

Wprowadzenie

**UKŁADY ZASILANIA
SILNIKÓW ZS**

Zadania układów zasilania ZS

- a) dokładne odmierzanie jednakowych dawek paliwa dla wszystkich cylindrów silnika
- b) wtryskiwanie paliwa w ściśle określonej chwili, gdy w cylindrze panuje odpowiednio wysokie ciśnienie powietrza
- c) wtryskiwanie strumienia paliwa pod wymaganym ciśnieniem w sposób dostosowany do typu komory spalania

Budowa układu zasilania silnika ZS

a) Obwód paliwa niskiego ciśnienia

- *przetłoczenie paliwa ze zbiornika do obwodu wysokiego ciśnienia*
- zbiornik paliwa, pompy zasilające, filtr paliwa, zawór regulujący ciśnienie

b) Obwód paliwa wysokiego ciśnienia

- *wytwarzanie wysokiego ciśnienia paliwa, określenie dawki i początku wtrysku*

c) Obwód regulacji

Rodzaje obwodów paliwa wysokiego ciśnienia

a) Układy z rzędową pompą wtryskową

- pompa ma dla każdego cylindra odrębną sekcję tłoczącą zasilającą jeden wtryskiwacz

b) Układy z rozdzielaczową pompą wtryskową

- pompa ma jedną sekcję tłoczącą, a paliwo jest rozdzielane do wtryskiwaczy za pomocą rozdzielacza

c) Układy z pompowtryskiwaczami

- *UIS – Unit Injector System*
- każdy cylinder ma jeden pompowtryskiwacz, który tłoczy i wtryskuje paliwo do komory spalania

Rodzaje obwodów paliwa wysokiego ciśnienia

d) Układy z indywidualnymi zespołami wtryskowymi

- *UPS – Unit Pump System*
- na każdy cylinder przypada jeden zespół wtryskowy, składający się z jednoosekcyjnej pompy połączonej krótkim przewodem wtryskowym z wtryskiwaczem

e) Zasobnikowe układy wtryskowe

- *CR – Common Rail*
- w zasobniku paliwo jest utrzymywane pod wysokim ciśnieniem, a elektroniczny sterownik silnika określa początek i dawkę wtrysku paliwa

UKŁAD ZASILANIA Z RZĘDOWĄ POMPA WTRYSKOWĄ

Cechy pompy rządowej

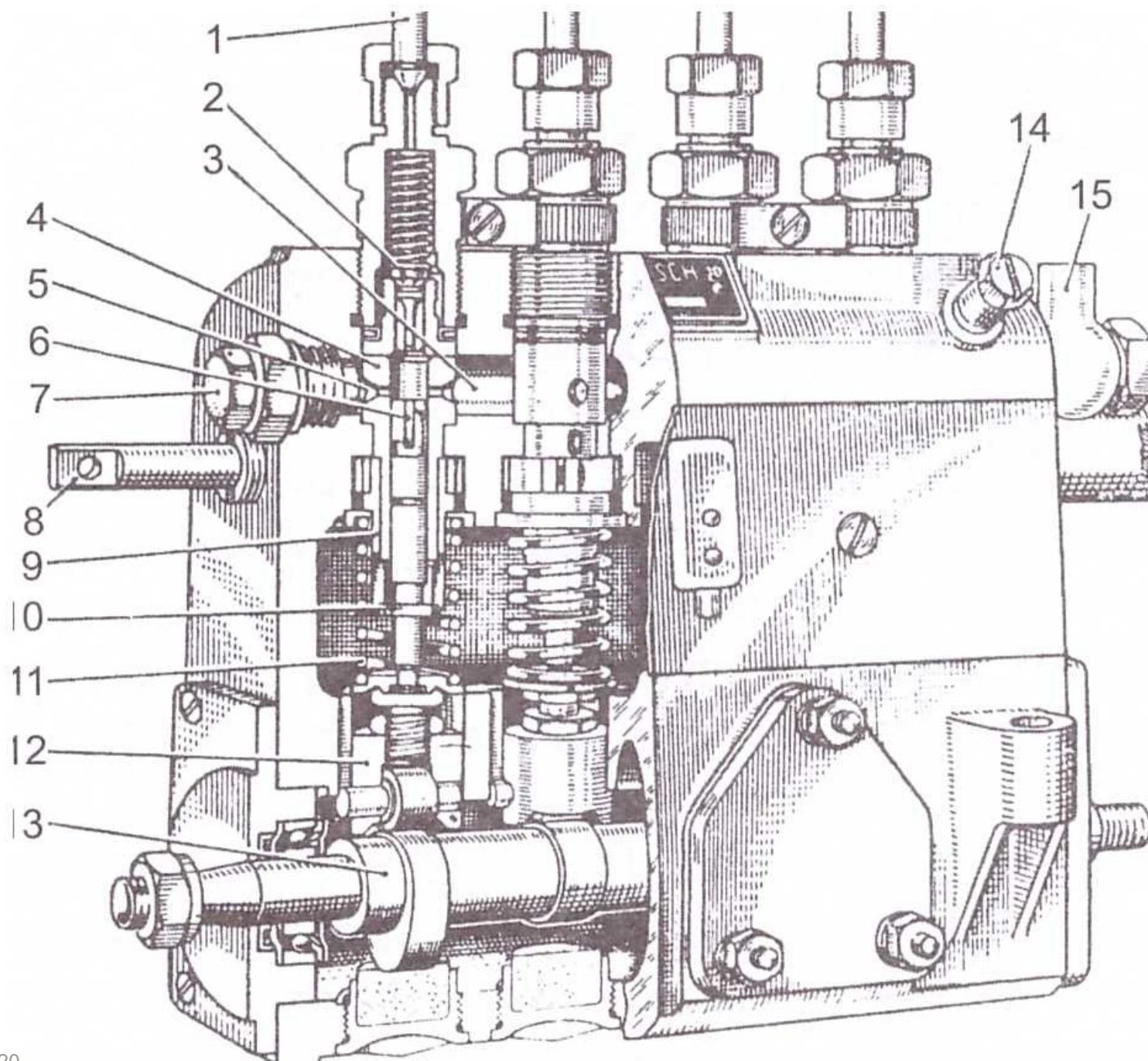
◎ Zalety

- zwartość konstrukcji
- podatność obsługowa

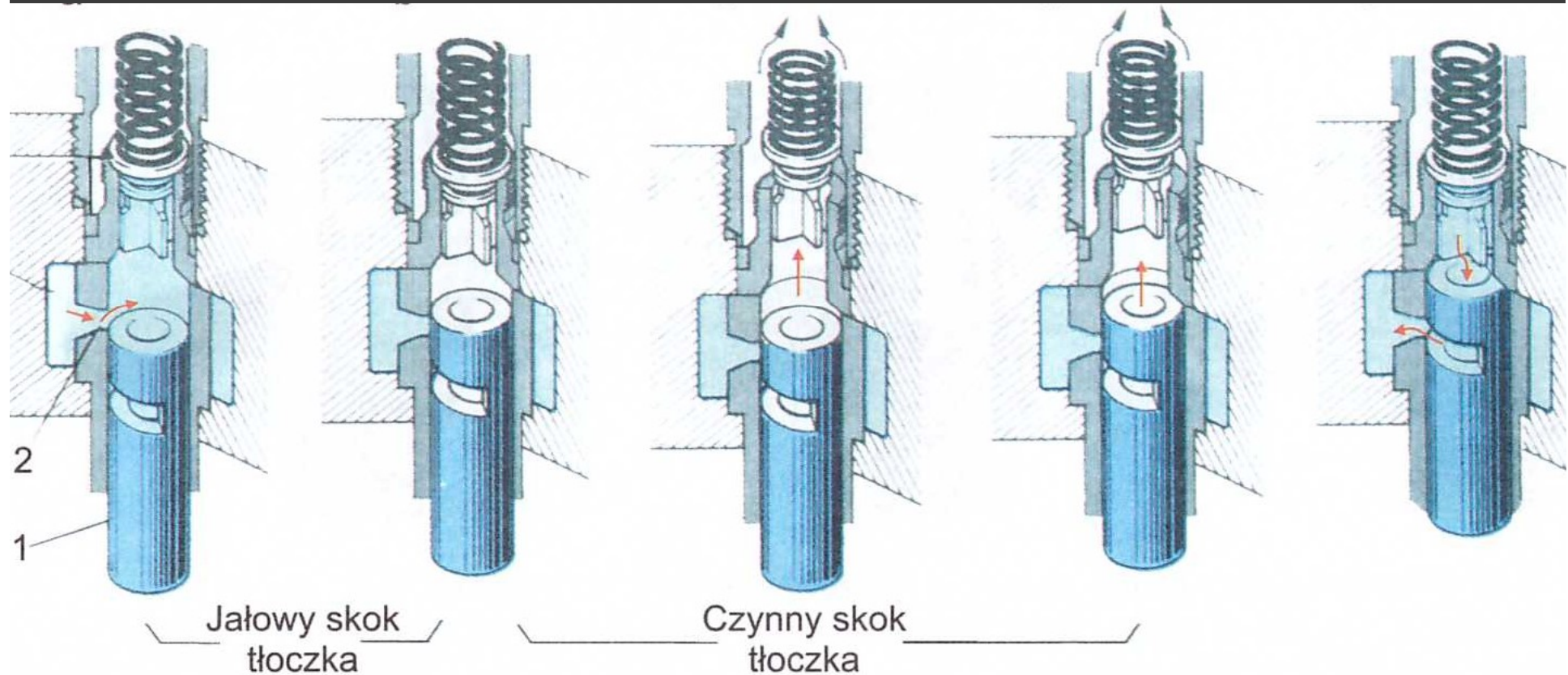
◎ Wady

- trudność uzyskania jednakowych dawek paliwa tłoczonych przez sekcje tłoczące
- konieczność stosowania długich przewodów wtryskowych (pulsacja paliwa)

Rzędowa pompa wtryskowa



Zasada tłoczenia paliwa



Sterowniki elektroniczne

a) Elektromagnetyczny nastawnik dawki paliwa

- rdzeń elektromagnesu zmienia położenie listwy regulacyjnej obciążonej sprężyną powrotną na podstawie sygnału ze sterownika silnika

b) Elektromagnetyczny zawór STOP

- wyłącza silnik w sytuacji awaryjnej

c) Elektromagnetyczny nastawnik początku tłoczenia

- zmiana początku tłoczenia dzięki przesuwaniu suwakowi między tłoczkiem a cylinderkiem

UKŁAD ZASILANIA Z ROZDZIELACZOWĄ POMPA WTRYSKOWĄ

Budowa pompy rozdzielaczowej

➤ jedna sekcja tłocząca

- zasila wszystkie cylindry

➤ rozdzielacz

- rozdziela paliwo w odpowiedniej kolejności do wtryskiwaczy

Rodzaje pomp rozdzielaczowych

- a) promieniowe
- b) osiowe

Budowa pompy promieniowej

a) łopatkowa pompa przetłaczająca

- z zaworem regulacyjnym ciśnienia i przelewowym zaworem dławiącym

b) sekcja tłocząca

- z tłoczkami promieniowymi, wałkiem rozdzielacza i zaworem odcinającym

c) zawór elektromagnetyczny wysokiego ciśnienia

d) przestawiacz wtrysku z zaworem elektromagnetycznym

e) czujnik kąta obrotu wałka napędowego pompy

f) sterownik pompy

Budowa układu z pompą osiową

◎ Obwód niskiego ciśnienia

- zbiornik paliwa z pompą zasilającą
- filtr paliwa
- pompa łopatkowa z zaworem regulacyjnym

◎ Obwód wysokiego ciśnienia

- głowica rozdzielacza z sekcją tłoczącą
- wtryskiwacze

Osiowa pompa rozdzielaczowa

- a) wałek napędowy
- b) pierścień rolek
- c) rolki
- d) sprzęgło
- e) tarcza krzywkowa
- f) tłokorozdzielacz

DIAGNOSTYKA POMP WTRYSKOWYCH

Metody pomiaru

a) metoda statyczna (przy niepracującym silniku)

