



MINISTERSTWO EDUKACJI  
NARODOWEJ



**Janusz Górny**

## **Wykonywanie montażu i demontażu silnika dwusuwowego 723[04].Z1.02**

**Poradnik dla ucznia**

**Wydawca**  
**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy**  
**Radom 2007**

Recenzenci:  
mgr inż. Igor Lange  
mgr inż. Jan Kania

Opracowanie redakcyjne:  
mgr Janusz Górny

Konsultacja:  
mgr inż. Gabriela Poloczek

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 723[04].Z1.02 Wykonywanie montażu i demontażu silnika dwusuwowego, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu mechanik pojazdów samochodowych.

Wydawca  
Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

---

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

# SPIS TREŚCI

<b>1. Wprowadzenie</b>	3
<b>2. Wymagania wstępne</b>	5
<b>3. Cele kształcenia</b>	6
<b>4. Materiał nauczania</b>	7
<b>4.1. Budowa i zasada działania silnika dwusuwowego</b>	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	28
4.1.3. Ćwiczenia	28
4.1.4. Sprawdzian postępów	32
<b>4.2. Montaż i demontaż silnika dwusuwowego</b>	33
4.2.1. Materiał nauczania	33
4.2.2. Pytania sprawdzające	39
4.2.3. Ćwiczenia	39
4.2.4. Sprawdzian postępów	40
<b>5. Sprawdzian osiągnięć</b>	41
<b>6. Literatura</b>	47

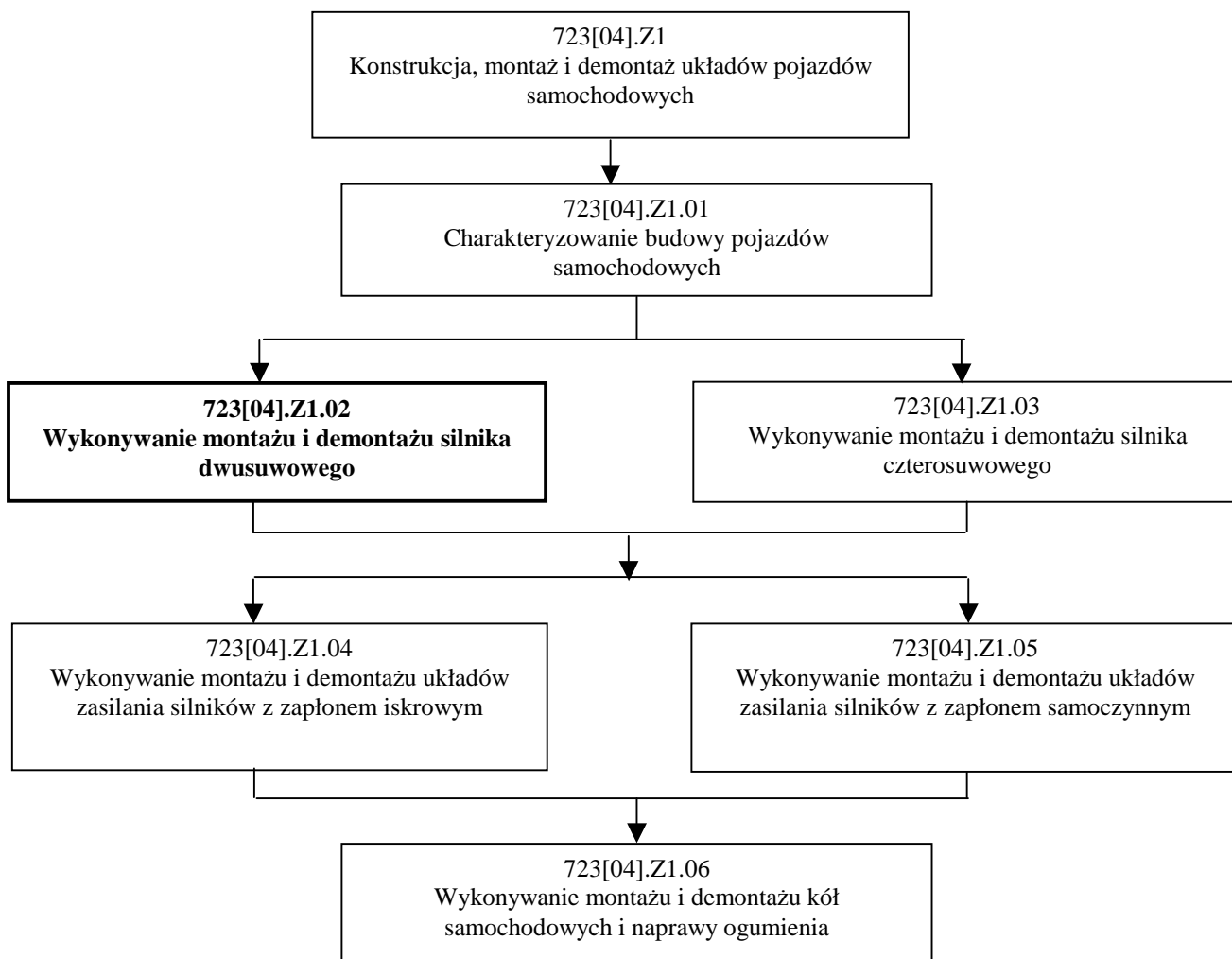
# 1. WPROWADZENIE

Poradnik ten będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy dotyczącej montażu i demontażu silnika dwusuwowego.

W poradniku znajdziesz:

- wymagania wstępne – wykaz umiejętności, jakie powinieneś mieć już ukształtowane, abyś bez problemów mógł korzystać z poradnika,
- cele kształcenia – wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas pracy z poradnikiem,
- materiał nauczania – wiadomości teoretyczne niezbędne do osiągnięcia założonych celów kształcenia i opanowania umiejętności zawartych w jednostce modułowej,
- zestaw pytań, abyś mógł sprawdzić, czy już opanowałeś określone treści,
- ćwiczenia, które pomogą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne,
- sprawdzian postępów,
- sprawdzian osiągnięć, przykładowy zestaw zadań. Zaliczenie testu potwierdzi opanowanie materiału całej jednostki modułowej,
- literaturę uzupełniającą.

Miejsce jednostki modułowej w strukturze modułu 723[04].Z1 „Konstrukcja, montaż i demontaż układów pojazdów samochodowych” jest wyeksponowane na schemacie zamieszczonym na stronie 4.



Schemat układu jednostek modułowych

## 2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- rozróżniać konstrukcje pojazdów samochodowych,
- wykonywać montaż i demontaż podstawowych układów pojazdów samochodowych,
- charakteryzować budowę pojazdów samochodowych,
- przestrzegać zasady bezpiecznej pracy, przewidywać zagrożenia i zapobiegać im,
- stosować jednostki układu SI,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- selekcjonować, porządkować i przechowywać informacje,
- interpretować podstawowe prawa fizyczne,
- rozpoznawać proste związki chemiczne,
- interpretować związki wyrażone za pomocą wzorów, wykresów, schematów, diagramów, tabel,
- użytkować komputer,
- współpracować w grupie,
- oceniać własne możliwości sprostania wymaganiom stanowiska pracy i wybranego zawodu,
- organizować stanowisko pracy zgodnie z wymogami ergonomii.

### **3. CELE KSZTAŁCENIA**

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

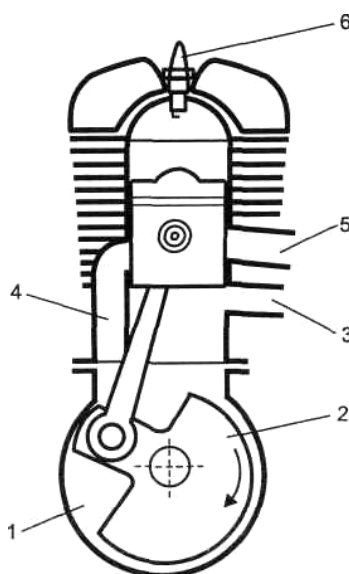
- wyjaśnić budowę i zasadę działania silnika dwusuwowego,
- zdemontować jednocylindrowy silnik dwusuwowy,
- określić części składowe silnika,
- scharakteryzować właściwości materiałów konstrukcyjnych stosowanych na części silnika dwusuwowego,
- rozróżnić materiały konstrukcyjne stosowane na części silnika dwusuwowego,
- określić warunki montażu,
- zmontować silnik dwusuwowy,
- scharakteryzować systemy przepłukiwania silnika dwusuwowego,
- skorzystać z dokumentacji technicznej,
- ocenić jakość wykonywanej pracy,
- zastosować przepisy bhp i ochrony ppoż. podczas wykonywania pracy.

## 4. MATERIAŁ NAUCZANIA

### 4.1. Budowa i zasada działania silnika dwusuwowego

#### 4.1.1. Materiał nauczania

Silnik spalinowy jest cieplnym silnikiem tłokowym służącym do zamiany energii cieplnej zawartej w paliwie na pracę mechaniczną. Zamiana energii odbywa się dzięki spalaniu paliwa w cylindrze silnika. Powstałe podczas spalania gazy, mające duże ciśnienie i wysoką temperaturę, rozprężając się przesuwają tłok w cylindrze wykonując pracę mechaniczną. Paliwem może być benzyna, gaz ziemny lub świetlny albo olej napędowy. Paliwo ciekłe, rozpylone i zmieszane z powietrzem, zostaje najpierw sprężone w silniku, a potem zapalone i rozprężone.



**Rys. 1.** Schemat dwusuwowego silnika jednocylindrowego chłodzonego powietrzem: 1) skrzynia korbowa, 2) wał korbowy, 3) kanał dolotowy łączący cylinder z gaźnikiem, 4) kanał przepływowy, 5) kanał wylotowy spalin, 6) świeca zapłonowa [1, s. 9].

Silnik spalinowy składa się z wielu układów, mechanizmów i części, takich jak układ korbowy, układ zasilania paliwem, układ zapłonowy, układ chłodzenia, układ smarowania.

W skład układu korbowego wchodzi tłoki, korbowody, wał korbowy i koło zamachowe. Główną nieruchomą częścią silnika jest cylinder w kształcie rury zamknięty na jednym końcu (zazwyczaj u góry) głowicą cylindra. W cylindrze jest umieszczony tłok, który przesuwa się w górę i w dół, czyli wykonuje ruch postępowo-zwrotny.

Ścianki cylindra, po których przesuwa się tłok, nazywa się gładzią cylindra. Aby między nią a tłokiem nie było szczeliny, na zewnętrznej powierzchni tłoka są wycięte pierścieniowe rowki, w których znajdują się sprężyste pierścienie tłokowe dokładnie przylegające do gładzi cylindra. Tak więc przy posuwaniu się tłoka gazy spalinowe nie mogą przepłynąć między tłokiem a gładzią. Cylinder jest osadzony na korpusie zwanym skrzynią korbową, w której jest ułożony wał korbowy silnika. Jeżeli cylinder tworzy całość ze skrzynią korbową, to cały taki zespół nazywa się kadłubem silnika.

Wał korbowy obraca się w łożyskach osadzonych w ściankach skrzyni korbowej. Łącznikiem tłoka z wałem korbowym jest korbowód zakończony u góry główką z otworem na poprzecznie przetknięty przez tłok i główkę sworzni tłokowy.



Dolny koniec korbowodu, nazywany łbem, obejmuje czop korbowy wału korbowego. Gdy tłok przesuwają się w cylindrze ruchem posuwisto-zwrotnym, wówczas wał korbowy wykonuje ruch obrotowy.

### Podstawowe wielkości charakteryzujące silnik spalinowy

Schemat mechanizmu korbowego silnika przedstawiono na rysunku 2. Droga tłoka w cylindrze, ograniczona do podwójnej długości ramienia korby, nazywa się skokiem tłoka:

$$S = 2 \cdot R$$

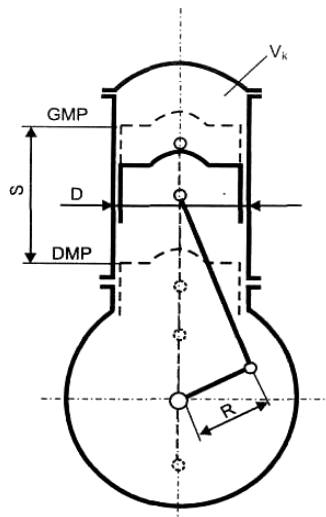
gdzie:

– R – promień korby wału korbowego.

Skok tłoka S oraz średnica cylindra D to główne wymiary silnika. Znając je można obliczyć objętość cylindra nazywaną objętością skokową cylindra i oznaczaną symbolem  $V_s$ . Objętość tę można obliczyć za pomocą wzoru

$$V_s = F_t \cdot S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot S$$

gdzie  $F_t$  jest polem powierzchni denka tłoka równym w przybliżeniu polu przekroju poprzecznego cylindra.



Rys. 2. Schemat mechanizmu korbowego [1, s. 13].

Sumę objętości wszystkich cylindrów silnika wielocylindrowego nazywamy pojemnością (objętością skokową) silnika:

$$V_{ss} = i \cdot V_s$$

Najbardziej oddalone od wału korbowego położenie tłoka nazywa się górnym martwym punktem (w skrócie GMP), natomiast położenie, w którym tłok znajduje się najbliżej wału korbowego – dolnym martwym punktem (w skrócie DMP).

$$V_c = V_k + V_s$$

Przestrzeń cylindra zamkniętą przez tłok znajdujący się w GMP nazywa się komorą sprężania (zwaną również komorą spalania), a jej objętość oznacza się symbolem  $V_k$ . Objętość zamkniętą nad tłokiem w chwili, gdy znajduje się on w położeniu DMP, nazywa się objętością całkowitą cylindra i oznacza się symbolem  $V_c$ , przy czym

Stosunek objętości całkowitej cylindra do objętości komory sprężania nazywa się stopniem sprężania i oznacza literą  $\epsilon$ :

$$\epsilon = \frac{V_c}{V_k} = \frac{V_k + V_s}{V_k}$$

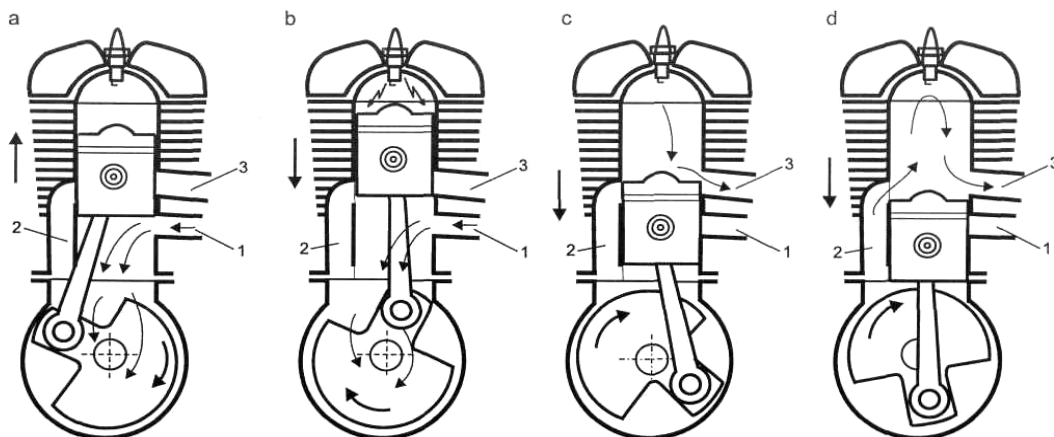
Stopień sprężania wskazuje, ile razy zmniejszyła się objętość gazów zawartych w cylindrze podczas przesunięcia tłoka od DMP do GMP.

Ciąg następujących po sobie i okresowo powtarzających się procesów, zachodzących w cylindrze silnika w związku z zamianą energii cieplnej zawartej w paliwie na pracę mechaniczną, nazywamy cyklem pracy silnika.

Część obiegu odpowiadająca jednemu skokowi tłoka nazywa się suwem. W zależności od tego, czy obieg zamyka się w czterech, czy w dwóch suwach tłoka, silniki dzieli się na czterosuwowe i dwusuwowe.

W ściankach cylindra znajdują się trzy rodzaje okien umieszczonych na różnych wysokościach i połączonych z trzema rodzajami rur oraz kanałów. Najniżej znajduje się okno dolotowe połączone z rurą dolotową, łączącą cylinder z gaźnikiem. Okno dolotowe jest odsłaniane przez dolną krawędź tłoka, gdy tłok znajduje się w pobliżu GMP. Powyżej okna dolotowego znajdują się dwa inne okna: wylotowe i przelotowe. Okno wylotowe jest połączone z rurą wylotową, przez którą spaliny wypływają na zewnątrz. Zostaje ono odsłonięte, gdy tłok zbliża się do położenia DMP. Wtedy odsłania się również okno przelotowe połączone kanałem przelotowym z wnętrzem skrzyni korbowej, która jest sucha, szczelna i ma małą pojemność. Rozważmy teraz, jak pracuje silnik dwusuwowy (rys. 3).

Rozważania zaczynamy od chwili, gdy tłok przesuwa się do góry i spręża znajdującą się już w cylindrze mieszankę (rys. 3 a). Co się dzieje w tym czasie pod tłokiem i w szczelnej skrzyni korbowej? Okna przelotowe i wylotowe są zasłonięte przez tłok poruszający się do góry. Pod tłokiem – w skrzyni korbowej, wskutek wzrostu objętości i wytworzonego podciśnienia, po odsłonięciu przez dolną krawędź tłoka okna dolotowego – pod wpływem różnicy ciśnień – z rury dolotowej i gaźnika napływa świeża mieszanka, wypełniająca skrzynię korbową oraz część cylindra znajdującą się pod tłokiem. Zatem, gdy tłok wykonuje suw sprężania, wówczas jednocześnie odbywa się zasysanie mieszanki do skrzyni korbowej.



**Rys. 3.** Schemat działania silnika dwusuwowego: a) pierwszy suw tłoka (sprężanie mieszanki nad tłokiem i zasysanie mieszanki do skrzyni korbowej), b) koniec pierwszego suwu (zapłon mieszanki sprężonej w cylindrze, dalsze zasysanie mieszanki z gaźnika do skrzyni korbowej), c) drugi suw tłoka, czyli suw pracy (tłok przesuwając się w dół odsłania okno wylotowe, przez które wypływają spaliny, zaś pod tłokiem następuje sprężanie mieszanki w skrzyni korbowej), d) koniec drugiego suwu (spaliny wypływają kanałem wylotowym, jednocześnie następuje przepłukanie cylindra świeżą mieszanką), 1) kanał dolotowy, 2) kanał wylotowy, 3) kanał przelotowy [1, s. 14].

