzyka

18–65 mm

Średnica trzonka

5–12 mm

Obróbka powierzchni

Azotowanie w kąpeli solnej, chromowanie twarde (grubość warstw: 3–35 µm)

Aby wytrzymać ekstremalne obciążenia mechaniczne, chemiczne i termiczne oraz odprowadzić ciepło w najlepszy możliwy sposób, nasze zawory są zoptymalizowane pod kątem szerokiego zakresu zastosowań.

Prowadnice zaworów

Pojęcia specjalistyczne

Prowadnice zaworu wyśrodkowują zawór na pierścieniu gniazda zaworu i kompensują siły boczne działające na trzonek zaworu. Są one również odpowiedzialne za odprowadzanie ciepła z głowicy zaworu poprzez trzonek zaworu do głowicy cylindra. Ogólnie rzecz biorąc, rozróżnia się prowadnice zaworów do stosowania wyłącznie po stronie wlotu lub wydechu oraz te, które są stosowane zarówno po stronie wlotowej, jak i wydechowej.

Materiały

Prowadnice zaworów produkowane są z żeliwa szarego, mosiądzu i materiałów spiekanych. Specjalne elementy stopowe optymalizują właściwości ślizgowe, ciepłne i odporność na zużycie. Stosowane są tutaj następujące materiały:

- B = stop CuZnAl o dobrej odporności na zużycie oraz dobrej odporności na zmęczenie materiału i korozję. Do zastosowań przy średnich obciążeniach.
- B1 = stop CuSn z dodatkiem fosforu dla zwiększenia odporności na zużycie. Do zastosowań przy dużych obciążeniach.
- G1 = stop żeliwa szarego o strukturze perlitycznej o dobrej odporności na zużycie. Do zastosowań przy normalnych obciążeniach.
- G2 = stop żeliwa szarego o strukturze perlitycznej i zwiększonym dodatku fosforu. Konstrukcja podobna do siatki w matrycy tworzy zwiększoną odporność na zużycie i zapewnia lepsze właściwości w zakresie pracy awaryjnej. Do zastosowań przy dużych obciążeniach.
- CN = stop CuNi o zwiększonej twardości i przewodności cieplnej oraz odporności na zużycie i tarcie. Z myślą o wysokiej wytrzymałości nawet w trudnych warunkach pracy.
- SM = spiekany stop metalu o wysokiej odporności mechanicznej, który radzi sobie nawet w ekstremalnie wysokich temperaturach. Do zastosowań przy ekstremalnych obciążeniach.

Zalecenia montażowe

Po zamontowaniu prowadnic zaworu (obkurczanie/wciskanie), prowadnice zaworu należy obrobić od wewnątrz do określonego wymiaru. Dotyczy to zarówno półobrobionych prowadnic zaworu, jak i prowadnic zaworowych, które zostały już obrobione do wymiarów nominalnych.

Wynika to z odkształceń nowych prowadnic zaworów, które mogą wystąpić podczas montażu w głowicy cylindrów.

Do obróbki zalecamy rozwiertak ręczny i trochę oleju do gwintowania.

Średnica trzonka zaworu wraz z obrobioną prowadnicą zaworu zapewnia luz określony przez producenta pojazdu.

Przed montażem wszystkie części muszą być wyczyszczone i dobrze naoliwione.

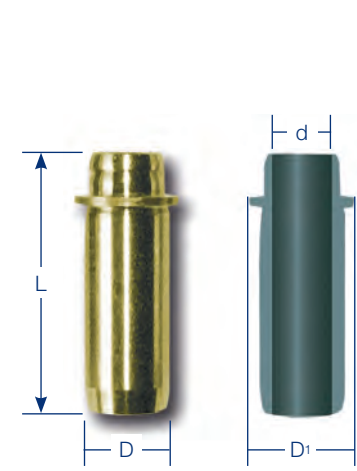
Nowe uszczelki trzonka zaworu powinny być zawsze instalowane z wykorzystaniem pomocy montażowych, aby zapobiec uszkodzeniu krawędzi uszczelniających.

Wartości orientacyjne dla obróbki prowadnic zaworów

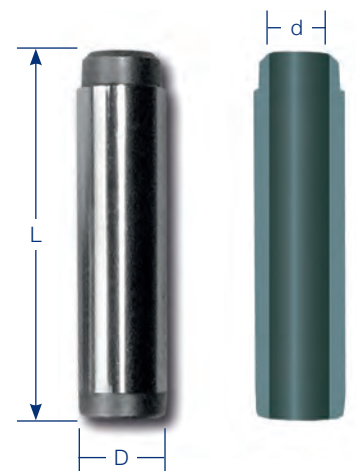
Średnica trzonka zaworu		Zawory wlotowe	Zawory wydechowe
6–7 mm		10–40 µm	25–55 µm
8–9 mm		20–50 µm	35–65 µm
10–12 mm 10–12 mm		40–70 µm	55–85 µm

Wartości orientacyjne dla luzu między trzonkiem zaworu a prowadnicą zaworu.

Prowadnica zaworu z metali kolorowych



Prowadnica zaworu z żeliwa szarego



Miedziana prowadnica zaworu



Pierścienie gniazda zaworu

Pojęcia specjalistyczne

W ogólnej koncepcji układu rozrządu w aluminiowych głowicach cylindrów pierścienie gniazda zaworu pełnią funkcję centralną. Ich głównym zadaniem, wraz z zaworami, jest uszczelnienie komory spalania i odprowadzenie powstałego ciepła do głowicy cylindra. Ponieważ właściwości materiałowe aluminiowej głowicy cylindra i jej stołów nie są wystarczające do zadań związanych z gniazdem zaworu, pierścienie gniazda zaworu odporne na wysokie obciążenia zapobiegają wbijaniu się zaworów w materiał miękkiej głowicy cylindra.

Pierścienie gniazd zaworów są precyzyjnie dostosowane do ich naprężeń i spełniają swoje zadania zarówno poprzez materiał, jak i ich skrawalność.

Materiały

Aby sprostać zwiększonym wymaganiom nowoczesnych silników, MAHLE oferuje również wysoce odporne metale spiekane w połączeniu z różnymi rodzajami żeliwa szarego i odlewu stalowego.

ST = materiał na bazie kobaltu o wysokim udziale chromu i wolframu. Pierścienie gniazd zaworów wykonane z tego wyjątkowo odpornego na zużycie i korozję stopu są najczęściej stosowane w silnikach zasilanych paliwami alternatywnymi, takimi jak CNG, biogaz i gaz wysypiskowy.

GG1 = wysoce skrawalny stop żeliwa szarego o wysokiej zawartości węgla, który charakteryzuje się dużą wytrzymałością na ściskanie i odpornością na zużycie oraz jest stosowany w obszarze wlotu silników z zapłonem iskrowym i turbodiesli.

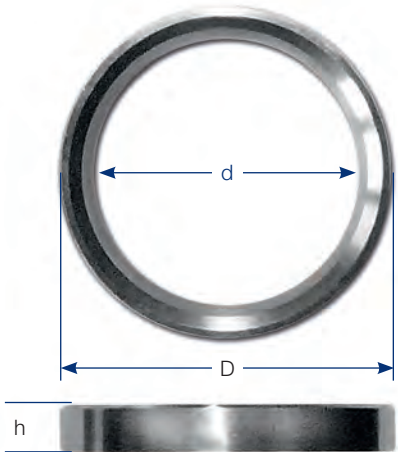
SG1 = odporny na wysokie temperatury odlew stalowy o wysokim udziale chromu (>10%) i molibdenu. Oprócz odporności na ciepło, te pierścienie gniazd zaworów charakteryzują się również dobrą odpornością na pękanie i bardzo dobrą odpornością na korozję. Zastosowanie: znajdują zastosowanie w silnikach wysokoprężnych i silnikach z zapłonem iskrowym.

SG2 = wysokowydajny odlew stalowy o bardzo wysokiej zawartości chromu (>30%), który w połączeniu z molibdenem ma niezwykle wysoką odporność na korozję i ciepło i jest stosowany głównie w silnikach wysokoprężnych i silnikach z zapłonem iskrowym.

SG3 = materiał z wysokostopowego odlewu stalowego o wysokiej zawartości molibdenu i wanadu, który jest stosowany do wysoce odpornych na zużycie pierścieni gniazd zaworów w silnikach wysokoprężnych i silnikach z zapłonem iskrowym, a także w połączeniu z paliwami alternatywnymi, takimi jak CNG i LPG.

SM1 = spiekany materiał o wyjątkowej jakości i wydajności, na pierścienie gniazd zaworów wlotowych i wydechowych o ekstremalnej odporności na zużycie, opracowany do wysokowydajnych silników ssących i silników z turbodoładowaniem – benzynowych, wysokoprężnych i gazowych.

Pierścień gniazda zaworu



Główne wymiary pierścienia gniazda zaworu

- D = średnica zewnętrzna
- d = średnica wewnętrzna
- h = wysokość

Zalecenia montażowe

Pierścienie gniazd zaworów MAHLE są gotowe do montażu, to znaczy, że końcówka obróbka gniazda nie jest konieczna w celu zamontowania.

Aby zamocować pierścień gniazda zaworu w głowicy cylindrów, należy zapewnić prawidłowe przekrycie pomiędzy pierścieniem gniazda zaworu a gniazdem w głowicy cylindrów. Jeśli przekrycie jest zbyt duże, silne odkształcenie aluminium spowodowane wciśnięciem pierścienia gniazda zaworu może prowadzić do odkształcenia plastycznego głowicy cylindrów. W obszarze mostków pomiędzy pierścieniami gniazda zaworu może dojść do pęknięć naprężeniowych.

Tabela przekrywania zaworów zawiera informacje o prawidłowym rozmiarze otworu montażowego w głowicy cylindrów.

Pierścienie gniazda zaworu MAHLE wykonane z metalu spiekane są wciskane w głowicę cylindra z odpowiednim przekryciem po nasmarowaniu otworu montażowego olejem odpornym na ciśnienie (olejem przekładniowym) w temperaturze pokojowej.

Podczas montażu odlewanych pierścieni gniazda zaworu można zastosować następujące metody:

- Pierścień gniazda zaworu jest wciskany w otwór montażowy głowicy cylindrów w temperaturze pokojowej.
- Pierścień gniazda zaworu o temperaturze pomieszczenia jest wciskany w uprzednio rozgrzaną głowicę cylindrów.
- Pierścień jest chłodzony ciekłym azotem, a następnie wkładany do głowicy cylindra o temperaturze pokojowej.
- Głowica cylindra jest ogrzewana, a pierścień gniazda zaworu chłodzony – jest to optymalna metoda montażu praktycznie niewymagająca użycia siły.

Wartości orientacyjne otworu montażowego

Średnica zewnętrzna pierścienia gniazda	Przekrycie w przypadku głowicy cylindrów z żeliwa szarego	Przekrycie w przypadku głowicy cylindrów z aluminium
20–30 mm	0,050–0,090 mm	0,040–0,080 mm
30–40 mm	0,060–0,100 mm	0,050–0,090 mm
40–50 mm	0,070–0,110 mm	0,060–0,100 mm
50–60 mm	0,080–0,120 mm	0,070–0,110 mm
60–70 mm	0,090–0,130 mm	0,080–0,120 mm

5.1 Zatarcia na trzonku zaworu



Rys. 1a Trzonek zaworu z zatarciami w prowadnicy



Rys. 1b Zatarcia i rowki na trzonku zaworu

Stan:

Trzonek zaworu ma ślady zatarcia albo tarcia (rys. 1a oraz b).