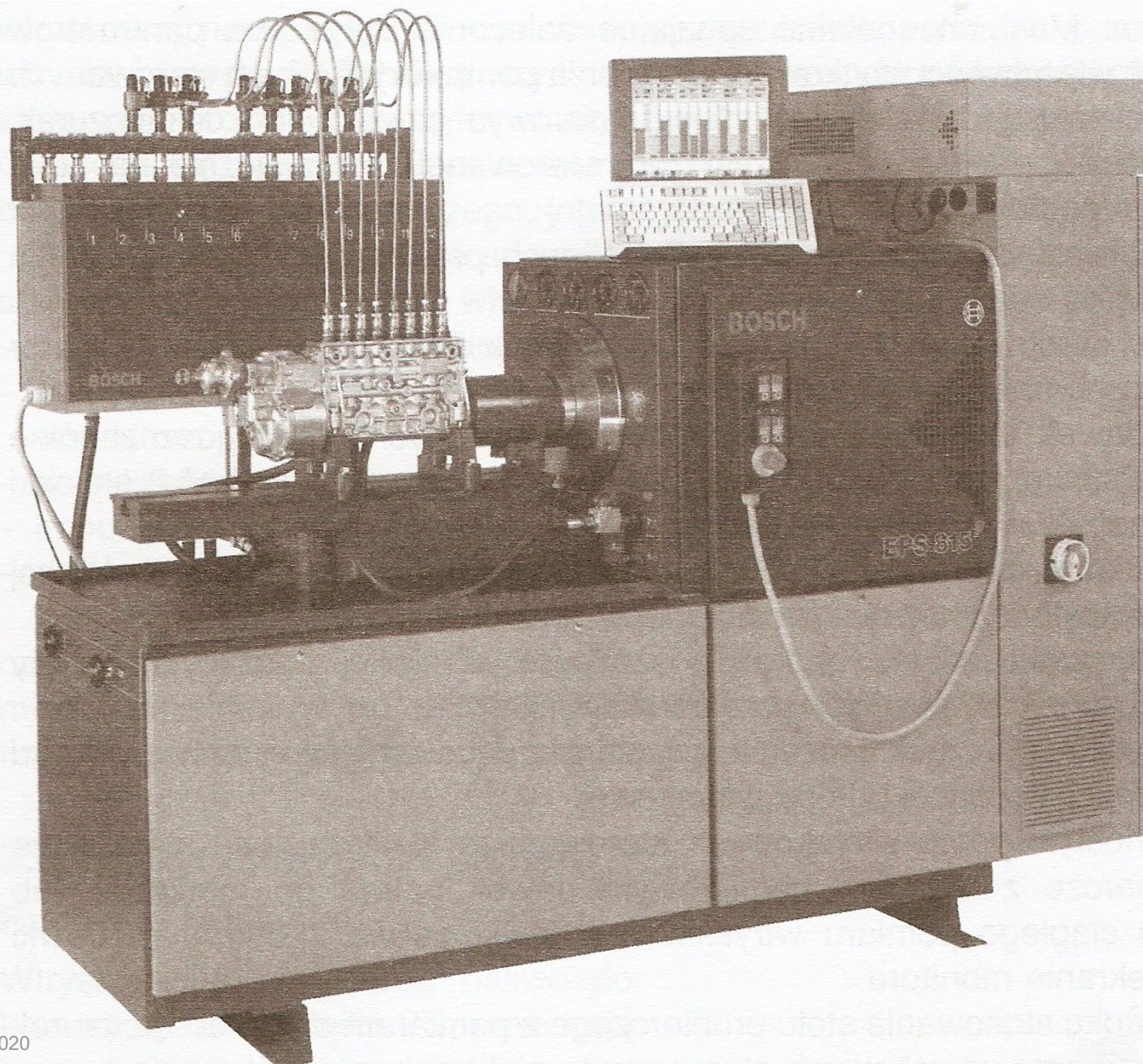
- *najczęściej w pompach wtryskowych z regulatorem mechanicznym*
- wkręcanie momentoskopu (urządzenie ze szklaną rurką) w poszczególne sekcje pompy

b) metoda dynamiczna (przy pracującym silniku)

- za pomocą diagnostyki układu wtryskowego silnika ZS (tzw. diesel-tester)

Stół probierczy

- służy do kompleksowego badania oraz regulacji rozdzielaczowych i rzędowych pomp wtryskowych
- Budowa
 - płyta stanowiska
 - układ napędowy stołu
 - układ pomiarowy z wtryskiwaczami probierczymi
 - układ zasilania stanowiska manometry
 - układ sterowania elektronicznego



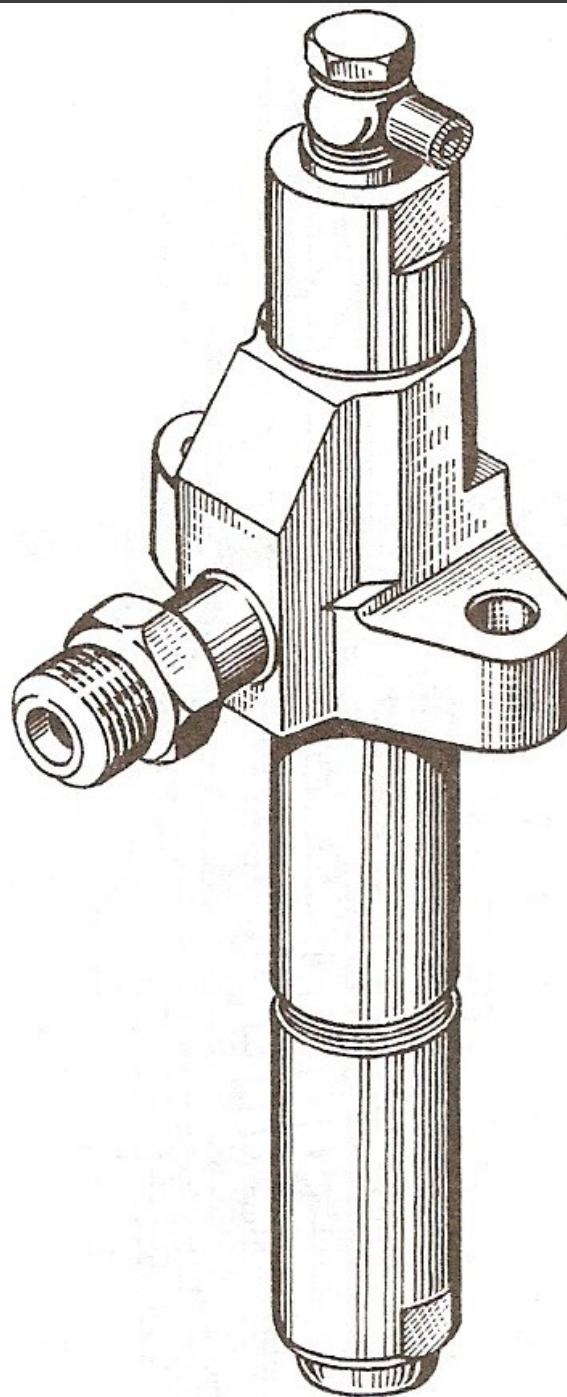
WTRYSKIWACZE PALIWA

Zadania wtryskiwacza

- a) kształtowanie prawidłowego przebiegu wtrysku
 - dokładny przebieg ciśnienia i rozdział dawki paliwa w odniesieniu do kąta obrotu wału korbowego
- b) optymalne rozpylenie i rozdział paliwa w komorze spalania
- c) zapewnienie szczelności układu wtrysku paliwa względem komory spalania