Tuż przed dojściem tłoka do GMP następuje zapłon mieszanki sprężonej w cylindrze od iskry elektrycznej przeskakującej między elektrodami świecy zapłonowej (rys. 3 b). Zapalona mieszanka, wskutek gwałtownego wzrostu ciśnienia gazów, pcha tłok w dół do DMP – jest to suw pracy (rys. 3 c). Podczas suwu tłoka od GMP w dół dolna krawędź tłoka zasłoni kanał dolotowy. Od tej chwili następuje wstępne sprężanie mieszanki w skrzyni korbowej. Przy

dalszym ruchu tłoka w dół górna krawędź tłoka odsłania okno wylotowe, umożliwiając ujście spalin na zewnątrz przez rurę wylotową.

Nieco później górna krawędź tłoka odsłoni okno kanału przelotowego, łącząc przestrzeń skrzyni korbowej z wnętrzem cylindra i umożliwiając przedostanie się do cylindra mieszanki wstępnie sprężonej w skrzyni korbowej (rys. 3 d). Świeża mieszanka wypchnie resztę spalin (przepłucze cylinder) i wypełni go.

Z podanego opisu wynika, że w silniku dwusuwowym podczas jednego suwu tłoka zachodzą dwa procesy:

- podczas ruchu tłoka w kierunku GMP nad tłokiem odbywa się sprężanie uprzednio zassanej mieszanki, a pod tłokiem zasysanie świeżej mieszanki do skrzyni korbowej,
- podczas ruchu tłoka w kierunku DMP nad tłokiem odbywa się praca i wylot spalin, a pod tłokiem wstępnie sprężanie mieszanki oraz jej przelot do wnętrza cylindra.

### Rodzaje przepłukania silników dwusuwowych

Sposób przepłukania cylindra świeżą mieszanką paliwowo-powietrzną ma zasadniczy wpływ na uzyskiwaną moc i sprawność silnika dwusuwowego. Celem przepłukania jest możliwie dokładne oczyszczenie cylindra ze spalin przy jak najmniejszej stracie mieszanki palnej. Spośród wielu rozwiązań konstrukcyjnych rozpatrzmy trzy najbardziej rozpowszechnione.

**Przepłukanie poprzeczne** – okna dolotowe i wylotowe znajdują się na jednym końcu, lecz po przeciwległych stronach cylindra. Celem zapobieżenia ucieczce przepłukującej mieszanki palnej, denko tłoka ma nadany kształt garbu, którego zadaniem jest odchylenie strumienia w górę. Takie rozwiązanie konstrukcyjne cechuje prostota budowy, lecz wadą tego rozwiązania jest zbyt niski stopień przepłukania i względnie mała moc silnika.

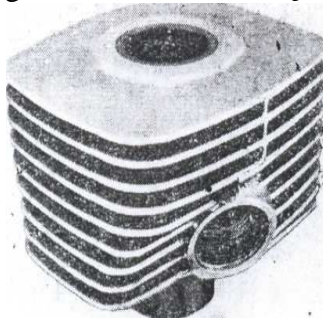
**Przepłukanie zwrotne** – okna dolotowe i wylotowe znajdują się na tym samym końcu i po tej samej stronie cylindra; odmianą tego rodzaju przepłukania są układy dwu-, trzy- i cztero-strumieniowe, stosowane we współcześnie eksploatowanych silnikach motocyklowych.

**Przepłukanie wzdłużne** – okna dolotowe i wylotowe znajdują się na przeciwległych końcach cylindra, a komora spalania znajduje się między nimi; przepływ ładunku odbywa się wzdłuż cylindra bez zmiany kierunku. Zapewnia to bardzo korzystne warunki przepłukania cylindra, jednak wiąże się z bardziej skomplikowaną budową. Ten rodzaj przepłukania jest stosowany na ogół w silnikach o zapłonie samoczynnym (ZS).

### Materiały konstrukcyjne wykorzystywane do budowy silników dwusuwowych

#### Cylindry i głowice

Konstrukcja cylindrów silników dwusuwowych jest nieco bardziej złożona niż w silnikach czterosuwowych, ze względu na obecność w cylindrze okien i kanałów. Utrudniają one odlew cylindra oraz narzucają odpowiednio dużą dokładność wykonania okien, od których bezpośrednio zależą osiągi silnika. Natomiast głowice silników dwusuwowych są zawsze mniej skomplikowane niż głowice silników czterosuwowych, ze względu na brak w nich zaworowego mechanizmu rozrządu.



Rys. 4. Cylinder silnika motocyklowego chłodzony powietrzem (MZ 125) [3, s. 70].

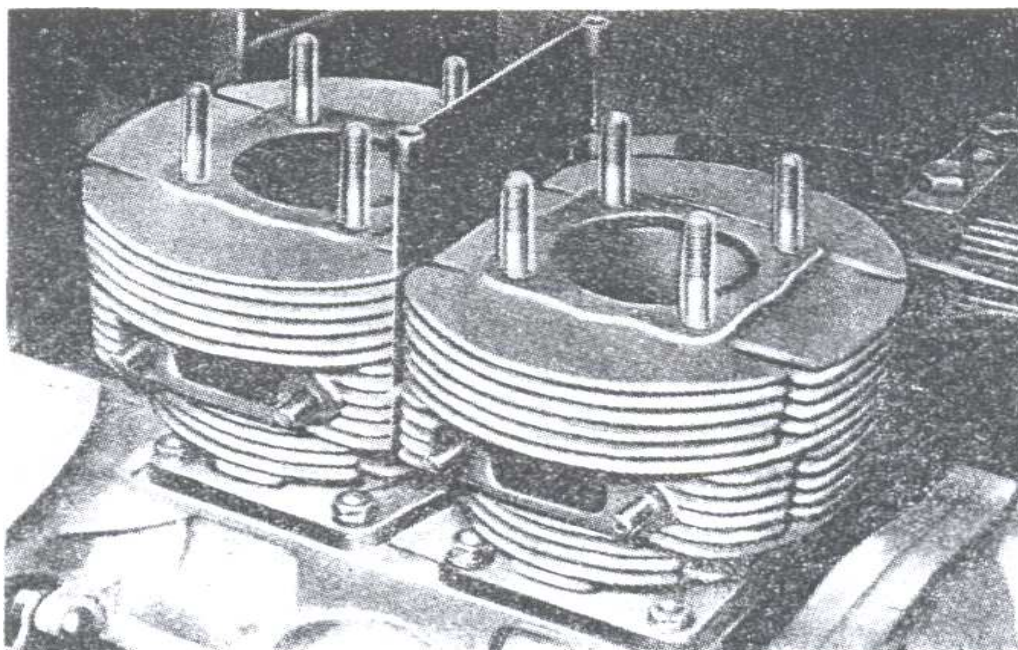
Na podstawie różnic w sposobie chłodzenia, cylindry i głowice można podzielić na dwie grupy: jedną stanowią cylindry i głowice silników chłodzonych bezpośrednio powietrzem, a drugą – te, od których ciepło jest odbierane za pośrednictwem cieczy chłodzącej.

Budowę mniej skomplikowaną mają cylindry chłodzone powietrzem (rys. 4). Do niedawna przeważały one w silnikach motocyklowych, a niekiedy spotkać je można było również w samochodach. Tuleje tych cylindrów są otoczone żebrami, z którego jest zrobiony, od cieplnego obciążenia silnika oraz od warunków przepływu powietrza. Silniki mocno obciążone cieplnie mają większą łączną powierzchnię żeber niż silniki mało wysilone. Również silniki zabudowane w pojeździe w sposób utrudniający bezzakłóceniu przepływ powietrza mają żebra większe niż silniki odłone.

Nie ma jednoznacznej zasady dotyczącej rozmiarów powierzchni żeber chłodzących, chociaż szacunkowo można ją obliczyć. Rozmiary żeber są dobierane do każdego typu silnika, oczywiście z uwzględnieniem miejsca i sposobu jego zabudowy w pojeździe. Ze względu na rozszerzalność cieplną materiału cylindra oraz związane z tym jego odkształcenia, żebra są ułożone albo w płaszczyźnie prostopadłej do osi cylindra, albo też promieniowo, wzdłuż osi. Odległości między żebrami, ich grubość i wysokość są w znacznym stopniu podyktowane względami odlewniczymi. Natomiast zewnętrzny zarys żeber, który nadaje kształt cylindrowi, wynika zazwyczaj z bieżącej mody i upodobań konstruktora i nie zawsze jest uzasadniony uwarunkowaniami technicznymi.

Chłodzenie powietrzem znacznie upraszcza konstrukcję cylindrów, ale z góry narzuca określone rozwiązania konstrukcyjne. Silniki chłodzone powietrzem można bez trudu zaprojektować jako silniki jednocylindrowe. W przypadku większej liczby cylindrów konieczne jest zwiększenie odległości między nimi, w celu umożliwienia przepływu powietrza. Łączy się to ze zwiększeniem odległości między łożyskami wału korbowego, a więc z wydłużeniem wału, powodującym zmniejszenie jego sztywności. Zwiększenie odległości między cylindrami powoduje również zwiększenie zewnętrznych wymiarów silnika. Trudności te sprawiają, że tylko nieliczne wielocylindrowe silniki dwusuwowe są chłodzone powietrzem.

Do niedawna materiałem używanym na cylindry było żeliwo o składzie, który z jednej strony umożliwiał łatwe odlewanie, a z drugiej – zapewniał odpowiednią jakość gładzi cylindrowej. Obecnie większość wytwórni silników wykonuje odlewy cylindrów ze stopów aluminium.



**Rys. 5.** Cylindry silnika samochodu po zdjęciu głowic [3, s. 72].

Postęp techniczny sprawił, że coraz powszechniej spotyka się cylindry ze stopu aluminium o gładzi cylindrowej chromowanej lub pokrywanej elektrolitycznie warstwą niklowo-krzemową.

Odlewy cylindrów ze stopu aluminium mają dwie istotne zalety: są bardziej precyzyjne niż odlewy z żeliwa oraz wykazują lepsze przewodnictwo cieplne. Szacuje się, że uźebrowanie żeliwne umożliwia sprawne odprowadzanie ciepła od silnika o pojemnościowym wskaźniku mocy nie większym niż  $75 \text{ kW/dm}^3$ . W nowoczesnych silnikach dwusuwowych, zwłaszcza motocyklowych, granica ta jest często przekraczana, toteż cylindry żeliwne są coraz rzadziej stosowane.

Rosnące osiągi współczesnych silników dwusuwowych oraz zwiększające się w związku z tym obciążenie cieplne cylindrów i głowic (i tak znaczne w związku z dwusuwowym cyklem pracy) coraz częściej skłaniają konstruktorów do stosowania chłodzenia cieczą. Poza nielicznymi wyjątkami, wszystkie silniki motocyklowe o pojemności skokowej  $125 \text{ cm}^3$  i większej, jednocylindrowe i wielocylindrowe, są chłodzone za pośrednictwem cieczy. Jedynie silniki małe, w których niski koszt wytwarzania jest ogromnie istotny, pozostały chłodzone powietrzem.

W grupie silników o cylindrach chłodzonych cieczą należy rozróżnić dwie podgrupy: silniki samochodowe oraz silniki motocyklowe. Podział ten, choć dokonany według kryterium zastosowania silników, wynika z faktu, że samochodów napędzanych silnikami dwusuwowymi jest coraz mniej. Silniki te, z reguły wielocylindrowe, były konstruowane inaczej, niż najnowsza generacja silników motocyklowych. Tym samym podział taki wyróżnia dwie techniczne generacje silników dwusuwowych. Typowe silniki samochodowe chłodzone cieczą mają cylindry zespolone we wspólnym kadłubie silnika, obejmującym wszystkie cylindry otoczone przestrzenią zawierającą ciecz chłodzącą oraz zazwyczaj górną połowę skrzyni korbowej.

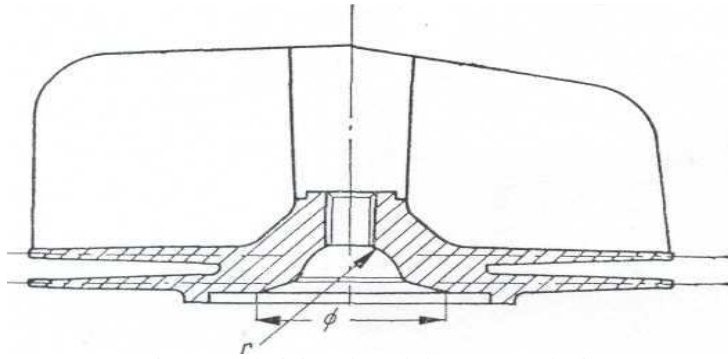
Zespół taki jest zwykle odlewem żeliwnym, niekiedy dosyć skomplikowanym z tego powodu, że przez, przestrzeń zawierającą ciecz przechodzą wszystkie przewody: dolotowe, przelotowe i wylotowe, które zakłócają przepływ cieczy. Dodatkową trudność stanowi właściwe rozmieszczenie kanałów przelotowych, których oś symetrii musi być skierowana pod kątem do podłużnej osi silnika, ze względu na niewielkie odległości między cylindrami.



**Rys. 6.** Chłodzony cieczą cylinder silnika Yamaha RD 125 LC [1, s. 15].

Cylindry nowoczesnych chłodzonych cieczą silników motocyklowych są z reguły odlewami ze stopów lekkich z zalewaną żeliwną tuleją cylindrową lub też bez tulei, z elektrolitycznie nakładaną twardą powłoką stanowiącą gładź cylindra. Nawet w silnikach wielocylindrowych każdy cylinder jest oddzielnym odlewem, z niezależnym płaszczem cieczowym (rys. 6). Tym sposobem każdy cylinder silnika wielocylindrowego jest tak samo ukształtowany, co zapewnia mu takie same warunki wymiany ładunku i chłodzenia.

W silnikach motocyklowych o większej liczbie cylindrów, chłodzonych cieczą, najczęściej spotyka się głowice przykrywające każdy cylinder oddzielnie. Konstrukcje takie stosowane są nawet w układach silników, w których cylindry o osiach wzajemnie równoległych przylegają do siebie.

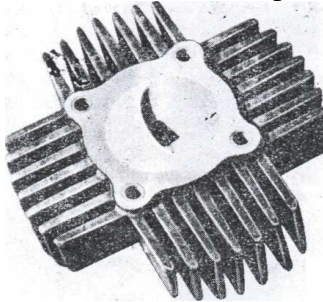


Rys. 7. Najpowszechniejszy kształt komory spalania [3, s. 73].

## Głowica

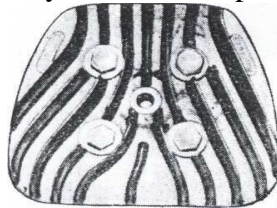
W silnikach dwusuwowych głowice wykonuje się głównie ze stopów aluminium z miedzią lub krzemem; rzadko spotyka się głowice żeliwne (w silnikach chłodzonych cieczą). W silnikach chłodzonych powietrzem stosuje się głowice pojedyncze, oddzielne dla każdego cylindra, co zmniejsza możliwość ich skrzywienia lub pęknięcia i zwiększa powierzchnię chłodzenia. W silnikach chłodzonych cieczą głowica ma budowę skrzynkową, zapewniającą dostateczną sztywność i wytrzymałość na obciążenia mechaniczne oraz cieplne. Przestrzeń cieczy chłodzącej jest tak ukształtowana, aby uniknąć tworzenia się tzw. korków powietrznych lub parowych. Odpowiednie rozłożenie kanałów cieczy chłodzącej zapewnia intensywne chłodzenie najbardziej gorących miejsc głowicy.

Zadaniem głowicy silnika dwusuwowego jest zamknięcie cylindra komorą spalania o właściwym kształcie oraz odprowadzanie ciepła od tej komory. Najpowszechniejszym kształtem komory spalania jest kształt odcinka kuli połączonego z wycinkiem stożka (rys. 7), przy czym świeca zapłonowa jest usytuowana w osi cylindra. Powierzchnia stożkowa służy do „wyciskania” ładunku pomiędzy niej a denka tłoka ku wnętrzu komory. Powoduje to silne zawirowania przyspieszające proces spalania. Symetryczny względem osi cylindra kształt komory spalania wywołuje równomierne obciążenia cieplne głowicy.



Rys. 8. Oryginalny kształt komory spalania w małym silniku Yamacha [3, s. 74].

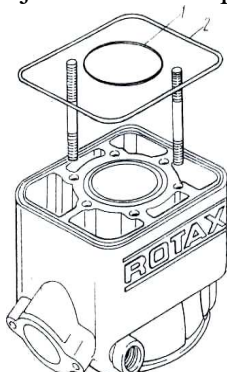
Wiąże się to z faktem, że nowoczesne silniki mają z reguły zwrotny, wielostrumieniowy system płukania cylindra, właśnie współpracujący z komorą półkolistą. Inne typy komór spalania spotkać można jeszcze niekiedy w silnikach sportowych i wyczynowych (rys. 8).



Rys. 9. Nieciągłe uźebrowanie głowicy, poprawiające wymianę ciepła z otoczeniem [3, s. 75].

Okazuje się, że ukształtowanie żeber chłodzących głowicy w taki sposób, żeby były równoległe do strumienia przepływającego powietrza, nie zawsze jest najlepsze. Niekiedy korzystne jest świadome wywoływanie zakłóceń w przepływie powietrza. Toteż w wielu

głowicach żebra są usytuowane pod kątem do kierunku przepływu powietrza lub też są nieciągłe, tworzą zbiór krótkich żeber (rys. 9), To ostatecznie rozwiązanie ma na celu wykorzystanie zawirów powietrza w przestrzeniach między żebrami do lepszej jego penetracji ku komorze spalania, a więc do zintensyfikowania wymiany ciepła.