Przyczyny:

Tu zasadniczo można rozróżnić dwie przyczyny:

Odchylenia w geometrii:

- Prowadnica zaworu i gniazdo zaworu nie są równoległe. Przyczyną tego może być albo wadliwa obróbka albo zabrudzenia w prowadnicy zaworu lub na gnieździe zaworu.
- Zawór jest krzywy albo wygięty, co może być spowodowane przykładowo przez uderzenie zaworu. Już nawet niemal niewidoczne wygięcie może prowadzić do odchylenia w kołowości zaworu.
- Luźny pierścień gniazda zaworu prowadzi do nierównoległego ustawienia do prowadnicy zaworu.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Ustawienie między prowadnicą zaworu a gniazdem musi być równoległe.
- Przy poprawkach na już używanych zaworach należy uważać na dokładną prostoliniowość trzonka zaworu.
- Pierścienie gniazda zaworu można montować wyłącznie zgodnie z instrukcjami producenta.
- Zasadniczo należy stosować tylko nowe kliny. W większości przypadków stare kliny są zużyte nierównomiernie, przez co zawory nie mogą swobodnie się obracać.
- Prowadnice zaworów (zarówno „pół-obrobione”, jak i „obrobione na gotowo”) muszą każdorazowo zostać obrobione do prawidłowego wymiaru i geometrii przez tarcie po wciśnięciu w głowicę cylindra. Należy się stosować do zaleceń producenta.
- Po wystąpieniu nadmiernej prędkości obrotowej zaleca się sprawdzenie całego układu rozrządu i denka tłoka pod kątem uszkodzeń.

5.2 Deformacje na trzonku zaworu



Rys. 1 Skrzywiony trzonek zaworu



Rys. 2a Złamany talerzyk zaworu



Rys. 2b Pęknięcie na skutek drgań z powierzchni złamania na trzonku zaworu

Stan:

- Trzonek zaworu ma niewielką krzywiznę lub jest wygięty (rys. 1).
- Talerzyk zaworu się złamał (rys. 2a oraz b).

Przyczyny:

Deformacja na trzonku zaworu jest spowodowana przeciążeniem mechanicznym. Może to być spowodowane następującymi przyczynami:

- Nieprawidłowa regulacja zaworu może spowodować uderzenia zaworu w tłok.
- W przypadku nadmiernej prędkości obrotowej silnika, prędkość powrotna sprężyn zaworu nie jest już wystarczająca, a tłok i zawór kolidują ze sobą.
- Czasy sterowania są nieprawidłowo ustawione, to znaczy nie zwrócono uwagi na oznaczenia, w wyniku czego układ rozrządu i ruchy tłoka nie są już odpowiednio zsynchronizowane, co może prowadzić do uderzeń zaworu.
- Pasek zębaty lub łańcuch rozrządu przeskoczył z powodu wadliwego napinacza.
- Z powodu obrotów silnika do tyłu doszło do przeskoczenia łańcucha.
- Doszło do zerwania paska zębatego lub łańcucha.
- Pozycja wycofania zaworu jest nieprawidłowa.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Należy ustawić poprawny luz zaworów.
- Należy unikać eksploatacji silnika z nadmierną prędkością obrotową.
- Należy precyzyjnie ustawić czasy sterowania.
- Pod żadnym pozorem nie obracać silnika do tyłu.
- Przy wymianie paska zębatego albo wymianie łańcuszka należy także wymienić napinacz.
- Po obróbce głowicy cylindra należy sprawdzić pozycję wycofania zaworów.
- W przypadku pojazdów z manualną skrzynią biegów należy zaciągać hamulec ręczny przy parkowaniu.

5.3 Złamanie w rowku zaworu

Stan:

- Zawór złamał się w obszarze talerzyka zaworu lub wykrzywił się (rys. 1 oraz 2). Doszło do deformacji klinów (rys. 3).

Przyczyny:

Ten obraz uszkodzeń spowodowany jest przez przeciążenie mechaniczne. Może to wynikać z dwóch przyczyn:

Zgrubna struktura pęknięcia – błąd montażowy:

- Występuje przełom statyczny, który charakteryzuje się zgrubną strukturą pęknięcia. Wynika to z błędu montażowego i występuje wkrótce po naprawie silnika. Jeśli sprężyna zaworu jest zamontowana krzywo, po ściśnięciu tworzy blok po jednej stronie. Przy tym powstanie duży moment zginający na talerzyku sprężyny zaworu. Ten moment zginający może doprowadzić do pęknięcia albo zerwania zaworu (rys. 4 oraz 5).

Drobna struktura pęknięcia – błąd geometrii:

- Dochodzi do pęknięcia zmęczeniowego, które charakteryzuje się drobną strukturą. Przyczyną pęknięcia zmęczeniowego jest błąd geometrii w układzie rozrządu zaworów. Jeżeli np. talerzyk zaworu nie jest już zamontowany prostopadle do trzonka zaworu z powodu lekkiego nałożenia się zaworu na tłok, do po nałożeniu zaworu na gniazdo następuje lekkie skrzywienie na przejściu z talerzyka zaworu do trzonka zaworu. Przy dłuższej pracy może dojść do zmęczenia materiału i na skutek tego do zerwania zaworu.
- Skośne dźwigienki zaworowe lub użycie zużytych klinów może również wywołać niewielki moment zginający oddziałujący na zawór. Może to prowadzić do zerwania zaworu podczas dłuższej pracy.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Przy montażu należy zapewnić prawidłową pozycję sprężyny zaworu.
- Należy skontrolować układ rozrządu zaworów.
- Zasadniczo należy stosować tylko nowe klipy. W większości przypadków stare klipy są zużyte nierównomiernie, przez co zawory nie mogą się już swobodnie obracać, a na trzonku zaworu powstają naprężenia zginające.



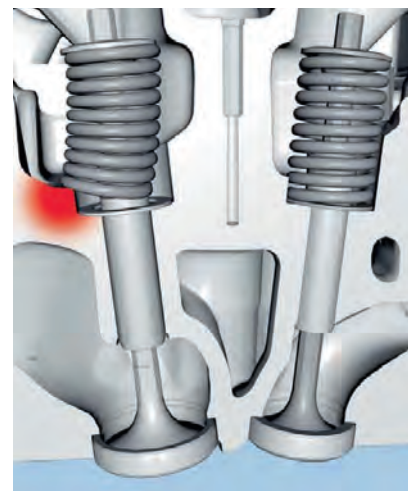
Rys. 1 Mocno zdeformowany zawór



Rys. 2 Złamana w rowku stopa zaworu (przełom statyczny / naprężenie zginające)



Rys. 3 Zdeformowanie klinów na progach ciągowych



Rys. 4 Jednostronnie nachodząca na blok, ukośnie założona sprężyna



Rys. 5 Ślady na głowicy cylindrów, spowodowane przez ukośnie nałożoną sprężynę

5.4 Pęknięcie w obszarze talerzyka zaworu



Rys. 1 Talerzyk zaworu odłamał się i wbił w tłok



Rys. 2 Uderzenia zaworu w denko tłoka

Stan:

- Zawór jest odłamany lub wygięty w obszarze talerzyka (rys. 1).

Przyczyny:

Ten wzór uszkodzenia jest spowodowany mechanicznym przeciążeniem zaworu. Można wyróżnić trzy różne rodzaje przeciążeń:

Zgrubna struktura pęknięcia – przełom statyczny:

- Powstaje ono przez krótkie, szybkie i bardzo wysokie szczytowe siły jak uderzenia zaworu o tłok (patrz także rozdział „2.1.5 Uderzenia zaworu na denko tłoka i uderzenia tłoka na głowicę cylindrów”, strona 34). Jest to powodowane przez źle ustawione czasy sterowania, zbyt późne wycofywanie się zaworu albo pracę silnika ze zbyt wysokimi obrotami.

Drobna struktura pęknięcia – pęknięcie zmęczeniowe:

- Przez lekką deformację zaworu w obszarze przejścia od talerzyka zaworu do trzonka zaworu, zawór wygina się przy każdym ruchu zamykania. Prowadzi to do zmęczenia materiału i tym samym do zerwania talerzyka zaworu.

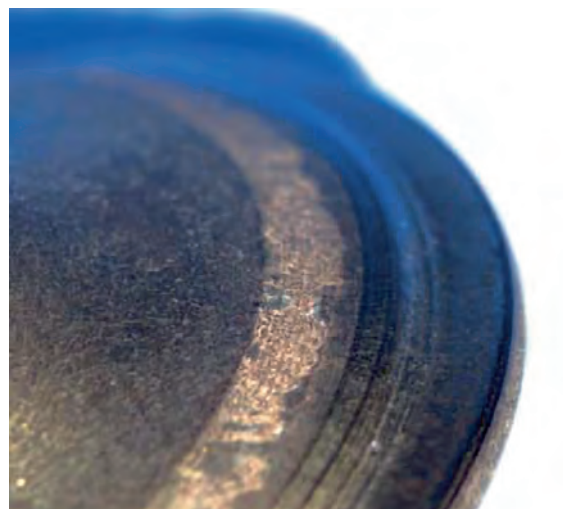
Przeciążenie termiczne:

- Szczególnie w przypadku stali wysokostopowych, przeciążenie termiczne może prowadzić do uszkodzenia materiału w siatce metalowej (korozja wysokotemperaturowa). Te bardzo drobne uszkodzenia w kształcie klina nie są widoczne z zewnątrz.

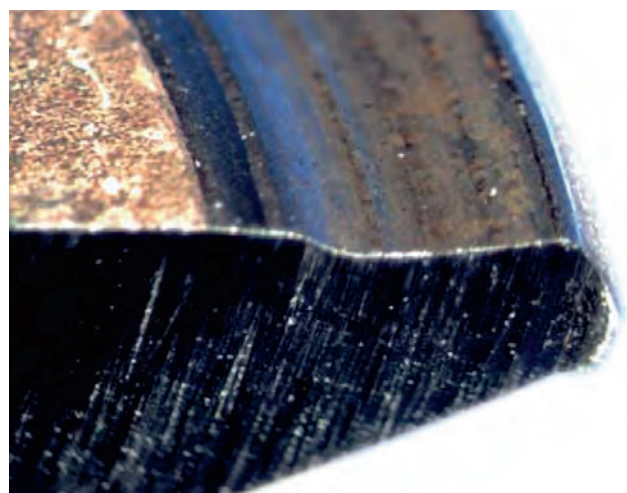
Środki zaradcze i zapobieganie:

- Czasy sterujące muszą być dokładnie ustawione podczas montażu.
- Przy naprawie głowicy cylindrowej należy dokładnie sprawdzić pozycje wycofania zaworów.
- Należy unikać zbyt wysokich obrotów podczas pracy.
- W przypadku ponownego stosowania zaworów, należy je bezwzględnie sprawdzić pod kątem dokładności wymiarowej.
- Gniazdo zaworu musi być starannie obrobione, aby prowadnica zaworu i gniazdo zaworu były wyrównane.
- Warsztat podejmuje decyzję o tym, czy warto obrobić stare zawory, czy lepiej zamontować nowe zawory.
- W przypadku zaworów wykonanych ze stali wysokostopowych zaleca się, aby zawsze instalować nowe zawory, ponieważ uszkodzenia materiału spowodowane korozją wysokotemperaturową można wykryć dopiero po pęknięciu zaworu.