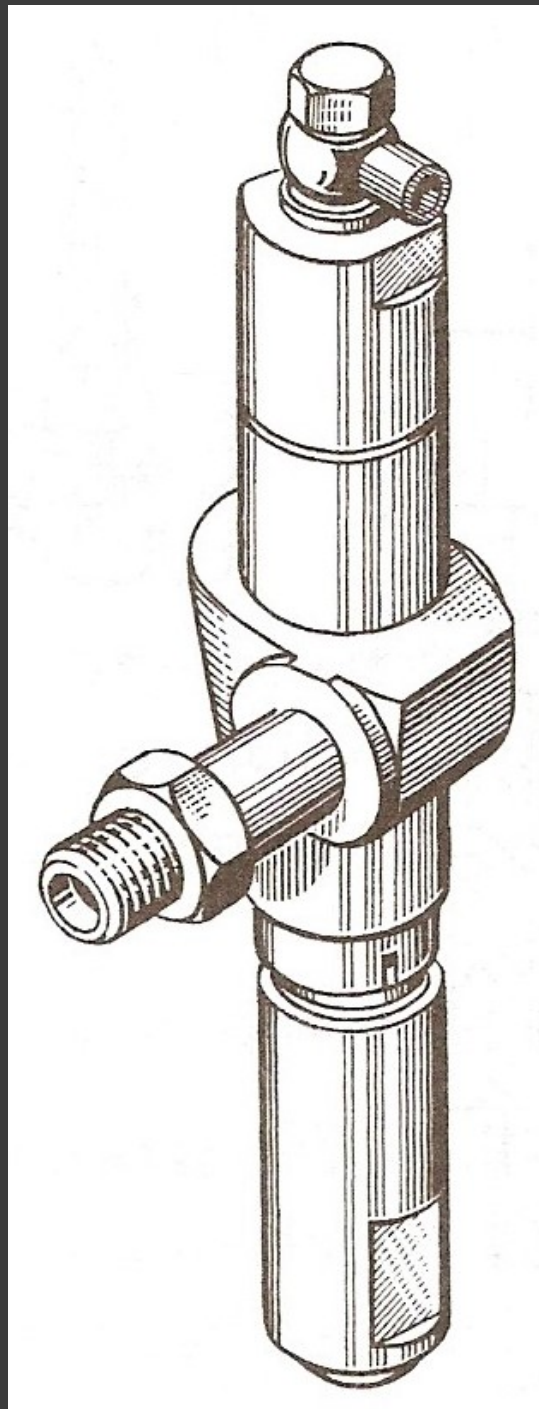
Sposoby mocowania wtryskiwaczy

a) kołnierzowe



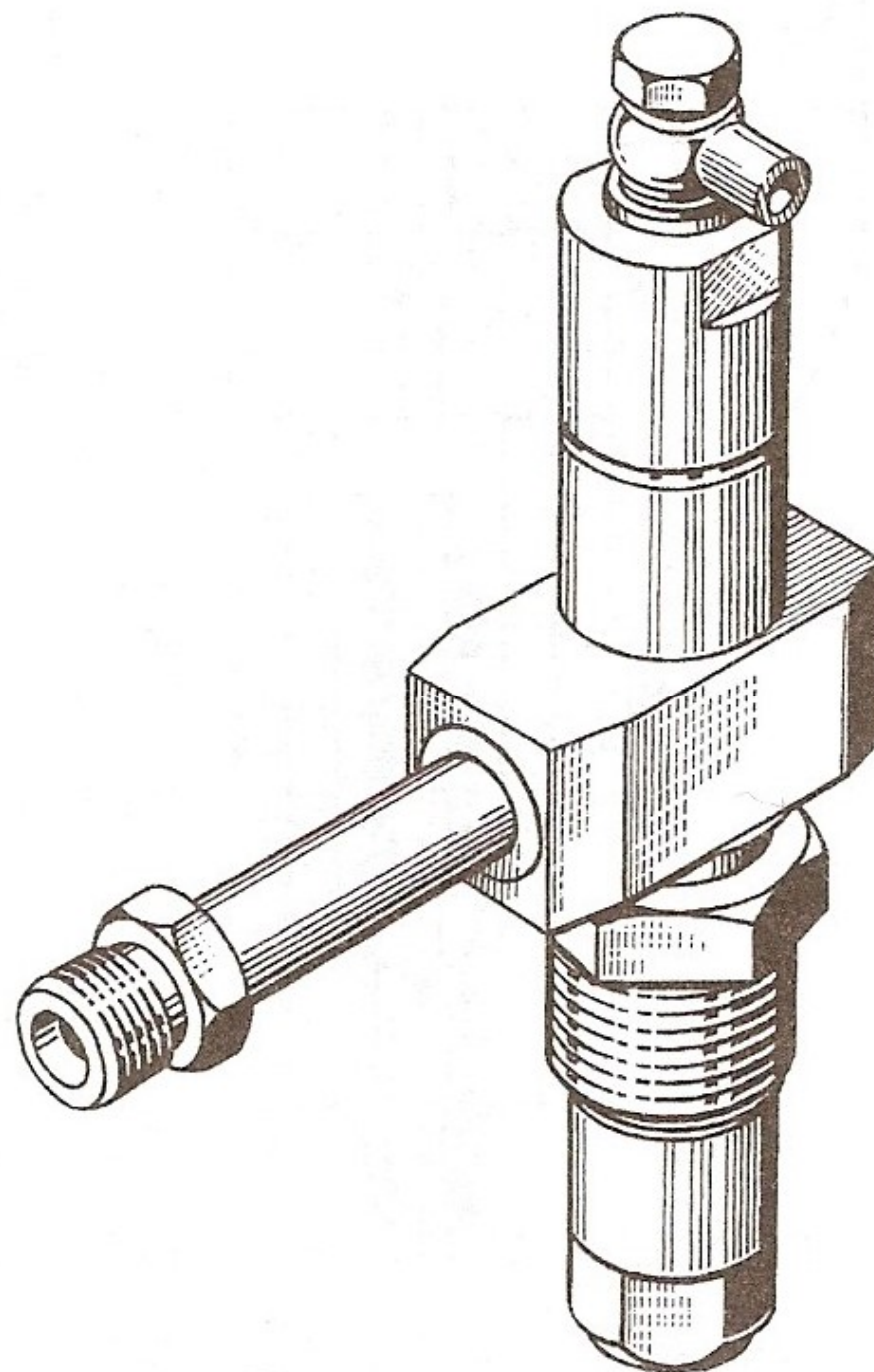
Sposoby mocowania wtryskiwaczy

- a) kołnierzowe
- b) jarzmowe



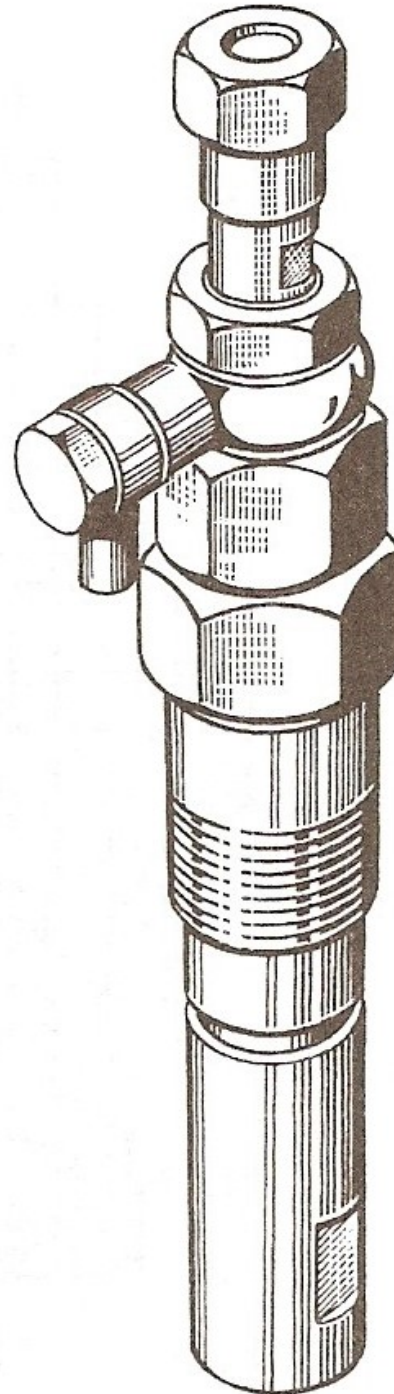
Sposoby mocowania wtryskiwaczy

- a) kołnierzowe
- b) jarzmowe
- c) nakrętką dociskową

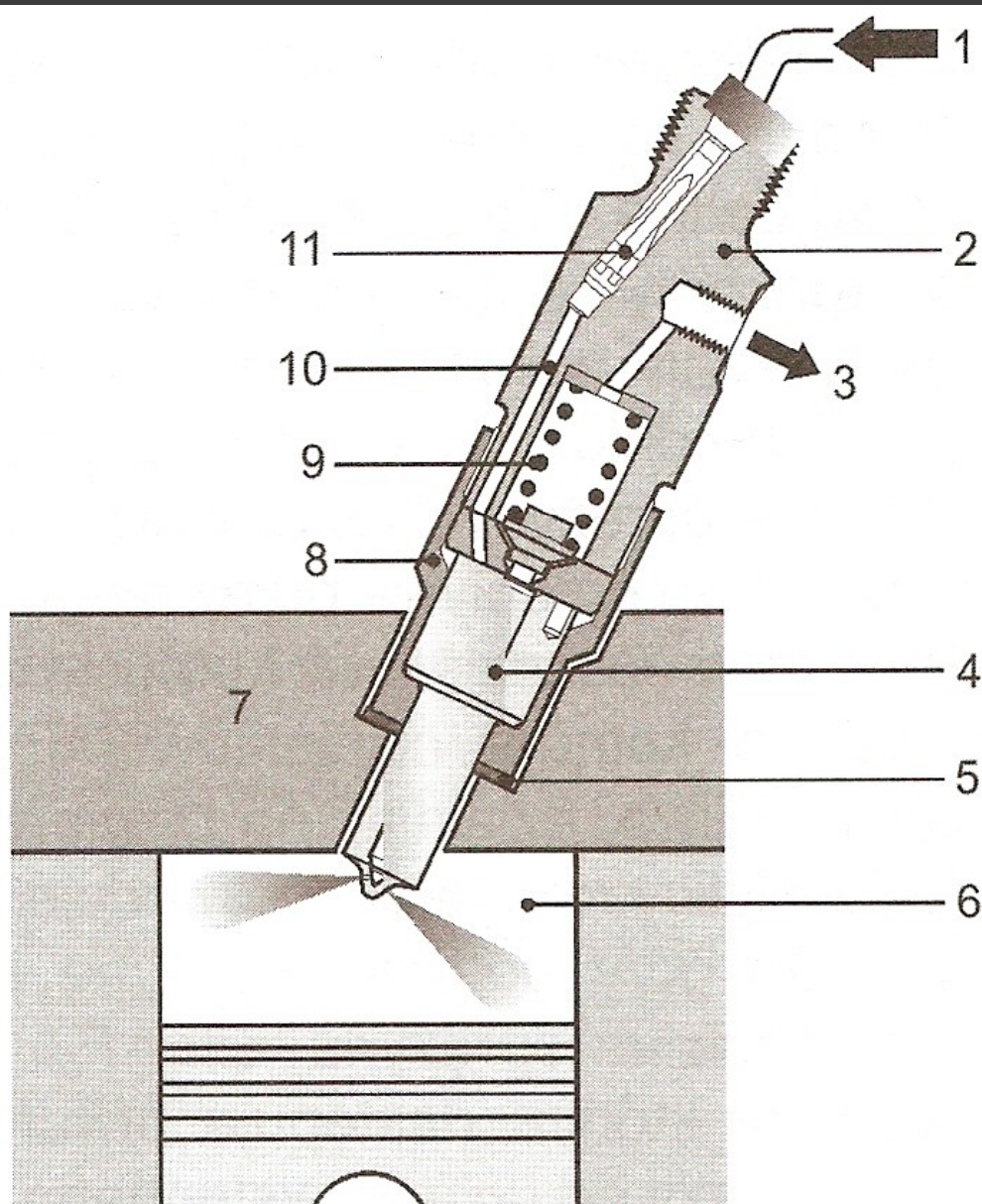


Sposoby mocowania wtryskiwaczy

- a) kołnierzowe
- b) jarzmowe
- c) nakrętką dociskową
- d) gwintowe



Zabudowa wtryskiwacza



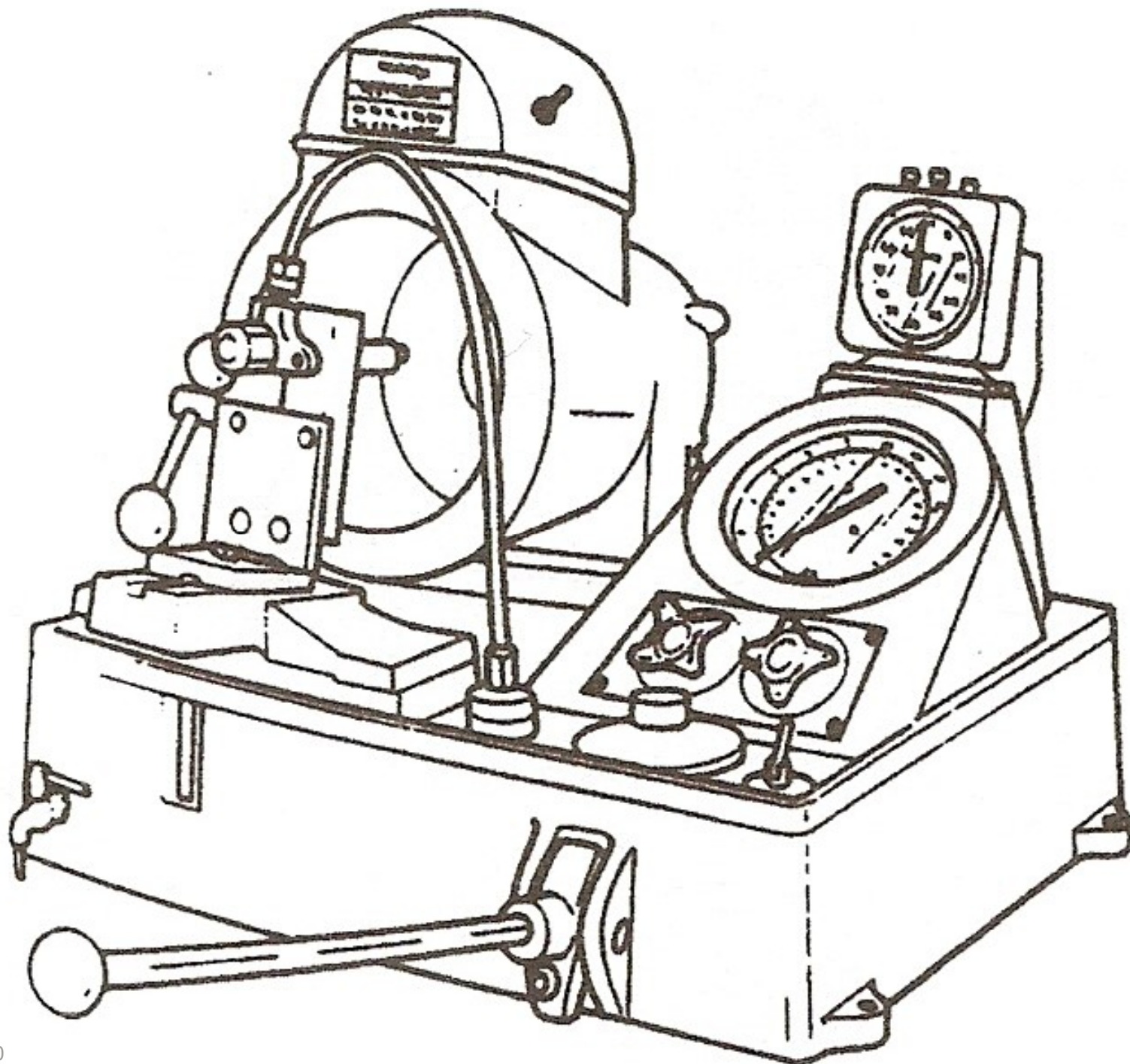
1. doprowadzenie paliwa
2. obsada wtryskiwacza
3. przelew paliwa
4. rozpylacz
5. podkładka uszczelniająca
6. komora spalania
7. głowica silnika
8. nakrętka mocująca
9. sprężyna dociskowa
10. kanał ciśnieniowy
11. filtr

