



KOLBENSCHMIDT

KNOWLEDGEPOOL

**PIERŚCIENIE TŁOKOWE DO SILNIKÓW
SPALINOWYCH**



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.

**SPIS TREŚCI****STRONA**

1	PIERŚCIENIE TŁOKOWE – PODSTAWY	5
1.1	Wymagania dotyczące pierścieni tłokowych	5
1.2	Główne zadania pierścieni tłokowych	6
1.3	Rodzaje pierścieni tłokowych	8
1.4	Nazewnictwo pierścieni tłokowych	18
1.5	Budowa i kształt pierścieni tłokowych	19
1.6	Funkcje i właściwości	26
2	MONTAŻ I SERWIS	39
2.1	Ocena stanu zużytych elementów konstrukcyjnych	39
2.2	Ocena stanu zużytych tłoków	40
2.3	Ocena stanu zużytych otworów cylindra	42
2.4	Montaż tłoków i pierścieni tłokowych	48
2.5	Uruchomienie i docieranie silnika	55
2.6	Problemy z uszczelnianiem i uszkodzenia pierścieni tłokowych	59
2.7	Smarowanie i zużycie oleju	68

**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

Pierścienie tłokowe istnieją tak długo, jak silniki spalinowe. Mimo to, wśród specjalistów oraz użytkowników mamy jeszcze dzisiaj wielokrotnie do czynienia z niewiedzą albo wiedzą częściową na temat pierścieni tłokowych. Na żaden inny element konstrukcyjny nie spogląda się z taką krytyką w przypadku straty mocy i zużycia oleju silnikowego. Przepaść pomiędzy oczekiwaniami a zainwestowanym kapitałem nie jest tak duża przy żadnym innym elemencie konstrukcyjnym silnika, jak przy pierścieniach tłokowych.

Bardzo często zaufanie do pierścieni tłokowych maleje z powodu zbyt dużych oczekiwań, jakie się wobec nich stawia. Z tego względu w warsztatach i wśród użytkowników końcowych krążą często półprawdy, nieprawdy, uprzedzenia i błędne oceny – wszystkie przeczą rzetelnej wiedzy. Najczęstszą przyczyną uszkodzeń pierścieni tłokowych są szybkie i tanie naprawy (np. ponowny montaż zużytych ślizgowych elementów współpracujących) oraz nieprofesjonalny montaż.

BROSZURA

W niniejszej broszurze przedstawimy tematykę pierścieni tłokowych z punktu widzenia użytkownika. Zrezygnowaliśmy z dokładnego zagłębiania się w szczegóły konstrukcyjne, skupiliśmy się zaś na aspektach praktycznych. W miejscach, w których pomimo tego pojawiają się tematy konstrukcyjne i projektowo-techniczne, służą one uzupełnieniu, bądź też lepszemu zrozumieniu zagadnienia.

Informacje zawarte w niniejszej broszurze dotyczą przede wszystkim pierścieni tłokowych przeznaczonych dla pojazdów osobowych i użytkowych. Pojawiają się także silniki zaprojektowane pierwotnie dla zastosowań w pojeździe, a które ostatecznie znalazły zastosowanie na statkach, w lokomotywach, maszynach budowlanych i silnikach stacjonarnych. Poza rozdziałem opisującym podstawy techniczne, w części praktycznej „Montaż i obsługa” znajdują się wyczerpujące informacje o montażu i wymianie pierścieni tłokowych, a także pożyteczne, pokrewne zagadnienia, jak smarowanie, zużycie oleju i docieranie silnika.

Podstawą pomyślnej naprawy lub remontu jest ugruntowana wiedza o zależnościach panujących w silniku. Pokazujemy to, co jest niezbędne do przeprowadzenia poprawnej naprawy, a także co może się wydarzyć, jeśli użytkownik nie postępuje według określonych reguł.

1 PIERŚCIENIE TŁOKOWE – PODSTAWY

1.1 WYMAGANIA DOTYCZĄCE PIERŚCIENI TŁOKOWYCH

Pierścienie tłokowe do silników spalinowych muszą spełniać wszystkie wymagania stawiane wobec dynamicznego uszczelnienia liniowego. Muszą przeciwstawiać się wpływowi termicznemu i chemicznemu, a także spełniać szereg funkcji. Ponadto powinny mieć następujące właściwości:

Funkcje

- Zapobieganie (uszczelnienie) przedostawaniu się spalin z komory spalania do skrzyni korbowej, aby nie utracić ciśnienia gazu, a co za tym idzie – mocy silnika
- Uszczelnienie, tj. uniemożliwienie przedostawania się oleju ze skrzyni korbowej do komory spalania
- Zapewnienie precyzyjnie zdefiniowanej grubości filmu olejowego na ścianie cylindra
- Rozprowadzenie oleju smarowego na ścianie cylindra
- Stabilizacja ruchu tłoka (przechylenie się tłoka) – przede wszystkim w zimnych silnikach i przy dużym luzie roboczym tłoków w cylindrze
- Przepływ ciepła (odprowadzanie ciepła) z tłoka do cylindra

Właściwości

- Niskie tarcie, aby straty mocy silnika były jak najniższe
- Dobra wytrzymałość i odporność na zużycie poprzez zmęczenie termomechaniczne, wpływy chemiczne i korozję w wysokich temperaturach
- Pierścień tłokowy nie może powodować w cylindrze nadmiernego zużycia, w przeciwnym razie drastycznemu skróceniu ulegnie żywotność silnika
- Duża trwałość, niezawodność i wydajność ekonomiczna przez cały czas pracy



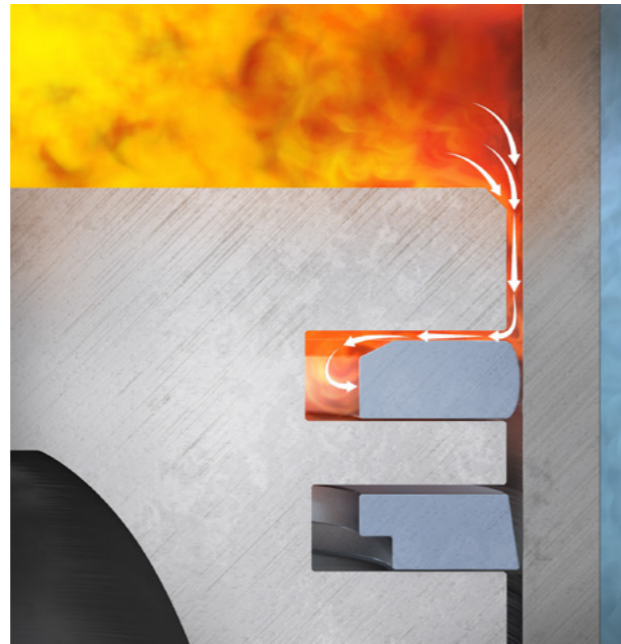
1.2 GŁÓWNE ZADANIA PIERŚCIENI TŁOKOWYCH

1.2.1 IZOLACJA GAZÓW SPALINOWYCH

Głównym zadaniem pierścieni uszczelniających jest zapobieganie przedostawaniu się gazów spalinowych do skrzyni korbowej pomiędzy tłokiem a ścianą cylindra. Osiąga się to w przeważającej liczbie silników poprzez użycie dwóch pierścieni uszczelniających, które stanowią razem labirynt dla gazów.

Systemy uszczelniające pierścieni tłokowych w silnikach spalinowych nie są, z uwagi na uwarunkowania konstrukcyjne, w 100% szczelne, dlatego zawsze drobne ilości spalin przedostają się poprzez pierścienie tłokowe do skrzyni korbowej. Ten stan jest jednak normalny i nieunikniony z uwagi na budowę silnika.

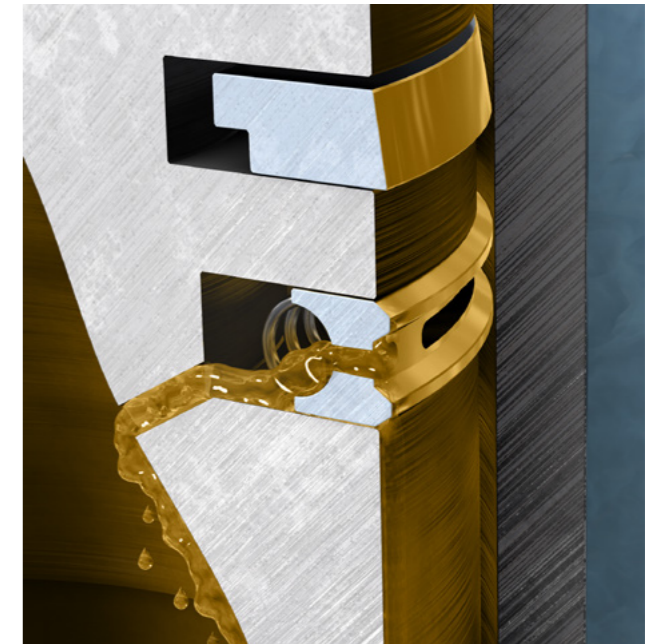
W każdym wypadku należy jednak zapobiegać nadmiernemu przedostawaniu się gorących gazów spalinowych obok tłoka i ściany cylindra. Pociągnęłoby to za sobą stratę mocy silnika, zwiększony dopływ ciepła do elementów konstrukcyjnych oraz spadek efektywności smarowania. W ten sposób ucierpiałyby także żywotność i praca silnika. Poszczególne funkcje pierścieni oraz funkcje uszczelniające i powstający przedmuch gazów opisane są bardziej szczegółowo w następujących rozdziałach.



Izolacja gazów spalinowych

1.2.2 ZGARNIANIE I ROZPROWADZANIE OLEJU

Oprócz odizolowania skrzyni korbowej od komory spalania, pierścienie tłokowe regulują również film olejowy. Pierścienie rozprawdzają równomiernie olej po powierzchni cylindra. Nadmiar oleju jest zgarniany przeważnie przez pierścień zgarniający olej (3. pierścień), ale również przez łączone pierścienie zgarniająco-uszczelniające (2. pierścień).

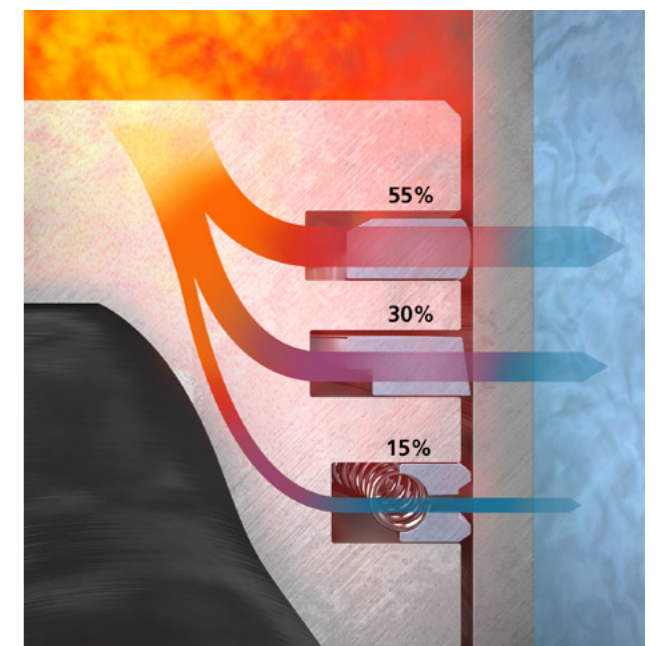


Zgarnianie i rozprawdzanie oleju

1.2.3 ODPROWADZENIE CIEPŁA

Kontrola temperatury tłoków jest kolejnym ważnym zadaniem pierścieni tłokowych. Większa część (ok. 70%) energii cieplnej pochłoniętej przez tłok w procesie spalania jest odprowadzana przez pierścienie tłokowe do cylindra. Szczególną rolę w odprowadzaniu ciepła mają pierścienie uszczelniające.

Bez stałego odprowadzania ciepła przez pierścienie tłokowe doszłoby w ciągu kilku minut do zatarcia się tłoka w otworze cylindra lub nawet do stopienia się tłoka. Dlatego jest zrozumiałe, że pierścienie tłokowe w każdym momencie muszą stykać się dobrze ze ścianą cylindra, aby być w stanie wypełniać tę ważną funkcję. Kiedy dochodzi do odchytek kołowości w cylindrze lub do zablokowania pierścieni tłokowych w rowku pierścieniowym (nagar, zanieczyszczenia, odkształcenie) pozostaje tylko kwestią czasu pojawienie się oznak przegrzania tłoka z uwagi na brak odprowadzania ciepła.

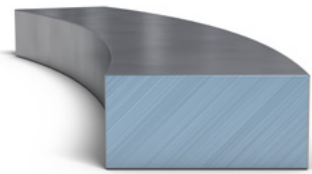


Odprowadzanie ciepła

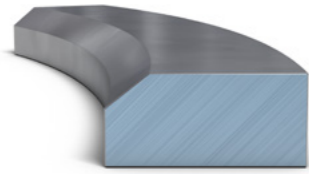
1.3 RODZAJE PIERŚCIENI TŁOKOWYCH

1.3.1 PIERŚCIENIE USZCZELNIAJĄCE

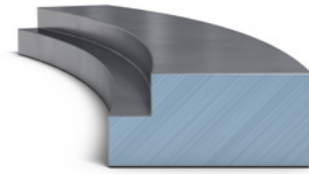
PIERŚCIENIE PROSTOKĄTNE



Pierścień prostokątny



Pierścień prostokątny ze skosem wewnętrznym



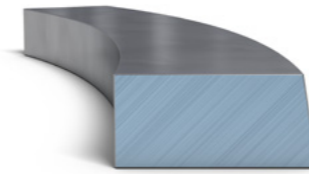
Pierścień prostokątny z uskokiem wewnętrznym



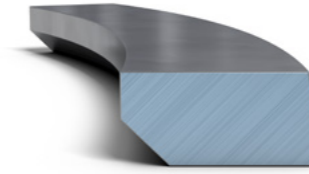
Pierścień prostokątny

Pod pojęciem pierścieni prostokątnych rozumie się pierścienie o prostokątnym przekroju poprzecznym. Oba brzegi pierścienia są względem siebie równoległe. Taka wersja pierścienia to najprostszy i najbardziej rozpowszechniony rodzaj pierścieni uszczelniających. Obecnie stosowany jest głównie jako pierwszy pierścień uszczelniający we wszystkich silnikach samochodów osobowych z zapłonem iskrowym, a częściowo także w silnikach wysokoprężnych samochodów osobowych. Skosy wewnętrzne i uskok wewnętrzny powodują skrócenie pierścienia w stanie wbudowanym (naprężonym). Położenie skosu lub uskoku wewnętrznego na górnej krawędzi powoduje „dodatnie skrócenie pierścienia”. Dokładne informacje o działaniu skrócenia, patrz rozdział 1.6.9 Skrócenie pierścienia.

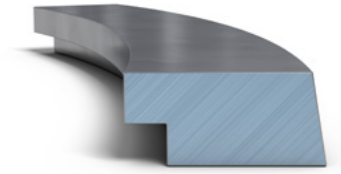
PIERŚCIENIE MINUTOWE – PIERŚCIENIE USZCZELNIAJĄCE Z FUNKCJĄ ZGARNIANIA OLEJU



Pierścień minutowy



Pierścień minutowy ze skosem wewnętrznym



Pierścień minutowy z uskokiem wewnętrznym

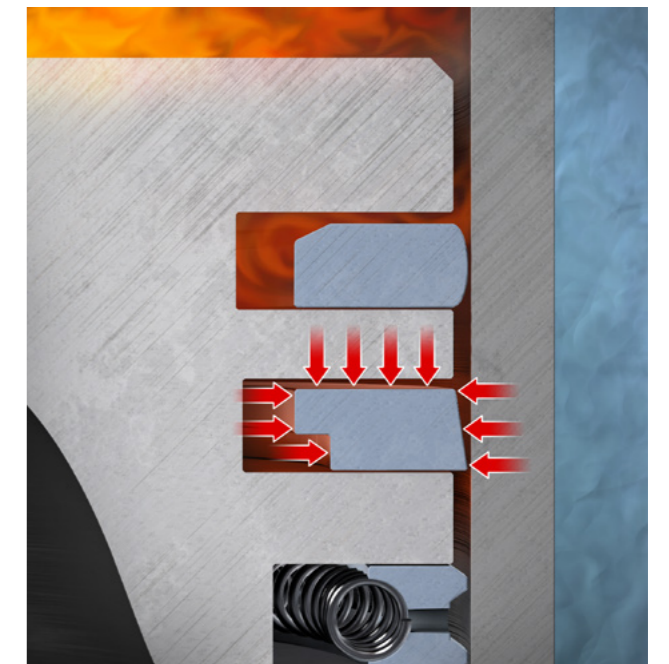
WSKAZÓWKA

Pierścienie minutowe stosowane są we wszystkich rodzajach silników (w samochodach osobowych, pojazdach użytkowych, silnikach benzynowych i wysokoprężnych) głównie w drugim rowku pierścieniowym.

Te pierścienie spełniają podwójną funkcję. Wspomagają pierścień uszczelniający w izolacji gazów oraz pierścień zgarniający olej w regulacji filmu olejowego.

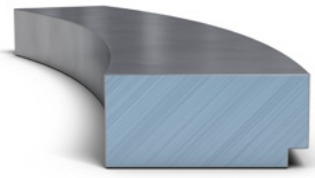
Powierzchnia bieżna pierścieni minutowych ma kształt stożka (Rys. 2). Odchylenie kątowe wobec pierścienia prostokątnego wynosi, w zależności od wersji, ok. 45 – 60 minut kątowych. Dzięki tej formie nowy pierścień niesie tylko przy dolnej krawędzi i w wyniku tego tylko punktowo przylega do otworu cylindra. W ten sposób w tym miejscu dochodzi do wysokiego mechanicznego nacisku powierzchniowego i do pożądanego ścierania materiału. To pożądanе zużycie podczas docierania prowadzi już po krótkiej eksploatacji do uzyskania doskonale okrągłej formy, a co za tym idzie do dobrego działania uszczelniającego. Po eksploatacji dłuższej niż 100 000 kilometrów, z uwagi na zużycie dochodzi do ścierania stożkowej powierzchni bieżnej, tak że pierścień minutowy przejmuje wtedy raczej funkcję pierścienia prostokątnego. Pierścień wyprodukowany pierwotnie jako pierścień minutowy spełnia teraz doskonale funkcję uszczelniającą jako pierścień prostokątny. Z uwagi na to, że ciśnienie gazów działa na pierścień także od przodu (ciśnienie gazów może dostać się do szczeliny uszczelniającej pomiędzy cylindrem a powierzchnią bieżną pierścienia tłokowego), wzrost ciśnienia spalin ulega niewielkiej redukcji. W czasie docierania pierścienia dochodzi do nieco obniżonego nacisku i do delikatniejszego docierania przy niższym zużyciu pierścienia.

Oprócz funkcji pierścienia uszczelniającego pierścienie minutowe mają również dobre właściwości zgarniania oleju. Uzyskuje się to dzięki cofniętej, górnej krawędzi pierścienia. Podczas ruchu w górę od dolnego do górnego martwego punktu, pierścień ślizga się po filmie olejowym. Dzięki siłom hydrodynamicznym (tworzenie się klina olejowego) pierścień podnosi się nieco ponad powierzchnię cylindra. Podczas ruchu w kierunku przeciwnym krawędź wnika głębiej w film olejowy, w ten sposób, zgarniając olej głównie w dół do skrzyni korbowej. Pierścienie minutowe wykorzystuje się w silnikach z zapłonem iskrowym także w pierwszym rowku pierścieniowym. Położenie skosu, względnie uskoku wewnętrznego, na dolnej krawędzi powoduje tutaj ujemne skrócenie pierścienia (zob. rozdział 1.6.9 Skrócenie pierścienia).



Ciśnienie gazów na pierścieniu minutowym

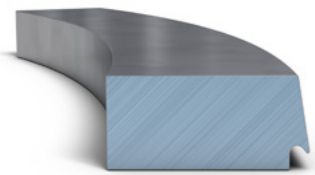
PIERŚCIEŃ NOSKOWE



Pierścień noskowy

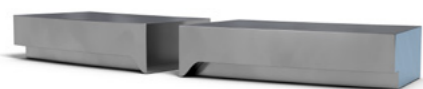
W pierścieniu noskowym krawędź dolna powierzchni bieżnej pierścienia ma prostokątne lub zatoczone wycięcie, umożliwiając obok uszczelnienia spalin także funkcję zgarniania oleju. Wycięcie daje pewną objętość, w której może zgromadzić się zgarniany olej przed powrotem do miski olejowej.

Pierścienie noskowe były dawniej stosowane w pozycji drugiego pierścienia uszczelniającego w wielu typach silników. Obecnie w miejsce pierścieni noskowych stosuje się głównie pierścienie minutowe noskowe. Pierścienie noskowe stosuje się również w tłokach sprężarek w układach hamulców pneumatycznych – przeważnie jako pierwszy pierścień uszczelniający.



Pierścień minutowy noskowy

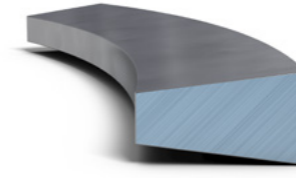
Pierścień minutowy noskowy jest rozwinięciem pierścienia noskowego. Dzięki stożkowej powierzchni bieżnej wzmocniona została funkcja zgarniania oleju. W sprężarkach tłokowych montuje się pierścienie minutowe noskowe nie tylko w drugim, ale także i w pierwszym rowku pierścieniowym.



Pierścień minutowy noskowy z zamkniętym miejscem styku pierścienia tłokowego

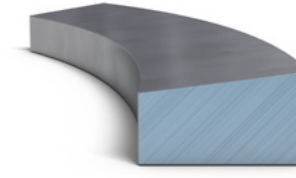
W niektórych pierścieniach minutowych noskowych, w celu polepszenia funkcji uszczelniającej, zatoczone wycięcie nie dochodzi do zamka. W ten sposób, w porównaniu do zwykłego pierścienia minutowego noskowego, uzyskuje się obniżenie przedmuchu gazów (zobacz także rozdział 1.6.5 Luz zamka).

PIERŚCIEŃ TRAPEZOWE



Pierścień trapezowy dwustronny

W pierścieniach trapezowych, oba brzozy pierścienia nie są względem siebie równoległe, lecz układają się tworząc boki trapezu. Kąt wynosi standardowo 6°, 15° albo 20°.



Pierścień trapezowy jednostronny

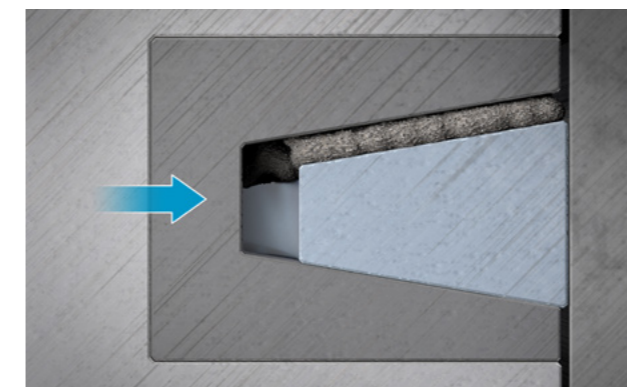
W przypadku pierścieni trapezowych jednostronnych, dolny brzeg pierścienia nie jest nachylony i leży prostopadle do powierzchni bieżnej pierścienia.

Pierścienie trapezowe lub jednostronne pierścienie trapezowe montuje się, aby zapobiec nagarowi w rowkach pierścieniowych, a co za tym idzie – zapieczeniu się pierścieni w rowkach. Zwłaszcza wtedy, gdy wewnątrz rowka pierścieniowego występują szczególnie wysokie temperatury, zachodzi niebezpieczeństwo powstania z oleju silnikowego znajdującego się w rowku nagaru z uwagi na wpływ temperatury. W silnikach wysokoprężnych, oprócz możliwego powstania nagaru oleju dochodzi także do powstawania sadzy. Przyspiesza ona także odkładanie się osadów w rowku pierścieniowym. W przypadku zapieczenia pierścieni tłokowych w rowku z powodu osadów, gorące gazy spalinowe bez przeszkód poruszałyby się pomiędzy tłokiem a ścianą cylindra, doprowadzając do

przegrzania tłoka. W efekcie nastąpiłoby stopienie główki tłoka i poważne uszkodzenie tłoka. Pierścień trapezowy jest stosowany z uwagi na wyższe temperatury i powstawanie sadzy najczęściej w najwyższym, a niekiedy także w drugim, rowku pierścieniowym w silnikach wysokoprężnych.

UWAGA

Pierścienie trapezowych (jedno- oraz dwustronnych) nie wolno stosować w normalnych, prostokątnych rowkach pierścieniowych. Przy wykorzystaniu pierścieni trapezowych obsadzone rowki pierścieniowe na tłokach muszą także zawsze posiadać odpowiednią dla pierścienia formę.



Funkcja czyszcząca: Z uwagi na kształt pierścieni trapezowych oraz ich ruch w rowku pierścieniowym spowodowany wychyleniem się tłoków (zob. rozdział 1.6.11 Ruchy pierścieni tłokowych) nagar ulega mechanicznemu starciu.

1.3.2 PIERŚCIEŃ ZGARNIAJĄCE OLEJ

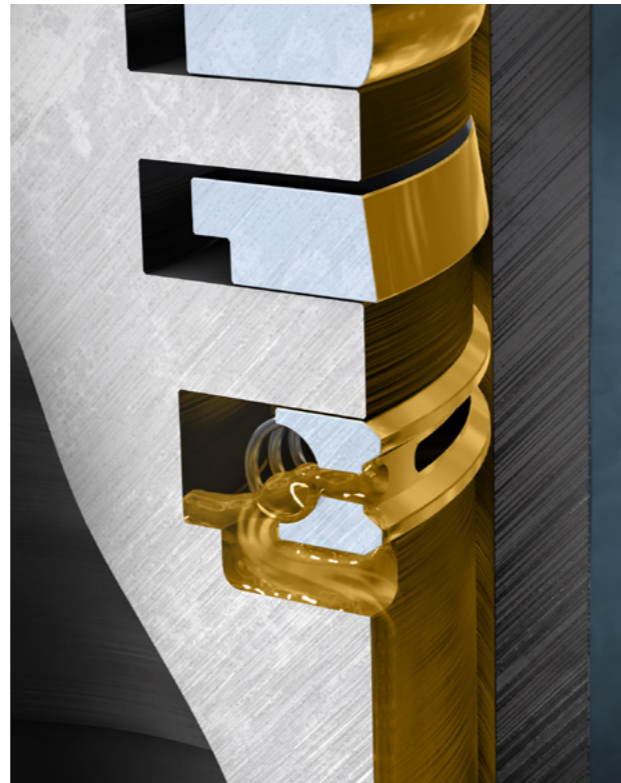
FUNKCJA

Pierścienie zgarniające zostały zaprojektowane wyłącznie po to, by rozprowadzać olej po ścianie cylindra i zgarniać z niej nadmiar oleju. Pierścienie zgarniające olej, w celu poprawienia sprawności uszczelniającej i zgarniającej, mają zwykle dwa progi zgarniające. Każdy z nich zgarnia nadmiar oleju ze ściany cylindra. Tak więc zarówno na dolną krawędź pierścienia zgarniającego olej, jak i pomiędzy progi zgarniające trafia pewna objętość oleju, która musi zostać odprowadzona z obszaru pierścieni. Z punktu widzenia przechylenia tłoka wewnątrz otworu cylindra, funkcja uszczelniania jest tym lepsza, im bliżej siebie będą znajdować się powierzchnie międzyrowkowe.

Z tego obszaru należy przede wszystkim odprowadzić olej zebrany przez górny próg zgarniający, który dostanie się pomiędzy oba progi, bowiem może on niekiedy dostać się ponad pierścień zgarniający olej, gdzie będzie musiał zostać zgarnięty przez drugi pierścień uszczelniający. W tym celu jedno- i dwuczęściowe pierścienie zgarniające olej mają albo szczeliny wzdłużne, albo otwory pomiędzy powierzchniami międzyrowkowymi. Olej zgarnięty przez górny próg prowadzony jest przez te otwory w korpusie pierścienia do jego tylnej części.

Z tego miejsca może nastąpić dalsze odprowadzanie zgarniętego oleju w dowolny sposób. Jedną z metod to przeprowadzenie oleju przez otwory w rowku odprowadzania oleju do wewnętrznej strony tłoka, tak, aby mógł stamtąd opaść do miski olejowej. W przypadku tzw. coverslots (Rys. 1), zgarnięty olej wraca przez otwór wokół piasty sworzni na zewnętrznej stronie tłoka. Stosowane są także niekiedy połączenia obydwu tych metod.