5.5 Zużycie gniazda zaworu



Rys. 1 Znaczące zużycie powierzchni uszczelniającej



Rys. 2 Szczegółowy widok powierzchni uszczelniającej



Rys. 3 Skrajnie zużyta powierzchnia uszczelniająca (pancerz stelitowy)

Stan:

- Powierzchnia uszczelniająca na talerzyku zaworu jest mocno zużyta (rys. 1–3).
- Kliny są zdeformowane.

Przyczyny:

Z powodu zbyt dużego obciążenia elementu dochodzi do zużycia gniazda zaworu. Obciążenie to może być spowodowane przez następujące czynniki:

- Prowadnica zaworu i gniazdo zaworu mają odchylenie geometryczne, tj. nie są wyrównane.
- Zbyt wysoki poziom temperatury, np. ze względu na:
 - nieprawidłowe ustawienie mieszanki,
 - nieprawidłowości w procesie spalania,
 - zbyt mały luz zaworów,
 - spalanie stukowe lub tuning.
- Gniazdo zaworu poddawane jest nadmiernym obciążeniom mechanicznym, np. wzmocnionym sprężynom zaworowym lub ostrym wałkom rozrządu.
- Przez przebrojenie silnika na pracę z gazem i przez brak chłodzenia spowodowany wyparowaniem albo brak smarowania ze strony paliwa zawory mocniej się nagrzewają i są narażone na wyższe obciążenia.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Prowadnica zaworu i gniazdo zaworu muszą być wyrównane.
- Luz zaworów należy wyregulować zgodnie z wytycznymi.
- Dopuszczalne jest tylko stosowanie części określonych przez producenta (sprężyny, wałki rozrządu, itp.).
- Zawory i pierścienie gniazd zaworów muszą być odpowiednie do pracy z gazem.

5.6 Deformacja talerzyka zaworu



Rys. 1 Zdeformowany talerzyk zaworu (kształt tulipana)



Rys. 2 Dla porównania: talerzyk zaworu bez odkształceń



Rys. 3 Liniowe ślady kontaktu na zdeformowanym talerzyku zaworu

Stan:

- Talerzyk zaworu jest zdeformowany lub uszkodzony (rys. 1).
- Ze względu na odkształcenie talerzyka występuje tylko liniowy kontakt z powierzchnią uszczelniającą (rys. 3).

Przyczyny:

Talerzyk zaworu odkształca się z powodu przeciążenia termicznego lub mechanicznego. Te przeciążenia mogą mieć następujące przyczyny:

Przeciążenie termiczne:

- Luz zaworów jest zbyt mały.
- Wystąpiły nieprawidłowości w procesie spalania.
- Przeprowadzono tuning.

Przeciążenie mechaniczne:

- Między zaworem a gniazdem zaworu znajduje się ciało obce.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Należy ustawić poprawny luz zaworów.
- Należy sprawdzić układ wtryskowy.
- Podczas montażu silnika należy usunąć wszelkie pozostałe małe części w komorze spalania lub w układzie ssania.

5.7 Przepalony talerzyk zaworu



Rys. 1 Przepalony zawór



Rys. 2 Pęknięcia i topnienie na różnych etapach

Stan:

- Na talerzyku doszło do stopienia elementu w kształcie klina (rys. 1).
- Pęknięcia lub stopienie na talerzyku zaworu (rys. 2).

Przyczyny:

Nieszczelny zawór:

Ze względu na wadliwie obrobione gniazdo zaworu, nieprawidłowo wyregulowany luz zaworu, małe pęknięcie w talerzyku zaworu lub inne błędy geometrii, zawór nie jest już dokładnie uszczelniony. Również brak luzu między prowadnicą zaworu a trzonkiem zaworu może również utrudniać obrót zaworu. Po mechanicznym uszkodzeniu turbosprężarki została ona wymieniona, ale ani układ powietrza doładowującego nie został wyczyszczony, ani chłodnica powietrza doładowującego nie została wymieniona. Ciała obce pochodzące z wcześniejszych uszkodzeń przedostają się do komór spalania i częściowo osadzają się na talerzykach. Ze względu na zbyt krótki lub już nieistniejący kontakt między talerzykiem zaworu a pierścieniem gniazda zaworu w głowicy cylindrów, zawór nie może już oddawać ciepła, a na talerzyku zaworu gromadzi się ciepło, które prowadzi do pęknięć podczas dłuższej pracy, a następnie do stopienia talerzyka zaworu.

Obrót zaworu jest ograniczony:

Zawory 3-rowskowe obracają się. Jeśli stare kliny zostaną ponownie użyte podczas montażu, istnieje ryzyko, że zawory nie będą mogły się obracać. W efekcie może dojść do narastania ciepła, co prowadzi do przepalenia się zaworu podczas dłuższej pracy.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Podczas następczej obróbki gniazda zaworu należy upewnić się, że prowadnica zaworu i gniazdo są ustawione względem siebie pod kątem prostym.
- Zasadniczo należy stosować tylko nowe kliny. W większości przypadków stare kliny są zużyte nierównomiernie, przez co zawory nie mogą swobodnie się obracać.
- Zasadniczo prowadnicę zaworu należy obrobić rozwiertakiem do określonego wymiaru.
- Po mechanicznym uszkodzeniu turbosprężarki należy dokładnie oczyścić układ powietrza doładowującego (w tym obudowę filtra powietrza) i wymienić chłodnicę powietrza doładowującego.



Odporne na obciążenia –
do każdego typu silnika

6. Łożyska ślizgowe

Zalecenia montażowe

Podczas demontażu silnika należy oznaczyć przynależne części. Przykładem jest łącznik korbowodu i pokrywa łożyska korbowego. Należy starannie wyczyścić zdemontowane części.

Przed montażem łożysk ślizgowych należy zmierzyć wymiary i geometrię otworów montażowych i czopów korbowych.

Przy montażu należy dobrze naoliwić łożyska. W przypadku niektórych połówek łożysk należy zwracać uwagę na kierunek montażu. Grzbiety tych łożysk ślizgowych są oznaczone jako „upper” (górne) lub „lower” (dolne).

Większość śrub i wkrętów korbowodów do pokryw łożysk głównych to śruby sprężynujące, których można użyć tylko raz. Należy je wymienić.

Podczas montażu należy sprawdzić, czy wał korbowy obraca się łatwo i płynnie.

Co do zasady należy przestrzegać obowiązujących przepisów i danych odpowiedniego producenta silnika.



Oprócz wszystkich klasycznych technologii, firma MAHLE dostarcza również różne łożyska pokryte polimerem i tarcze oporowe pokryte polimerem.

Typy łożysk

Panewki łożysk

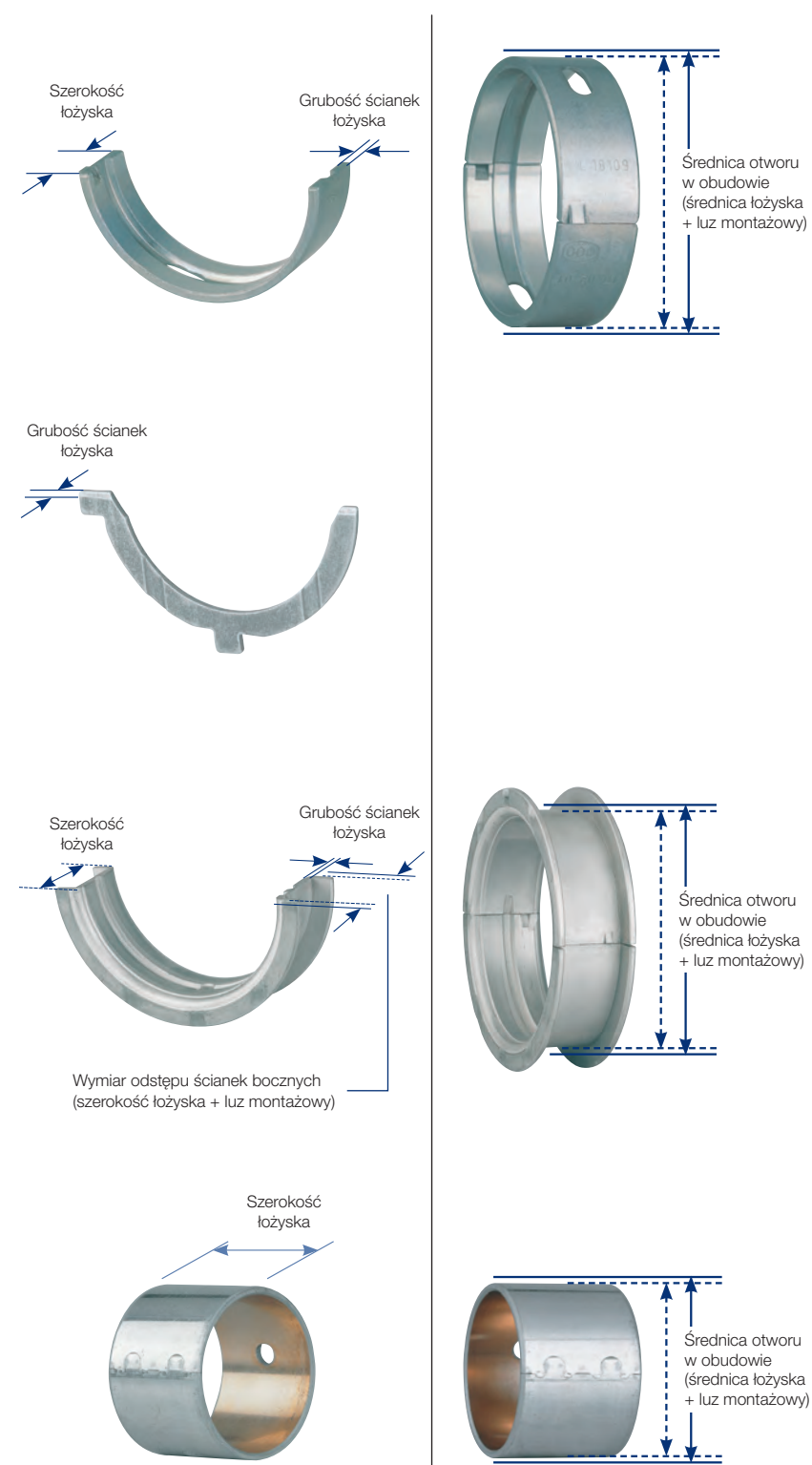
- HL** Łożyska główne
- PL** Łożyska korbowe