Rodzaje wtryskiwaczy

- ◎ jednosprężynowe (standardowe)
- ◎ dwusprężynowe

Diagnostyka wtryskiwaczy

Próbnik wtryskiwaczy



Charakterystyczne parametry oceny pracy wtryskiwacza

a) ciśnienie otwarcia wtryskiwacza

- regulacja za pomocą podkładek lub śruby regulacyjnej

b) szczelność gniazda rozpylacza

- przy ciśnieniu o 2 MPa niższym od ciśnienia otwarcia wtryskiwacza w ciągu 10 s nie może oderwać się z rozpylacza kropla paliwa

c) szczelność wewnętrzna rozpylacza

- pomiar czasu spadku ciśnienia górnego (o 2,5 MPa niższe od ciśnienia otwarcia) do dolnego

Charakterystyczne parametry oceny pracy wtryskiwacza

d) dźwięk rozpylacza

- chrypienie oznacza, że iglica w czasie ruchu się nie zacina

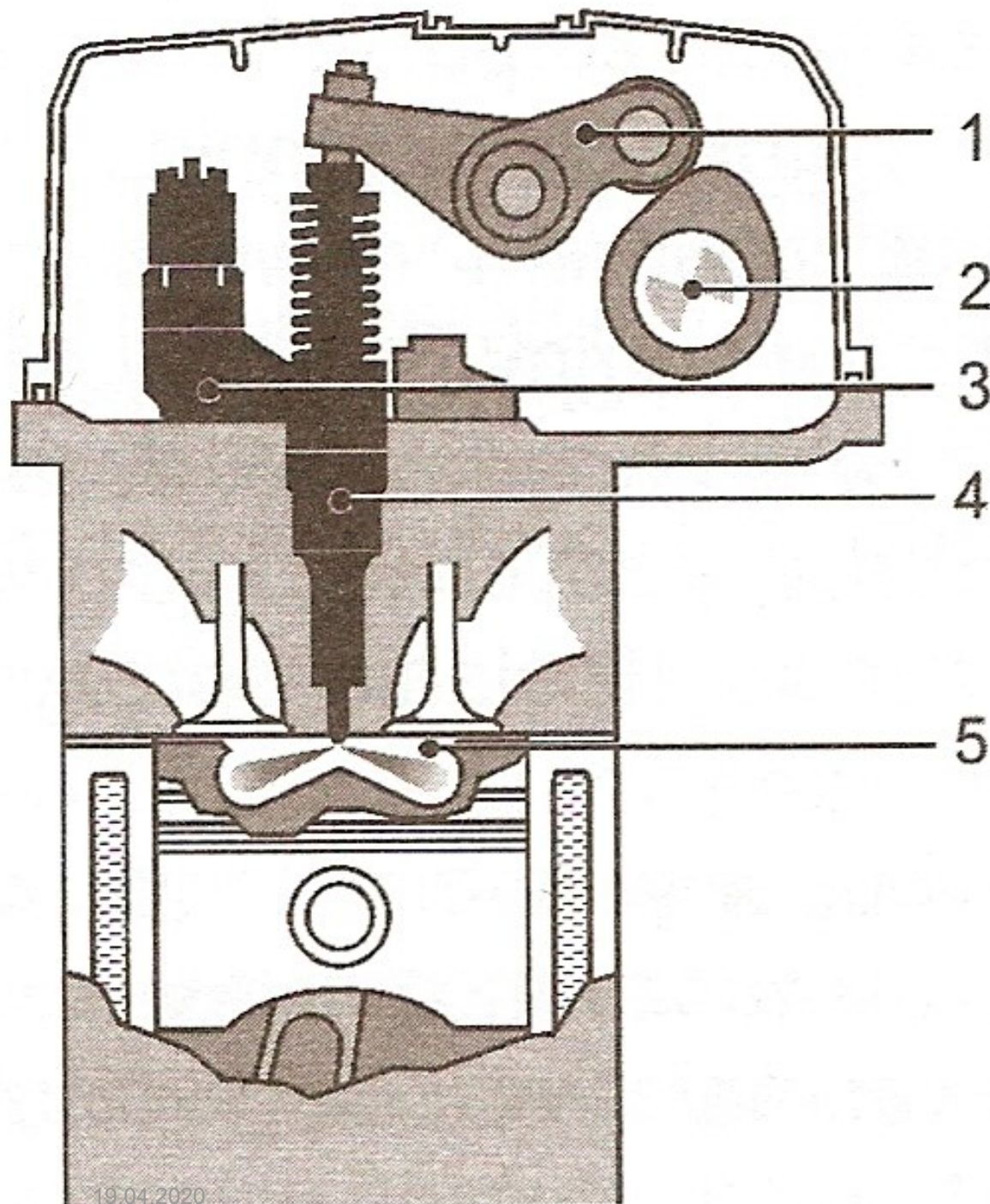
e) jakość rozpylenia i położenie strug paliwa

- idealna mgiełka, brak kropli paliwa na końcówce rozpylacza

UKŁADY WTRYSKOWE Z POMPOWTRYSKIWACZAMI

Pompowtryskiwacze

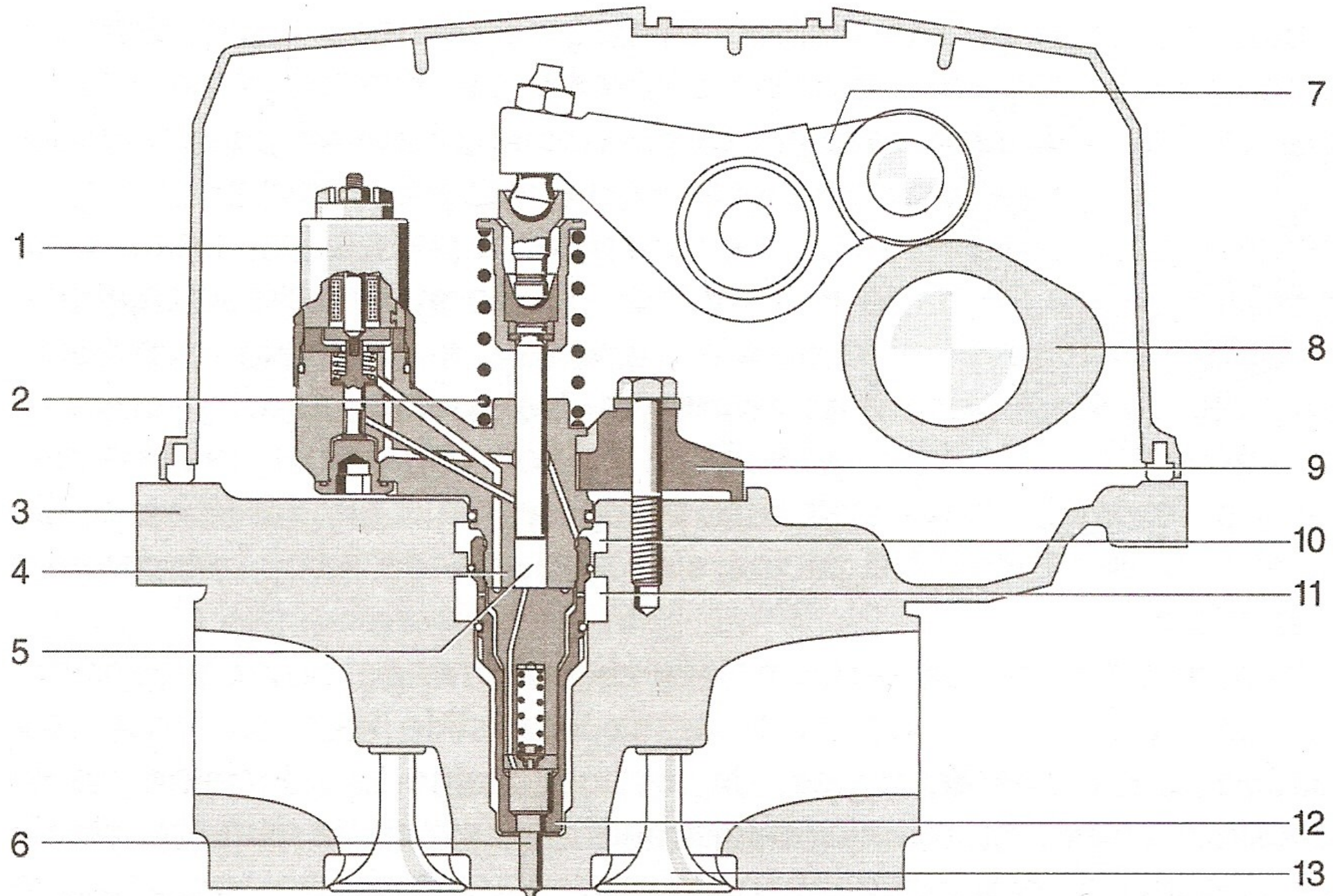
- a) eliminują niekorzystne zjawiska towarzyszące odkształcaniu się przewodów wysokiego ciśnienia
- b) umożliwiają wzrost ciśnienia wtrysku paliwa (lepsze rozdrobnienie i wymieszanie w komorze spalania)
- c) początek i czas wtrysku, zmiana dawki paliwa są regulowane elektronicznie



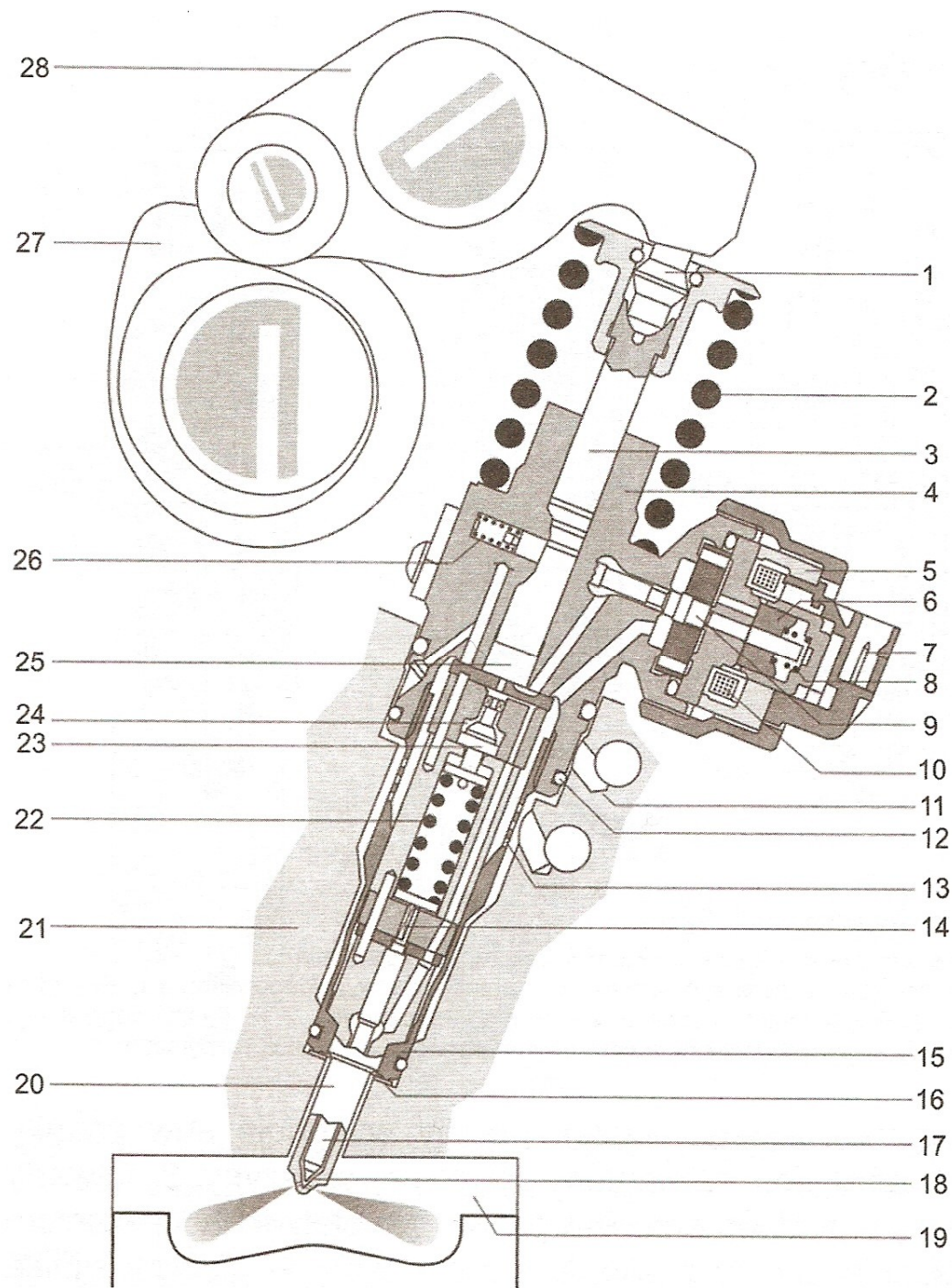
Schemat działania

- 1 – popychacz rolkowy
- 2 – wałek rozrządu
- 3 – zawór elektromagnetyczny wysokiego ciśnienia
- 4 – pompowtryskiwacz
- 5 – komora spalania

