



KOLBENSCHMIDT



KNOWLEDGE **POOL**

**USZKODZENIA TŁOKÓW –
ROZPOZNAWANIE I NAPRAWIANIE**

TAKING RESPONSIBILITY IN A CHANGING WORLD



RHEINMETALL



GRUPA MOTORSERVICE

JAKOŚĆ I SERWIS Z JEDNEJ RĘKI

Grupa Motorservice to organizacja zajmująca się dystrybucją w ramach międzynarodowej działalności firmy Rheinmetall na rynku wtórnym. Jest ona czołowym dostawcą podzespołów silników na niezależnym rynku części zamiennych. Pod markami premium Kolbenschmidt, Pierburg, TRW Engine Components oraz markami BF i turbo by Intec grupa Motorservice oferuje dealerom i warsztatom szeroki i bogaty asortyment najwyższej jakości części.

RHEINMETALL

INNOWACYJNE TECHNOLOGIE W DZIEDZINIE MOBILNOŚCI

Międzynarodowy dostawca części motoryzacyjnych Rheinmetall zajmuje czołowe pozycje na poszczególnych rynkach dzięki kompetencjom w zakresie układów doprowadzania powietrza, redukcji substancji szkodliwych oraz pomp, a także projektowania, produkcji i dostawy części zamiennych do tłoków, bloków silnika oraz łożysk ślizgowych. Projektowanie produktów przebiega w ścisłej współpracy z renomowanymi producentami samochodów.



KOLBENSCHMIDT



PIERBURG



TRW
EngineComponents



Redakcja:

Motorservice, Technical Market Support

Skład i produkcja:

Motorservice, Marketing

Przedruk, powielanie i tłumaczenie, również fragmentami, jest dozwolone tylko po uprzednim uzyskaniu naszej pisemnej zgody oraz podając źródło.

Możliwość zmian i niezgodności ilustracji zastrzeżona. Odpowiedzialność wykluczona.

Wydawca:

© MS Motorservice International GmbH

Odpowiedzialność

Wszystkie dane znajdujące się w tej broszurze zostały zgromadzone i zestawione na drodze dogłębnych badań. Pomimo tego mogą pojawić się błędy, źle przetłumaczone dane, braki w informacjach bądź niektóre z danych mogły w międzyczasie ulec zmianie. Nie gwarantujemy ani nie ponosimy odpowiedzialności prawnej za poprawność, kompletność, aktualność oraz jakość udostępnionych informacji. Wszelka odpowiedzialność za szkody, szczególnie za bezpośrednie lub pośrednie oraz materialne lub niematerialne szkody, wynikające z poprawnego lub błędnego użycia informacji lub niepełnych bądź błędnych danych zawartych w tej broszurze, jest wykluczona, o ile nie są one działaniem zamierzonym lub nie wynikają z rażącego zaniedbania z naszej strony. W równym stopniu nie ponosimy odpowiedzialności za szkody powstałe w wyniku napraw dokonywanych przez konserwatorów silników lub mechaników niedysponujących odpowiednią wiedzą techniczną, wymaganymi kompetencjami z zakresu napraw bądź dostatecznym doświadczeniem. Nie można przewidzieć, w jakim stopniu opisane tutaj procedury techniczne i wskazówki dotyczące napraw będą mogły zostać zastosowane w odniesieniu do przyszłych konstrukcji silników, dlatego musi zostać to sprawdzone w poszczególnym przypadku przez konserwatora silnika lub przez warsztat samochodowy.



TEMATYKA

Broszura opisuje różne rodzaje uszkodzeń tłoków, gładzi cylindrów i tulei bieżnych cylindrów. Dla specjalisty stanowi pomoc w diagnostyce i odszukiwaniu przyczyn uszkodzeń, a dla laika kompendium podstawowych wiadomości na ten temat.

Warunkiem identyfikacji nie zawsze jednoznacznych przyczyn uszkodzeń jest całościowe podejście do problemu uszkodzeń silników. Po naprawie silnika nierzadko ponownie dochodzi do uszkodzeń i awarii, ponieważ zostały tylko wymienione uszkodzone części, nie zostały jednak usunięte przyczyny uszkodzeń. Jedyną podstawą analizy sposobu powstania uszkodzenia dla specjalisty, który nie posiada żadnych informacji na temat przebiegu silnika czy zakresu szkody, jest często pojedyncza uszkodzona część. Umożliwia one jedynie ogólną diagnozę, nie umożliwia natomiast rozpoznania przyczyn konkretnego uszkodzenia.

POMOCE

Uszkodzenia nie zawsze dają się łatwo rozpoznać. Często trudno je zidentyfikować, szczególnie na zdjęciach. Każdy rodzaj uszkodzenia został więc oznaczony odpowiednim piktogramem (Rys. 1). Piktogramy ułatwiają dokładną identyfikację uszkodzeń na zdjęciach. Nie są one dokładnymi przedstawieniami uszkodzeń, a tylko przykładami, uzupełnionymi niekiedy o dodatkowe informacje. Uszkodzenia pozostawiające charakterystyczne ślady w różnych miejscach i na różnych częściach są oznaczone kilkoma piktogramami.

W załączniku broszury znajduje się słownik pojęć zawierający najważniejsze pojęcia specjalistyczne.



Rys. 1

SPIS TREŚCI		STRONA
1.	SZYBKA DIAGNOSTYKA	6
2.1	OTARCIA SPOWODOWANE NIEPRAWIDŁOWYM LUZEM	10
2.1.1	Informacje ogólne na temat otarć spowodowanych nadmiernym luzem	10
2.1.2	Otarcia spowodowane nieprawidłowym luzem na trzonku tłoka	11
2.1.3	Otarcia pod kątem 45°	12
2.1.4	Otarcia spowodowane nieprawidłowym luzem na dolnym końcu trzonka	14
2.2	OTARCIA SPOWODOWANE NIEDOSTATECZNYM SMAROWANIEM	15
2.2.1	Informacje ogólne na temat otarć spowodowanych niedostatecznym smarowaniem	15
2.2.2	Otarcia spowodowane niedostatecznym smarowaniem na trzonku tłoka	16
2.2.3	Jednostronne otarcie trzonka tłoka tylko po stronie górnej	17
2.2.4	Nadtarcia spowodowane niedostatecznym smarowaniem wskutek zalania paliwem	18
2.2.5	Otarcia główki tłoka w silniku wysokoprężnym	19
2.2.6	Otarcia spowodowane niedostatecznym smarowaniem wskutek wypalenia pierścieni tłokowych	20
2.3	OTARCIA SPOWODOWANE PRZEGRZANIEM	22
2.3.1	Informacje ogólne na temat otarć spowodowanych przegrzaniem	22
2.3.2	Otarcia spowodowane przegrzaniem występujące głównie na główce tłoka	23
2.3.3	Otarcia spowodowane przegrzaniem występujące głównie na trzonku tłoka	24



SPIS TREŚCI	STRONA	SPIS TREŚCI	STRONA
2.4 ZAKŁÓCENIA SPALANIA	25	2.8 OTARCIA W PIASTACH SWORZNI TŁOKOWYCH	56
2.4.1 Informacje ogólne na temat uszkodzeń tłoków wskutek zakłóceń spalania	25	2.8.1 Informacje ogólne na temat otarć w piastach sworzni tłokowych	56
2.4.2 Wytopienia główki tłoka i trzonka tłoka (silniki benzynowe)	29	2.8.2 Otarcia w piaście sworznia tłokowego (pływające sworznie tłokowe)	57
2.4.3 Nadtopienia i wytopienia na główce tłoka (silniki wysokoprężne)	30	2.8.3 Otarcia w piaście sworznia tłokowego (korbowody pasowane na gorąco)	58
2.4.4 Spękania denka tłoka i wgłębienia komory spalania (silniki wysokoprężne)	32	2.8.4 Otarcia w piaście sworznia tłokowego (z otarciami trzonka tłoka)	59
2.4.5 Pęknięcia powierzchni międzyrowkowych	34	2.9 GŁOŚNE ODGŁOSY PRACY TŁOKÓW	60
2.4.6 Ślady bicia na główce tłoka (silniki wysokoprężne)	36	2.9.1 Informacje ogólne na temat głośnych odgłosów pracy tłoków	60
2.4.7 Otwór w denku tłoka (silnik benzynowy)	38	2.9.2 Radialne punkty bicia na progu ogniowym	61
2.4.8 Otarcia główki tłoka wskutek użycia niewłaściwych tłoków (silnik wysokoprężny)	40	2.10 CYLINDRY I TULEJE BIEŻNE CYLINDRÓW	62
2.4.9 Erozja progu ogniowego i denka tłoka (silnik benzynowy)	42	2.10.1 Podłużne pęknięcia w tulejach bieżnych cylindrów	63
2.5 PĘKNIĘCIA TŁOKÓW I PIERŚCIENI TŁOKOWYCH	44	2.10.2 Zerwany kołnierz tulei bieżnej cylindra	64
2.5.1 Informacje ogólne na temat pęknięć tłoków	44	2.10.3 Kawitacja tulei bieżnych cylindrów	66
2.5.2 Pęknięcie tłoka w piaście sworznia tłokowego	45	2.10.4 Nierównomierne zużycie powierzchni gładzi	68
2.5.3 Pęknięcie tłoka przez zderzenie denka tłoka z głowicą cylindra	46	2.10.5 Połyskliwe, metalicznie nagie miejsca w górnej części gładzi	70
2.5.4 Wypłukanie materiału w okolicy pierścienia tłokowego (pęknięcie pierścienia tłokowego)	48	2.10.6 Pęknięcie tulei bieżnej cylindra wskutek uderzenia cieczy	72
2.6 PĘKNIĘCIA SWORZNI TŁOKOWYCH	50	2.11 NADMIERNE ZUŻYCIE OLEJU	74
2.6.1 Informacje ogólne na temat pęknięć sworzni tłokowych	50	2.11.1 Informacje ogólne na temat zużycia oleju	74
2.6.2 Złamany sworzeń tłokowy	51	2.11.2 Błędy montażu pierścienia zgarniającego	75
2.7 USZKODZENIA ZAMKÓW SWORZNI TŁOKOWYCH	52	2.11.3 Zużycie wskutek zanieczyszczeń	76
2.7.1 Informacje ogólne na temat uszkodzeń zamków sworzni tłokowych	52	2.11.4 Zużycie wskutek zalania paliwem	78
2.7.2 Uszkodzenia tłoków przez złamane zamki sworzni tłokowych	53	2.11.5 Zużycie pierścieni tłokowych krótko po remoncie generalnym silnika	80
		2.11.6 Niesymetryczny obraz pracy tłoka	82
		3. SŁOWNIK POJĘĆ	84

1. SZYBKA DIAGNOSTYKA

USZKODZENIA TRZONKÓW TŁOKÓW

	Otarcia spowodowane nieprawidłowym luzem na trzonku tłoka	11		Otarcia pod kątem 45°	12
	Jednostronne otarcie trzonka tłoka tylko po stronie górnej	17		Otarcia spowodowane przegrzaniem występujące głównie na trzonku tłoka	24
	Otarcia spowodowane niedostatecznym smarowaniem na trzonku tłoka	16		Otarcia spowodowane nieprawidłowym luzem na dolnym końcu trzonka	14
	Nadtarcia spowodowane niedostatecznym smarowaniem wskutek zalania paliwem	18		Zużycie tłoków, pierścieni tłokowych i cylindrów wskutek zalania paliwem	78

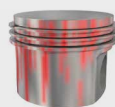
OTARCIA GŁÓWKI TŁOKA

	Otarcia głowki tłoka w silniku wysokoprężnym	19		Otarcia głowki tłoka wskutek użycia niewłaściwych tłoków (silnik wysokoprężny)	40
	Otarcia spowodowane przegrzaniem występujące głównie na głowce tłoka	23		Otarcia spowodowane niedostatecznym smarowaniem wskutek wypalenia pierścieni tłokowych	20

USZKODZENIA PIERŚCIENI TŁOKOWYCH

Otarcia spowodowane niedostatecznym smarowaniem wskutek wypalenia pierścieni tłokowych

20



Zużycie tłoków, pierścieni tłokowych i gładzi cylindrów wskutek zanieczyszczeń

76



Błędy montażu pierścienia zgarniającego

75



Zużycie tłoków, pierścieni tłokowych i cylindrów wskutek zalania paliwem

78



Zużycie pierścieni tłokowych krótko po remoncie generalnym silnika

80

**INNE USZKODZENIA W OBSZARZE PIERŚCIENIA I TRZONKA**

Pęknięcia powierzchni międzyrowkowych

34



Wypłukanie materiału w okolicy pierścienia tłokowego (pęknięcie pierścienia tłokowego)

48



Uszkodzenia tłoków przez złamane zamki sworzni tłokowych

53



Radialne punkty bicia na progu ogniowym

61



Niesymetryczny obraz pracy tłoka

82



Uszkodzenie istotne dla zużycia oleju

USZKODZENIA GŁÓWEK TŁOKÓW



Wytopienia główki tłoka i trzonka tłoka (silniki benzynowe) 29



Nadtopenia i wytopienia na główce tłoka (silniki wysokoprężne) 30



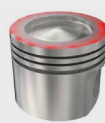
Otwór w denku tłoka (silnik benzynowy) 38



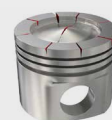
Erozja progu ogniowego i denka tłoka (silnik benzynowy) 42



Pęknięcie tłoka przez zderzenie denka tłoka z głowicą cylindra 46



Ślady bicia na główce tłoka (silniki wysokoprężne) 36

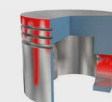


Spękania denka tłoka i wgłębienia komory spalania (silniki wysokoprężne) 32

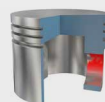


Pęknięcie tłoka w piaście sworznia tłokowego 45

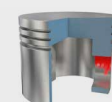
OTARCIA SWORZNI TŁOKOWYCH I PĘKNIĘCIE SWORZNI TŁOKOWYCH



Otarcia w piastach sworzni tłokowych (z otarciami trzonka tłoka) 59



Otarcia w piaście sworznia tłokowego (pływające sworznie tłokowe) 57



Otarcia w piaście sworznia tłokowego (korbowody pasowane na gorąco) 58



Złamany sworzeń tłokowy 51

USZKODZENIA TULEI BIEŻNYCH CYLINDRÓW I OTWORÓW CYLINDRÓW

Zerwany kołnierz tulei
bieżnej cylindra

64



Zerwany kołnierz tulei bieżnej
cylindra (stopień początkowy)

64



Podłużne pęknięcia w tulei
bieżnej cylindra

63



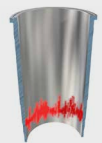
Pęknięcie tulei bieżnej cylindra
wskutek uderzenia cieczy

72



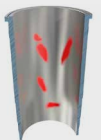
Kawitacja tulei bieżnych
cylindrów

66



Otarcia spowodowane
nieprawidłowym luzem na
dolnym końcu trzonka

14



Nierównomierne zużycie
powierzchni gładzi



68



Połyskliwe, metalicznie nagie
miejsca w górnej części gładzi

70



Uszkodzenie istotne
dla zużycia oleju

2.1 OTARCIA SPOWODOWANE NIEPRAWIDŁOWYM LUZEM

2.1.1 INFORMACJE OGÓLNE NA TEMAT OTARĆ SPOWODOWANYCH NADMIERNYM LUZEM

Wskutek nieprawidłowego doboru elementów współpracujących, a także odkształceń cylindrów czy przeciążeń termicznych, może dojść niedopuszczalnej redukcji, a nawet całkowitego zaniku luzu między tłokiem i cylindrem.

W trakcie pracy tłok osiąga znacznie wyższą temperaturę i rozszerza się bardziej niż otaczający go cylinder. Poza tym, ze względu na charakterystyczny dla aluminium wysoki współczynnik rozszerzalności cieplnej, tłok ulega dwa razy większemu rozszerzeniu termicznemu niż żeliwo, czyli najczęściej stosowany materiał cylindrów. Wielkości te należy uwzględnić przy konstrukcji.

Skutkiem malejącego luzu między tłokiem i cylindrem jest początkowo tarcie półtłyne: Zwiększający objętość tłok zdziera film olejowy ze ścianki cylindra. Powoduje to otarcie obciążonych siłą powierzchni trzonka tłoka do nagiego połyskliwego metalu. Tarcie półtłyne i powstające w związku z nim ciepło zwiększają temperaturę części. Tłok coraz silniej naciska na ściankę cylindra i ostatecznie całkowicie usuwa film olejowy. Tłok zaczyna pracować bez środka smarnego. Skutkiem są pierwsze nadtarcia o gładkiej, ciemnej powierzchni.

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY OTARCIA SPOWODOWANEGO NIEPRAWIDŁOWYM LUZEM:

- Błyszczące odciski, przechodzące w gładkie, ciemne zatarcia.
- Miejscowe otarcia zarówno na stronie górnej, jak i dolnej.

2.1.2 OTARCIA NA TRZONKU TŁOKA



OPIS

- Kilka podobnych otarć miejscowych na obwodzie trzonka tłoka.
- Otarcia po stronie górnej i dolnej, tzn. otarcia miejscowe leżące naprzeciwko siebie.
- Błyszczące otarcia powierzchni przechodzące w ciemno zabarwione, gładkie zatarcia.
- Niewykazujące uszkodzeń pole pierścienia.



OCENA

Luz między trzonkiem tłoka i gładzią cylindra został zredukowany wskutek odkształceń, które mogły wystąpić dopiero w trakcie eksploatacji silnika.



WSKAZÓWKA

W przeciwieństwie do otarć spowodowanych niedostatecznym smarowaniem, otarcia spowodowane nieprawidłowym luzem występują zawsze już krótko po generalnym remoncie silnika.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Za mała średnica otworu cylindra.
- Zbyt mocne lub nierównomierne dokręcenie głowicy cylindra (odkształcenie cylindra).
- Nierówne płaszczyzny kadłuba silnika lub głowicy cylindra.
- Zanieczyszczone lub uszkodzone otwory gwintowane albo śruby głowicy cylindra.
- Otarte albo nierównomiernie nasmarowane olejem przyłgnie łbów śrub.
- Nieprawidłowe albo nieodpowiednie uszczelki głowicy cylindra.
- Odkształcenia wskutek nierównomiernych obciążeń technicznych, spowodowanych przez osady kamienia wapiennego, brud i inne zakłócenia w układzie chłodzenia.

2.1.3 OTARCIA POD KĄTEM 45°



OPIS

- Miejscowe otarcia po stronie górnej i dolnej, przesunięte o ok. 45° względem osi sworznia tłokowego.
- Otarcia przechodzą od postaci błyszczących odcisków w ciemno zabarwione, raczej gładkie zatarcia (Rys. 1).
- Sworznie tłoków o niebieskiej barwie nalotowej (Rys. 3).
Przyczyna: przegrzanie łożyska sworznia tłokowego wskutek braku luzu i oleju.



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3

OCENA

Nastąpiło nadmierne rozgrzanie piasty sworznia tłokowego. Cienkościenny i elastyczny trzonek tłoka jest w stanie skompensować większe rozszerzenie termiczne po stronie górnej i dolnej. Piasta sworznia tłokowego, która ma grubsze ścianki, ulega większemu rozszerzeniu. Dochodzi do zawężenia luzu i otarcia tłoka. Głównym miejscem otarcia jest połączenie piasty trzonka tłoka z płaszczem tłoka.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Mechaniczne przeciążenie łożyska korbowodu, np. wskutek zakłóceń spalania.
- Wadliwe działanie lub pęknięcie wtryskiwacza oleju.
- Nieprawidłowe lub brakujące ciśnienie pompy olejowej.
- Niedostateczne smarowanie przy rozruchu silnika. Podczas montażu sworzeń tłokowy nie został nasmarowany lub został niedostatecznie nasmarowany.
- Awaria tulei korbowodu (zatarcie sworznia tłokowego) wskutek niedostatecznego luzu albo niedostatecznego smarowania.
- Błąd montażowy przy pasowaniu sworznia tłokowego na gorąco (korbowód pasowany na gorąco). Przy pasowaniu na gorąco należy uważać, by od razu po włożeniu sworznia tłokowego nie sprawdzać swobody ruchu łożyska sworznia przez przechylenie tłoka. Po wsunięciu chłodnego sworznia tłokowego do gorącego korbowodu wyrównują się temperatury obu tych części. Doprowadzona w ten sposób energia cieplna powoduje większe rozszerzenie termiczne sworznia tłokowego, niż ma to miejsce podczas pracy eksploatacji silnika. Ruch łożyska w tym stanie może spowodować zatarcie lub otarcie. W trakcie eksploatacji silnika ruch może być wskutek tego utrudniony, co z kolei może spowodować defekt łożyska sworznia. Z tego względu przed kontrolą swobody ruchu należy poczekać, aż zamontowane części wystygną.

2.1.4 OTARCIA SPOWODOWANE NADMIERNYM LUZEM NA DOLNYM KOŃCU TRZONKA TŁOKA



OPIS

- Miejscowe otarcia spowodowane luzem po stronie górnej i dolnej na dolnych końcach trzonków.
- Błyszczące odciski, które przechodzą w gładkie, ciemne zatarcia (Rys. 1).
- Brak szczególnych oznak na innych częściach tłoka.
- Miejscowe otarcia w tulei bieżnej cylindra w okolicy dolnych oringów (Rys. 2).



Rys. 2



Rys. 1

OCENA

Otarcia na dolnej krawędzi trzonka tłoka są spowodowane odkształceniem lub zmniejszeniem luzu w dolnej części tulei bieżnej cylindra.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Nieprawidłowe pierścienie uszczelniające: za grube pierścienie uszczelniające mogą spowodować odkształcenie tulei bieżnej cylindra i zredukować luz tłoka.
- Użycie dodatkowych płynnych uszczelniaczy w rowku pierścienia uszczelniającego. Warunkiem uszczelnienia jest możliwość elastycznego odkształcania pierścieni uszczelniających. Potrzebna przestrzeń w rowku nie może być wypełniona dodatkowymi uszczelniaczami.
- Przed montażem z rowków pierścieni uszczelniających nie zostały usunięte resztki uszczelniacza lub brud.
- Jeżeli przy wprowadzaniu tulei bieżnej cylindra dojdzie do zwichrowania pierścieni uszczelniających albo ich wysunięcia z rowka, tuleja bieżna cylindra zostanie w tym miejscu zwężona. Aby temu zapobiec, przy montażu tulei bieżnych cylindrów należy zawsze używać środka poślizgowego.