**Rys. 10.** Chłodzony cieczą cylinder silnika Rotax124 LC z uszczelkami pod głowicę: 1) pierścień uszczelniający z tworzywa odpornego na wysoką temperaturę, 2) gumowy pierścień uszczelniający przestrzeń cieczą [3, s. 78].

Uszczelnienie między cylindrami a głowicą z reguły stanowi uszczelka podgłowicowa. Konwencjonalne uszczelki, wykonane z płyty azbestowo-miedziowej, spotyka się już tylko w silnikach samochodowych chłodzonych cieczą. W silnikach motocyklowych są to uszczelki z cienkiej blachy miedzianej lub nawet z tworzywa sztucznego.

Przykładem takiego rozwiązania są chłodzone cieczą silniki Rotax (rys. 10), w których uszczelnienie komory spalania stanowi pierścień z odpornego na temperaturę tworzywa sztucznego, natomiast uszczelnienie przestrzeni ciecowej – uszczelniający gumowy.

Głowice łączone są z cylindrami za pomocą śrub głowicowych. Stosuje się 4 do 6 śrub do każdego cylindra, w zależności od średnicy cylindra oraz wysilenia silnika. W wielu przypadkach są to te same śruby, które jednocześnie mocują cylinder do skrzyni korbowej.

### **Mechanizmy korbowe i kadłuby**

Mechanizm korbowy silnika dwusuwowego składa się z następujących elementów (rys. 11): tłoka wraz z pierścieniami tłokowymi, korbowodu, sworznia tłokowego łączącego tłok z korbowodem, wału korbowego (zazwyczaj złożonego z kilku elementów) oraz łożysk: korbowodowego i głównych.

### **Tłoki**

Charakter obciążeń cieplnych silnika dwusuwowego narzuca szczególnie wysokie wymagania tłokom, które poza normalnym zadaniem, spełniają ponadto rolę organu sterującego przepływem mieszanki i spalin. Tłoki silników dwusuwowych nagrzewają się nierównomiernie podczas pracy silnika, wykazując przy tym skłonność do deformacji. Aby luzy tłoka w cylindrze mogły być jak najmniejsze, stosuje się tłoki wykonane ze stopów aluminium z krzemem, które wykazują małą rozszerzalność cieplną i dużą odporność na ścieranie.

### **Pierścienie tłoków**

Pierścienie tłoków należą do bardzo ważnych elementów silnika. Od nich zależy w dużej mierze prawidłowa praca i trwałość silnika. Materiał pierścieni tłoków powinien odznaczać się sprężystością, odpornością na zużycie, a jednocześnie nie powodować nadmiernego zużycia gładzi cylindra. Wymagania te dobrze spełnia żeliwo stopowe o drobnoziarnistej strukturze. W celu ułatwienia i przyspieszenia docierania się pierścieni tłoków do gładzi cylindra lub podniesienia ich trwałości powleka się często metalami, takimi jak cyna, kadm, nikiel, miedź lub chrom.

## Sworznie tłokowe

Ze względu na lekkość konstrukcji i oszczędność materiału sworznie tłokowe wykonuje się w postaci wydrążonego wałka. Sworznie tłokowe podlegają działaniu zmiennego obciążenia o charakterze uderzeniowym. Dlatego też przy odpowiednio twardej powierzchni, odpornej na zużycie, sworznie tłokowy powinien mieć dostatecznie ciągły rdzeń. Na sworznie tłokowe zazwyczaj używa się stali niestopowej lub stopowej o niskiej zawartości węgla, natomiast powierzchnię zewnętrzną utwardza się za pomocą nawęglania.

## Korbowody

Korbowód łączy tłok z wałem korbowym i zamienia ruch posuwisto-zwrotny tłoka na ruch obrotowy wału korbowego. Korbowód składa się z trzech części: główki, w której jest ułożyskowany sworznie tłokowy, trzona oraz łba obejmującego czop korbowy wału korbowego. Do ułożyskowania łba korbowodu silnika dwusuwowego najczęściej wykorzystuje się łożyska toczne wałeczkowe. Podczas pracy korbowód przenosi zmienne siły i podlega następującym obciążeniom: ściskaniu przez siłę pochodzącą od ciśnienia gazów działających na tłok, rozciąganiu przez siły masowe tłoka oraz zginaniu przez siły masowe korbowodu. Dlatego też korbowody wytwarza się zwykle z wysokogatunkowych stali stopowych do ulepszenia cieplnego za pomocą kucia w matrycach i poddaje się je obróbce cieplnej.

## Wał korbowy

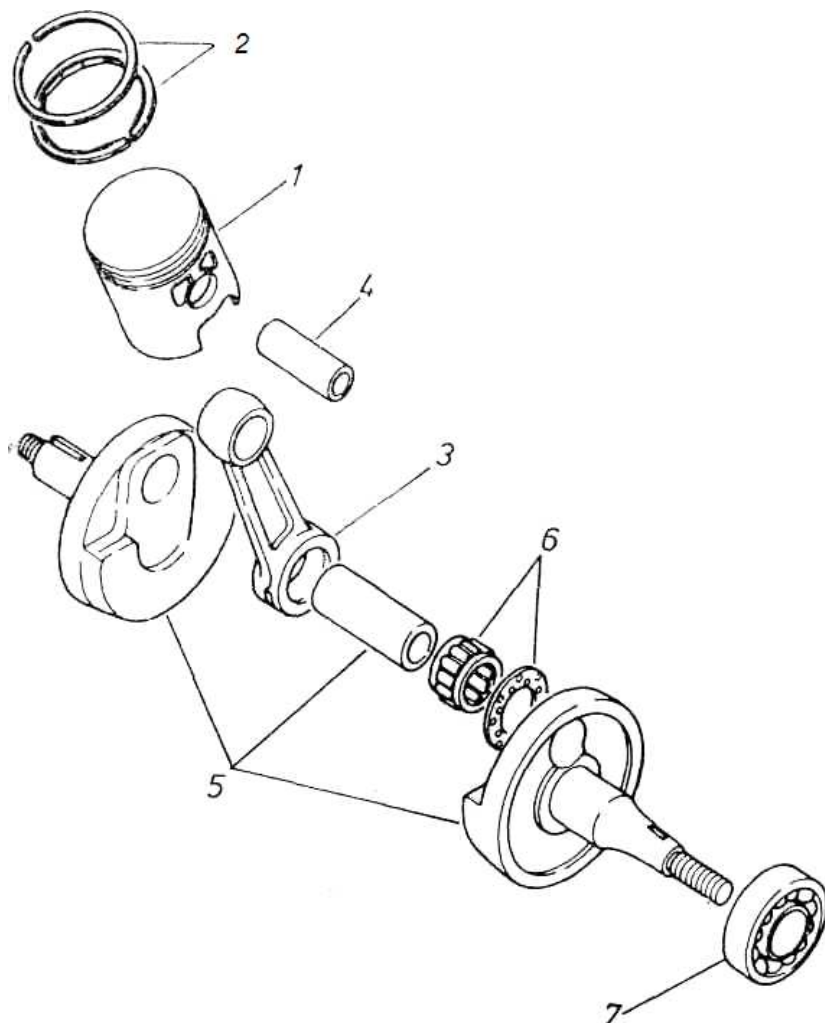
Wał korbowy jednocylindrowego silnika dwusuwowego, wykonywany jako składany (trzyczęściowy), zawiera dwie przeciwwagi, czopy główne i czop korbowy. Ułożyskowanie wału stanowią łożyska toczne kulkowe lub wałeczkowe. Przeciwwagi wykonuje się ze stali niestopowej, natomiast czopy wału – ze stali stopowej do ulepszenia cieplnego.

Tłoki poddawane są znacznym obciążeniom mechanicznym i cieplnym, przeto muszą być wytrzymałe, lekkie, by nie obciążać mechanizmu korbowego nadmiernymi siłami bezwładności, oraz wykonane z materiału o niewielkiej rozszerzalności cieplnej. Wykonuje się je zwykle ze stopu aluminium i krzemu, którego udział dochodzący do 25% przeciwdziała nadmiernym odkształceniom pod wpływem ogrzania, a jednocześnie zwiększa odporność na ścieranie.

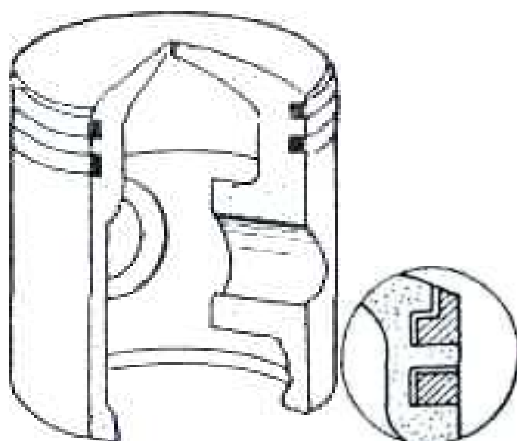
Tłok współczesnego silnika dwusuwowego jest jednolity, o gładkiej części prowadzącej, bez przecięć. Kształt denka tłoka zależy od kształtu komory spalania. W tłokach współpracujących z komorami spalania o kształcie „kapelusza góralskiego” (złożonymi z odcinka kuli i wycinka stożka) denko tłoka jest zazwyczaj odcinkiem kuli o znacznym promieniu. W części pierścieniowej tłoka (między denkiem a sworzniem tłokowym) wykonane są rowki na pierścienie tłokowe. W tłokach o większych średnicach stosuje się dwa lub niekiedy trzy pierścienie o przekroju prostokątnym. W tłokach silników mniejszych stosuje się dwa pierścienie, przy czym niejednokrotnie przekrój pierścienia górnego ma kształt litery L (rys. 12). Dokładna obróbka pierścienia umożliwia uzyskiwanie przewidzianych kątów rozrządu niezależnie od wartości luzu między tłokiem i cylindrem.

Pierścienie tłokowe służą nie tylko do uszczelniania tłoka w cylindrze, ale mają również za zadanie odprowadzanie ciepła od tłoka do cylindra. Skuteczne odprowadzanie ciepła od denka tłoka jest sprawą tak istotną, że w wielu przypadkach opłaca się zrezygnować ze zmniejszania masy tłoka na rzecz korzystniejszego ukształtowania go pod względem przepływu ciepła. Celowi temu służą łatwe do zaobserwowania znaczne promienie zaokrągleń we wnętrzu tłoka oraz żebra, które zazwyczaj nie są jedynie elementami wzmacniającymi.



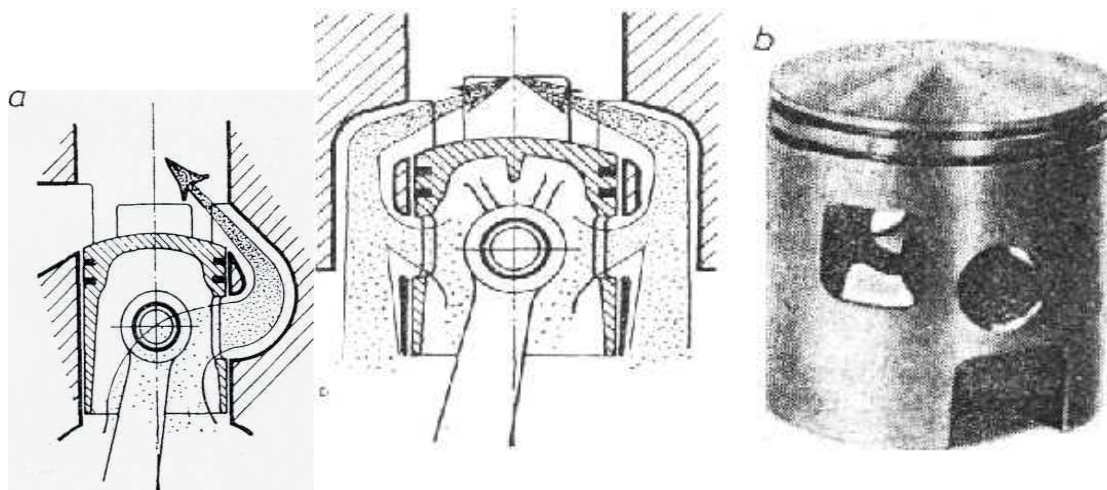


**Rys. 11.** Elementy mechanizmu korbowego silnika jednocylinrowego: 1) tŁok, 2) pierścienie tŁokowe, 3) korbowÓd, 4) sworzeŃ tŁokowy, 5) elementy wału korbowego, 6) elementy łożyska korbowego, 7) łożysko gŁówne [3, s. 80].



**Rys. 12.** TŁok o dwÓch pierścieniach; gÓrny w kształcie L [3, s. 81].

W płaszczach tŁoków o mniejszych średnicach spotyka się wycięcia, których zadaniem jest ułatwianie wlotu ładunku do kanałów przelotowych (rys. 13). Mogą to być półotwarte wycięcia w dolnej części płaszczu tŁoka, a mogą to być okna wykonane w jego części prowadzącej. Przepływ chŁodnej mieszanki przez wŃtrze tŁoka pomaga w chŁodzeniu go oraz ułatwia olejenie łożyska gŁÓwki korbowodu.



**Rys. 13.** Okna i wycięcia w płaszczu tłoka umożliwiające przepływ mieszanki przez jego wnętrze: a) zasada działania, b) tłok z wycięciami i oknem [3, s. 82].

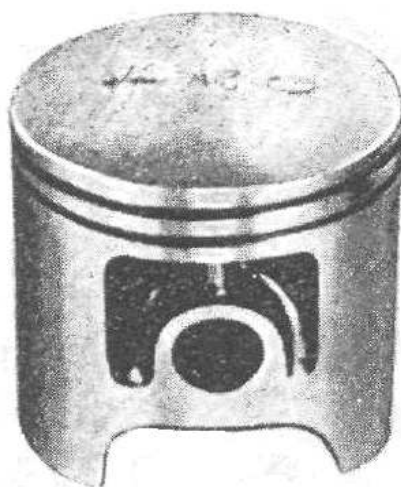
Istotną sprawą jest prawidłowy luz między tłokiem a gładzią cylindra. Luz zbyt mały powoduje zacieranie się tłoka, luz za duży pogarsza szczelność, a także stanowi przyczynę stukania tłoka o cylinder. W zużytych silnikach stukanie takie słychać zupełnie wyraźnie.

Luz zawiera się w granicach od 0,04 mm do 0,12 mm. Jest on dobierany w zależności od średnicy cylindra, materiału i ukształtowania tłoka i cylindra, od obciążenia cieplnego silnika oraz od sposobu jego chłodzenia i smarowania.

Kształt zewnętrznej powierzchni tłoka zmienia się po jego nagraniu. Zmiany te są inne w każdym przekroju prostopadłym do osi tłoka, w miarę oddalania się od denka. Powodem tego jest inny w każdym przekroju kształt wnętrza tłoka, a także inna temperatura w każdym jego punkcie. Ustalając wartości luzu między tłokiem a cylindrem należy, więc uwzględnić największą średnicę tłoka, zmierzoną po nagraniu. Wtedy jednak średnice w pozostałych przekrojach mogłyby okazać się sporo mniejsze i spowodować powstanie nadmiernego luzu.

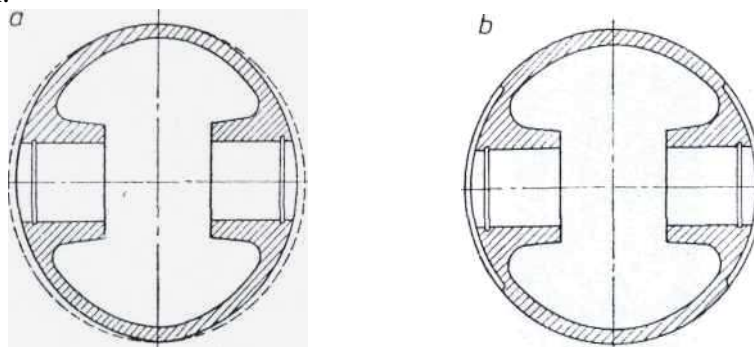
Dlatego też dąży się do takiego ukształtowania powierzchni zewnętrznej tłoka, aby po nagraniu miała ona kształt zbliżony do walca. W tłoku ukształtowanym zgodnie z tą zasadą, średnica zewnętrzna jest najmniejsza blisko denka, a więc tam, gdzie temperatura bywa największa, a więc największa jest również zmiana wymiarów pod wpływem ogrzania.

Średnica takiego tłoka zwiększa się stopniowo ku dołowi, co nadaje tłokowi kształt zbliżony do stożka. Różnice między górną a dolną średnicą dochodzą do 0,5 mm w tłokach o większej średnicy nominalnej.



**Rys. 14.** Tłok z wybraniemi nad sworzniem, wykonanymi w celu zmniejszenia jego masy [3, s. 83].

Niezależnie od kształtu stożkowego, w wielu silnikach stosuje się owalizację tłoków, czyli nadawanie im kształtu zewnętrznego o innym wymiarze w płaszczyźnie sworznia, a innym – w płaszczyźnie do niego prostopadłej (rys. 15). Oczywiście przejście od wymiaru większego do mniejszego jest wykonane w sposób ciągły. Wartość owalizacji wynosi zwykle kilka setnych milimetra. Owalizacja tłoków umożliwia wyrównanie zwiększonej rozszerzalności w okolicy piast sworznia tłokowego, spowodowanej większą ilością metalu w tych miejscach.



**Rys. 15.** Różnice w zewnętrznym kształcie tłoka: a) z owalizacją, b) bez owalizacji (Linia kreskowa oznacza kształt tłoka po nagrzaniu) [3, s. 84].

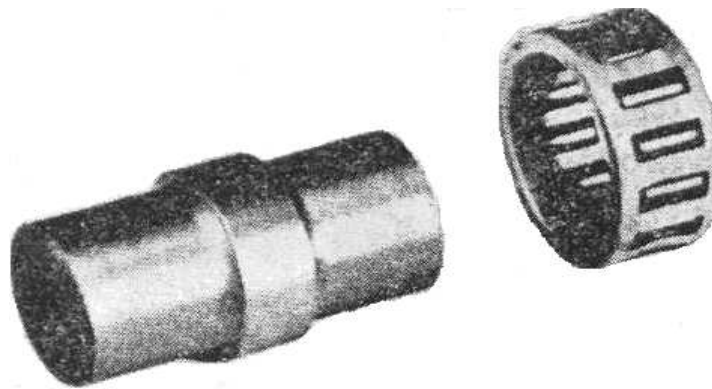
W odróżnieniu od silników czterosurowych, pierścienie tłokowe silników dwusurowych są zabezpieczone przed możliwością obrócenia się wokół tłoka. Brak zabezpieczenia stwarzałby możliwość rozprężenia się końców pierścienia w oknie cylindra, prowadząc do uszkodzenia silnika.