- AL** Tarcze oporowe

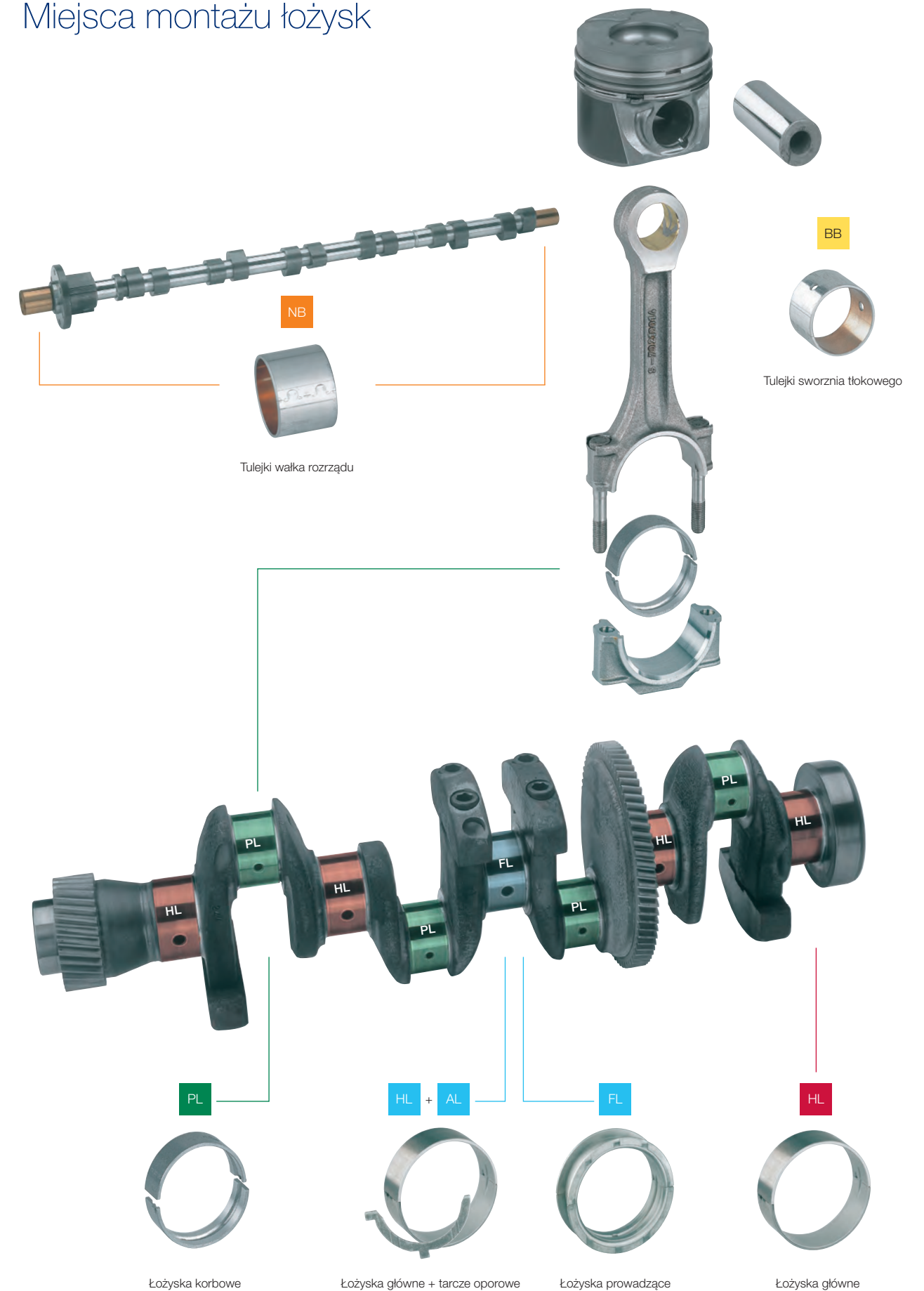
- FL** Łożyska prowadzące

Tuleje łożyskowe

- BB** Tulejki sworznia tłokowego
- KB** Tulejki dźwigienki zaworowej
- LB** Tulejki łożyskowe
- NB** Tulejki wałka rozrządu



Miejsca montażu łożysk



Rodzaje konstrukcji i materiały

Rodzaje konstrukcji

Łożyska lite są wykonane w całości z metalu łożyskowego. Często stosuje się specjalne stopy brązu. Większość łożysk litych to tuleje.

Łożyska dwuskładnikowe składają się ze stalowej miseczki oporowej, warstwy pośredniej i jednej warstwy metalu łożyska. Jako metal łożyska głównie wykorzystywane są stopy aluminiowe. Łożyska dwuskładnikowe są stosowane w silnikach z zapłonem iskrowym oraz wolnossących silnikach wysokoprężnych o niskim i średnim obciążeniu w obszarze samochodów osobowych.

Łożyska trójskładnikowe składają się ze stalowej miseczki oporowej, powłoki łożyska, warstwy zaporowej i warstwy poślizgowej. W silnikach o większych obciążeniach są stosowane głównie łożyska trójskładnikowe.

Łożysko sputteringowe to także łożysko trójskładnikowe. Ze względu na specjalny proces produkcji (rozpylanie) łożyska te mają znacznie większą twardość i odporność na zużycie. Dlatego łożyska te są szczególnie odpowiednie dla wysoko doładowanych silników z chłodzeniem powietrzem doładowującym. Poza silnikami do pojazdów użytkowych łożyska sputteringowe wykorzystywane są także coraz częściej w silnikach wysokoprężnych samochodów osobowych.

W większości przypadków wszystkie konstrukcje łożysk są dodatkowo zabezpieczone przed korozją za pomocą galwanicznie nakładanej warstwy cyny.

Łożyska lite



Łożyska dwuskładnikowe



Łożyska trójskładnikowe



Materiały

W zależności od zastosowania, łożyska ślizgowe MAHLE składają się ze stalowej miseczki oporowej o wysokiej wytrzymałości pokrytej kilkoma różnymi metalami łożyskowymi. Materiały łożyskowe są dobrane tak, aby pozytywne właściwości różnych materiałów wzajemnie się uzupełniały i były optymalne dla danego zastosowania.

Rozwój materiałów odgrywa kluczową rolę w spełnianiu obecnych i przyszłych wymagań dotyczących łożysk ślizgowych. Za sprawą wieloletniego doświadczenia i działań rozwojowych MAHLE oferuje szeroką gamę wysokiej jakości stopów łożyskowych, w tym z aluminium i brązem.

Metale w %								
Materiał	Cu	Al	Si	Pb	Sn	Sb	Inne	Warstwa poślizgowa
M1	3				89	8		
M5	80			10	10			
M7	73			23	4			
M10	88			1	10		1	
M11	0,5			74	10	15	0,5	
M23			1	82	1	15	1	
M30	70			30				
M31	70			30				P 77
M83	1	91	1	1			6	P 77
M100	80			10	10			
M114	78			20	2			P 77, P 80, P 94
M157	1	79			20			
M172	2	81			17			
M183	2	91	2				5	P 77, P 80
M215	2	83	4		11			
M218	2	83	4		11			
M221	85			2	11,5		1,5	
M222	83			7	7		3	

Rodzaje konstrukcji i materiały

Metale w %								
Materiał	Cu	Al	Si	Pb	Sn	Sb	Inne	Warstwa poślizgowa
M250	73			23	4			
M330	78			20	2			Rozpylanie AlSn
M331	75			23	2			Rozpylanie AlSn 40Cu
M770	74			25	1			
M780	78			20	2			P 77
M790	72			23	3,5		1,5	
M800	74			20	2		4	P 77
M810	0,8	87	3		9		0,2	
M817	1	80,3		1,7	17			
M900	75			23	2			Q1
M901	75			23	2			P 77, P 78, P 80
M902				83	6	10	1	
M916	1	78,7			20		0,3	
M920	1	90	2		6		1	

Zalecenia montażowe

1.

Podczas demontażu silnika należy oznaczyć przynależne części.
2.

Podczas demontażu wału korbowego nie można uszkodzić żadnych części. Zdemontowane części należy starannie wyczyścić. Najczęstszą przyczyną uszkodzenia łożyska jest zanieczyszczenie. Dlatego wszystkie części obiegu oleju, w szczególności kanały olejowe bloku silnika i wału korbowego, muszą być dokładnie wyczyszczone.
3.

Należy kontrolować części. Otwory podstawowe i czopy korbowe (powierzchnia, promień i otwory wylotowe oleju) należy sprawdzić pod kątem ich wymiarów, a także okrągłości, twardości, chropowatości i walcowatości. Należy zwrócić przy tym uwagę na uszkodzenia.

Skontrolować łączniki korbowodu pod kątem wygięć i skręceń.

Co do zasady należy przestrzegać odpowiednich przepisów i danych producenta silnika.
4.

Kształt otworu w obudowie ma duży wpływ na trwałość eksploatacyjną łożysk ślizgowych. Z tego powodu obróbka otworu w obudowie może odbywać się dopiero po dokręceniu śrub – zgodnie z instrukcją dokręcania producenta silnika.

Przed ostatecznym montażem – w razie potrzeby przeprowadzić montaż kontrolny – należy oczyścić otwory podstawowe i usunąć zabezpieczenie nowych łożysk ślizgowych. Aby zapobiec uszkodzeniom podczas rozruchu na sucho, podczas montażu łożysk ślizgowych należy nasmarować powierzchnie robocze czystym olejem silnikowym.

Zwrócić uwagę na prawidłowy montaż par łożysk wykonanych z różnych materiałów. Na tylnych powierzchniach tych łożysk ślizgowych można znaleźć oznaczenia „upper” (góra) i „lower” (dół). Połówka oznaczona jako „upper” ma być zamontowana u góry obudowy, a połówka oznaczona jako „lower” ma być zamontowana u dołu pokrywy.

Po prawidłowym ustawieniu łożysk ślizgowych śruby pokrywy należy dokręcić zgodnie z instrukcją. Następnie średnice otworów łożyska należy zmierzyć dokładnie w trzech płaszczyznach pomiarowych, z których jedna musi znajdować się w kierunku obciążenia.

5.