2.2 OTARCIA SPOWODOWANE NIEDOSTATECZNYM SMAROWANIEM

2.2.1 INFORMACJE OGÓLNE NA TEMAT OTARĆ SPOWODOWANYCH NIEDOSTATECZNYM SMAROWANIEM

Otarcia spowodowane niedostatecznym smarowaniem mogą występować ogólnie, tzn. także przy wystarczającym luzie między cylindrem i tłokiem. Następuje tutaj, często tylko lokalnie, zerwanie filmu olejowego wskutek wysokiej temperatury lub zalania paliwem. W takich miejscach trą o siebie pozbawione smarowania powierzchnie tłoków, pierścieni tłokowych i gładzi cylindra. Szybko powoduje to otarcia i silnie zaznaczonych powierzchniach.

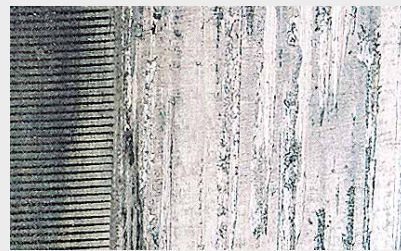
Podobne zjawisko występuje, jeżeli między tłokiem i cylindrem wskutek niedoboru oleju nie powstaje wystarczający film olejowy.

CHARAKTERYSTYCZNE CECHY OTARCIA SPOWODOWANEGO NIEDOSTATECZNYM SMAROWANIEM:



W przypadku całkowitego zniszczenia filmu olejowego:

Wąsko ograniczone, bezprzejściowe otarcia, przeważnie na trzonku tłoka, o silnie zaznaczonej ciemnej powierzchni.



W przypadku niedoboru oleju:

Oznaki identyczne jak opisane wyżej, z wyjątkiem ciemnej powierzchni. Powierzchnia otarć jest praktycznie metalicznie czysta i nie ma ciemnego zabarwienia. Deficyt oleju dotyczy całej powierzchni cylindra. Dlatego też na tłoku już w stadium początkowym można często znaleźć otarcia, zarówno na stronie górnej, jak i dolnej.

2.2.2 OTARCIA SPOWODOWANE NIEDOSTATECZNYM SMAROWANIEM NA TRZONKU TŁOKA



OPIS

- Otarcia na trzonku tłoka po stronie górnej, częściowo sięgają do strefy pierścienia tłokowego.
- Lekkie otarcia po stronie dolnej.
- Powierzchnia otarć jest jasna, prawie metalicznie czysta.



OCENA

Między tłokiem otworem cylindra występuje krytyczny brak smarowania. Prawie metalicznie czysta powierzchnia otarć wskazuje, że w momencie powstania otarcia film olejowy jeszcze występował, ale jego jakość była już znacznie zredukowana. Ze względu na niewielki stopień uszkodzenia chodzi tu o przejściowy niedobór oleju albo o początkowe stadium uszkodzenia. Dalsza eksploatacja silnika spowodowałaby jeszcze poważniejsze uszkodzenia.



WSKAZÓWKA

W przypadku tego rodzaju otarć, spowodowanych niedostatecznym smarowaniem, uszkodzenie znajduje się zawsze w okolicy trzonka tłoka, czyli tam, gdzie w przypadku nieuszkodzonego eksploatowanego tłoka widać normalny obraz zużycia.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

Niedostateczne smarowanie wskutek następujących przyczyn:

- Za mała ilość oleju silnikowego.
- Za niskie ciśnienie oleju w silniku (pompa oleju, zawór nadciśnieniowy itd.): Z punktów łożyskowania wału korbowego wydzielana jest za mała ilość oleju. Na gładź cylindra, która jest smarowana rozpryskowo olejem z wału korbowego, dostaje się niedostateczna ilość oleju.
- Awaria wtryskiwacza oleju w układzie chłodzenia tłoka.

2.2.3 JEDNOSTRONNE OTARCIE TRZONKA TŁOKA TYLKO PO STRONIE GÓRNEJ



OPIS

- Duże, ciemno zabarwione otarcia z silnie uszkodzoną powierzchnią po stronie górnej tłoka.
- Naprzeciwległa strona trzonka tłoka bez uszkodzeń.
- Strefa pierścienia tłokowego w stadium początkowym przeważnie bez uszkodzeń.



OCENA

Są to typowe otarcia spowodowane niedostatecznym smarowaniem, które przeważnie występują na stronie górnej, rzadziej na stronie dolnej. Uszkodzenie powstaje wskutek zerwania filmu olejowego tylko na jednej połowie cylindra. Przyczyną jest lokalny brak smarowania albo przegrzanie odpowiedniej strony cylindra. Przyczyną uszkodzenia nie może być jednak niedostateczny luz, ponieważ mimo dużych otarć na przeciwległej stronie nie ma otarć po stronie dolnej.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Częściowe załamanie chłodzenia wskutek niedoboru czynnika chłodzącego, pęcherzyków powietrza, osadów brudu i innych zakłóceń w układzie chłodzenia.
- W przypadku cylindrów żeberkowych zewnętrzne osady brudu mogą doprowadzić do lokalnych przegrzań, a przez to do zerwania filmu olejowego.
- W przypadku silników chłodzonych powietrzem: uszkodzone, brakujące lub nieprawidłowo zamontowane owiewki cylindrów.
- Awaria wtryskiwacza oleju w układzie chłodzenia tłoka.
- Za niskie ciśnienie oleju: niedostateczne smarowanie strony górnej cylindra w przypadku korbowodów z wtryskiwaczami oleju.
- Niedostateczne smarowanie bardziej obciążonej strony górnej cylindra wskutek rozcieńczenia oleju albo niedostosowanej do warunków eksploatacji jakości oleju.

2.2.4 NADTARCIA SPOWODOWANE NIEDOSTATECZNYM SMAROWANIEM WSKUTEK ZALANIA PALIWEM



OPIS

- Wąskie, ostro ograniczone, podłużne zatarcia na trzonku tłoka, zamiast normalnego obrazu zużycia tłoka.



OCENA

Niespalone paliwo skrapla się na gładzi cylindra i rozcieńcza albo nawet całkowicie zmywa film olejowy. Powoduje to zniszczenie warstwy smarnej między współpracującymi ze sobą elementami, czyli tłokiem i otworem cylindra, co skutkuje wydłużonymi, wąskimi zatarciami. Strefa pierścienia tłokowego nie wykazuje przeważnie uszkodzeń.



WSKAZÓWKA

W przypadku zatarć spowodowanych przez paliwo uszkodzenie występuje na nośnych częściach trzonka tłoka. Jeżeli tłok nie jest uszkodzony, wykazują one normalny obraz zużycia.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Silnik pracuje na zbyt bogatej mieszance, zakłócenia spalania wskutek błędów w układzie sterowania mieszanką lub instalacji zapłonowej.
- Niepełne spalanie wskutek niedostatecznego sprężenia.
- Uszkodzenie lub zbyt długa praca układu rozruchu zimnego silnika (silnik gaźnikowy).
- Rozcieńczenie oleju wskutek częstej jazdy po krótkich odcinkach albo zbyt bogatej mieszanki.

2.2.5 OTARCIA GŁÓWKI TŁOKA W SILNIKU WYSOKOPRĘŻNYM



OPIS

- Ograniczone miejscowo otarcia, głównie na progu ogniowym.
- Powierzchnia otarć chropowata, zdarta, niekiedy wyrwane większe części materiału.



OCENA

Wskutek wady wtryskiwacza nierozpylone paliwo pryskało na ściankę cylindra, gdzie naruszało film olejowy i ostatecznie doprowadzało do całkowitego braku smarowania. Spowodowało to tak silne otarcie progu ogniowego, że stopił się on tymczasowo ze ścianką cylindra. Stopienie to doprowadziło do wyrwania kawałków materiału z główki tłoka.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Nieszczelne, kapiące, zanieczyszczone albo nieprawidłowe wtryskiwacze.
- Zakleszczone wskutek deformacji korpusu iglice wtryskiwaczy (nieprawidłowy moment dokręcający).
- Nieprawidłowy moment wtrysku (początek tłoczenia).

2.2.6 OTARCIA SPOWODOWANE NIEDOSTATECZNYM SMAROWANIEM WSKUTEK WYPALENIA PIERŚCIENI TŁOKOWYCH

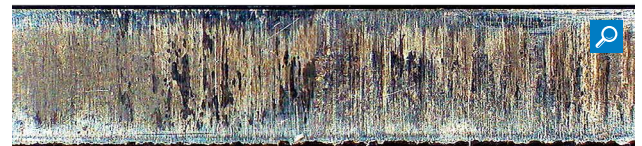


OPIS

- Blizny i nadpalenia na bieżniach pierścieni tłokowych (Rys. 1 i 2).
- Podłużne blizny w otworach cylindrów (bez ilustracji).
- W stadium początkowym: pierwsze nadtarcia na progu ogniowym (Rys. 3 – u góry z prawej).
- W stadium zaawansowanym: zatarcia rozmieszczone na całym tłoku (Rys. 4).



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3



Rys. 4

OCENA

Takie uszkodzenia występują przeważnie w fazie docierania silnika pod dużym obciążeniem, kiedy pierścienie tłokowe ze względu na niedostateczne dotarcie nie zapewniają jeszcze pełnego uszczelnienia (dotyczy to przeważnie tłoków silników wysokoprężnych). Spaliny przepływające przez pierścienie tłokowe przegrzewają te pierścienie, film olejowy ulega zerwaniu.

Zakłócenia spalania i nadmierne temperatury względnie niedostateczne chłodzenie tłoka i ścianki cylindra mogą również naruszyć bądź zniszczyć film olejowy. Oznacza to niedostateczne smarowanie pierścieni tłokowych, co powoduje nadpalenia. Ze względu na to, że tłok porusza się też po niesmarowanych częściach cylindra, jako pierwsze powstają nadtarcia na progu ogniowym, a dopiero później otarcia na całym trzonku tłoka (Rys. 4).

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Przeciążenie silnika w fazie docierania.
- Nieoptymalna, niezapewniająca dobrej adhezji oleju silnikowego struktura wyhonowanej powierzchni cylindra (zmiażdżenie żył grafitu, płaszcz blaszany, za niska szorstkość i/albo nieprawidłowy kąt honowania).
- Nieodpowiedni olej smarny (nieprawidłowa jakość i lepkość oleju).
- Za wysoka temperatura gładzi cylindrów (wadliwa praca układu chłodzenia albo osady w otaczających zespół kanałach chłodzących).
- Nadmierna, spowodowana przez zakłócenia procesu spalania temperatura podczas spalania (uboga mieszanka, spalanie żarzeniowe, kapiące lub nieszczelne wtryskiwacze).
- Niedostateczny dopływ oleju do gładzi cylindrów wskutek niedoboru rozpryskiwanego oleju z łożysk korbododów i wału korbowego.

2.3 OTARCIA SPOWODOWANE PRZEGRZANIEM

2.3.1 INFORMACJE OGÓLNE NA TEMAT OTARĆ SPOWODOWANYCH PRZEGRZANIEM

W przypadku otarć spowodowanych przegrzaniem dochodzi do zerwania filmu olejowego z powodu przegrzania. Początkowo wywołuje to tarcie półtłyne i pojedyncze zatarcia. Dodatkowy wzrost temperatury w miejscach zatarć powoduje w końcu całkowity zanik smarowania tłoka. Otarcia są ciemno zabarwione i silnie zdarte. Zależnie od przyczyny szkody otarcie spowodowane przegrzaniem występuje albo na trzonku tłoka, albo na główce tłoka.



2.3.2 OTARCIA SPOWODOWANE PRZEGRZANIEM WYSTĘPUJĄCE GŁÓWNIEM NA GŁÓWCE TŁOKA



OPIS

- Silne otarcia, zaczynające się na główce tłoka i biegnące w stronę końca trzonka.
- Otarcia na całym obwodzie główki tłoka.
- Powierzchnia otarć jest ciemno zabarwiona, pokryta bliznami i częściowo zdarta.
- Otarcia na bieżniach pierścieni tłokowych, malejące w kierunku pierścienia zgarniającego olej.



OCENA

Wskutek bardzo wysokiego obciążenia termicznego główka tłoka rozgrzała się do tego stopnia, że doszło do pokonania luzu i zniszczenia filmu olejowego. Na obwodzie główki tłoka spowodowało to powstanie kombinacji otarć spowodowanych niedostatecznym luzem i niedostatecznym smarowaniem. Przyczyną nie może być ogólny brak luzu tłoka, ponieważ w takim przypadku uszkodzenie zaczynałoby się w obszarze trzonka (patrz rozdział „Otarcia spowodowane nieprawidłowym luzem na trzonku tłoka“).

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Długotrwałe wysokie obciążenie w fazie rozruchu silnika.
- Przegrzanie wskutek zakłóceń procesu spalania.
- Usterkusterki w układzie chłodzenia silnika.
- Zakłócenia zasilania olejem (tłok chłodzony olejem lub tłok z kanałem chłodzącym).
- Zdeformowane lub wadliwe wtryskiwacze oleju, chłodzące tłok od dołu niedostateczną ilością oleju.
- Nieprawidłowe pierścienie uszczelniające na kołnierzach mokrych tulei bieżnych cylindrów (patrz rozdział „Kawitacja tulei bieżnych cylindrów“).

2.3.3 OTARCIA SPOWODOWANE PRZEGRZANIEM WYSTĘPUJĄCE GŁÓWNIIE NA TRZONKU TŁOKA



OPIS

- Obustronne otarcia na trzonku tłoka.
- Powierzchnia otarć ciemno zabarwiona, szorstka i silnie zdarta.
- Strefa pierścienia tłokowego lekko uszkodzona albo nieuszkodzona.



OCENA

Wskutek silnego przegrzania silnika wystąpił brak smarowania gładzi cylindra. Doprowadziło to do powstania otarć spowodowanych niedostatecznym smarowaniem i silnego zderzenia trzonka tłoka. Uszkodzenia są skoncentrowane w strefie trzonka tłoka, w strefie główki tłoka często nie ma żadnych uszkodzeń. Można więc wykluczyć przeciążenie spowodowane przez zakłócenia spalania.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Przegrzanie silnika wskutek następujących zakłóceń w układzie chłodzenia:
 - niedobór płynu chłodzącego
 - brud
 - uszkodzona pompa wody
 - wadliwy termostat
 - zerwany lub ślizgający się pasek klinowy
 - niedostatecznie odpowietrzony układ chłodzenia.
- W przypadku silników chłodzonych powietrzem: przegrzanie spowodowane przez osady brudu na zewnętrznych stronach cylindrów, połamane żebra chłodzące, zakłócenia lub brak wentylacji powietrzem chłodzącym.

2.4 ZAKŁÓCENIA SPALANIA

2.4.1 INFORMACJE OGÓLNE NA TEMAT USZKODZEŃ TŁOKÓW WSKUTEK ZAKŁÓCEŃ SPALANIA

ZAKŁÓCENIA SPALANIA W SILNIKACH BENZYNOWYCH

Spalanie mieszanki paliwowo-powietrznej w cylindrze odbywa się zgodnie ze ściśle określoną sekwencją. Spalanie inicjuje iskra świecy zapłonowej na krótko przed górnym martwym punktem. Płomień rozchodzi się od świecy zapłonowej sferycznie i przechodzi przez komorę spalania z ciągle rosnącą prędkością spalania równą 5–30 m/s. Powoduje to szybki wzrost ciśnienia w komorze spalania, które osiąga swoją wartość maksymalną krótko po górnym martwym punkcie. Taki, normalny, przebieg procesu spalania mogą jednak zakłócać różne czynniki, na podstawie których można opisać trzy rodzaje zakłóceń spalania:

1. Spalanie żarzeniowe (bezpłomieniowe, przedwczesny zapłon):

Powoduje przeciążenie termiczne tłoka.

2. Spalanie stukowe:

Powoduje erozyjne wytlukiwanie materiału i mechaniczne przeciążenie tłoka oraz mechanizmu korbowego.

3. Zalanie paliwem:

Powoduje nadmierne zużycie elementów i zużycie oleju, a także otarcia tłoków.

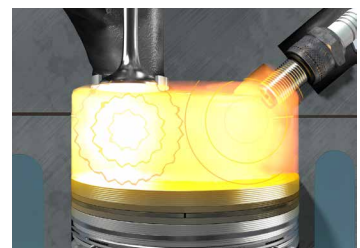
Normalne spalanie



Spalanie stukowe



Spalanie żarzeniowe



Ad. 1. Spalanie żarzeniowe (bezpłomieniowe, przedwczesny zapłon):

W przypadku spalania żarzeniowego spalanie rozpoczyna się przed właściwym punktem zapłonu wskutek obecności żarzącego się elementu w komorze spalania. Elementem tym może być rozgrzany zawór wylotowy, świeca, elementy uszczelniające i znajdujące się na nich osady oraz powierzchnie zamykające komorę spalania. Płomień działa w sposób niekontrolowany na części, co powoduje bardzo silny wzrost temperatury przy denku tłoka. Już po kilku sekundach nieprzerwanego żarzenia osiągnięta jest temperatura topnienia materiału tłoka.

W silnikach o praktycznie półkolistych komorach spalania powstają wskutek tego otwory w denku tłoka, występujące zazwyczaj na przedłużeniu osi świece.

W przypadku komór spalania charakteryzujących się dużymi powierzchniami ściskania między denkiem tłoka i głowicą cylindra, próg ogniowy topi się przeważnie w strefie powierzchni ściskania (patrz słownik pojęć) w najbardziej obciążonym miejscu. Proces ten przenosi się często na pierścień zgarniający olej i aż do wnętrza tłoka.

Spalanie żarzeniowe może być też powodowane przez spalanie stukowe, które wytwarza wysokie temperatury poszczególnych elementów komory spalania.

Ad. 2. Spalanie stukowe:

W przypadku spalania stukowego zapłon wywołany jest normalnie, przez iskrę świcy zapłonowej. Front płomienia rozchodzi się od świcy i generuje fale ciśnienia, które powodują w niespalonym gazie krytyczne reakcje chemiczne. Wskutek nich w wielu miejscach jednocześnie dochodzi do samozapłonu gazów resztkowych. Zwiększa to prędkość spalania o 10–15 razy. Wzrasta znacznie wartość przyrostu ciśnienia na każdy kąt obrotu wału korbowego i maksymalna wartość ciśnienia. Poza tym w czasie suwu rozprężania powstają wibracje o bardzo wysokiej częstotliwości. Nagrzewają się też bardzo silnie powierzchnie zamykające komorę spalania. Jednoznacznym objawem spalania stukowego są niezawierające żadnych pozostałości komory spalania.

Lekkie, przejściowe spalanie stukowe nie powoduje w większości silników – nawet przez dłuższy czas – żadnych szkód.

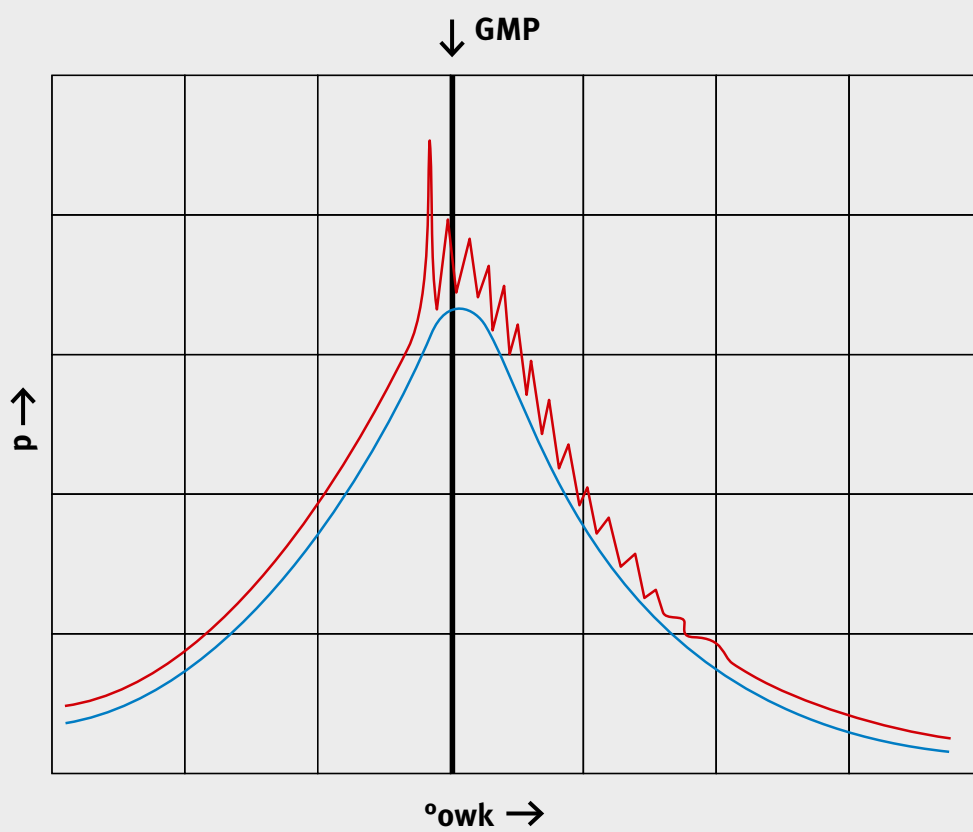
Silniejsze i dłuższe spalanie stukowe powoduje erozyjne wypłukiwanie materiału tłoka na progu ogniowym i denku cylindra. Uszkodzone mogą też zostać głowica cylindra i jej uszczelka. Części znajdujące w komorze spalania (np. świeca) mogą się przy tym tak silnie rozgrzać, że będą powodować spalanie żarzeniowe (bezpłomieniowe) powodujące przegrzanie tłoka (nadtopenia i wytopienia).

Silne i ciągłe spalanie stukowe szybko powoduje pęknięcia powierzchni międzyrowkowych i trzonek, które przeważnie występują bez nadtopeni i wytopień oraz bez otarć.

Rys. 1 przedstawia charakterystykę ciśnienia w komorze spalania. Niebieska linia przedstawia charakterystykę ciśnienia przy normalnym spalaniu, a czerwona linia przy spalaniu stukowym. Dochodzi tu do uderów ciśnienia.