Zabudowa pompowtryskiwacza



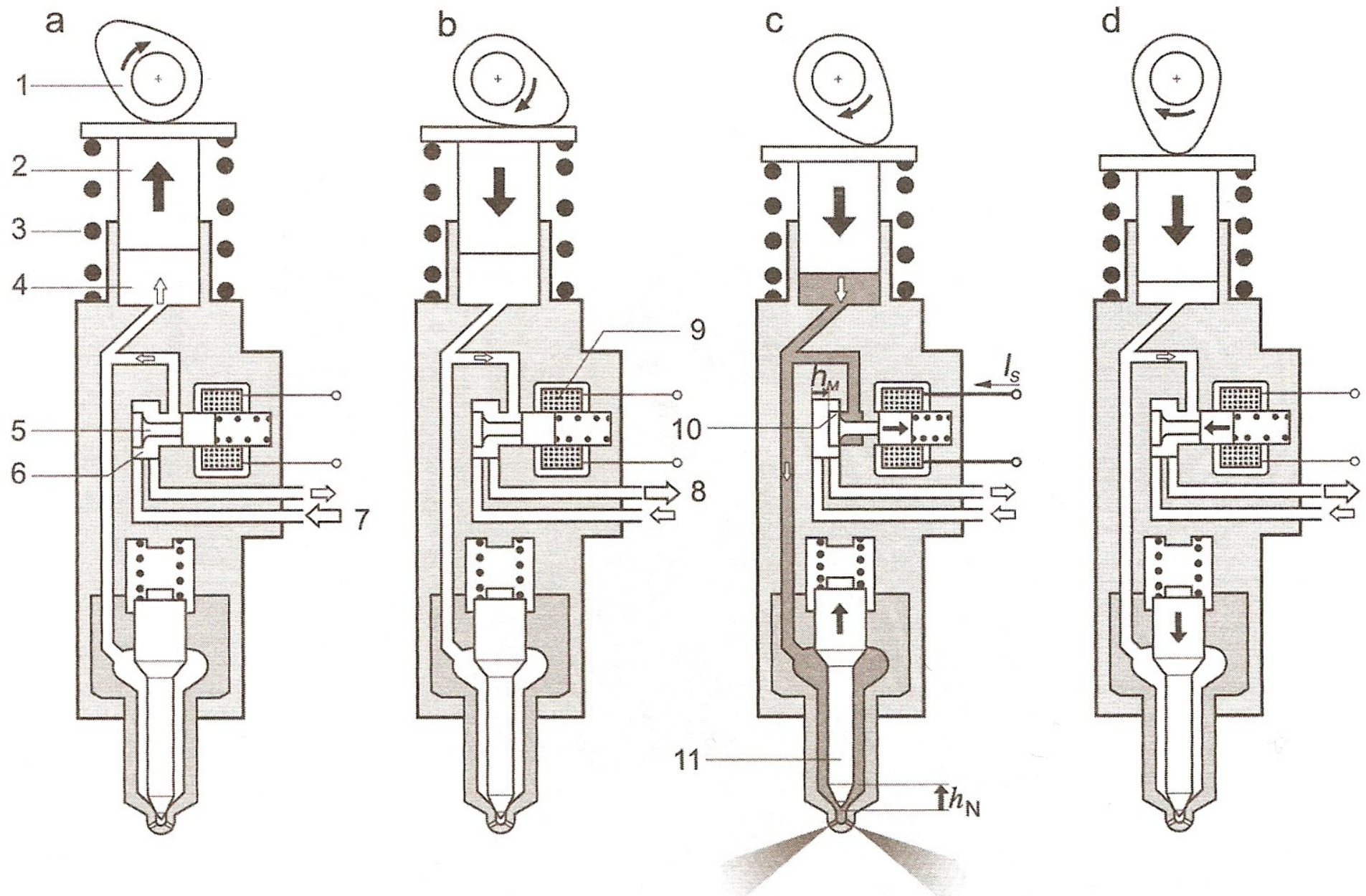
Budowa pompo- wtryskiwacza



Działanie pompowtryskiwacza

- ⦿ faza napełniania
- ⦿ faza przelewania
- ⦿ faza wtrysku paliwa
- ⦿ faza redukcji ciśnienia

Działanie pompowtryskiwacza



Diagnostyka

UKŁADY WTRYSKOWE Z POMPOWTRYSKIWACZAMI

Objawy uszkodzenia pompowtryskiwacza

- a) zwiększone zużycie paliwa
- b) gorsze osiągi
- c) nierównomierna praca na biegu jałowym
- d) trudności z rozruchem lub gaśnięciem silnika

Przyczyny uszkodzeń pompowtryskiwacza

- a) utrata szczelności rozpylacza
- b) utrata szczelności sekcji tłoczącej
- c) uszkodzenie zaworu elektromagnetycznego
- d) pęknięcie sprężyny
- e) zanieczyszczenie filtra paliwa na dopływie do pompowtryskiwacza

Diagnostyka pompowtryskiwacza

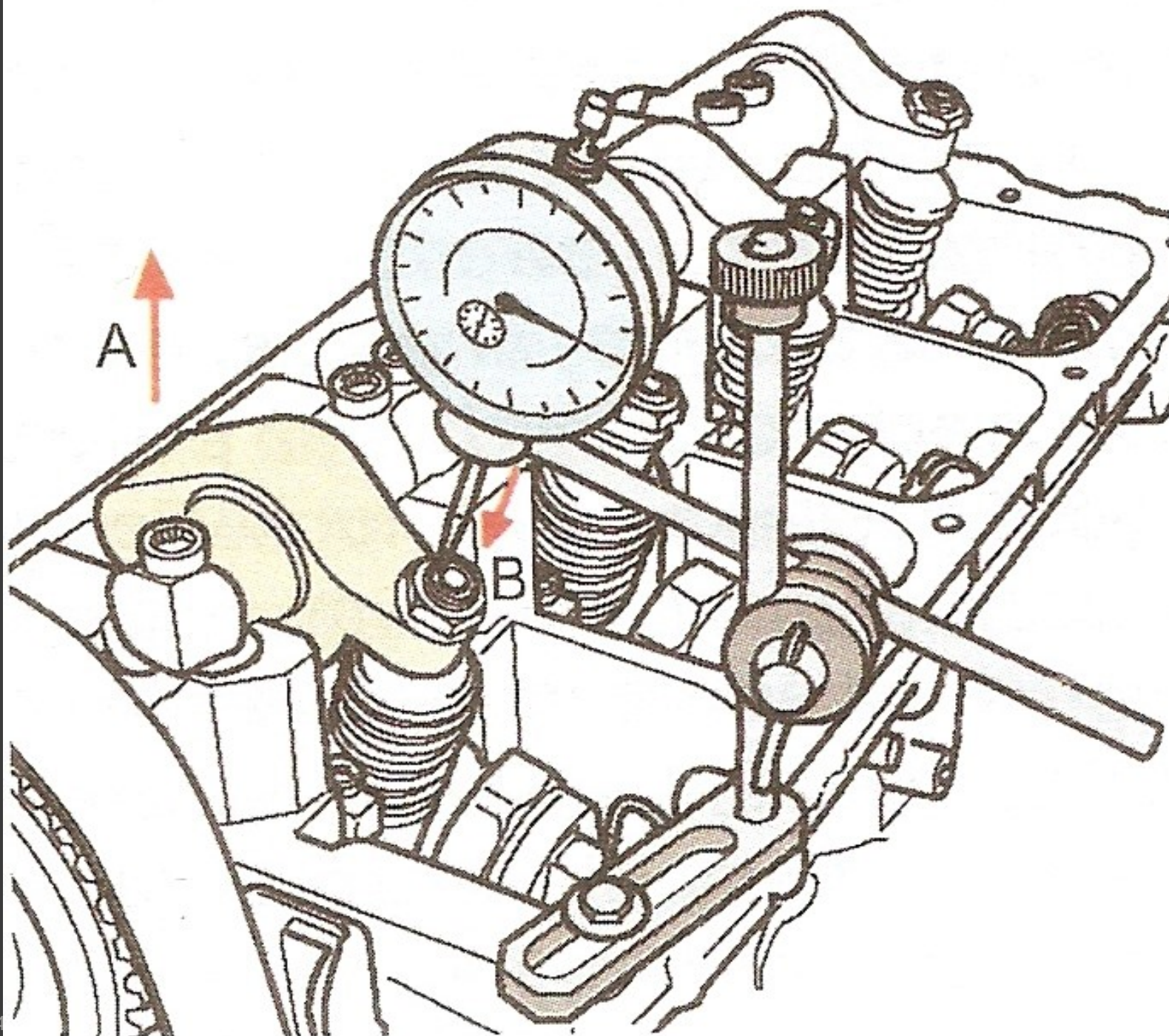
a) sprawdzenie ciśnienia zasilania w układzie paliwowym

- na biegu jałowym ok. 0,15 MPa
- przy 1500 obr/min silnika ok. 0,4 MPa
- przy 4000 obr/min silnika ok. 0,75 MPa

b) mechaniczne ustawienie rozrządu

Diagnostyka pompowtryskiwacza

- c) sprawdzenie odstępu między tłoczkiem sekcji tłoczącej a dnem komory wysokiego ciśnienia
- stopkę czujnika zegarowego przystawić do śruby regulacyjnej
 - obracać wałem korbowym, aż krzywka napędowa znajdzie się w najwyższym położeniu (czujnik w najniższym)



Diagnostyka pompowtryskiwacza

c) sprawdzenie odstępu między tłoczkiem sekcji tłoczącej a dnem komory wysokiego ciśnienia

- stopkę czujnika zegarowego przystawić do śruby regulacyjnej
- obracać wałem korbowym, aż krzywka napędowa znajdzie się w najwyższym położeniu (czujnik w najniższym)
- zdjąć czujnik i lekko dokręcać śrubę do wyczuwalnego oporu
- cofnąć śrubę regulacyjną o 225°
- zablokować ją za pomocą przeciwnakrętki