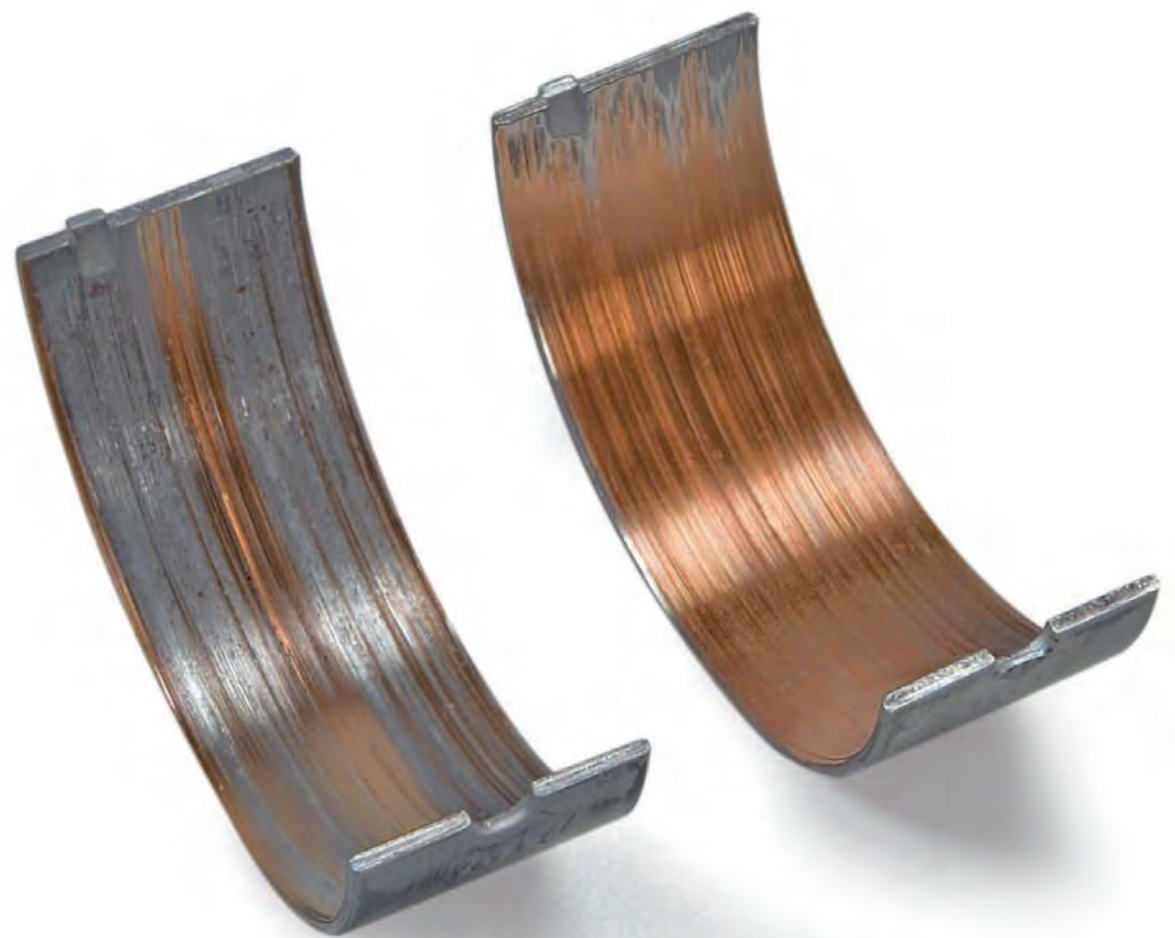
Przed montażem łożyska prowadzącego należy sprawdzić różnicę wymiarową między szerokością ścianki bocznej wału korbowego a całkowitą szerokością łożyska prowadzącego.

Podczas montażu należy sprawdzić, czy wał korbowy obraca się łatwo i płynnie. Należy przy tym skontrolować przemieszczenie osiowe wału korbowego.

Podczas sprawdzania luzu osiowego korbowodu należy zwrócić uwagę na łatwość przemieszczania korbowodu.

Co do zasady należy przestrzegać obowiązujących przepisów i danych odpowiedniego producenta silnika.

6.1 Rowki i ciała obce na powierzchni bieżnej łożysk ślizgowych



Rys. 1 Mocne rysy po obwodzie

Stan:

W powierzchni bieżnej łożysk ślizgowych znajdują się rowki powstałe po obwodzie oraz osadzone ciała obce w materiale łożyska ślizgowego (rys. 1).

Przyczyny:

Przyczyną tego uszkodzenia są ciała obce znajdujące się w oleju. Mogły one dostać się do obiegu oleju z następujących przyczyn:

- Podczas pracy przy pojeździe do silnika dostały się ciała obce.
- Poprzez układ ssania albo odpowietrznik skrzyni korbowej przedostały się zanieczyszczenia.
- Na innych elementach silnika wystąpiło starcie materiału lub powstanie wiórów.
- Nieprawidłowe serwisowanie pojazdu z powodu zastosowania filtrów lub oleju o niższej jakości lub z powodu wydłużenia okresu między przeglądami.
- W przypadku częstej jazdy na krótkie odległości cykl regeneracji filtra cząstek stałych (DPF) jest często przerywany. Powoduje to gromadzenie się niespalonego paliwa w oleju silnikowym. Paliwo rozcieńcza olej i zmniejsza nośność oraz właściwości smarowania.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Podczas naprawy lub montażu silnika należy bezwzględnie zapewnić czystość.
- Wolno stosować wyłącznie filtry wysokiej jakości.
- Należy wyczyścić lub wymienić separatory mgły olejowej.
- Należy regularnie, zgodnie z wytycznymi producenta wykonywać serwis pojazdu.
- Szczególnie w przypadku pojazdów z silnikiem wysokoprężnym należy regularnie przejeżdżać dłuższe dystanse, aby proces regeneracji filtra DPF był przeprowadzany prawidłowo i w całości.

6.2 Miejscowe ślady zużycia powierzchni bieżnej łożysk ślizgowych



Rys. 1 Ślady zużycia na środku łożyska ślizgowego



Rys. 2 Odcisk ciała obcego po zewnętrznej stronie łożyska ślizgowego

Stan:

- Na powierzchni bieżnej łożyska ślizgowego znajdują się miejscowe ślady zużycia (rys. 1).
- Ponadto również po zewnętrznej stronie łożyska ślizgowego mogą wystąpić odciski (rys. 2).

Przyczyny:

- Pomiędzy łożyskiem ślizgowym a gniazdem łożyska ślizgowego znajdują się ciała obce lub zanieczyszczenia.
- Nieprawidłowo przeprowadzono obróbkę lub otwory oleju na wale korbowym zostały niewłaściwie poddane gratowaniu.

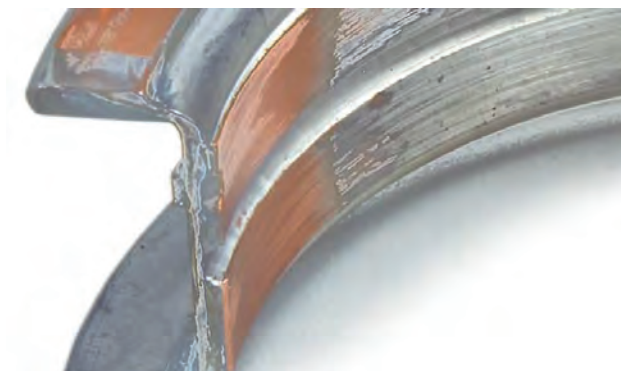
Środki zaradcze i zapobieganie:

- Podczas montażu łożyska ślizgowego należy bezwzględnie zapewnić czystość. Przed montażem łożyska ślizgowego należy wyczyścić skórzaną szmatką.
- Po szlifowaniu czopów wału korbowego należy wykonać staranne gratowanie otworów oleju.

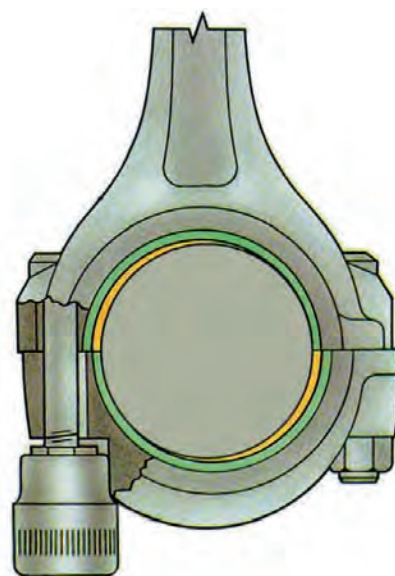
6.3 Istotne ślady zużycia w obszarze fugi rozdzielającej w łożyskach ślizgowych



Rys. 1a Zużycie powierzchni bieżnej w pobliżu fugi rozdzielającej łożyska ślizgowego



Rys. 1b Zbliżenie



Rys. 2 Przesunięta pokrywa łożyska ślizgowego

Stan:

W obszarze fugi rozdzielającej łożyska ślizgowego występują silne ślady zużycia (rys. 1a oraz b).

Przyczyny:

Powodem tego zużycia są następujące błędy montażowe:

- Pokrywa łożyska ślizgowego jest przesunięta (rys. 2). Może się tak zdarzyć na przykład, jeśli podczas dokręcania zostanie użyte nieodpowiednie narzędzie z nakrętkami, które są zbyt duże. Możliwe, że użyto również nieprawidłowo dopasowanych tulei/sworzni, śruby łożyska zostały dokręcone nieprawidłowym momentem dokręcania lub śruby zostały nadmiernie rozciągnięte.
- Pokrywa łożyska ślizgowego została odwrócona lub skręcona, prawdopodobnie nie zwrócono również uwagi na przyporządkowanie pokrywy i cylindra.
- Podczas następnej obróbki pokryw łożysk ślizgowych wykonano otwory o zbyt małych średnicach.
- Zamontowano używany łącznik korbowodu z owalnym uchem bez przeprowadzenia wymaganej obróbki następnej na dużym uchu korbowodu.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Śruby można dokręcać tylko odpowiednim narzędziem. Nakrętka o zbyt dużej średnicy zewnętrznej odpycha pokrywę łożyska na bok. W rezultacie otwór montażowy łożyska staje się nieokrągły.
- Należy przestrzegać momentów dokręcania śrub łożysk.
- Śruby sprężynujące należy wymieniać zgodnie z instrukcjami producenta.
- Należy zwrócić uwagę na przyporządkowanie pokryw łożysk do cylindrów.
- Oś łożyska ślizgowego należy sprawdzić i ewentualnie poprawić.

6.4 Wybłyszczczenia, zarysowania albo korozja na zewnętrznych powierzchniach łożysk ślizgowych



Rys. 1 Wypolerowane miejsca po stronie zewnętrznej łożysk ślizgowych

Stan:

- Po zewnętrznej stronie łożyska ślizgowego występują wybłyszczczenia lub ślady pracy po obwodzie bądź wżery korozyjne (rys. 1).

Przyczyny:

- W fudze rozdzielającej gniazda łożyska ślizgowego uwięzione są zanieczyszczenia, przez co panewki łożyska mają zbyt duży luz.
- Śruby pokryw łożysk nie są wystarczająco dokręcone.

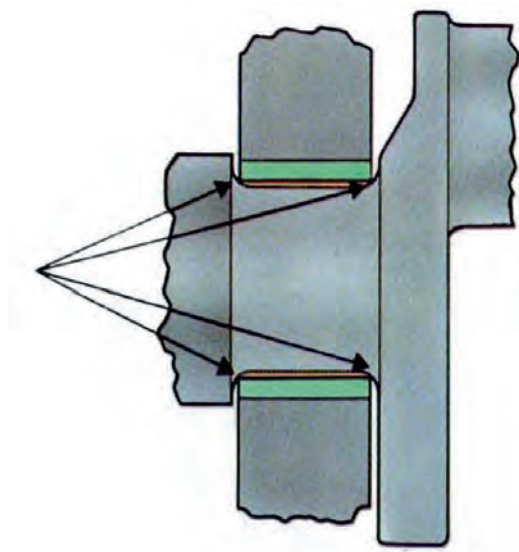
Środki zaradcze i zapobieganie:

- Podczas montażu łożysk ślizgowych należy zapewnić czystość. Przed montażem łożyska ślizgowe i fugę rozdzielającą gniazda łożyska ślizgowego należy oczyścić skórzaną szmatką.
- Śruby pokryw łożysk należy skontrolować zgodnie z instrukcjami producenta i w razie potrzeby wymienić.
- Śruby pokryw łożysk należy dokręcić zgodnie z instrukcjami producenta (moment dokręcania, kąt obrotu).
- W przypadku pękniętych korbowodów i pękniętej osłony łożyska głównego, pęknięte powierzchnie muszą zostać wyczyszczone przed montażem. Jeśli w strukturze pęknięcia znajdują się ciała obce lub olej, prawidłowe dokręcenie pokrywy łożyska jest niemożliwe.