Korbowody silników dwusurowych są zazwyczaj odkuwane ze stali, a w wyjątkowych przypadkach – ze stopów aluminium przeznaczonych do obróbki plastycznej. Trzony korbowodów mają zwykle przekrój dwuteowy, chociaż niekiedy spotkać można również przekroje prostokątny i eliptyczny. Zawsze przy tym zwraca się uwagę na zaokrąglenie wszystkich krawędzi. Grubość trzonów korbowodów jest zazwyczaj mniejsza niż trzonów korbowodów silników czterosurowych i zawiera się w granicach 5–9 mm. Wynika to z dążenia do wzajemnego zbliżenia tarcz ramion wału korbowego, w celu uzyskania niewielkiej objętości przestrzeni korbowej. W silnikach bardzo wysiłonych stosuje się niekiedy specjalistyczną obróbkę powierzchni trzonu korbowodu (np. polerowanie), mającą na celu zwiększenie jego wytrzymałości zmęczeniowej.

Korbowody są ułożyskowane względem wałów korbowych za pomocą łożysk tocznych wałkowych lub igłowych. Zewnętrzną bieżnię łożyska korbowodowego stanowi wewnętrzna powierzchnia walcowa łba korbowodu lub wciśniętego w ten łeb pierścienia. Z tego względu łby korbowodów nie są dzielone. Bieżnię wewnętrzną łożyska stanowi powierzchnia czopa korbowego.

Konstrukcja łożyska korbowego jest wynikiem doświadczeń wytwórni silników. Spotyka się łożyska o jednym, dwóch, a nawet trzech rzędach wałków. Różna może być także liczba wałków w rzędzie. Obecnie nie stosuje się już łożysk, w których wałki stykają się ze sobą. W takim rozwiązaniu bowiem nawet niewielki luz między pierwszym i ostatnim wałkiem umożliwiał ukośne ich ustawienie, stwarzając niebezpieczeństwo zakleszczenia. Unika się tego dzięki stosowaniu koszyków prowadzących, które oddzielają wałki od siebie (rys. 16). W wielu silnikach zmniejszono średnicę wałków otrzymując łożyska igłowe.

Łożysko igłowe stosuje się również w głowce korbowodu, zastępując nim klasyczne do niedawna łożysko ślizgowe między główką korbowodu a sworzniem tłokowym.



**Rys. 16.** Czop korbowy wraz z łożyskiem korbowym. Rolki ujęto w koszyk prowadzący [3, s. 85].

Zarówno łożyska toczne we łbie i w główce korbowodu, jak i łożysko ślizgowe w jego główce (zamiast tocznego) muszą być smarowane. W tym celu we łbie i w główce korbowodu wykonane są przecięcia ułatwiające doprowadzanie oleju. Kształt tych przecięć zapewnia łatwe „chwytanie” oleju i wprowadzanie go do wnętrza łożyska. Niewielkie otwory wykonane są niekiedy również w piastach tłoka, w celu doprowadzania oleju między piasty a sworzeń tłokowy. Otwory takie nie są konieczne, jeśli w główce korbowodu zastosowano łożysko igłowe; wówczas sworzeń tłokowy jest osadzony w tłoku nieruchomo.

Wały korbowe silników dwusuwowych są z reguły niejednolite, składane z kilku elementów. Przyczyną tego jest stosowanie niezłaznych łożysk tocznych jako łożysk głównych i korbowodowych. Wał korbowy silnika jednocylindrowego składa się z dwóch ramion, zwykle w kształcie krążków, i z wciskanych w ramiona czopów głównych i czopa korbowego. Wszystkie te elementy są stalowe, poddane obróbce mechanicznej i cieplnej. Szczegółnej dokładności wymaga wykonanie zewnętrznej powierzchni czopa korbowego, stanowiącej bieżnię łożyska korbowodowego.

Wały korbowe silników wielocylindrowych są zbudowane podobnie, przy czym poszczególne wykorbienia są łączone ze sobą czopami głównymi, z zachowaniem wymaganego kąтового przestawienia wykorbień względem siebie (rys. 17). Stosuje się najwyżej trzy wykorbienia w jednym wale korbowym. Większa liczba wykorbień czyni wał nadmiernie podatny na występowanie drgań skrętnych.

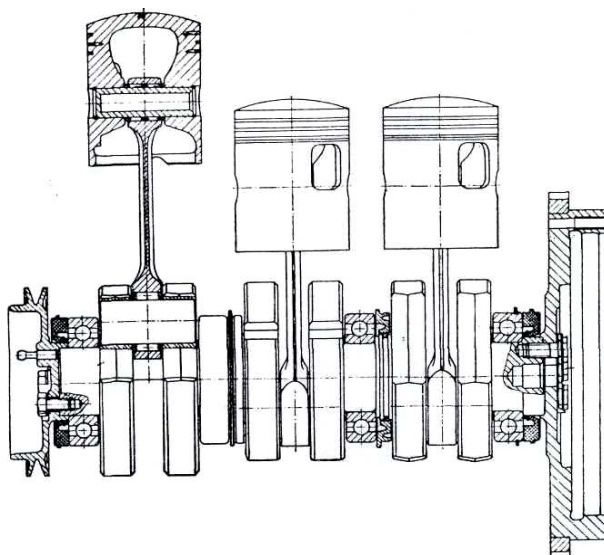
Obecnie, w silnikach o liczbie cylindrów większej niż dwa, regułą jest stosowanie dwóch wałów korbowych, sprzęgniętych ze sobą przekładnią zębatą. W silnikach wyczynowych spotyka się również sprzęganie ze sobą przekładniami zębatymi wałów o pojedynczych wykorbieniach.

Wały korbowe są łożyskowane w skrzyni korbowej za pomocą łożysk tocznych: kulkowych, wałkowych, a niekiedy również igiełkowych.

Wstępne sprężanie ładunku w skrzyni korbowej wymaga zapewnienia jej szczelności. Na skrajnych czopach głównych wału najlepsze uszczelnienie uzyskuje się za pomocą pierścieni uszczelniających Simmera. Trudniejsze jest zapewnienie szczelności między sąsiednimi przestrzeniami korbowymi w silnikach wielocylindrowych.

Na uszczelnienia tu stosowane działa różnica ciśnień między sąsiednimi przestrzeniami korbowymi, o zmiennej wartości i znaku.

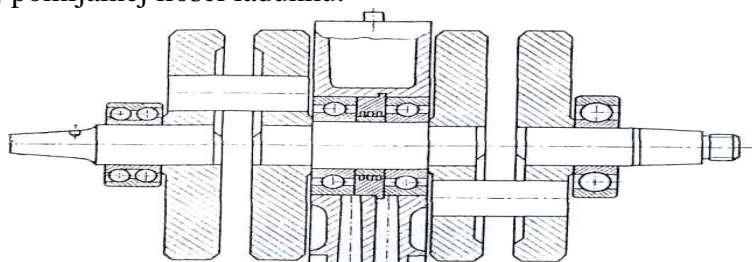
Nie można tu jednak zastosować typowych pierścieni uszczelniających Simmera, ponieważ założenie ich na środkowe czopy główne jest praktycznie niemożliwe. Stosuje się więc rozwiązanie polegające na użyciu jako uszczelnienia pierścieni tłokowych. Pierścienie takie są osadzane parami w rowkach dławic: zewnętrznej, umieszczonej nieruchomo w kadłubie, i wewnętrznej, obracającej się wraz z wałem korbowym. Pierścienie zaciskają się dzięki swej sprężystości w dławicy zewnętrznej i pozostają w stosunku do niej nieruchome, a proces uszczelniania dokonuje się w dławicy wewnętrznej.



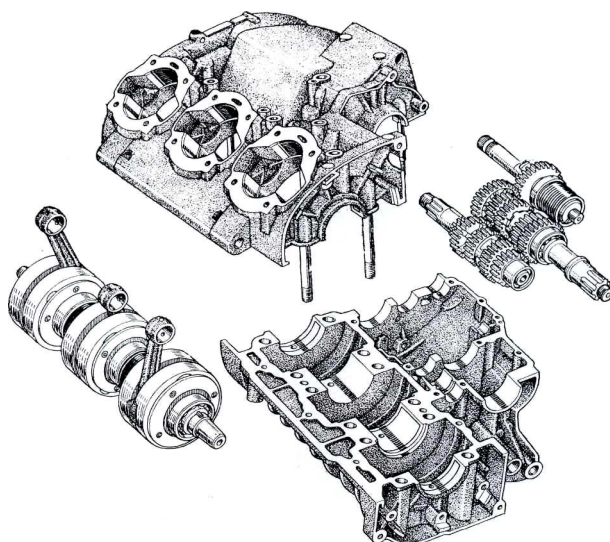
**Rys. 17.** Mechanizm korbowy samochodowego silnika trzycylindrowego [3, s. 86].

W silnikach o większej prędkości obrotowej stosuje się uszczelnienia labiryntowe. Rolę uszczelniacza spełnia wówczas pierścień metalowy osadzony w kadłubie, który na powierzchni otworu obejmującego czop korbowy ma kilka rowków (rys. 18).

Spadek ciśnienia następuje stopniowo w każdym następnym rowku, przy wypływie ze skrzyni korbowej pomijalnej ilości ładunku.

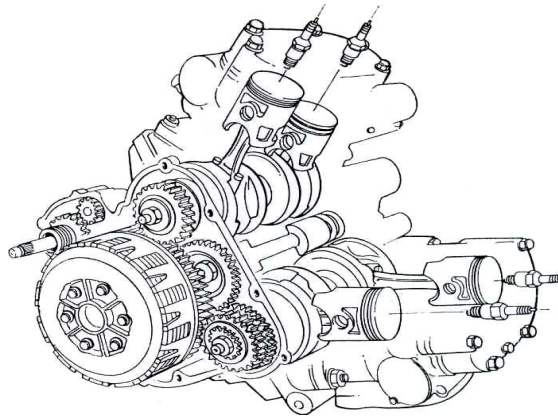


**Rys. 18.** Uszczelnienie labiryntowe między skrzyniami korbowymi sąsiednich cylindrów [3, s. 88].



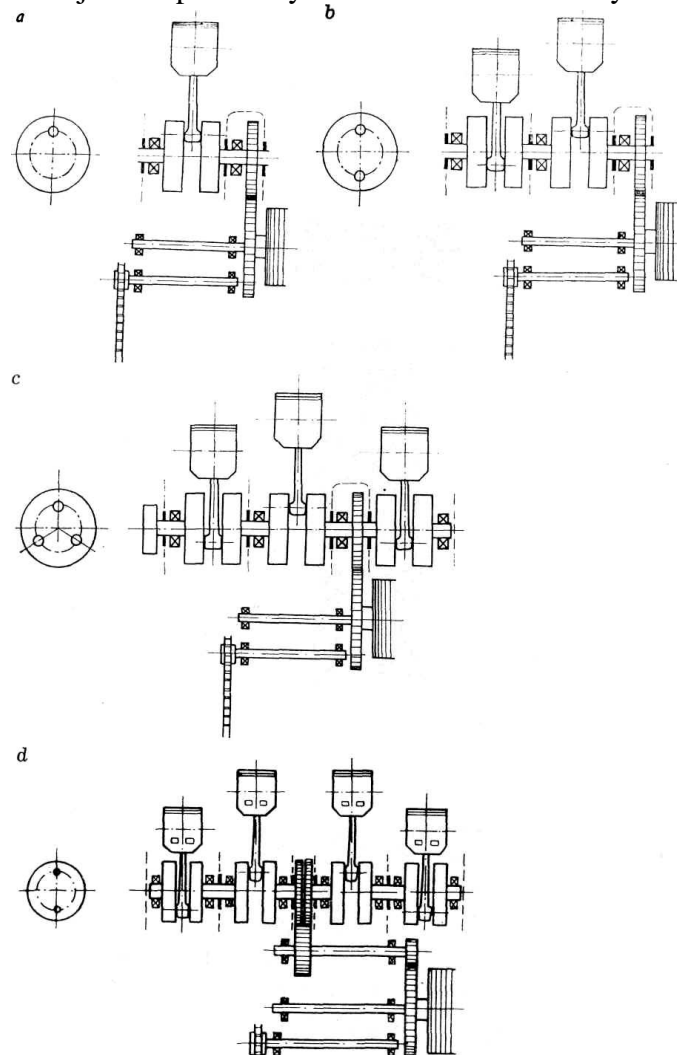
**Rys. 19.** Wał korbowy i kadłub motocyklowego silnika trzycylindrowego (Suzuki X-6). Kadłub jest dzielony w płaszczyźnie osi wału korbowego [3, s. 89].

Kadłuby motocyklowych silników dwusuwowych są odlewami ze stopów lekkich. Kadłub jest tak ukształtowany, że stanowi zarówno skrzynię korbową, jak i obudowę skrzyni biegów (rys. 19). Jest zwykle dwuczęściowy, o podziale albo w płaszczyźnie osi wału korbowego, albo w płaszczyźnie prostopadłej. Do kadłuba są mocowane cylindry silnika.



**Rys. 20.** Czterocylindrowy, dwusuwowy silnik o widlastym układzie cylindrów (Yamaha RD 500 LC). Wały korbowe są sprzężone ze sobą przekładnią zębatą [3, s. 92].

W silnikach samochodowych na końcu wału korbowego jest zamocowane koło zamachowe. Na zewnętrzną średnicę koła zamachowego jest wciśnięty wieniec zębata rozrusznika. W silnikach motocyklowych sprzęgło osadzone jest na jednym z wałków skrzyni biegów napędzanych od wału korbowego silnika przekładnią zębatą. Taka konstrukcja umożliwia zmniejszenie prędkości wirowania sprzęgła w stosunku do prędkości wirowania wału korbowego, znacznej we współczesnych silnikach dwusuwowych.



**Rys. 21.** Sposoby odbioru mocy z wału korbowego: a) w silniku jednocylindrowym, b) w silniku dwucylindrowym, c) w silniku trzycylindrowym rzędownym, d) w silniku czterocylindrowym o dwóch wałach korbowych [3, s. 93].

W silniku jednocylindrowym moment obrotowy jest przekazywany od silnika do skrzyni biegów z jednego z czopów głównych wału korbowego (rys. 21 a). W silniku dwucylindrowym korzystne jest odebranie mocy pomiędzy cylindrów. Spotykane w praktyce przekazywanie mocy z jednego ze skrajnych czopów głównych wału korbowego jest niekorzystne, bowiem wtedy dodatkowo wał korbowy jednego z cylindrów jest obciążony momentem obrotowym od pozostałego cylindra.

W motocyklowych silnikach trzycylindrowych odbiór momentu jest dokonywany pomiędzy cylindrami (rys. 21 c). W układach dwuwałowych celowe jest niezależne przekazywanie momentu z każdego wału (rys. 21 d), bez względu na wzajemne położenie wałów.

## **Chłodzenie**

Najbardziej naturalnym sposobem chłodzenia jest chłodzenie powietrzem opływającym silnik w czasie ruchu pojazdu. Sposób ten jest korzystny zwłaszcza w pojazdach jednośladowych, zazwyczaj nie obudowanych, w których powinny być wykorzystane wszystkie możliwości zmniejszenia masy. Toteż chłodzenie powietrzem wciąż dominuje w najlżejszych pojazdach – motorowerach oraz skuterach, w których ze względu na charakter nadwozia przepływ powietrza wokół cylindra nie jest utrudniony.

Chłodzenie cieczą jest stosowane w złożonych silnikach wielocylindrowych. Znaczna pojemność cieplna silnika chłodzonego cieczą umożliwia utrzymanie przez dłuższy czas wyższej temperatury i nie dopuszcza do jej gwałtownych zmian. Również niebezpieczeństwo przegrzania silnika jest mniejsze.

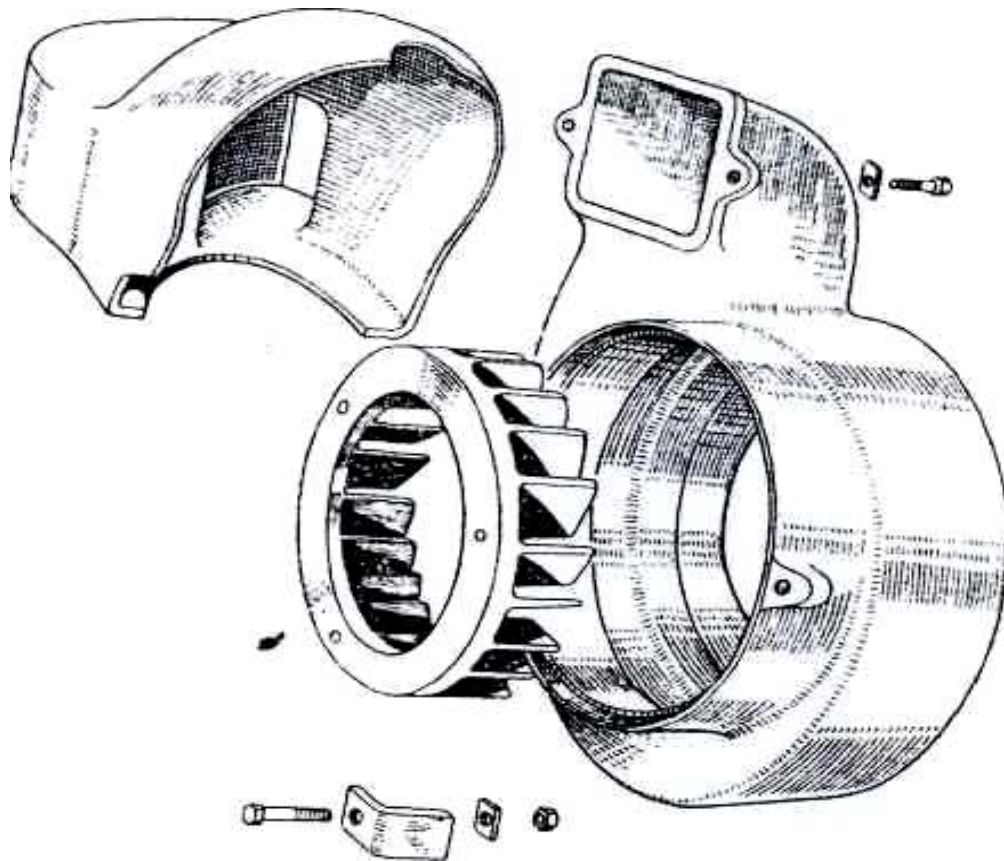
Chłodzenie cieczą ułatwia utrzymanie niższej temperatury skrzyni korbowej i układu dolotowego, niż w przypadku chłodzenia powietrzem, co wpływa na osiągnięcie większej sprawności napełnienia. Możliwe jest również zastosowanie mniejszych luzów między tłokiem a cylindrem oraz dodawanie do paliwa nieco mniejszej ilości oleju.