Oba rozwiązania sprawdzą się dla odprowadzania zgarniętego oleju. Zależnie od kształtu tłoka, procesu spalania czy dziedziny zastosowania, stosowana jest zarówno jedna, jak i druga możliwość. Trudno jest znaleźć zdecydowaną opinię, przemawiającą na korzyść jednego albo drugiego z rozwiązań. Wybór metody, która sprawdziłaby się lepiej dla danego tłoka, podejmuje się z tego względu w drodze różnych praktycznych testów próbnych.



Pierścień zgarniający olej

WSKAZÓWKA

W silnikach dwusuwowych smarowanie tłoka następuje poprzez smarowanie mieszkankowe. Z przyczyn konstrukcyjnych można zatem zrezygnować z zastosowania pierścienia zgarniającego olej.

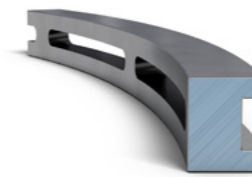
JEDNOCZĘŚCIOWE PIERŚCIEŃ ZGARNIAJĄCE OLEJ

W budowie nowoczesnych silników nie stosuje się już jednoczęściowych pierścieni zgarniających olej. Jednoczęściowe pierścienie zgarniające uzyskują swoje naprężenie wyłącznie z przekroju pierścienia tłokowego. Pierścienie te są z tego względu raczej sztywne i mają gorszą zdolność wypełnienia formy, a co za tym idzie stanowią gorsze uszczelnienie niż wieloczęściowe pierścienie zgarniające olej. Jednoczęściowe pierścienie olejowe szczelinowe wykonuje się z żeliwa szarego.



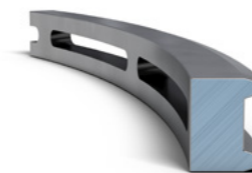
Pierścień zgarniający olej

WARIANTY KONSTRUKCYJNE



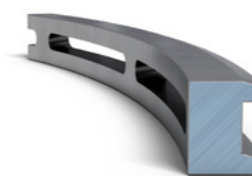
Pierścień olejowy szczelinowy

Najprostsza wersja z prostokątnymi progami zgarniającymi i szczelinami olejowymi do odprowadzania oleju.



Pierścień olejowy daszkowy

W porównaniu do pierścienia olejowego szczelinowego krawędzie progów zgarniających są ścięte dla uzyskania lepszego nacisku powierzchniowego.



Pierścień olejowy jednostronnie ścięty

W tym pierścieniu progi zgarniające są ścięte jedynie od strony komory spalania. W ten sposób uzyskuje się silniejsze zgarnianie oleju przy ruchu tłoka w dół.

DWUCZĘŚCIOWE PIERŚCIEŃIE ZGARNIAJĄCE OLEJ (WERSJA ZE SPRĘŻYNĄ ŚRUBOWĄ)

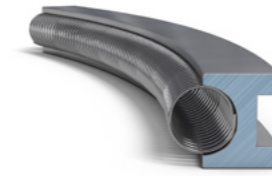
Dwuczęściowe pierścienie zgarniające olej składają się z korpusu pierścienia oraz położonej za nim sprężyny śrubowej. Korpus pierścienia ma, w porównaniu do jednoczęściowego pierścienia zgarniającego olej, znacznie mniejszy przekrój. Dzięki temu korpus pierścienia jest względnie elastyczny i ma dobrą zdolność wypełnienia formy. Przestrzeń dla sprężyny śrubowej po wewnętrznej stronie korpusu pierścienia jest wyprofilowana półokrągło lub w kształt litery V.

Właściwe naprężenie pochodzi od sprężyny śrubowej, wykonanej z odpornej na wysokie temperatury stali sprężynowej. Znajduje się ona za pierścieniem i dociska go do ściany cylindra. Sprężyny w czasie pracy leżą ściśle przy tylnej stronie korpusu pierścienia i stanowią razem jeden element. Pomimo tego, że sprężyna nie obraca się względem pierścienia, cały pierścień obraca się – jak w przypadku innych pierścieni – bez oporu w rowku pierścienia tłokowego. Rozkład nacisku promieniowego jest zawsze symetryczny w przypadku dwuczęściowych pierścieni zgarniających olej, bowiem nacisk jest tak samo silny na całym obwodzie sprężyny śrubowej (zob. także rozdział 1.6.2 Rozkład nacisku promieniowego).

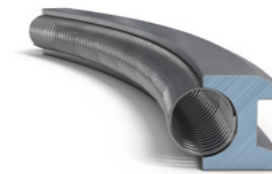
Celem wydłużenia żywotności, średnice zewnętrzne sprężyn są szlifowane, a same sprężyny są gęstsze przy zamku pierścienia lub pokryte powłoką teflonową. Dzięki tym zabiegom zmniejsza się zużycie poprzez tarcie pomiędzy korpusem pierścienia a sprężyną śrubową. Korpusy pierścieni dwuczęściowych wykonuje się albo z żeliwa szarego, albo ze stali.

WSKAZÓWKA

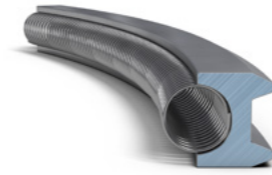
Szczelina – odległość pomiędzy końcami zamka korpusu pierścienia w stanie niezamontowanym bez leżącej za nim sprężyny rozprężonej - jest nieznaczna w przypadku wieloczęściowych pierścieni zgarniających olej. Szczególnie w przypadku pierścieni stalowych może ona być bliska zeru. Nie stanowi to wady ani podstawy do reklamacji.

**Pierścień olejowy szczelinowy ze sprężyną śrubową**

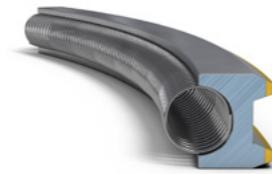
Najprostsza forma, o lepszym działaniu uszczelniającym niż w przypadku jednoczęściowego pierścienia olejowego szczelinowego.

**Pierścień olejowy jednostronnie ścięty ze sprężyną śrubową**

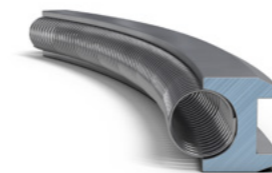
Ta sama forma powierzchni bieżnej jak w przypadku pierścienia jednostronnie ściętego, jednakże o lepszym działaniu uszczelniającym.

**Pierścień olejowy daszkowy ze sprężyną śrubową**

Ta sama forma powierzchni bieżnej jak w przypadku pierścienia daszkowego, jednakże o lepszym działaniu uszczelniającym. Jest to najbardziej rozpowszechniony pierścień zgarniający olej. Może być stosowany w silnikach każdej konstrukcji.

**Pierścień olejowy daszkowy ze sprężyną śrubową o chromowanych progach zgarniających**

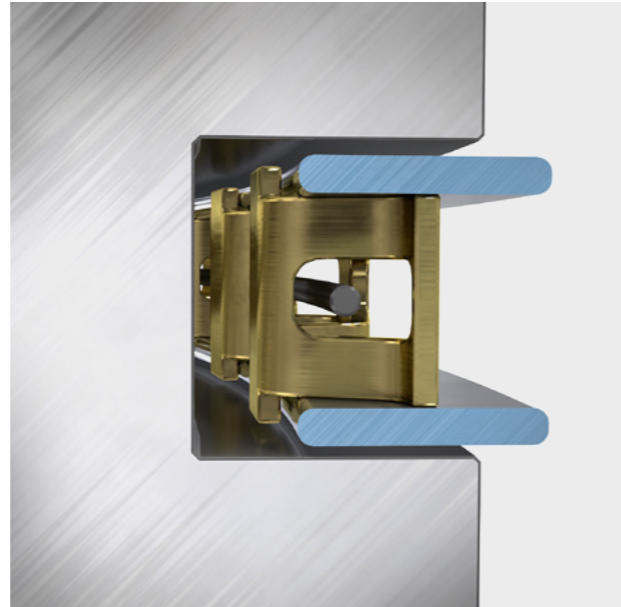
Identyczne właściwości jak w przypadku pierścienia olejowego daszkowego ze sprężyną śrubową, jednakże o podwyższonej odporności na zużycie, a co za tym idzie o dłuższej żywotności. Szczególnie dobrze nadaje się do silników wysokoprężnych.

**Pierścień olejowy daszkowy ze sprężyną śrubową ze stali azotowanej**

Ten pierścień skręcany jest z profilu stalowego i jest pokryty we wszystkich stronach warstwą ochronną, zabezpieczającą przed nadmiernym zużyciem. Jest bardzo elastyczny i mniej narażony na pęknięcie, niż pierścień z żeliwa szarego, wymienione powyżej. Odprowadzanie oleju pomiędzy szynami zachodzi przez wybite okrągłe otwory. Ten rodzaj pierścienia zgarniającego olej jest stosowany przede wszystkim w silnikach wysokoprężnych.

TRZYCZĘŚCIOWE PIERŚCIEŃ ZGARNIAJĄCE OLEJ

Trzyczęściowe pierścienie zgarniające olej składają się z dwóch cienkich stalowych blaszek, dociskanych do ściany cylindra przez sprężynę dystansową i rozprężną. Pierścienie zgarniające olej wykonane z taśm stalowych mają albo chromowane powierzchnie bieżne, albo są azotowane ze wszystkich stron. Te ostatnie zapewniają większą odporność na ścieranie powierzchni bieżnej oraz pomiędzy sprężyną rozprężną a taśmami (zużycie wtórne). Trzyczęściowe pierścienie zgarniające olej wykazują bardzo dobre zdolności wypełnienia formy i są stosowane przede wszystkim w silnikach z zapłonem iskrowym samochodów osobowych.



Trzyczęściowy pierścień zgarniający olej

1.3.3 TYPOWE KOMBINACJE PIERŚCIEŃ TŁOKOWYCH

Jeden pierścień tłokowy nie spełni całego zakresu wymagań stawianych pierścieniom tłokowym. Osiągnąć to można jedynie przez kombinację różnych typów pierścieni tłokowych. W nowoczesnych konstrukcjach silników samochodowych sprawdziło się połączenie pierścienia uszczelniającego, łączonego pierścienia uszczelniająco-zgarniającego oraz typowego pierścienia zgarniającego olej. Stosunkowo rzadko spotyka się dziś tłoki mające więcej niż trzy pierścienie.



- 01 Pierścień uszczelniający
- 02 Pierścień uszczelniająco-zgarniający
- 03 Pierścień zgarniający olej

1.3.4 NAJBARDZIEJ ODPOWIEDNI PIERŚCIEŃ TŁOKOWY

Nie istnieje ani najlepszy pierścień tłokowy, ani idealna kombinacja pierścieni. Każdy pierścień tłokowy jest „specjalistą” w swojej dziedzinie. Każda wersja pierścienia oraz zestaw pierścieni jest ostatecznie kompromisem pomiędzy całkowicie różnymi, a częściowo przeciwstawnymi sobie wymaganiami. Już zmiana tylko jednego pierścienia tłokowego może zaburzyć równowagę całego układu pierścieni.

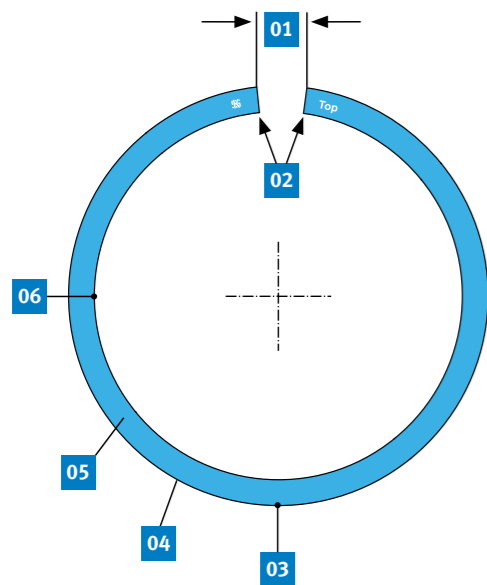
Ostateczna równowaga zestawu pierścieni tłokowych dla nowo projektowanego silnika jest ustalana zasadniczo na podstawie wyczerpujących testów kontrolnych na stanowisku kontrolnym, a także w warunkach normalnej eksploatacji.

Tabela obok nie jest może kompletna, pokazuje jednak, jaki wpływ na różne funkcje pierścieni mają ich poszczególne właściwości.

- korzystne – dodatnie
- średnie – neutralne
- niekorzystne – ujemne

Wymaganie	Tarcie	Docieranie	Żywotność
Wysokie naprężenie pierścienia	●	●	●
Niskie naprężenie pierścienia	●	●	●
Materiał odporny na ścieranie	-	●	●
Bardziej miękki materiał	-	●	●
Mała wysokość pierścienia	●	●	●
Duża wysokość pierścienia	●	●	●

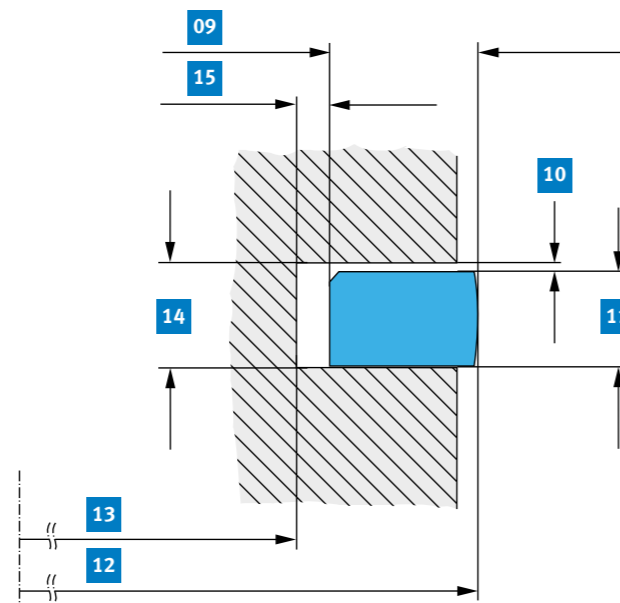
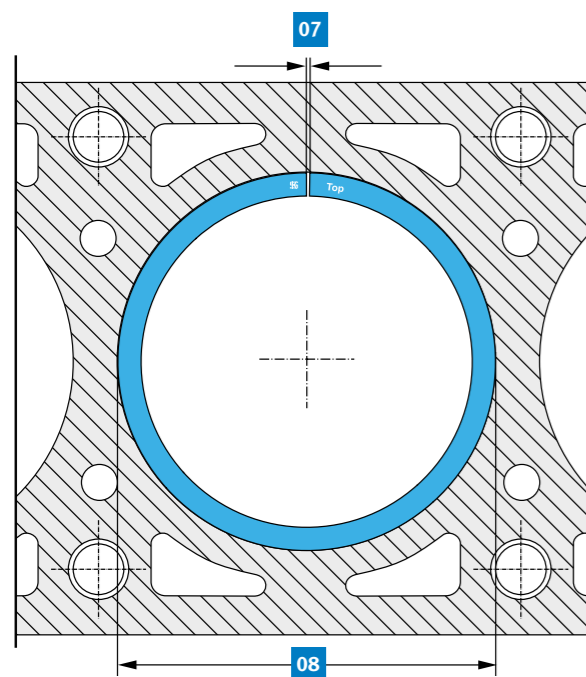
1.4 NAZEWNICTWO STOSOWANE W PIERŚCIENIACH TŁOKOWYCH



- 01 Szczelina
- 02 Zamek pierścienia
- 03 Grzbiet pierścienia
(po stronie przeciwnej do zamka pierścienia)
- 04 Powierzchnia bieżna pierścienia
- 05 Powierzchnia brzegu pierścienia
- 06 Powierzchnia wewnętrzna pierścienia

- 07 Luz zamka (na zimno)
- 08 Średnica cylindra

- 09 Promieniowa grubość ścianki
- 10 Luz osiowy
- 11 Wysokość pierścienia tłokowego
- 12 Średnica cylindra
- 13 Średnica dna rowka
- 14 Wysokość rowka
- 15 Luz promieniowy



1.5 BUDOWA I KSZTAŁT PIERŚCIENI TŁOKOWYCH

1.5.1 MATERIAŁY NA PIERŚCIENIE TŁOKOWE

Materiały na pierścienie tłokowe dobierane są na podstawie właściwości bieżnych oraz warunków roboczych, w których muszą pracować pierścienie tłokowe. Dobra elastyczność i odporność na korozję są tak samo ważne, jak duża odporność na uszkodzenia w ekstremalnych warunkach zastosowania. Do dzisiaj żeliwo szare pozostaje głównym materiałem, z którego produkuje się pierścienie tłokowe. Z trybologicznego punktu widzenia, żeliwo szare oraz wtrącenia grafitu zawarte w strukturze gwarantują bardzo dobre parametry pracy w warunkach awaryjnych (smarowanie na sucho grafitem).

Są one szczególnie istotne, gdy smarowanie olejem silnikowym nie jest już zapewnione lub kiedy film smarny jest zniszczony. Poza tym, żyły grafitu wewnątrz struktury pierścienia pełnią funkcję zasobnika oleju i przeciwdziałają zniszczeniu filmu smarnego w niekorzystnych warunkach pracy.

Jako materiały z żeliwa szarego stosuje się:

- Żeliwo z płatkową strukturą grafitową (żeliwo z grafitem płatkowym), ulepszone i nieulepszone
- Żeliwo z kulkową strukturą grafitową (żeliwo sferoidalne), ulepszone i nieulepszone

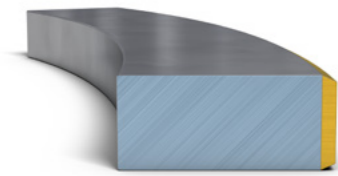
Jako materiały stalowe stosuje się stal chromową o mikrostrukturze martenzytycznej oraz stal sprężynową. Celem podwyższenia odporności na ścieranie powierzchnie są utwardzane. Zachodzi to najczęściej w procesie azotowania*.

* Azotowanie (azotkowanie), w literaturze fachowej zwane też nitryfikacją (nasywanie azotem), określa i opisuje proces utwardzania stali. Azotowanie przeprowadzane jest zwykle w temperaturach ok. 500–520°C, a proces trwa od 1 do 100 godzin. Na powierzchni materiału wytwarza się poprzez dyfuzję azotu bardzo twarda, powierzchniowa warstwa styku z azotku żelaza. Zależnie od czasu hartowania może ona uzyskać grubość warstwy 10–30 μm. Stosowane procesy to azotowanie kąpielowe (np. wałów korbowych), azotowanie gazowe (np. pierścieni tłokowych) oraz azotowanie plazmowe.

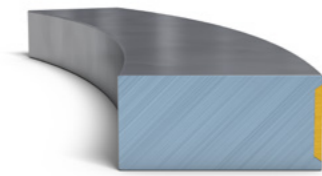


Proces odlewania pierścieni tłokowych

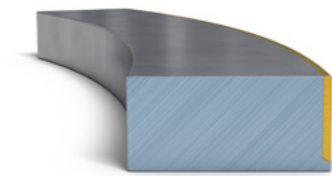
1.5.2 MATERIAŁY POWŁOKOWE NA POWIERZCHNIE BIEŻNE



Pełna powłoka



Powłoka w rowku



Powłoka w rowku jednostronnym

Progi zgarniające lub powierzchnie bieżne pierścieni tłokowych mogą być dodatkowo powlekane celem poprawy właściwości trybologicznych*. W takiej sytuacji głównym celem jest podwyższenie odporności na ścieranie, a także zapewnienie smarowania i uszczelnienia w ekstremalnych warunkach roboczych. Materiał powłoki musi być kompatybilny zarówno z materiałami samego pierścienia tłokowego oraz ściany cylindra, jak i z substancją smarującą. Zastosowanie powłok powierzchni bieżnych jest w przypadku pierścieni tłokowych bardzo rozpowszechnione. Pierścienie seryjnie produkowanych silników powlekane są często chromem, molibdenem lub tlenkiem żelaza (II).

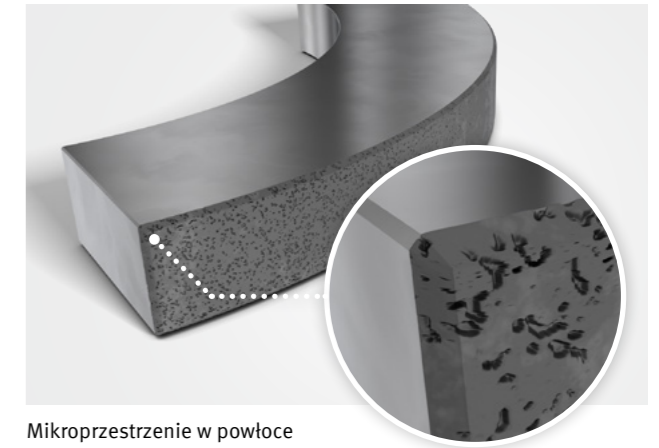
* Trybologia (z gr.: nauka o tarciu) obejmuje obszar badań oraz technologii dotyczących współzależności pomiędzy powierzchniami poruszającymi się względem siebie. Zajmuje się naukowym opisem tarcia, zużycia oraz smarowania.

POWŁOKI MOLIBDENOWE

Celem uniknięcia powstawania śladów spalania można wypełnić powierzchnię bieżną pierścieni uszczelniających (nie pierścieni zgarniających olej) molibdenem albo pokryć ją całkowicie powłoką molibdenową. Można to uczynić w procesie natrysku płomieniowego lub natrysku plazmowego. Molibden, dzięki wysokiej temperaturze topnienia (2620 °C), gwarantuje bardzo dużą odporność na temperaturę. Dzięki procesowi powlekania uzyskuje się dodatkowo porowatą strukturę materiału. W powstałych dzięki temu mikroprzestrzeniach na powierzchni bieżnej pierścienia (Rys. 2) może się gromadzić olej silnikowy. Zapewnia to obecność oleju silnikowego do smarowania powierzchni bieżnej pierścienia nawet w ekstremalnych stanach roboczych.

Właściwości

- Wysoka odporność na temperaturę
- Dobre parametry pracy w warunkach awaryjnych
- Są bardziej miękkie niż chrom
- Są mniej odporne na zużycie niż pierścienie chromowane (wyższa wrażliwość na zabrudzenia)
- Wyższa wrażliwość na trzepotanie pierścienia (powoduje to niekiedy wyłamania warstwy molibdenu przy ekstremalnym obciążeniu, jak np. podczas spalania stukowego i innych zakłóceniach spalania)



Mikroprzestrzenie w powłoce molibdenowej

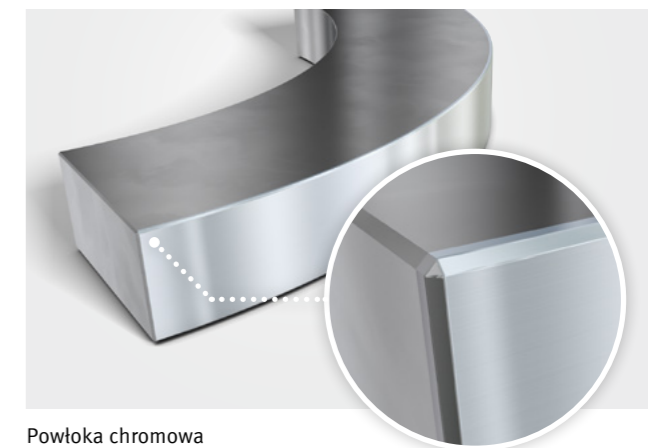
POWŁOKI GALWANICZNE

POWŁOKI CHROMOWE

Większość powłok chromowych wykonuje się metodą galwaniczną.

Właściwości

- Duża żywotność (odporność na zużycie)
- Twarda, niewrażliwa powierzchnia
- Obniżone zużycie cylindra (ok. 50% w porównaniu z pierścieniami tłokowymi niepowleczonymi)
- Dobra odporność na ślady spalania
- Gorsze parametry pracy w warunkach awaryjnych niż w przypadku powłok molibdenowych
- Dobra odporność na zużycie zapewnia: dłuższy okres docierania w porównaniu z niepowleczonymi pierścieniami tłokowymi, pierścieniami zgarniającymi olej wykonanymi z taśm stalowych bądź pierścieniami zgarniającymi olej typu U-Flex



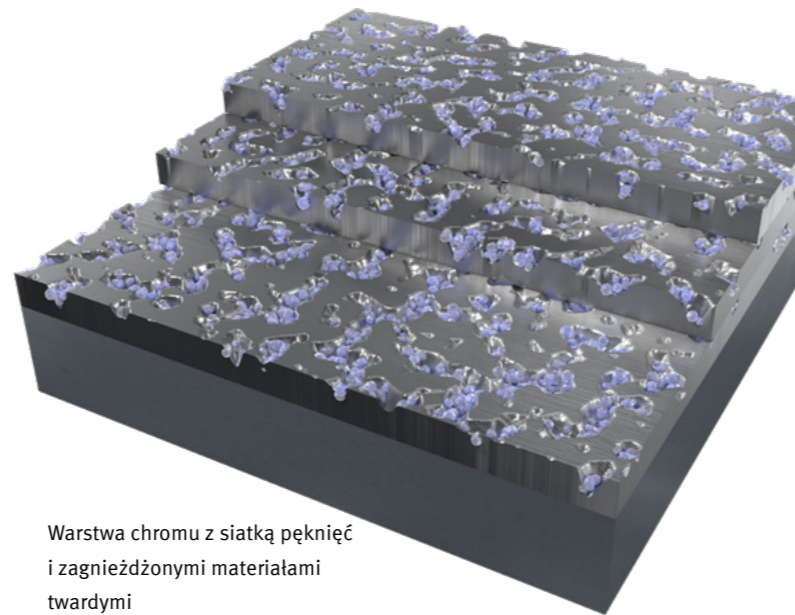
Powłoka chromowa

POWŁOKI CK (CHROMOWO-CERAMICZNE) ORAZ POWŁOKI DC (DIAMOND COATED)

Powłoki te składają się z nakładanej galwanicznie warstwy chromu z siatką pęknięć, w której zagnieżdżają się stałe materiały twarde. Jako materiał zagnieżdżany stosuje się materiał ceramiczny (CK) albo mikroskopijne ziarna diamentu (DC).

Właściwości

- Minimalne straty na tarcie dzięki bardzo gładkiej powierzchni
- Najwyższa odporność na zużycie i długa żywotność dzięki zagnieżdżonym materiałom twardym
- Dobra odporność na ślady spalania
- Niewielkie zużycie własnej warstwy pierścienia tłokowego przy jednoczesnym niewielkim zużyciu cylindra



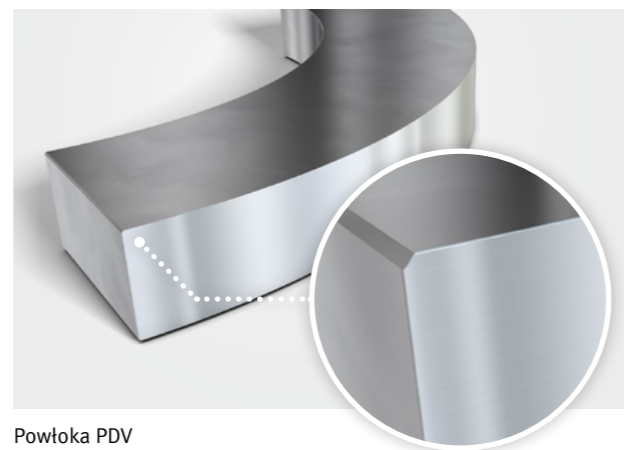
Warstwa chromu z siatką pęknięć i zagnieżdżonymi materiałami twardymi

POWŁOKI PDV

PDV – „Physical Vapour Deposition” – oznacza powlekanie próżniowe, w którym warstwy materiału twardego (CrN – azotek chromu (III)) naparowywane są bezpośrednio na powierzchni pierścienia tłokowego.

Właściwości

- Straty na tarcie minimalizuje się dzięki bardzo gładkiej powierzchni.
- Dzięki bardzo cienkiej i gęstej strukturze warstwy o wysokiej twardości uzyskuje się wysoką odporność na zużycie.
- Dzięki wysokiej odporności na zużycie zarys pierścienia utrzymuje się przez długi czas eksploatacji. Dzięki temu można przykładowo zmniejszyć naprężenie pierścienia zgarniającego olej z powłoką PVD, co daje w efekcie znaczne korzyści względem mocy przeznaczonej na tarcie.



Powłoka PDV

1.5.3 ROZWARSTWIENIA POWŁOKI

Rozwarstwienia powłok powierzchni bieżnej zdarzają się niekiedy przy natrykiwanych powłokach molibdenowych i z tlenku żelaza. Powodem tego są głównie błędy podczas montażu pierścieni tłokowych (zbyt silne rozciąganie przy naciąganiu na tłok i naciąganie pierścieni, jak pokazano na Rys. 1). W przypadku błędnego naciągania pierścienia na tłok powłoka pierścienia pęka tylko przy grzbiecie pierścienia (Rys. 2). Jeśli powłoka odpadnie na zamku pierścienia, może wskazywać to na trzepotanie pierścienia z uwagi na zakłócenia spalania (np. spalanie stukowe).