Ad. 3. Zalanie paliwem:

Zbyt bogata mieszanka, malejące ciśnienie sprężania i zakłócenia zapłonu skutkują niedokładnym spalaniem i zalaniem paliwem. Skutkiem tych zjawisk jest nieskuteczne smarowanie tłoków, pierścieni tłokowych i gładzi cylindrów. Powstaje tarcie półpłynne związane z nadmiernym zużyciem oleju i otarciami (patrz rozdział „Zużycie oleju i otarcia tłoków“).



Rys. 1

ZAKŁÓCENIA SPALANIA W SILNIKACH WYSOKOPRĘŻNYCH

Oprócz idealnego stanu mechanicznego elementów warunkiem optymalnego spalania są też wytwarzające bardzo drobny aerozol i precyzyjnie wtryskujące paliwo wtryskiwacze, a także prawidłowo ustawiony moment początku wtrysku. Tylko tak wtryskiwane paliwo może się spalać z minimalnym opóźnieniem zapłonu, dokładnie i z zachowaniem normalnej charakterystyki ciśnienia. Także tutaj wyróżnia się trzy krytyczne rodzaje zakłóceń spalania:

- 1. Opóźnienie zapłonu**
- 2. Niecałkowite spalanie**
- 3. Kapiące wtryskiwacze**

Ad. 1. Opóźnienie zapłonu:

Zapłon paliwa następuje z pewnym opóźnieniem (opóźnienie zapłonu), jeżeli:

- paliwo nie zostało dość dokładnie rozpylone,
- zostało wtrysnięte do cylindra w nieodpowiednim momencie,
- temperatura sprężania nie jest dość wysoka w momencie rozpoczęcia wtrysku.

Stopień rozpylenia paliwa jest zależny od stanu dyszy wtryskiwacza. Nawet przetestowany przy użyciu testera dysz, sprawny wtryskiwacz może zostać odkształcony w trakcie montażu czy wskutek obciążeń termicznych tak, że w czasie pracy nie rozpyła paliwa prawidłowo. Temperatura sprężania zależy od ciśnienia sprężania, a więc od mechanicznego stanu silnika. W zimnym silniku zawsze występuje niewielkie opóźnienie zapłonu. Zimne ścianki cylindrów znacznie oziębiają chłodniejsze, zasysane powietrze. Temperatura sprężania występująca w momencie rozpoczęcia wtrysku nie wystarcza w tej sytuacji do natychmiastowego zapłonu wtryskiwanego paliwa. Prawidłowa temperatura zapłonu osiągnięta jest dopiero wraz z rosnącym stopniem sprężenia, co powoduje natychmiastowy zapłon wtrysniętego do tego momentu paliwa. Powoduje to nagły wzrost ciśnienia, któremu towarzyszą dźwięki i silne rozgrzanie denka tłoka. Skutkiem są pęknięcia np. powierzchni międzyrowkowych tłoka i spowodowane naprężeniami termicznymi pęknięcia w denku tłoka.

Ad. 2. Niecałkowite spalanie:

Jeżeli paliwo dostaje się do komory spalania w nieodpowiednim momencie lub w stanie nierozpylonym, nie może się całkowicie spalić w dostępnym czasie. To samo dzieje się, gdy do cylindra dostaje się za mało tlenu, tzn. zassanego powietrza. Możliwe przyczyny to niedrożność filtra powietrza, nieotwierające się prawidłowo zawory wlotowe, wady turbosprężarki albo zużycie pierścieni tłokowych i zaworów. Niespalone paliwo osadza się częściowo na powierzchniach cylindra; tutaj narusza albo całkowicie niszczy film olejowy. Gładzie cylindrów, bieżnie pierścieni tłokowych i w końcu również powierzchnie trzonek ulegają przez to w krótkim czasie nadmiernemu zużyciu lub otarciu. Skutkuje to zwiększeniem zużycia oleju i stratą mocy (przykładowe obrazy uszkodzeń patrz rozdział „Otarcia spowodowane niedostatecznym smarowaniem“ i „Nadmierne zużycie oleju“).

Ad. 3. Kapiące wtryskiwacze:

Wskutek wahań ciśnienia pod koniec wtrysku może dojść do ponownego otwarcia wtryskiwacza. Przyczynami wahań ciśnienia mogą być zawór ciśnieniowy pompy wtryskowej, przewody albo wtryskiwacze. W celu wykluczenia wad wtrysku ciśnienie w układzie jest redukowane o określoną wartość przez zawór ciśnieniowy pompy wtryskowej. Jeżeli ciśnienie wtrysku wtryskiwaczy jest ustawione za nisko albo jeżeli nie jest możliwe utrzymywanie wymaganej wartości ciśnienia (wtryskiwacze mechaniczne), to mimo redukcji ciśnienia wtryskiwacze mogą się po kolei na krótko otwierać także po zakończeniu wtrysku. Nieszczelne lub kapiące wtryskiwacze powodują również niekontrolowany dopływ paliwa do komory spalania. Wtryskiwane w obu tych sytuacjach w niekontrolowany sposób, niespalone paliwo dostaje się w ten sposób na denko tłoka. Tutaj spala się w bardzo wysokiej temperaturze i miejscowo rozgrzewa materiał tłoka na tyle, że wskutek działania sił masowych i erozyjnego działania spalin może dojść do wyrwania cząsteczek z powierzchni tłoka. Skutkiem jest poważny ubytek materiału albo erozyjne wypłukanie materiału z denka tłoka.

2.4.2 WYTOPIENIA GŁÓWKI TŁOKA I TRZONKA TŁOKA (SILNIKI BENZYNOWE)



OPIS

- Stopiona główka tłoka za pierścieniami tłokowymi.
- Trzonek tłoka bez otarć, stopiony materiał został przeniesiony z uszkodzonego miejsca na trzonek tłoka.



OCENA

Wytopienia główek tłoków w silnikach benzynowych są spowodowane spalaniem żarzeniowym w tłokach o praktycznie płaskim denku i większych powierzchniach ściskania. Do spalania żarzeniowego dochodzi, gdy żarzące się elementy w komorze spalania przekraczają temperaturę samozapłonu mieszanki. Są to przede wszystkim: świeca zapłonowa, zawory wydechowe i osady nagaru olejowego na ściankach komory spalania.

W strefie powierzchni ściskania główka tłoka rozgrzewa się mocno wskutek spalania żarzeniowego. Wysokie temperatury powodują, że konsystencja materiału tłoka staje się ciastowata, a siła masowa i wdzierające się do miejsca uszkodzenia spaliny powodują otarcie do wysokości pierścienia zgarniającego olej.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Świece zapłonowe o niskiej wartości cieplnej.
- Zbyt uboga mieszanka, a przez to nadmierne temperatury spalania.
- Uszkodzone zawory albo za mały luz zaworowy: zawory nie zamykają się prawidłowo. Gorące spaliny powodują żarzenie zaworów. Dotyczy to przede wszystkim zaworów wydechowych, ponieważ zawory wlotowe są chłodzone świeżymi gazami.
- Żarzące się pozostałości procesu spalania na denkach tłoków, głowicy cylindra, zaworach i świecach.
- Nieodpowiednie paliwo o niskiej liczbie oktanowej. Jakość paliwa musi odpowiadać stosunkowi sprężania silnika, tzn. liczba oktanowa paliwa musi w każdej sytuacji pokrywać wymagania silnika w zakresie jakości spalania.
- Olej napędowy w benzynie: zmniejsza liczbę oktanową paliwa.
- Wysoka temperatura silnika i zasysanego powietrza wskutek niewystarczającej wentylacji komory silnika.
- Ogólne przegrzanie silnika.

2.4.3 NADTOPIENIA I WYTOPIENIA NA GŁÓWCE TŁOKA (SILNIKI WYSOKOPRĘŻNE)



OPIS

Rys. 1:

- Całkowicie zniszczona główka tłoka.
- Próg ogniowy stopiony do wysokości gniazda pierścienia.
- Otarcia i uszkodzenia trzonka tłoka spowodowane stopieniem i starciem materiału tłoka.
- Częściowo oderwane gniazdo pierścienia.
- Uszkodzenia (ślady bicia) we wszystkich komorach spalania, spowodowane przez materiał tłoka i oderwane części gniazd pierścieni.

Rys. 2:

- Erozyjne wytopienia na denku cylindra albo na progu ogniowym w kierunku wtrysku paliwa z dysz.
- Brak otarć na trzonku tłoka i w strefie pierścienia tłokowego.



Rys. 1



Rys. 2

OCENA

Tego rodzaju uszkodzenia występują szczególnie w silnikach wysokoprężnych z układem wtrysku bezpośredniego. Silniki posiadające komory wstępne wykazują tego rodzaju uszkodzenia tylko, gdy komora wstępna jest uszkodzona i paliwo jest wskutek tego wtryskiwane bezpośrednio do komory spalania.

Jeżeli w przypadku silników wysokoprężnych z wtryskiem bezpośrednim wtryskiwacz odpowiedniego cylindra nie utrzymuje wymaganego ciśnienia wtrysku, wibracje w przewodzie wtryskowym mogą jeszcze raz podnieść iglicę. Paliwo jest ponownie wtryskiwane do komory spalania. Po zużyciu tlenu kropelki paliwa przepływają przez komorę spalania i dostają się na denko tłoka.

Tam spalają się w wysokiej temperaturze, co powoduje, że konsystencja materiału tłoka staje się ciastowata. Siła masowa i erozyjne działanie przepływających szybko spalin wyrywają pojedyncze cząsteczki z powierzchni (Rys. 2) albo całkowicie zdzierają główkę tłoka (Rys. 1).

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Nieszczelne wtryskiwacze albo utrudniony ruch lub blokady iglic wtryskiwaczy.
- Pęknięte lub zmęczone sprężyny dysz wtryskiwaczy.
- Uszkodzone reduktory ciśnienia w pompie wtryskowej.
- Dawka wtrysku i moment wtrysku nie są zgodne z wymaganiami producenta silnika.
- W przypadku silników wyposażonych w komorę wstępną: defekt komory wstępnej w połączeniu z jedną z wyżej wymienionych przyczyn.
- Opóźnienie zapłonu wskutek niedostatecznego sprężenia spowodowanego nadmierną szerokością szczeliny, nieprawidłowymi czasami rozrządu lub nieszczelnymi zaworami.
- Zbyt duże opóźnienie zapłonu wskutek oleju napędowego o niedostatecznej jakości (za niska liczba cetanowa).
- Zła jakość napełniania wskutek defektu turbosprężarki.

2.4.4 SPEKANIA DENKA TŁOKA I WGŁĘBIENIA KOMORY SPALANIA (SILNIKI WYSOKOPRĘŻNE)



OPIS

- Pęknięcia naprężeniowe przy krawędzi wgłębienia.
- Główne pęknięcie do poziomu piasty sworznia tłokowego.
- Wypalony kanał od wgłębienia pod pierścień zgarniający olej, powstały wskutek działania spalin przepływających przez pęknięcie główne.



Rys. 1



Rys. 2

OCENA

Materiał tłoka rozgrzewa się miejscowo do wysokiej temperatury – w przypadku silników wyposażonych w komorę wstępną w miejscach trafiania strumieni z komory wstępnej (Rys. 3 i Rys. 4), a w przypadku silników z układem wtrysku bezpośredniego przy krawędzi wgłębienia (Rys. 1). W tych miejscach materiał rozszerza się silnie. Przegrzane miejsca otoczone są zimniejszym materiałem, materiał odkształca się więc powyżej granicy plastyczności. W trakcie stygnięcia ma miejsce proces odwrotny: w miejscach, w których materiał został wcześniej spiętrzony i zepchnięty, jest go teraz za mało.

Powstają wskutek tego naprężenia rozciągające, które powodują pęknięcia naprężeniowe. Gdy naprężenia termiczne zostaną pokonane przez naprężenia spowodowane zgięciem sworznia, pęknięcia naprężeniowe tworzą znacznie poszerzone pęknięcia główne. Powoduje ono pęknięcie i awarię tłoka.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Wadliwe sterowanie składem mieszanki wskutek montażu nieprawidłowych wtryskiwaczy, zakłóceń w pracy pompy wtryskowej i uszkodzeń komory wstępnej.
- Wysokie temperatury spowodowane usterkami układu chłodzenia.
- Wady lub nadmierne wykorzystywanie hamulca silnikowego. Skutek: przegrzanie.
- Niedostateczne chłodzenie tłoka z kanałem chłodzącym, np. wskutek zatkania lub deformacji wtryskiwaczy oleju chłodzącego.
- Wahanie temperatury w przypadku silników o bardzo zmiennym obciążeniu, np. autobusów miejskich albo maszyn ziemnych.
- Nieprawidłowa specyfikacja tłoków, np. tłok bez kanału chłodzącego, mimo że jest on konieczny.
- Tłoki innych producentów bez krawędzi wgłębienia wzmocnionej włóknem.
- Tłoki o niepasującym do silnika kształcie wgłębienia (patrz rozdział „Otarcia główki tłoka wskutek użycia niewłaściwych tłoków“).



Rys. 3



Rys. 4

2.4.5 PĘKNIĘCIA POWIERZCHNI MIĘDZYROWKOWYCH

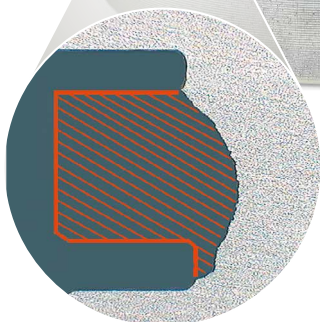


OPIS

- Pęknięcie powierzchni międzyrowkowej po jednej stronie tłoka między pierwszym i drugim pierścieniem sprężającym (Rys. 1).
- Pęknięcie, zaczynające się w dnie górnego rowka i przechodzące ukośnie w materiał tłoka. Wylot w leżącym poniżej dnie rowka (Rys. 2).
- Pęknięcie rozszerza się do dołu.
- Brak otarć tłoka albo objawów przegrzania.



Rys. 1



Rys. 2: Przekrój pęknięcia

OCENA

Przyczyną pęknięć powierzchni międzyrowkowych nie są wady materiału, lecz przeciążenia materiału. Dzieli się je według 3 przyczyn:

1. Spalanie stukowe:

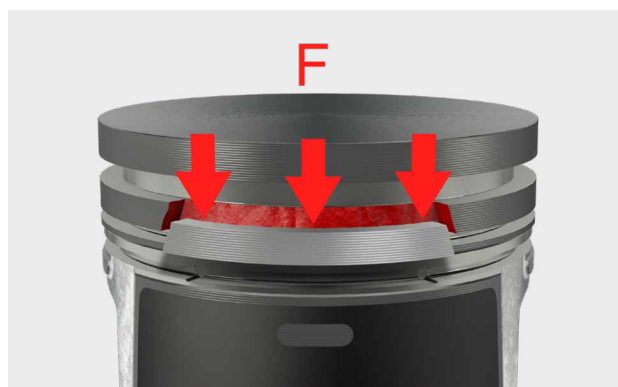
Liczba oktanowa paliwa nie odpowiada wszystkim stanom i obciążeniom silnika (patrz rozdział „Informacje ogólne na temat uszkodzeń tłoków spowodowanych zakłóceniami spalania w silnikach benzynowych“).

Pęknięcia powierzchni międzyrowkowych wskutek spalania stukowego występują przeważnie na stronie górnej. Przyczyną spalania stukowego w silnikach wysokoprężnych jest opóźniony zapłon.

2. Uderzenia cieczy:

Przy nieruchomym lub pracującym silniku ciecz (woda, płyn chłodzący, olej albo paliwo) dostaje się do komory spalania. Ze względu na fakt, że cieczy nie można sprężyć, w układzie sprężania występują ekstremalne obciążenia tłoków i mechanizmu korbowego. Skutek: pęknięcia powierzchni międzyrowkowych, pęknięcia piast lub uszkodzenia korbodółów i wału korbowego.

Rys. 3 pokazuje pęknięcie w przypadku spalania stukowego i uderzenia cieczy: siła powodująca pęknięcie i działająca na powierzchnię międzyrowkową od góry, poszerza powierzchnię pęknięcia w dół.



Rys. 3

3. Błąd montażowy:

Nieprawidłowo zmontowane pierścienie tłokowe wymagają przy montażu tłoków użycia większej siły. Wciskanie lub wbijanie tłoka siłą powoduje mikropęknięcia powierzchni międzyrowkowych. Powierzchnie międzyrowkowe pękają w odwrotnym kierunku, ponieważ w tej sytuacji siła działa od dołu (Rys. 4).



Rys. 4

MOŻLIWE PRZYCZYNY

Spalanie stukowe w silnikach benzynowych:

- Paliwo niedostatecznie odporne na spalanie stukowe. Jakość paliwa musi odpowiadać stosunkowi sprężania silnika, tj. liczba oktanowa paliwa musi w każdej sytuacji pokrywać wymagania silnika w zakresie jakości spalania.
- Olej napędowy w benzynie, powodujący zmniejszenie liczby oktanowej paliwa.
- Za wysoki stosunek sprężania spowodowany nadmiernym zużyciem płaszczyzny kadłuba silnika i głowicy cylindra, np. po remoncie albo tuningu silnika.
- Za wczesny moment zapłonu.
- Zbyt uboga mieszanka, a przez to nadmierne temperatury spalania.
- Za wysokie temperatury powietrza zasysanego wskutek np. niedostatecznej wentylacji komory silnika albo nieprawidłowego przetłoczenia kłapy zasysanego powietrza na tryb letni (szczególnie w przypadku starszych silników gaźnikowych).

Spalanie stukowe w silnikach wysokoprężnych:

- Źle rozpylające albo nieszczelne wtryskiwacze.
- Za niskie ciśnienie wtrysku wtryskiwaczy.
- Za niskie ciśnienia sprężania wskutek montażu nieprawidłowych uszczelek głowicy cylindra, za małe występy tłoków, nieszczelne zawory albo uszkodzone lub zużyte tłoki.
- Uszkodzone uszczelki głowicy cylindra.
- Uszkodzenia komory wstępnej.
- Nieprawidłowe lub nadmierne korzystanie z pomocy rozruchowych (spray rozruchowy) przy uruchamianiu zimnego silnika.
- Uszkodzona turbosprężarka.

W przypadku uderzeń cieczy:

- Przypadkowe zassanie wody przy przejeżdżaniu przez cieki i zbiorniki wodne albo rozbryzgiwanie dużych ilości wody przez jadące z przodu lub wymijane pojazdy.
- Zalanie cylindra przy wyłączonym silniku przez:
 - wodę, przez nieszczelną uszczelkę głowicy cylindra albo pęknięcie części,
 - paliwo, przez nieszczelne wtryskiwacze (tylko silniki benzynowe z wtryskiem paliwa). Ciśnienie pozostające w układzie wtryskowym redukuje się przez nieszczelną dyszę wtryskiwacza do cylindra.

W obu przypadkach uszkodzenie powstaje przy uruchamianiu silnika.

2.4.6 ŚLADY BICIA NA GŁÓWCE TŁOKA (SILNIKI WYSOKOPRĘŻNE)



OPIS

- Wyraźne ślady bicia na głowce tłoka (Rys. 1). Prawie usunięty nagar olejowy.
- Blizny i wtłoczone osady nagaru olejowego w denku tłoka.
- Silne zużycie pierścieni tłokowych, szczególnie pierścienia zgarniającego olej.
- Odcisk komory wirowej przy przedniej krawędzi denka tłoka (Rys. 2).
- Odcisk zaworu na prawej stronie denka.
- Pierwsze oznaki zatarć spowodowanych niedostatecznym smarowaniem na trzonku (Rys. 4).



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3



Rys. 4

OCENA

Podczas pracy tłoki uderzały w głowicę cylindra albo w komorę wirową i zawór. Wskutek działania tych sił nie wystąpiły jeszcze pęknięcia. Obraz zużycia pierścieni tłokowych i trzonka tłoka wskazuje jednak, że wskutek tych uderzeń doszło do zakłóceń spalania przez zalanie paliwem.

Bicie tłoka powoduje wstrząsy głowicy cylindrów. Wprawia to wtryskiwacz w drgania, zamknięty wtryskiwacz nie jest w stanie utrzymać ciśnienia i wtryskuje paliwo w niekontrolowany sposób do cylindra. Skutkiem jest zalanie cylindra paliwem i zniszczenie filmu olejowego. Uszkodzenie to prowadzi do zwiększenia tarcia półpłynnego, a przez to do nadmiernego zużycia pierścieni tłokowych i oleju. Charakterystyczne zatarcia spowodowane przez paliwo (patrz rozdział „Zatarcia wskutek zalania paliwem“) powstają dopiero, gdy film olejowy zostanie uszkodzony na tyle, że jakość smarowania jest niedostateczna.

Trzonek tłoka ulega początkowo lżejszemu uszkodzeniu, ponieważ jest regularnie zasilany z mechanizmu korbowego nowym, posiadającym jeszcze dobre właściwości smarne olejem. Po zmieszaniu cząsteczek ścieru ze strefy suwu tłoka z olejem smarnym i utracie przez rozcieńczony olej właściwości smarnych uszkodzenie rozprzestrzenia się dalej.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Nieprawidłowy występ tłoka. Przy remoncie silnika nie został skontrolowany i w razie potrzeby skorygowany występ tłoka.
- Pozaśrodkowo wywiercona tuleja korbowodu przy wymianie.
- Pozaśrodkowo doszlifowany wał korbowy.
- Pozaśrodkowa obróbka ślepego otworu łożyska (przy regulacji pokrywy łożyska wału korbowego).
- Montaż zbyt cienkich uszczelnień głowicy cylindra.
- Osady nagaru olejowego na główce tłoka, przez to zawężenie lub wyeliminowanie szczeliny (odstępu).
- Nieprawidłowe czasy rozrządu wskutek nieprawidłowego ustawienia, wydłużenia łańcucha, przeskok paska zębatego.
- Nieprawidłowa długość korbowodu.
- Nadmierna obróbka płaszczyzny głowicy cylindra, powodująca przesunięcie czasów rozrządu. (Odległość między kotłem napędzającym i napędzanym ulega zmianie; korekta może być niemożliwa ze względu na fabryczne ustawienie paska lub łańcucha).
- Przy wymianie gniazd zaworowych nie uwzględniono prawidłowej pozycji tych gniazd. Jeżeli powierzchnia gniazda zaworowego nie leży dość głęboko w głowicy cylindra, zawory nie mają prawidłowego dystansu względem głowicy cylindra i za bardzo wystają.
- Nadmierna prędkość obrotowa silnika. Wskutek działania zwiększonej siły masowej zawory nie zamykają się we właściwym czasie i biją w tłok.
- Za duży luz łożyska korbowodu albo zużycie łożyska korbowodu, w szczególności w połączeniu z nadmierną prędkością obrotową silnika przy zjazdach z wzniesień.