6.5 Zużycie lub uszkodzenie zewnętrznych krawędzi łożyska ślizgowego



Rys. 1 Zużyte krawędzie zewnętrzne łożyska ślizgowego



Rys. 2 Nadmierny promień na czopach korbowych

Stan:

Zewnętrzne krawędzie łożysk ślizgowych są mocno zużyte (rys. 1).

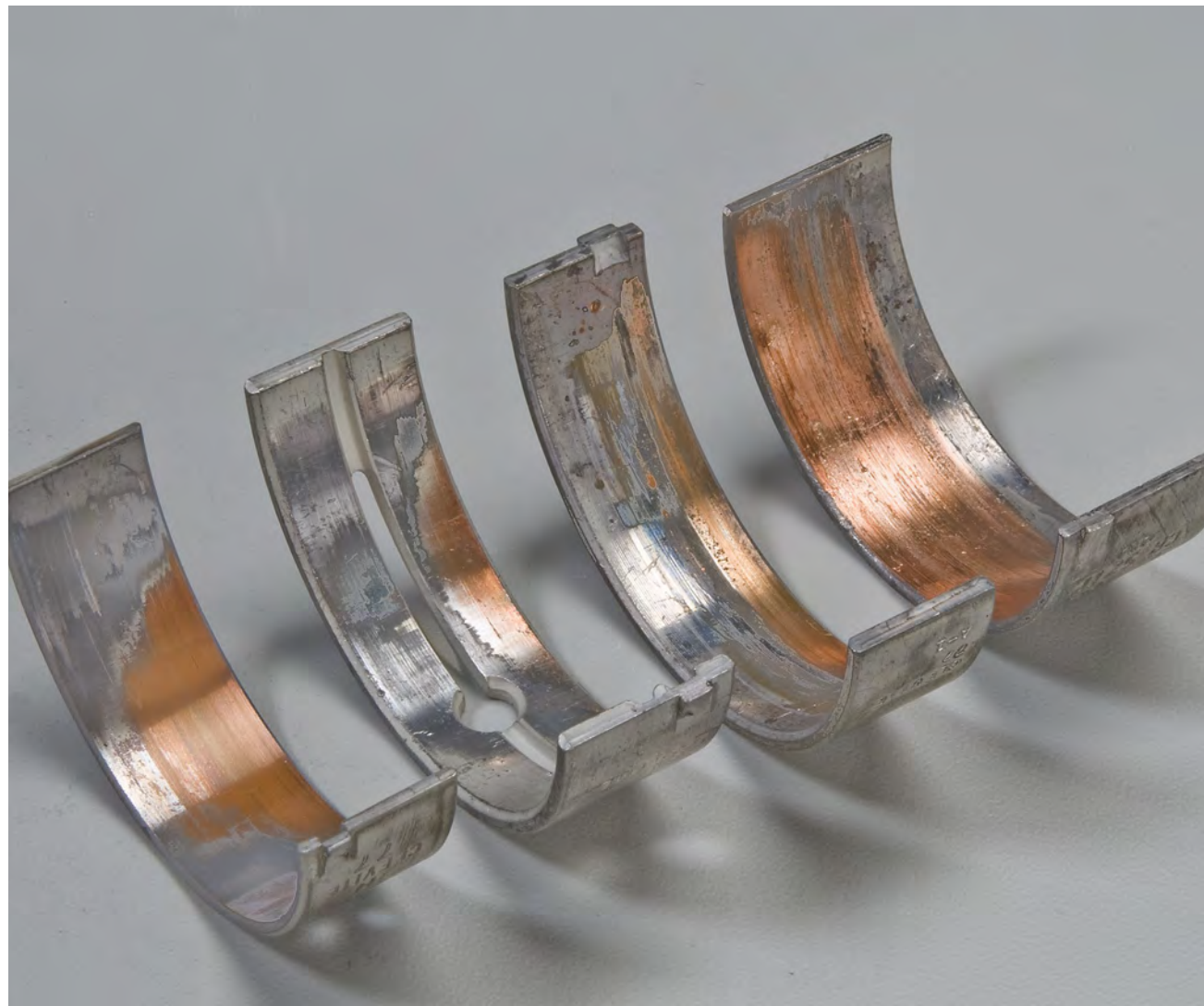
Przyczyny:

Ten wzór uszkodzenia jest spowodowany błędem obróbki wału korbowego. Czopy na wale korbowym mają zbyt duży promień w narożnikach. Na tym promieniu zużywają się zewnętrzne krawędzie panewek (rys. 2).

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Czopy łożyskowe muszą zostać obróbite na podany przez producenta wymiar.
- Przy montowaniu należy zwrócić uwagę na dopasowanie osadzenia czopów.
- W celu prawidłowego oszlifowania czopów, tarczę ścierną szlifierki do wałów korbowych należy szlifować w regularnych odstępach czasu za pomocą ostrza diamentowego.

6.6 Duże zużycie wszystkich panewek łożysk głównych



Rys. 1 Mocne rys. po obwodzie

Stan:

Wszystkie łożyska główne wykazują wyraźne oznaki zużycia (rys. 1).

Przyczyny:

Przyczyną tego obrazu szkód jest błąd geometrii, który pochodzi albo od przedsionka łożyska głównego albo od wygiętego wału korbowego. W wyniku tych odchyłeń geometrii do łożysk ślizgowych wprowadzana jest siła, która nie jest do tego przystosowana. Efektem jest zwiększone zużycie wszystkich panewek łożysk głównych. Odchylenia geometrii mogą wynikać z następujących przyczyn:

Błąd geometrii w przedsionku łożyska głównego:

- Poprzez zbyt wysoki poziom temperatury w silniku, np. zbyt mało chłodziwa, może dochodzić do trwałych skrzywień w skrzyni korbowej i przez to do wykrzywień w przedsionku łożysk głównych (patrz także rozdział „2.2.1 „Zatarcie tłoka po stronie ciśnienia i przeciwcisnienia”, strona 38).
- Zniekształcenie może również wystąpić z powodu nieprawidłowego momentu dokręcenia śrub głowicy cylindra lub śrub łożyska.

Wygięty wał korbowy:

- Przed ponownym montażem wał korbowy został źle wypożyczonowany.
- Wystąpiło przeciążenie mechaniczne, np. wcześniejsze zatarcie się tłoka.
- Potrzebny dla wału korbowego moment obrotowy był zbyt duży.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Należy uważać na dostateczne chłodzenie silnika (chłodziwo, olej, dysze chłodzenia olejem, termostat, wentylator).
- Śruby należy kontrolować/wymieniać zgodnie z instrukcjami producenta.
- Wszystkie śruby muszą być dokręcone zgodnie z wytycznymi producenta. Należy również przestrzegać zalecanej kolejności.
- Wał korbowy musi być dokładnie wyrównany lub wymieniony przed montażem.

6.7 Nierównomierny ślad przylegania w łożyskach ślizgowych



Rys. 1 Nierównomierne zużycie panewek łożyska, warstwa bieżna częściowo starta

Rys. 2 Nierównomierne zużycie panewek łożysk



Rys. 3 Wygięty łącznik korbowodu



Rys. 4 Deformacje czopów korbowych

Stan:

Na jednym lub wielu łożyskach ślizgowych widoczne są nierównomierne ślady przylegania – albo tylko na brzegu, albo tylko na środku panewki (rys. 1 oraz 2).

Przyczyny:

Uszkodzenie to jest spowodowane odchyleniami geometrycznymi łącznika korbowodu lub czopów korbowych. Odchylenia te skutkują dużymi naciskami na powierzchnię, zarówno w środku łożyska ślizgowego, jak i na zewnętrznych krawędziach, co prowadzi do nierównomiernego śladu przylegania na panewkach łożyska. Oto potencjalne przyczyny:

- Korbowód został wygięty przez uderzenie cieczy (rys. 3; patrz również rozdział „1.3 Uderzenie cieczy”, strona 10).
- Przed montażem łącznik korbowodu nie został poprawnie wyzycjonowany.
- Czopy łożysk ślizgowych nie zostały poddane prawidłowej obróbce dopasowującej, to znaczy powierzchnia jest albo baryłkowa, stożkowa albo wklęsła (rys. 4).

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Przed montażem należy zawsze skontrolować łączniki korbowodu na odchylenie kątowe i w razie potrzeby odpowiednio je ustawić.
- Czopy łożyska ślizgowego muszą być szlifowane cylindrycznie.

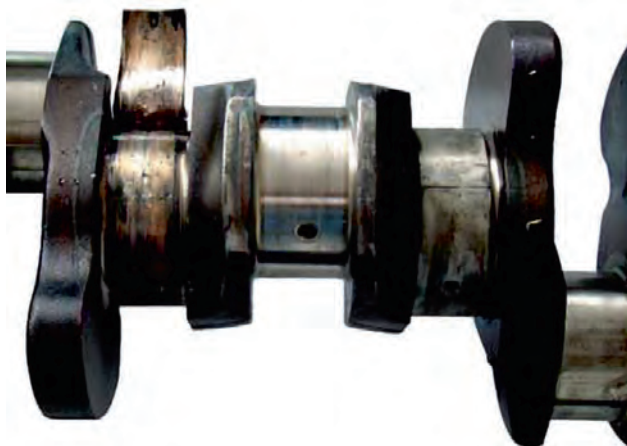
6.8 Zatarcia na łożyskach ślizgowych



Rys. 1 Błyszczące miejsca na powierzchniach bieżnych panewek



Rys. 2 Mocno zużyte i zdeformowane łożysko ślizgowe



Rys. 3 Łożyska ślizgowe zespawane z wałem korbowym



Rys. 4 Odwrotnie zamontowane łożysko ślizgowe po stronie zewnętrznej: odcisnięte otwory zasilania olejem

Stan:

W przypadku tego typu uszkodzenia łożyska ślizgowego wyróżnia się różne stopnie:

- Pierwsze oznaki to bardzo błyszczące miejsca na łożysku ślizgowym (rys. 1).
- Przy zatrzymanej pracy i przy ubogim smarowaniu łożyska ślizgowe stają się niebieskawe i zaczerniają się (rys. 2).
- W przypadkach ekstremalnych dochodzi do stopienia warstwy ślizgowej (rys. 3), jak również do zespawania się łożyska ślizgowego z czopem łożyskowym.

Przyczyny:

Opisane tutaj uszkodzenie łożysk ślizgowych jest spowodowane niewystarczającym smarowaniem. W przypadku takiego obrazu uszkodzeń ważne jest, aby rozróżnić, czy uszkodzone jest tylko jedno łożysko ślizgowe, czy wszystkie.

Uszkodzone łożysko ślizgowe:

- Jedna połowa łożyska jest ma otwory olejowe, druga połowa nie. Kiedy obydwie panewki zostaną odwrotnie zamontowane, wówczas otwór olejowy (rys. 4) mocowania łożyska ślizgowego będzie zamknięty, i olej nie będzie mógł przedostawać się do łożyska ślizgowego.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Łożyska ślizgowe muszą być zamontowane zgodnie z wytycznymi. Należy przy tym zwrócić uwagę na wyrównanie otworów oleju łożyska ślizgowego i otworów olejowych w silniku.
- Olej i filtry należy regularnie wymieniać zgodnie z instrukcjami producenta – zwłaszcza przy stosowaniu biopaliw, ponieważ odstępy czasowe są tutaj znacznie skrócone.
- Konieczne jest skontrolowanie poziomu oleju. W razie potrzeby należy także uzupełnić olej.
- Jeśli łożysko główne jest włożone w niewłaściwy sposób, najpierw występuje brak smarowania w łożysku korbowym, które powinno być zasilane olejem z tego łożyska.
- Zatkane otwory oleju doprowadzają do niedostatecznego smarowania. Szczególnie w przypadku korzystania z biopaliw istnieje ryzyko, że olej się zbryli, a tym samym otwory oleju zostaną zatkane.
- W punkcie łożyska śruby nie były prawidłowo dokręcone (zbyt słabe dokręcenie). Wynikające z tego zwiększenie luzu prowadzi do przeciążenia filmu olejowego.