Na korzyść chłodzenia cieczą przemawia również mniejsza hałaśliwość silnika, w którym przestrzeń cieczowa tłumi odgłosy spalania i stuki mechaniczne. Unika się jednocześnie hałaśliwych w silnikach chłodzonych powietrzem odgłosów pracy dmuchawy, wibracji zeber cylindra i głowicy, a także słyszalnego drgania osłon kierujących powietrze.

Przy chłodzeniu powietrzem o wiele trudniejsza, a niekiedy wręcz niemożliwa, jest regulacja intensywności chłodzenia. Problem ten można natomiast bez kłopotu rozwiązać w przypadku chłodzenia cieczą – wystarcza umieszczenie termostatu w obiegu cieczy.

Silnik chłodzony cieczą jako bardziej złożony jest cięższy. Oprócz cięższego odlewu dochodzi jeszcze masa chłodnicy, pompy wody, wentylatora, a także masa cieczy. Jednak do masy niektórych silników chłodzonych powietrzem musimy doliczyć masę dmuchawy i jej napędu oraz osłon kierujących. Należy również brać pod uwagę większą odległość osi cylindrów przy chłodzeniu powietrzem, a w związku z tym także większą masę kadłuba i wału korbowego silnika. Argumentem przemawiającym za chłodzeniem cieczą w pojazdach, w których przy chłodzeniu powietrzem musiałaby zostać użyta dmuchawa, jest pobierana przez nią moc. Strata przy maksymalnej prędkości obrotowej wynosi ponad 10% największej mocy silnika, natomiast straty przy chłodzeniu cieczą, wynikające z pracy pompy wody i wentylatora, są mniejsze.

Silniki chłodzone cieczą są niewątpliwie bardziej kłopotliwe w eksploatacji. Dłuższy jest okres nagrzewania silnika, co jest uciążliwe zwłaszcza podczas jazdy miejskiej na krótkich odcinkach, na których znaczna ilość cieczy w układzie nie zdąży się nagrzać; w przypadku samochodu utrudnia to szybkie ogrzanie wnętrza pojazdu. Układ chłodzenia cieczą wymaga ponadto sprawdzania poziomu cieczy, dbania o jej niezamarzalność w okresie zimowym, chronienia chłodnicy i przewodów od uszkodzeń itd. Duża liczba miejsc, w których mogą wystąpić wycieki, także zmniejsza stopień niezawodności silnika.



Rys. 22. Elementy dmuchawy promieniowej silnika jednocylindrowego [3, s. 96].

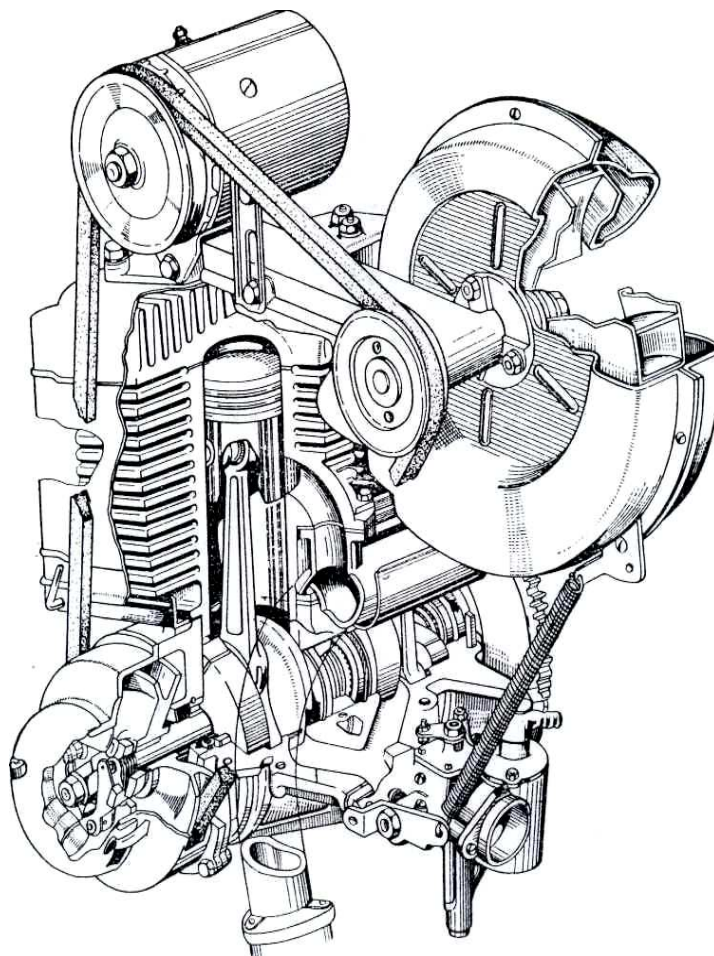
Urządzeniami wymuszającymi przepływ powietrza mogą być dmuchawy promieniowe lub osiowe. Dmuchawy promieniowe (rys. 22), podające powietrze dzięki siłom odśrodkowym działającym na jego wirujące cząstki, stosowane są zwykle wtedy, kiedy mogą być osadzone bezpośrednio na czopie wału korbowego. Wirnik dmuchawy ma wówczas obroty równe prędkości obrotowej wału korbowego. Osadzenie wirnika na wale korbowym umożliwia uzyskanie zwartej konstrukcji, tak pożądanej w pojazdach jednośladowych. Dlatego też rozwiązanie takie spotykane jest głównie w silnikach skuterów.

Dmuchawy osiowe stosowane są zwykle w silnikach o większym zapotrzebowaniu na powietrze chłodzące, a więc w silnikach wielocylindrowych. Spotykamy je prawie wyłącznie w silnikach użytych do napędu samochodów. Dmuchawy wymagają większych prędkości obrotowych (sprawnie pracują dopiero powyżej 5500 obr/min), dlatego napędzane są za pomocą pasków klinowych. Dzięki temu uzyskuje się większą dowolność w umieszczeniu dmuchawy oraz możliwość prawie dwukrotnego zwiększenia jej prędkości obrotowej w stosunku do prędkości obrotowej silnika.

Większość dmuchaw osiowych składa się z obracającego się wirnika i nieruchomej kierownicy, która służy do ukierunkowania strug powietrza, zwłaszcza w zakresie mniejszych prędkości obrotowych. Kierownicę taką stanowi szereg łopatek o specjalnym kształcie, umieszczonych przed lub za wirnikiem. Układy bez kierownic stosowane są tylko w przypadku dużych prędkości obrotowych. W silnikach dwusuwowych o zapłonie iskrowym średnica zewnętrzna wirnika wynosi 100–200 mm.

Prawidłowe chłodzenie zależy w znacznej mierze od poprawnego obudowania cylindrów osłonami kierującymi powietrze (patrz rys. 23). Osłony powinny ułatwiać bezzakłóceniowy przepływ powietrza, kierując je na uźbrowane powierzchnie cylindra zgodnie z kierunkiem zeber. Powinny one przebiegać blisko krawędzi zewnętrznych zeber, tak aby cała ilość powietrza przepływała między nimi. Jakość chłodzenia zależy również od szczelności między poszczególnymi blachami osłony; należy na to zwracać uwagę przy ich zakładaniu.





**Rys. 23.** Silnik samochodu Vespa 400 z promieniową dmuchawą chłodzącą [3, s. 99].

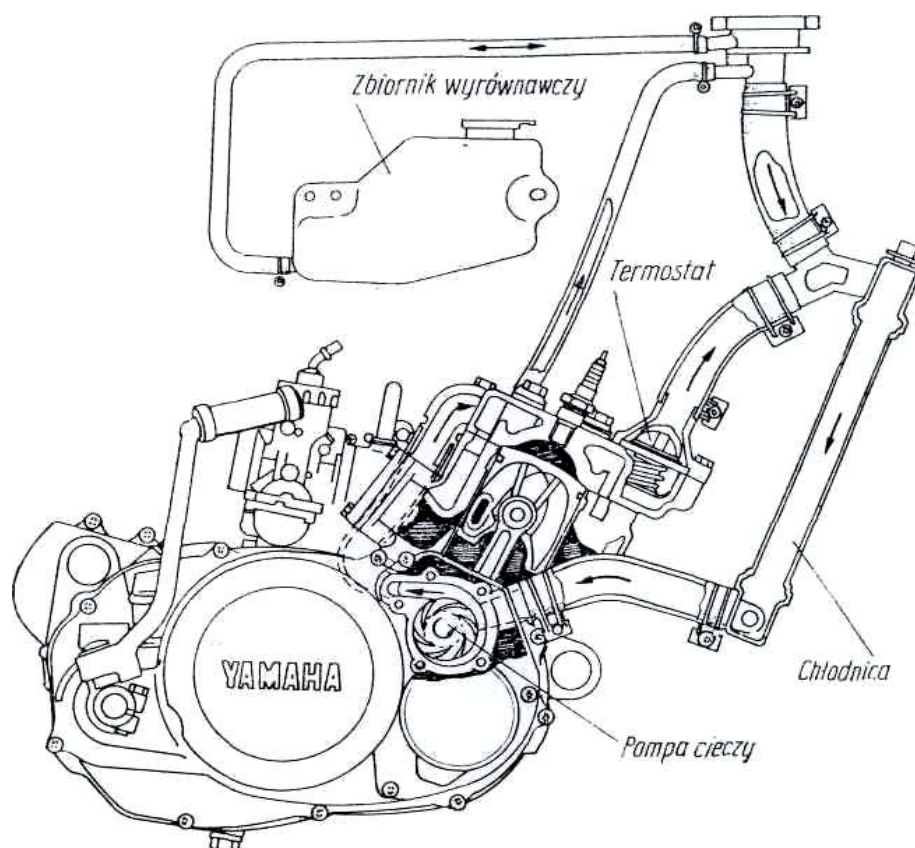
Wspomnieć należy o silniku dwusuwowym użytym do napędu samochodu Vespa 400, w którym zastosowano dużą dmuchawę promieniową napędzaną paskiem klinowym. Zapewniła ona właściwe chłodzenie dwóch cylindrów tego silnika.

Najprostszy układ chłodzenia cieczą składa się z przestrzeni cieczowej silnika, chłodnicy, przewodów cieczy, a niekiedy również z wentylatora wraz z napędem. Jest to tak zwany układ o termosyfonowym obiegu cieczy, stosowany w silnikach o niewielkim obciążeniu cieplnym niewielka zaś różnica temperatur przy wlocie i wylocie z silnika (ok. 5°C) nie pozwala na nadmierne jego ochładzanie w przypadku obciążeń częściowych. Utrzymanie niezmiennej (w pewnych granicach) temperatury zapobiega odkształceniom cylindrów i polepsza współpracę tłoków z cylindrami. We wszystkich współczesnych samochodach oraz wielu motocyklowych silnikach dwusuwowych stosowane jest chłodzenie o wymuszonym obiegu cieczy (rys. 24).

Największą zaletą obiegu cieczy wymuszonego przez pompę wody jest utrzymywanie możliwie stałej temperatury silnika. Bardziej intensywny ruch cieczy zapobiega przegrzaniu silnika znacznie obciążonego.

Utrzymanie stałej temperatury silnika ułatwia włączenie termostatu w obieg cieczy. Gdy temperatura spada poniżej określonej granicy, termostat zamyka dopływ cieczy do chłodnicy, ograniczając obieg do przestrzeni wodnej silnika; wówczas ruch cieczy odbywa się na zasadzie termosyfonu. Wzrost temperatury powoduje otwarcie termostatu i włączenie chłodnicy w obieg.

Takie rozwiązanie, stosowane powszechnie w silnikach samochodowych, przyczynia się do szybkiego osiągnięcia normalnej temperatury silnika, który w okresie jesienno-zimowym nagrzewałby się zbyt wolno.



**Rys. 24.** Układ chłodzenia cieczą dwucylindrowego silnika motocyklowego (Yamaha RD 350 LC) [3, s. 100].

Szybkie nagrzanie silnika do właściwej temperatury ważne jest ze względu na jego ekonomiczną pracę (silnik „zimny” spala więcej paliwa, a jego części bardziej się zużywają), a także na zwiększenie komfortu jazdy, ponieważ w układ chłodzenia włączona jest zwykle nagrzewnica, ocieplająca wnętrze pojazdu. Im szybsze jest ogrzanie cieczy chłodzącej, tym wcześniej zacznie działać ogrzewanie samochodu; odczuwa się to zwłaszcza podczas jazdy na krótkich trasach miejskich.

W silnikach samochodowych pompa cieczy jest napędzana paskiem klinowym od wału korbowego. W większości silników jest ona zamocowana na wałku wentylatora, przykręcanym zwykle do głowicy silnika.

W silnikach motocyklowych pompa cieczy jest napędzana wprost od mechanizmów silnika, bez pośrednictwa paska klinowego. Zwiększa to pewność działania układu chłodzenia.

Pompy cieczy silników dwusuwowych są wyłącznie typu odśrodkowego, a ich konstrukcja jedynie szczegółami różni się od pomp silników czterosuwowych. Pompy cieczy silników dwusuwowych są wyłącznie typu odśrodkowego, a ich konstrukcja jedynie szczegółami różni się od pomp silników czterosuwowych. Wszystkie współczesne układy chłodzenia cieczą są typu zamkniętego. Zbiornik wyrównawczy umożliwia kompensację różnic objętości cieczy w układzie, wywoływanych zmianami temperatury, zapobiegając utracie cieczy. Nadmiernemu wzrostowi ciśnienia zapobiega zawór bezpieczeństwa, w który zaopatrzony jest zbiornik wyrównawczy.

Rozmiary powierzchni czołowej chłodnicy są dostosowane do niezbędnej wydajności cieplnej układu chłodzenia, zależnej od rozmiarów silnika oraz jego wysilenia. W mniejszych silnikach motocyklowych intensywność wymiany ciepła między chłodnicą a otoczeniem jest wystarczająca przy naturalnym przepływie powietrza, wynikającym z ruchu pojazdu.

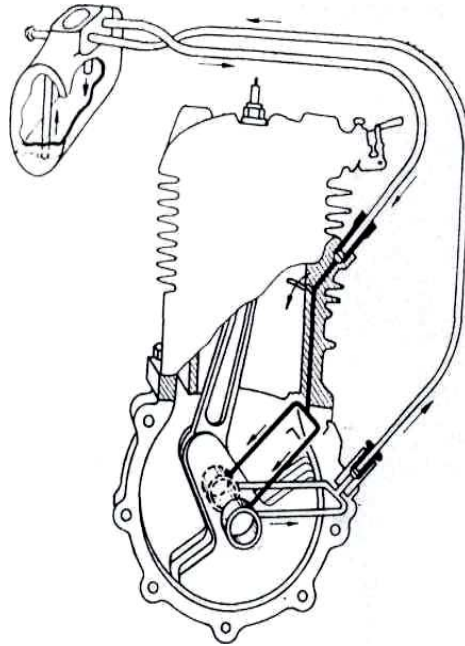
W większych motocyklach przepływ powietrza może być wspomagany umieszczonym za chłodnicą wentylatorem napędzanym silnikiem elektrycznym.

## Smarowanie

Jedną z zalet silników dwusuwowych jest prostota ich budowy, która wynika, między innymi, z zastosowania smarowania mieszankowego. Taki system smarowania stwarza jednak problemy natury technicznej i eksploatacyjnej. Udział oleju w paliwie jest stały, toteż intensywność smarowania mechanizmów silnika nie zależy od jego obciążenia: jest on niedostatecznie smarowany przy zamkniętej przepustnicy gaźnika (na przykład podczas jazdy z góry), natomiast przy częściowym obciążeniu ilość doprowadzonego oleju jest zbyt duża. Spalanie się oleju powoduje powstawanie osadu (nagaru) wewnątrz cylindra i wywołuje dymienie z układu wylotowego (zwłaszcza podczas jazdy bez obciążenia). Osad jest często przyczyną „mostkowania” świec zapłonowych. Dodatkową trudnością jest uciążliwe przygotowywanie paliwa.

Można spotkać silniki, w których osad węglowy jest tak znaczny, że zakrywa większą część powierzchni okna wylotowego cylindra. Zależy to oczywiście również od jakości oleju. Produkty spalania oleju powodują też zapiekanie się pierścieni tłokowych, co zmniejsza szczelność tłoka w cylindrze i powoduje zmniejszenie mocy silnika.

Wymienione wady systemu smarowania mieszankowego już od dawna skłaniały konstruktorów do szukania lepszych rozwiązań. W silniku Lewis zastosowano system smarowania polegający na spływaniu oleju z oddzielnego zbiornika na gładź cylindra oraz do łożysk wału korbowego.