2.4.7 OTWÓR W DENKU TŁOKA (SILNIK BENZYNOWY)



OPIS

- W denku tłoka znajduje się przelotowy otwór, pokryty wytopionym materiałem.
- Na trzonku występują otarcia. Przyczyna: wysokie temperatury i zdarty materiał tłoka.



OCENA

Uszkodzenia tego typu powoduje spalanie żarzeniowe. Żarzące się elementy powodują przekroczenie temperatury samozapłonu mieszanki w komorze spalania. Są to przede wszystkim świeca zapłonowa, zawór wydechowy i pozostałości procesu spalania w komorze spalania. Zapłon mieszanki następuje tu przed właściwym zapłonem przez iskrę świecy. Wskutek tego płomień, inaczej niż podczas normalnego spalania, dłużej działa na denko tłoka.

Wskutek spalania żarzeniowego denko tłoka szybko i silnie się rozgrzewa, przez co konsystencja materiału staje się ciastowata. Siły masowe występujące podczas suwów tłoka i szybko przepływające spaliny powodują erozję zmiękczonego materiału. W ten sposób ciśnienie spalania wypycha ściankę denka tłoka do wewnątrz. W wielu przypadkach nie występują otarcia.



WSKAZÓWKA

Tak szybkie rozgrzanie denka tłoka jest możliwe tylko wskutek spalania żarzeniowego.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Świece zapłonowe o niskiej wartości cieplnej.
- Zbyt uboga mieszanka, a przez to nadmierne temperatury spalania.
- Uszkodzone, nieszczelne zawory albo za mały luz zaworowy. Zawory nie zamykają się przez to prawidłowo. Przepływające spaliny silnie rozgrzewają zawory i powodują żarzenie. Dotyczy to przede wszystkim zaworów wydechowych, ponieważ zawory wlotowe są chłodzone świeżymi gazami.
- Żarzące się pozostałości procesu spalania i osady nagaru olejowego w komorze spalania.
- Nieprawidłowy wymiar montażowy wtryskiwaczy (brakujące albo podwójne pierścienie uszczelniające).
- Nieodpowiednie paliwo o niskiej liczbie oktanowej. Jakość paliwa musi odpowiadać stosunkowi sprężania silnika, tzn. liczba oktanowa paliwa musi w każdej sytuacji pokrywać wymagania silnika w zakresie jakości spalania.
- Olej napędowy w benzynie, powodujący zmniejszenie liczby oktanowej paliwa.
- Wysoka temperatura silnika i zasysanego powietrza wskutek niewystarczającej wentylacji komory silnika.
- Ogólne przegrzanie silnika.

2.4.8 OTARCIA GŁÓWKI TŁOKA WSKUTEK UŻYCIA NIEWŁAŚCIWYCH TŁOKÓW (SILNIK WYSOKOPRĘŻNY)



OPIS

- Blizny o ograniczonym zasięgu na głowce tłoka, na całym obwodzie tłoka.
- Blizny biegną od denka tłoka do 2-go pierścienia sprężającego.
- Blizny występują głównie na progu ogniowym.



OCENA

To uszkodzenie jest skutkiem zakłóceń spalania. Usterka nie leży jednak w układzie wtryskowym, lecz jest spowodowana przez montaż nieprawidłowego tłoka. Silniki są konstruowane zgodnie z ustawowymi normami emisji spalin. Tłoki przyporządkowane poszczególnym normom często prawie nie różnią się od siebie optycznie.

W przypadku tego uszkodzenia w obrębie jednego typoszeregu silników stosuje się tłoki o różnych średnicach wgłębienia, odpowiadające różnym normom emisji spalin. Tłok odpowiadający normie Euro 1 (średnica wgłębienia: 77 mm) został przy naprawie silnika wymieniony na tłok odpowiadający normie Euro 2 (średnica wgłębienia: 75 mm).

Ze względu na mniejszą średnicę wgłębienia wtryskiwacz nie trafia paliwem w samo wgłębienie, ale także w krawędź wgłębienia. W punktach uderzenia strumieniem krawędź wgłębienia lub materiał tłoka rozgrzewa się i ulega nadmiernemu rozszerzeniu termicznemu. Rezultatem są otarcia o ograniczonym zasięgu.

Użycie tłoków nieprzystosowanych do typu silnika i normy emisji spalin może spowodować poważne zakłócenia spalania, a wskutek nich nieprzewidywalne uszkodzenia wtórne. Mniej widocznym objawem błędu jest nieosiągnięcie przez pojazd przepisowych wartości emisji, redukcja mocy i zwiększenie zużycia paliwa.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Tłok o nieprawidłowym kształcie, nieprawidłowej głębokości albo nieprawidłowej średnicy wgłębienia.
- Nieprawidłowe wymiary tłoków (np. odległość od sworznia do denka).
- Nieprawidłowy typ tłoków. Jeżeli producent silnika przewidział np. do konkretnego celu kanał chłodzący, nie wolno użyć tłoka bez kanału chłodzącego.
- Użycie nieprawidłowych albo nieprzystosowanych do sposobu działania silnika części (wtryskiwaczy albo pomp wtryskowych, uszczelek głowicy cylindra i innych elementów mających wpływ na skład mieszanki bądź spalanie).

2.4.9 EROZJA PROGU OGNIOWEGO I DENKA TŁOKA (SILNIK BENZYNOWY)



OPIS

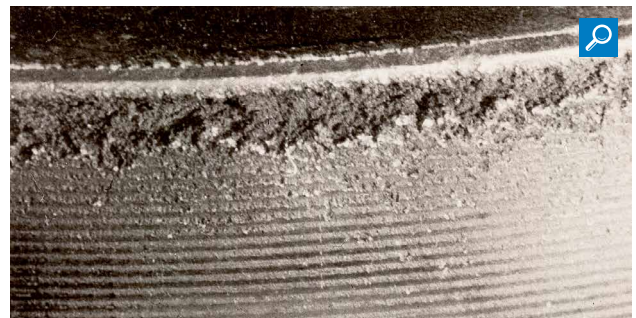
- Erozyjne ubytki materiału z progu ogniowego (Rys. 2) albo powierzchni denka tłoka (Rys. 3).

OCENA

Erozyjne ubytki materiału z progu ogniowego i denka tłoka są zawsze skutkiem długotrwałego spalania stukowego o średnim natężeniu. Powoduje ono rozchodzenie się po cylindrze fal ciśnieniowych, które przemieszczają się między progiem ogniowym i ścianką cylindra do pierwszego pierścienia zgarniającego olej. W miejscu nawrotu fali ciśnieniowej pod działaniem energii kinetycznej z powierzchni tłoka wrywane są cząsteczki.



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Paliwo niedostatecznie odporne na spalanie stukowe. Jakość paliwa musi odpowiadać stosunkowi sprężania silnika, tj. liczba oktanowa paliwa musi w każdej sytuacji pokrywać wymagania silnika w zakresie jakości spalania.
- Zanieczyszczenie benzyny olejem napędowym. Przyczyna: zatankowanie niewłaściwego paliwa albo używanie zbiorników albo kanistrów na zmianę dla jednego i drugiego rodzaju paliwa. Już najmniejsze domieszki oleju napędowego powodują znaczną redukcję liczby oktanowej benzyny.
- Duże ilości oleju w komorze spalania, przepuszczone np. przez zużyte pierścienie tłokowe, prowadnice zaworów i turbosprężarkę spalin. Zmniejszają one odporność paliwa na spalanie stukowe.
- Za wysoki stosunek sprężenia. Przyczyna: pozostałości procesu spalania na denku cylindra względnie nadmierne zeszlifowanie powierzchni kadłuba i głowicy cylindra przy remoncie silnika albo przy tuningu.
- Za wczesny moment zapłonu.
- Zbyt uboga mieszanka, a przez to nadmierne temperatury spalania.
- Za wysokie temperatury powietrza zasysanego. Przyczyny: Niedostateczna wentylacja komory silnika albo zator spalin w układzie wydechowym, nieodpowiedni moment przełączenia kłapy zasysanego powietrza na tryb letni albo defekt automatycznego przełącznika (szczególnie w przypadku starszych silników gaźnikowych).
- Awaria układu regulacji spalania skutkowego.
- Modyfikacja oprogramowania sterownika.

WSKAZÓWKA

Nowoczesne silniki są wyposażone w systemy detekcji spalania skutkowego. Układ regulacji spalania skutkowego przeciwdziała spalaniu stukowemu przez odpowiednią adaptację momentu zapłonu. Układ regulacji spalania skutkowego może jednak zadziałać dopiero, gdy wystąpi już spalanie stukowe. Mimo sprawnego układu regulacji spalania skutkowego nie można wykluczyć uszkodzeń, jeżeli:

- zakres regulacji sterownika silnika jest już niewystarczający
 - albo jest ciągle osiągnana wartość graniczna spalania skutkowego.
-

2.5 PĘKNIĘCIA TŁOKÓW I PIERŚCIENI TŁOKOWYCH

2.5.1 INFORMACJE OGÓLNE NA TEMAT PĘKNIĘĆ TŁOKÓW

W trakcie eksploatacji silnika mogą występować przełomy statyczne i pęknięcia (złamania) zmęczeniowe tłoków.



Rys. 1

Przełom statyczny (Rys. 1) jest zawsze powodowany przez ciało obce, które podczas pracy zderza się z tłokiem. Ciałem obcym może być oderwany fragment korbowodu, wału korbowego, zaworów albo podobna część. Przełom statyczny może też nastąpić, gdy do cylindra dostanie się woda lub paliwo.

Powierzchnie przełomu statycznego mają szary wygląd, nie są zdarte i nie wykazują linii siatki pęknięcia. Tłok pęka nagle, pęknięcie nie powstaje powoli.



Rys. 2

W przypadku pęknięcia zmęczeniowego (Rys. 2) na powierzchni pęknięcia powstają siatki liniowe, które ilustrują punkt wyjścia i stopniowy przebieg pęknięcia. Powierzchnie pęknięcia są często starte na połysk. Przyczyną pęknięcia zmęczeniowego jest przeciążenie materiału tłoka.

Przyczyny przeciążeń to:

- spalanie stukowe,
- silne wstrząsy tłoka, np. uderzenie головки tłoka w głowicę cylindra,
- wady materiału,
- za duży luz trzonka.

Zbyt duże odkształcenia sworznia tłokowego wskutek przeciążeń (wygięcie lub deformacja owalna) prowadzą do pęknięć piast albo pęknięć elementów podporowych. Pęknięcia zmęczeniowe mogą być poza tym powodowane przez spękania wywołane obciążeniami termicznymi.

2.5.2 PĘKNIĘCIE TŁOKA W PIAŚCIE SWORZNIA TŁOKOWEGO



OPIS

- Powstanie tzw. przełomu rozdzielczego aż do denka tłoka. Skutek: rozpad tłoka na dwie części (Rys. 1).
- Pęknięcie zmęczeniowe piasty w osi środkowej otworu pod sworzeń tłokowy (Rys. 2 i 3).



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3: Przekrój piasty sworznia tłokowego

OCENA

Przełomy zmęczeniowe piast powstają wskutek przeciążeń mechanicznych. Ciągłe przeciążanie materiału tłoka prowadzi do wzrostu przemiennych obciążeń siłami zginającymi i zmęczenia materiału. Niedostateczne smarowanie olejem przyspiesza pęknięcie: Naderwanie piasty sworznia tłokowego rozszerza się następnie również przy normalnym obciążeniu. Skutkiem jest rozszczepienie tłoka.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Zakłócenia spalania, w szczególności udarowe spalanie wskutek opóźnienia zapłonu.
- Nadmierne albo nieprawidłowe stosowanie pomocy rozruchowych przy uruchamianiu zimnego silnika.
- Napętnienie cylindra wodą, paliwem lub olejem przy wyłączonym silniku (uderzenie cieczy).
- Zwiększanie mocy (np. tuning sterownika) przy zastosowaniu tłoka seryjnego.
- Nieprawidłowy lub za lekki sworzeń tłokowy. Przeciążenie łożyska sworznia tłoka wskutek deformacji owalnej.

2.5.3 PĘKNIĘCIE TŁOKA PRZEZ ZDERZENIE DENKA TŁOKA Z GŁOWICĄ CYLINDRA



OPIS

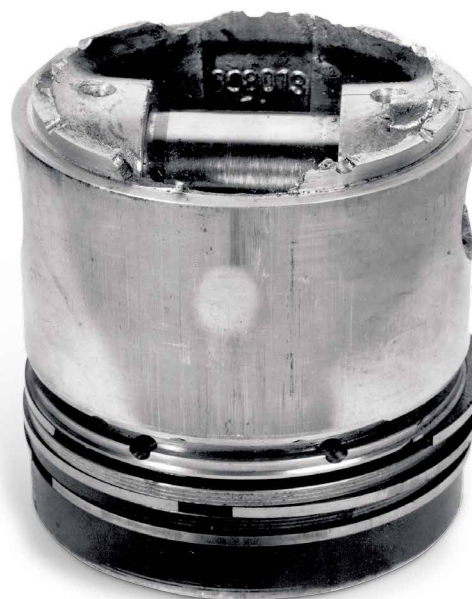
- Ślady uderzeń na denku cylindra (Rys. 1), płaszczyźnie głowicy cylindra i obu zaworach (bez Rys.).
- Pęknięcie w kierunku sworznia tłokowego wskutek wstrząsów i działania siły.
- Trzonek tłoka złamany w dolnym rowku pierścienia zgarniającego, powierzchnie pęknięcia wskazują na pęknięcie zmęczeniowe (Rys. 2).

OCENA

Przyczyną takich uszkodzeń jest szybka sekwencja uderzeń denka tłoka o głowicę cylindra. Tłok poddawany jest tak silnym wstrząsom, że powodują one pęknięcia. Poza tym tłok ustawia się krzywo w cylindrze i uderza trzonkiem o ściankę cylindra. W przypadku tłoków z dolnym pierścieniem zgarniającym olej (Rys. 2) trzonek łamie się przy tym często przy dolnym rowku pierścienia zgarniającego.



Rys. 1



Rys. 2

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Za duży luz łożyska korbowodu albo wytopione łożysko korbowodu, w szczególności w połączeniu z nadmierną prędkością obrotową silnika przy zjazdach z wzniesień.
- Za małą tzw. szerokość szczeliny (minimalna odległość między tłokiem i głowicą cylindra) w dolnym martwym punkcie tłoka. Możliwe przyczyny:
 - Tłoki o nieprawidłowej odległości osi sworznia od denka. Przy remoncie silnika jest też często obrabiana płaszczyna kadłuba silnika. Jeżeli po obróbce użyte zostaną tłoki o pierwotnej odległości osi sworznia od denka, może się okazać, że występ tłoka jest za duży. Dlatego właśnie do napraw oferowane są tłoki o zredukowanej odległości osi sworznia od denka. Dzięki nim występ tłoka mieści się w określonym przez producenta zakresie tolerancji.*
 - Za małą grubość uszczelki głowicy cylindra. Wielu producentów przewiduje w jednym i tym samym silniku uszczelki głowic cylindrów o różnych grubościach: z jednej strony umożliwiają one kompensację tolerancji części w procesie produktu, a z drugiej strony adaptację występu tłoka przy naprawie. Przy naprawach obowiązują więc następujące zasady: Używać tylko uszczelek głowic cylindrów o wymaganej grubości materiału. Zapewnia to uzyskanie po naprawie prawidłowej szerokości szczeliny. Jeżeli w ramach naprawy ma miejsce obróbka lub wymiana kadłuba, grubość uszczelki należy określić na nowo zgodnie z wymaganiami producenta silnika na podstawie występu tłoka.



UWAGA

Kontrola swobody ruchu polegająca na ręcznym obracaniu zimnego silnika nie gwarantuje, że w temperaturze roboczej tłok nie będzie uderzać w głowicę cylindra. Przyczyna: rozszerzenie termiczne powoduje wydłużenie tłoka i korbowodu. Zmniejsza to odległość między denkiem tłoka i głowicą cylindra. Powstają wskutek tego istotne zmiany wymiarów, szczególnie w silnikach pojazdów użytkowych. Zmniejszają one swobodę ruchu tłoka w górnym martwym punkcie o kilka dziesiątych milimetra.

* Motorservice dostarcza dla wielu silników wysokoprężnych tłoki o zredukowanej odległości osi sworznia od denka (KH-). Szczegółowe informacje są podane w katalogu „Pistons and Components“.

2.5.4 WYMYCIE MATERIAŁU W OKOLICY PIERŚCIENIA TŁOKOWEGO (PĘKNIĘCIE PIERŚCIENIA TŁOKOWEGO)



OPIS

- Znaczne wymycie materiału sięgające do denka tłoka w polu pierścienia pierwszego rowka pierścieniowego.
- Silne osiowe zużycie pierwszego rowka pierścieniowego.
- Silne mechaniczne uszkodzenie denka tłoka.
- Trzonek tłoka wykazuje matowo wyszlifowany obraz ruchu.



OCENA

Przyczyną tego uszkodzenia są zanieczyszczenia w komorze spalania. Wskazuje na to silne osiowe zużycie rowka pierścieniowego, szczególnie pierwszego. Zanieczyszczenia osadziły się w ten sposób także w rowku pierścieniowym i spowodowały zużycie cierne pierścienia tłokowego i rowka. Powodowało to ciągłe zwiększanie luzu pierścieni. Poważnie osłabiony na przekroju pierścieni tłokowy nie wytrzymał ciśnienia spalania i pękł. Oderwany fragment pierścienia tłokowego poruszał się dzięki temu praktycznie bez przeszkód w powiększającym się szybko rowku. Jego ciągłe uderzenia spowodowały pokazane na rysunku wymycie materiału. Gdy dotarło ono do denka tłoka, wyłamane fragmenty pierścienia tłokowego dostały się do komory spalania, gdzie spowodowały dalsze uszkodzenia.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Silne osiowe zużycie rowka i pierścieni tłokowych spowodowane przez ciała obce, które dostały się do komory spalania.
- Prawdopodobną przyczyną silnego promieniowego zużycia pierścieni tłokowych bez zużycia osiowego prawdopodobną jest tarcie półtłoczne spowodowane przez zalanie paliwem.

Patrz rozdział „Zużycie promieniowe wskutek zalania paliwem“.

- Jeżeli rowki pierścieniowe i pierścienie tłokowe nie są zużyte, ale przebieg po montażu silnika jest niewielki, przyczyną jest często błąd montażu tłoka. Jeżeli pierścienie tłokowe nie zostaną wciśnięte w rowek dostatecznie głęboko, mogą się ułamać przy wkładaniu tłoka. Dzieje się tak w przypadku używania nieprawidłowych albo uszkodzonych narzędzi albo jeżeli taśma mocująca pierścienia tłokowego nie została prawidłowo ułożona dookoła tłoka i naprężona.
- Trzepotanie pierścieni wywołane nadmiernym luzem. Powodem jest zamontowanie przy naprawie silnika tylko nowego zestawu pierścieni tłokowych, mimo zużycia rowków pierścieniowych w tłoku. Nadmierny luz powoduje, że pierścienie tłokowe zaczynają trzepotać i mogą pęknąć. Inną możliwą przyczyną jest nieprawidłowy zestaw pierścieni tłokowych: wskutek za małej wysokości pierścieni w rowku występuje nadmierny luz osiowy.
- Nieprzystosowany do warunków eksploatacji tłok. Tłoki silników wysokoprężnych posiadają, ze względu na wysokie obciążenia i długą żywotność eksploatacyjną, gniazda pierścieni wykonane z zawierającego nikiel żeliwa. Silniki wysokoprężne o uwarunkowanej konstrukcyjnie niskiej żywotności eksploatacyjnej są często ze względu na koszt wyposażone w tłoki bez gniazd pierścieniowych, np. w maszynach rolniczych. Jeżeli tłok nieposiadający gniazd pierścieniowych musi wytrzymać długi przebieg, odporność rowków na zużycie może się okazać niewystarczająca.

2.6 PĘKNIĘCIA SWORZNI TŁOKOWYCH

2.6.1 INFORMACJE OGÓLNE NA TEMAT PĘKNIĘĆ SWORZNI TŁOKOWYCH

Pęknięcia sworzni tłokowych mogą powstawać wskutek przeciążeń spowodowanych przez zakłócenia spalania albo ciała obce w komorze spalania. Nadmierne lub nieprawidłowe stosowanie pomocy rozruchowych (spray rozruchowy) ma takie same skutki jak ekstremalne zakłócenia spalania.

Ciśnienie gazów spalinowych wywierane na tłok powoduje deformację owalną sworznia tłokowego. Wskutek przeciążenia na końcach sworznia tłokowego może powstać podłużne pęknięcie, wychodzące albo z wewnętrznej, albo z zewnętrznej części tłoka. Pęknięcie będzie dalej jako pęknięcie zmęczeniowe w kierunku środka sworznia tłokowego. W obszarze największego obciążenia siłami ścinającymi i gnącymi między otworem sworznia tłokowego i główką korbowodu kierunek pęknięcia przechodzi w poprzeczny. Ostatecznie powoduje to przełamanie sworznia tłokowego. Oprócz opisanej tu szkody może też dochodzić do pęknięć, których przyczyną są inne uszkodzenia.

2.6.2 PĘKNIĘTY SWORZEŃ TŁOKOWY



OPIS

- Poprzeczne pęknięcie sworznia tłokowego (Rys. 1) na przejściu między korbowodem i piastą sworznia tłokowego.
- Rozszczepienie podłużne krótszej części.
- Powierzchnie pęknięcia mają charakter pęknięcia zmęczeniowego.



Rys. 1

OCENA

Pęknięcia sworzni tłokowych są skutkiem przeciążeń. Wskutek deformacji owalnej sworznia tłokowego i otworach przeciążenie powoduje najpierw podłużne pęknięcie na końcach sworznia tłokowego. Punkt wyjściowy pęknięcia może się znajdować na powierzchni zewnętrznej, jak i wewnątrz otworu. Pęknięcie biegnie dalej jako w kierunku środka sworznia tłokowego. W obszarze największego obciążenia siłami ścinającymi i gnącymi między otworem sworznia tłokowego i główką korbowodu kierunek pęknięcia przechodzi w poprzeczny, co ostatecznie powoduje złamanie całego sworznia tłokowego.