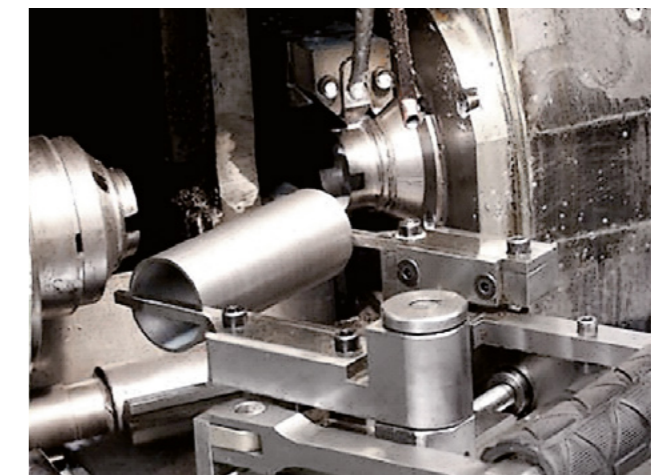
Rys. 2: Powłoka odwarstwia się na grzbiecie pierścienia.



Rys. 1: Skręcanie i rozciąganie pierścieni tłokowych podczas naciągania na tłok

1.5.4 OBRÓBKA POWIERZCHNI BIEŻNYCH (TOCZENIE, DOCIERANIE, SZLIFOWANIE)

Niepowlezione pierścienie tłokowe z żeliwa mają zwykle tylko precyzyjnie wytoczoną powierzchnię bieżną. Z uwagi na krótki czas docierania pierścieni niepowlekanych, rezygnuje się ze szlifowania lub docierania powierzchni bieżnej. W przypadku powierzchni powlekanych lub utwardzanych, powierzchnie bieżne są zwykle szlifowane lub docierane. Powodem jest tutaj to, że z uwagi na wysoką odporność na zużycie musiałyby upłynąć dużo czasu, zanim pierścienie stałyby się okrągłe i zapewniałyby odpowiednie uszczelnienie. Następstwem mogłyby być strata mocy i zwiększone zużycie oleju.



Tokarka do obróbki powierzchni bieżnej

1.5.5 BARYŁKOWATE POWIERZCHNIE BIEŻNE

Kolejnym powodem zastosowania procesów szlifowania lub docierania jest kształt powierzchni bieżnej. Powierzchnie bieżne prostokątnych pierścieni tłokowych (niepowlekanych) przybierają po pewnym czasie kształt baryłkowaty (Rys. 1) – powodem są ruchy w górę i w dół oraz ruchy pierścienia w rowku (skręcenie pierścienia). Ma to pozytywny wpływ na tworzenie się filmu smarnego oraz żywotność pierścieni.

Już przy produkcji powlekanych pierścieni tłokowych nadaje się im lekko baryłkowaty kształt. Dzięki temu nie będą musiały się najpierw dotrzeć dożądanego kształtu, lecz będą miały od początku pracy żądany kształt oraz wstępnie dotartą powierzchnię bieżną. W ten sposób odpada duże zużycie podczas docierania oraz powiązane z tym zużycie oleju. Z uwagi na punktowy styk powierzchni bieżnej pierścienia tłokowego dochodzi do uzyskania wyższego nacisku właściwego na ścianę cylindra, a co za tym idzie – do lepszego uszczelniania spalin i oleju. Poza tym spada także niebezpieczeństwo powstania podpór krawędzi z uwagi na nadal ostre krawędzie pierścienia. Pierścienie chromowane posiadają zawsze załamanie krawędzi, aby zapobiec przeciskaniu się filmu olejowego przy docieraniu. Bardzo twarda powłoka chromowa, nieprawidłowo wykonana, mogłaby doprowadzić do powstania znacznego zużycia i uszkodzenia o wiele bardziej miękkiej ściany cylindra.

Symetryczne, baryłkowate powierzchnie bieżne pierścieni (Rys. 2), obojętnie, czy powstałe w czasie docierania, czy już w czasie produkcji, wykazują bardzo dobre własności ślizgowe i tworzą zdefiniowaną grubość filmu smarnego. W przypadku baryłkowatości symetrycznej, grubość filmu smarnego jest taka sama zarówno przy ruchu tłoka w górę, jak i w dół. Siły na pierścieniu, które pozwalają poruszać się pierścieniowi po filmie olejowym, są takie same w obydwu kierunkach.

Jeśli baryłkowatość jest uzyskiwana już w czasie produkcji pierścienia, istnieje możliwość uzyskania baryłkowatości asymetrycznej, celem lepszej kontroli zużycia oleju. Wierzchołek baryłkowatości nie leży wtedy na środku powierzchni bieżnej, lecz nieco poniżej (Rys. 3).

Ten asymetryczny podział powierzchni bieżnej powoduje różne zachowanie się pierścienia podczas ruchu w górę i w dół. Podczas ruchu w górę pierścień jest, z powodu większej



Rys. 1: Baryłkowatość wskutek zużycia podczas docierania

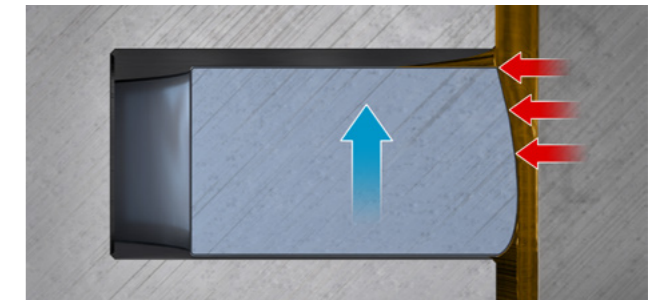


Rys. 2: Baryłkowatość symetryczna powierzchni bieżnej pierścienia

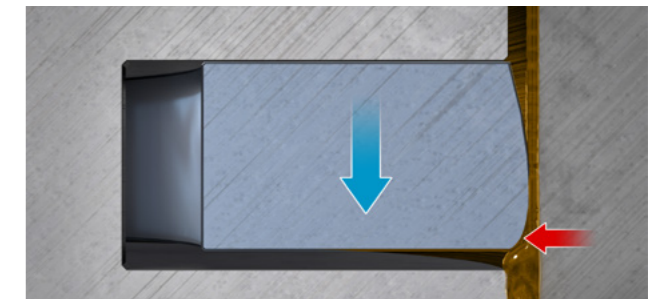


Rys. 3: Baryłkowatość asymetryczna powierzchni bieżnej pierścienia

powierzchni, silniej odsuwany przez olej i zgarnia mniej oleju. Podczas ruchu w dół mniejsza powierzchnia sprawia, że pierścień tłokowy pływa na cieńszej warstwie i zgarnia więcej oleju (Rys. 4 i 5). Pierścienie z baryłkowatością asymetryczną pozwalają w ten sposób na kontrolę zużycia oleju, szczególnie w niekorzystnych warunkach pracy w silnikach wysokoprężnych. Zachodzą one np. po długich okresach stosowania biegu jałowego po pracy z pełnym obciążeniem, kiedy dochodzi często do wyrzutu oleju do układu wydechowego i powstawania niebieskiego dymu przy ponownym dodaniu gazu.



Rys. 4: Pływanie na grubszej warstwie oleju podczas ruchu do góry



Rys. 5: Pływanie na cieńszej warstwie oleju podczas ruchu do dołu

1.5.6 RODZAJE OBRÓBKI POWIERZCHNIOWEJ

Zależnie od wersji, powierzchnie pierścieni tłokowych mogą być niepowleczone, fosforanowane lub pokryte miedzią. Ma to jedynie wpływ na podatność pierścieni na korozję. Nowy pierścień niepowleczone będzie co prawda pięknie błyszczął, jednakże nie będzie wcale chroniony przed rdzewieniem. Pierścienie fosforanowane mają czarną, matową powierzchnię, a warstwa fosforanów chroni je przed tworzeniem się rdzy.

Pierścienie pokryte miedzią są także dobrze chronione przed rdzą i posiadają niewielką ochronę przed tworzeniem się śladów spalania w czasie docierania. Miedź ma pewną zdolność suchego smarowania, a przez to minimalne parametry pracy w warunkach awaryjnych w czasie docierania.

Obróbka powierzchniowa nie ma jednak żadnego wpływu na działanie pierścieni. Dlatego nie można oceniać jakości pierścienia tłokowego na podstawie jego koloru.



1.6 DZIAŁANIE I WŁAŚCIWOŚCI

1.6.1 NAPRĘŻENIE OBWODOWE

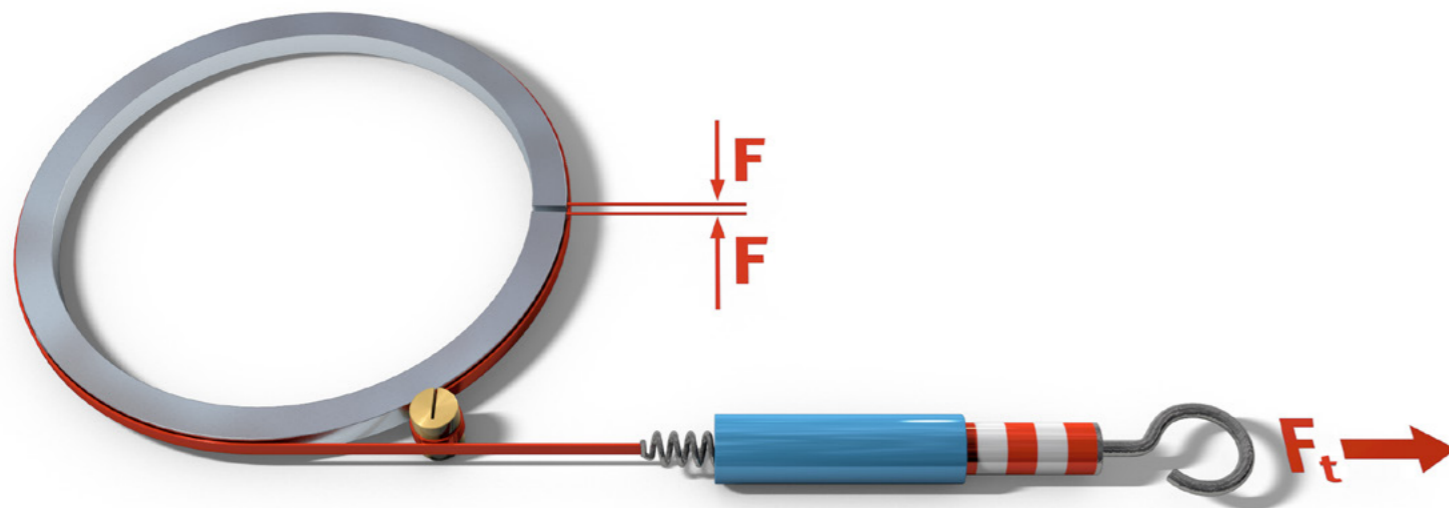
Pierścienie tłokowe w stanie rozprężonym mają większą średnicę, niż w stanie zamontowanym. Jest to niezbędne dla osiągnięcia w stanie zamontowanym wymaganego nacisku ze wszystkich stron w cylindrze.

W praktyce trudno jest wykonać pomiar nacisku w cylindrze. Siła promieniowa, która dociska pierścieni do ściany cylindra, obliczana jest zatem za pomocą równania na podstawie siły obwodowej. Siła obwodowa to siła, która jest potrzebna, aby ściągnąć do siebie końce zamka pierścienia do powstania luzu zamka (Rys. 1). Siłę obwodową mierzy się za pomocą elastycznej taśmy stalowej, którą owija się wokół pierścienia. Taśmę ściąga się wtedy na tyle mocno, aby osiągnąć zalecany luz zamka pierścienia tłokowego. Można wtedy odczytać siłę obwodową z siłomierza. Pomiar pierścieni zgarniających olej następuje zasadniczo z włożoną sprężyną rozprężną.

Dla zapewnienia dokładności pomiarów wprowadza się układ pomiarowy wibracje, aby sprężyna rozprężna przyjęła swój naturalny kształt za korpusem pierścienia. Przy trzyczęściowych pierścieniach z taśmy stalowej niezbędne jest dodatkowo osiowe ustalenie całego zestawu pierścienia, z uwagi na jego konstrukcję, bowiem w przeciwnym razie stalowe taśmy wysunęłyby się na bok, czyniąc pomiar niemożliwym. Rysunek 1 przedstawia schematyczny wygląd pomiaru siły obwodowej.

WSKAZÓWKA

W pierścieniach tłokowych dochodzi, z uwagi na zużycie promieniowe, spowodowane tarcie płynnym lub długim czasem pracy, do utraty naprężenia obwodowego. Pomiar naprężenia ma sens tylko dla nowych pierścieni, które jeszcze mają pełny przekrój.

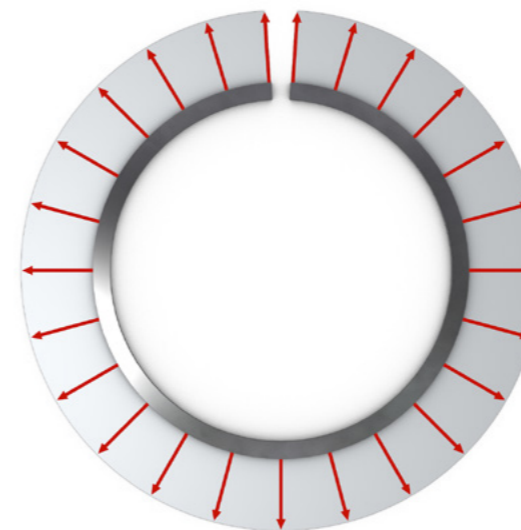


Rys. 1: Pomiar siły obwodowej

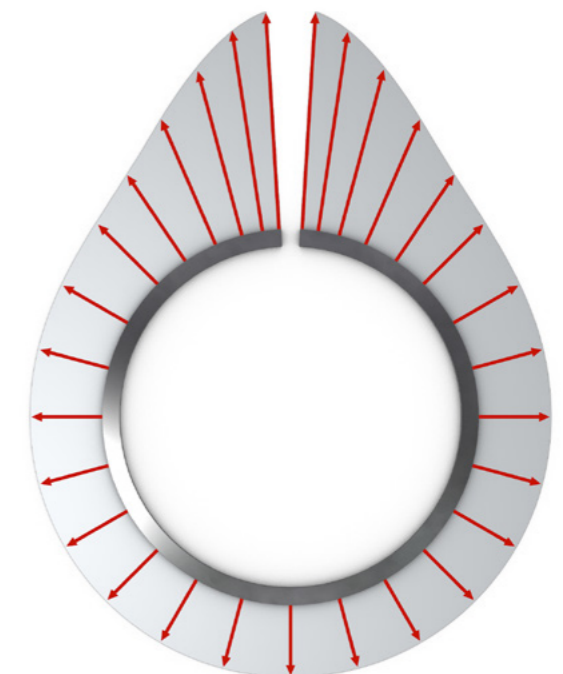
1.6.2 ROZKŁAD NACISKU PROMIENIOWEGO

Nacisk promieniowy zależy od modułu sprężystości materiału, szczeliny w stanie rozprężonym, a także od przekroju pierścienia. Przy rozkładzie nacisku promieniowego spotykamy się z dwiema zasadniczymi sytuacjami. Najprostszy jego rodzaj to symetryczny rozkład nacisku promieniowego (Rys. 2). Mamy z nim do czynienia przede wszystkim w przypadku wieloczęściowych pierścieni zgarniających olej, składających się z elastycznego nośnika pierścienia lub taśm stalowych o względnie niskim naprężeniu własnym. Leżąca za pierścieniem sprężyna rozprężna dociska nośnik pierścienia lub taśmy stalowe do ściany cylindra. Poprzez działanie sprężyny rozprężnej, która w stanie ściśniętym (sytuacja montażowa) opiera się o tylną stronę nośnika pierścienia lub o taśmy stalowe, nacisk promieniowy oddziałuje symetrycznie.

W silnikach czterosuwowych zrezygnowano w przypadku pierścieni uszczelniających z symetrycznego rozkładu nacisku promieniowego. W jego miejscu używa się rozkładu o kształcie gruszki (dodatnio-owalny), aby przeciwdziałać, przy wyższych prędkościach obrotowych, tendencji do trzepotania końców zamka pierścienia (Rys. 3). Trzepotanie pierścienia rozpoczyna się zawsze na końcach zamka i wprowadzane jest przez nie na cały obwód pierścienia. Przy zwiększeniu siły docisku na końce zamka przeciwdziała się temu, bowiem pierścienie tłokowe w tym obszarze są silniej dociskane do ściany cylindra, dzięki czemu wyraźnie zmniejsza się albo całkowicie znika trzepotanie pierścienia.



Rys. 2:
Symetryczny rozkład
nacisku promieniowego



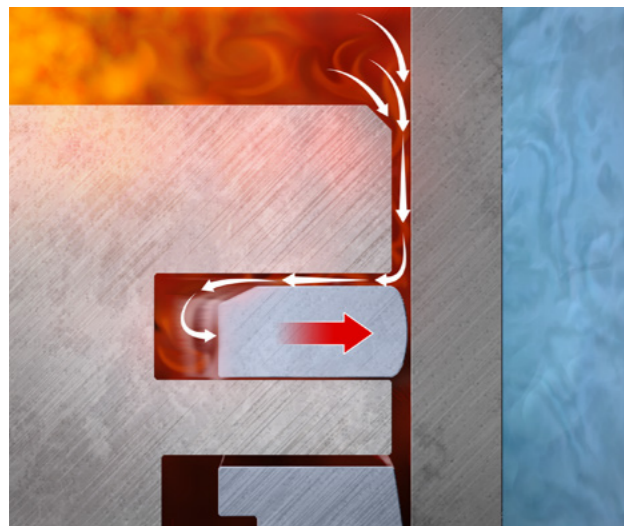
Rys. 3:
Dodatnio-owalny rozkład
nacisku promieniowego

1.6.3 WZROST SIŁY NACISKU WSKUTEK CIŚNIENIA SPALANIA

Od naprężenia własnego pierścieni tłokowych o wiele ważniejszy jest wzrost siły nacisku wskutek ciśnienia spalania, oddziałujący na pierścienie uszczelniające w czasie pracy silnika.

Aż do 90% całkowitej siły docisku pierwszego pierścienia uszczelniającego uzyskiwane jest podczas suwu pracy poprzez ciśnienie spalania. Ciśnienie układa się, jak przedstawiono na Rys. 1, za pierścieniami uszczelniającymi i dociska je jeszcze silniej do ściany cylindra. Zwiększenie siły docisku oddziałuje głównie na pierwszy pierścień uszczelniający, a jej zmniejszenie oddziałuje także na drugi pierścień uszczelniający.

Ciśnienie gazów na drugi pierścień tłokowy można kontrolować przez wielkość luzu zamka pierwszego pierścienia uszczelniającego. Dzięki nieco większej szczelinie stykowej np. większa część ciśnienia spalania dostaje się na tylną stronę drugiego pierścienia uszczelniającego, co daje zwiększenie siły docisku.



Rys. 1: Zwiększenie nacisku

W przypadku większej liczby pierścieni uszczelniających, po drugim pierścieniu uszczelniającym nie dochodzi już do wzrostu siły nacisku spowodowanego ciśnieniem gazów.

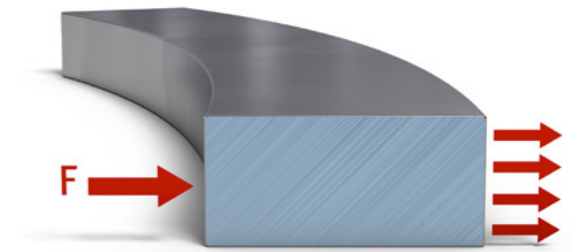
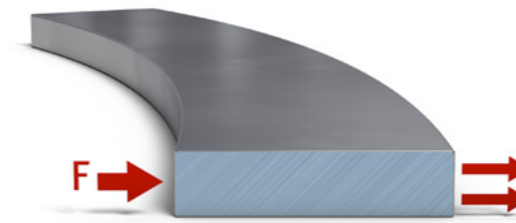
Pierścienie wyłącznie zgarniające olej pracują tylko dzięki naprężeniu własnemu. Ciśnienie gazów nie zwiększy w ich przypadku siły docisku z uwagi na szczególny kształt tych pierścieni. Rozkład sił na pierścieniu tłokowym jest zależny poza tym od kształtu powierzchni bieżnej pierścienia tłokowego. W przypadku pierścieni minutowych oraz baryłkowatych pierścieni uszczelniających, ciśnienie gazów dostaje się także do szczeliny uszczelniającej pomiędzy powierzchnią bieżną pierścienia tłokowego a ścianą cylindra, działając przeciw ciśnieniu gazów za pierścieniem tłokowym (zob. rozdział 1.3.1 Pierścienie uszczelniające).

Osiowa siła docisku oddziałująca na pierścień uszczelniający przy dolnej powierzchni rowka, powstaje wyłącznie w efekcie ciśnienia gazów. Naprężenie własne pierścieni nie działa w kierunku osiowym.

WSKAZÓWKA

Na biegu jałowym, wskutek gorszego wypełnienia cylindrów, dochodzi zasadniczo do niższego wzrostu docisku pierścieni. Daje się to zauważyć szczególnie w silnikach wysokoprężnych. Silniki pracujące długo na biegu jałowym wykazują zwiększone zużycie oleju, bowiem działanie zgarniające jest pozbawione wsparcia ze strony ciśnienia gazów. Takie silniki, często przy dodawaniu gazu po dłuższym czasie pracy na biegu jałowym, wyrzucają kłęby niebieskich spalin z układu wydechowego, z powodu możliwego zebrania się w cylindrze i układzie wydechowym oleju, który mógł się spalić dopiero przy dodaniu gazu.

1.6.4 NACISK WŁAŚCIWY



Rys. 2 i Rys. 3: Naprężenie pierścienia i właściwa siła docisku

Nacisk właściwy zależy od naprężenia pierścienia i powierzchni przyłożenia pierścienia do ściany cylindra. Istnieją dwie możliwości podwojenia właściwej siły docisku: Można podwoić naprężenie pierścienia albo zmniejszyć o połowę powierzchnię przyłożenia pierścienia w cylindrze. Na podstawie Rys. 2 i 3 można zobaczyć, że siła wypadkowa (właściwa siła docisku = siła \times powierzchnia), oddziałująca na ścianę cylindra, jest w obydwu przypadkach taka sama, pomimo podwojenia lub zmniejszenia o połowę naprężenia pierścienia.

W nowszych silnikach obserwujemy trend do mniejszych wysokości pierścieni, w celu zmniejszenia tarcia wewnętrznego w silniku. Daje się to jednak osiągnąć jedynie poprzez zmniejszenie efektywnej powierzchni styku pierścienia ze ścianą cylindra. W przypadku połowy wysokości pierścienia, naprężenie pierścienia tłokowego także spada o połowę, a co za tym idzie – także i tarcie.

Z uwagi na to, że pozostała siła oddziałuje na mniejszą powierzchnię, nacisk właściwy na ścianę cylindra (siła \times powierzchnia) pozostaje przy połowie powierzchni i połowie naprężenia taki sam, jak przy podwojonej powierzchni i podwojonym naprężeniu.

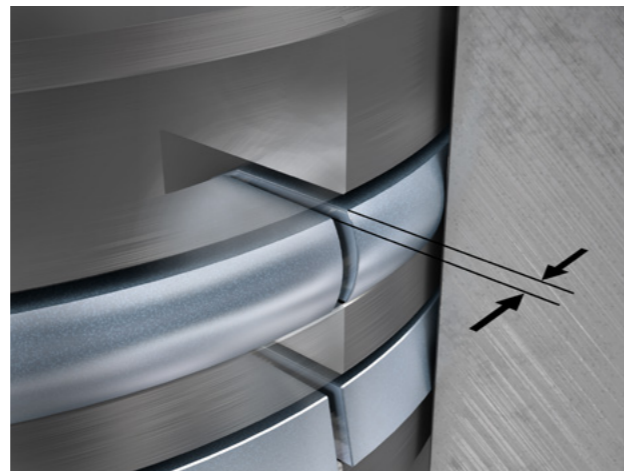
UWAGA

Samo naprężenie pierścienia nie wystarczy do oceny nacisku oraz uszczelnienia. Porównując pierścienie tłokowe należy zawsze zwracać koniecznie uwagę na wielkość powierzchni bieżnej.

1.6 DZIAŁANIE I WŁAŚCIWOŚCI

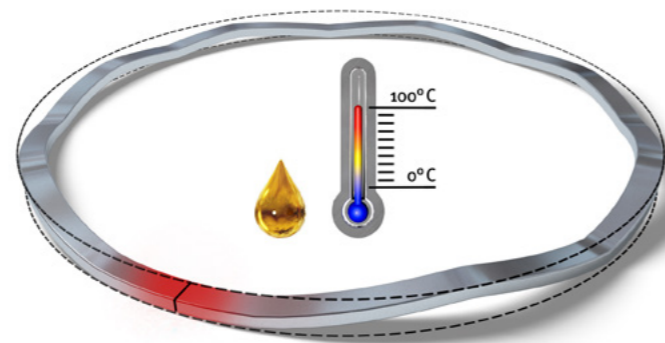
1.6.5 LUZ ZAMKA

Luz zamka (Rys. 1) jest ważną cechą konstrukcyjną, pozwalającą na zapewnienie działania pierścieni tłokowych. Można ją porównać do luzu zaworowego zaworu dolotowego i wylotowego. Przy ogrzewaniu elementów konstrukcyjnych dochodzi w drodze naturalnej rozszerzalności termicznej do wydłużenia lub zwiększenia średnicy. W zależności od różnicy pomiędzy temperaturą otoczenia, a temperaturą roboczą, potrzebny jest większy lub mniejszy luz na zimno, aby zapewnić poprawne działanie w stanie gorącym.



Rys. 1: Luz zamka w stanie zamontowanym

Podstawowym warunkiem poprawnej pracy pierścieni tłokowych jest możliwość ich niezakłóconego obrotu w rowkach. Utknięcie pierścieni tłokowych w rowkach spowodowałoby, że nie mogłyby one ani uszczelniać, ani odprowadzać ciepła. Luz zamka, który musi występować także w temperaturze roboczej, gwarantuje, że obwód pierścienia tłokowego pomimo rozszerzalności termicznej zawsze pozostanie mniejszy niż obwód cylindra. Całkowite zamknięcie luzu zamka poprzez rozszerzalność termiczną spowodowałoby nacisk końców zamka pierścienia tłokowego na siebie. Przy dalszym nacisku, pierścień tłokowy musiałby nawet ulec wygięciu, aby zrównoważyć zmianę długości powstałą na skutek ogrzania. Z uwagi na to, że rozszerzanie pierścienia tłokowego wskutek rozszerzalności termicznej nie może odbyć się w kierunku promieniowym, zmiana długości może zostać wyrównana jedynie w kierunku osiowym. Rys. 2 przedstawia odkształcenie pierścienia w przypadku braku miejsca w cylindrze.



Rys. 2: Odkształcenie pierścienia tłokowego w temperaturze roboczej

Poniższe obliczenie przedstawia zmianę długości obwodu pierścienia tłokowego w temperaturze roboczej, na przykładzie pierścienia tłokowego o średnicy 100 mm.

Przykład obliczenia

Średnica cylindra	$d = 100 \text{ mm}$
Temperatura otoczenia	$t_1 = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$
Temperatura robocza	$t_2 = 200^\circ\text{C} = 473 \text{ K}$
Współczynnik rozszerzalności cieplnej żeliwa	$\alpha = 0,000010 \text{ K}^{-1}$

Obwód pierścienia tłokowego

$$U = d \times \pi$$

$$U = 100 \times 3,14 = 314 \text{ mm}$$

$$U = l_1$$

Zmiana długości pierścienia tłokowego w temperaturze roboczej

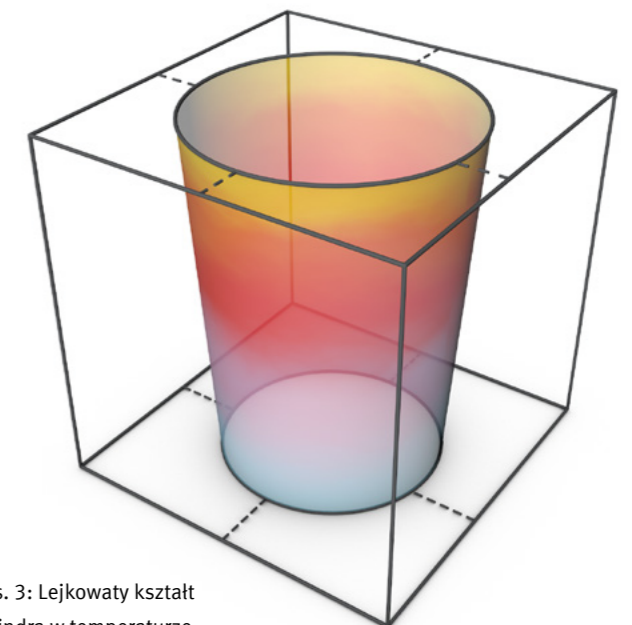
$$\Delta l = l_1 \times \alpha \times \Delta t$$

$$\Delta l = l_1 \times \alpha \times (t_2 - t_1)$$

$$\Delta l = 314 \times 0,000010 \times 180 = 0,57 \text{ mm}$$

W tym przykładzie potrzebny jest zatem luz zamka co najmniej 0,6 mm dla zapewnienia poprawnej pracy pierścienia. Jednakże nie tylko tłoki i pierścienie tłokowe się rozszerzają – także otwór cylindra zwiększa swoją średnicę przez ogrzanie do temperatury roboczej. Z tego względu luz zamka może być jednak nieco mniejszy. Otwór cylindra zwiększa się wskutek rozszerzalności termicznej o wiele mniej niż pierścień tłokowy. Po pierwsze struktura bloku cylindra jest sztywniejsza niż struktura tłoka, po drugie temperatura powierzchni cylindra nigdy nie osiąga poziomów temperatury tłoka i pierścieni tłokowych.