Diagnostyka pompowtryskiwacza

d) porównanie ilościowe dawkowania

podczas testu drogowego lub na hamowni pod obciążeniem

- przy ok. 3800 obr/min silnika pod obciążeniem dawka powinna wynosić powyżej 45 mg/skok
- odchyłki w dawkowaniu poszczególnych cylindrów poniżej 1,5 mg/skok

e) sprawdzenie zaworu elektromagnetycznego

f) sprawdzenie sterowania zaworu elektromagnetycznego

UKŁADY WTRYSKOWE Z INDYWIDUALNYMI ZESPOŁAMI WTRYSKOWYMI

Budowa zespołu

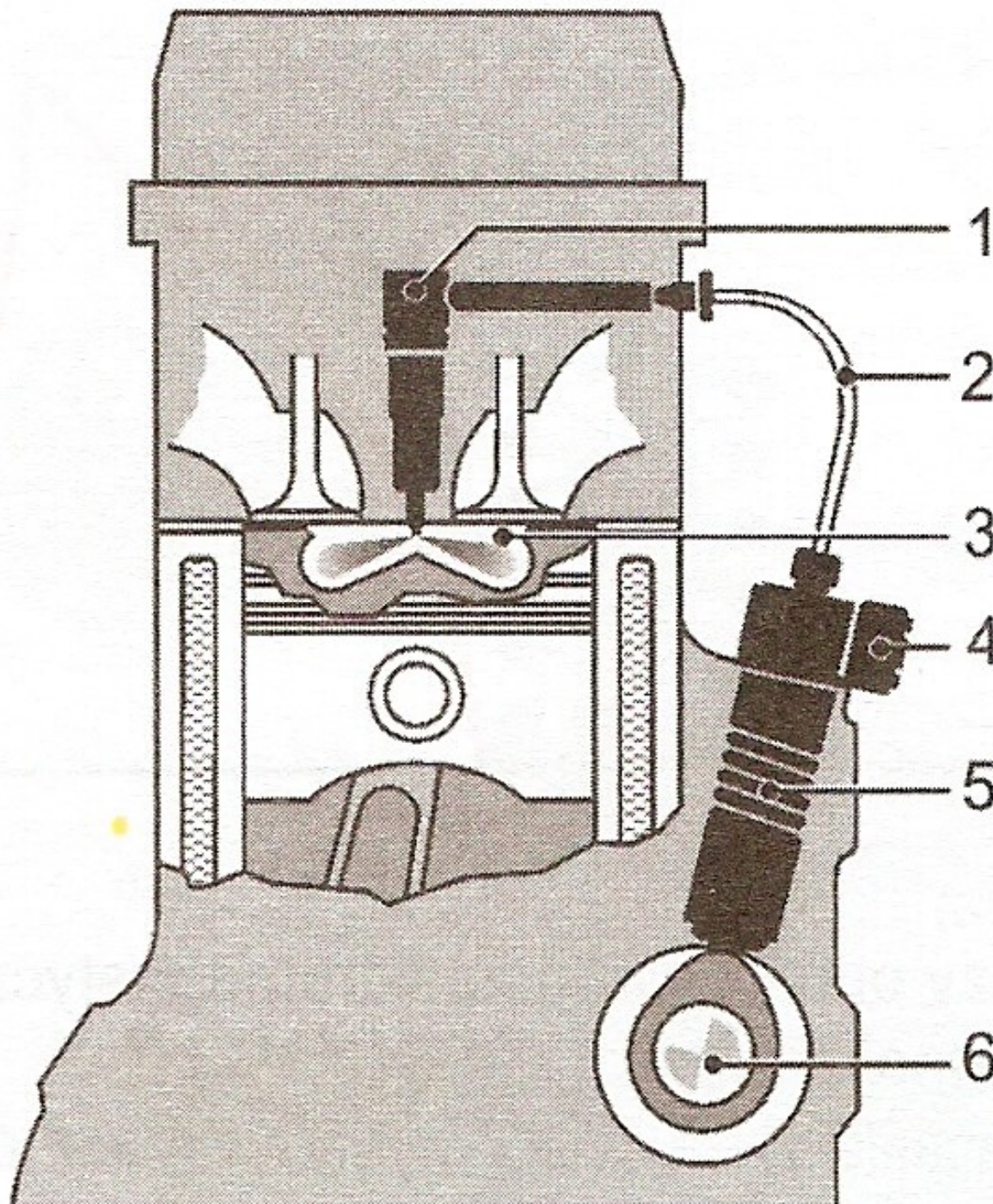
a) indywidualne pompy wtryskowe

- osadzone w gniazdach górnej płyty kadłuba
- popychacze rolkowe współpracują z dodatkową krzywką na wałku rozrządu
- elektromagnetyczny zawór sterowany sygnałem ze sterownika silnika

b) krótki przewód wtryskowy

c) wtryskiwacz

Budowa zespołu



- 1 – wtryskiwacz
- 2 – krótki przewód
- 3 – komora spalania
- 4 – zawór elektromagnetyczny wysokiego ciśnienia
- 5 – indywidualna pompa wtryskowa
- 6 – wałek rozrządu

Zalety

- a) **krótkie przewody wysokiego ciśnienia**
 - duża dokładność dawkowania i chwili początku wtrysku w poszczególnych cylindrach
- b) **może być zastosowany w silniku o dowolnej liczbie cylindrów**
- c) **nie wymaga specjalnego dostosowania konstrukcji głowicy**
- d) **nie wymaga dodatkowych popychaczy**
- e) **łatwy demontaż pompy**
 - łatwa obsługa w czasie przeglądu

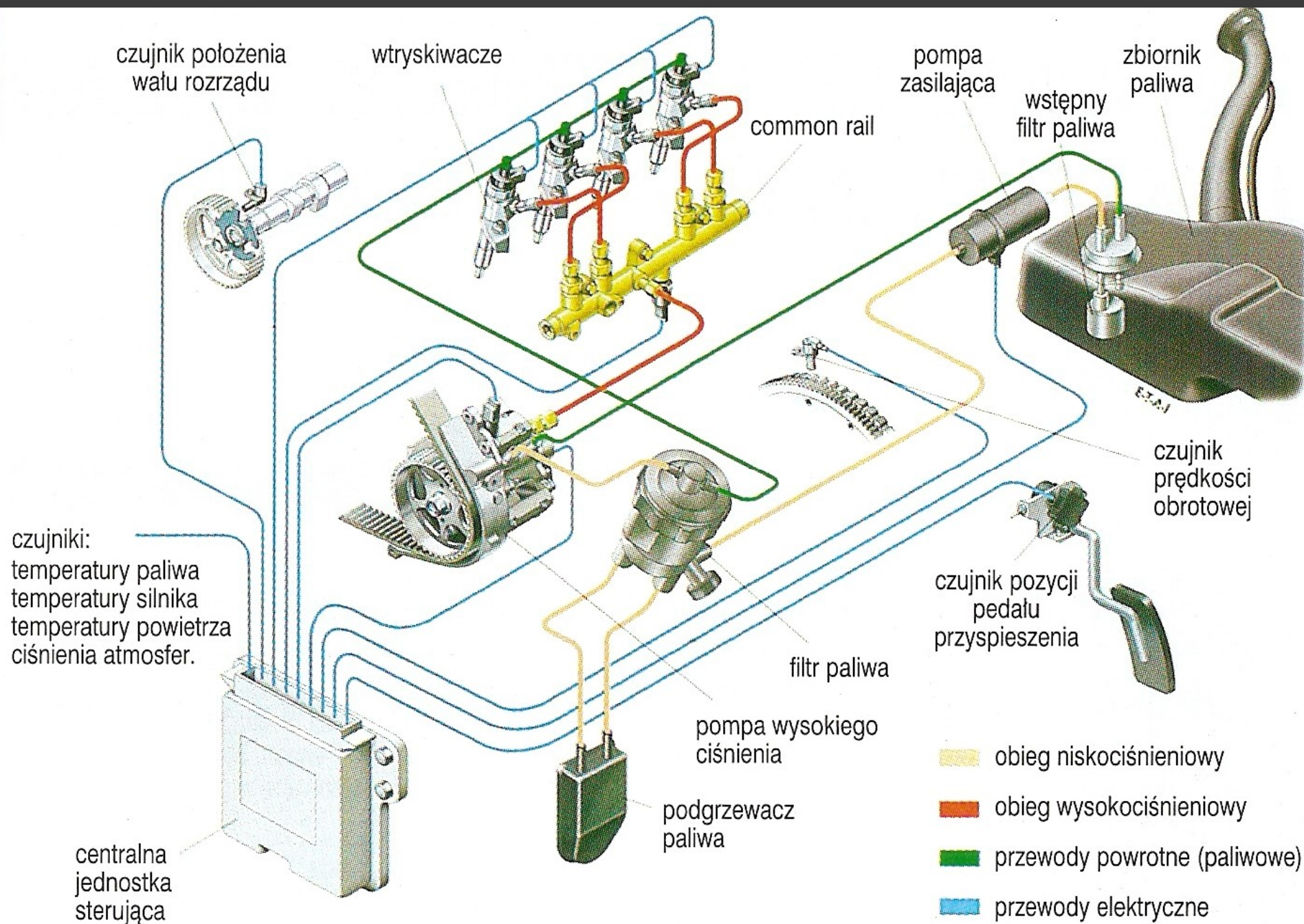
ZASOBNIKOWY UKŁAD WTRYSKOWY COMMON RAIL (CR)

Cechy układu CR

- a) ciśnienie wtrysku jest wytwarzane niezależnie od prędkości obrotowej i dawki paliwa
- b) chwila i ciśnienie wtrysku (20-200 MPa) są obliczane w elektronicznym sterowniku silnika i realizowane przez elektronicznie sterowane wtryskiwacze
 - zwiększenie mocy jednostkowej silnika
 - zmniejszenie zużycia paliwa
 - zmniejszenie emisji spalin

Budowa układu CR

- a) obwód niskiego ciśnienia
- b) obwód wysokiego ciśnienia
- c) elektroniczny obwód sterowania

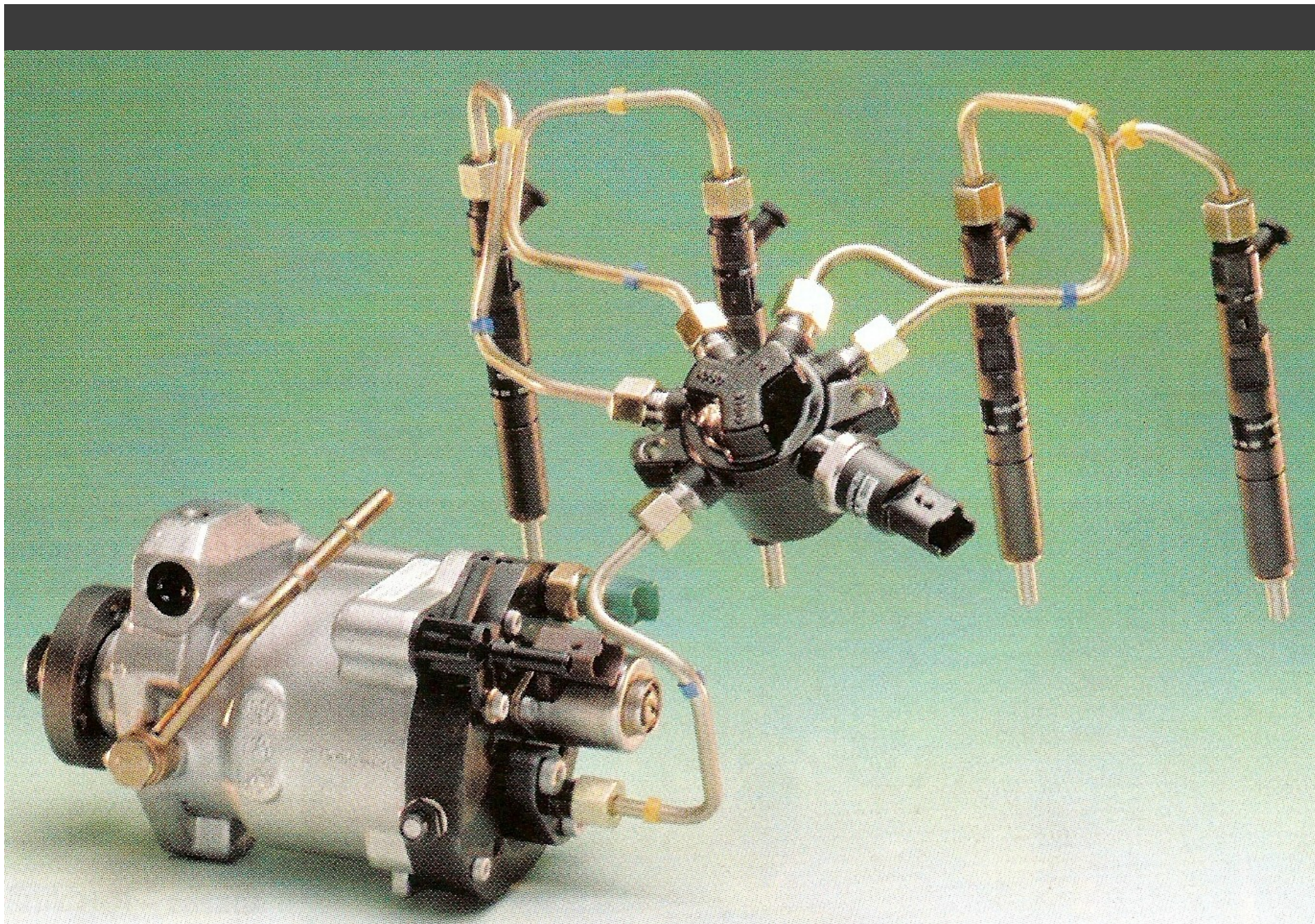


Obwód niskiego ciśnienia

- a) zbiornik paliwa
- b) pompa zasilająca
 - elektryczna pompa wporowa
 - mechaniczna pompa zębata
- c) filtr paliwa
- d) przewody niskiego ciśnienia
- e) podgrzewacz paliwa
- f) chłodnica paliwa