Rys. 2 pokazuje, że pierwsze naderwanie może powstać nie tylko wskutek przeciążenia, lecz także wskutek nieprawidłowego montażu sworznia tłokowego. Strona czołowa pękniętego sworznia tłokowego wyraźnie wskazuje, że naderwanie materiału spowodowało uszkodzenie (przez uderzenie młotkiem). Takie naderwanie może – także przy normalnym obciążeniu – spowodować złamanie sworznia tłokowego.



Rys. 2

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Zakłócenia spalania, często spalanie stukowe.
- Uderzenia cieczy.
- Nieprawidłowe postępowanie ze sworzniem tłokowym przy montażu.
- Przeciążenia sworznia tłokowego przez zwiększenie mocy silnika.
- Osłabienie sworznia tłokowego przez tuning (redukcja masy).
- Nieprawidłowy sworzeń tłokowy.

2.7 USZKODZENIA ZAMKÓW SWORZNI TŁOKOWYCH

2.7.1 INFORMACJE OGÓLNE NA TEMAT USZKODZEŃ ZAMKÓW SWORZNI TŁOKOWYCH

Do zabezpieczania sworzni tłokowych stosuje się druciane rozprężne pierścienie osadcze albo tak zwane pierścienie Seegera. Oba mogą pęknąć lub wyskoczyć czyli zostać wybite z rowka.

Pęknięcie zamków albo odłamanie ich końców jest często spowodowane przemęczeniem materiału wskutek nieprawidłowego postępowania przy montażu. Zamki podlegają obciążeniom w kierunku osiowym tylko wtedy, gdy nastąpi wymuszony ruch osiowy sworznia tłokowego. Jest tak w przypadku błędu równoległości korbowodu albo gdy kołyszający się, niesymetryczny korbowód zakłóca równoległość osi sworznia tłokowego i wału korbowego.

Sworzeń tłoka bije szybko, za zmianę, w zamki i wybija je stopniowo z rowków. Następnie są one dalej dociskane do gładzi cylindra, gdzie są ścierane. W końcu zamki sworzni tłokowych rozpadają się na kawałki. Ich fragmenty są zaciskane między tłokiem i cylindrem. Siły masowe działające w otworach piast sworzni tłokowych powodują nagłe ruchy innych części, co powoduje wymywanie dużych ilości materiałów. Nierzadko odłamane fragmenty dostają się też przez otwór wewnętrzny sworznia tłokowego na drugą stronę tłoka, gdzie również powodują ciężkie uszkodzenia.

2.7.2 USZKODZENIA TŁOKÓW WSKUTEK USZKODZEŃ ZAMKÓW SWORZNI TŁOKOWYCH



OPIS I

- Silnie zniekształcone wybite końce otworów po obu stronach tłoka, niekiedy aż do wysokości pola pierścienia (Rys. 1).
- Wyrwany z rowka i złamany zamek.
- Uszkodzony drugi zamek.
- Sworzeń tłoka przesunął się wskutek braku zamka na zewnątrz, do gładzi cylindra.
- Baryłkowane zużycie strony czołowej sworznia tłokowego przez dłuższy kontakt z gładzią cylindra (Rys. 2).
- Niesymetryczny obraz pracy tłoka.



Rys. 1



Rys. 2

OPIS II

- Niesymetryczny obraz pracy tłoka (Rys. 4).
- Pęknięta piasta sworznia tłokowego i sworzeń tłokowy (Rys. 5 i 6).
- Otwór sworznia zbity w strefie zamków.



Rys. 4



Rys. 5



Rys. 6

OCENA

Zamki sworzni tłokowych, mające postać druciany rozprężnych pierścieni osadczych lub pierścieni Seegera, mogą zostać wypchnięte lub wybite podczas pracy tylko wskutek posuwu osiowego sworznia tłokowego.

Warunek: są one prawidłowo zamocowane i nie uległy uszkodzeniu Przyspieszenia poprzeczne sworznia tłokowego występują zawsze wtedy, gdy oś sworznia tłokowego nie jest równoległa do osi wału korbowego. Jest tak, jeżeli wygięty korbowód powoduje znaczny ukos tłoka. W trakcie suwów dochodzi w ten sposób, wskutek ruchów po zakrzywionej osi, do wybicia zamka sworznia z rowka. Wybity zamek zakleszcza się między przemieszczającym się do góry sworzniem tłokowym, tłokiem i gładzią cylindra.

Ulega tam starciu i rozpada się na kilka części. Bardzo szybko kawałki te niszczą materiał tłoka wskutek działania sił masowych podczas ruchów tłoka (Rys. 2). Pojedyncze kawałki przemieszczają się przez pusty w środku sworzni tłokowy i powodują też zniszczenia po przeciwległej stronie tłoka.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Przesuw osi sworznia tłokowego w czasie pracy silnika wskutek:
 - Wygięcie lub zwichrowanie korbowodu.
 - Krzywo wywiercona główka korbowodu (nierównoległość osi).
 - Oś cylindra nie jest dokładnie prostopadła do osi wału korbowego.
 - Za duży luz łożyska korbowodu, w szczególności w przypadku niesymetrycznych korbowodów.
 - Czop korbowodu nie jest równoległy do osi wału korbowego (błąd obróbki).
- Zastosowanie starych lub zużytych zamków.
- Nieprawidłowy montaż zamków.

2.8 OTARCIA W PIASTACH SWORZNI TŁOKOWYCH

2.8.1 INFORMACJE OGÓLNE NA TEMAT OTARĆ W PIASTACH SWORZNI TŁOKOWYCH

Piasta sworzni tłokowego jest zasilana olejem na zasadzie wymuszonej. Jest zasilana tylko olejem rozbryzgowym. Dlatego też otarcia w punktach łożyskowania sworzni tłokowych są zawsze otarciami spowodowanymi niedostatecznym smarowaniem, o silnie zdartej powierzchni zgrzewami materiału.

W przypadku pływających sworzni tłokowych uszkodzenia otworów sworzni tłokowych powstają głównie:

- wskutek niedostatecznego luzu sworzni tłokowego w tulei korbowodu.
- wskutek zatarcia albo zakleszczenia sworzni tłokowego w tulei korbowodu.

Typową oznaką takich uszkodzeń jest niebieska barwa nalotowa na sworzniu tłoka w obszarze tulei korbowodu.

Jeżeli swoboda ruchu sworzni tłokowego w tulei korbowodu jest ograniczona, musi się on obracać w piaście sworzni tłokowego. Luz pływającego sworzni tłokowego w otworach jest na to jednak za mały. Rezultat: silne rozgrzanie, brak smarowania i otarcia spowodowane niedostatecznym smarowaniem w piaście sworzni tłokowego.

Wskutek silnego rozgrzania tłok rozszerza się znacznie bardziej w strefie otworów sworzni tłokowych, a także na trzonku. Także tutaj może wskutek tego dojść do niedostatecznego smarowania i spowodowanych nim otarcia w otworze cylindra (patrz rozdział „Otarcia 45°“).

W przypadku sworzni tłokowych pasowanych w korbowodach na gorąco przewidziany luz w otworze sworzni tłokowego jest na tyle duży, by mógł tam powstawać film olejowy. Przy montażu eksploatowanych już korbowodów pasowanych na gorąco otwór w korbowodzie nie powinien być zdeformowany czy uszkodzony. W przeciwnym razie wpasowany sworzni tłokowy mógł ulec tak silnemu odkształceniu, że luz w otworze sworzni stałby się niewystarczający, co spowodowałoby powstanie otarć.

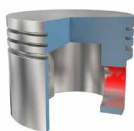
Przy montażu tłoków należy zawsze nasmarować łożysko sworzni, aby zapewnić dostateczną ilość środka smarnego na pierwsze obroty.



WSKAZÓWKA

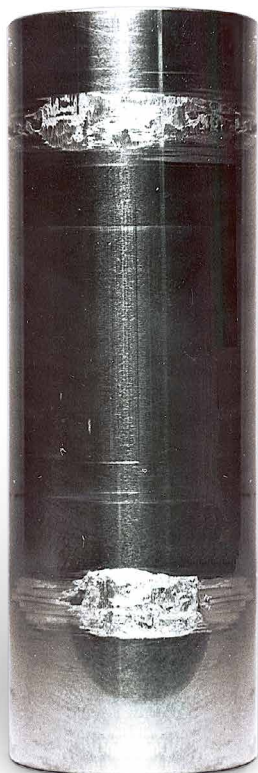
Przy pasowaniu sworzni tłokowego na gorąco w korbowodzie należy pamiętać nie tylko o nasmarowaniu sworzni tłokowego (jak wyżej). Od razu po wpasowaniu sworzni tłokowego nie wolno sprawdzać swobody ruchu łożyska sworzni przez przechylenie tłoka! W tej fazie temperatury obu części (chłodny sworzni tłokowy, gorący korbowód) dopiero się wyrównują. Sworzni tłoka może się silnie rozgrzać; ulega on rozszerzeniu termicznemu i zostaje zaciśnięty w piaście sworzni tłokowego. Ruch łożyska w tym stanie może spowodować zatarcie lub otarcie. Możliwy skutek: utrudniony ruch łożyska, a przez to wzrost tarcia i silniejsze rozgrzewanie. Zmontowane części muszą mieć zawsze możliwość ostygnięcia przed sprawdzeniem swobody ruchu łożyska.

2.8.2 OTARCIA W PIASTACH SWORZNI TŁOKOWYCH (PŁYWAJĄCE SWORZNIĘ TŁOKOWE)



OPIS

- Sworznie tłoka zatarł się w otworach.
- Zgrzany materiał na sworzniu tłokowym (Rys. 1).
- W strefie tulei korbowodu sworznie tłokowy przybrał niebieski kolor.



Rys. 1

OCENA

Niebieskie zabarwienie sworzni tłokowego w strefie tulei korbowodu wskazuje na zbyt mały luz. Sworznie nie mógł się obracać w tulei korbowodu, albo jego ruch był znacznie utrudniony. Wskutek tego sworznie tłokowy obracał się w swoim otworze. Luz pływającego sworzni tłokowego jest jednak za mały. Nadmierne tarcie spowodowało przegrzanie łożyska, nieskuteczność filmu olejowego i wystąpienie otarcia sworzni tłokowego.

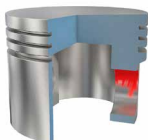
MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Za mały luz między tuleją korbowodu i sworzniem tłokowym.
- Nierównoległość korbowodu spowodowała zmostkowanie luzu w tulei korbowodu i zakleszczenie sworzni tłokowego.
- Nienasmarowane łożysko sworzni przy montażu tłoka.

WSKAZÓWKA

Przy montaż tłoków należy obficie nasmarować łożysko sworzni olejem, aby podczas pierwszych obrotów silnika było zapewnione dostateczne smarowanie i przy uruchamianiu silnika nie powstały nadtarcia.

2.8.3 OTARCIA W PIASTACH SWORZNI TŁOKOWYCH (KORBOWODY PASOWANE NA GORĄCO)



OPIS

- Tłok pracował krótko.
- Brak śladów zużycia na trzonku tłoka.
- Otarcia w piastach sworzni tłokowych po górnej stronie, na którą działa ciśnienie (Rys. 1).
- Powierzchnia otarć metalicznie czysta, brak śladów spalonego oleju.



Rys. 1

OCENA

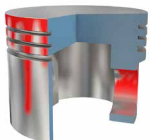
Tłok nie wykazuje prawie żadnych śladów zużycia, mógł więc pracować tylko przez krótki czas. Sworzeń tłoka uległ otarciu już w trakcie pierwszych obrotów silnika.

Metalicznie czyste powierzchnie otarcia wskazują na brak oleju w łożysku sworznia.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Nienasmarowane łożysko sworznia podczas montażu tłoka.
- Przy pasowaniu na gorąco sworznia tłokowego w korbowodzie od razu po wpasowaniu sworznia tłokowego jego łożysko zostało sprawdzone pod kątem swobody ruchu przez przechylenie tłoka. W tym momencie ze względu na nietypowe i niewystępujące podczas pracy różnice temperatur mogło nastąpić uszkodzenie części.

2.8.4 OTARCIA W PIASTACH SWORZNI TŁOKOWYCH (Z OTARCIAMI TRZONKA TŁOKA)



OPIS

- Obustronne otarcia trzonka tłoka, wychodzące z główki tłoka.
- Zatarte pierścienie uszczelniające w rowkach.
- Otarcia w piastach sworzni tłokowych.



OCENA

Koncentracja otarć przy główce tłoka wskazuje na to, że uszkodzenie zostało zapoczątkowane w tym miejscu wskutek zakłóceń spalania. Spowodowało to zatarcie pierścieni tłokowych, a otarcia rozprzestrzeniły się na obszar trzonka.

Gazy spalinowe przepływały przez zatarte pierścienie uszczelniające. Tłok nagrzał się do tego stopnia, że film olejowy w łożysku sworznia przestał spełniać swoje zadanie i powstały otarcia.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

Zakłócenia spalania powodują kombinowane otarcia spowodowane brakiem luzu i niedostatecznym smarowaniem na główce i trzonku tłoka. Powoduje to otarcia w łożysku sworznia.

2.9 GŁOŚNE ODGŁOSY PRACY TŁOKÓW

2.9.1 INFORMACJE OGÓLNE NA TEMAT GŁOŚNYCH ODGŁOSÓW PRACY TŁOKÓW

Odgłosy pracy tłoków mogą być skutkiem najróżniejszych czynników występujących w trakcie eksploatacji silnika.

- **Wahliwe ruchy tłoka spowodowane nadmiernym luzem:**

Z powodu zbyt dużych rozmiarów gniazda cylindra, zużycia albo osunięcia tłoka tłok przechyla się wskutek ruchu wahadłowego korbowodu i zwrotów w cylindrze. Główka tłoka bije przy tym silnie w gładź.

- **Niezachowanie kierunku montażu tłoka:**

W celu zapewnienia zwrotu tłoka przed górnym martwym punktem i przed rozpoczęciem suwu pracy oś sworznia tłokowego jest przesunięta o kilka milimetrów w stronę górnej części tłoka. Jeżeli tłok został obrócony o 180° i tak włożony do cylindra, jego oś jest przesunięta w nieprawidłowym kierunku i zwrot tłoka następuje w niewłaściwym momencie. Powoduje to, że ruch wahliwy tłoka jest silniejszy i głośniejszy.

- **Ruchy wahliwe tłoka spowodowane utrudnionym ruchem łożyska korbowodu:**

Luz między sworzniem tłokowym i tuleją korbowodu może być niedostateczny z powodu zakleszczenia albo deformacji spowodowanych błędem równoległości korbowodu (wygięciem lub zwichrowaniem).

- **Bicie tłoka w kierunku sworznia:**

Przyczyną bocznego bicia tłoka w otwór cylindra jest przeważnie błąd równoległości korbowodu (wygięcie, a szczególnie zwichrowanie): Tłok kołysze się w trakcie suwów dookoła osi podłużnej silnika i bije w cylinder. Niesymetryczne korbowody albo pozaśrodkowe podparcie tłoka przez korbowód mają ten sam efekt.

- **Naprzemienne bicie sworznia tłokowego o zamki:**

Suw osiowy w sworzniu tłokowym jest zawsze skutkiem nierównoległości między osią sworznia tłokowego osią wału korbowego. Jak już wspomniano, najczęstszymi przyczynami są tutaj wygięcie, zwichrowanie lub asymetria korbowodu. Za duży luz korbowodu (czop korbowodu przy wale korbowym) może, szczególnie przy niskich prędkości obrotowych, powodować boczne kołysanie korbowodu. Sworzeń tłokowy porusza się krzywo w korbowodzie i jest przesuwany w tę i z powrotem w otworze sworznia tłokowego. Sworzeń uderza przy tym w zamki.

2.9.2 RADIALNE PUNKTY BICIA NA PROGU OGNIOWYM



OPIS

- Próg ogniowy wykazuje ślady bicia w kierunku przechyłu (Rys. 1).
- Obraz ruchu trzonka tłoka jest wyraźniejszy na dole i u góry niż pośrodku trzonka.



Rys. 1

OCENA

Naprzemienne uderzanie główek tłoka w gładź cylindra powoduje wyraźnie słyszalny odgłos.

Zależnie od przyczyny próg ogniowy bije w ściankę cylindra albo w kierunku przechyłu, albo w płaszczyźnie owalności (kierunek sworznia).

MOŻLIWE PRZYCZYNY – ŚLADY BICIA W KIERUNKU PRZECHYŁU

- Za duży luz montażowy, nieprawidłowe prowadzenie tłoka wskutek złego wywiercenia lub wyhonowania cylindrów.
- Niezachowanie kierunku montażu tłoka o przesuniętej osi.
- Utrudniony ruch łożyska sworznia: powoduje bicie główki tłoka o gładź w tak zwanej płaszczyźnie przechyłu.

Przyczyny:

- Za mały luz w główce korbowodu albo w otworze sworznia.
- Zbyt ściśle wpasowanie sworznia tłokowego w tuleję korbowodu (korbowody pasowane na gorąco). Przy zbyt ścisłym wpasowaniu na gorąco sworznia tłokowego w główce korbowodu ta ostatnia deformuje się w kierunku najmniejszych grubości ścianki. Główka korbowodu i sworzeń tłokowy przybierają przez to owalny kształt. Powoduje to redukcję luzu między tłokiem i sworzniem tłokowym.
- Sworzeń tłoka ze śladami otarcia.

MOŻLIWE PRZYCZYNY – ŚLADY BICIA W KIERUNKU SWORZNIĄ TŁOKOWEGO

- W przypadku błędu równoległości, a szczególnie zwichrowania korbowodu, albo zbyt dużego luzu korbowodu, główka tłoka kołysze się w kierunku sworznia i bije w cylinder.
- Błąd równoległości korbowodu (wygięcie/zwichrowanie): dochodzi do naprzemiennych odchyień sworznia tłokowego od osi ruchu, wskutek których sworzeń tłokowy bije naprzemiennie w zamki.

2.10 CYLINDRY I TULEJE BIEŻNE CYLINDRÓW



2.10.1 PODŁUŻNE PĘKNIĘCIA NA TULEJACH BIEŻNYCH CYLINDRÓW



OPIS

- Pęknięcie pionowe, wychodzące z kołnierza tulei.
- Ze względu na cienkie ścianki cylindrów uszkodzenie to występuje też w przypadku suchych tulei bieżnych cylindrów.



OCENA

Przyczyną pęknięcia jest często nieostrożne postępowanie z tulejami bieżnymi cylindrów (uderzanie). Nawet gdy tuleja bieżna cylindra nie dozna natychmiast widocznego uszkodzenia, mikropęknięcie albo karb może spowodować jej pęknięcie podczas pracy silnika. Takie uszkodzenia może powodować nieprawidłowe przyłożenie kołnierza tulei albo brud między tuleją bieżną cylindra i blokiem cylindrowym. Pęknięcia podłużne spowodowane nieprawidłowym przyłożeniem kołnierza tulei występują często razem z pęknięciami poprzecznymi.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Pęknięcia lub karby spowodowane nieprawidłowym postępowaniem z tulejami bieżnymi cylindrów w czasie transportu i napraw.
- Uderzenia cieczy.
- Ciała obce pod powierzchniami styku i uszczelnień.
- Nieprawidłowe przyłożenie kołnierza (patrz rozdział „Zerwany kołnierz tulei bieżnej cylindra“).
- Wymycie materiału (erozja) z krawędzi tulei bieżnej cylindra wskutek spalania skutkowego, a przez to osłabienie tulei bieżnej cylindra.

2.10.2 ZERWANY KOŁNIERZ TULEI BIEŻNEJ CYLINDRA



OPIS

- Zerwany kołnierz tulei.
- Pęknięcie kołnierza tulei, przebiega od podstawy dolnej krawędzi kołnierza do góry pod kątem ok. 30°.



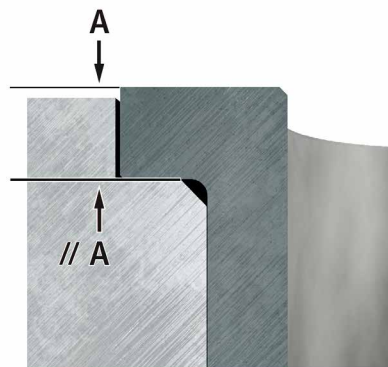
Rys. 1

OCENA

Przyczyną uszkodzenia są momenty zginające powstające wskutek wadliwego montażu (brud, wadliwy kształt). Kołnierz tulei bieżnej cylindra jest przeważnie zaciskany już podczas dokręcania głowicy cylindra. W silnikach pojazdów użytkowych nowej generacji, wyposażonych w pompowtryskiwacz albo układ wtryskowy Common Rail, kadłub silnika jest poddawany coraz większym obciążeniom ze względu na wyższe ciśnienie spalania. W silnikach tego typu stosuje się bardzo twarde stalowe uszczelki głowicy cylindra, co po dłuższym przebiegu może spowodować deformację skrzyni korbowej w miejscu przylegania kołnierza tulei bieżnej cylindra.

WSKAZÓWKA

Deformacji powierzchni przyłożenia kołnierza tulei nie można rozpoznać bez przyrządów optycznych. Można ją łatwo rozpoznać przy użyciu tuszu łożyskowego: wystarczy nanieść cienką warstwę tuszu na powierzchnię przyłożenia kołnierza tulei do kadłuba silnika. Następnie założyć nową tuleję bez uszczelki i wcisnąć w gniazdo. Ponownie wyjąć tuleję bieżną cylindra. Powierzchnia przyłożenia do tulei bieżnej cylindra powinna być teraz na całym obwodzie równomiernie pokryta tuszem. Jeżeli tak nie jest, należy obrobić gniazdo tulei: Najlepiej przy użyciu stacjonarnej wiertarko-frezarki z tokarką do gniazd tulei. Gwarantuje to równoległość płaszczyzny do powierzchni obudowy (Rys. 2).



Rys. 2

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Uszkodzona powierzchnia przyłożenia kołnierza tulei do kadłuba silnika po długim przebiegu.
- Zabrudzona albo skorodowana powierzchnia przyłożenia kołnierza tulei.
- Brak prostopadłości i/lub płaszczyznowości powierzchni przyłożenia kołnierza tulei (Rys. 2 i Rys. 5).
- Nieprawidłowe uszczelnienie głowicy cylindra.
- Niezachowanie podanych przez producenta momentów dokręcających i kątów obrotu przy montażu głowicy cylindra.
- Nieprawidłowa ilość pierścieni uszczelniających.