Także wzrost średnicy otworu cylindra wskutek rozszerzalności termicznej nie jest jednolity na całej gładzi cylindra. W górnej części cylinder rozszerza się wskutek oddziaływania ciepła spalania bardziej niż w dolnej. Poprzez nierównomierne rozszerzenie termiczne cylindra zachodzi zatem odchylenie cylindra od pierwotnej formy i przyjęcie przez niego nieco lejkwatego kształtu (Rys. 3).



Rys. 3: Lejkwaty kształt cylindra w temperaturze roboczej

1.6.6 POWIERZCHNIE USZCZELNIAJĄCE PIERŚCIENI TŁOKOWYCH

Pierścienie tłokowe nie uszczelniają jedynie na powierzchni bieżnej, lecz także na ścianie dolnej. Uszczelnianie na powierzchni bieżnej jest odpowiedzialne za izolację względem ściany cylindra; dolna ścianka rowka izoluje wraz z tylną ścianą pierścienia. Nie wystarczy zatem dobra styczność pierścienia ze ścianą cylindra, ale także dobry styk z dolną ścianką rowka tłoka (Rys. 1). Jeżeli takiego styku nie ma, olej ew. gazy spalinowe mogą się przedostać na drugą stronę pierścienia przez jego tylną część.

Na podstawie rysunków można sobie bardzo łatwo wyobrazić, że zużycie (zabrudzenia i długi czas pracy) powoduje spadek uszczelnienia w tylnej części pierścienia, a przez rowek przechodziłoby więcej gazów spalinowych i oleju. Zatem montaż nowych pierścieni w zużytych rowkach pierścieniowych to bezcelowe przedsięwzięcie. Nierówności ścianki rowka nie będą stanowiły uszczelnienia wraz z pierścieniem, a wyższy rowek pozostawi więcej miejsca dla ruchu pierścienia. Z uwagi na to, że przy zbyt dużej wysokości rowka pierścienia nie będzie prawidłowo prowadzony w rowku, o wiele łatwiej może dojść do podniesienia pierścienia ze ścianki rowka, do pompowania oleju (Rys. 2 i 3), trzepotania pierścienia i utraty szczelności. Ponadto dochodzi do nadmiernej baryłkowatości powierzchni bieżnej pierścienia. Wszystko to spowoduje powstanie nadmiernie grubego filmu olejowego i zwiększy zużycie oleju.



Rys. 1: Uszczelnienie przez ściankę boczną rowka



Rys. 2: Suw ssania



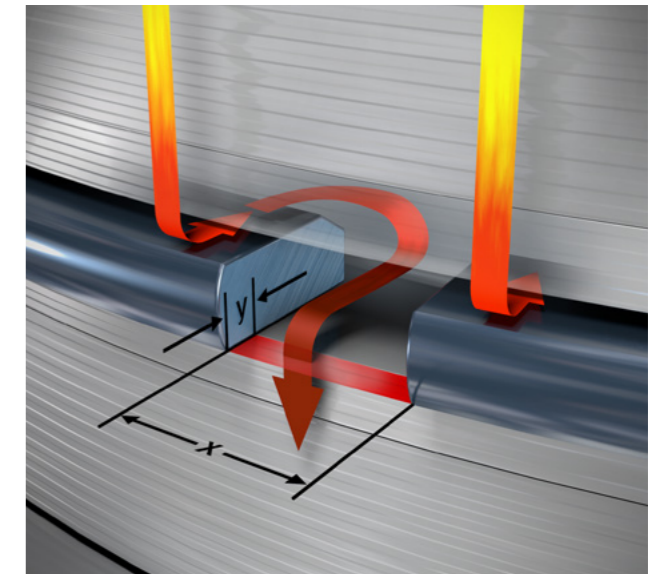
Rys. 3: Suw sprężania

1.6.7 SZCZELINA PRZEPUSTOWA I GAZY PRZEDMUCHOWE

Z konstrukcyjnego punktu widzenia nie jest możliwe uzyskanie 100% uszczelnienia gazów przy użyciu pierścieni tłokowych, stosowanych w budowie silników – dochodzi do przecieków gazów spalinowych, zwanych także gazami przedmuchiowymi. Gazy spalinowe przedostają się przez najmniejsze szczeliny uszczelniające przy tłokach i pierścieniach tłokowych do komory korbowej. Ilość tych gazów zależy od wielkości szczeliny przepustowej (x i y na Rys. 4), wynikającej z luzu zamka i połowy luzu roboczego tłoka. Szczelina ta jest zatem, w przeciwieństwie do przedstawionego diagramu, bardzo mała. Zasadniczo maksymalną wielkość przedmuchu gazów określa się na ok. 0,5% zasasanej ilości powietrza. Zależnie od położenia pierścienia tłokowego, w czasie pracy wytworzy się większy lub mniejszy przedmuch gazów. Jeśli luzy zamków pierwszego i drugiego pierścienia uszczelniającego będą leżały równo w rowkach pierścienia tłokowego, powstanie więcej gazów przedmuchiowych. W czasie normalnej pracy taka sytuacja będzie się regularnie powtarzała, bowiem pierścienie obracają się kilkakrotnie na minutę w rowkach pierścieniowych. Jeśli luzy zamków będą leżały dokładnie po przeciwnych stronach tłoka, wtedy gaz musi pokonać dłuższą drogę przez labirynt uszczelnień, powodując mniejsze straty gazów. Gaz przedmuchiowy, dostając się do skrzyni korbowej, doprowadzany jest przez odpowietrzenie skrzyni korbowej z powrotem do układu zasysania i dalej do spalania. Przyczyną tego jest szkodliwość tych gazów dla zdrowia. Ponowne spalanie w silniku powoduje ich unieszkodliwienie. Wentylacja komory korbowej jest poza tym niezbędna, bowiem nadciśnienie w skrzyni korbowej prowadziłoby do zwiększonych wycieków oleju na radialnych pierścieniach uszczelniających wału silnika.

Zwiększona ilość gazów przedmuchiowych świadczy o znacznym zużyciu pierścieni tłokowych po długim czasie pracy lub o tym, że na denku tłoka pojawić się mogły pęknięcia, pozwalające na przedostawanie się gazów spalinowych do skrzyni korbowej. Do powstawania zwiększonego przedmuchu gazów może także prowadzić błędna geometria cylindrów (zob. rozdział 2.3.5 Geometria cylindrów i odchyłka kołowości).

W silnikach stacjonarnych i testowych przedmuch gazów jest nieustannie mierzony i poddawany kontroli, wykorzystywany jest jako wskaźnik ostrzegający o powstających awariach silnika. Jeśli zmierzona ilość gazów przedmuchiowych przekroczy dopuszczalną wartość, silnik zostanie automatycznie wyłączony. W ten sposób można uniknąć znacznych i kosztownych awarii silnika.



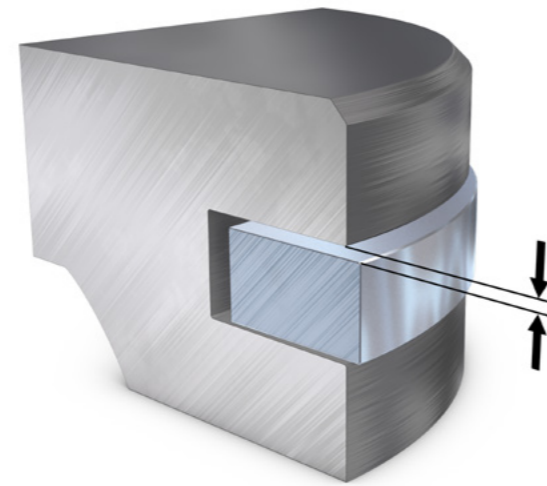
Rys. 4: Szczelina przepustowa

1.6.8 LUZ PIONOWY PIERŚCIEŃ

Luz pionowy pierścienia (Rys. 1) nie jest efektem zużycia rowka pierścieniowego. Luz pionowy jest ważną miarą działania, zapewniającą poprawną pracę pierścieni tłokowych. Luz pionowy pierścienia tłokowego gwarantuje możliwość swobodnego ruchu pierścieni w rowkach pierścienia tłokowego (zobacz także rozdział 1.6.11 Ruchy pierścieni tłokowych).

Musi być dostatecznie duży, aby pierścień nie utknął w rowku przy temperaturze roboczej i aby do rowka wpływało dostatecznie dużo ciśnienia spalania, aby znaleźć się za pierścieniem (zobacz też rozdział 1.6.3 Wzrost siły nacisku przez ciśnienie spalania).

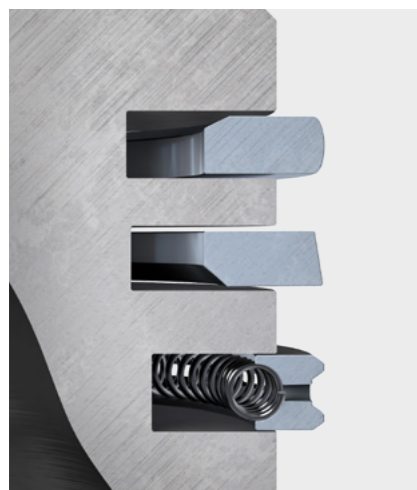
Luz pionowy pierścienia nie powinien być z drugiej strony zbyt duży, bowiem w takim przypadku pierścień będzie miał słabsze prowadzenie osiowe. W ten sposób zwiększa się skłonność pierścieni do trzepotania (rozdział 2.6.7 Trzepotanie pierścieni), a także tendencję do nadmiernego ich skręcania. W efekcie dochodzi do niekorzystnego zużycia pierścienia tłokowego (nadmierna baryłkowatość powierzchni bieżnej pierścienia) oraz do zwiększonego zużycia oleju (rozdział 1.6.6 Powierzchnie uszczelniające pierścieni tłokowych).



Rys. 1: Luz pionowy pierścienia

1.6.9 SKRĘCENIE PIERŚCIEŃ

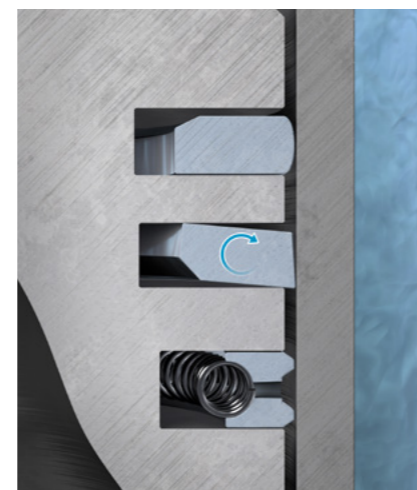
Uskok albo skos wewnętrzny pierścieni tłokowych powodują w napiętym stanie zamontowanym skręcenie. W stanie zdemontowanym, nienaprzężonym, skręcenie nie zachodzi (Rys. 2), a pierścień leży płasko w rowku pierścieniowym. Zamontowany – a więc naprzężony – pierścień będzie skręcał ku słabszej stronie, w miejscu, w którym jest mniej materiału na skutek uskoku lub skosu wewnętrznego. Pierścień skręca się. Zależnie od położenia skosu lub uskoku na dolnej lub górnej krawędzi, mówi się o pierścieniu tłokowym skręcającym się dodatnio lub ujemnie (Rys. 3 i 4).



Rys. 2:
Pierścienie tłokowe nienaprzężone – skręcenie jeszcze nie występuje



Rys. 3:
Skręcenie dodatnie



Rys. 4:
Skręcenie ujemne

SKRĘCENIE PIERŚCIEŃ W WARUNKACH ROBOCZYCH

W przypadku pierścieni skręcających się dodatnio lub ujemnie, skręcanie zachodzi wtedy, kiedy na pierścień nie działa ciśnienie spalania (Rys. 5). Gdy tylko ciśnienie spalania dostanie się do rowka pierścieniowego, pierścień tłokowy zostaje dociśnięty do dolnej ścianki rowka, dając lepszą kontrolę zużycia oleju (Rys. 6).

Pierścienie prostokątne i minutowe o dodatnim skręcenie zasadniczo charakteryzują się dobrymi właściwościami zgarniania oleju. Przy tarciu o ścianę cylindra, przy ruchu tłoka w dół, pierścień może jednak podnieść się nieco z dolnej ścianki rowka tak, że do szczeliny uszczelniającej dostanie się mimo wszystko olej, co prowadzi do zużycia oleju.

Pierścienie skręcające się ujemnie uszczelniają z zewnętrznej strony, przy dolnej ściance rowka pierścieniowego oraz z wewnętrznej strony przy górnej ścianie rowka pierścieniowego. W ten sposób dostęp oleju do rowka jest blokowany. W ten sposób dzięki pierścieniom o ujemnym skręcenie można wpłynąć na zmniejszenie zużycia oleju, szczególnie w zakresie pracy z częściowym obciążeniem i przy podciśnieniu w komorze spalania (hamowanie silnikiem). Przy ujemnie skręcających się pierścieniach minutowych kąt przy powierzchni bieżnej wynosi ok. 2° i jest nieco większy niż w przypadku normalnych pierścieni minutowych. Jest to niezbędne, bowiem dzięki ujemnemu skręceniu kąt ten jest nieco niwelowany.



Rys. 5:
Bez ciśnienia spalania



Rys. 6:
Z ciśnieniem spalania

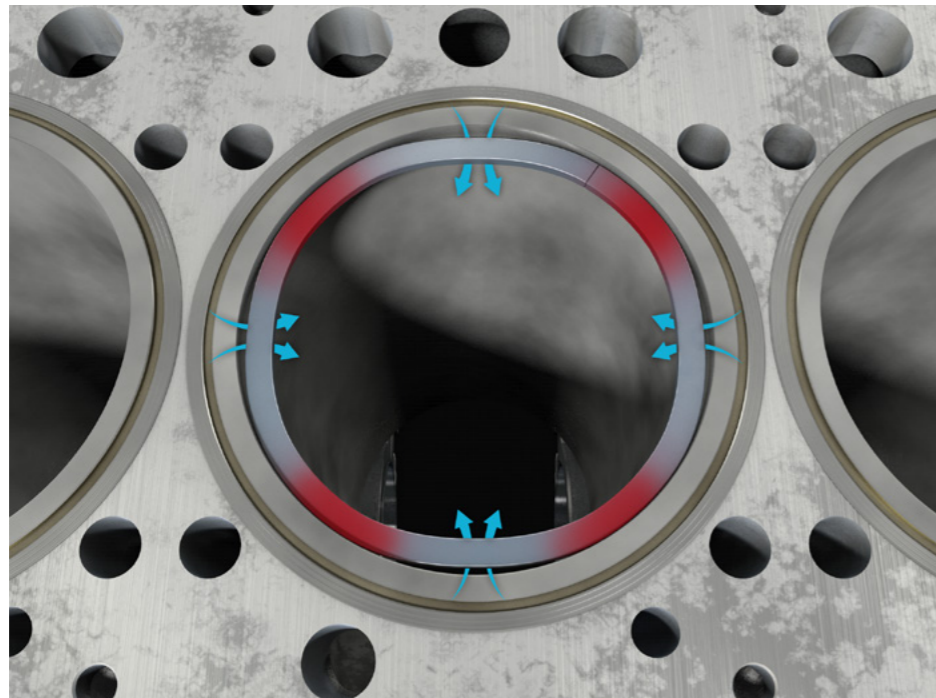
1.6.10 ZDOLNOŚĆ WYPEŁNIANIA FORMY

Zdolność wypełnienia formy oznacza, jak dobrze pierścień potrafi dopasować się do formy ściany cylindra w celu uzyskania dobrego działania uszczelniającego. Zdolność wypełnienia formy przez pierścień zależy od elastyczności pierścienia bądź korpusu pierścienia (dwuczęściowe pierścienie zgarniające olej) lub taśm stalowych (wieloczęściowe pierścienie zgarniające olej), a także od nacisku pierścienia / korpusu pierścienia do ściany cylindra. Zdolność wypełnienia formy jest tym większa, im bardziej elastyczny jest pierścień / korpus pierścienia i im wyższy jest nacisk. Pierścienie o dużej wysokości i przekroju są bardzo sztywne i z powodu znacznej masy powodują powstawanie w czasie pracy wyższych sił bezwładnościowych. Mają z tego względu gorszą zdolność wypełnienia formy niż pierścienie o niższej wysokości i mniejszych przekrojach, a co za tym idzie – o niższych siłach bezwładnościowych.

Wieloczęściowe pierścienie zgarniające olej odznaczają się bardzo dobrą zdolnością wypełnienia formy, z uwagi na to, że posiadają bardzo elastyczny korpus lub taśmy stalowe, a przy tym nie muszą spełniać wymagań dotyczących dużego naprężenia.

Zgodnie z opisem w niniejszej broszurze, w przypadku wieloczęściowych pierścieni zgarniających olej siła docisku pochodzi od przynależnej sprężyny rozprężnej. Korpus pierścienia lub stalowe taśmy są bardzo elastyczne i łatwo się dopasowują.

Dobra zdolność wypełnienia formy jest szczególnie ważna wtedy, gdy z powodu odkształceń dochodzi do odchytek kołowości i powstania nierówności cylindra. Powodowane są one przez wypaczenia (termiczne i mechaniczne) oraz przez błędy obróbki i montażu. Zob. także rozdział 2.3.5 Geometria cylindrów i odchyłka kołowości.



Rys. 1: Zła zdolność wypełniania formy

1.6.11 RUCHY PIERŚCIENI TŁOKOWYCH

RUCH OBROTOWY PIERŚCIENI

Pierścienie tłokowe muszą mieć możliwość obracania się w rowkach pierścieniowych, aby być w stanie doskonale się dotrzeć i uszczelniać. Ruch obrotowy pierścieni powstaje z jednej strony dzięki strukturze whonowania (szlif krzyżowy), a z drugiej dzięki przechyleniu tłoka w jego górnym i dolnym martwym punkcie. Bardziej płaski kąt skrzyżowania śladów ziaren ściernych daje przy tym słabszy ruch obrotowy pierścieni, a kąt bardziej stromy daje większą prędkość obrotową pierścienia. Ruch obrotowy pierścienia jest oprócz tego zależny od prędkości obrotowej silnika. 5 do 15 obrotów na minutę to realistyczne wartości prędkości obrotowej i dają dobre wyobrażenie o rzędzie wielkości ruchu obrotowego pierścieni.

W silnikach dwusuwowych pierścienie są zabezpieczone przed obrotami. W ten sposób unika się rozprężenia zamka w kanałach gazowych. Silniki dwusuwowe stosowane są przede wszystkim w pojazdach dwukołowych, maszynach ogrodowych i tym podobnych. Akceptuje się przy tym nieregularne zużycie pierścieni, możliwy nagar w rowkach pierścieniowych oraz ograniczoną żywotność, biorące się z uniemożliwionego ruchu obrotowego pierścieni. Ten rodzaj zastosowania zaplanowany jest z góry na krótszą żywotność silnika. Przed zwykłym silnikiem czterosuwowym, zamontowanym w pojeździe poruszającym się po ulicach, stawia się o wiele wyższe wymagania dotyczące przebiegu.

Wzajemne przesunięcie zamków pierścieni podczas montażu o 120° służy jedynie lepszemu dotarciu nowego silnika. W czasie późniejszej pracy możliwy jest każdy układ pierścieni tłokowych wewnątrz rowków pierścieniowych, o ile ich rotacja nie jest uniemożliwiona przez konstrukcję silnika (silniki dwusuwowe).

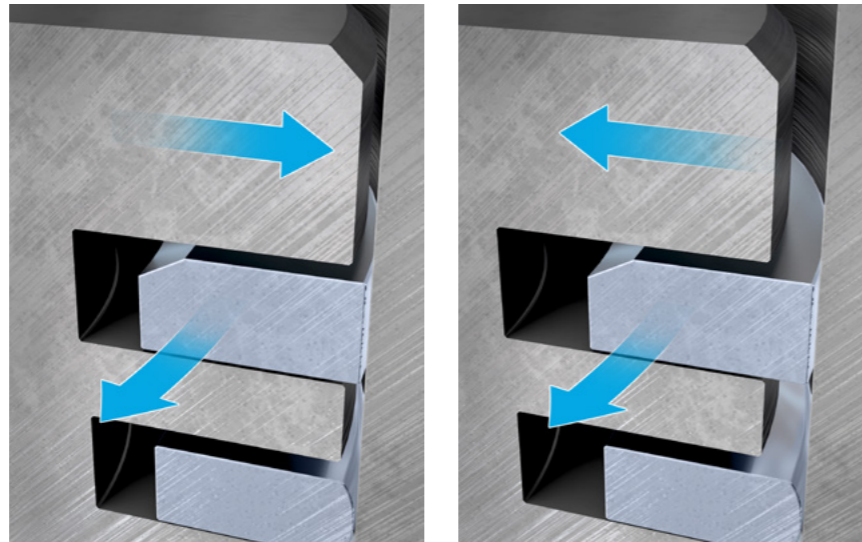
RUCH OSIOWY PIERŚCIENI

W sytuacji idealnej wszystkie pierścienie będą leżały na dolnej ściance rowka. Jest to ważne dla funkcji uszczelniania, bowiem pierścienie uszczelniają nie tylko na powierzchniach bieżnych, ale i na dolnych brzegach pierścieni. Pierścień uszczelnia dolną ściankę rowka przed przedostaniem się gazu lub oleju na tylną stronę pierścienia. Powierzchnia bieżna pierścienia tłokowego uszczelnia przednią stronę względem ściany cylindra (patrz rozdział 1.6.6 Powierzchnie uszczelniające pierścieni tłokowych).

Dzięki ruchowi tłoka w górę i w dół oraz dzięki zmianom kierunku, na pierścienie działają także siły bezwładnościowe, które podnoszą pierścienie z dolnej ścianki rowka. Film olejowy wewnątrz rowka redukuje podnoszenie pierścieni tłokowych z dolnej ścianki spowodowane przez siły odśrodkowe. Problemy zaczynają występować głównie wtedy, gdy rowki pierścieniowe rozszerzą się z powodu zużycia i gdy luz pionowy w rowku stanie się zbyt duży. Prowadzi to do podnoszenia pierścienia z powierzchni przyłożenia na tłoku i do trzepotania pierścienia, które zaczyna się przede wszystkim na końcach zamka. Dochodzi do utraty szczelności przez pierścień tłokowy i do zwiększonego zużycia oleju. Dzieje się tak przede wszystkim w czasie suwu ssania, kiedy poprzez opadanie tłoka i powstające podciśnienie w komorze spalania pierścienie podnoszą się z dna rowka, a olej jest zasysany wzdłuż tylnej ściany pierścienia do komory spalania. W czasie trzech pozostałych suwów dzięki ciśnieniu pochodzącemu z komory spalania dochodzi do dociśnięcia pierścieni do dolnego brzegu pierścienia.

RUCH PROMIENIOWY PIERŚCIENI

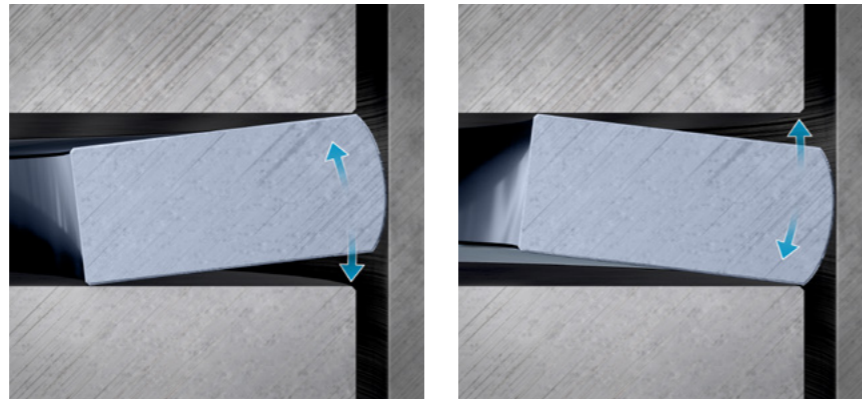
Pierścienie właściwie nie poruszają się promieniowo tam i z powrotem, lecz tłok zmienia położenie od jednej do drugiej ściany cylindra poprzez ruch posuwisto-zwrotny wewnątrz otworu cylindra. Ma to miejsce zarówno w górnym, jak i w dolnym martwym punkcie tłoka. W ten sposób dochodzi do ruchu promieniowego pierścienia wewnątrz rowka pierścienia tłokowego. Prowadzi to do roztarcia tworzącej się warstwy zwęglonego oleju (szczególnie w przypadku pierścieni trapezowych), jak i do ruchu obrotowego pierścieni, szczególnie w połączeniu ze szlifem krzyżowym.



Ruch promieniowy pierścienia tłokowego

SKRĘCENIE PIERŚCIENI

Siły bezwładnościowe, skrócenie pierścieni i luz pionowy pierścieni powodują ruch pierścieni zilustrowany na rysunku. Jak napisano w rozdziale 1.5.5 Baryłkowate powierzchnie bieżne, pierścienie tłokowe docierają się z czasem do kształtu baryłkowatego.



Skręcenie pierścienia

2 MONTAŻ I SERWIS

2.1 OCENA STANU ZUŻYTYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

Stanowiąc część systemu uszczelniającego, składającego się z tłoka, cylindra, oleju silnikowego i pierścieni tłokowych, pierścienie mogą spełniać swoje zadanie jedynie w stopniu, na jaki pozwalają pozostałe komponenty. Jeśli bowiem wskutek zużycia spadnie wydajność jednego z elementów uszczelniających, wtedy w efekcie spadnie łączna wydajność całego systemu uszczelniającego.

Zastosowanie używanych ślizgowych elementów współpracujących z pierścieniami tłokowymi (tłoków i cylindrów) należy dokładnie sprawdzić. System uszczelniający jest tylko tak dobry, jak dobry jest jego najsłabszy komponent. Dlatego bezcelowa jest naprawa silnika tylko poprzez wymianę pierścieni tłokowych. Jeśli pierścienie są zużyte, wtedy inne ślizgowe elementy współpracujące z pierścieniami tłokowymi są także zużyte. Wymiana pierścieni z ponownym wykorzystaniem zużytego tłoka lub zużytej tulei bieżnej cylindra, nie przyniesie pożądanych rezultatów. Taki sposób eliminacji strat mocy lub dużego zużycia oleju będzie zatem raczej bezwocnym przedsięwzięciem, i jeśli już, to przyniesie krótkoterminowe efekty pozytywne.

Przyczyny leżące u podstaw tej sytuacji zostały opisane m. in. w rozdziale 1.6.6 Powierzchnie uszczelniające pierścieni tłokowych.



2.2 OCENA STANU ZUŻYTYCH TŁOKÓW

2.2.1 POMIAR I OCENA ROWKÓW PIERŚCIENIOWYCH

Jeśli na używany tłok mają być zamontowane nowe pierścienie tłokowe, wtedy o możliwości dalszej eksploatacji tłoka decyduje luz pionowy w rowkach tłoków. Omawiany pierścień tłokowy, jak przedstawiono na Rys. 1, wprowadza się do oczyszczonego rowka pierścieniowego, a luz mierzy się za pomocą szczelinomierza. Jeśli nowy pierścień tłokowy ma być mierzony na używanym tłoku, wtedy metoda przedstawiona na rysunku jest lepsza niż montaż pierścienia tłokowego na tłoku. Wielokrotne nakładanie i zdejmowanie pierścienia tłokowego z tłoka może niekiedy spowodować odkształcenie materiału pierścienia tłokowego, wpływając ujemnie na jego pracę.