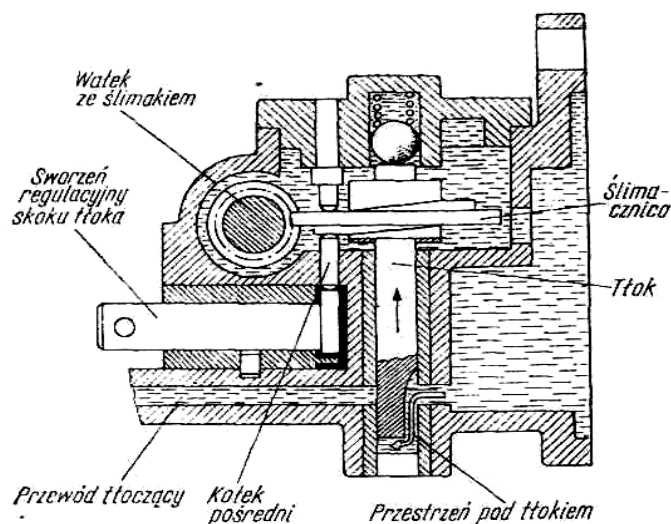


**Rys. 25.** Schemat układu olejenia silnika Villiers. Do pompowania oleju wykorzystano zmiany ciśnienia w skrzyni korbowej [3, s. 104].

Silniki z „otwartą” skrzynią korbową i łożyskami ślizgowymi (w których wstępne sprężanie powoduje pompa ładująca) smarowane były normalnym systemem obiegowym, pod ciśnieniem wytwarzanym przez taką pompę oleju, jaka jest w silniku czterosuwowym (Trojan, Reid, DKW – Sonderklasse).

Znany jest również silnik Villiers, w którym olej pompowany jest z oddzielnego zbiornika dzięki wykorzystaniu zmian ciśnienia w skrzyni korbowej: mieszanka sprężana w skrzyni korbowej przepływa przez otwory w wale do łożysk głównych, skąd wierconymi kanałami, a następnie zewnętrznym przewodem dostaje się do zbiornika oleju.

Wytworzone w zbiorniku nadciśnienie wtlacza olej przez drugi przewód do kanałów doprowadzających do gładzi cylindra oraz do łożysk wału. Dopływ oleju do łożysk ułatwia panujące w skrzyni korbowej podciśnienie. Wydatek oleju można regulować z zewnątrz odpowiednim zaworem (rys. 25).



**Rys. 26.** Przekrój pompy oleju Bosch, która uzależnia ilość podawanego oleju od prędkości obrotowej silnika oraz od uchylenia przepustnicy gaźnika [3, s. 103].

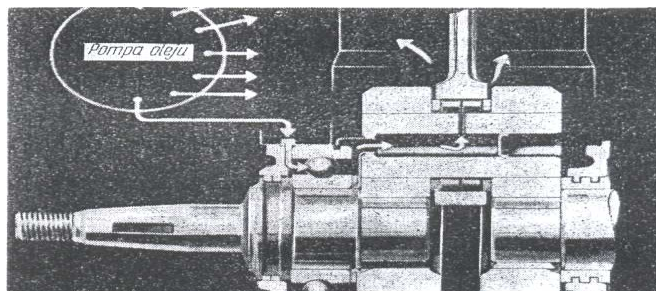
Wiele wytwórni silników dwusuwowych przeszło na system podawania oleju przez pompę oleju. Stosowane są dwa podstawowe rozwiązania: podawanie oleju do układu oraz dostarczanie go wprost do łożysk wału korbowego i gładzi cylindrów.

Pompy oleju różnych silników dwusuwowych pracują na podobnej zasadzie, regulując ilość dostarczanego oleju w zależności od prędkości obrotowej silnika oraz uchylenia przepustnicy gaźnika. Uzależnienie wydatku pompy wyłącznie od prędkości obrotowej silnika sprawiało, że w przypadku częściowych obciążeń podawane były zbyt duże dawki oleju.

Typową pompą oleju silnika dwusuwowego jest pompa Bosch, napędzany paskiem klinowym wałek zakończony jest ślimakiem zazębianym ze ślimacznica, osadzoną na tłoku pompy. Na czołowych powierzchniach koła ślimacznicy wykonane są krzywki, zmuszające tłok do wykonywania ruchów posuwisto-zwrotnych podczas obracania się ślimacznicy. Ruchy tłoka powodują przetłaczanie dawek oleju do przewodu połączonego z rozpylaczem gaźnika. Sworzeń (poprzez kotek) ogranicza skok tłoka; wartość tego skoku można regulować poprzez obrót sworznia. Sworzeń jest za pomocą układu cięgien sprzężony z przepustnicą gaźnika, dzięki czemu ilość podawanego oleju jest uzależniona od jej uchylenia.

Smarowanie poprzez podawanie oleju do układu dolotowego, chociaż doskonale zdaje egzamin w silnikach użytkowych, niekiedy okazuje się niewystarczające w przypadku silników o znacznym wysileniu. Dlatego też w silnikach o większej mocy celowe jest doprowadzenie oleju pod ciśnieniem wprost do łożysk wału korbowego oraz do pozostałych elementów wymagających smarowania.

W silnikach dwusuwowych wały korbowe są łożyskowane tocznie. Wyptyw oleju doprowadzanego do łożysk tocznych nie jest dławiony, jak ma to miejsce w łożyskach ślizgowych silników czterusuwowych. Stosować, więc trzeba pompy oleju normujące ilość podawanego oleju.



**Rys. 27.** Sposób olejenia łożysk głównych i korbowych w silniku SAAB Sport 850 [3, s. 104].

Przykładem takiego smarowania może być smarowanie silnika samochodu SAAB Sport 850. Od pompy oleju, przytwierdzonej do kadłuba silnika i napędzanej kołami zębatymi od wału korbowego, odchodzi siedem przewodów, doprowadzających olej do gładzi cylindrów oraz do łożysk głównych wału korbowego. Stąd olej doprowadzany jest wierceniami do łożysk korbowodowych, a następnie porywany przez mieszankę paliwową i spalany. Konstrukcja pompy oleju zapewnia normowanie odpowiedniej dawki oleju do każdego przewodu. W rozwiązaniu tym konieczne jest filtrowanie oleju, w celu zabezpieczenia silnika przed możliwością zatkania przewodu oleju.

Silniki z automatycznym systemem smarowania można poznać z zewnątrz po zbiorniku oleju, chociaż w niektórych pojazdach jest on mało widoczny (np. w skuterze Lambretta ukryty jest wewnątrz zbiornika paliwa). Zbiornik oleju ma pojemność 1–5l zależnie od rozmiarów silnika. Zdaniem użytkowników, jego napełnianie jest o wiele mniej kłopotliwe niż mieszanie oleju z paliwem przed waniem do zbiornika paliwa. Za stosowaniem automatycznych systemów smarowania silników dwusuwowych przemawia również znacznie mniejsze zużycie oleju, co umożliwi częściowe lub całkowite usunięcie wad zwykłego smarowania mieszankowego.

Ostatnie lata przynoszą coraz więcej konstrukcji silników o automatycznym smarowaniu. Należy sądzić, że dzięki zaletom takiego systemu smarowania, popartym wymaganiami coraz większej liczby krajów, dotyczącymi czystości spalin, konstrukcje silników smarowanych olejem dolewany do paliwa zostaną wcześniej czy później całkowicie wyeliminowane.

#### 4.1.2. Pytania sprawdzające

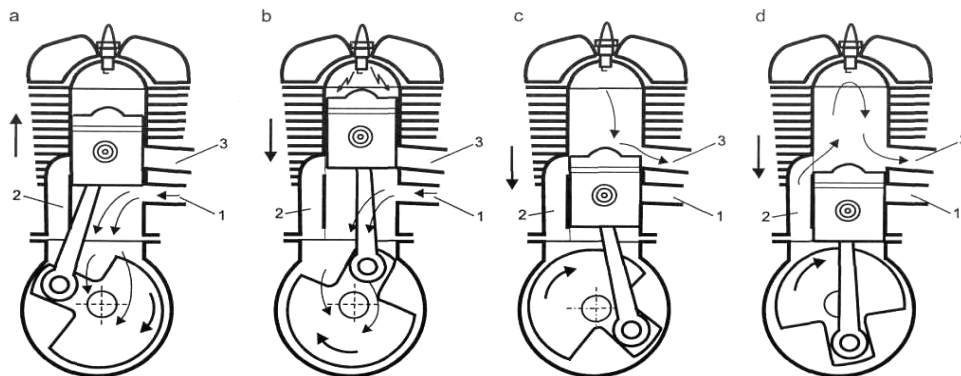
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Z jakich zasadniczych części składa się jednocylindrowy silnik dwusuwowy?
2. W jaki sposób przepływają cylindry silnika dwusuwowego?
3. Jaki jest przebieg pracy dwusuwowego silnika spalinowego?
4. Jakie wielkości charakteryzują silnik spalinowy?
5. Jaką rolę w silniku dwusuwowym spełnia tłok?
6. Jakie materiały stosuje się do wytwarzania elementów silnika dwusuwowego?

#### 4.1.3. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Na podstawie rysunku przeanalizuj zasadę działania silnika dwusuwowego uwzględniając suwy pracy.



Rysunek do ćwiczenia 1 [1, s. 14].

a)

.....  
.....

b)

.....  
.....

c)

.....  
.....

d)

.....  
.....

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

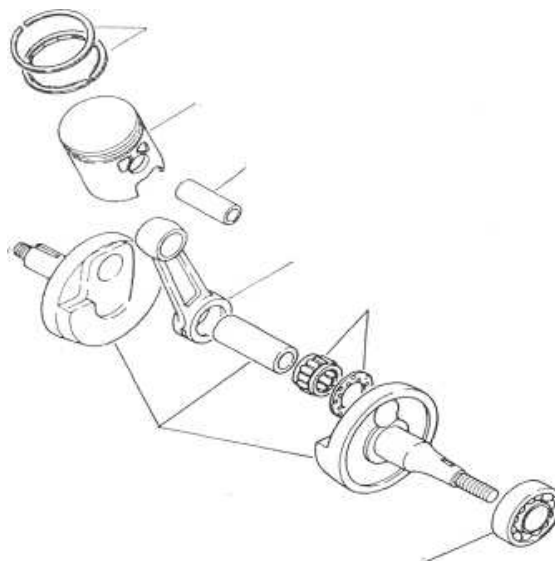
- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) określić etapy działania silnika,
- 3) zapisać informacje o pracy silnika,
- 4) zaprezentować wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- model silnika dwusuwowego,
- plansze ilustrujące działanie silnika dwusuwowego,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

### Ćwiczenie 2

Na podstawie rysunku rozpoznaj części składowe układu korbowo-tłokowego silnika dwusuwowego.



**Rysunek** do ćwiczenia 2 [3, s. 80].

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

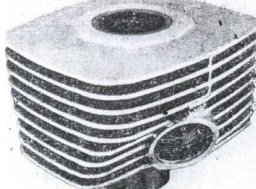
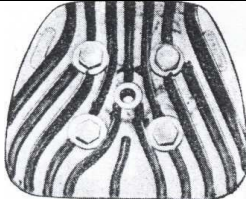
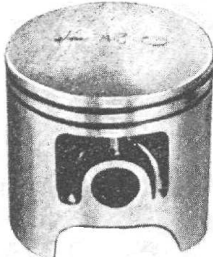
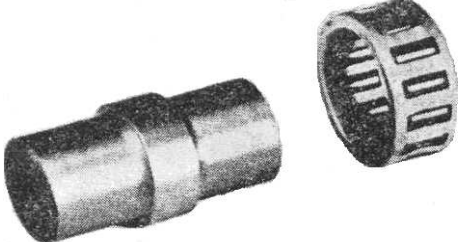
- 1) dokonać analizy rysunku,
- 2) rozpoznać elementy silnika,
- 3) wypisać nazwy elementów przy odnośnikach,
- 4) zaprezentować wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- plansze przedstawiające elementy silnika,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

### Ćwiczenie 3

Dobierz materiały konstrukcyjne użyte do wykonania wskazanych części silnika dwusuwowego.

Element	Nazwa	Materiały konstrukcyjne
		
		
		
		

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) rozpoznać elementy silnika,
- 2) zapisać nazwy elementów w tabeli,
- 3) określić materiały konstrukcyjne dla elementów silnika,
- 4) zapisać nazwy materiałów konstrukcyjnych i je scharakteryzować,
- 5) zaprezentować swoją pracę.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- dokumentacja techniczna silników dwusuwowych,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

#### Ćwiczenie 4

Scharakteryzuj wskazane sposoby przepłukiwania cylindra silnika dwusuwowego.

<b>Sposób przepłukiwania</b>	<b>Charakterystyka położenia okien</b>
<b>Przepłukanie poprzeczne</b>	
<b>Przepłukanie zwrotne</b>	
<b>Przepłukanie wzdłużne</b>	

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) określić rodzaje przepłukiwania cylindra w silniku dwusuwowym,
- 2) określić przebieg każdego procesu przepłukiwania,
- 3) zapisać określenia w tabeli,
- 4) zaprezentować swoją pracę.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- dokumentacja techniczna silników dwusuwowych,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

#### Ćwiczenie 5

Oblicz wielkości charakterystyczne silnika dwusuwowego. W czterocylindrowym silniku dwusuwowym średnica każdego cylindra wynosi 0,052 m, skok każdego tłoka wynosi 0,16 m a objętość komory sprężania ma wartość 15 cm<sup>3</sup>.

<b>Wielkość charakterystyczna</b>	<b>Obliczona wartość</b>
<b>Objętość skokowa cylindra</b>	
<b>Objętość skokowa silnika</b>	
<b>Stopień sprężania</b>	



## Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) dobrać wzór i obliczyć objętość skokową cylindra,
- 3) dobrać wzór i obliczyć objętość skokową silnika,
- 4) dobrać wzór i obliczyć stopień sprężania,
- 5) zapisać wyniki obliczeń,
- 6) porównać wyniki obliczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt,
- kalkulator,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

### 4.1.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) wyjaśnić jakie znaczenie spełnia korbowód w silniku?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić budowę i sposób ułożyskowania wału korbowego silnika?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dobrać materiały do wytwarzania korbowodów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) obliczyć stopień sprężania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) obliczyć pojemność skokowa cylindra?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) rozpoznać sposób przepłukiwania cylindra?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) objaśnić zasadę działania silnika dwusuwowego ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) objaśnić działanie mechanizmów silnika dwusuwowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.2. Montaż i demontaż silnika dwusuwowego

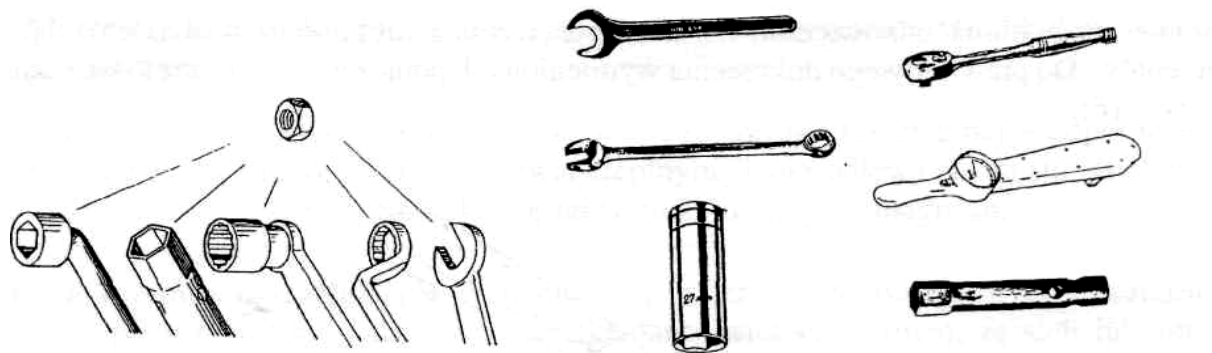
### 4.2.1. Materiał nauczania

#### Demontaż silnika dwusuwowego

Zależnie od usytuowania silnika i mechanizmów napędowych silnik wymontowuje się albo łącznie ze skrzynką biegów lub całym zablokowanym zespołem napędowym, albo oddzielnie, pozostawiając inne mechanizmy w samochodzie. Sposób demontażu zależy od wymiarów i masy zespołu napędowego, dostępu do niego, a także od tego, czy związane z silnikiem zespoły mają być naprawiane, czy nie. W samochodach osobowych zachodzi niekiedy konieczność miejscowego uniesienia silnika.

W samochodach ciężarowych wyjmuje się sam silnik, po uprzednim odłączeniu go od skrzynki biegów. Ze względu na znaczny ciężar zespołów wymontowanie silnika z samochodu ciężarowego lub autobusu jest czynnością trudną, wymagającą zachowania dużej ostrożności. W samochodach, w których silnik jest wysunięty przed kabinę kierowcy i obudowany obdachowaniem, wyjęcie silnika jest łatwiejsze niż w pojazdach, w których jest on usytuowany obok siedzenia kierowcy. Aby wyjąć silnik umieszczony obok siedzenia kierowcy, najczęściej należy najpierw wysunąć go do przodu, a dopiero potem przesunąć do góry. W samochodach takich zawieszenie silnika często jest tak skonstruowane, że umożliwia wsuwanie i wysuwanie silnika po specjalnych prowadnicach.

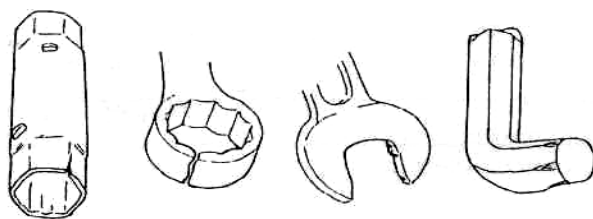
Odrębną grupę stanowią samochody z odchylanymi do przodu kabinami kierowcy. Takie rozwiązanie zapewnia dobry dostęp do silnika i znacznie ułatwia jego wyjmowanie. W niektórych samochodach – zwłaszcza w autobusach – stosuje się tzw. silniki podpodłogowe. Aby wyjąć taki silnik, należy go opuścić, a następnie wysunąć (w bok) spod pojazdu.



Rys. 28. Przykładowy zestaw kluczy do naprawy pojazdów samochodowych [3, s. 100].

Należy zwrócić szczególną uwagę na prawidłowy dobór narzędzi do demontażu zapewniających właściwy i sprawny przebieg czynności (zestaw narzędzi przedstawiono na rys. 28). Obsługa i naprawa pojazdów samochodowych często wymaga, oprócz narzędzi uniwersalnych, narzędzi specjalnych przeznaczonych do danej marki i typu pojazdu, które dostarcza producent. W czasie pracy przy silniku na stanowisku naprawy należy przestrzegać przepisów bhp oraz przepisów przeciwpożarowych.