Obwód wysokiego ciśnienia

- a) pompa wysokiego ciśnienia
- b) zawór regulacyjny ciśnienia lub dozownik paliwa
- c) zasobnik paliwa wysokiego ciśnienia
- d) zawór redukcyjny ciśnienia
- e) wtryskiwacze paliwa
- f) przewody wysokiego ciśnienia



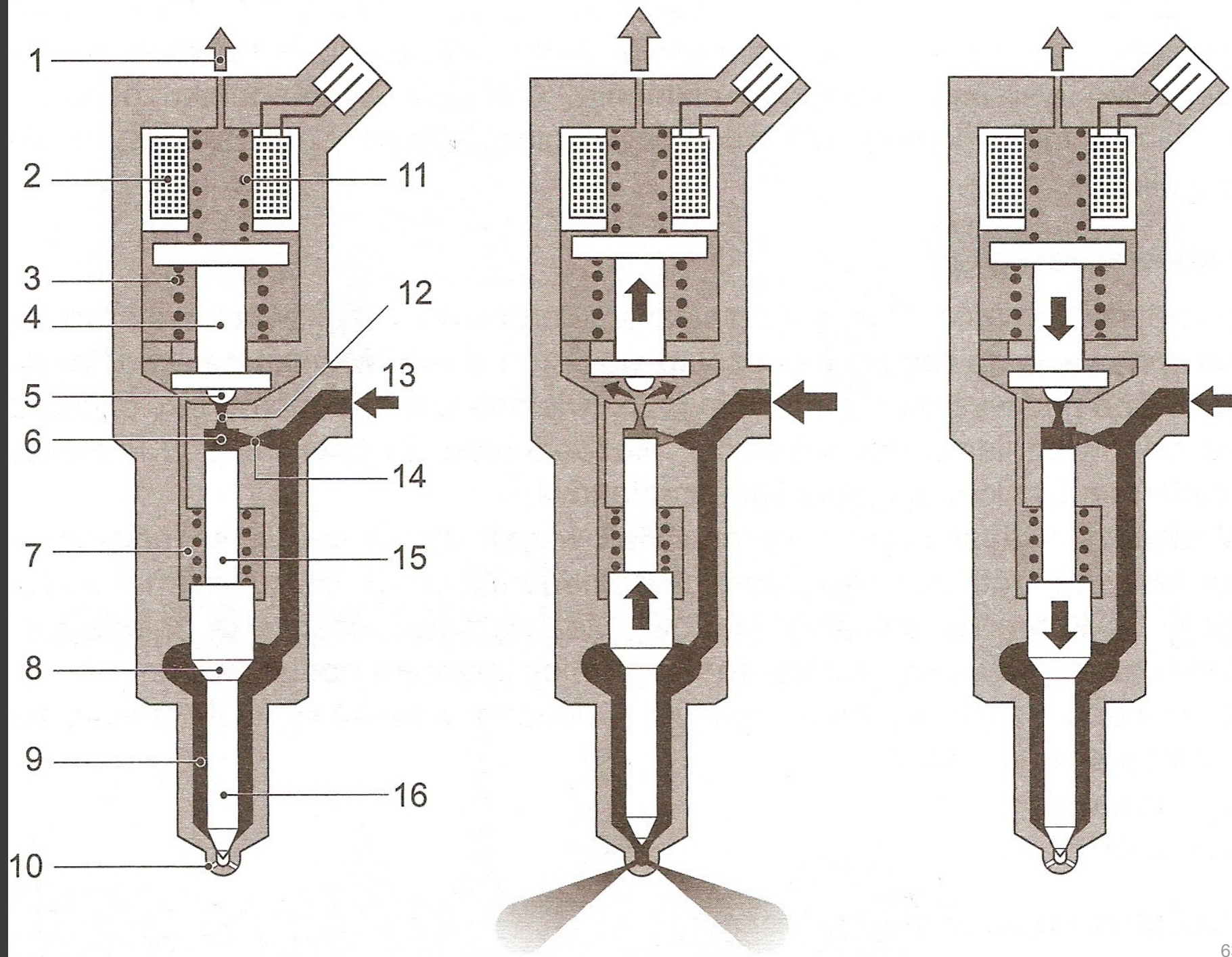
Zasobnik

- a) zbiornik paliwa wysokiego ciśnienia
- b) połączenia wtryskiwaczy
- c) czujnik ciśnienia paliwa
- d) zawór redukcyjny lub regulacyjny ciśnienia
- e) ogranicznik przepływu paliwa
- f) czujnik temperatury paliwa

Wtryskiwacze paliwa

a) elektromagnetyczne

- rozpylacz otworowy
- hydrauliczny układ wspomagający
- zawór elektromagnetyczny



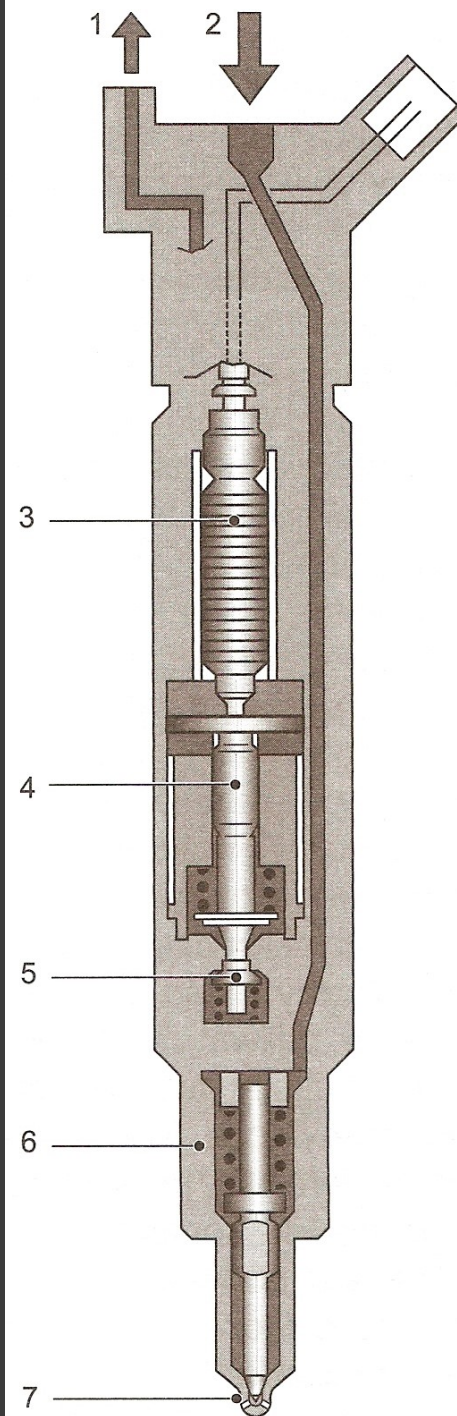
Wtryskiwacze paliwa

a) elektromagnetyczne

- rozpylacz otworowy
- hydrauliczny układ wspomagający
- zawór elektromagnetyczny

b) piezoelektryczne

- siłownik piezoelektryczny
- przetwornik hydrauliczny
- zawór sterujący
- rozpylacz



Zalety wtryskiwaczy piezoelektrycznych

- a) możliwość realizacji wtrysku wielokrotnego o zmiennym początku i zmiennym odstępie między pojedynczymi wtryskami
- b) wytwarzanie bardzo małych dawek dla wtrysku wstępnego
- c) mniejsze wymiary i masa wtryskiwacza
- d) mniejszy hałas podczas pracy
- e) mniejsze zużycie paliwa, mniejsza emisja spalin i zwiększenie mocy silnika

DIAGNOSTYKA UKŁADU WTRYSKOWEGO COMMON RAIL

Samodiagnostyka układu CR

➤ Charakterystyczne parametry

- prędkość obrotowa wału korbowego
- temperatura cieczy chłodzącej
- nominalne i rzeczywiste ciśnienie paliwa w zasobniku
- dawka wtrysku na jeden wtryskiwacz
- położenie zaworu regulacyjnego ciśnienia
- korekcja nierównomierności biegu silnika

Możliwe przyczyny zatrzymania silnika

- a) uszkodzenie czujnika położenia wału korbowego lub wałka rozrządu
- b) uszkodzenie zaworu regulacyjnego ciśnienia
- c) uszkodzenie czujnika ciśnienia w zasobniku
- d) nadmierne dawkowanie jednego z wtryskiwaczy

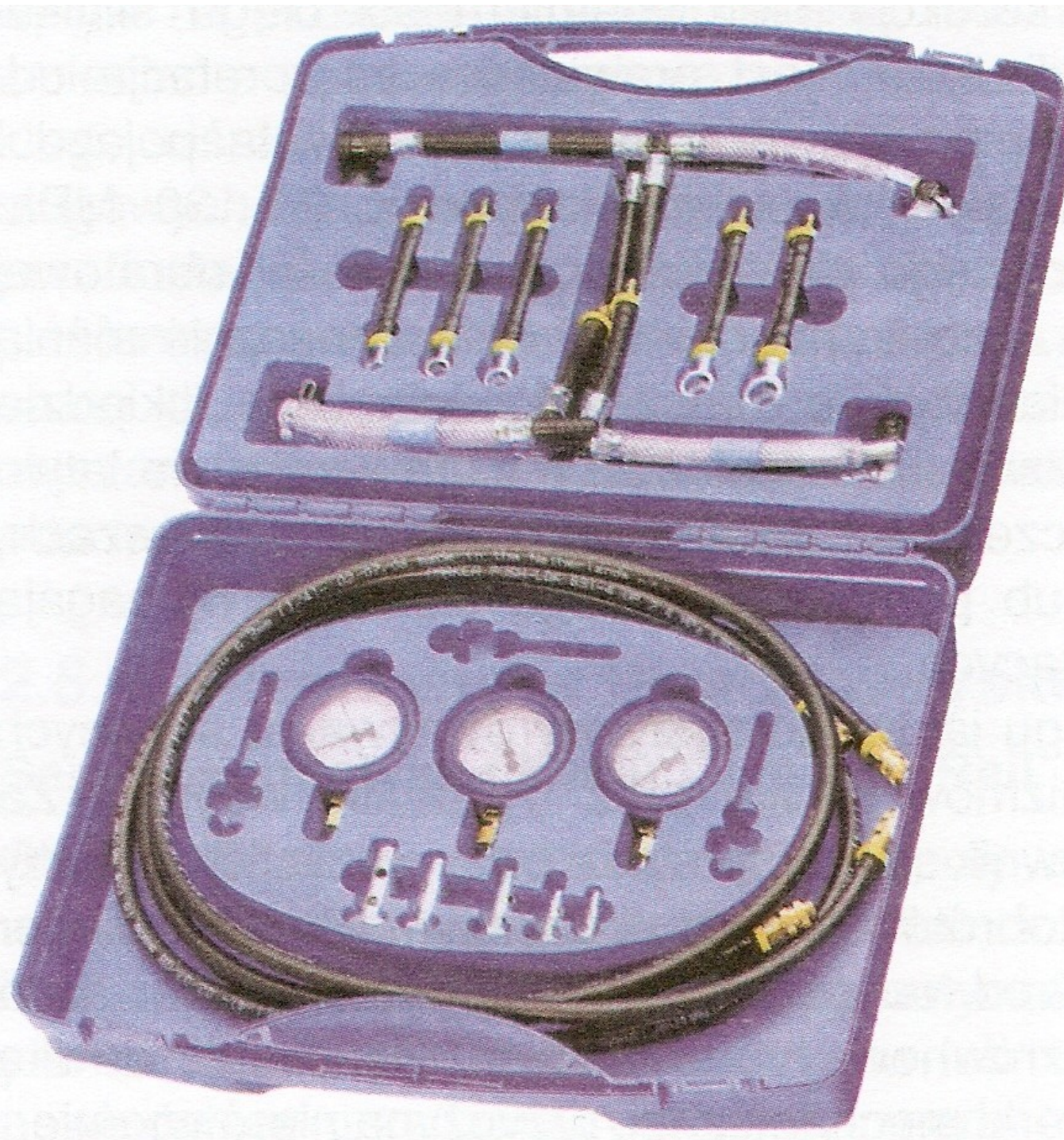
Sprawdzanie obwodów

◎ sprawdzanie obwodu niskiego ciśnienia

- 300-600 kPa

◎ sprawdzanie obwodu wysokiego ciśnienia

- sprawdzając napięcie na czujniku ciśnienia paliwa w zasobniku woltomierzem lub oscyloskopem
- 20 MPa podczas rozruchu (wzrost od 0,5 do 1 V lub od 1 do 1,5 V)
- 24-30 MPa na biegu jałowym