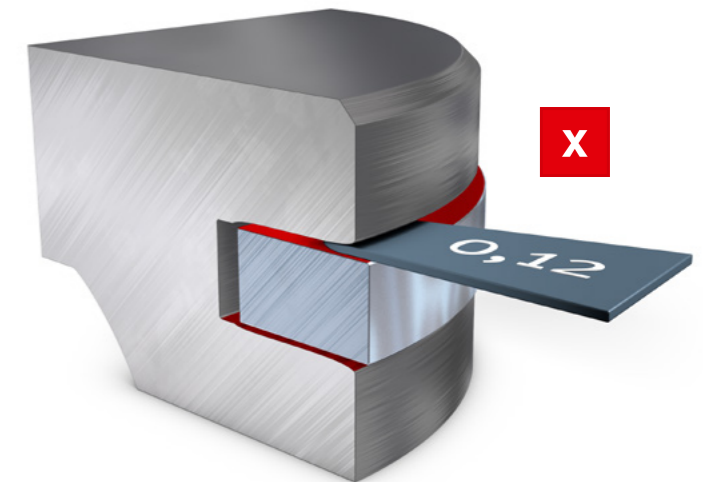


Rys. 1: Pomiar luzu pionowego pierścienia

UWAGA

Miara zużycia odnosi się do zewnętrznych krawędzi mierzonego rowka pierścieniowego, tj. wsunięcie szczelinomierza o grubości 0,12 mm pomiędzy pierścień tłokowy a rowek pierścieniowy, jak przedstawiono na Rys. 2, nie powinno być możliwe. W takiej sytuacji rowek pierścieniowy należy uznać za zużyty.

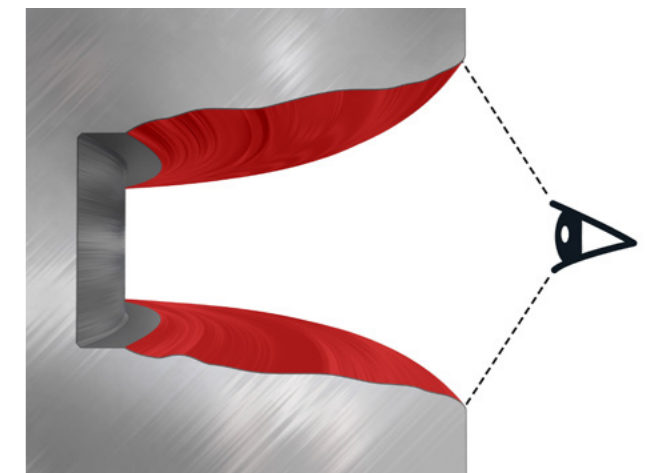
Luz pionowy pierścienia (mm)	Możliwość dalszej eksploatacji tłoka
0,05-0,10	Tłok nadaje się do dalszego użycia
0,11-0,12	Wskazana zwiększona ostrożność
> 0,12	Tłok jest zużyty i wymaga wymiany



Rys. 2: Zużyty rowek pierścieniowy

Kontrola luzu pionowego pierścieni nie jest możliwa w przypadku naciągniętych i nienaprzężonych pierścieni trapezowych. Z uwagi na kształt trapezu, prawidłowy luz pionowy w rowku trapezowym zachodzi jedynie wtedy, kiedy pierścień tłokowy jest dociśnięty do cylindra lub zamontowany w cylindrze.

W efekcie pomiar jest bardzo utrudniony. Kontrola musi zatem ograniczyć się do wzrokowej kontroli rowka pod kątem zużycia (Rys. 3).



Rys. 3: Kontrola wzrokowa rowka

2.3 OCENA STANU ZUŻYTYCH OTWORÓW CYLINDRÓW

2.3.1 GŁADZIE CYLINDRÓW Z WYSOKIM POŁYSKIEM (CYLINDRY Z ŻELIWA SZAREGO)

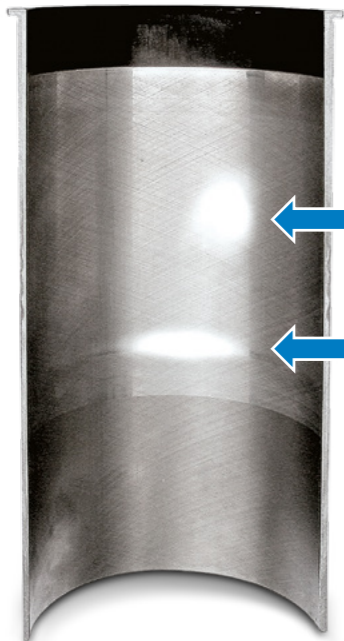
Błyszczące i gładkie jak lustro powierzchnie cylindrów, na których brak już rowków po honowaniu, to wynik albo naturalnego zużycia po długim czasie pracy lub efekt zabrudzenia i tarcia półpłynnego po krótkim okresie eksploatacji.

Fakt wytarcia przez zużycie wszystkich rowków po honowaniu jest pewną oznaką zużycia otworu cylindra. Dodatkowy pomiar przy użyciu odpowiednich narzędzi nie jest już konieczny. Taki cylinder należy zawsze odnowić (tuleje bieżne cylindrów) lub

od nowa nawiercić i honować (bloki silnika). Wydzielone wybłyszczenia na gładzi cylindra po stosunkowo krótkim czasie eksploatacji (w takich miejscach także nie ma już żadnych śladów struktury wyhonowania) to oznaka tego, że w tych miejscach doszło do tarcia półpłynnego, a co za tym idzie, do zwiększonego zużycia w cylindrze. Powstanie takich wydzielonych wybłyszczeń może mieć dwie przyczyny.

2.3.2 WYDZIELONE WYBŁYSZCZENIA SPOWODOWANE DEFORMACJAMI CYLINDRA

Deformacje cylindra powodują nieokrągłości w nieokreślonych miejscach wewnątrz cylindra (Rys. 1). Położenie wybłyszczeń jest tutaj tożsame z miejscem powstania deformacji. Pierścienie tłokowe poruszają się po tych przewężeniach, zdzierając z nich materiał. Z powodu przewężeń dochodzi podczas ruchu po nich pierścienia tłokowego i związanego z tym styku punktowego ze ścianą cylindra do niedostatecznego smarowania i tarcia półpłynnego.



Rys. 1: Wydzielone wybłyszczenia

Przyczynami są

- Odształcenia cieplne wskutek lokalnych przegrzań – wskutek złego przewodzenia ciepła (zanieczyszczenia) do czynnika chłodzącego
- Nieprzestrzeganie zalecanych momentów dokręcających, zastosowanie nieodpowiednich pierścieni typu o-ring lub innych odształceń w wyniku naprężeń

Środki zaradcze

- Dokładne wyczyszczenie i ew. naprawa gniazda cylindra w przypadku mokrych i suchych otworów cylindra
- Dokładne przestrzeganie zaleceń dokręcania śrub przy montażu głowicy cylindra
- Regularne czyszczenie żeberk chłodzących, chłodzonych powietrzem cylindrów żeberkowych
- Upewnienie się co do poprawnej pracy układu chłodzenia (prędkość cyrkulacji, czystość)
- Zastosowanie zalecanych pierścieni uszczelniających (wymiarów, skład materiału)

2.3.3 WYBŁYSZCZENIA I MIEJSCA POLEROWANIA W GÓRNEJ CZĘŚCI CYLINDRA (BORE POLISHING)

W górnym obszarze gładzi cylindra, przez który przemieszcza się próg ogniowy (Rys. 2), znajdują się czyste miejsca. Powodem ich powstania są twarde osady na progu ogniowym, powodowane nieregularnym spalaniem, niską jakością oleju lub niskimi temperaturami spalania, powodowanymi częstym stosowaniem biegu jałowego lub pracą pod obciążeniem częściowym. Warstwa zwęglonego oleju (Rys. 3) prowadzi do abrazyjnego zużycia powierzchni ściany cylindra, do naruszeń filmu olejowego, tarcia półpłynnego, zwiększonego zużycia pierścienia tłokowego, a w efekcie do dużego zużycia oleju.

Środki zaradcze

- Eksploatacja silnika zgodna z zaleceniami
- Stosowanie oleju zalecanej jakości
- Stosowanie markowych paliw
- Przepisowa konserwacja, kontrola i regulacja układu wtryskowego

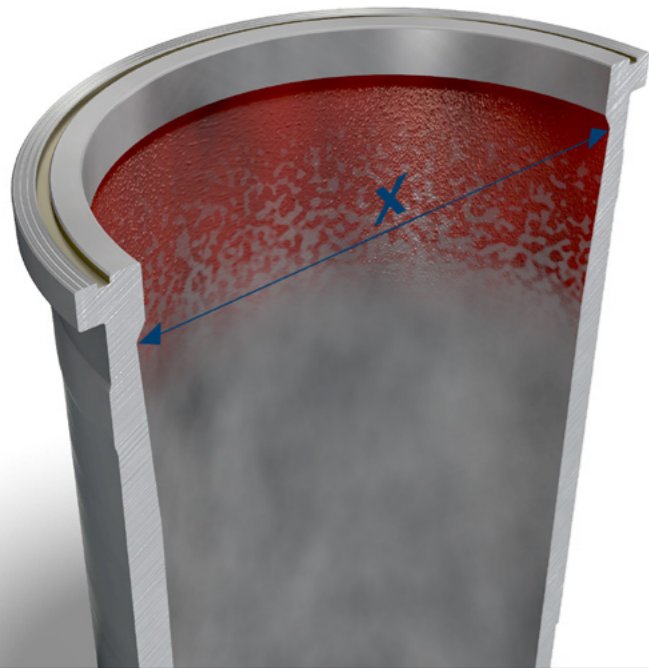


Rys. 2: Wybłyszczenia i miejsca polerowane w górnej części cylindra

Rys. 3: Warstwa zwęglonego oleju na progu ogniowym

2.3.4 ZUŻYCIE W KSZTAŁCIE KLINA

Zużycie w kształcie klina (Rys. 1) zachodzi po dłuższym czasie eksploatacji w punktach zwrotnych ruchu pierścieni tłokowych w górnym i dolnym martwym punkcie. W tym obszarze spada prędkość ruchu tłoka, w punkcie zwrotnym na krótko nawet do zera. Wskutek tego zaburzone jest smarowanie cylindra, bowiem pierścień tłokowy, przy braku prędkości względem ściany cylindra, przez krótki czas nie porusza się już po filmie olejowym i może zetknąć się z metalową powierzchnią ściany cylindra.



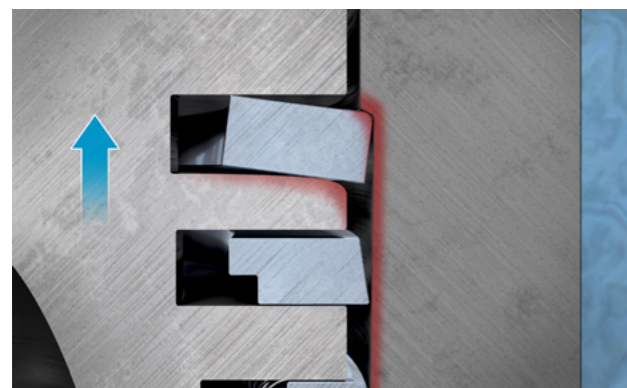
Rys. 1: Zużycie w kształcie klina

Zużycie w kształcie klina w martwych punktach ruchu tłoka jest, z przyczyn konstrukcyjnych, największe w pobliżu górnego martwego punktu tłoka w obszarze zawracania pierścienia tłokowego, bowiem tutaj powierzchnia cylindra wystawiona jest na działanie wysokiej temperatury przy spalaniu, co zakłóca smarowanie.

Stopień zużycia w kształcie klina decyduje o możliwości dalszej eksploatacji tulei bieżnej cylindra lub całego bloku silnika. Jeśli zużycie w kształcie klina przekroczy wartości podane w tabeli, wtedy trzeba wymienić tuleję bieżną cylindra albo honować ponownie blok silnika. Jeśli w innym miejscu w cylindrze wystąpiłoby podobnie silne zużycie, wtedy podane wartości zużycia dotyczyć będą naturalnie także tego miejsca.

Na Rys. 3 przedstawiono, co się stanie w przypadku montażu nowego tłoka w zużytej otworze cylindra. Wskutek tego, że nowy tłok nie ma zużytych rowków pierścieniowych, a pierścienie tłokowe mają jeszcze ostre krawędzie, dochodzi podczas pracy do uderzania krawędzi pierścieni tłokowych o próg cylindra. Następstwem będzie występowanie znacznych sił mechanicznych, dużego zużycia i trzepotanie pierścieni tłokowych, w połączeniu z dużym zużyciem oleju silnikowego.

Rodzaj silnika	Granica zużycia w kształcie klina „X”
Silniki benzynowe	≥ 0,1 mm
Silniki wysokoprężne	≥ 0,15 mm



Rys. 2: Uderzenie pierścienia tłokowego w przypadku starego tłoka



Rys. 3: Uderzenie pierścienia tłokowego w przypadku nowego tłoka

2.3.5 GEOMETRIA CYLINDRÓW I ODCHYLEŃKA KOŁOWOŚCI

Warunkiem niezbędnym do uzyskania najlepszego uszczelnienia za pomocą pierścieni tłokowych jest doskonała geometria cylindrów. Odchylenia od kształtu cylindrycznego, nieokrągłości, błędy pomiarowe i odkształcenia otworów cylindrów prowadzą do problemów z uszczelnieniem przez

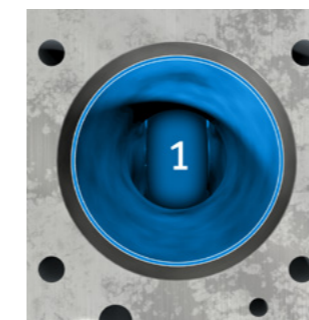
pierścienie tłokowe. Dochodzi przez to do zwiększonego przedostawania się oleju do cylindra, do większych ilości gazów przedmuchowych, problemów z temperaturą i mocą. Te z kolei są przyczyną przedwczesnego zużycia, nierzadko też uszkodzenia tłoka.

KLASYFIKACJA NIEOKRĄGŁOŚCI CYLINDRÓW

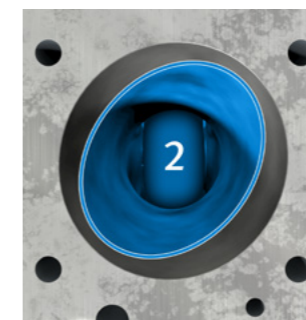
Nieokrągłości w geometrii cylindrów uporządkowane są rzędami. Doskonale okrągły otwór cylindra bez odkształceń i nieokrągłości w kierunku osiowym należał będzie do otworu 1. rzędu. Otwory owalne, przyczyn których powstania należy szukać najczęściej w błędach produkcji lub w złym odprowadzaniu ciepła, zaliczane są do nieokrągłości 2. rzędu. Nieokrągłości trójkątnie 3. rzędu są najczęściej wynikiem superpozycji odkształceń 2. i 4. rzędu. Nieokrągłości 4. rzędu, to znaczy kwadratowe błędy formy, są z reguły powodowane przez odkształcenia uwarunkowane dokręcaniem śrub głowicy cylindrów.

Rozmiar nieokrągłości może znajdować się w przedziale pomiędzy zerem a setnymi częściami milimetra. Z uwagi na niewielkie luzy montażowe i robocze tłoka, w przypadku niektórych silników, już odkształcenia wynoszące ponad jedną setną milimetra (0,01 mm) mogą być zbyt duże. Pierścienie tłokowe są w stanie pewnie uszczelniać tylko niewielkie nieokrągłości 2. rzędu, czyli nieco owalne otwory cylindrów i delikatne formy trapezowe w kierunku osiowym. Nieokrągłości 3. i 4. rzędu powstające często przez skrzywienie się śrub i/lub błędy w obróbce sprawiają, że pierścienie tłokowe szybko osiągają granice swojej funkcji uszczelniania.

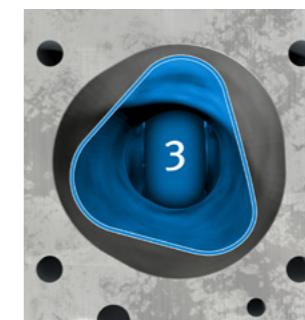
Problem uszczelnienia przy nierównych otworach cylindrów zaostza się zwłaszcza w przypadku nowoczesnych konstrukcji tłoków, w których wysokości pierścieni tłokowych wynoszą milimetr lub nawet mniej. Konstrukcyjne obniżenie wysokości pierścieni tłokowych służy redukcji strat na tarciu powstającym wewnątrz silnika, a co za tym idzie – do obniżenia zużycia paliwa. Redukcja powierzchni przylegania takich pierścieni do ściany cylindra wymaga niższego naprężenia samego pierścienia tłokowego. W przeciwnym razie właściwy nacisk powierzchniowy pierścieni byłby zbyt wysoki, co prowadziłoby do pogorszenia ich właściwości trybologicznych. Przy prawidłowej geometrii otworów, konstrukcyjne obniżenie naprężenia pierścieni tłokowych nie niesie ze sobą żadnych niekorzystnych efektów. Pierścienie uszczelniają bardzo dobrze, powodują jedynie niewielkie straty na tarciu i charakteryzują się długą żywotnością. Przy nieokrągłych, odkształconych cylindrach, niskie naprężenie pierścieni tłokowych prowadzi jednak do tego, że pierścienie dostosowują się do kształtu ściany cylindra bardzo powoli lub wcale, nie mogąc w efekcie pełnić przypisanej im funkcji uszczelniania.



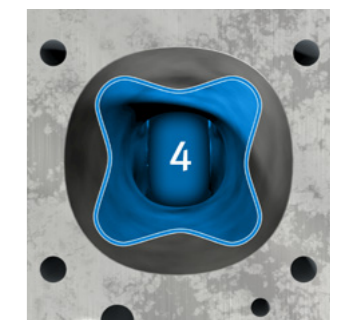
1 rząd



2 rząd



3 rząd



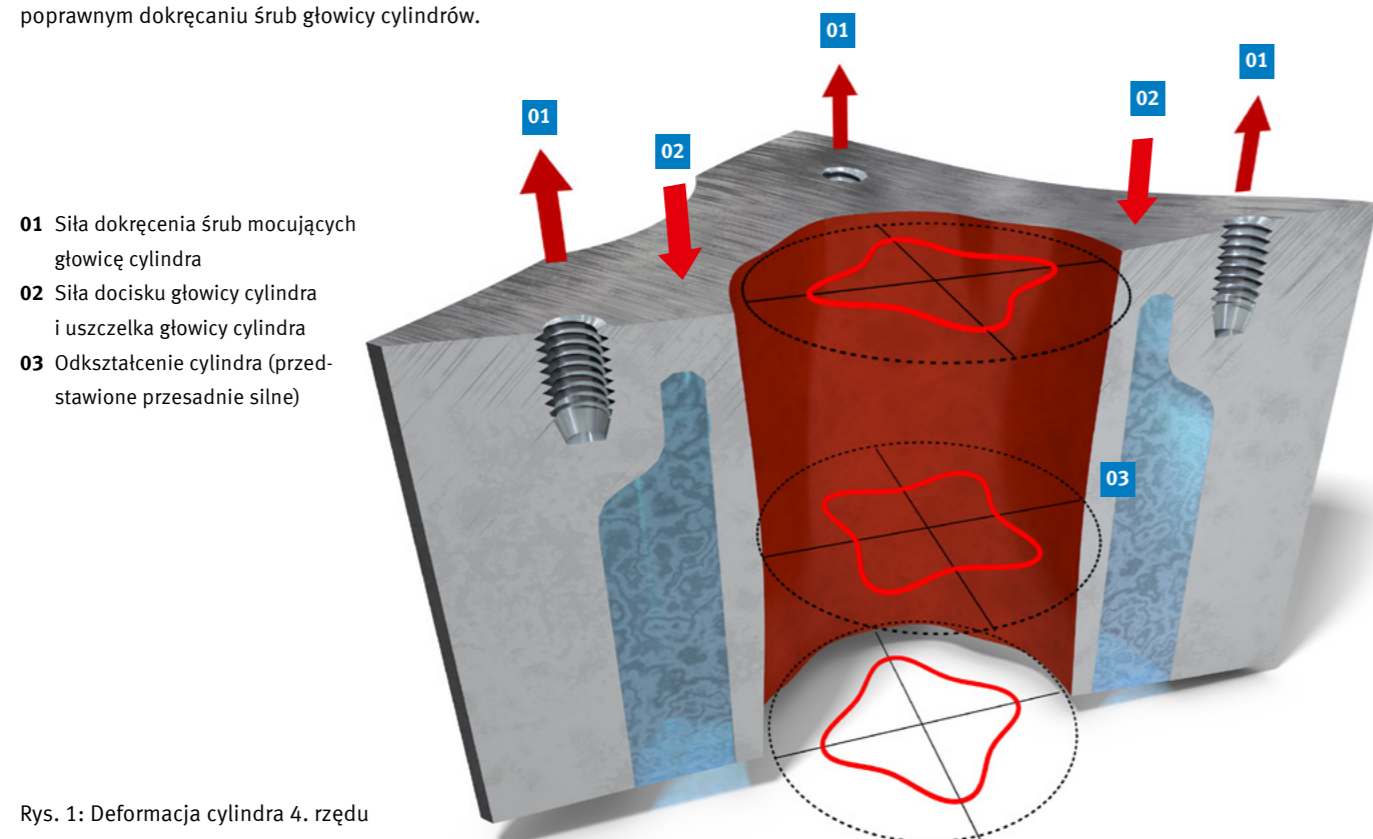
4 rząd

2.3.6 PRZYCZYNY NIEOKRĄGŁOŚCI I ODKSZTAŁCEŃ OTWORÓW CYLINDRÓW

Nieokrągłości i odkształcenia otworów cylindrów mogą mieć następujące przyczyny:

- Odkształcenia termiczne powstałe w czasie eksploatacji na skutek złego odprowadzania ciepła z powodu złej cyrkulacji płynu chłodzącego, a w przypadku silników chłodzonych powietrzem – z powodu zabrudzonych, zaolejonych żeberk chłodzących i/lub problemów z wentylacją. Miejscowe przegrzania gładzi cylindra, powstające w cylindrze, prowadzą do wzmożonego rozszerzenia termicznego w tym obszarze, a przez to do odchylenia od idealnej formy cylindra
- Odkształcenia termiczne natury konstrukcyjnej, wynikające z różnych rozszerzeń termicznych w czasie eksploatacji silnika
- Odkształcenia termiczne z powodu złego smarowania i chłodzenia w czasie obróbki cylindra
- Nieokrągłości spowodowane nadmiernym naciskiem w czasie obróbki lub stosowanie nieodpowiednich narzędzi przy honowaniu
- Odkształcenia od naprężenia cylindrów powstałe w wyniku niedokładności formy oraz nieprzepisowego dokręcania śrub

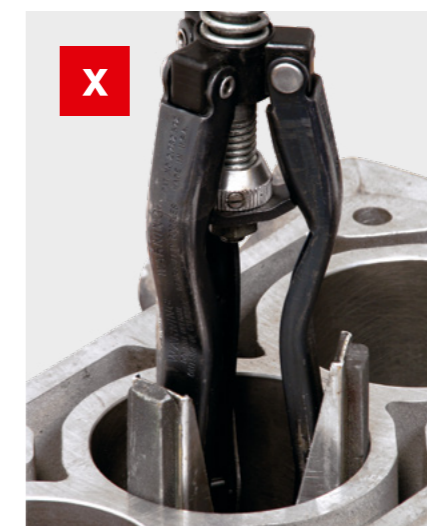
Na Rys. 1 widoczna jest deformacja cylindra 4. rzędu, która pojawia się często z przyczyn konstrukcyjnych także przy poprawnym dokręcaniu śrub głowicy cylindrów.



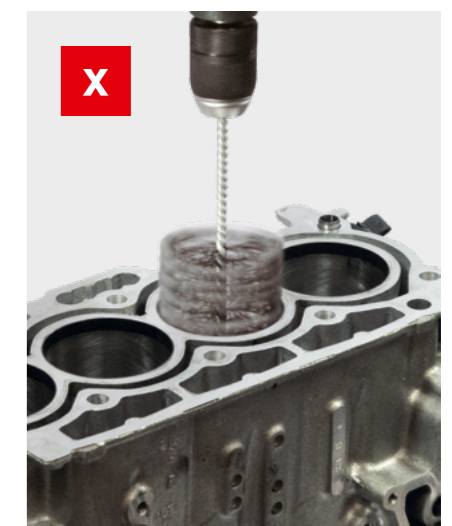
Rys. 1: Deformacja cylindra 4. rzędu

2.3.7 NAPRAWA ZUŻYTYCH OTWORÓW CYLINDRA

Przy wymianie tłoków lub pierścieni tłokowych stosuje się w praktyce często tak zwane szczotkowanie po honowaniu lub obciążane sprężynami oselki ściernie (Rys. 2 i 3). Czynności te mają jednakże niewiele wspólnego z honowaniem. Zużyta w większym lub mniejszym stopniu gładź cylindra poddawana jest tylko czyszczeniu i staje się nieco szorstka. Nie daje się w ten sposób osiągnąć poprawy geometrii cylindra. Obciążenie oselek sprężynami powoduje, że dostosowują się one do każdej nieokrągłości i każdej deformacji. Nie dochodzi jednak do poprawy geometrii cylindra. Ponadto wskutek niewielkiego nacisku nie można uzyskać rozsądnej chropowatości, mogącej się przyczynić do polepszenia smarowania. Uzyskuje się przez to jedynie nieco większy opór tarcia dla nowych pierścieni tłokowych, które w ten sposób będą mogły dopasować się nieco szybciej do ściany cylindra. Nie da się w ten sposób cofnąć ani naprawić istniejącego zużycia powierzchni cylindra. Poprzez szczotkowanie po honowaniu albo stosując obciążone sprężynami oselki ściernie nie można więc uzyskać trwałej naprawy gładzi cylindrów – jedynie nieco lepszy wygląd i nieco skrócony okres docierania. Nie wolno więc tej metody uważać za metodę przywracania właściwego stanu ani naprawy.



Rys. 2 Oselki ściernie obciążone sprężynami



Rys. 3: Szczotkowanie po honowaniu

2.4 MONTAŻ TŁOKÓW I PIERŚCIENI TŁOKOWYCH

Największe problemy i uszkodzenia pierścieni tłokowych mają miejsce przy nieprofesjonalnym nakładaniu pierścieni na tłok. Tutaj pierścienie tłokowe podlegają największym obciążeniom mechanicznym. Nieprofesjonalne nakładanie wpływa ujemnie na kształt pierścienia nadany mu podczas produkcji oraz rozkład nacisków promieniowych pierścienia. W efekcie oczekiwana funkcja uszczelniania zostaje częściowo lub nawet całkowicie zaburzona.

Pierścień tłokowy można rozciągnąć na tyle, aby móc przełożyć średnicę wewnętrzną pierścienia przez średnicę zewnętrzną tłoka. Dalsze rozciągnięcie prowadzi do wygięcia pierścienia, szczególnie na jego grzbiecie (Rys. 1), co niesie ze sobą poważne problemy z uszczelnieniem, gdy pierścień jest już zamontowany.

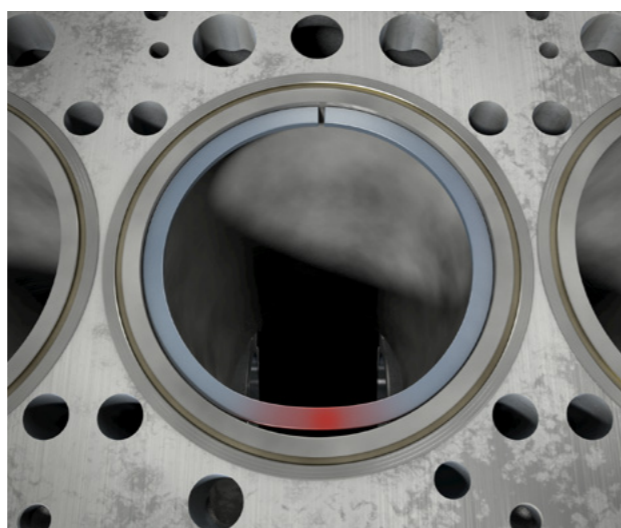
Pęknięcia, rozwarstwienia (przede wszystkim w pierścieniach wypełnionych molibdenem), niższe siły docisku grzbietu pierścienia, aż do powstawania szczelin w kształcie sierpa (Rys. 2) – to problemy wpływające ujemnie na pracę pierścienia tłokowego lub powodujące jego całkowite wypadnięcie.

UWAGA

Nigdy nie rozginać pierścieni tłokowych celem zwiększenia naprężenia! Rozginanie zamka powoduje wygięcie pierścienia tylko w jednym miejscu – przy grzbiecie pierścienia. Nie da się w ten sposób zwiększyć naprężenia pierścienia. Przeciwnie: nadmierne zginanie lub rozwieranie powoduje utratę okrągłej formy oraz funkcji uszczelniającej pierścienia.