W pomieszczeniu powinien panować porządek. Niedopuszczalne są plamy oleju ani smaru na podłodze, gdyż mogą być przyczyną wypadku. Pomieszczenie powinno mieć sprawną wentylację, sprawną instalację elektryczną, prawidłowe oświetlenie. Narzędzia nie mogą być uszkodzone: wyszczerbione, popękane, rozkalibrowane (rys. 29).



**Rys. 29.** Uszkodzone narzędzia pracy [3, s. 110].

Przed przystąpieniem do wyjmowania silnika z samochodu należy odłączyć przewody od akumulatorów, zlać ciecz z układu chłodzenia, olej z miski olejowej (ewentualnie ze skrzynki biegów), odłączyć i wyjąć chłodnicę (z wyjątkiem niektórych samochodów, z których silnik wyjmuje się łącznie z chłodnicą), odłączyć przewody elektryczne, paliwowe i olejowe, odłączyć układ wylotowy oraz ciągną sterowania gaźnika (lub pompy wtryskowej), a niekiedy również ciągną sterowania skrzynką biegów.

Następnie, zależnie od potrzeb, wymontowuje się niektóre elementy osprzętu silnika (filtr powietrza, prądnicę, rozrusznik itp.) utrudniające jego wyjęcie. Po takim przygotowaniu zwalnia się śruby zawieszenia łączące silnik z ramą. Jeżeli silnik jest zamocowany wisząco, to przed poluzowaniem śrub należy go mocno podeprzeć. Sposób podparcia powinien być taki, żeby po odłączeniu silnika element podpierający nie uszkodził miski olejowej, delikatnych nawiewów kadłuba itp. Do wyjmowania silników stosuje się najczęściej suwnice, żurawie przesuwne lub wciągarki. Niektóre silniki mają konstrukcyjnie przewidziane uchwyty do lin lub otwory do wkręcania takich uchwytów. Silnik nie mający uchwytów należy opasać linami, w sposób uniemożliwiający ich zsuniecie się lub uszkodzenie delikatnych elementów silnika.

Po wyjęciu silnik należy umyć i przystąpić do dalszej rozbiórki. Najwygodniej demontuje się silnik zamocowany w obrotowym stojaku. Może to być np. stojak uniwersalny, to znaczy umożliwiający mocowanie rozmaitych silników. Niekiedy wykonuje się stojaki przewoźne, dzięki czemu mogą one również służyć jako wózki montażowe.

W pierwszej kolejności demontuje się części osprzętu, których nie zdjęto przed wymontowaniem silnika z samochodu (kolektor dolotowo-wylotowy, pompę wodną, wentylator itp.). Jeżeli silnik został wymontowany łącznie ze skrzynką biegów, to odłącza się ją, uważając aby nie uszkodzić wałka sprzęgłowego lub osadzonej na nim tarczy czarnej sprzęgła. Następnie demontuje się głowicę.

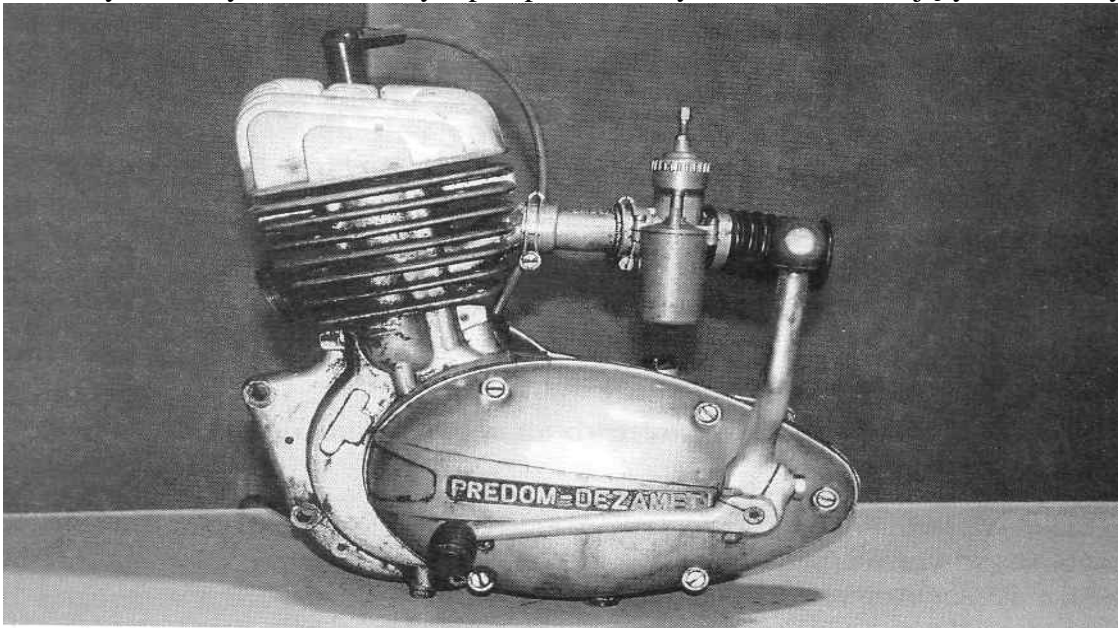
Samą głowicę należy zdejmować bardzo ostrożnie, aby nie uszkodzić uszczelki podgłowicowej ani przylegających do niej powierzchni głowicy lub kadłuba. Gdy głowica nie daje się unieść, nie należy podważać jej żadnymi ostrymi narzędziami, lecz wykorzystać ciśnienie sprężania w cylindrach, powstające przy energicznym pokręceniu wałem korbowym silnika.

Demontaż układu korbowego rozpoczyna się zwykle od zdjęcia koła pasowego i innych elementów osadzonych na przedniej części wału (np. tłumika drgań skrętnych). W tym celu zwykle posługuje się specjalnymi ściągaczami. Następnie zdejmuje się sprzęgło oraz koło zamachowe. Podczas demontażu sprzęgła należy zachować właściwą kolejność luzowania śrub mocujących (odkręcać kolejno naprzemianległe śruby), aby zapobiec odkształceniu się jego obudowy. W celu wyjęcia korbowodów (wraz z tłokami) odkręca się pokrywy łożysk korbowych (uważając, aby nie uszkodzić panewek). Następnie odkręca się pokrywy łożysk głównych, wyjmuje panewki i cały wał korbowy.

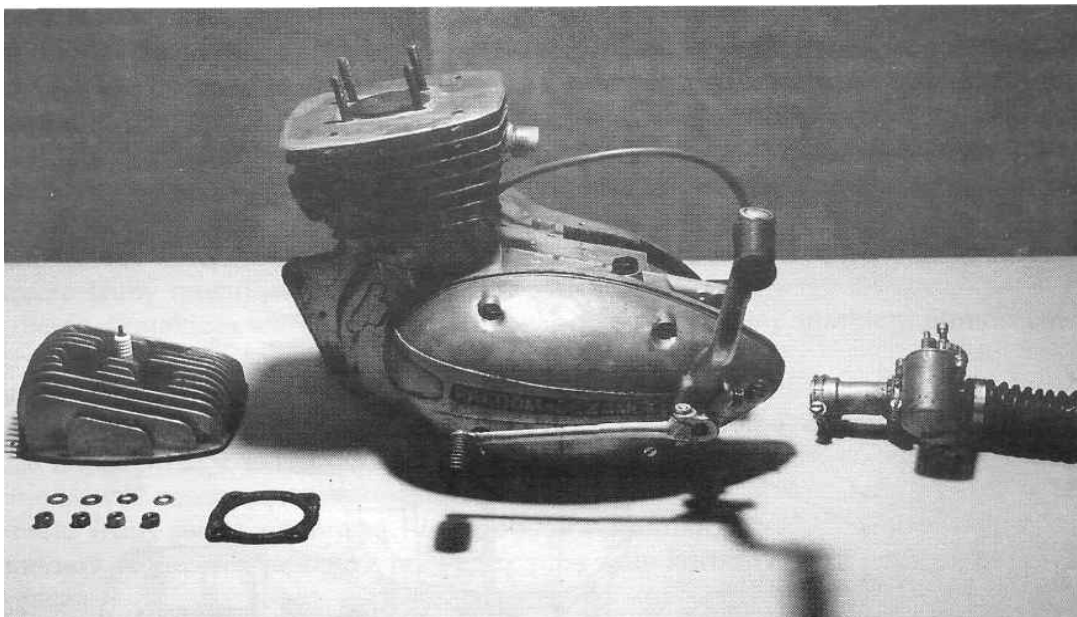
Podany opis demontażu silnika jest znacznie uproszczony. Silniki samochodowe mają różne rozwiązania konstrukcyjne, dlatego przy ich demontażu mogą być wymagane czynności dodatkowe. Sposób demontażu silnika jest zawsze podany w instrukcji naprawy pojazdu.

### Demontaż jednocylindrowego silnika dwusuwowego

Do demontażu silnik powinien być opróżniony z oleju znajdującego się w skrzynce biegów i wymyty z zewnątrz w myjce do mycia części. Na stanowisku silnik powinien być zamocowany w uchwycie montażowym po uprzednim wybiciu tulei środkujących obudowy.



Rys. 30. Widok silnika motocyklowego przed demontażem [3, s. 113].

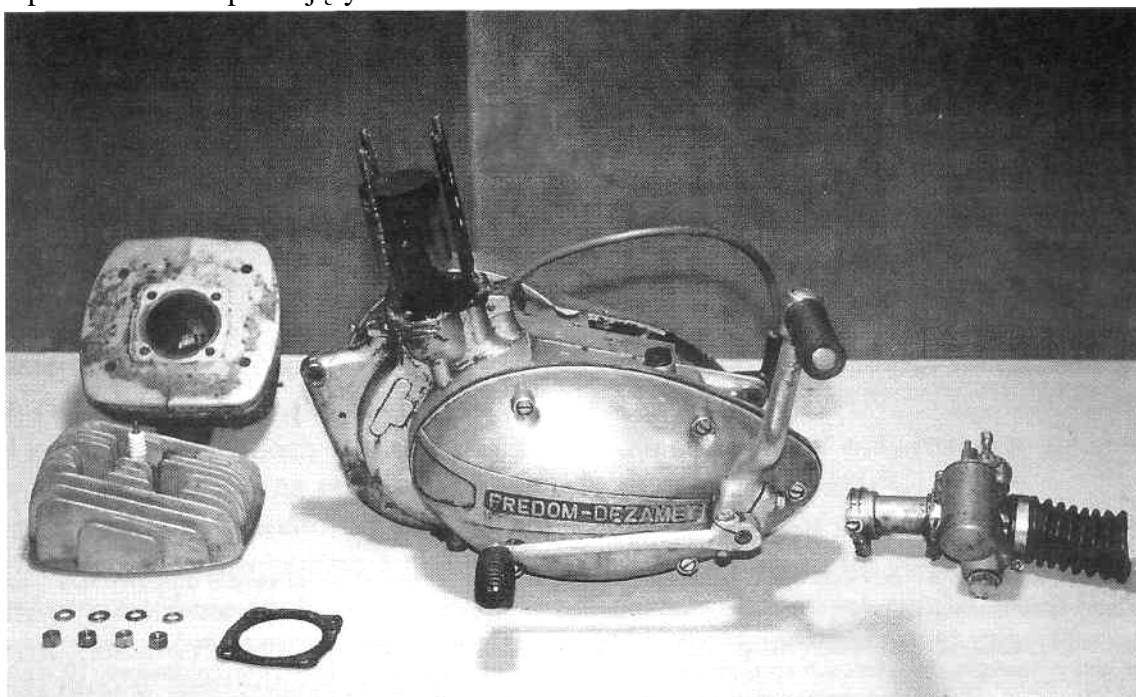


Rys. 31. Widok silnika dwusuwowego po wymontowaniu głowicy i odłączeniu elementów układu zasilania [3, s. 114].

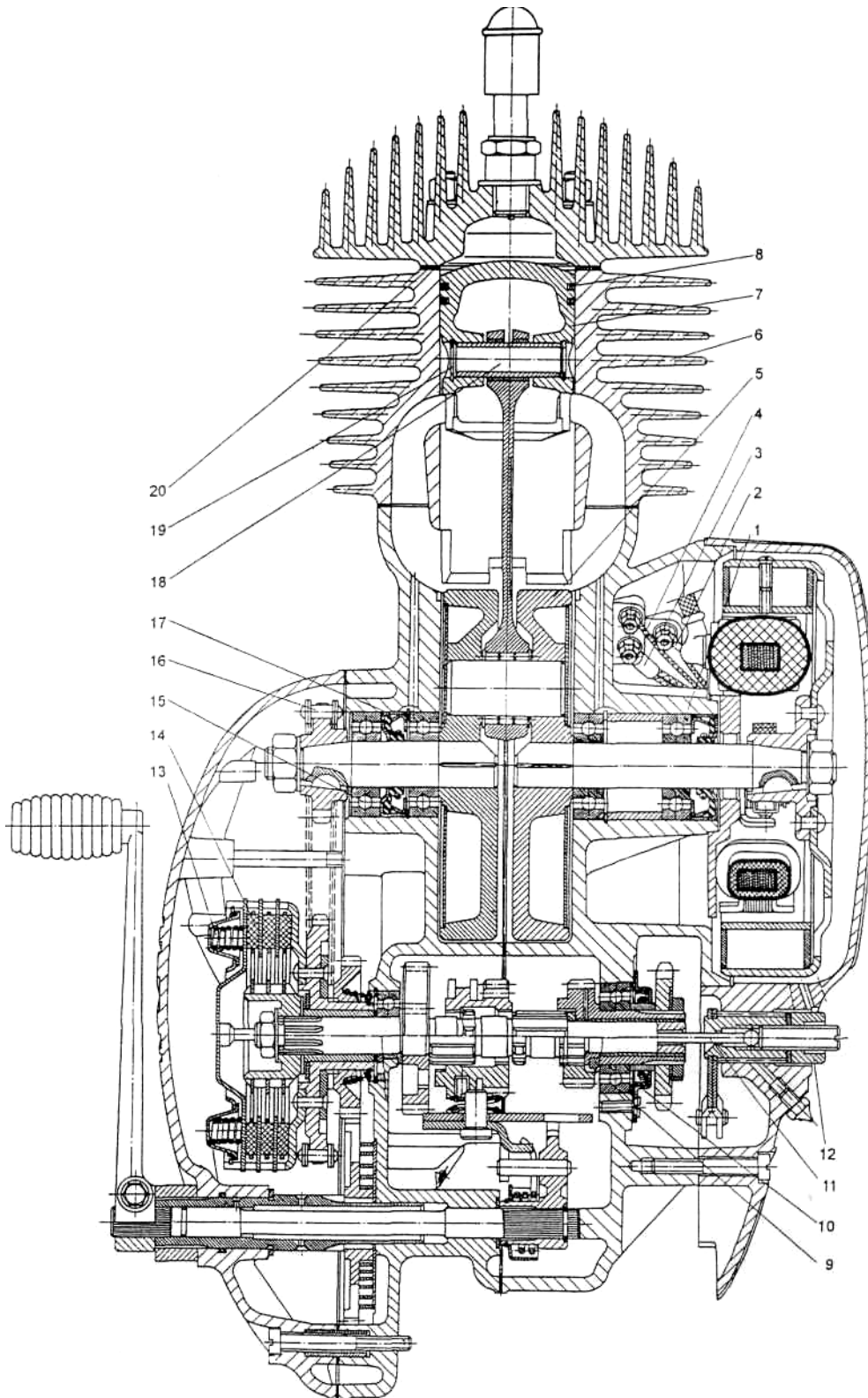
Demontaż przeprowadza się w następującej kolejności:

- odkręcić wkrętakiem wkręt mocujący i zdjąć króciec gaźnika,
- włączyć 1 bieg, kluczem płaskim poluzować nakrętkę śruby mocującej dźwignię zmiany biegów i śrubę dźwigni rozrusznika, a następnie zdjąć ją,
- odkręcić kluczem nasadowym nakrętki mocujące głowicę i zdjąć ją (w razie potrzeby głowicę można lekko ostukać gumowym młotkiem),
- zdjąć uszczelkę głowicy,
- zdjąć cylinder ciągnąc go do góry (w razie potrzeby cylinder można ostukać gumowym młotkiem),
- wyjąć zabezpieczenie sworznia tłokowego szczypcami do zabezpieczeń wewnętrznych,

- za pomocą przyrządu specjalnego wycisnąć sworzeń tłokowy i zdjąć tłok z pierścieniami,
- odkręcić wkrętakiem wkręty prawej pokrywy i zdjąć ją,
- zdemontować koło magnesowe iskrownika za pomocą odpowiedniego ściągacza,
- odkręcić śruby mocujące obudowę iskrownika i zdjąć ją,
- odkręcić wkrętakiem wkręty lewej pokrywy i po ostukaniu jej młotkiem gumowym zdjąć pokrywę,
- zdemontować sprzęgło wielotarczowe,
- odbezpieczyć nakrętki napędu łańcuchowego wałka głównego, odkręcić nakrętki i zdemontować napęd wraz z łańcuchem,
- zdemontować mechanizm rozrusznika,
- odkręcić śruby mocujące prawą i lewą obudowę silnika,
- wymontować prawą obudowę z prawego czopa wału korbowego za pomocą odpowiedniego ściągacza,
- wymontować koła zębate skrzyni biegów wraz z wałkami pośrednim i głównym oraz mechanizmem sterującym zmianą biegów,
- wymontować lewą obudowę z lewego czopa wału korbowego za pomocą odpowiedniego ściągacza,
- łożyska toczne prawej i lewej obudowy wycisnąć na prasie po uprzednim wymontowaniu pierścieni zabezpieczających.



Rys. 32. Widok silnika dwusuwowego po wymontowaniu cylindra [3, s. 115].



**Rys. 33.** Przekrój silnika motocyklowego: 1, 9, 15) łożysko kulkowe, 2) przewód cewki ładowania akumulatora, 3) przewód cewki świateł drogowych, 4) przewód gaszenia silnika (prowadzący od przerywacza), 5) wał korbowy, 6) cylinder, 7) tłok, 8) pierścienie tłoka, 10) pierścień uszczelniający, 11) popychacz sprzęgła, 12) nakrętka zabezpieczająca śruby regulacyjnej sprzęgła, 13) sprężyny sprzęgła, 14) tarcze cierne sprzęgła, 16) łańcuch sprzęgłowy, 17) pierścień uszczelniający, 18) sworzeń tłokowy, 19) pierścień zabezpieczający sworzeń tłokowy, 20) uszczelka głowicy [3, s. 120].