- Zakleszczone pod kołnierzem tulei pierścienie uszczelniające.
- Użycie uszczeltek o nieprawidłowych rozmiarach.
- Użycie płynnych uszczelniaczy.
- W przypadku suchych tulei bieżnych cylindrów typu Pressfit: błąd w montażu, za duża siła pasowania.
- Niezachowanie wymaganego występu tulei (Rys. 6):
 - Przy zbyt dużym występie tulei bieżnej cylindra kołnierz tulei jest zaciskany przy dociąganiu śrub głowicy cylindra.
 - W przypadku zbyt małego występu tuleja bieżna cylindra nie jest dostatecznie mocno dociśnięta do gniazda tulei i zaczyna się kołysać wskutek ruchów tłoka. Działające przy tym siły powodują zerwanie kołnierza tulei.
- Niezachowanie prawidłowego kształtu przy obróbce gniazda tulei. Kształt gniazda tulei musi być zgodny z kształtem tulei bieżnej cylindra. Przejście powierzchni kołnierza w gniazdo pasowane musi posiadać fazkę o kącie $0,5 - 1,0 \text{ mm} \times 45^\circ$. Dzięki temu wyokrąglenie kołnierza tulei nie siedzi na krawędzi. Niezachowanie tej zasady może spowodować, że kołnierz tulei będzie bardzo lekko zaciśnięty przy dociąganiu głowicy cylindra (Rys. 3). Poza tym promień wyokrąglenia gniazda tulei („D“ na Rys. 4) nie może być za duży, aby tuleja bieżna cylindra nie pracowała na zewnętrznej lub wewnętrznej krawędzi kołnierza tulei.

WSKAZÓWKA

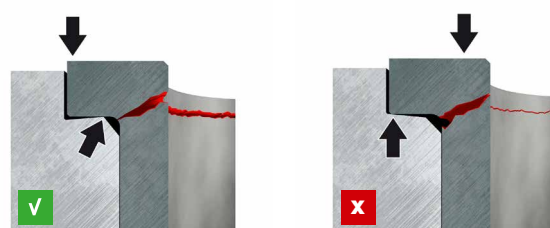
Przy obróbce powierzchni przyłożenia kołnierza tulei podczas remontu silnika należy zapewnić wymagany występ tulei bieżnej cylindra względem powierzchni cylindra: Można go zapewnić albo przez podłożenie stalowych podkładek kompensujących, albo zastosowanie tulei bieżnych cylindrów z nadwymiarowymi wieńcami kołnierzy* (jest to zalecane).



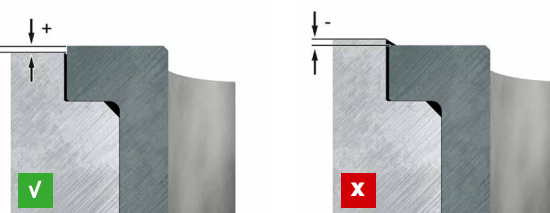
Rys. 3



Rys. 4



Rys. 5



Rys. 6

* Motorservice dostarcza dla większości silników tuleje bieżne cylindrów z nadwymiarowymi wieńcami kołnierzy. Szczegółowe informacje są podane w katalogu „Pistons and Components“.

2.10.3 KAWITACJA TULEI BIEŻNYCH CYLINDRÓW



OPIS

- Silne objawy kawitacji na płaszczu wodnym mokrej tulei bieżnej cylindra (Rys. 1 i 2).
- Wniknięcie płynu chłodzącego do komory spalania.



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3: Przekrój tulei bieżnej cylindra

OCENA

Kawitacja występuje przeważnie w płaszczyźnie przechyłu tłoka (strona górna lub dolna). Jej przyczyną są wysokoczęstotliwościowe wibracje ścianki cylindra. Wibracje te są wywoływane przez siły boczne przenoszone przez tłok, ciśnienie spalania i zwroty w dolnym i górnym martwym punkcie. Jeżeli płyn chłodzący nie jest w stanie podążać za wibracjami ścianki cylindra, film wodny odrywa się od tulei bieżnej cylindra. Powstaje strefa podciśnienia zawierająca pęcherzyki pary, która podczas ruchu powrotnego ścianki cylindra zapadają się (implodują) z dużą szybkością. Woda, która zastąpiła pęcherzyki, uderza nagle w powierzchnię cylindra. Energia uderzenia wyrywa z niej mikroskopijne cząsteczki, co stopniowo powoduje powstanie (wymycie) dziur.

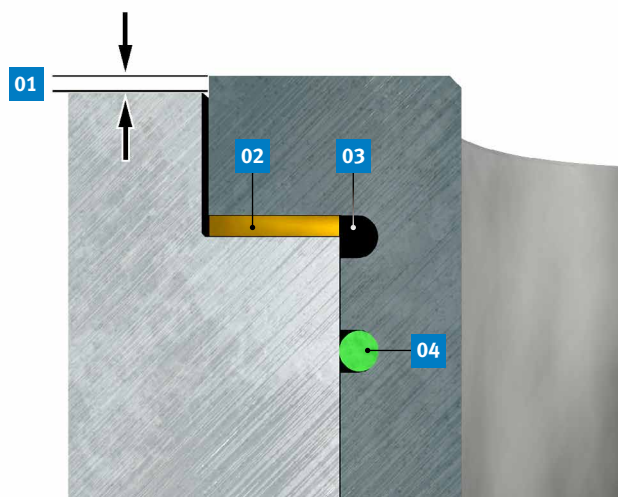
Szczególna cecha kawitacji: otwory są poszerzone do wewnątrz (Rys. 3), co wytwarza w materiale jamy.

Czynniki wywołujące kawitację

- Za wysoka temperatura płynu chłodzącego.
- Za niskie ciśnienie płynu chłodzącego.
- Za niska temperatura wrzenia płynu chłodzącego.
- Połączenie wymienionych wyżej czynników.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Nie został zachowany poprawny luz tłoka, np. w przypadku ponownego montażu eksploatowanych już tłoków albo za dużych wymiarów wykonanego cylindra.
- Wada kształtu powierzchni przyłożenia kołnierza tulei – wadliwe lub niedokładne osadzenie tulei bieżnej cylindra w obudowie (patrz rozdział „zerwany kołnierz tulei bieżnej cylindra“).
- Brak wymaganego środka przeciwmrozowego i środka antykorozyjnego w płynie chłodzącym. Środek antykorozyjny zawiera inhibitory, które zapobiegają spienianiu. Ze względu na to, że inhibitory te ulegają zużyciu, płyn chłodzący musi być wymieniany co 2 lata z zachowaniem właściwego stosunku mieszania.
- Nieodpowiednie płyny chłodzące, takie jak słona woda (morska), woda agresywna lub kwaśna albo inne ciecz.
- Niedostateczne ciśnienie w układzie chłodzenia. Przyczyna: nieprawidłowe korki chłodnicy (nieutrzymujące dostatecznego ciśnienia w związku z na defekt zaworu nadciśnieniowego). Gdy w układzie chłodzenia panuje prawidłowe ciśnienie, temperatura wrzenia płynu chłodzącego jest wyższa niż pod ciśnieniem atmosferycznym. Ciśnienie nie eliminuje przyczyny tworzenia pęcherzyków, ale utrudnia przynajmniej ich powstawanie.
- Nieprawidłowe pierścienie uszczelniające i/lub masa uszczelniająca albo silikon na kołnierzu tulei.
- Nieprawidłowa ilość pierścieni uszczelniających.
- Za niska temperatura robocza silnika: Jeżeli silnik nie osiąga normalnej temperatury roboczej w określonych warunkach albo wskutek uszkodzenia termostatu, w układzie chłodzenia nie może zostać wytworzone ciśnienie, ponieważ płyn chłodzący ulega mniejszemu rozszerzeniu termicznemu. Za niska temperatura robocza powoduje też, że również tłoki nie ulegają prawidłowemu rozszerzeniu termicznemu i pracują z nadmiernym luzem. Obie te sytuacje ułatwiają tworzenie pęcherzyków, a więc kawitację.
- Montaż dodatkowych pierścieni uszczelniających w podcięciu kołnierza tulei (Rys. 4): Tutaj wolno stosować wyłącznie pierścienie uszczelniające jednoznacznie zalecone przez producenta.



Rys. 4

- 01 występ tulei
- 02 pierścień tombakowy
- 03 podcięcie
- 04 oring

2.10.4 NIERÓWNIERNE ZUŻYCIE GŁADZI



OPIS

- Korozja na średnicy zewnętrznej tulei bieżnej cylindra (Rys. 1).
- Nierównomierny obraz zużycia z pojedynczymi, połyskliwymi punktami tarcia na powierzchni cylindra (Rys. 2).
- Tłok nie jest uszkodzony.
- Utrata oleju w miejscach uszczelnienia, szczególnie przy radialnych pierścieniach uszczelniających.



Rys. 1



Rys. 2

OCENA

Połyskliwe, nierównomierne obrazy zużycia powierzchni bieżnych w cylindrach zawsze wskazują na deformację cylindra. Mokra i suche tuleje bieżne cylindrów mogą ulec deformacji od razu po montażu. Pierścienie tłokowe zdeformowanych otworów cylindrów nie są w stanie uszczelnić cylindra ani wobec oleju, ani wobec gazów spalinowych.

Olej przepływa przez pierścienie do komory spalania, gdzie jest spalany. Obok tłoka przedostaje się większa ilość spalin, które zwiększają ciśnienie w skrzyni korbowej. Nadciśnienie powoduje ubytek oleju w miejscach uszczelnienia silnika, w szczególności przy radialnych pierścieniach uszczelniających. Poza tym olej jest przepychany przez prowadnice zaworów do kanałów ssących i wydechowych, gdzie jest spalany przez silnik albo wyrzucany.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- W przypadku suchych tulei bieżnych cylindrów, w ślepych otworach kadłuba silnika powstają często duże nierówności spowodowane korozją stykową (w miejscach pasowania, Rys. 1). Środki zapobiegawcze: staranne wyczyszczenie otworu cylindra albo, jeżeli nie daje to efektu, dodatkowa obróbka ślepych otworów cylindrów, a następnie montaż tulei bieżnych cylindrów z występem zewnętrznym*. Cienkościenne tuleje bieżne cylindrów muszą być dokładnie przyłożone na całej swojej długości i całym swoim obwodzie. W przeciwnym razie ulegną deformacji już przy montażu w otworach. Podczas pracy silnika deformacja powiększa się. W przypadku suchych tulei bieżnych cylindrów rozróżnia się między wersjami Pressfit i Slipfit. Tuleje bieżne cylindrów typu Pressfit są wciskane w kadłub silnika, po czym wymagają nawiercenia i wyhonowania. Tuleje typu Slipfit są wykończone i wystarczy je wsunąć w otwór cylindra. Ze względu na luz występujący między tuleją bieżną cylindra i otworem cylindra wersja ta – w przeciwieństwie do wersji Pressfit – ma raczej skłonność do problemów związanych z deformacją i korozją.
- Nierównomierne albo nieprawidłowe dokręcenie śrub głowicy cylindra.
- Nierówne płaszczyzny kadłuba silnika i głowicy cylindra.
- Zanieczyszczone albo zdeformowane gwinty śrub głowicy cylindra.
- Nieprawidłowa albo nieodpowiednia uszczelka głowicy cylindra.
- Znaczna deformacja cylindra wskutek nieprawidłowego przyłożenia kołnierza tulei, nieprawidłowego występu kołnierza tulei i zdeformowanej i/lub wybitej dolnej prowadnicy tulei.
- Zbyt luźne lub zbyt ściste osadzenie tulei w obudowie (w przypadku suchych tulei bieżnych cylindrów).

Szczególnie w przypadku cylindrów żeberkowych:

- Błędy równoległości cylindrów żeberkowych. Pojedyncze cylindry żeberkowe muszą być ustawione dokładnie równoległe do skrzyni korbowej i głowicy cylindra i mieć jednakową wysokość.
- Nieprawidłowo zainstalowane albo brakujące owiewki cylindrów.
- Sworznie mocujące stykające się w otworach z obudową cylindra.

- Mechaniczny styk z sąsiednim cylindrem.
- Nierównoległe powierzchnie uszczelnień kolektora ssącego i wydechowego. Przed dokręceniem głowicy cylindrów kolektor ssący i wydechowy wymagają zmontowania. Przyczyna: wszystkie powierzchnie uszczelnień muszą być równoległe, cylindry żeberkowe i głowice cylindrów nie mogą się odkształcać przy dokręcaniu kolektora.

Szczególnie w silnikach bez tulei bieżnych cylindrów:

- Zdeformowane otwory cylindrów. Niektóre silniki mają tendencje do deformacji przy montażu głowicy cylindra. W razie normalnego nawiercenia i wyhonowania takich silników podczas późniejszej eksploatacji mogą wystąpić problemy.

Zalecenie:

W kadłubach silników bez tulei bieżnych cylindrów, z otworami cylindrów wierconymi bezpośrednio w kadłubie, przed obróbką cylindra zaleca się przykręcenie płytki dociskowej do płaszczyzny cylindra. Płytkę taką ma, z wyjątkiem kanałów wodnych, takie same otwory jak kadłub silnika i grubość kilku centymetrów. Po dokręceniu wymaganym momentem płytka dociskowa symuluje zamontowaną głowicę cylindra. Deformacje w otworach cylindrów, które mogą powstać przy dokręcaniu śrub głowicy cylindrów, są w ten sposób kontrolowane i mogą zostać uwzględnione podczas obróbki. Zapewnia to okrągłość i cylindryczność otworu cylindra w trakcie późniejszej eksploatacji silnika (pod warunkiem prawidłowej obróbki).

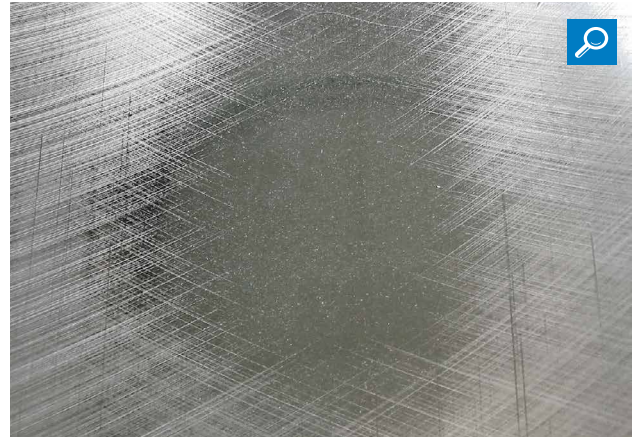
* Motorservice dostarcza dla większości silników tuleje bieżne cylindrów z nadwymiarowymi wieńcami kołnierzy. Szczegółowe informacje są podane w katalogu „Pistons and Components”.

2.10.5 POŁYSKLIWE, METALICZNIE NAGIE MIEJSCA W GÓRNEJ CZĘŚCI GŁADZI

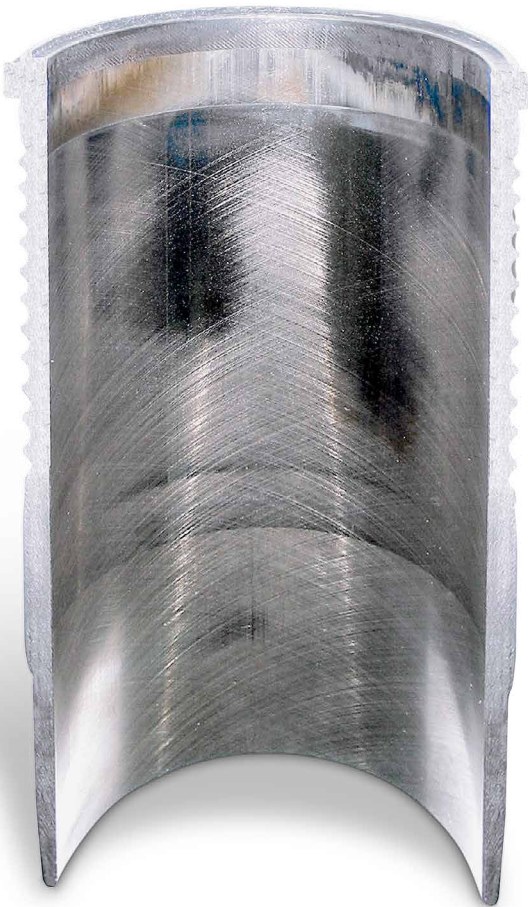


OPIS

- Połyskliwe, metalicznie nagie miejsca bez wyhonowanej struktury na gładzi cylindra (Rys. 1 i 2).
- Tłok nie nosi śladów zużycia.
- Osady nagaru olejowego na progu ogniowym.
- Podwyższone zużycie oleju.



Rys. 2



Rys. 1



Rys. 3

OCENA

Tego rodzaju uszkodzenia występują, gdy w trakcie eksploatacji na progu ogniowym powstaje twardy osad nagaru olejowego, którego źródłami są spalanie oleju i zakłócenia spalania (Rys. 3). Osad ten ma właściwości cierne. Podczas eksploatacji silnika prowadzi to, w połączeniu z ruchami i zwrotami tłoka, do intensyfikacji zużycia w górnej części cylindra. Wzrost zużycia oleju nie jest powodowany przez błyszczące otarcia. Nie powodują one nadmiernych zakłóceń okrągłości cylindra. Pierścienie tłokowe w dalszym ciągu prawidłowo spełniają rolę uszczelniającą. Nie jest też zakłócone smarowanie cylindra, ponieważ mimo utraty wyhonowanej struktury w otwartych żyłach grafitu na powierzchni cylindra może się utrzymać dostateczna ilość oleju. Przy ocenie tego rodzaju uszkodzenia ważna jest odpowiedź na pytanie, czy połyskliwe otarcia występują tylko w tych miejscach cylindra, które mają kontakt z zanieczyszczonym nagarem progiem ogniowym. Jeżeli połyskliwe miejsca występują też w innych obszarach, przyczyną uszkodzenia są raczej:

- deformacja cylindra (patrz rozdział „Nierównomierne zużycie cylindra“),
- zalanie paliwem (patrz rozdział „Zużycie tłoków, pierścieni tłokowych i cylindrów spowodowane wskutek zalania paliwem“),
- zanieczyszczeniem (patrz rozdział „Zużycie tłoków, pierścieni tłokowych i cylindrów wskutek zanieczyszczeń“).

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Do komory spalania dostaje się za dużo oleju, wskutek uszkodzenia turbosprężarki, niedostatecznej separacji oleju przy odpowietrzaniu silnika, uszkodzone uszczelki trzonków tłoków itd.
- Nadmierne ciśnienie w skrzyni korbowej wskutek zbyt dużej ilości gazów przedmuchowych albo uszkodzenia odpowietrzacza obudowy skrzyni korbowej.
- Niedostateczna obróbka wykańczająca cylindrów, wskutek której do komory spalania dostaje się za dużo oleju (patrz rozdział „Zużycie pierścieni tłokowych krótko po remoncie generalnym silnika“).
- Stosowanie niezaaprobowanych lub złych jakościowo olejów silnikowych.

2.10.6 PĘKNIĘCIE TULEI BIEŻNEJ CYLINDRA WSKUTEK UDERZENIA CIECZY



OPIS

- Górna część tulei bieżnej cylindra silnie uszkodzona przez spękania i otarcia na bieżni (Rys. 2 i 3).
- Otarcia tłoków po stronie górnej i dolnej.
- W denku tłoka: nieckowate wgłębienie w obszarze otarć (Rys. 4).



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3



Rys. 4

OCENA

Tuleja bieżna cylindra została uszkodzona przez uderzenie cieczy. Spowodowało ono rozsadzenie tulei bieżnej cylindra i wgłębienie w denku tłoka.

Materiał tłoka został wyciśnięty na zewnątrz i spowodował znaczne zawężenie luzu tłoka w otworze cylindra. Nie można stwierdzić, czy do uderzenia cieczy doszło w czasie pracy silnika czy przy jego uruchamianiu.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Przypadkowe zassanie wody przy przejeżdżaniu przez cieki i zbiorniki wodne albo rozbryzgiwanie dużych mas wody przez jadące z przodu lub wymijane pojazdy.
- Zalanie cylindra przy wyłączonym silniku przez:
 - płyn chłodzący, przez nieszczelną uszczelkę głowicy cylindra albo pęknięcie części,
 - paliwo, przez wadliwe i nieszczelne dysze wtryskowe. Ciśnienie pozostające w układzie wtryskowym redukuje się przez nieszczelną dyszę wtryskiwacza do cylindra. Uszkodzenie powstaje przy uruchamianiu silnika.

2.11 NADMIERNE ZUŻYCIE OLEJU

2.11.1 INFORMACJE OGÓLNE NA TEMAT ZUŻYCIA OLEJU

Na całkowite zużycie oleju składa się głównie zużycie oleju (spalanego w komorze spalania) i ubytek oleju (nieszczelności). Tę część oleju, która dostaje się przez pierścienie tłokowe i ściankę cylindra do komory spalania i ulega tam spalaniu, można dzisiaj pominąć. Dzięki ciągłemu ulepszaniu części silników, materiałów i procesów produkcyjnych ulega redukcji zużycie cylindrów, tłoków i pierścieni tłokowych, a więc także zużycie oleju. Dowodzą tego coraz wyższe przebiegi i malejąca ilość uszkodzeń mechanizmu korbowego. Spalania oleju w komorze spalania nie da się jednak uniknąć całkowicie, można je tylko zminimalizować: elementy współpracujące, czyli tłoki, pierścienie tłokowe i gładź cylindra, wymagają ciągłego smarowania. W czasie spalania film olejowy na ściance cylindra jest narażony na działanie wysokich temperatur spalania. W zależności od mocy i obciążenia silnika, jakości oleju silnikowego i temperatury wyparowuje i spala się tutaj pewna ilość oleju silnikowego.

Powodem przyspieszonego zużycia tłoków, pierścieni tłokowych i cylindrów, a wskutek niego nadmiernego zużycia oleju, nie są przeważnie same te części. Prawie zawsze zużycie części spowodowane jest działaniem jakiegoś czynnika zewnętrznego: zakłócenia spalania wskutek błędów układu sterowania składem mieszanki, zanieczyszczenia dostające się z zewnątrz do silnika, niedostateczne chłodzenie silnika, zbyt mała ilość oleju, zła jakość oleju i błędy montażu. Szczegółowe opisy uszkodzeń dotyczących tłoków i cylindrów znajdują się na następnych stronach.