Wszystkie łożyska ślizgowe są uszkodzone:

- Jeśli wszystkie łożyska ślizgowe są zatarłe, oznacza to ogólny niedobór oleju (patrz również rozdział „1.4 Zwiększone zużycie oleju”, strona 12). Ponadto istnieje więcej możliwości, np. – uszkodzona bądź nieszczelna pompa olejowa albo uszkodzony zawór regulacji ciśnienia,
 - wyciek w układzie instalacji olejowej,
 - zbyt niski poziom oleju,
 - zbyt duże nachylenie pojazdu lub
 - rozcieńczenie oleju paliwem lub chłodziwem.

6.9 Wylamania materiału w łożyskach ślizgowych



Rys. 1 Wylamania materiału wywołane mechanicznym obciążeniem albo niską zdolnością nośną filmu olejowego

Stan:

Na powierzchni gładzi łożyska ślizgowego widoczne są równoległe wylamania materiału (rys. 1).

Przyczyny:

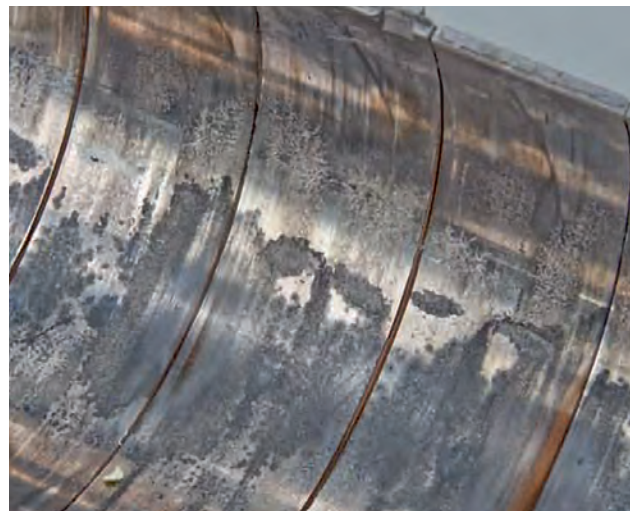
Wylamania takie powstają na skutek zmęczenia materiału łożysk ślizgowych, co może być uwarunkowane przez następujące czynniki:

- Przed montażem łącznik korbowodu nie został poprawnie wypozytionowany.
- Czopy łożyska ślizgowego nie zostały prawidłowo obrobione, to znaczy, że powierzchnia jest albo baryłkowa, stożkowa albo wklęsła.
- Łożysko ślizgowe zostało przeciążone przez tuning.
- Zmniejszona zdolność oleju silnikowego do smarowania może wynikać z wprowadzenia paliwa lub chłodziwa (patrz również rozdział „2.2.2 Jednostronne zatarcie na płaszczu tłoka”, strona 40).
- Olej silnikowy o niższej jakości lub olej o zbyt małej lepkości.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Przed montażem należy zawsze skontrolować łączniki korbowodu na odchylenie kątowe i w razie potrzeby odpowiednio je ustawić.
- Konieczne jest oszlifowanie cylindryczne czopów łożyska ślizgowego.
- W przypadku rozcieńczenia oleju należy natychmiast wymienić olej oraz znaleźć i usunąć przyczynę.
- Stosować oleje silnikowe zatwierdzone przez producenta pojazdu.

6.10 Porowata powłoka w łożyskach ślizgowych



Rys. 1a Powłoka bieżna łożyska skorodowana przez substancje agresywne znajdujące się w oleju



Rys. 1b Wyraźnie widoczny w zbliżeniu: uszkodzony materiał łożyska



Rys. 2 Uszkodzona panewka korbowa

Stan:

Powłoka bieżna łożyska ślizgowego ma ciemne zabarwienie i porowate obszary (rys. 1 oraz 2).

Przyczyny:

Opisane tu uszkodzenia można wyjaśnić wytrawieniem chemicznym. Mogą one powstawać na skutek następujących okoliczności:

- Od pewnego stężenia reagują składniki chemiczne w oleju silnikowym, np. siarka z paliw o niskiej jakości działa agresywnie.
- Olej silnikowy jest zabrudzony przez jazdę na paliwie gazowym.
- Wyraźnie opóźniono wymianę oleju.
- W oleju silnikowym znajdują się pozostałości chłodziwa.

Środki zaradcze i zapobieganie:

- Wymianę oleju należy zawsze przeprowadzać zgodnie z instrukcjami producenta.
- Układ chłodzenia należy regularnie kontrolować pod kątem wycieków lub utraty chłodziwa.
- Jeśli chłodziwo w oleju silnikowym zostanie wykryte w odpowiednim czasie, należy usunąć przyczynę (np. nieszczelność chłodnicy oleju). Następnie należy kilkakrotnie wymienić olej wraz z filtrem w krótkim odstępie czasu, aby usunąć całe chłodziwo z obiegu oleju.
- Szczególnie ważne w przypadku silników gazowych: należy przestrzegać okresów między wymianami oleju i dbać o jego jakość.

Słowniczek

Pojęcie	Objaśnienie
Biodiesel	Biodiesel nie jest otrzymywany – jak konwencjonalny olej napędowy – z ropy, ale z olejów roślinnych albo z tłuszczów zwierzęcych.
Biopaliwo	Paliwo uzyskiwane z biomasy.
Ciśnienie ładowania	Ciśnienie za sprężarką (turbosprężarka/kompresor). Wraz ze wzrostem ciśnieniem ładowania wzrasta doprowadzana do silnika ilość powietrza i tym samym przy stałej mieszance paliwa i powietrza wzrasta moment obrotowy albo moc silnika.
Czas zapłonu	Położenie wału korbowego, w którym mieszanka paliwowo-powietrzna w silnikach z zapłonem iskrowym jest zapalana przez świecę zapłonową.
Czasy sterowania	Synchronizacja między układem rozrządu i ustawieniem wału korbowego.
Dysza chłodząca	Wygięta rurka, która przez celowy natrys. do wnętrza tłoka olejem silnikowym z układu olejowego zapewnia, żeby dopuszczalny poziom temperatury był utrzymany. W tłokach z kanałem chłodzącym olej silnikowy jest wtryskiwany do pierścieniowego kanału, co przyczynia się do lepszego chłodzenia tłoka.
Erozja	Uszkodzenia powierzchni elementów przez cieczę albo gorące gazy.
Faza regeneracji	Faza, w której granulat w osuszaczu powietrza jest pozbawiany wilgoci, kiedy suche powietrze ze zbiornika sprężonego powietrza jest wdmuchiwane do osuszacza z drugiej strony. Faza regeneracji jest uruchamiana przez zawory regulacyjne.
Filtr Spin-On	Filtr wkręcany.
Formowanie wżerów	Cząsteczki wytrącone z materiału tłoka, które doczepiają się do tłoka w innym miejscu.
Gazy blow-by	Gazy spalinowe przedostające się obok tłoka do skrzyni korbowej.
Granulat	Małe higroskopijne kuleczki w osuszaczu powietrza, które pochłaniają wilgoć z powietrza.
Honowanie	Obróbka tulei skrawaniem przez naprzemienne ruchy posuwisto-obrotowe narzędzia szlifującego. Powstały w ten sposób szlif krzyżowy poprawia właściwości trybologiczne powierzchni cylindra.
Ilość dostarczanego paliwa	Ilość paliwa wtryskiwanego do silników wysokoprężnych.
Instrukcje dociągania	W przypadku śrub sprężynujących producenci silników określają, w jakiej kolejności, z jakim momentem dokręcania i pod jakim kątem należy dokręcić śruby.
Kąt obrotu	Kąt, z jakim śruby sprężynujące są dokręcane dodatkowo do odpowiedniego momentu dokręcania.
Klin zaworu	Klin, potrzebny do unieruchomienia zaworów.
Kompresor sprężonego powietrza	Kompresor napędzany silnikiem, który wytwarza sprężone powietrze dla układów pneumatycznych w pojazdach użytkowych.
Korbowód zaciskowy	Korbowód, którym zablokowany jest sworzeń w małym otworze korbowodu. Dzięki temu nie są potrzebne pierścienie zabezpieczające, żeby unieruchomić sworzeń w tłoku.
Liczba cetanowa	Wskaźnik zdolności do samozapłonu olejów napędowych. Zapłonność zwiększa się wraz z liczbą cetanową.
Liczba oktanowa	Wskaźnik odporności detonacyjnej (obniżenie samozapłonu) silnika z zapłonem iskrowym. Obowiązuje tu zasada: im wyższa liczba oktanowa, tym większa odporność na niekontrolowany samozapłon paliwa.
Listwy honownicze	Narzędzie szlifujące (listwy szlifujące), skrawające podczas honowania.
Luz montażowy	Różnica wymiarów między największą średnicą tłoka a średnicą cylindra w temperaturze 20°C. Powłoka grafitowa na tłoku nie jest brana pod uwagę.
Luz stykowy	Szczelina między końcami pierścienia tłokowego w stanie zmontowanym.
Martwy punkt	Pozycja tłoka w cylindrze: najwyższa pozycja = górny martwy punkt, pozycja najniższa = dolny martwy punkt.