## Montaż jednocylindrowego silnika dwusuwowego

Przed przystąpieniem do montażu należy dokładnie umyć wszystkie części nadające się do dalszej pracy w silniku za pomocą myjki do części samochodowych. W celu zachowania wymaganej technologicznie szczelności elementów silnika uszczelniacze kartonowe, uszczelkę głowicy i pierścienie uszczelniające powinno się wymienić.

Podstawowym warunkiem prawidłowego montażu silnika jest zachowanie ściśle określonej kolejności wykonywania czynności. Ponadto bardzo ważnym warunkiem prawidłowego montażu jest dokręcenie łączonych elementów właściwym momentem siły (w silniku występują śruby i nakrętki, które powinny być dokręcone za pomocą kluczy dynamometrycznych). Zapewni to odpowiednią trwałość połączeń i niezawodność działania silnika.

Montażu należy dokonywać w kolejności odwrotnej do demontażu z uwzględnieniem wcześniejszego zmontowania poszczególnych podzespołów wchodzących w skład bloku zamkniętego obudowami, takich jak:

- wał korbowy (za pomocą odpowiedniej tulei wcisnąć na czopy wału łożyska; dla ułatwienia montażu łożyska można podgrzać do temperatury około 80–100°C),
- skrzynka biegów (zmontować zespoły kół zębatach na wałku głównym i wałku pośrednim oraz zmontować mechanizm zmiany biegów i zamocować go do obudowy).

Założyć pierścienie osadcze w otwory gniazd łożysk w obudowach silnika, przed składaniem podgrzać obudowy do temperatury około 100°C oraz kontynuować montaż (zachowując warunki bhp) w następującej kolejności:

- zamontować lewą obudowę w uchwycie montażowym,
- włożyć krótszy czop wału w lewą obudowę,
- włożyć w lewą obudowę wałki skrzynki biegów i wałek mechanizmu sterującego zmianą biegów,
- ułożyć na krawędzi obudowy uszczelkę pokryw i posmarować ją pastą uszczelniającą,
- nałożyć prawą obudowę, która powinna po ewentualnym poruszeniu wałkami skrzynki biegów osiąść w łożyskach i przylegać do lewej obudowy,
- dokręcić obudowy za pomocą śrub mocujących (śruby dokręcamy stopniowo stosując dokręcanie „na krzyż”),
- wcisnąć łożyska zewnętrzne na czopy prawy i lewy wału i wcisnąć uszczelniacze wału,
- zmontować zespół rozrusznika,
- zmontować napęd łańcuchowy (koło zębate wału, łańcuch, korpus sprzęgła),
- zmontować sprzęgło wielotarczowe,
- założyć uszczelkę lewej pokrywy, uprzednio smarując ją pastą uszczelniającą,
- założyć lewą pokrywę, ustalając ją uprzednio na kołkach środkujących i wkręcić wkręty jej mocowania,
- zmontować zespół iskrownika,
- przykręcić prawą pokrywę silnika,
- założyć tłok na główkę korbowodu i wcisnąć powleczony olejem silnikowym sworzeń tłokowy w otwory tłoka i główki korbowodu,
- zamontować pierścienie zabezpieczające sworzeń przed wysunięciem,
- założyć uszczelkę pod cylinder,
- powlec olejem gładź cylindra oraz założyć cylinder na śruby mocujące i na tłok (pierścienie tłokowe ułożyć zgodnie z kołkami ustalającymi na tłoku i ścisnąć do montażu opaską),
- nałożyć uszczelkę głowicy i głowicę, a następnie dokręcić nakrętki mocowania pamiętając o stopniowaniu siły dokręcania i dokręcaniu ich „na krzyż”,
- wkręcić korek spustowy oleju i wlać olej do skrzynki biegów przez korek kontrolny.

## 4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jak przygotowujemy silnik dwusuwowy do demontażu?
2. Jakie warunki techniczne muszą być zachowane przy demontażu silnika dwusuwowego?
3. Jakie warunki techniczne muszą być zachowane przy montażu silnika dwusuwowego?
4. Jaka jest kolejność montażu silnika dwusuwowego?
5. Jakie narzędzia wykorzystujemy do przeprowadzenia montażu silnika dwusuwowego?

## 4.2.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Wykonaj demontaż jednocylindrowego silnika dwusuwowego z zachowaniem warunków technologicznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) dobrać narzędzia do wykonania demontażu silnika dwusuwowego,
- 3) zaplanować kolejność czynności w celu wykonania ćwiczenia,
- 4) przygotować silnik dwusuwowy do demontażu,
- 5) zdemontować silnik dwusuwowy,
- 6) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- silnik dwusuwowy jednocylindrowy z motocykla WSK,
- zestaw narzędzi,
- dokumentacja techniczna silnika dwusuwowego,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

### Ćwiczenie 2

Wykonaj montaż jednocylindrowego silnika dwusuwowego z zachowaniem warunków technologicznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) dobrać narzędzia do wykonania montażu silnika dwusuwowego,
- 3) zaplanować kolejność czynności w celu wykonania ćwiczenia,
- 4) dobrać elementy uszczelniające podlegające wymianie podczas ponownego montażu,
- 5) przygotować elementy silnika dwusuwowego do montażu,
- 6) wykonać montaż silnika dwusuwowego,
- 7) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- elementy silnika dwusuwowego jednocylindrowego z motocykla WSK,
- zestaw narzędzi,
- dokumentacja techniczna silnika dwusuwowego,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.



### Ćwiczenie 3

Dobierz narzędzia specjalne i pomiarowe używane podczas montażu i demontażu silnika dwusuwowego jednocylinrowego chłodzonego powietrzem.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy do wykonania ćwiczenia,
- 2) dobrać narzędzia stosowane do montażu i demontażu silnika dwusuwowego,
- 3) dokonać oceny stanu technicznego narzędzi,
- 4) wskazać usterki,
- 5) określić przydatność narzędzi,
- 6) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zestaw narzędzi specjalnych,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

#### 4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) dobrać narzędzia do demontażu silnika dwusuwowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) zweryfikować narzędzia do demontażu silnika dwusuwowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) przygotować silnik dwusuwowy do demontażu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) ustalić kolejność wykonywanych czynności podczas demontażu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) zdemontować silnik dwusuwowy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) przygotować podzespoły silnika dwusuwowego do montażu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) wykonać montaż silnika dwusuwowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

### Instrukcja dla ucznia

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 20 zadań dotyczących montażu i demontażu silnika dwusuwowego. Zadania są wielokrotnego wyboru i tylko jedna odpowiedź jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi:
  - w pytaniach wielokrotnego wyboru zaznacz prawidłową odpowiedź X (w przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową).
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
7. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
8. Czas trwania testu – 45 minut.
9. Maksymalna liczba punktów, jaką można osiągnąć za poprawne rozwiązanie testu wynosi 20 pkt.

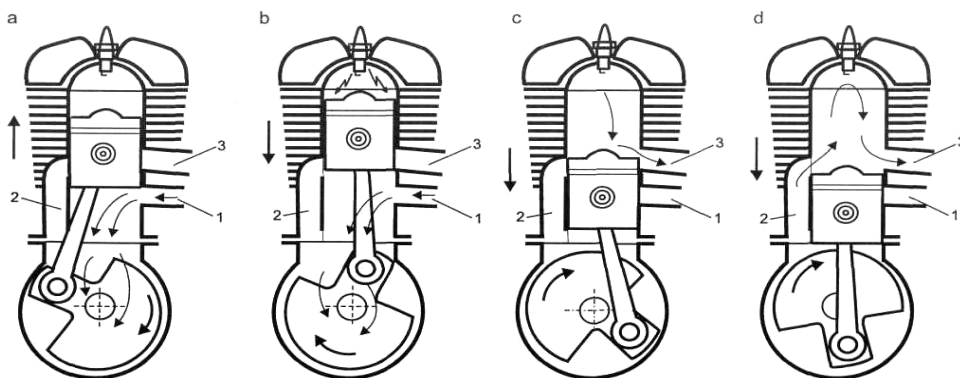
Celem przeprowadzanego pomiaru dydaktycznego jest sprawdzenie poziomu wiadomości i umiejętności, jakie zostały ukształtowane w wyniku zorganizowanego procesu kształcenia w jednostce modułowej Wykonywanie montażu i demontażu silnika dwusuwowego. Spróbuj swoich sił. Pytania nie są trudne i jeżeli zastanowisz się, to na pewno udzielisz odpowiedzi.

Powodzenia

### ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

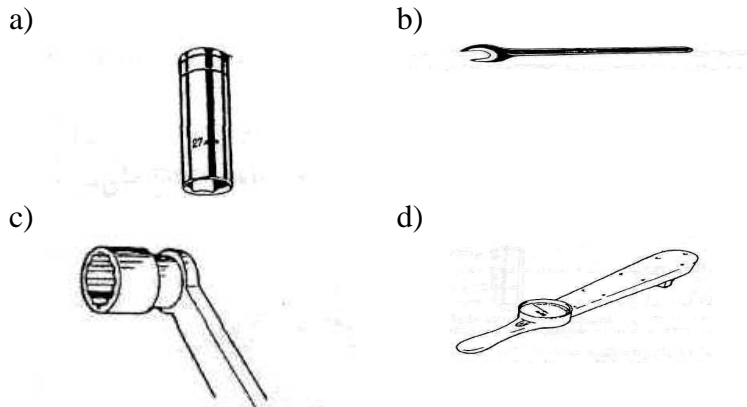
1. W silniku dwusuwowym suw pracy wykonywany jest, podczas gdy wał korbowy wykonuje obrót o kąt
  - a)  $90^\circ$ .
  - b)  $180^\circ$ .
  - c)  $270^\circ$ .
  - d)  $360^\circ$ .
2. W silniku dwusuwowym mieszanka przedostaje się ze skrzyni korbowej do cylindra poprzez
  - a) zawór dolotowy.
  - b) zawór wylotowy.
  - c) kanał przepływowy.
  - d) kanał wylotowy.
3. Zadaniem pierścieni na powierzchni tłoka jest
  - a) zmniejszenie tarcia pomiędzy tłokiem a cylindrem.
  - b) uszczelnienie cylindra i odprowadzenie ciepła z tłoka.
  - c) wzmocnienie konstrukcji tłoka.
  - d) ułatwienie smarowania układu cylinder – tłok

4. Przestrzeń cylindra zamkniętą przez tłok znajdujący się w GMP nazywa się
  - a) objętością skokową silnika.
  - b) objętością skokową cylindra.
  - c) objętością całkowitą cylindra.
  - d) objętością komory spalania.
  
5. Podczas pracy silnika dwusuwowego następujące czynności wykonywane są równocześnie
  - a) Zapłon mieszanki sprężonej w cylindrze, przepłukanie cylindra świeżą mieszanką.
  - b) Sprężanie mieszanki nad tłokiem i wydech spalin.
  - c) Spaliny wykonują pracę przesuwając tłok w dół, odsłania okno wylotowe, przez które wypływają spaliny.
  - d) Spaliny wypływają kanałem wylotowym, jednocześnie następuje zasysanie mieszanki z gaźnika do skrzyni korbowej.
  
6. Jeśli w cylindrze okna dolotowe i wylotowe znajdują się na tym samym końcu i po tej samej stronie cylindra to następuje przepłukanie
  - a) wzdlużne.
  - b) zwrotne.
  - c) poprzeczne.
  - d) prostopadłe.
  
7. Korbowody wykonane są zwykle
  - a) z aluminium.
  - b) z żeliwa.
  - c) ze stali stopowych.
  - d) ze stali węglowej.
  
8. Wskaż rysunek, na którym przedstawiono przepłukiwanie silnika



9. Owalizację tłoków stosuje się w celu
  - a) zwiększenia luzów pomiędzy cylindrem a tłokiem.
  - b) zmniejszenia luzów pomiędzy cylindrem a tłokiem.
  - c) wyrównanie zwiększonej rozszerzalności tłoka w okolicy piast sworznia tłokowego.
  - d) lepszego umocowania w tłoku sworznia tłokowego.

10. Kluczy dynamometryczny przedstawiony jest na rysunku



11. Jeżeli podczas demontażu głowica nie chce się unieść to

- a) podważamy ją ostrym narzędziem.
- b) usuwamy uszczelkę podgłowicową.
- c) energicznie kręcimy wałem korbowym silnika.
- d) uderzamy kilkakrotnie kluczem w głowicę.

12. Demontaż silnika dwusuwowego rozpoczynamy od

- a) wymycia z zewnątrz.
- b) zamocowania w uchwycie montażowym.
- c) demontażu głowicy.
- d) opróżnienia z oleju znajdującego się w skrzynce biegów.

13. Podczas montażu silnika w celu zachowania wymaganej szczelności wymieniamy

- a) pierścienie na tłoku.
- b) całą głowicę.
- c) tłok.
- d) wał korbowy.

14. Klucz dynamometryczny stosujemy do

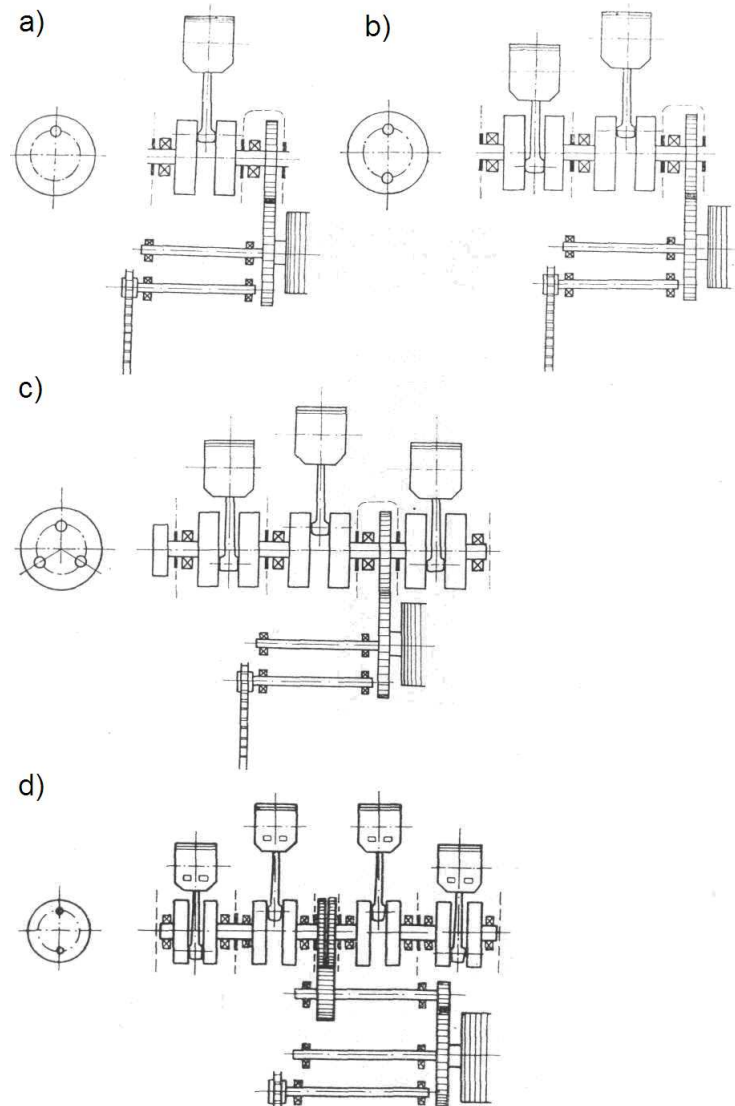
- a) odkręcenia łączonych elementów właściwym momentem siły.
- b) pomiaru szczelności połączeń podzespołów silnika.
- c) dokręcenie łączonych elementów właściwym momentem siły.
- d) osadzania pierścieni na tłoku.

15. Przedstawione na rysunku łożysko stosujemy w silniku

- a) jako łożysko główne.
- b) jako łożysko korbowodowe.
- c) jako łożysko główne i korbowodowe.
- d) nie znajduje zastosowania.



16. Silnik posiadający dwa wały korbowe przedstawiony jest na rysunku



17. Jeśli średnica cylindra wynosi 5,2 cm a skok tłoka 5,8 cm to pojemność skokowa cylindra wynosi

- a)  $93 \text{ cm}^3$ .
- b)  $103 \text{ cm}^3$ .
- c)  $113 \text{ cm}^3$ .
- d)  $123 \text{ cm}^3$ .

18. Jeżeli pojemność skokowa cylindra wynosi  $173,4 \text{ cm}^3$ , a objętość komory spalania wynosi  $21,7 \text{ cm}^3$  to stopień sprężania w przybliżeniu wynosi

- a) 8.
- b) 9.
- c) 10.
- d) 11.

19. Skok tłoka to droga tłoka w cylindrze wynosząca

- a) połowę długości ramienia korby.
- b) długości ramienia korby.
- c) podwójna długość ramienia korby.
- d) czterokrotna długość ramienia korby.

20. Jeżeli pojemność skokowa cylindra wynosi  $173,4 \text{ cm}^3$ , a objętość komory spalania wynosi  $21,7 \text{ cm}^3$  to objętość skokowa trzycylindrowego silnika wynosi
- a)  $173,4 \text{ cm}^3$ .
  - b)  $346,8 \text{ cm}^3$ .
  - c)  $520,2 \text{ cm}^3$ .
  - d)  $693 \text{ cm}^3$ .

## KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko .....

### Wykonywanie montażu i demontażu silnika dwusuwowego

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Numer zadania	Odpowiedź				Punktacja
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
16	a	b	c	d	
17	a	b	c	d	
18	a	b	c	d	
19	a	b	c	d	
20	a	b	c	d	
<b>Razem:</b>					

## 6. LITERATURA

1. Gorgoń J.: Demontaż i montaż silników dwusuwowych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2001
2. Rychter T.: ABC silnika dwusuwowego. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1980
3. Rychter T.: Silniki dwusuwowe pojazdów. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1988
4. <http://motocykle.svasti.org>
5. <http://www.syrena.nekla.pl>