WSKAZÓWKA

Temat zużycia oleju omawia oddzielna broszura „Zużycie oleju i ubytek oleju“.

2.11.2 BŁĘDY MONTAŻU PIERŚCIENIA ZGARNIAJĄCEGO OLEJ



OPIS

- Pierścienie tłokowe i tłoki nie wykazują śladów zużycia (Rys. 1).
- Ułamany koniec sprężyny rozprężnej 3-częściowego pierścienia zgarniającego olej.
- Rysy w rowku pierścienia zgarniającego olej.



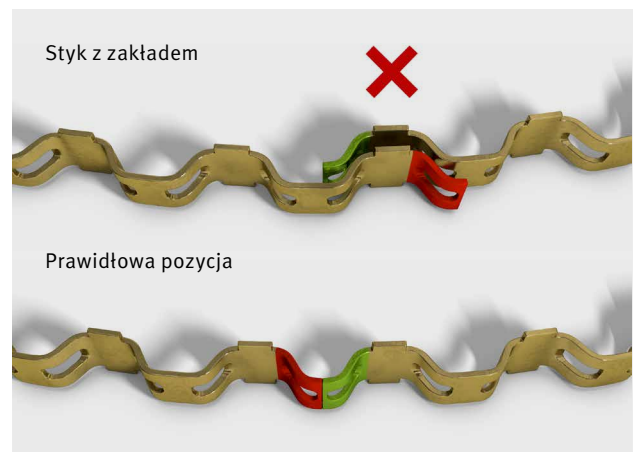
Rys. 1

OCENA

Montaż sprężyny rozprężnej z zakładem skraca długość obwodu. Skutek: pęknięcie sprężyny i/albo utrata naprężenia blaszek. Nie przylegają one już ściśle do ścianki cylindra i nie zgarniają oleju. Olej dostaje się do komory spalania, gdzie ulega spalaniu. Skutek: nadmierne zużycie oleju.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Nieprawidłowe pierścienie zgarniające olej.
- Błędy montażowe.



Rys. 2

UWAGA

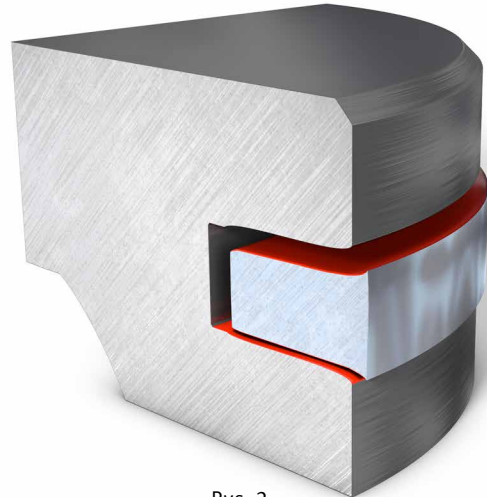
Oba kolory sprężyny rozprężnej muszą być widoczne po montażu wielowarstwowych pierścieni tłokowych. Należy więc zawsze – nawet w przypadku wstępnie zmontowanych pierścieni tłokowych – kontrolować to ustawienie przed zamontowaniem tłoków (Rys. 2).

2.11.3 ZUŻYCIE TŁOKÓW, PIERŚCIENI TŁOKOWYCH I GŁADZI CYLINDRÓW WSKUTEK ZANIECZYSZCZEŃ



OPIS

- Tłoki: matowo wyszlifowany obraz ruchu trzonka z drobnymi podłużnymi wyżłobieniami na progu ogniowym i trzonku tłoka.
- Wytarte żłobki obrotowe na trzonku.
- Zużyte boki pierścieni uszczelniających, w szczególności na pierwszym pierścieniu tłokowym oraz na bokach rowków pierścieniowych (Rys. 2).
- Znacznie zwiększony luz pierścieni uszczelniających, szczególnie pierwszego pierścienia tłokowego.



Rys. 2



Rys. 1

Rys. 3

OCENA

Ciała obce w obiegu oleju powodują wyżłobienia tłoków i pierścieni tłokowych, matowy obraz zużycia na trzonku i ślady tarcia na bokach pierścieni (Rys. 4 i 5). Zużyte na bieżniach i bokach pierścienie tłokowe nie uszczelniają już dostatecznie cylindra i nie zapobiegają wnikaniu oleju do komory spalania. Jednocześnie spaliny przepływające przez tłok zwiększają ciśnienie w skrzyni korbowej. Możliwy skutek: wycieki oleju z radialnych pierścieni uszczelniających wałów, uszczelek trzonków tłoków i innych uszczelnień. Ślady tarcia na pierścieniach tłokowych powstają, jeżeli w rowku pierścienia nagromadziły się cząsteczki zanieczyszczeń. Obracający się pierścień tłokowy ciągle natrafia w rowku na twarde cząsteczki zanieczyszczeń, które pozostawiają charakterystyczne ślady tarcia.



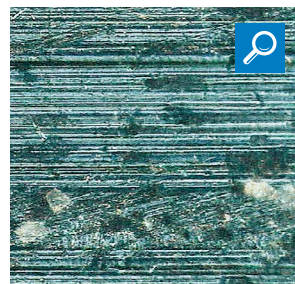
Rys. 4



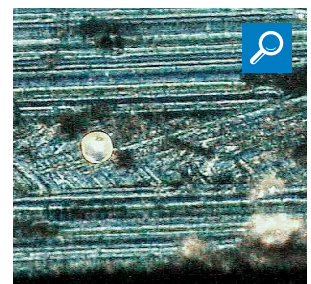
Rys. 5

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Powodujące efekt cierny zanieczyszczenia, które wskutek niedostatecznej filtracji dostają się z zasasywanym powietrzem do silnika, np. w przypadku:
 - braku, uszkodzenia, deformacji i nieprawidłowej konserwacji filtrów powietrza,
 - nieszczelności układu ssania, np. zdeformowane kołnierze, brakujące uszczelki czy uszkodzone albo porowate węże.
- Zanieczyszczenia, które pozostały po remoncie silnika. Części silnika czyści się często przy remoncie piaskiem lub peretkami szklanymi w celu oczyszczenia powierzchni z osadów i pozostałości produktów spalania. Jeżeli materiał użyty do piaskowania nie zostanie prawidłowo usunięty z materiału, może się uwolnić w trakcie eksploatacji silnika i spowodować nadmierne zużycie ciernie. Zdjęcia mikroskopowe na Rys. 6 i 7 pokazują uszkodzenie przez zanieczyszczenia w spolaryzowanym oświetleniu. Widać na nich wyraźnie odłamki perełek szklanych, a nawet całe takie peretki.
- Cząsteczki ściery powstające podczas docierania silnika i w razie zbyt późnej wymiany oleju ponownie wnikają przez obieg oleju do elementów współpracujących, gdzie powodują uszkodzenia. Uszkodzeniom ulegają przy tym szczególnie ostre, zgarniające olej krawędzie pierścieni tłokowych.



Rys. 6



Rys. 7

2.11.4 ZUŻYCIE TŁOKÓW, PIERŚCIENI TŁOKOWYCH I CYLINDRÓW WSKUTEK ZALANIA PALIWEM



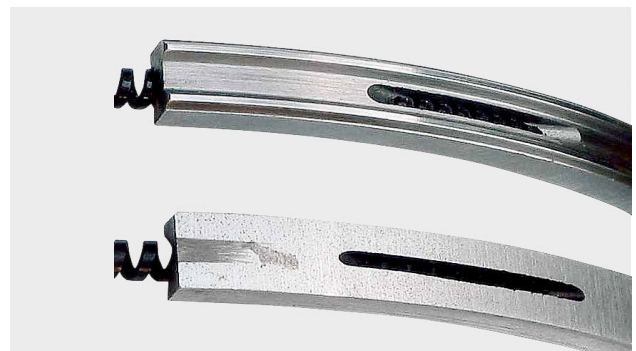
OPIS

- Oznaki silnego zużycia progu ogniowego i trzonka tłoka.
- Zatarcia na trzonku tłoka – charakterystyczne dla pracy bez środka smarnego wskutek zalania paliwem.
- Pierścienie tłokowe wykazują ślady silnego radialnego zużycia (Rys. 1). Oba progi (powierzchnie nośne) pierścienia zgarniającego olej są starte (Rys. 2). Dla porównania na Rys. 3: profil nowego i starego pierścienia zgarniającego olej (podkładki sprężyste z fazką).
- Podwyższone zużycie oleju.



Rys. 1

Rys. 2



Rys. 3

OCENA

Zalanie paliwem wskutek zakłóceń spalania zawsze powoduje uszkodzenie filmu olejowego. Jego skutkami są zwiększony udział tarcia półtłycznego i silne zużycie radialne pierścieni tłokowych w dość krótkim czasie. Charakterystyczne zatarcia spowodowane przez paliwo (patrz rozdział „Zatarcia wskutek zalania paliwem“) powstają dopiero, gdy film olejowy zostanie uszkodzony na tyle, że jakość smarowania jest niedostateczna. Coraz mniej skuteczne smarowanie powoduje znaczne zużycie pierścieni tłokowych, rowków pierścieni tłokowych i gładzi cylindrów.

Trzonek tłoka ulega początkowo lżejszemu uszkodzeniu, gdyż jest regularnie zasilany z mechanizmu korbowego nowym, posiadającym jeszcze dobre właściwości smarne olejem. Po zmieszaniu ścieru ze strefy suwu tłoka z olejem smarnym i utracie przez coraz bardziej rozcieńczony olej właściwości smarnych zużycie rozprzestrzenia się na wszystkie punkty łożyskowania silnika. Dotyczy to szczególnie sworzni tłokowych i czopów wału korbowego.

MOŻLIWE PRZYCZYNY

- Częsta jazda po krótkich odcinkach, powodująca rozcieńczenie oleju paliwem.
- Domieszanie płynu chłodzącego do oleju silnikowego.
- Niedostateczna jakość oleju silnikowego.
- Zalanie paliwem wskutek niepełnego spalania spowodowanego zakłóceniami sterowania składem mieszanki.
- Uszkodzenia instalacji zapłonowej (braki iskry).
- Niedostateczne ciśnienie sprężania albo złe napełnianie cylindra przez starte lub potamane pierścienie tłokowe.
- Nieprawidłowy występ tłoka: tłok bije w głowicę cylindra. Spowodowane tym wibracje prowadzą w silnikach wysokopiężnych z wtryskiem bezpośrednim do niekontrolowanego wtryskiwania paliwa z wtryskiwaczy i zalanie cylindra paliwem (patrz rozdział „Ślady bicia na głowce tłoka“).
- Złe napełnianie przez zatkany filtr powietrza.
- Wadliwe i nieszczelne dysze wtryskowe.
- Wadliwa lub nieprawidłowo ustawiona pompy wtryskowa.
- Źle ułożone przewody wtryskowe (drgania).
- Złe napełnianie przez wadliwą lub zużytą turbosprężarkę.
- Niska jakość paliwa (słaby samozapłon i niepełne spalanie).

2.11.5 ZUŻYCIE PIERŚCIENI TŁOKOWYCH KRÓTKO PO REMONCIE GENERALNYM SILNIKA



OPIS

- Tłoki nie wykazują uszkodzeń ani zużycia.
- W ramach pobieżnych oględzin pierścienie tłokowe nie wykazują zużycia, po dokładnym obejrzeniu widać nienormalne zużycie zgarniających olej krawędzi pierścieni, głównie dolnych (patrz powiększenie).
- Wyczuwalny zadziór na dolnej krawędzi bieżni pierścienia tłokowego.

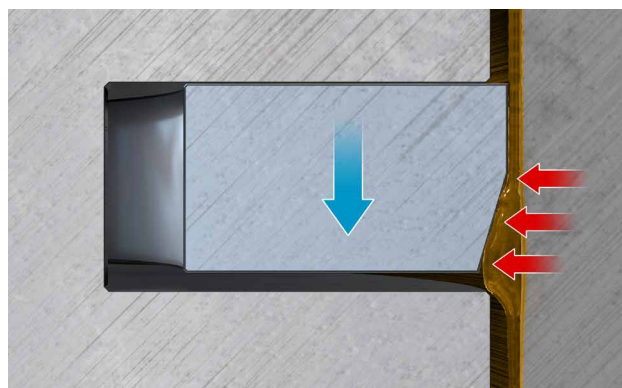
Rys. 1



OCENA

Zużyte krawędzie pierścieni tłokowych generują między bieżniami tych pierścieni i gładzią cylindra duże siły hydrodynamiczne (Rys. 2) spowodowane powstaniem tak zwanego klina olejowego.

Pierścienie tłokowe wsuwają się przy ruchach tłoka na film olejowy i wznoszą się nieco nad gładź cylindra. Wskutek tego do komory spalania dostaje się coraz więcej oleju, który jest tam spalany.



Rys. 2

MOŻLIWE PRZYCZYNY

Zadzior powstaje, jeżeli po remoncie silnika pierścienie tłokowe nie mają optymalnych warunków pracy. Przyczyną jest głównie niedostateczna albo nieprawidłowa obróbka wykończeniowa cylindrów. Używanie tępych pilników do honowania i zbyt silny docisk powodują powstawanie na powierzchni cylindra zadziorów i wzniesień. Takie metalowe zadziory są zginane w kierunku obróbki (Rys. 3). Mówi się tu o płaszczu blaszanym, który zwiększa tarcie w fazie docierania silnika i uniemożliwia gromadzenie się oleju silnikowego w drobnych żyłach grafitu.

Jeżeli zadziory takie nie zostaną usunięte w ostatnim kroku obróbki – honowaniu metodą plateau (inaczej honowaniu gładkościowym), w czasie docierania silnika dochodzi do przedwczesnego zużycia krawędzi pierścieni tłokowych. Pierścienie tłokowe wbrew swojemu przeznaczeniu zdzierają płaszcz blaszany i czyszczą żyły grafitu. Powoduje to jednak ich zużycie i powstawanie zadziorów. Powstały tak zadziór na krawędzi pierścienia tłokowego ściera się bardzo trudno. Uszkodzone pierścienie tłokowe wymagają wymiany.

Zamontowany drugi zestaw pierścieni tłokowych ma zapewnić o wiele lepsze, prawie normalne warunki pracy. Pierwszy zestaw pierścieni usunął już praktycznie całą niekorzystną warstwę krawędziową z gładzi cylindra, czyli płaszcz blaszany. Po wymianie pierścieni tłokowych zużycie oleju normalizuje się. Często przypisuje się to nieślusnie złej jakości materiału zamontowanych jako pierwsze pierścieni tłokowych.

Powiększenie mikroskopowe (Rys. 4) pokazuje zagięte czubki na przekroju powierzchni cylindra po nieprawidłowym wyhonowaniu gładzi cylindra (płaszcz blaszany). Rys. 5 pokazuje powierzchnię po wyhonowaniu metodą plateau. Zadziory i czubki zostały praktycznie usunięte, żyły grafitu są otwarte. Pierścienie tłokowe mają dobre warunki docierania, a więc wysoką żywotność. Szczególnie skuteczna jest metoda honowania płaszczyzny specjalną szczotką.



Rys. 3



Rys. 4



Rys. 5

2.11.6 NIESYMETRYCZNY OBRAZ PRACY TŁOKA



OPIS

Rys. 1:

- Obraz pracy tłoka jest niesymetryczny na całej wysokości tłoka.
- Próg ogniowy z lewej strony tłoka nad główką sworznia i naprzeciwko dolnej krawędzi tłoka jest metalicznie starty.
- Nierównomierny obraz zużycia pierścienia uszczelniającego.

Rys. 2:

- Ukośne otarcia ze zużyciem skoncentrowanym w dolnej prawej krawędzi tłoka, przy otworze pod wtryskiwacz oleju chłodzącego i poniżej otworu sworznia tłokowego.



Rys. 1



Rys. 2

OCENA

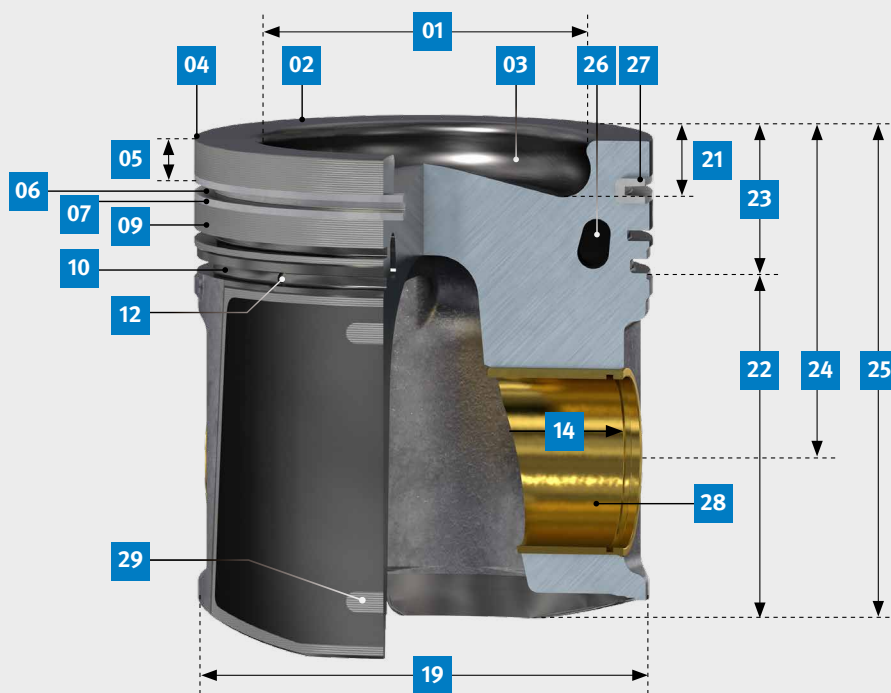
Tego rodzaju asymetryczny obraz zużycia wskazuje na nieprosty ruch tłoka w otworze cylindra i nierównoległość między osiami sworzni tłokowego i wału korbowego. Pierścienie tłokowe nie uszczelniają dostatecznie wskutek niedokładnego przyłożenia do cylindra. Gorące spaliny są przedmuchiwane i nadmiernie rozgrzewają pierścienie tłokowe oraz ściankę cylindra. Osłabia to film olejowy, co może prowadzić do otarć spowodowanych niedostatecznym smarowaniem. Wskutek ukośnego ruchu tłoka w cylindrze i jego ruchy, przy pierścieniach tłokowych powstaje efekt pompowania. Wtłacza on olej do komory spalania i zwiększa jego zużycie. W określonych warunkach występuje przesuw osiowy sworzni tłokowego, co może spowodować zużycie albo pęknięcie zamka (patrz rozdział „Uszkodzenia tłoków przez złamane zamki sworzni tłokowych“).

MOŻLIWE PRZYCZYNY

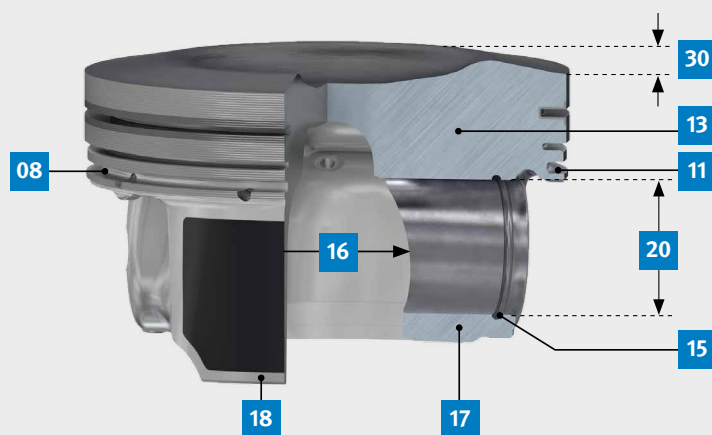
- Wygięte lub zwichrowane korbowody.
- Ukośnie przewiercone główki korbowodów.
- Otwór cylindra nie jest dokładnie prostopadły do osi wału korbowego.
- Krzywo zamontowane pojedyncze cylindry (deformacje przy montażu).
- Czop korbowodu nie jest równoległy do osi wału korbowego.
- Krzywo wywiercona główka korbowodu (nierównoległość osi).
- Za duży luz korbowodu, w szczególności w połączeniu z asymetrycznymi korbowodami (przesunięcie środkowe między korbowodem i dużym łożyskiem korbowodu).

3. SŁOWNIK POJĘĆ

POJĘCIA SPECJALISTYCZNE I OZNACZENIA NA TŁOKACH



- 01 \varnothing wgłębienia
- 02 denko tłoka
- 03 wgłębienie
- 04 krawędź denka
- 05 próg ogniowy (próg denka)
- 06 rowek pod pierścień sprężający
- 07 powierzchnia międzyrowkowa
- 08 dno rowka
- 09 cofnięta powierzchnia międzyrowkowa
- 10 boki rowka
- 11 rowek pod pierścień zgarniający olej
- 12 otwór powrotny oleju
- 13 piasta sworznia tłokowego
- 14 zabezpieczenie dystansu rowków
- 15 rowek pod pierścień zabezpieczający
- 16 odległość międzyotworowa
- 17 pas
- 18 dolna krawędź trzonka
- 19 średnica tłoka 90° w kierunku otworu pod sworzeń tłokowy
- 20 otwór pod sworzeń tłokowy
- 21 głębokość wgłębienia (MT)
- 22 partia trzonka
- 23 partia pierścienia
- 24 odległość osi sworznia od denka
- 25 długość tłoka
- 26 kanał chłodzący olej
- 27 gniazdo pierścieniowe
- 28 tuleja sworznia tłokowego
- 29 \varnothing okna pomiarowego
- 30 przewyższenie (BÜ)



OBJAŚNIENIE POJĘĆ SPECJALISTYCZNYCH

Abrazyjny

Ścierny, cierny.

Asymetryczny

Nie posiadający osi lustrzanego odbicia, niesymetryczny.

Baryłkowatość

Lekkie zaokrąglenie kształtu tłoka w strefie trzonka.

Błąd równoległości korbowodu

Wzajemna nierównoległość osi wału korbowego i sworznia tłokowego.

Ciągłe spalanie stukowe

Spalanie stukowe, które występuje ciągle podczas pracy silnika.