Rys. 1: Nadmierne rozgięcie pierścienia tłokowego



Rys. 2: Powstawanie szczelin w kształcie sierpa wskutek nadmiernego rozgięcia

2.4.1 MONTAŻ I DEMONTAŻ PIERŚCIENI TŁOKOWYCH

- Dokładnie wyczyścić używany tłok z pokrywającego go brudu. Zwracać szczególną uwagę na usunięcie zwęglonego oleju i brudu z rowków pierścieniowych. Jeśli to konieczne, wyczyścić otwory odprowadzające olej za pomocą wiertła lub innego stosownego narzędzia.
- Zwracać uwagę na to, aby nie uszkodzić ścianek rowków podczas usuwania zwęglonego oleju. Dolna ścianka rowka to powierzchnia uszczelniająca. Zadrapania i podobne uszkodzenia mogą w czasie pracy silnika powodować zwiększone zużycie oleju lub większe ilości gazów przedmuchowych.
- Do montażu i demontażu pierścieni tłokowych konieczne należy używać szczypiec do pierścieni tłokowych. Inne środki, jak pętla z drutu czy śrubokręty mogą uszkodzić zarówno pierścień tłokowy, jak i tłok.
- Nigdy nie naciągać pierścieni ręcznie (wyjątek: stalowe wielowarstwowe pierścienie olejowe). Zachodzi nie tylko niebezpieczeństwo pęknięcia pierścienia, jego wygięcia i rozciągnięcia, ale także ryzyko zranienia przy przetłamaniu pierścienia lub skaleczenia się od jego ostrych krawędzi.

UWAGA

Szybkie ręczne naciągnięcie pierścienia tłokowego bez złamania go świadczy co prawda o sprawności ręki mechanika, lecz powoduje uszkodzenie pierścienia tłokowego najczęściej już podczas montażu.



Zestaw montażowy do pierścieni tłokowych
Nr artykułu 12 00001 16 900 (do samochodów osobowych)
Nr artykułu 12 00002 16 900 (do pojazdów użytkowych)



- Nigdy nie naciągać pierścienia na tłok w sposób pokazany na Rysunek. Kiedy pierścień się wygnie i nie będzie leżał płasko w rowku, wtedy nie będzie się także obracał w rowku, będzie się zużywał jednostronnie i nie zapewni prawidłowego uszczelnienia. Jeszcze gorsze w przypadku pierścienia z powłoką molibdenową jest odpadanie lub pękanie warstwy molibdenowej. Nawet jeśli utrata powłoki ślizgowej nie nastąpi już podczas montażu, to nastąpi ona najpóźniej podczas pracy silnika. Powłoka ta odpada, uszkadza tłok i cylinder, a tłok będzie się wgrzyzał w otwór cylindra, bowiem pomiędzy tłokiem a ścianą cylindra będą przedostawały się gorące gazy spalinowe. Luźne części będą prowadziły do uszkodzeń tłoka i gładzi cylindra.
- Unikać zbędnego nakładania i zdejmowania pierścieni tłokowych. Pierścienie wyginają się odrobinę przy każdym montażu. Nie zdejmować pierścieni z zamontowanych tłoków np. celem ich ponownego pomiaru.
- Zachować kolejność montażu pierścieni: Najpierw należy zamontować pierścień zgarniający olej, potem drugi pierścień uszczelniający, na koniec pierwszy pierścień uszczelniający.



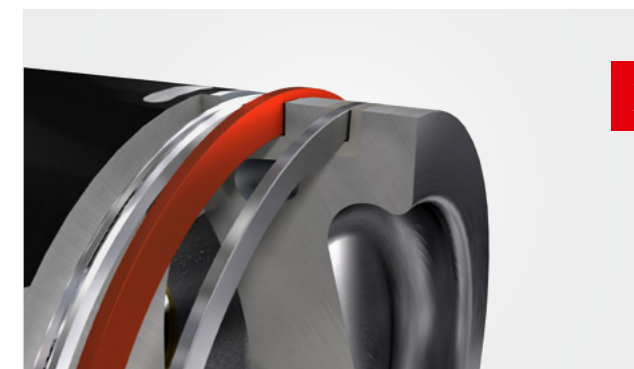
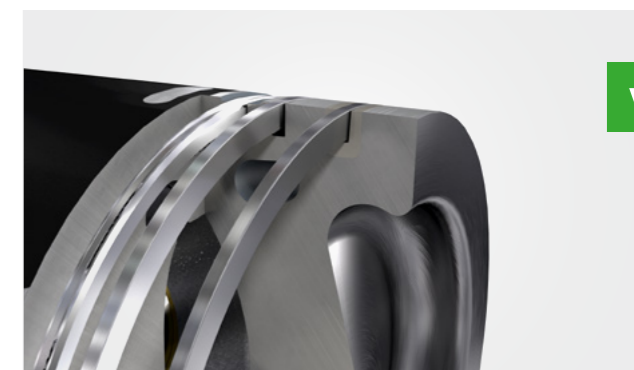
- Zwracać uwagę na oznaczenia montażowe. Napis „Top” oznacza, że ta strona pierścienia musi być skierowana ku górze, w stronę komory spalania. W razie niepewności lub braku oznaczenia „Top”, należy zamontować pierścień napisem do góry.



- Upewnić się, że pierścienie mogą się swobodnie obracać w rowkach pierścieniowych.



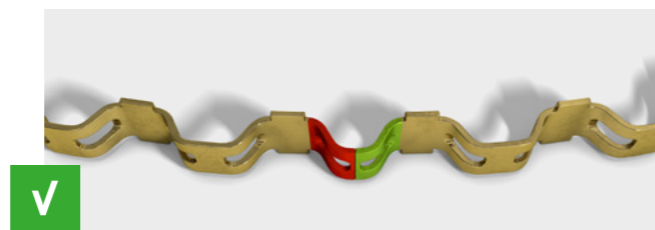
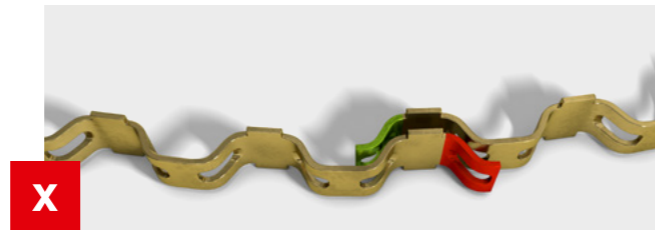
- Upewnić się, że pierścień całym obwodem znika w rowku pierścieniowym, tj. powierzchnia bieżna pierścienia nie może wystawać ponad trzonek tłoka. Jest to bardzo istotne, bowiem w razie braku luzu w dnie rowka (przyczyna: nieodpowiedni pierścień lub nagar w dnie rowka), nie jest zapewniona prawidłowa praca pierścienia.



- Przy montażu dwuczęściowych pierścieni zgarniających olej należy zwracać zawsze uwagę na położenie sprężyny śrubowej. Końcówki sprężyny śrubowej muszą zawsze leżeć po stronie przeciwległej do zamka pierścienia.



- W pierścieniach trzyczęściowych prawidłowe położenie sprężyny rozprężnej jest nieodzowne dla zapewnienia zgarniania oleju. Również w tłokach z już zamontowanymi pierścieniami należy zawsze sprawdzić położenie sprężyn rozprężnych przed montażem tłoka. Końcówki sprężyny w czasie transportu nie są naprężone i mogą się nasunąć na siebie. Obydwa kolorowe oznaczenia na końcach sprężyny muszą być widoczne. Jeśli nie są one widoczne, oznacza to, że końcówki nachodzą na siebie i pierścień nie działa poprawnie. Wszystkie zamki trzyczęściowego pierścienia zgarniającego olej (obie taśmy stalowe oraz sprężyna rozprężna) należy zamontować obrócone względem siebie o 120° .



- Zamki pierścieni tłokowych tłoka gotowego do montażu obrócić tak, aby były obrócone względem siebie o ok. 120° . Pomaga to tłokowi lub pierścieniom przy pierwszym uruchomieniu silnika. Przyczyna: Przy pierwszym uruchomieniu silnika zdolność uszczelniania jest nieco obniżona, bowiem pierścienie tłokowe nie są dotarte. Obrót zamków względem siebie ma zapobiec sytuacji, w której przy pierwszym uruchomieniu silnika powstaje zbyt duży przedmuch, przez co silnik źle się uruchamia.



2.4.2 UMIESZCZANIE TŁOKA W OTWORZE CYLINDRA

- Dokładnie oczyścić powierzchnię uszczelniającą bloku silnika z resztek uszczeltek, jeśli nie zostało to zrobione podczas naprawy.
- Oczyścić dokładnie wszystkie otwory gwintowane z brudu, oleju i środka chłodzącego, który mógłby się tam jeszcze znajdować.
- Czyszczenie przeprowadzić w całości przed zamontowaniem tłoków w cylindrach.
- Powlec wszystkie powierzchnie tłoka świeżym olejem silnikowym – nie zapomnieć o sworzniu tłokowym i łożysku korbowodu.
- Zwracać uwagę na kierunek montażu tłoka (oznaczenia montażowe na denku tłoka, kieszenie zaworów).
- Ponownie wyczyścić otwór cylindra szmatką i zwilżyć go także olejem silnikowym.
- Sprawdzić, czy taśma mocująca pierścienia tłokowego nie jest uszkodzona lub wgnieciona; usunąć uszkodzenia lub wymienić narzędzie w razie potrzeby.
- Podczas montażu tłoka zwracać uwagę na to, by taśma dociskająca lub stożkowa tuleja montażowa leżała płasko na powierzchni uszczelnienia głowicy cylindra.
- Nie montować tłoków w silniku bez użycia odpowiednich narzędzi montażowych (ryzyko obrażeń, ryzyko pęknięcia pierścieni).





Rys. 1: Zbyt duży skos otworu cylindra – pierścień tłokowy sprężynuje podczas montażu między taśmą mocującą pierścienia tłokowego a cylindrem, blokując tłok

- Podczas montażu tłoka nie może być stosowany silny nacisk. Jeśli tłok nie chce wsunąć się do cylindra, należy koniecznie sprawdzić taśmę dociskającą. Nie przekręcać otwarcia taśmy tak, aby pokrywało się ono z zamkami pierścieni.
- Jeśli do montażu używany jest trzonek młotka, na denko tłoka może działać jedynie ciężar własny młotka. Nigdy nie stosować młotka, aby na siłę wbić tłok do cylindra. Jeśli pierścienie tłokowe nie pękają już podczas montażu, mogą się wygiąć i nie spełniać prawidłowo swoich funkcji podczas pracy silnika.
- Montowanie siłą szkodzi nie tylko pierścieniom, ale może także spowodować uszkodzenia tłoka. Dzieje się tak szczególnie w przypadku tłoków silników z zapłonem iskrowym. Progi ogniowe i powierzchnie międzyrowkowe w tych silnikach mogą być niekiedy bardzo cienkie i nadłamać się lub przelamać przy uderzeniu. Efektem będzie strata mocy, a także rychła i kosztowna dodatkowa naprawa.
- Nie pozwól na to, aby po umieszczeniu tłoka w cylindrze przedostał się do niego brud lub piasek. Aby uniknąć zabrudzenia, można włożyć do cylindrów lub położyć na nich czyste szmatki. Jest to szczególnie ważne przy pracy w zapyłonym środowisku i/lub pod gołym niebem.



Rys. 2: Mały skos otworu cylindra – pierścień tłokowy ślizga się nad szczeliną

2.5 URUCHOMIENIE I DOCIERANIE SILNIKA

2.5.1 INFORMACJE OGÓLNE

Mówiąc o docieraniu silnika, z reguły ma się na myśli wszystkie części ruchome, które muszą dopasować się do siebie. Zasadniczo jest to prawda, jednakże ma to szczególnie duże znaczenie w przypadku pierścieni tłokowych. Pierścienie tłokowe to elementy konstrukcyjne, które z uwagi na swoje zadania są najbardziej obciążone i które nie tylko muszą dostosować się do powierzchni roboczej elementów współpracujących, lecz i potem stanowić doskonałe uszczelnienie. Pierścienie tłokowe stanowią zatem części, które mogą najwięcej zyskać na poprawnym, przepisowym dotarciu. Żadne z części zasilane olejem pod ciśnieniem nie muszą znosić choćby w przybliżeniu tak dużych obciążeń, jak pierścienie tłokowe.

Klienci i specjaliści techniczni często mają odmienne pojęcie o tym, czym jest uruchomienie i dotarcie wyremontowanego silnika. Z jednej strony utrzymuje się przekonanie, że nadal wymagany jest czas docierania wynoszący od 500 do 1500 km, z drugiej strony istnieje także opinia, że okres docierania nie jest konieczny. Ta ostatnia wypowiedź wynika po części także z opinii niektórych producentów silników, twierdzących, że docieranie silnika nie jest konieczne. Obie wypowiedzi są jednakże prawdziwe i mają swoją słuszność. Należy jedynie wprowadzić rozgraniczenie pomiędzy fabrycznie nowymi silnikami i silnikami remontowanymi.



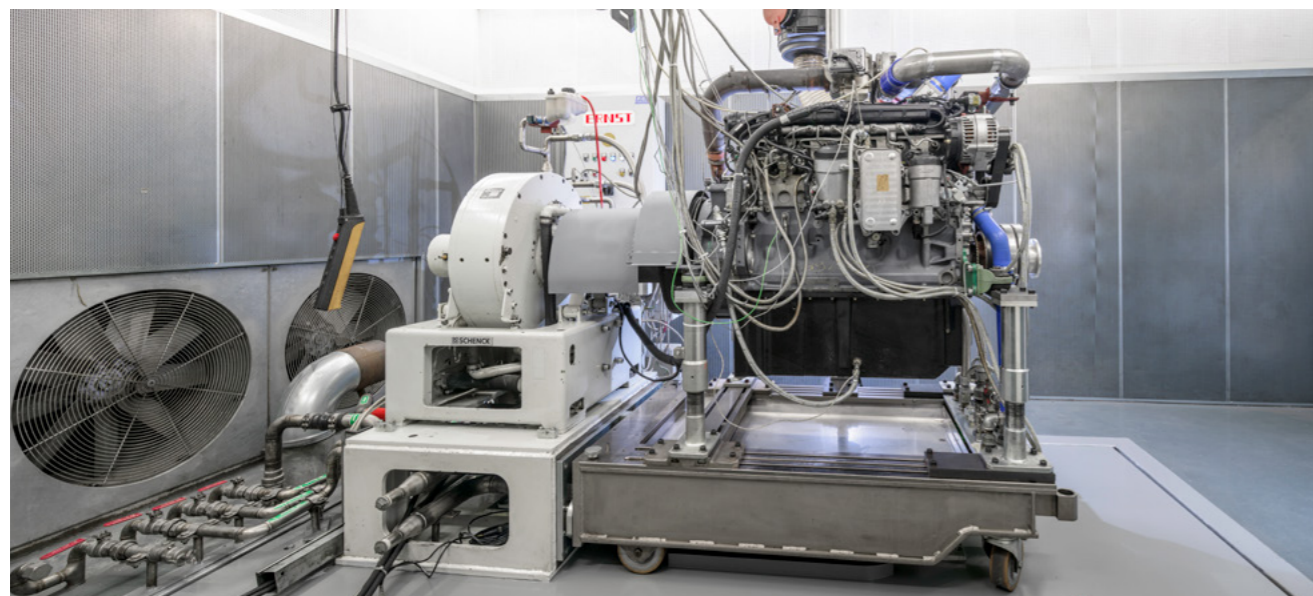
2.5.2 DOCIERANIE FABRYCZNIE NOWYCH SILNIKÓW

Obecnie fabrycznie nowe silniki wykonywane są z zastosowaniem najnowocześniejszych metod produkcyjnych. Ślizgowe elementy współpracujące są wykonywane tak dokładnie, że ich dopasowanie, normalnie zachodzące wcześniej podczas docierania silnika, zostało wyeliminowane dzięki specjalnym procesom produkcyjnym. Dzieje się tak dzięki specjalnym procesom produkcyjnym (np. w przypadku gładzi cylindrów), a także dzięki bardzo dokładnej obróbce pozostałych ślizgowych elementów współpracujących. W szczególności chodzi tu o obróbkę docierania, mającą na celu pozbycie się z powierzchni najdrobniejszych bruzd (powstających w toku obróbki) i nierówności. Dawniej przekazywano to zadanie samemu ślizgowemu elementowi współpracującemu, które musiały dopasować się do siebie wzajemnie w czasie docierania. Nie odbywało się to jednakże bez znacznych strat materiału. Pierścienie tłokowe poświęcały przykładowo już w czasie pierwszych godzin pracy znaczną część swoich rezerw na zużycie. W obecnych czasach, kiedy walczy się o każdy miligram szkodliwych spalin, pożądane są silniki, które od samego początku pracy będą trzymały się swoich poziomów zużycia paliwa i limitów emisji substancji szkodliwych.

Nie sposób sobie wyobrazić w obecnych warunkach produkcji silników z okresem docierania elementów silnika, których

powierzchnie ślizgu muszą się najpierw do siebie dopasować poprzez tarcie i nadmierne zużycie. Ostatecznie użytkownik końcowy oczekuje sprawności silnika, która stanowi wielokrotność tego, co przed 25 laty uważano za optimum. Ponadto fabrycznie nowy pojazd, przed którym jeszcze cała podróż przez centra logistyczne i transporty w drodze do klienta, musi odbyć prawdziwy maraton rozruchów na zimno. Nierzadko silnik musi znieść do 150 zimnych rozruchów, nie osiągając ani razu temperatury roboczej. Należy w związku z tym zwrócić uwagę również na transport morski do innych krajów i kontynentów. Silnik, który jeszcze musiałby się dotrzeć, miałby w takich warunkach naprawę ciężko na starcie.

Kolejnym powodem dla niższych wymagań wobec docierania fabrycznie nowych pojazdów jest to, że z powodu obecnego ich zagęszczenia, pojazdy prawie nie mogą być użytkowane z wykorzystaniem ich maksymalnej mocy. Nawet na autostradach, na których brak jest ograniczenia prędkości, trudno jest jechać przez dłuższy czas z maksymalną prędkością lub osiągnąć moc znamionową silnika. Kierowca, który dawniej posiadał pojazd o mocy 30 kW i podróżował sprawnie przy niższej maksymalnej prędkości, już na normalnej drodze krajowej mógł przez dłuższy czas użytkować samochód z maksymalnym obciążeniem.

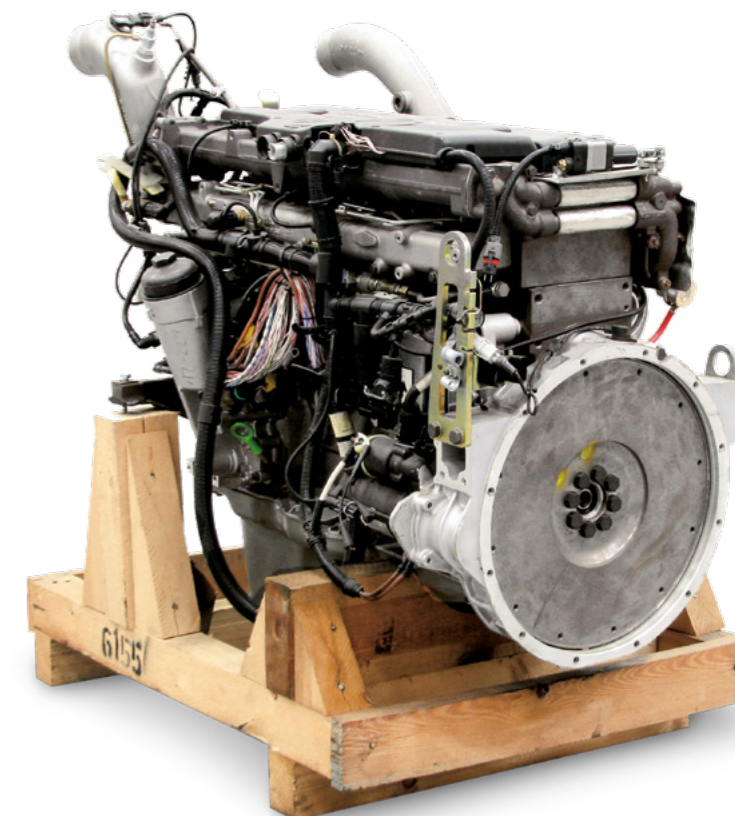


Próby docierania i zużycia na hamowni silnikowej

2.5.3 DOCIERANIE SILNIKÓW NAPRAWIANYCH LUB REMONTOWANYCH

Inaczej niż w przypadku silników fabrycznie nowych, w przypadku silników naprawianych, w których zamontowane są nowe tuleje bieżne cylindrów albo w których nawiercono i honowano otwory cylindrów do kolejnego nadwymiaru, dotarcie jest koniecznie potrzebne. W zakładzie remontującym silniki (zależnie od posiadanego parku maszynowego i wyposażenia zakładu) nie zawsze da się pracować z taką precyzją i czystością, z jakimi pracuje się przy produkcji nowego silnika w fabryce producenta.

Naprawa używanego silnika nie sprawi, że będzie on jak nowy. Często łączy się ze sobą części nowe z używanymi, a ze względu na koszty, silniki nie są poddawane kompletnej i dogłębnej inspekcji. Dotarcie jest najważniejsze wtedy, kiedy obróbce poddawane są otwory cylindrów, głowice cylindrów lub wały korbowe. Osiągnięcie takich samych parametrów obróbki, jakie posiada fabrycznie nowy silnik, często nie jest możliwe, bowiem wartości te rzadko są znane, a dostępne urządzenia dopuszczają jedynie obróbkę standardową. Z tych względów, w przypadku remontowanych silników, zaleca się przestrzeganie poniżej opisanych przepisów dotyczących docierania.



2.5.4 ZALECENIA DOTYCZĄCE DOCIERANIA SILNIKÓW NAPRAWIANYCH

- Silnik należy zawsze docierać w ruchu ulicznym lub na hamowni silnikowej
- Pojazd nie powinien być całkowicie załadowany
- Silnik powinien pracować ze zmiennymi prędkościami obrotowymi do najwyżej 2/3 maksymalnej prędkości obrotowej
- W czasie jazdy szybko zmieniać biegi na wyższe, unikać jazdy na zbyt niskich obrotach silnika, nie przesadzać ze zbyt szybką jazdą na poszczególnych biegach
- Nie pokonywać zbyt długich odcinków pod górę (za duże obciążenie)
- Nie pokonywać zbyt długich odcinków z góry (za małe obciążenie, niekorzystne hamowanie silnikiem)
- Nie używać hamulców silnikowych
- Nie jeździć po autostradach ani nie rozwijać prędkości maksymalnej – unikać jazdy po zakorkowanych odcinkach
- Korzystne są jazdy międzymiastowe i płynna jazda po mieście – należy jednak unikać ruchu w mieście przy bardzo wysokich temperaturach otoczenia oraz w „szczytce” przy częstych zatrzymaniach na światłach i przerwach

UWAGA

Istnieją zalecenia dotyczące docierania fabrycznie nowych pojazdów. To samo dotyczy silników remontowanych. Jeżeli nie jest dostępne stanowisko kontrolne do kontrolowanego docierania silników, silnik należy dotrzeć w ruchu drogowym.

W FAZIE DOCIERANIA SILNIKA NALEŻY CZĘSTO KONTROLOWAĆ POZIOM OLEJU SILNIKOWEGO

W fazie docierania zużycie oleju może być wyższe. Zaleca się sprawdzanie poziomu oleju co 50–100 km i uzupełnianie go w razie potrzeby. W razie znacznego spadku poziomu oleju wskazywanego przez miernik należy w dalszym ciągu sprawdzać poziom oleju w krótkich odstępach czasu. Nie przelewać układu.

WYMIANA OLEJU PO 1000 KM

Pomimo tego, że w przypadku nowych silników w nowych pojazdach już od dawna wymiana oleju po pierwszych 500–1000 km nie jest potrzebna, zaleca się to w przypadku silników remontowanych.

Często w obiegu oleju w silniku znajdują się zanieczyszczenia z wcześniejszych awarii silnika albo z naprawy różnych części. Do tego dochodzą jeszcze opiłki metalowe pochodzące z docierania wymienionych części silnika. Te zwiększające zużycie zanieczyszczenia należy po okresie docierania usunąć, wymieniając olej.

UWAGA

W ramach wymiany oleju należy również wymienić filtr oleju.

UWAGA

Wielogodzinna praca na biegu jałowym jest bardzo szkodliwa dla silnika!

Silnik pracujący na biegu jałowym nie dociera się. Przeciwnie, może nawet się uszkodzić. Praca na biegu jałowym powoduje niedostateczne smarowanie łożysk i tłoków. Smarowanie jest słabe, bowiem pompa oleju przy poziomie obrotów biegu jałowego podaje małą ilość oleju. Przepływ oleju przez łożyska jest minimalny i następuje w niedogodnym momencie. Właśnie wtedy, gdy podczas procesów dopasowania części dochodzi do zwiększonego wydzielania ciepła przez tarcie, brakuje oleju, niezbędnego do smarowania i chłodzenia.

Kanały i przewody doprowadzające olej mogą niekiedy nie być poprawnie wentylowane i płukane, ponieważ natężenie przepływu oleju jest zbyt niskie. Opiłki metalu, brud po naprawie lub pozostałości po dawnej awarii znajdujące się nadal w układzie olejowym, nie są wytłukiwane z łożysk ślizgowych i splukiwane ze ściany cylindra dostatecznie szybko. Te zabrudzenia pozostają w miejscu, w którym się znajdują, powodując ponowne zużycie.

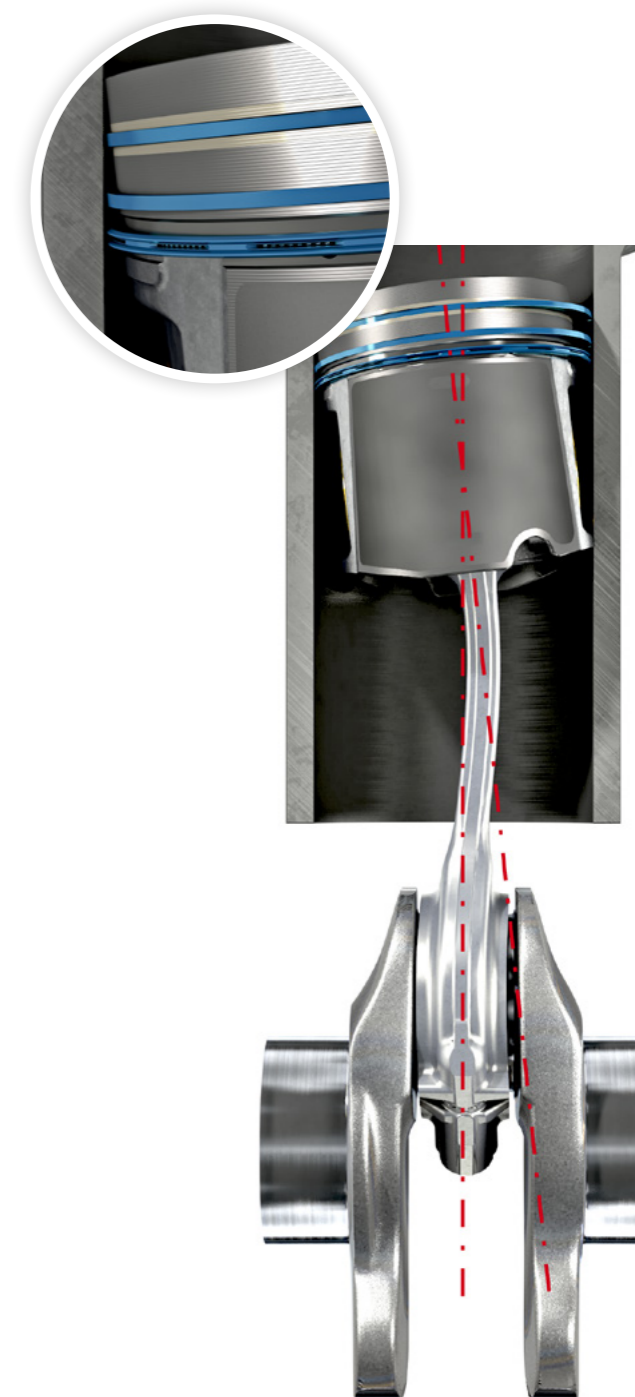
Nie należy zapominać także o układzie paliwowym. Szczególnie w przypadku silników wysokoprężnych z nowymi lub naprawianymi wtryskiwaczami ważne jest ich poprawne przepłukanie. Ilości paliwa wtryskiwane przy biegu jałowym są jednakże bardzo małe. Ciężko pracująca iglica wtryskiwacza może niekiedy nie otworzyć się lub nie rozpylić paliwa poprawnie.

2.6 PROBLEMY Z USZCZELNIENIEM I USZKODZENIA PIERŚCIENI TŁOKOWYCH

2.6.1 PRACA SKOSEM TŁOKÓW

W wyniku awarii silnika często dochodzi do wygięcia/skręcenia korbowodu. Jeśli w czasie remontu nie skontroluje się równoległego położenia dużej i małej głowki korbowodu lub jeśli nie ustawi się korbowodu prosto, podczas późniejszej eksploatacji silnika będzie miała miejsce praca skosem tłoka w cylindrze. Pierścienie tłokowe nie poruszają się w cylindrze po dokładnie okrągłych torach, lecz przyjmują kształt elipsy. W efekcie dochodzi do poważnych problemów z uszczelnieniem. Pierścienie tłokowe przylegają do ściany cylindra z jednej strony cylindra dolną krawędzią, a z drugiej strony cylindra górną krawędzią. O ile pierścienie będą jeszcze mógł obracać się w rowku pierścieniowym, zetrze się i wkrótce przybierze kształt baryłkowaty. Ta baryłkowatość będzie znacznie silniejsza niż baryłkowatość zaprojektowana konstrukcyjnie, tak że film smary stanie się o wiele grubszy, a dobre zgarnianie oleju stanie się niemożliwe. Poza tym skutek pracy skosem tłoka pierścienie będą pracowały jak pompa, podając zwiększone ilości oleju do komory spalania.