Słowniczek

Pojęcie	Objaśnienie
Nadmierne obroty	Obroty powyżej dopuszczalnego zakresu. Do nadmiernych obrotów może dojść np. przy wrzuceniu niższego biegu po puszczeniu sprzęgła.
Narzędzie do odkręcania	Narzędzie służące do odkręcania wkręcanego filtra oleju lub pokrywy filtra oleju. Oznaczenie w MAHLE: OCS. Narzędzie to służy wyłącznie do odkręcania, a nie do przykręcania filtra (ryzyko uszkodzenia ochrony antykorozyjnej).
Natężenie przepływu powietrza	Ilość powietrza (jednostka miary: litry/godzina), która przepływa przez medium (filtr lub przewody).
Paliwo zasiarczone	Olej napędowy zawierający ponad 0,5% siarki. Przy spalaniu siarki powstają agresywne związki, które gromadzą się w oleju silnikowym i powodują uszkodzenia elementów. Dlatego należy skrócić okresy wymiany oleju.
Pęknięcie zmęczeniowe	Pęknięcie elementu, spowodowane zmiennym oddziaływaniem obciążenia.
Pierścień zabezpieczający	Pierścienie wykonane ze stali surowej, które mocują sworzeń tłokowy w otworze piasty.
Plaszcz z blachy	Zgniecenie materiału, powstałe przy honowaniu na skutek zużytych albo zapchanych listew honowniczych, które prowadzi do zwiększenia zużycia oleju.
Początek zasilania paliwem	Początek wtrysku paliwa przy określonym kącie korby przed górnym martwym punktem tłoka w silnikach wysokoprężnych.
Polimeryzacja	Zagęszczenie łańcucha molekuł, które powoduje gwałtowny wzrost zagęszczenia oleju.
Powietrze obce	Powietrze przedostające się do systemu przez nieszczelność.
Pozycja zaworu po wycofaniu	Odstęp między poziomą płaszczyzną głowicy cylindrów a zaworami.
Praca z gazem	Silnik spalinowy, który jako paliwa w przewodzie stosuje gaz (LPG, gaz ziemny lub gazy fermentacyjne).
Profil obróbki	Precyzyjnie zdefiniowany profil toczenia dla płaszcza tłoka w celu optymalizacji stosunku trybologicznego.
Przełom statyczny	Pęknięcie podzespołu, które wystąpiło na skutek jednego bardzo silnego przeciążenia.
Przepływomierz masowy powietrza	Czujnik na wlocie powietrza do pomiaru powietrza zasysanego niezbędnego do ustawienia optymalnej mieszanki paliwowo-powietrznej.
Przetwornik OT	Czujnik do określania położenia tłoka w silniku. Dane z tego czujnika są wymagane przez sterownik silnika.
Rozmiar szczeliny	Wymiar między denkiem tłoka (tłok w górnym martwym punkcie) a głowicą cylindra.
Sonda lambda	Czujnik w układzie wydechowym silników spalinowych z katalizatorem, za pomocą którego określana jest zawartość tlenu resztkowego w spalinach w celu określenia, czy mieszanka paliwowo-powietrzna spala się całkowicie
Sprzęgło Visco®	Sprzęgło Visco® steruje chłodzeniem silnika za pomocą prędkości wentylatora. Prędkość wentylatora jest zależna od obciążenia silnika.
Środek zapobiegający zamarzaniu	Dodatek do chłodziwa. Zmienia on fizyczne właściwości wody. Zapobiega się w ten sposób zamarzaniu wody, a także podnosi punkt wrzenia. Dodatkowo służy do smarowania łożysk i pompy wodnej jak i jako środek antykorozyjny dla silnika.
Strona ciśnieniowa	Strona tłoka bardziej obciążona w trakcie taktu roboczego.
Strona przeciwi ciśnieniowa	Strona tłoka, która w czasie taktu pracy jest mniej obciążona.
System trybologiczny	Zależności tarcia i smarowania w silniku.
Termostat	Zawór regulacyjny w obwodzie chłodziwa. W fazie rozgrzewania chłodziwo krąży tylko w silniku. Gdy silnik jest nagrzany, całe chłodziwo kierowane jest przez chłodnicę.
Tuning	Działania zmierzające do wzrostu mocy silnika.
Wartość cieplna	Wartość ciepła to współczynnik określający obciążalność termiczną świecy zapłonowej.

Słowniczek

Pojęcie	Objaśnienie
Wentylator	Śmigło, które dmucha świeżym powietrzem na chłodnicę. Wentylator jest napędzany mechanicznie przez silnik poprzez sprzęgło Visco® albo też oddzielnym silnikiem elektrycznym.
Wystawanie lub wycofanie się tłoka	Wskazuje położenie tłoka względem powierzchni uszczelniającej bloku cylindrów w górnym martwym punkcie. Jeżeli tłok wystaje ponad powierzchnię uszczelnienia bloku, mówi się o wystawianiu. Kiedy jest poniżej powierzchni uszczelnienia bloku, mówi się o wycofaniu.
Wzbogacanie mieszanki	Wzbogacenie mieszanki paliwowo-powietrznej paliwem. Zimne silniki potrzebują do rozruchu wzbogaconej mieszanki paliwowo-powietrznej.
Zagęszczenie (olej silnikowy)	Zagęszczenie łańcucha molekuł, które powoduje gwałtowny wzrost zagęszczenia oleju. Może to się zdarzać gdy silnik wysokoprężny pracuje na oleju roślinnym, gdy terminy wymiany oleju nie są przestrzegane.
Zatarcia	Uszkodzenia, które powstają, kiedy dwa ruchome detale z metalu zbyt długo trą o siebie bez smarowania lub przy zbyt dużym docisku.
Zatarcie tłoka	Uszkodzenie, które powstaje, kiedy tłok i cylinder trą o siebie bez smarowania albo przy dużym docisku.
Zawór regulacji ciśnienia (pompa olejowa)	Zawór, który zapobiega skokom ciśnienia lub ogólnemu nadciśnieniu w obiegu oleju, kierując olej z pompy olejowej z powrotem do miski olejowej.
Zdolność nośna	Stabilność filmu olejowego.
Zmęczenie materiału	Uszkodzenie materiału przez długo utrzymujące się przeciążenia mechaniczne.
Zmiana powierzchni przylegania	Wymiana tłoka w górnym i w dolnym martwym punkcie ze strony ciśnieniowej na przeciwc ciśnieniową i ze strony przeciwc ciśnieniowej na ciśnieniową.



Nasz asortyment produktów

Części silnikowe	Sprawdzona jakość – precyzyjne dopasowanie i trwałość	
	- Tłoki - Pierścienie tłokowe - Tuleje cylindrowe - Łożyska ślizgowe - Podzespoły układów rozrządu	- Zestawy - Turbosprężarki - Regulowane pompy oleju - Moduły ssące ze sterowaniem klapami - Separatory mgły olejowej
Uszczelki	Asortyment uszczelki dostępny na całym świecie – do ponad 1 mln zastosowań	
	- Uszczelki olejowe - Szpilki głowicy cylindra	Uszczelniacze
Filtry	Nasz asortyment filtrów – bezkompromisowe oczyszczanie	
	- Filtry powietrza - Filtry oleju - Moduły filtra oleju - Filtry paliwa - Filtry kabinowe	- Wkłady osuszacze powietrza - Filtry oleju przekładniowego - Filtry mocznikowe - Filtry CleanLine
Chłodzenie i klimatyzacja	Wysoki komfort – dzisiaj i jutro	
	- Chłodnice chłodziwa, chłodnice powietrza doładowującego - Wentylatory i sprzęgła, wentylatory skraplacza/chłodnicy chłodziwa - Zbiorniki wyrównawcze, kabinowe wymienniki ciepła - Chłodnice recyrkulacji spalin, chłodnice oleju - Elektryczne pompy chłodziwa - Termostaty, łączniki termiczne	- Kompresory klimatyzacji, oleje do kompresora klimatyzacji - Kondensatory klimatyzacji, filtry-osuszacze i akumulatory - Parowniki, zawory rozprężne, dysze dławiące - Dmuchawy kabinowe, przełączniki klimatyzacji - Regulatory dmuchawy klimatyzacji i rezystory, nastawniki elektryczne do klap mieszających - Czujniki
Rozruszniki i alternatory	Wydajne i trwałe – dla optymalnego rozruchu	
	- Rozruszniki - Alternatory	
E-mobilność i elektronika	Innowacyjne rozwiązania – dla przyszłościowej mobilności	
	- Aktuatory i przełączniki - Energoelektronika	- Różne czujniki - Elektryczne układy napędowe
Wypożyczenie warsztatu i diagnostyka	Efektywne rozwiązania – na potrzeby konserwacji i serwisu	
	- Diagnostyka TechPRO® TechPRO® Digital ADAS - Urządzenia ArcticPRO® do serwisowania klimatyzacji - Urządzenia FluidPRO® do płukania i wymiany oleju w automatycznych skrzyniach biegów - Urządzenia NitroPRO® do napełniania opon azotem	- Analizator spalin EmissionPRO® - Narzędzie programistyczne LogiqPRO® - System czyszczenia OzonePRO® - Zdalna diagnostyka RemotePRO® - Diagnostyka akumulatorów w pojazdach elektrycznych BatteryPRO®

Serwisy informacyjne MAHLE

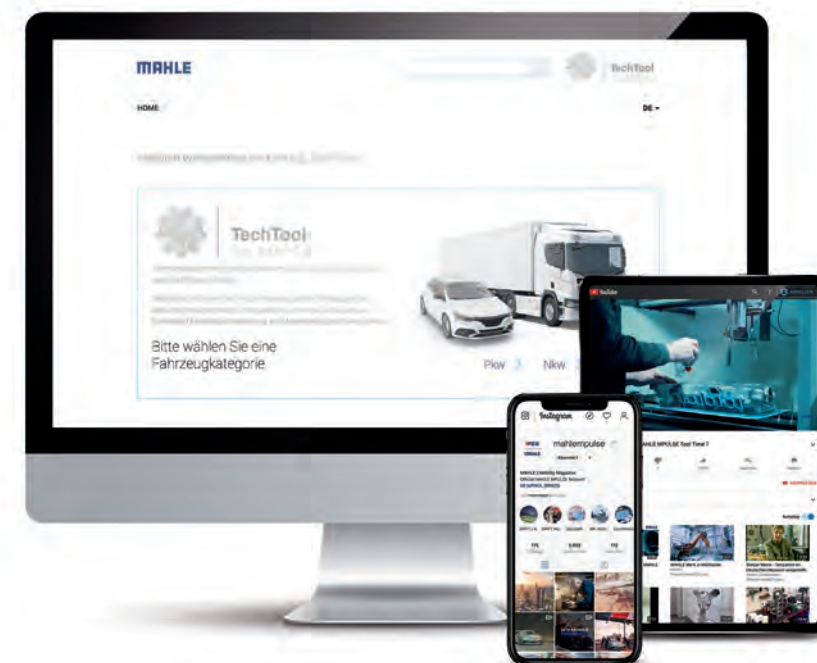
- Technical Messenger**
 Ciekawe informacje techniczne i aktualne rady związane z konserwacją i naprawami z użyciem wszystkich produktów MAHLE (patrz „Usługi” na naszej stronie)
- Plakaty techniczne**
- Informatory na temat uszkodzeń**
- Animacje i filmy instruktażowe**
- Wykaz wielkości napełniania czynnika chłodniczego i oleju do kompresora**
mahle-aftermarket.com/filling-quantities
- Portal szkoleniowy**
training.mahle.com
- TechTool**
techtool.mahle.com
- Newsletter MAHLE Insider**
mahle-aftermarket.com/mahle-insider
- Katalog online produktów na rynek wtórny**
catalog.mahle-aftermarket.com



Masz pytania techniczne? Chętnie pomożemy.

Infolinia techniczna: +49 1806 115599*
 E-mail: product.support@mahle.com
 Pon.–pt. w godzinach od 8:00 do 12:30
 oraz od 13:00 do 17:00

*0,20 € / połączenie z telefonu stacjonarnego, z telefonu komórkowego maks. 0,60 € za połączenie (dotyczy Niemiec; w przypadku połączeń zagranicznych mogą obowiązywać inne opłaty)



- Portal CustomerCare**
customer.mahle-aftermarket.com
- Strona główna**
mahle-aftermarket.com
- Katalog online**
catalog.mahle-aftermarket.com
- Sklep internetowy MAHLE**
eshop.mahle-aftermarket.com
- Cyfrowy magazyn dla klientów**
mpulse.mahle.com
- mahlempulse na Instagramie**
- MAHLE na YouTube**
- MAHLE na Facebooku**





MAHLE Insider

MAHLE Aftermarket GmbH
Pragstraße 26–46
70376 Stuttgart, Niemcy
Telefon: +49 711 501-0

www.mahle-aftermarket.com
www.mpulse.mahle.com