Cylindry żeberkowe

Cylindry używane głównie w silnikach chłodzonych powietrzem, które posiadają po zewnętrznej stronie żebra chłodzące zapewniające chłodzenie silnika.

Common Rail

Wyrażenie określające nowoczesne układy wtrysku oleju napędowego. Sterowane elektrycznie wtryskiwacze są zasilane paliwem pod wysokim ciśnieniem ze wspólnego przewodu (rail).

Erozja

Ubytek (wyplukiwanie) materiału przez energię kinetyczną substancji stałych, ciekłych lub gazowych działających na powierzchnie.

Gazy przedmuchowe

Przedmuchiwanie gazów, które przy spalaniu przedostają się obok pierścieni tłokowych do skrzyni korbowej. Ilość przedmuchiwanego gazu jest tym większa, im gorsza jest jakość uszczelnienia tłoka w cylindrze. Przeciętna ilość przedmuchiwanego gazu wynosi 1% zassanej ilości powietrza.

Gniazdo pierścieniowe

Odlany w tłoku aluminiowym pierścień żeliwny o wysokiej zawartości niklu, w którym wycinany jest pierwszy rowek pierścieniowy. Dzięki temu pierwszy, w niekiedy także drugi pierścień sprężający jest osadzony w rowku odpornym na zużycie. Zapewnia to wyższe ciśnienia robocze, a więc większe obciążenia. Gniazda pierścieniowe mocuje się na tłokach silników wysokoprężnych metodą łączenia alfinowego.

Honowanie (gładzenie)

Obróbka wykańczająca cylindra przez szlifowanie krzyżowe.

Honowanie gładkościowe (honowanie metodą plateau)

Końcowy etap szlifowania cylindrów, w trakcie którego usuwa się z powierzchni materiału czubki i zadziory oraz tworzy tzw. plateau. Wygląda to powierzchnię, ułatwia docieranie i redukuje zużycie.

Liczba cetanowa

Wartość określająca zapłonność oleju napędowego. Im wyższa liczba cetanowa, tym wyższa zapłonność.

Kawitacja

Drażnienie materiałów opływanych przez wodę i inne cieczki. Gdy na powierzchnię działa podciśnienie i temperatura, powstają – podobnie jak podczas gotowania – pęcherzyki pary, które natychmiast ponownie pękają. Przy pękaniu słupki cieczy uderza z dużą siłą w materiał, wyrrywając z jego powierzchni mikroskopijne cząsteczki. Pęcherzyki powstają wskutek wibracji albo dużego podciśnienia.

Kierunek przechyłu

Kierunek obrotu dookoła osi sworznia tłokowego. Ze względu na to, że tłok nie obraca się dookoła tej osi, lecz przechyla się w tę i z powrotem w cylindrze, mówi się o kierunku przechyłu.

Komora wirowa

Część komory spalania w silnikach wysokoprężnych z systemami wtrysku bezpośredniego. W przeciwieństwie do komory wstępnej, otwór wylotowy komory jest większy i uchodzi do komory wirowej stycznie z jej bokiem. Podczas sprężania powietrze wpływające do komory ulega silnemu zawiroowaniu dzięki kształtowi komory. Poprawia to jakość spalania.

Komora wstępna

Część komory spalania w silnikach wysokoprężnych z systemami wtrysku bezpośredniego. Paliwo wtryskiwane jest do komory wstępnej, gdzie następuje jego zapłon. Podciśnienie powstające w komorze wstępnej przemieszcza tłok na dół.

Korbówód pasowany na gorąco

Korbówód, którego sworzeń jest trwale połączony z korbowodem. Przy montażu tłoka z korbowodem główka korbowodu jest rozgrzewana, a sworzeń tłokowy silnie oziębiany. Wskutek skurczenia sworznia tłokowego i rozszerzenia otworu korbowodu powstaje szczelina powietrzna, która umożliwia ręczne wsunięcie korbowodu. Następnie, po wyrównaniu temperatur części luz znika, sworzeń tłoka i korbówód są ze sobą trwale połączone zaciskowo. Przy pasowaniu sworznia tłokowego w główce korbowodu nie jest konieczne rozgrzewanie tłoka.

Liczba oktanowa

Liczba oktanowa paliwa (RON = Research Octane Number) określa wytrzymałość benzyny na spalanie stukowe. Im wyższa liczba oktanowa, tym wyższa odporność paliwa na spalanie stukowe.

Linia żuźlowa

Pozostałość żuźla, która osadza się w materiale przy termicznym odkształcaniu części silnika (zaworów, sworzni tłokowych itd.) w trakcie produkcji. Podczas późniejszej eksploatacji silnika może spowodować osłabienie i pęknięcie materiału.

Linie pęknięć

Linie występujące na powierzchniach pęknięć zmęczeniowych, związane z relatywnie szybkim postępem pęknięcia. Pęknięcie postępuje fragmentami. Dla każdego pękniętego fragmentu powstaje nowa linia pęknięcia. Początek pęknięcia leży w centrum siatki pęknięć.

Luz montażowy tłoka

Luz między tłokiem i cylindrem, zapewniający swobodny ruch nowego tłoka w cylindrze po montażu i w czasie eksploatacji.

Nowy tłok odkształca się jeszcze trwale podczas pierwszych godzin eksploatacji; mówi się o osuwaniu tłoka. Przyczynami tego zjawiska są z jednej strony rozgrzanie i powstające wskutek niego zmiany struktury, a z drugiej strony obciążenie mechaniczne. Maksymalny wymiar tłoka, który zawsze leży w obszarze trzonka, ulega więc w fazie docierania zmianom; są one różne w zależności od kształtu konstrukcyjnego, składu materiałowego i obciążenia. Jest to normalne zachowanie tłoków aluminiowych i nie stanowi powodu do reklamacji. Trzonek tłoka odkształca się też plastycznie w przypadku uszkodzeń, spowodowanych niedostatecznym smarowaniem albo przeciążeniem silnika. Skutkuje to jeszcze większymi odkształceniami i zmianami wymiarów.

W razie uszkodzenia na podstawie luzu montażowego tłoka ocenia się często stan albo względnie nieprawidłowo oblicza się luzy montażowe. Nie jest to jednak prawidłowe i możliwe, ponieważ eksploatowany tłok nie posiada już kształtu i wymiarów nowej części. Maksymalny wymiar tłoka w strefie trzonka uznaje się często za niedostateczny i na tej podstawie przypuszcza się zużycie tłoka, mimo że na trzonku tłoka są w pełni zachowane drobne rowki obróbkowe albo powłoka.

Na podstawie określonych wymiarów eksploatowanego tłoka i obliczonych na ich podstawie wartości luzu montażowego nie jest możliwa ocena jakości naprawy silnika. Niemożliwe jest na tej podstawie również określenie jakości materiału i wymiarowości nowego tłoka.

Gdy luz montażowy jest za mały, mogą powstawać otarcia spowodowane niedostatecznym luzem (patrz rozdział „Otarcia spowodowane nieprawidłowym luzem“). Gdy luz montażowy jest za duży, powoduje to głośnie pracę zimnego silnika wskutek przechyłów tłoka. Nie może wskutek tego dochodzić do otarć tłoków, nadmiernego zużycia oleju albo innych uszkodzeń.

Luzu montażowego nie można mylić z luzem roboczym tłoka. Luz roboczy powstaje dopiero po rozszerzeniu termicznym tłoka i nie można go zmierzyć.

Luz roboczy tłoka

Luz roboczy tłoka powstaje w czasie pracy wskutek rozszerzenia termicznego części. ze względu na ich różne cechy konstrukcyjne i grubości ścianek tłok po rozgrzaniu zmienia kształt. Przy większych grubościach materiałów tłok rozszerza się bardziej, co uwzględnia się w konstrukcjach.

Martwy punkt

Punkt, w którym następuje zwrot kierunku ruchu tłoka (na dół i do góry). Rozróżnia się górny martwy punkt i dolny martwy punkt.

Nadtarcie

Wstępna postać otarcia wskutek niedoboru oleju smarnego albo zawężenia luzu.

Naprężenie obwodowe

Siła, która dociska zmontowany pierścień tłokowy do ścianki cylindra.

Niedostateczne smarowanie

Niedostateczne smarowanie występuje, gdy film olejowy jest naruszony, przez co ograniczona jest jego skuteczność. Przyczyny: za mała ilość oleju, film olejowy rozcieńczony paliwem lub zerwany film olejowy. Pierwszymi skutkami są tarcie półpłynne, a następnie zatarcia albo otarcia części.

Normy emisji spalin

Krajowe lub międzynarodowe przepisy ustawowe mające na celu ograniczenie emisji spalin przez pojazdy mechaniczne.

Obraz pracy tłoka

Obraz ruchu trzonka tłoka, powierzchnia, do której przylega trzonek tłoka w cylindrze.

Odporność na spalanie stukowe

Odporność benzyny na samozapłon.

Opadanie materiału

Zmiana struktury i będąca jej skutkiem zmiana kształtu trzonka eksploatowanego tłoka (patrz słownik pojęć, „Luz montażowy tłoka“).

Pęknięcie zmęczeniowe

Pęknięcie, które nie występuje nagle wskutek przeciążenia materiału, lecz powstaje powoli. Szybkość powstawania pęknięcia wynosi od kilku sekund do kilku godzin, a nawet dni. Przyczyną pęknięcia jest naderwanie, uszkodzenie albo wibracje. Powierzchnie pęknięcia nie są nierównomiernie szare i matowe, lecz wykazują linie przedstawiające stopniowy postęp pęknięcia.

Płaszcz blaszany

Wyrwany i zmiażdżony materiał, który pokrywa gładź cylindra wskutek wadliwej lub niepełnej obróbki cylindra (honowanie, szlifowanie krzyżowe).

Pompawtryskiwacz

Specjalna konstrukcja wykorzystywana z silnikach wysokoprężnych z układem wtrysku bezpośredniego, w której wtryskiwacz i element wytwarzający ciśnienie (pompa) tworzą jednostkę i są zamontowane bezpośrednio w głowicy cylindra. Ciśnienie wtrysku generuje tłok pompy, który w przeciwieństwie do rozdzielaczowych i szeregowych pomp wtryskowych jest uruchamiany bezpośrednio przez wałek rozrządu silnika. Wtryskiwacze są uaktywniane elektrycznie. Czas wtrysku i dawkę reguluje elektronicznie odpowiedni sterownik.

Powierzchnia ściskania

Część denka tłoka, która dochodzi bardzo blisko do głowicy cylindra. Na końcu suwu sprężania mieszanka jest wciskana ze strefy brzegowej coraz dalej do środka komory spalania. Powoduje to zawirowanie gazów i poprawia jakość spalania.

Pressfit

Sucha tuleja bieżna cylindra, wciskana w gniazdo cylindra przy użyciu specjalnego środka poślizgowego. Jest to prawie zawsze półfabrykat, tzn. otwór cylindra należy jeszcze obrobić przez nawiercenie i wyhonowanie. Zaleta: tuleja jest ściśle osadzona w gnieździe cylindra.

Przebieg pęknięcia

Kierunek pęknięcia.

Przechyły tłoka

Zwroty tłoka w cylindrze od strony górnej do strony dolnej i odwrotnie. Oprócz odgłosu spalania, odgłos przechyły tłoka jest drugim pod względem głośności odgłosem pracy tłokowego silnika spalinowego.

Przełom statyczny

Złamanie, które powstaje wskutek przeciążenia w ułamku sekundy, bez poprzedzającego je pęknięcia. Powierzchnie pęknięcia są matowe, ziarniste i nie są zatarte.

Przesunięcie osi

Konstrukcyjne przeniesienie osi sworznia tłokowego o kilka dziesiątych milimetra w kierunku strony górnej. Zwrot tłoka w górnym martwym punkcie następuje dzięki temu przed właściwym spalaniem mieszanki. Zwrot odbywa się ciszej i bardziej miękko niż w przypadku, gdy następuje wskutek spalania mieszanki i przy znacznie większym obciążeniu. W silnikach wysokoprężnych modyfikacja osi sworznia tłokowego może wystąpić w związku z wysokimi temperaturami także po stronie dolnej.

Rozcieńczenie oleju

O rozcieńczeniu oleju mówi się, gdy olej jest rozcieńczony przez paliwo. Przyczyny: częsta jazda na krótkich odcinkach, zakłócenia układu sterowania składem mieszanki albo układu zapłonowego, niedostateczne uszczelnienie wskutek mechanicznych problemów z silnikiem. Niespalone paliwo osadza się na ścianie cylindra, miesza się tam z olejem i dostaje się wskutek tego do miski olejowej. Następuje redukcja lepkości i smarności oleju, wzrasta zużycie materiału i oleju.

Rozpryskiwany olej

Olej wydzielany normalnie z łożysk wału korbowego. Służy do podawania oleju od dołu na gładzie cylindrów, co zapewnia ich smarowanie.

Ruch tłoka do dołu

Ruch tłoka w kierunku wału korbowego podczas suwu ssania i suwu pracy (silnik czterosurowy).

Ruch tłoka do góry

Ruch tłoka od wału korbowego w kierunku głowicy cylindra (suw sprężania i wydechu, w silnikach czterosurowych).

Silnik z układem wtrysku bezpośredniego

Silniki, w których paliwo wtryskiwane jest bezpośrednio do komory spalania.

Ślady toczenia

Ślady zużycia na bokach pierścienia tłokowego, powstające wskutek dostania się do silnika pyłu lub brudu. Brud osadzający się w rowku pierścienia tłokowego powoduje powstanie śladów zużycia w rowku i na boku pierścienia tłokowego. Powstają one wskutek obrotów zabrudzonego pierścienia tłokowego, którego zanieczyszczenia wyżłabiają w powierzchni powtarzające się wzory.

Slipfit

Sucha tuleja bieżna cylindra, którą można ręcznie wsunąć w kadłub silnika. Jest ona już przeważnie wykończona, tzn. nie jest już konieczne nawiercanie i honowanie gniazda cylindra. Wada: między tuleją bieżną cylindra i gniazdem cylindra występuje luz.

Spalanie żarzeniowe

Samozapłon mieszanki przed właściwym zapłonem przez iskrę świecy. Spalanie żarzeniowe wywoływane jest przez rozżarzone części (uszczelka głowicy cylindra, świeca, zawór wylotowy, osady nagaru olejowego itp.).

Strona ciśnieniowa

Ta strona tłoka albo cylindra, na której opiera się tłok w czasie spalania mieszanki. Strona górna jest stroną przeciwną do kierunku obrotu wału korbowego.

Strona dolna (strona ssania)

Strona tłoka lub cylindra przeciwna do strony górnej (strony sprężania).

Struktura wyhonowania

Charakterystyczna struktura szlifowa powstająca przy szlifowaniu krzyżowym (honowaniu).

Suw rozprężania

Suw roboczy cylindra.

Szczotkowanie po honowaniu

Ostatnia czynność robocza przy honowaniu (wygładzaniu). Powierzchnia cylindra pozbawiana jest czubków i zadziarów, zostają otwarte i oczyszczone żyły grafitowe. Wyszczotkowanie powierzchni po wyhonowaniu pozwala uzyskać współczynnik aktywacji grafitu do 50%.

Szerokość szczeliny (wymiar szczeliny)

Przeźródło między denkiem tłoka i głowicą cylindra w górnym martwym punkcie ruchu cylindra. Przy remoncie silnika należy pamiętać, że musi być zachowana wymagana przez producenta szerokość szczeliny (patrz słownik pojęć, „Występ tłoka“). Szerokość szczeliny można też mierzyć drutem otowianym: Przy montażu do cylindra wkłada się drut otowiany, po czym wykonuje się jeden obrót silnikiem. Drut otowiany zostaje spłaszczony, po czym można go zmierzyć. Wymiar zmierzony na spłaszczonym drucie jest równy szerokości szczeliny.

Tarcie półtłpne

Tarcie półtłpne występuje, gdy między dwoma elementami współpracującymi nastąpi naruszenie oddzielającego je mechanicznie filmu olejowego. Wskutek tego dochodzi do kontaktu i tarcia materiałów elementów współpracujących. Jest to tarcie półtłpne.

Tłok z kanałem chłodzącym

Tłoki poddawane dużym obciążeniom termicznym posiadają w denku kanał chłodzący. W czasie pracy silnika do tego odlewane kanału wtryskiwany jest olej.

Tuning

Modyfikacja oprogramowania sterownika silnika w celu zwiększenia mocy silnika.

Tworzenie płaszcza blaszanego

Miażdżenie materiału na gładzi cylindra przez użycie stępionych pilników do honowania albo ich zbyt silne rozparcie.

Układ regulacji współczynnika lambda

Układ w silniku benzynowym, który reguluje stosunek między ilością doprowadzanego powietrza i paliwa.

Ukośne otarcia

Tłok, który porusza się w cylindrze krzywo wskutek zwichrowania lub wygięcia korbowodu; po demontażu wykazuje niesymetryczny obraz zużycia.

Włókno wzmacniające

Włókno wzmacniające krawędź wgłębienia w tłokach silników wysokoprężnych z układem wtrysku bezpośredniego. Przed wykonaniem odlewu do formy na tłok wkłada się pierścień z włókien tlenku aluminium, który podczas odlewania penetrowany jest przez płynne aluminium. Krawędź staje się dzięki temu wytrzymałsza na spękania. Wykonywanie wzmocnień z włókien jest możliwe tylko przy wykorzystaniu metody odlewania ciśnieniowego, która polega na wtlaczaniu aluminium pod wysokim ciśnieniem (ok. 1000 bar) do formy odlewniczej.

Współczynnik aktywacji grafitu

Ilość żył grafitu otwartych przez wyhonowanie, wartość orientacyjna wynosi $\geq 20\%$.

Wymagana liczba oktanowa

Wymagana przez silnik liczba oktanowa wynika z jego cech konstrukcyjnych. Wzrasta ona wraz ze wzrostem stosunku sprężania, temperaturą silnika, przedwczesnym zapłonem, napełnieniem, obciążeniem silnika i niekorzystnymi cechami komory spalania. Liczba oktanowa silnika (LOS = liczba oktanowa silnika) powinna być zawsze nieco niższa od liczby oktanowej dostępnego paliwa. Wyklucza to w każdych warunkach pracy silnika spalanie stukowe.

Występ tłoka

Występ trzonka tłoka silnika wysokoprężnego w górnym martwym punkcie nad powierzchnią uszczelnienia bloku cylindrowego. Występ to ważny wymiar, który wymaga dokładnego zachowania i kontroli przy remontach silników. Zapewnia on prawidłowy stosunek sprężania i wyklucza bicie tłoka w głowicę cylindra.

Zalanie paliwem

Wprowadzanie nadmiernej ilości paliwa do komory spalania. Wskutek złej jakości rozpylania i zbyt bogatej mieszanki paliwo osiada na częściach cylindra i może rozcieńczyć albo zmyć film olejowy znajdujący się na gładzi cylindra. Skutek: niedostateczne smarowanie, powodujące zatarcia lub otarcia.

Zatarcie

Pierwszy kontakt dwóch elementów współpracujących, wskutek uszkodzenia filmu olejowego. W przeciwieństwie do otarcia, powierzchnia zatarcia ma inną strukturę, ale praktycznie nie różni się wielkością.

Zestaw

Zestaw naprawczy złożony z tulei bieżnej cylindra i tłoka.

Zwrot tłoka

Zwroty tłoka w cylindrze od strony dolnej do strony górnej i odwrotnie. Przy ruchu do góry tłok przylega do strony dolnej cylindra, a następnie przechodzi w obszarze górnego martwego punktu do strony górnej.

Żyły grafitu

Grafit wprowadzony do materiału podstawowego w odlewach zawierających grafit płatkowy (żeliwo szare). Po otwarciu naciętych w ramach obróbki wykończeniowej cylindra żył grafitu przez wyhonowanie może się nich gromadzić olej smarujący tłok.

TRANSFER WIEDZY

WIEDZA FACHOWA OD EKSPERTA

SZKOLENIA NA CAŁYM ŚWIECIE

Bezpośrednio od producenta

Co roku około 4 500 mechaników i techników korzysta z naszych szkoleń i seminariów, które przeprowadzamy w każdym miejscu na świecie oraz w naszych centrach szkoleniowych w Neuenstadt, Dormagen i Tamm (Niemcy).

INFORMACJE TECHNICZNE

Od praktyków dla praktyków

Dzięki naszym Product Information, Service Information, broszurom technicznym oraz plakatom zawsze jesteś na aktualnym poziomie techniki.

WIDEOKLIPY TECHNICZNE

Wiedza z wideoklipów

W naszych wideoklipach technicznych można znaleźć praktyczne wskazówki montażowe i opisy systemowe naszych produktów.



PREZENTACJA PRODUKTÓW ONLINE

Przejrzyste objaśnienie naszych rozwiązań

Elementy interaktywne, animacje i filmy przekazują cenne informacje na temat naszych produktów związanych z silnikiem.

SKLEP INTERNETOWY

Bezpośredni dostęp do naszych produktów

Składanie zamówień przez całą dobę. Szybkie sprawdzanie dostępności towaru. Rozbudowane wyszukiwanie produktów poprzez silnik, pojazd, wymiary itp.

NOWOŚCI

Regularne informacje pocztą elektroniczną

Zaprenumeruj online nasz bezpłatny biuletyn, a będziesz regularnie otrzymywał informacje na temat nowych produktów, publikacji technicznych i wiele więcej.

INDYWIDUALNE INFORMACJE

Specjalnie dla naszych klientów

Otrzymasz od nas obszerne informacje na temat naszej szerokiej oferty: jak np. spersonalizowane materiały promocyjne, wsparcie sprzedaży, pomoc techniczną i wiele więcej.



TECHNIPEDIA

Informacje techniczne związane z silnikiem

Nasze know-how udostępniamy w dziale Technipedia. Tutaj znajdziesz wiedzę fachową pochodzącą od ekspertów.

APLIKACJA MOTORSERVICE

Mobilny dostęp do wiedzy technicznej

Tutaj otrzymasz szybko i łatwo najbardziej aktualne informacje oraz materiały na temat naszych produktów.

MEDIA SPOŁECZNOŚCIOWE

Zawsze na bieżąco





HEADQUARTERS:

MS Motorservice International GmbH

Wilhelm-Maybach-Straße 14-18

74196 Neuenstadt, Germany

www.ms-motorservice.com

www.rheinmetall.com

© MS Motorservice International GmbH – 50 003 973-13 – PL – 05/15 (012020)