Praca skosem tłoka często powoduje, że pierścienie tłokowe nie są w stanie się obracać i rozciągają się w kształt elipsy. Dochodzi do nierównego zużycia promieniowego, co nierzadko prowadzi do pęknięcia pierścieni tłokowych.



2.6.2 OWALNY OTWÓR

W cylindrach o owalnym otworze niskie naprężenie pierścieni tłokowych prowadzi do tego, że pierścienie dostosowują się do kształtu ściany cylindra bardzo powoli lub wcale, nie mogąc w efekcie pełnić przypisanej im funkcji uszczelniania.

2.6.3 BLOKADY PIERŚCIENI I ZABURZENIA ROTACJI

Problemy z uszczelnieniem powstają często wtedy, gdy pierścienie w silnikach czterosurowych nie mają możliwości swobodnego obrotu w rowkach pierścieniowych. W takiej sytuacji uszkodzenia tłoków i cylindrów są pewne (przegrzanie i zatarcie tłoków). Pierścienie trapezowe (zob. rozdział 1.3.1 Pierścienie uszczelniające) są dzięki swojemu kształtowi mniej podatne na zapieczenie i zablokowanie w rowkach pierścieniowych.

Powody blokad pierścieni i metody zapobiegania im

- Pierścienie nie mogą blokować się w rowku osiowo. Musi być zagwarantowana płaskość pierścieni tłokowych. Należy zawsze unikać wyginania pierścieni tłokowych przez niefachowe naciąganie na tłoki (zob. rozdział 2.4.1 Montaż i demontaż pierścieni tłokowych).
- Rowek pierścieniowy musi pasować wymiarami do pierścienia tłokowego.
- Rowki pierścieniowe muszą być wolne od brudu i innych osadów (Rys. 1).
- Olej silnikowy musi odpowiadać właściwościom podanym przez producenta silników. Błędnie dobrany olej powoduje powstawanie nagaru i zapieczenie pierścieni w rowkach.
- Eksploatacja silnika na olejach roślinnych i paliwach alternatywnych.
- Wygięte korbowody, a co za tym idzie praca skosem tłoków w otworze cylindra.



Rys. 1: Osady brudu w rowku pierścieniowym

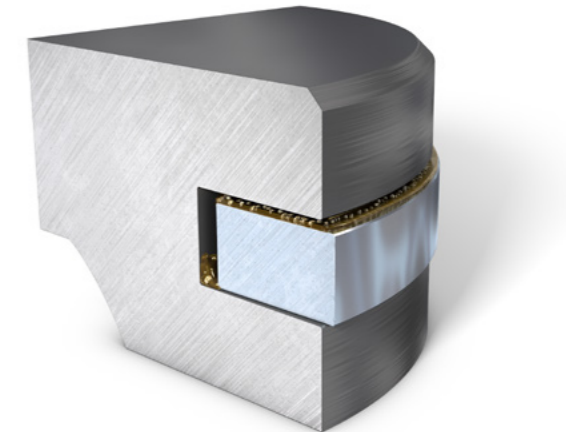
2.6.4 BRUD

Przedstawianiem się zabrudzeń do silnika to jedna z najczęstszych przyczyn przedwczesnego zużycia silnika, a w konsekwencji i pierścieni tłokowych. Uszkodzenia spowodowane przez brud mają dwie przyczyny:

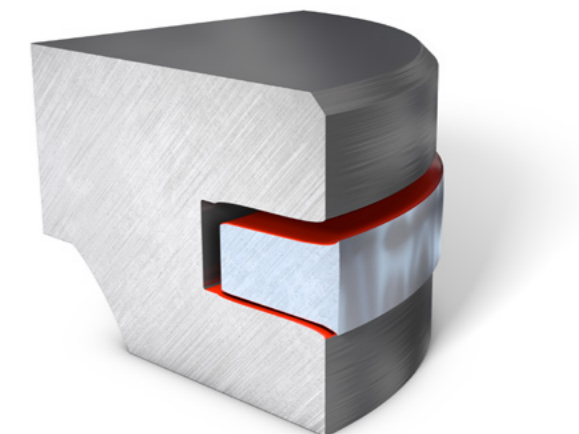
Przyczyna 1

Brud wprowadzany jest do cylindrów z zasysanym powietrzem. Dzieje się to zawsze wtedy, gdy zaniedba się konserwacji filtra powietrza. Ma to miejsce przy jeździe bez filtra powietrza, lub gdy układ dolotowy powietrza jest nieszczelny, a brud omija filtr powietrza, wpadając do komory spalania. Brud z komory spalania dostaje się ostatecznie także do rowków pierścieni tłokowych, łącząc się ze znajdującym się tam olejem i tworząc pastę ścierną (Rys. 2). Pierścienie tłokowe są wtedy szlifowane na płasko, a rowki pierścieni tłokowych ulegają poszerzeniu (Rys. 3). Zużycie pierścieni tłokowych, powodowane przez brud, oddziałuje przede wszystkim osiowo na brzegi pierścienia. W płaszczyźnie promieniowej (wzdłuż powierzchni bieżnej) pierścieni także ściera się przez powstałe tarcie półpłynne, ale nie tak intensywnie, jak na brzegach. Często wskaźnikiem zabrudzeń w rowkach pierścieniowych są ślady na brzegach pierścienia. Brud, który najczęściej składa się z drobnego piasku, wydrapuje w połączeniu z obrotami pierścieni i przechyleniami tłoka charakterystyczne wzory w brzegu pierścienia.

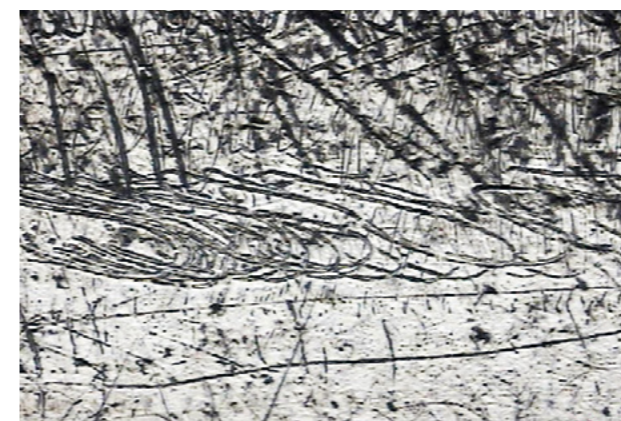
Z uwagi na to, że pierścienie w czasie pracy przylegają przede wszystkim do dolnej ścianki rowka, zużycie występuje głównie na górnym brzegu pierścienia. Tam też można znaleźć charakterystyczne ślady (Rys. 4 i 5).



Rys. 2: Brud i olej w rowku pierścieniowym łączą się, tworząc pastę ścierną.



Rys. 3: Rozszerzenie rowka pierścieniowego przez zeszlifowany pierścień tłokowy



Rys. 4 i 5: Przykłady śladów na górnym brzegu pierścienia

Przyczyna 2

Z powodu dawnego uszkodzenia i/lub nieprofesjonalnie wykonanej naprawy/odbudowy, brud nadal znajduje się w obiegu oleju. Brud rozpoczyna ścieranie ze skrzyni korbowej, przechodząc na ściany cylindrów i tłoki. Cząstki zanieczyszczeń dostają się także poprzez zabrudzone obiegi oleju do wszystkich łożysk w silniku. Olej jest filtrowany przez filtr oleju, ale często obieg oleju nie jest poprawnie czyszczony. Brud znajdujący się już po czystej stronie obiegu oleju dostaje się do łożysk, prowadząc tam do przedwczesnego zużycia lub do uszkodzeń.

Często w przypadku awarii silnika filtr oleju jest tak zapchany przez drobiny, że otwiera się zawór obejściowy. Do miejsc smarowania dostaje się wtedy niefiltrowany olej silnikowy. Ten stan akceptuje się przy budowie silnika, aby uniknąć całkowitej awarii silnika spowodowanej zupełną utratą oleju w łożyskach. Często po awarii silnika, w chłodnicy oleju i jej przewodach nadal znajdują się duże ilości zanieczyszczeń.

Z tego względu nieodpowiedzialne jest podłączanie nowego lub naprawionego silnika do nieoczyszczonej chłodnicy oleju i uruchomienie silnika.

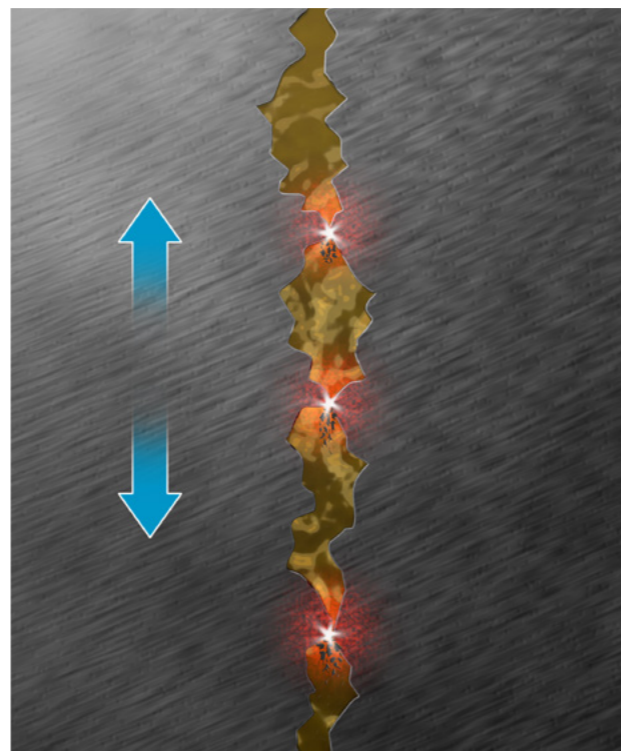
UWAGA

Kiedy chłodnica oleju zostanie zabrudzona wskutek awarii silnika, wtedy czyszczenie często nie kończy się powodzeniem. W takim wypadku lepiej jest zamontować nową chłodnicę oleju, aby wykluczyć ryzyko uszkodzenia, wynikające z zastosowania starej chłodnicy oleju.

2.6.5 ZALANIE PALIWEM

Drugą najczęstszą przyczyną uszkodzeń pierścieni tłokowych po uszkodzeniach spowodowanych przez brud są awarie i zużycie przez zalanie paliwem. Przy zalaniu paliwem, film olejowy na ścianie cylindra zostaje naruszony tak dalece, że pierścienie tłokowe trą o metalową powierzchnię ściany cylindra, tracąc bardzo szybko na swojej grubości ścianki. Zetknięcie powierzchni metalowych pierścieni tłokowych ze ścianą cylindra (Rys. 1) ma prawo występować jedynie na krótko i w przypadkach wyjątkowych (np. rozruch na zimno) i nie jest dopuszczalne przy normalnej pracy silnika. Takie tarcie niszczy tłoki, pierścienie tłokowe i otwory cylindra, skracając drastycznie ich żywotność. W normalnej sytuacji, ślizgowe elementy współpracujące są zawsze oddzielone od siebie filmem olejowym (Rys. 2). Warstwa filmu olejowego musi być zatem grubsza niż nierówności powierzchni ślizgowych elementów współpracujących.

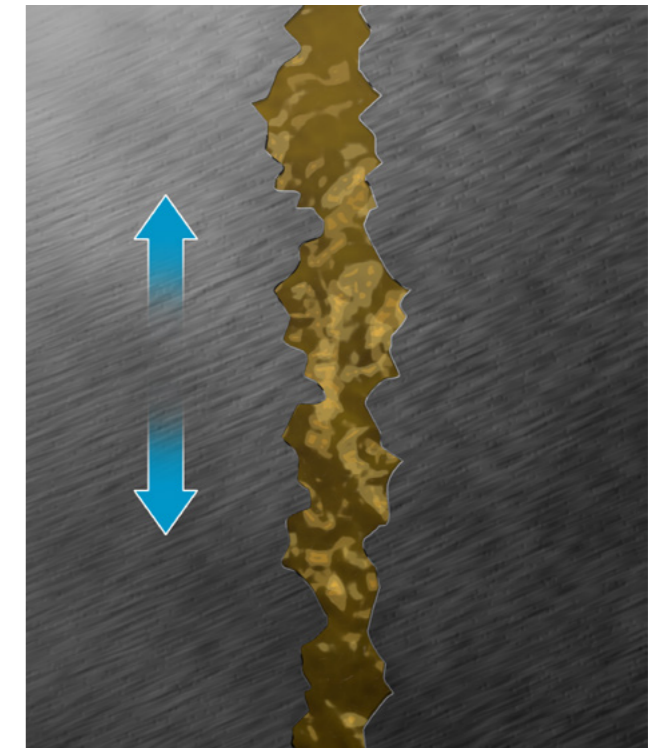
Z powodu zakłóceń spalania dochodzi często w czasie normalnej pracy silnika do nagromadzenia i kondensacji paliwa na ścianie cylindra. Film olejowy staje się cieńszy lub jest wypłukiwany. Zachodzące wtedy tarcie półpłynne sprawia, że pierścienie tłokowe po kilku tysiącach kilometrów przebiegu zużywają się całkowicie. Moc silnika spada, a zużycie oleju przez silnik rośnie.



Rys. 1: Tarcie półpłynne – pierścień tłokowy i ściana cylindra stykają się powierzchniami metalowymi

Tarcie półpłynne prowadzi do bardzo silnego zużycia promieniowego pierścieni tłokowych i powierzchni cylindra. Jest ono bardzo łatwo zauważalne na powierzchniach zgarniających pierścienia zgarniającego olej. Na Rys. 3 przedstawiono dwa pierścienie zgarniające olej: jeden nowy, a jeden starty przez tarcie półpłynne. Obie powierzchnie zgarniające starty się całkowicie. Silnik, z którego ten pierścień pochodzi, cierpi na nadmierne zużycie oleju. Takie zużycie promieniowe, które zachodzi nie tylko w przypadku pierścieni zgarniających olej, można prawie zawsze przypisać zalaniu paliwem.

Zużycie wskutek tarcia półpłynnego w następstwie zalania paliwem mogło zająć zwłaszcza wtedy, gdy nie było ono widoczne w równym stopniu na wszystkich tłokach. Jest to dość częsta sytuacja i stanowi dowód tego, że pierścienie nie ścierają się przez domniemane wady materiału ani wskutek nieprofesjonalnej obróbki cylindra. W takim wypadku zużycie byłoby podobne na wszystkich tłokach i pierścieniach tłokowych, a nie dotyczyłoby szczególnie wybranych cylindrów.



Rys. 2: Dostatecznie gruby film olejowy – powierzchnie metalowe nie stykają się



Rys. 3: Nowy i zużyty pierścień zgarniający olej

Zużycie wskutek tarcia półpłynnego w następstwie zalania paliwem zachodzi tak samo w silnikach benzynowych, jak i w silnikach wysokoprężnych.

W silnikach benzynowych głównymi przyczynami są częste podróże na krótkich odcinkach (szczególnie w przypadku starych silników gaźnikowych) i przerwy w zapłonie. Silniki benzynowe, w celu uruchomienia i w fazie nagrzewania, potrzebują znacznie większej ilości paliwa niż zużywają w temperaturze roboczej. W przypadku częstej jazdy na krótkich odcinkach, gromadzące się na ściankach cylindra paliwo może niekiedy nie odparować i łączy się z olejem silnikowym. W ten sposób dochodzi do rozcieńczenia oleju silnikowego, a w efekcie utraty lepkości przez olej silnikowy – do tarcia półpłynnego. W silnikach benzynowych dochodzi do zalania paliwem także wskutek wadliwych świec zapłonowych lub cewek zapłonowych, bowiem paliwo nie zapala się i nie zostaje spalone.

W silnikach wysokoprężnych wtryskiwana ilość paliwa zapala się po zetknięciu z wysoko sprężonym powietrzem w komorze spalania. W razie braku sprężania (wadliwe napętnianie cylindra) lub niskiej jakości paliwa dochodzi do opóźnienia zapłonu, niecałkowitego spalania i nagromadzenia ciekłego paliwa w komorze spalania.

Inne powody zalania paliwem w przypadku silnika wysoko- prężnego to:

- Wadliwe i nieszczelne dysze wtryskiwaczy
- Wada pompy wtryskowej lub jej ustawienia
- Źle ułożone i zamocowane przewody wtryskowe (drgania)
- Uszkodzenia mechaniczne (uderzenie tłoka o głowicę cylindra) spowodowane błędnym wystawianiem tłoka, z powodu obróbki powierzchni uszczelniających i zastosowania uszczelek głowicy cylindrów o nieodpowiedniej grubości
- Złe napętnianie przez zatkany filtr powietrza
- Złe napętnianie przez wadliwą lub zużytą turbosprężarkę
- Złe napętnianie przez zużyte lub połamane pierścienie tłokowe
- Zła jakość paliwa (słaby samozapłon i niepełne spalanie)



UWAGA

Również w przypadku tego rodzaju uszkodzeń należy rozgraniczyć pomiędzy zużyciem tylko niektórych lub wszystkich cylindrów. W przypadku uszkodzeń wszystkich cylindrów leży za tym raczej przyczyna globalna, taka jak niska jakość paliwa lub słaba zdolność napętniania. Jeśli usterką dotknięte są pojedyncze cylindry, wtedy odpowiedzialne są raczej wadliwe dysze wtryskiwacza, przewody wtryskowe, świece zapłonowe lub przewody wysokiego napięcia.

2.6.6 PĘKNIĘCIA PIERŚCIENI TŁOKOWYCH

Pęknięcia pierścieni tłokowych zachodzą w wyniku nadmiernego zużycia, przez trzepotanie pierścienia lub w wyniku błędnego ich montażu.

Pęknięcia w czasie pracy pierścieni tłokowych nie zachodzą bez występowania ekstremalnych warunków pracy. Przy naciąganiu pierścieni na tłok, mechaniczne obciążenie znacznie przekracza obciążenie robocze. Pierścienie tłokowe, w czasie naciągania na tłok, muszą wytrzymać o wiele większe naprężenie zginające niż przy montażu w cylindrze. Pierścień o uszkodzonej strukturze lub wadach materiału pękłby już podczas nakładania na tłok.

Znalezienie popękanych pierścieni tłokowych w silniku bezpośrednio po naprawie tłoka oznacza, że zostały one już wcześniej uszkodzone lub połamane wskutek niefachowego montażu tłoka lub zastosowanie nieodpowiednich narzędzi montażowych.

Pierścienie mogą pęknąć po długim czasie eksploatacji. Dzieje się tak, gdy promieniowa lub osiowa grubość ściany znacznie zmniejszy się w wyniku zużycia. Najczęściej pierścień wpada w trzepotanie z powodu znacznie zwiększonego luzu wysokości w rowku i nie jest w stanie dalej wytrzymać działającego na niego obciążenia. Pierścień wtedy pęka najczęściej na wiele małych fragmentów.

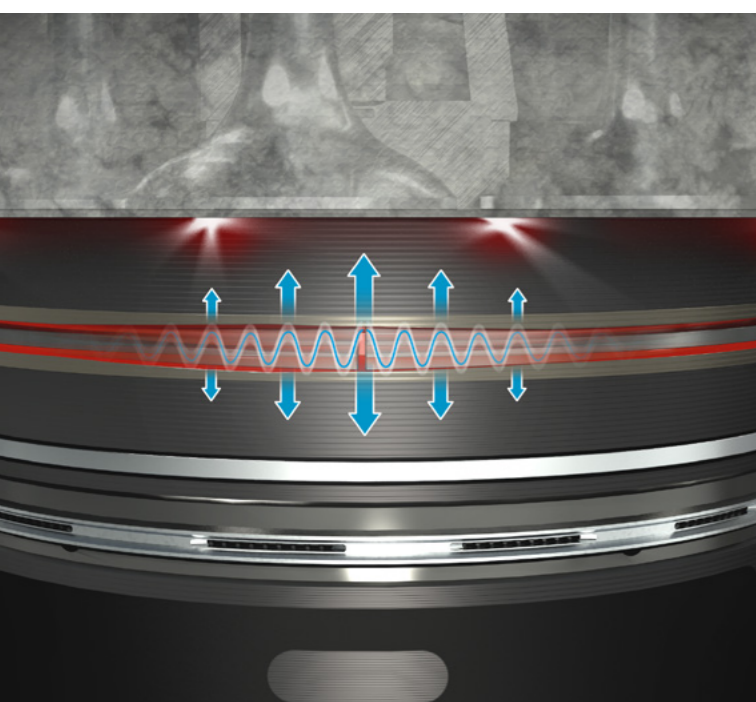
Jednakże do pęknięcia pierścienia nie jest konieczne potrzebne osłabienie grubości materiału. Jeśli w czasie pracy silnika zachodzą zakłócenia spalania, pierścienie mogą pęknąć z uwagi na zwiększone obciążenie, mimo że nie są jeszcze zużyte. Także przypadkowe dostanie się wody lub oleju do komory spalania może doprowadzić do pęknięcia pierścieni. Cieczy nie da się sprężyć. Gdy ilość płynu przekroczy objętość przestrzeni sprężania, wtedy płyn musi albo przecisnąć się obok tłoka, albo przelamać tłok lub pierścienie tłokowe. Tak samo może się wygiąć korbwód lub ulec pęknięciu ściana cylindra / tuleja bieżna cylindra.



Pęknięty pierścień tłokowy

2.6.7 TRZEPOTANIE PIERŚCIENIA

Do trzepotania pierścieni może dojść szczególnie w przypadku silników benzynowych przy średnim obciążeniu i wysokiej prędkości obrotowej. Przez trzepotanie rozumie się tutaj zarówno podniesienie pierścienia tłokowego z dolnej płaszczyzny rowka, jak i zmniejszenie działania uszczelniającego pierścienia wskutek utraty przyłożenia promieniowego do ściany cylindra (zapadnięcie się). Obydwie te sytuacje pociągną za sobą stratę mocy i zwiększone zużycie oleju z powodu obniżenia lub zaniku funkcji uszczelniania.



Rys. 1: Trzepotanie pierścienia wskutek mechanicznego styku tłoka z głowicą cylindra

OSIOWE TRZEPOTANIE PIERŚCIENIA

Osiowe trzepotanie pierścienia ma swój początek zwykle w zamku pierścienia. Zamek, z uwagi na swoje odkryte położenie, odznacza się szczególną tendencją do podnoszenia się z dolnej płaszczyzny przyłożenia, przy niekorzystnych warunkach pracy. Wpadający w drgania zamek wprowadza je wtedy falowo do całego pierścienia tłokowego.

UWAGA

Pierścienie o małej wysokości odznaczają się mniejszą skłonnością do drgań z uwagi na mniejsze siły bezwładnościowe. Wyższy nacisk na zamek przeciwdziała powstawaniu drgań.

Przyczyny osiowego trzepotania pierścieni

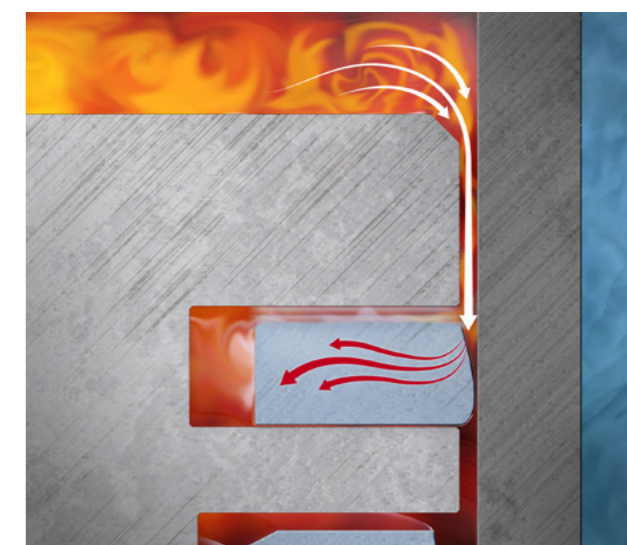
- Nadmierny luz wysokości
- Utrata naprężenia pierścienia (zużycie), a co za tym idzie, słabszy docisk zamka pierścienia, szczególnie w pierścieniach tłokowych o gruszkowatym rozkładzie nacisku promieniowego (zob. także rozdział 1.6.2 Rozkład nacisku promieniowego)
- Styk mechaniczny tłoka z głowicą cylindra spowodowany błędami w naprawie, szczególnie w silnikach wysokoprężnych (Rys. 1)
- Spalanie stukowe powstające wskutek błędnych ustawień silnika (tworzenie mieszanki, zapłon) oraz wskutek niedostatecznej jakości paliwa (niska liczba oktanowa, dodatki do oleju napędowego)
- Zużyte rowki pierścieni tłokowych
- Zbyt niska objętość gazu na dnie rowka, spowodowana obecnością nagaru na dnie rowka (powód: zbyt wysokie temperatury spalania) i/lub niedostateczna jakość oleju silnikowego

PROMIENIOWE TRZEPOTANIE PIERŚCIENIA

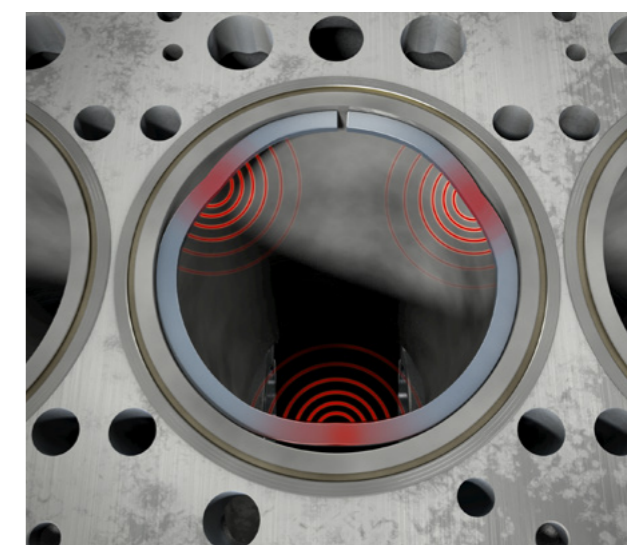
Nadmierny wzrost ciśnienia gazów na powierzchni bieżną pierścienia podczas spalania (Rys. 2) zakłóca na krótko proporcję sił, pierścień tłokowy podnosi się z powierzchni bieżnej i nie uszczelnia prawidłowo. Stałe powtarzanie się tego procesu prowadzi do trzepotania pierścienia tłokowego.

Przyczyny promieniowego trzepotania pierścienia

- Zużyte pierścienie tłokowe (spadek promieniowej grubości ścianki), a co się z tym wiąże, spadek siły docisku pierścienia tłokowego do ściany cylindra i obniżona sztywność pierścienia
- Nieokrągłe otwory cylindrów i powiązane z tym zwiększone przenikanie ciśnienia spalania w szczelinie uszczelniającej pomiędzy powierzchnią bieżną pierścienia tłokowego a szczeliną pierścienia
- Ukośny ruch tłoka wskutek wygięcia korbowodu: Z uwagi na ruch skosem wewnątrz otworu cylindra, pierścień zakreśla lekko owalny tor. W ten sposób z jednej strony cylindra, tam, gdzie tłok gorzej przylega, zwiększona ilość gazów wpada w obręb progu ogniowego oraz pomiędzy pierścień tłokowy a ścianę cylindra
- Nadmierne wytarcie powierzchni bieżnej pierścienia tłokowego o baryłkowatym kształcie z uwagi na zbyt duży luz pionowy pierścienia
- Uszkodzone krawędzie pierścienia powstałe przez błędne honowanie (tworzenie płaszczki stalowego): Pierścień pęka na krawędziach i jest wystrzępiony (głównie w przypadku zwykłych pierścieni żeliwnych bez powłoki powierzchni bieżnej), gaz dostaje się do szczeliny uszczelniającej i podnosi pierścień tłokowy z powierzchni bieżnej.



Rys. 2: Ciśnienie gazów na powierzchni bieżną pierścienia



Rys. 3: Podnoszenie pierścienia tłokowego z powierzchni bieżnej

2.7 SMAROWANIE I ZUŻYCIE OLEJU

2.7.1 INFORMACJE OGÓLNE

Zasadniczo tłok w silniku czterosuwowym smarowany jest przez tryskający i rozpryskiwany olej z wału korbowego. Ramiona wału korbowego nie zanurzają się jednakże zwykle w misce olejowej. Powodowałoby to spienienie się oleju i stratę mocy silnika. Olej niezbędny do smarowania ścian cylindra wypływa zgodnie z przeznaczeniem z miejsc smarowania łożysk głównych i korbowodowych. Z uwagi na to, że wał korbowy obraca się, olej ten rozprawdany jest w formie kropeł po całej skrzyni korbowej, jest także rozpryskiwany na ściany cylindra, kiedy tłok znajduje się w górnej części cylindra.

W bardziej obciążonych silnikach lub takich, w których z łożysk wypływa niewiele oleju, smarowanie ściany cylindra zapewnia się przez stosowanie wydrążonych korbowodów, spryskujących dodatkowo olejem ścianę cylindra po stronie nacisku tłoka (Rys. 1). W silnikach dysponujących chłodzeniem natryskowym tłoków dla lepszego odprowadzania ciepła z tłoków takie zabiegi nie są konieczne.

Taka konstrukcja sprawia, że przez tłok powraca dostatecznie dużo oleju, który w ten sposób smaruje także ścianę cylindra.

Zależnie od prędkości obrotowej, ciśnienia oleju i konstrukcji, olej znajdujący się w formie kropeł na ścianie cylindra, musi być zebrany i rozprawdany przez pierścienie zgarniające olej. Aby osiągnąć optymalne smarowanie przy minimalnym zużyciu oleju, film smarny na ścianie cylindra powinien mieć grubość w granicach 1–3 μm . Cieńszy film smarny powoduje powstanie tarcia półpłynnego i wysokie zużycie elementów. Grubszy film smarny powoduje z reguły wyższe zużycie oleju. Przyczyny powstawania cieńszego lub grubszego filmu olejowego zostały opisane m. in. w rozdziale 1.5.5 Baryłkowane powierzchnie bieżne.



Rys. 1: Otwory wytryskowe oleju w korbowodzie zapewniają smarowanie powierzchni bieżnej

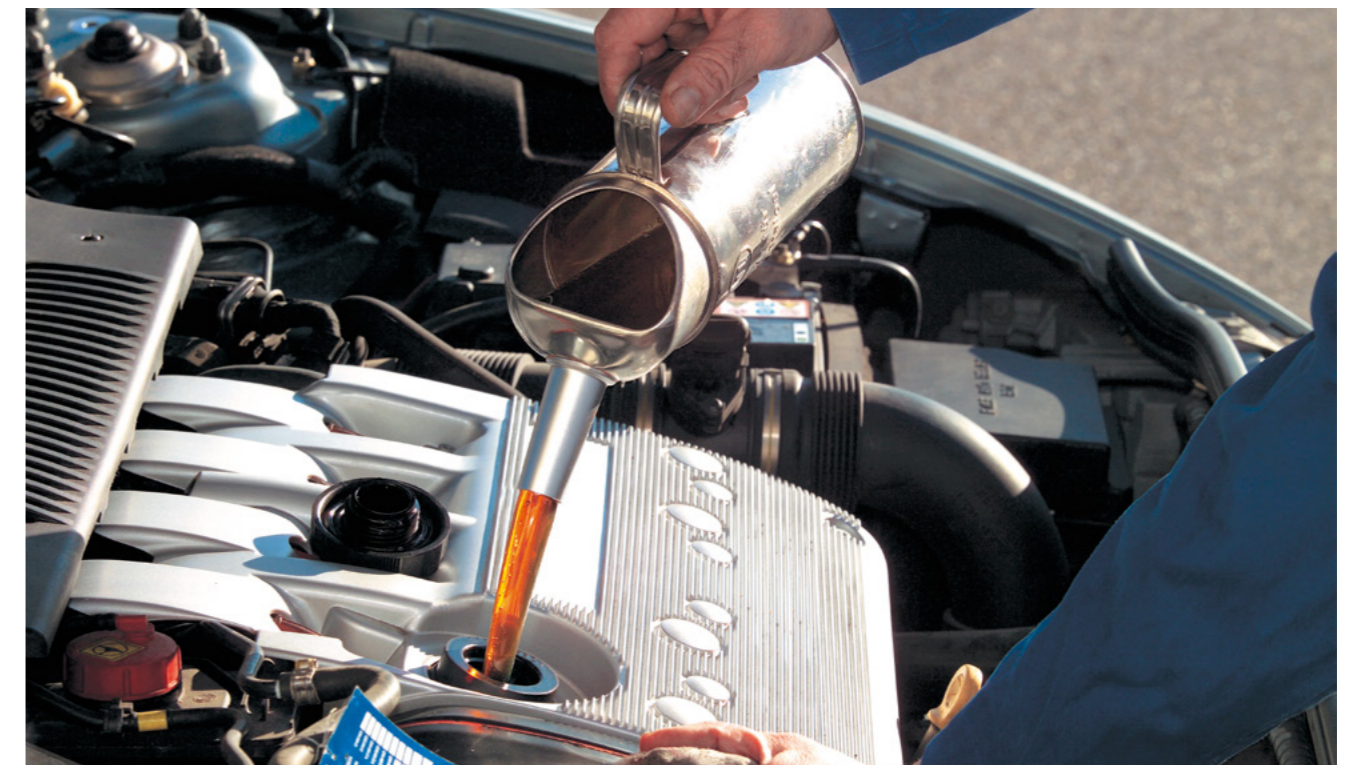
2.7.2 OLEJ SILNIKOWY

Olej silnikowy jest najważniejszym komponentem budowy silnika. Jeśli komponenty nie byłyby smarowane i chłodzone przez olej, wtedy praca silnika spalinowego, jaki znamy i stosujemy, nie byłaby możliwa. Olej oddziela od siebie ślizgowe elementy współpracujące cienkim filmem olejowym i dzięki smarowaniu zapobiega tarcia metalicznemu, a co za tym idzie – zużyciu ślizgowych elementów współpracujących. Olej silnikowy ma poza tym za zadanie transport ciepła i zabrudzeń wewnątrz silnika.

Ważne zadania oleju silnikowego

- Smarowanie (separacja poruszających się względem siebie powierzchni metalowych)
- Chłodzenie (odprowadzanie ciepła)
- Odtransportowanie zabrudzeń
- Stabilność wobec sił tnących (np. spowodowanych ostrymi krawędziami pierścieni tłokowych)
- Uszczelnienie komory spalania od skrzyni korbowej i przewodów dolotowych oraz kanałów spalin przez prowadnice zaworów od mechanizmu zaworowego

- Związanie stałych ciał obcych, kurzu, wytartych drobin i produktów spalania, jak sadza czy popiół
- Ochrona części silnika przed korozją powodowaną agresywnymi produktami spalania przez stworzenie warstw ochronnych na powierzchni metalu
- Neutralizacja kwaśnych produktów spalania przez przemiany chemiczne
- Przenoszenie sił w hydraulicznych napinaczach łańcuchów i popychaczach zaworowych
- Utrzymanie części silnika w czystości przez rozpuszczenie pozostałości (procesu) spalania i produktów starzenia oleju silnikowego za pomocą mydeł rozpuszczalnych w oleju
- Ochrona przed zużyciem (części silnika poruszających się względem siebie)
- Unieszkodliwienie niepożądanych produktów spalania





Olej silnikowy składa się z oleju podstawowego i dodatków. Aby poprawić właściwości oleju podstawowego, uzupełnia się go dodatkami. Zawartość dodatków i ich skład zależy od wymagań stawianych konkretnemu rodzajowi oleju.

Dodatki powodują lub wywierają wpływ na np.:

- Lepkość i pełzanie
- Czynność powierzchniową
- Zdolności neutralizacyjne
- Obojętność na środki uszczelniające
- Niską skłonność do spieniania
- Długi czas użytkowania, długie terminy wymiany oleju
- Niskie zużycie oleju
- Niskie zużycie paliwa
- Kompatybilność paliwa
- Tolerancję dla środowiska

Olej silnikowy zużywa się przez starzenie i skażenie. Dodatki do oleju zużywają się, a agresywne produkty spalania i brud zanieczyszczają olej. Częściowo starzenie oleju powodowane jest przez wysokie temperatury.

Olej silnikowy składa się z długołańcuchowych cząsteczek węglowodorów. Lepkość oleju określana jest przez długość łańcuchów cząsteczkowych. Długie cząsteczki mają wyższą lepkość niż cząsteczki krótsze. Długie łańcuchy cząsteczek rozrywane są w czasie pracy silnika na krótsze fragmenty. Ma to ujemny wpływ na lepkość oraz właściwości smarujące. Olej w sytuacjach ekstremalnych staje się mniej odporny i nie jest w stanie zapewnić oczekiwanych właściwości smarujących.

Dokładne filtrowanie oleju silnikowego za pomocą specjalnych filtrów stosowanych poza silnikiem w celu usunięcia jak największej ilości cząstek zanieczyszczeń jest bezcelowe. W czasie eksploatacji problemem staje się sam olej, a nie brud, który przenosi.

Uwaga: W niektórych krajach filtruje się olej przez płótno i wprowadza ponownie do sprzedaży.

W procesie spalania tworzą się kwasy i inne szkodliwe substancje, stopniowo rozkładające olej. Oddziaływanie wysokich temperatur sprawia poza tym, że część składników oleju o niskiej temperaturze wrzenia paruje, tak że i tutaj następuje zmiana składu oleju. Zastosowanie tak zwanych filtrów ultradrobnych, obiecujących wyeliminowanie potrzeby wymiany oleju przez bardzo długi czas jest zatem wątpliwe.

W każdym wypadku należy cały czas uzupełniać olej i drogie w produkcji dodatki, bowiem w każdym silniku zachodzi naturalne zużycie oleju, zatem prędzej czy później w silniku po prostu zabrakłoby go. Montaż takich dodatkowych systemów jest zatem mało opłacalny dla posiadacza pojazdu.

Podsumowanie

Zarówno olej podstawowy, jak i dodatki, zużywają się z czasem tak, że olej od czasu do czasu potrzebuje odnowienia (wymiana oleju). Dzięki wymianie oleju i filtra usuwa się z silnika szkodliwe produkty spalania, unieszkodliwiając je. Świeży olej nie tylko smaruje i czyści lepiej, lecz także oferuje nowe właściwości względem wszystkich szkodliwych wpływów, na które zwykle jest wystawiony.



2.7.3 ZUŻYCIE OLEJU OGÓLNI

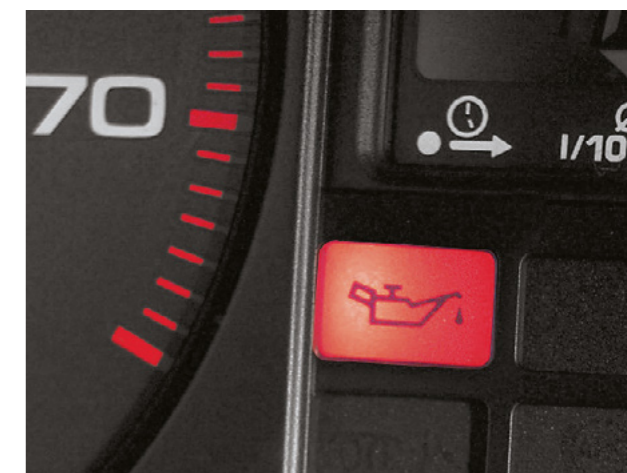
Pod pojęciem zużycia oleju specjalista rozumie ilość oleju, która dostaje się do komory spalania i ulega tam spalaniu. Nie jest tym objęty olej, który przedostaje się przez uszczelnienia i wycieka z silnika. W takim wypadku mowa jest o utracie oleju, nie o jego zużyciu.

Główne przyczyny zużycia oleju:

- Uszkodzenia turbosprężarki (awarie łożysk, zapchane przewody przepływu wstecznego oleju)
- Uszkodzenia mechanicznych pomp wtryskowych (zużyte elementy pomp)
- Zużyte uszczelnienia trzonków zaworów i prowadnice zaworów
- Uszkodzenia systemu uszczelniającego tłok-pierścień tłokowy-otwór cylindra (zob. następny rozdział)

WSKAZÓWKA

Dalsze szczegóły na ten temat są zawarte w naszej broszurze „Zużycie oleju i utrata oleju”



2.7.4 ZUŻYCIE OLEJU PRZEZ UKŁAD TŁOK-PIERŚCIEŃ TŁOKOWY-OTWÓR CYLINDRA

NORMALNE I UWARUNKOWANE KONSTRUKCYJNIE ZUŻYCIE OLEJU

Olej przedostający się ze skrzyni korbowej przez układ tłok-pierścień tłokowy-otwór cylindra do komory spalania, zostanie spalony, co poprowadzi do zużycia oleju. Z uwagi na konstrukcję silnika spalinowego i systemu uszczelniającego tłok-pierścień tłokowy-otwór cylindra, w czasie pracy silnika w naturalny sposób dochodzi do pewnego „normalnego” zużycia oleju.

Olej silnikowy znajduje się w postaci cienkiego filmu olejowego (ok. 1–3 μm grubości) na ścianie cylindra i jest wystawiony, podczas ruchu tłoka w dół w czasie suwu pracy, na działanie gorącego procesu spalania. Poprzez działanie gorących gazów spalinowych w każdym suwie pracy dochodzi do parowania

i spalania niewielkich ilości oleju, dających o sobie znać w miarę upływu czasu jako zużycie oleju. Ponadto wskutek odwrócenia ruchu tłoka w górnym martwym punkcie i z powodu występowania przy tym sił bezwładnościowych, dochodzi do spłynięcia oleju z pierścieni tłokowych. Ta ilość oleju zostanie spalona w czasie następnego suwu pracy.

PODWYŻSZONE I NADMIERNE ZUŻYCIE OLEJU

Nadmierne zużycie oleju, spowodowane przez sam system uszczelniający tłok-pierścień tłokowy-otwór cylindra zawsze ma swoją przyczynę, za którą głównej odpowiedzialności nie ponoszą pierścienie tłokowe. Pierścienie tłokowe mają w nim swój udział, nie są jednak siłą sprawczą.

Możliwe powody nadmiernego zużycia oleju, za które odpowiedzialne jest słabe działanie uszczelniające pierścieni tłokowych, to:

- Zużyte pierścienie (spadek promieniowej i osiowej grubości ścianek)
- Nieprawidłowe honowanie
- Zużycie cierne przez brud (rozdział 2.6.4 Brud)
- Owalne i/lub nieokrągłe cylindry (zob. także rozdział 2.3.5 Geometria cylindrów i odchyłka kołowości)
- Tłoki (rowki pierścieniowe) zużyte przez zabrudzenia i długi czas eksploatacji
- Zużyte cylindry (nieokrągłe, wyswiecone, odkształcone)
- Skośny bieg tłoka podczas pracy spowodowany przez wygięte korbowody (zob. rozdział 2.6.1 Praca skosem tłoków)
- Nieprawidłowe właściwości oleju
- Zużyty, zestarzały olej silnikowy
- Tarcie półpłynne w efekcie zalania paliwem (zob. rozdział 2.6.5 Zalanie paliwem)
- Trzepotanie pierścienia (zob. rozdział 2.6.7 Trzepotanie pierścienia)
- Podrapane powierzchnie uszczelniające (dolne ścianki rowków) w efekcie nieprofesjonalnego czyszczenia rowków pierścieniowych
- Pierścienie blokujące się w rowkach pierścieniowych z powodu brudu, zwęglonego oleju lub z powodu wygięcia (nieprofesjonalna ingerencja)
- Brak luzu pionowego w rowkach z powodu nieodpowiednich pierścieni lub nagaru (nieprawidłowe właściwości oleju)
- Zły dobór pierścieni, złe wysokości pierścieni, zła grubość promieniowa ścianki, zła forma (pierścień prostokątny w rowku trapezowym i odwrotnie)
- Błędny montaż pierścieni zgarniających olej (błędny montaż sprężyny rozprężnej)

2.7.5 OKREŚLANIE ZUŻYCIA OLEJU (WIELKOŚCI PORÓWNAWCZE)

Zużycie oleju można liczyć na szereg sposobów. W czasie pracy testowej silnika na stanowisku kontrolnym zużycie oleju podaje się w gramach na kilowatogodzinę. Dobre systemy uszczelniające osiągają przy tym zużycie na poziomie od 0,5 do 1 g/kWh. Ten rodzaj wyliczenia nie nadaje się do zastosowań praktycznych, bowiem w czasie normalnej pracy nie można ani określić zużycia oleju z dokładnością do każdego grama, ani zmierzyć dokładnie mocy silnika.

Z tego względu często mierzy się zużycie oleju w litrach na 1000 km lub w procentach zużywanego paliwa. Ta ostatnia metoda przyjęła się z uwagi na to, że jest o wiele bardziej precyzyjna niż miara w litrach na 1000 km. Jest to spowodowane faktem, że z jednej strony silniki mogą być eksploatowane stacjonarnie, ale z drugiej strony silniki pojazdów pracują niekiedy bardzo długo na biegu jałowym (korki, oczekiwanie na światłach, procesy załadunku, używanie klimatyzacji). Do tego należy doliczyć okresy, w których silnik musi dalej pracować, aby zasilić agregaty pomocnicze, takie jak dźwigi, lub gdy działa w trybie pompowania, a w tym czasie pojazd nie przejeżdża nawet kilometra.

**2.7.6 KIEDY WYSTĘPUJE NADMIERNE ZUŻYCIE OLEJU?**

Opinie na temat zwiększonego zużycia oleju różnią się niekiedy drastycznie od kraju do kraju. Szeroko rozpowszechnione założenie, czy też oczekiwanie, że silnik nie zużywa lub nie może zużywać oleju, jest jednak fałszywe z wyżej wymienionych powodów.

Każdy producent silników określa dla swoich silników orientacyjne wartości zużycia oleju. Jeżeli podejrzewa się zwiększone zużycie oleju, należy najpierw uzyskać od producenta silników orientacyjną lub graniczną wartość zużycia oleju. Podręczniki warsztatowe i dokumentacja techniczno-ruchowa w wielu przypadkach także podają informacje na temat zużycia oleju przez silnik.

Jeżeli dokładne wartości zużycia oleju nie zostały podane przez producenta silników, w przypadku pojazdów użytkowych można przyjąć zużycie oleju rzędu od 0,25 % do 0,5 % rzeczywistego zużycia paliwa. W przypadku małych silników samochodów osobowych wartości te są jeszcze niższe. Tutaj zużycie oleju wynosi 0,1 % do 0,5 % poziomu zużycia paliwa.

Silniki wysokoprężne zużywają z zasady więcej oleju silnikowego niż silniki benzynowe. Silniki wyposażone w turbosprężarki również wymagają więcej oleju (z powodu konieczności smarowania turbosprężarki) niż silniki bez turbosprężarek.

Jest jasne, że zużycie oleju jest najniższe po fazie docierania i że wzrasta w miarę upływu czasu eksploatacji silnika. Wartości minimalne należy więc raczej odnosić do nowych silników, a wartości maksymalne do silników, które przekroczyły już 2/3 swojej żywotności. Również w przypadku silników, które były tylko częściowo naprawiane (np. wymiana tłoków albo tylko pierścieni tłokowych) nie należy oczekiwać wartości poniżej maksymalnej. Bardzo często mamy do czynienia z sytuacją odwrotną. Wszystkie części silnika zużywają się jednakowo. Przy odnowieniu jedynie 10 % z nich, oczekiwana poprawa wynikająca z naprawy częściowej, może w sytuacji idealnej także wynieść tylko 10 %.

**PRZYKŁAD OBLICZEŃ W PRZYPADKU POJAZDU UŻYTKOWEGO**

Pojazd użytkowy zużywa na 100 km około 40 l paliwa. Ekstrapolując na 1000 km jest to 400 l paliwa.

- 0,25 % z 400 l paliwa daje zużycie oleju równe 1 l.
- 0,5 % z 400 l paliwa daje zużycie oleju równe 2 l.

**PRZYKŁAD OBLICZEŃ W PRZYPADKU SAMOCHODU OSOBOWEGO**

Samochód osobowy zużywa na 100 km około 8 l paliwa. Na 1000 km jest to mniej więcej 80 litrów paliwa.

- 0,1 % z 80 l paliwa daje zużycie oleju równe 0,08 l.
- 0,5 % z 80 l paliwa daje zużycie oleju równe 0,4 l.

2.7.7 DEFINICJE I PODEJŚCIE DO ZUŻYCIA OLEJU

ROZWAŻAJĄC ZUŻYCIE OLEJU NALEŻY ROZRÓŻNIĆ POMIĘDZY NASTĘPUJĄCYMI SYTUACJAMI:

NORMALNE ZUŻYCIE OLEJU

Zużycie oleju w granicach podanych przez producenta, ew. w zakresie wartości podanych w poprzednim rozdziale. Nie ma żadnych braków ani powodów do reklamacji.

PODWYŻSZONE ZUŻYCIE OLEJU

Zużycie oleju w pojeździe użytkowym wynosi dwu- lub trzykrotność normalnego zużycia. W przypadku silników samochodów osobowych jest to ok. 0,5 do 1 litra/1000 km. Silnik pracuje normalnie, a z układu wydechowego niekoniecznie wydobywa się niebieski dym.

Zdarzenia

Pojazdy, które mają za sobą już 2/3 czasu normalnej eksploatacji silnika. Także nowe, naprawiane i remontowane silniki, znajdujące się jeszcze w fazie docierania. Silniki pracujące w niekorzystnych warunkach (wysoka temperatura otoczenia, częsta jazda na krótkich odcinkach, praca na biegu jałowym, ciągnięcie przyczepy, itd.).

Środki zaradcze

Nie są niezbędne lub nie są konieczne niezbędne, zaleca się jednak obserwację i stałą kontrolę/uzupełnianie poziomu oleju, aby nie pozwolić na spadek poziomu poniżej minimum w czasie pracy. Ewentualnie należy ustalić, co powoduje podwyższone zużycie oleju. Należy oprócz silnika rozważyć także wpływ urządzeń dodatkowych, jak turbosprężarka, mechaniczne pompy wtryskowe i pompy podciśnieniowe, lub też równomierny rozkład na wszystkie te urządzenia. Niekiedy zużycie oleju daje się obniżyć przez wykonanie konkretnych napraw. Jeśli ma miejsce uszkodzenie urządzenia dodatkowego, mającego znaczny wpływ na zużycie oleju, wtedy zużycie mogło także nagle wzrosnąć.

Przy normalnym zużyciu elementów silnika nie należy jednak oczekiwać nagłych skoków zużycia oleju. Błędy przygotowania mieszanki / wtrysku paliwa, objawiające się czarnym dymem, wydobywającym się z układu wydechowego, przyczyniają się także znacznie do zużycia tłoków i cylindrów, a co za tym idzie, do zwiększonego zużycia oleju i należy je koniecznie usunąć.

NADMIERNE ZUŻYCIE OLEJU

Zużycie oleju wynosi w przypadku samochodu osobowego ponad 1,5 litra, a w przypadku ciężkich pojazdów użytkowych ponad 5 litrów. Zużycie oleju jest zauważalne nie tylko na miarce poziomu, ale także daje się zaobserwować w postaci niebieskiego dymu (szczególnie przy hamowaniu silnikiem). Ilości dolewanego oleju powodują znaczne dodatkowe koszty, a dokładna kontrola, naprawa lub remont agregatu stają się konieczne.

Zdarzenia

W całości zużytych silnikach oraz silnikach, które zostały błędnie lub niedostatecznie naprawione. Przy awariach silnika, jak zatarcie tłoków i pęknięcia tłoków, uszkodzenia turbosprężarek, uszkodzenia głowicy cylindrów lub przy awariach urządzeń dodatkowych smarowanych olejem.



2.7.8 PRAWIDŁOWA KONTROLA ORAZ USTALENIE POZIOMU I ZUŻYCIA OLEJU

POMIAR POZIOMU OLEJU

Pojawiające się przy pomiarze poziomu oleju błędy odczytu mogą prowadzić do złych interpretacji rzeczywistego zużycia oleju. Pojazd musi stać na równej powierzchni i należy odczekać około 5 minut od wyłączenia silnika, aby olej miał czas na powrót do miski olejowej i prawidłowe osączenie. Po wyciągnięciu miarki oleju należy ją trzymać skierowaną w dół, aby olej nie spłynął po miarce, fatzując w ten sposób wartość zmierzoną.

Jeśli oleju faktycznie brakuje, należy go dolewać powoli i w małych ilościach (w dawkach co 0,1 litra). Jeśli wleje się olej za szybko i zbyt dużo, wtedy poziom oleju ostatecznie będzie zbyt wysoki. Jeśli wał korbowy zanurzy się w misce olejowej z powodu zbyt wysokiego poziomu oleju, olej zostanie wzburzony, rozprysnięty i w postaci kropeł zostanie skierowany w nadmiarze do układu odpowietrzania silnika. Z uwagi na to, że odpowietrzenie silnika podłączone jest do układu zasysania, olej zostanie skierowany do komory spalania, gdzie się spali.

Przy dolewaniu oleju po jego wymianie nie należy wlewać od razu przepisowej ilości, lecz najpierw wlać olej do znacznika poziomu minimalnego. Potem należy uruchomić silnik i wytworzyć ciśnienie oleju. Po wyłączeniu silnika należy odczekać znów kilka minut, aby olej spłynął z powrotem do miski olejowej. Dopiero teraz należy ponownie sprawdzić poziom oleju i uzupełnić olej do wysokości znacznika poziomu maksymalnego.

POMIAR ZUŻYCIA OLEJU W TRAKCIE EKSPLOATACJI POJAZDU

- Poprawnie zmierzyć poziom oleju i uzupełnić olej do maksimum.
- Przejechać pojazdem 1000 km, dokumentując przy tym także zużycie paliwa.
- Po przejechaniu 1000 km zmierzyć ponownie poziom oleju, uzupełnić olej do wysokości znacznika poziomu maksymalnego. Uzupełniona ilość odpowiada zużyciu oleju na 1000 km.
- Alternatywnym, dokładniejszym sposobem jest zestawienie dolanej ilości oleju i porównanie wyniku z wymienionymi wyżej wartościami.
- Spuszczenie i pomiar oleju przed i po wykonaniu jazdy pomiarowej nie sprawdza się w praktyce. Zafalszowania pomiarów w wyniku utraty oleju z powodu naczyń zbiorczych i tym podobnych uniemożliwiają precyzyjny pomiar.

IŁOŚCI OLEJU

Ilości uzupełnianego oleju podane w podręczniku lub dokumentacji techniczno-ruchowej należy traktować rozważnie. Często nie ma rozróżnienia pomiędzy ilością dla pierwszego napełnienia (dla suchego silnika, w którym brak jest oleju) i dla uzupełnienia (z wymianą filtra oleju lub bez niej).

Jest faktem, że przy wymianie oleju w silniku pozostaje pewna ilość oleju (w przewodach, kanałach, chłodnicach oleju, pompie oleju, agregatach i na powierzchniach). Jeśli przy wymianie oleju należe się ilość odpowiednią dla pierwszego napełnienia, wtedy poziom oleju będzie o wiele za wysoki. Może także dojść do sytuacji odwrotnej. Przy wymianie można wlać zbyt małą ilość oleju. Przy uruchomieniu silnika będzie w efekcie brakowało oleju. Nieprawidłowe uzupełnienie oleju i brak kontroli jego zużycia może prowadzić do wrażenia, że zużycie oleju jest podwyższone. W każdym przypadku należy również zwracać uwagę na prawidłową lepkość oleju. Olej o niskiej lepkości (rzadki) zużywa się szybciej niż olej o wysokiej lepkości. Stosować tylko olej zalecany i zatwierdzony przez producenta silnika.

2.7.9 REKLAMACJE Z POWODU ZUŻYCIA OLEJU I ŚRODKI ZARADCZE

Reklamacje z tytułu nadmiernego zużycia oleju powinno się zgłaszać jedynie wtedy, kiedy pojazd jest serwisowany zgodnie z zaleceniami i jeśli terminy kontroli są zawsze dotrzymane. Należy także zawsze stosować właściwe części zamienne i używać zalecanego oleju silnikowego. Zwiększone zużycie oleju nie pojawia się nagle. Nawet przy podwyższonym zużyciu oleju silnik będzie pracował bez zarzutu. Błędy naprawcze i wynikające z nich szybsze zużycie dają o sobie znać często dopiero w późnym wieku pojazdu. Zaoszczędzone na serwisowaniu silnika pieniądze wydaje się ostatecznie wskutek zwiększonego zużycia oleju i na wcześniejsze naprawy.

Sukces napraw mających na celu redukcję zużycia oleju w dużym stopniu zależy od zainwestowanego czasu i materiałów. Właściciel pojazdu lub warsztat naprawczy samodzielnie ustalają, jak dobry ma być rezultat naprawy. Jedno jest pewne: sam montaż nowych pierścieni tłokowych umożliwi dalsze użytkowanie zużytego silnika przez pewien czas. Z pewnością jednak nie zajdzie już poprawa zużycia oleju silnikowego.



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.

 YouTube

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 obszernie 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



4 028977 645822

www.ms-motorservice.com

© MS Motorservice International GmbH – 50 003 958-13 – PL – 10/18 (102018)