Sprawdzanie wtryskiwaczy

a) hydrauliczne

- przewody przelewowe zastąpić dodatkowymi przewodami prowadzącymi do indywidualnych naczyń pomiarowych dla każdego cylindra
- uruchomić silnik na biegu jałowym na kilka minut
- sprawdzić strumień paliwa (do $150 \text{ cm}^3/\text{min}$)
- ocenić różnicę ilości paliwa z poszczególnych wtryskiwaczy (do 30%)

Sprawdzanie wtryskiwaczy

b) dymomierzem

- na biegu jałowym zadymienie do 5% lub $k = 0,12 \text{ m}^{-1}$

c) elektryczne

- pomiar rezystancji cewki wtryskiwacza elektromagnetycznego ($0,3 \text{ } \Omega$) oraz prądu sterowania

Wymiana wtryskiwaczy

☉ demontaż

- nie wolno ciągnąć wtryskiwacza za złącze wysokiego ciśnienia

☉ montaż

- przed zamontowaniem powlekać specjalnym smarem zapobiegającym zapieczeniu się wtryskiwacza w głowicy na skutek korozji
- przestrzegać wymaganych momentów dokręcania połączeń gwintowych

EDC

Electronic Diesel Control

**ELEKTRONICZNE UKŁADY
STEROWANIA SILNIKA ZS**

Zadania układu EDC

- a) steruje wtryskiem paliwa
- b) decyduje o pracy innych obwodów regulacyjnych silnika
- c) umożliwia wymianę danych z innymi układami elektronicznymi pojazdu

Budowa EDC

a) blok czujników i nadajników wartości znamionowych

- przetwarza wielkości fizyczne w sygnały elektryczne

b) blok sterowania silnika

- przetwarza otrzymane od czujników i nadajników sygnały wg odpowiednich algorytmów przeliczeniowych
- wydaje dyspozycje w postaci elektrycznych sygnałów wyjściowych do elementów wykonawczych

c) blok elementów wykonawczych (nastawników)

- przetwarza elektryczne sygnały wykonawcze sterownika na wielkości mechaniczne

Czujniki w EDC

- a) czujnik położenia i prędkości obrotowej wału korbowego (tzw. czujnik GMP)
 - ma decydujące znaczenie dla określenia właściwej dawki paliwa
- b) czujnik wałka rozrządu
 - do rozpoznawania suwu pracy
- c) czujnik temperatury silnika (cieczy chłodzącej)
- d) czujnik temperatury powietrza dolotowego
- e) czujnik temperatury oleju silnikowego
- f) czujnik temperatury paliwa w obwodzie niskiego ciśnienia

Czujniki w EDC

- g) czujnik masy przepływającego powietrza
- h) czujnik położenia pedału przyspieszenia
- i) czujnik ciśnienia doładowania
- j) czujnik ciśnienia otoczenia
- k) czujnik ciśnienia oleju
- l) czujnik ciśnienia paliwa w obwodzie wysokiego ciśnienia

Charakterystyki (mapy) zapisane w pamięci sterownika

a) krzywa pełnego obciążenia

b) mapa wtrysku w zależności od:

- położenia pedału przyspieszenia
- ciśnienia doładowania
- stopnia recyrkulacji spalin
- emisji spalin
- ciśnienia paliwa w obwodzie wysokiego ciśnienia

Nastawniki

- a) zawór elektromagnetyczny wysokiego ciśnienia
- b) elektromagnetyczny nastawnik dawki paliwa
- c) elektromagnetyczny nastawnik początku tłoczenia
- d) zawór elektromagnetyczny przestawiacza wtrysku
- e) wtryskiwacze
- f) zawór regulacyjny ciśnienia lub dozownik paliwa

Nastawniki

- g) nastawnik ciśnienia doładowania
- h) zawór recyrkulacji spalin
- i) nastawnik przepustnicy
- j) świece żarowe
- k) sprzęgło wentylatora układu chłodzenia
- l) nastawnik regulacji zmiennej geometrii układu dolotowego

Zalety EDC

- a) **lepsza regulacja dawki i początku wtrysku**
 - mniejsze zużycie paliwa
 - mniejsza emisja szkodliwych składników spalin
 - większa moc i większy moment obrotowy silnika
- b) **lepsza regulacja prędkości obrotowej**
 - mniejsza prędkość obrotowa biegu jałowego
- c) **aktywne tłumienie szarpnięć i regulacja równomierności pracy**
 - lepszy komfort jazdy
- d) **zwiększone możliwości diagnostyki**
- e) **dodatkowe funkcje sterujące i regulacyjne**
możliwość wymiany danych z innymi układami

ŚWIECE ŻAROWE

Zadania świec żarowych

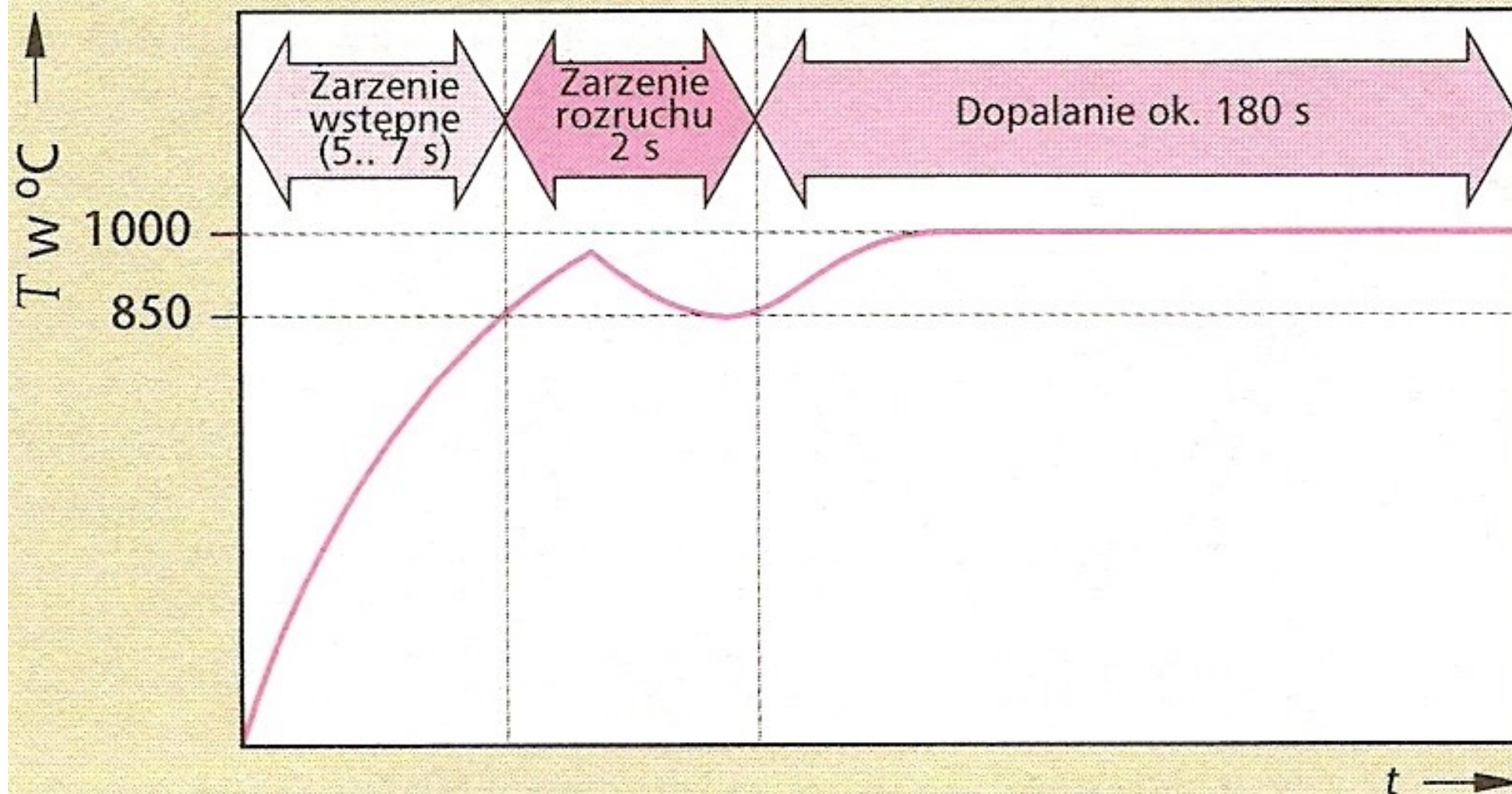
a) przed rozruchem zimnego silnika

- stworzenie odpowiednich warunków do samozapłonu mieszanki paliwowo-powietrznej

b) dogrzewanie silnika

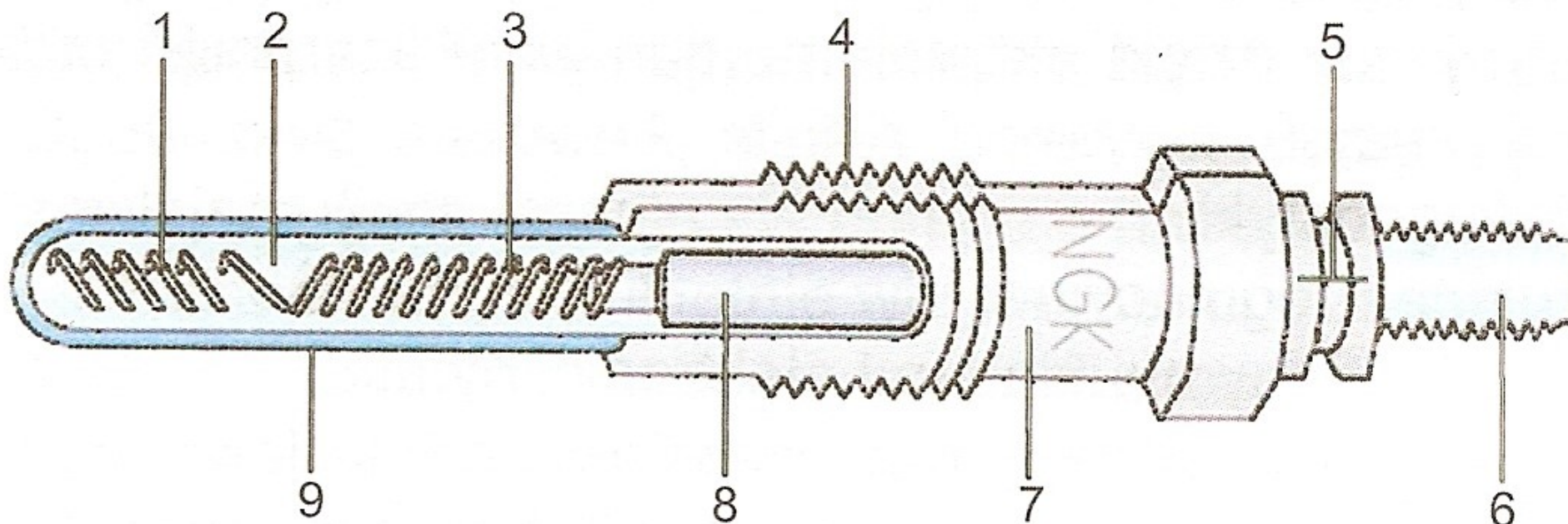
- obniżenie emisji szkodliwych substancji oraz hałasu

Zadania świec żarowych



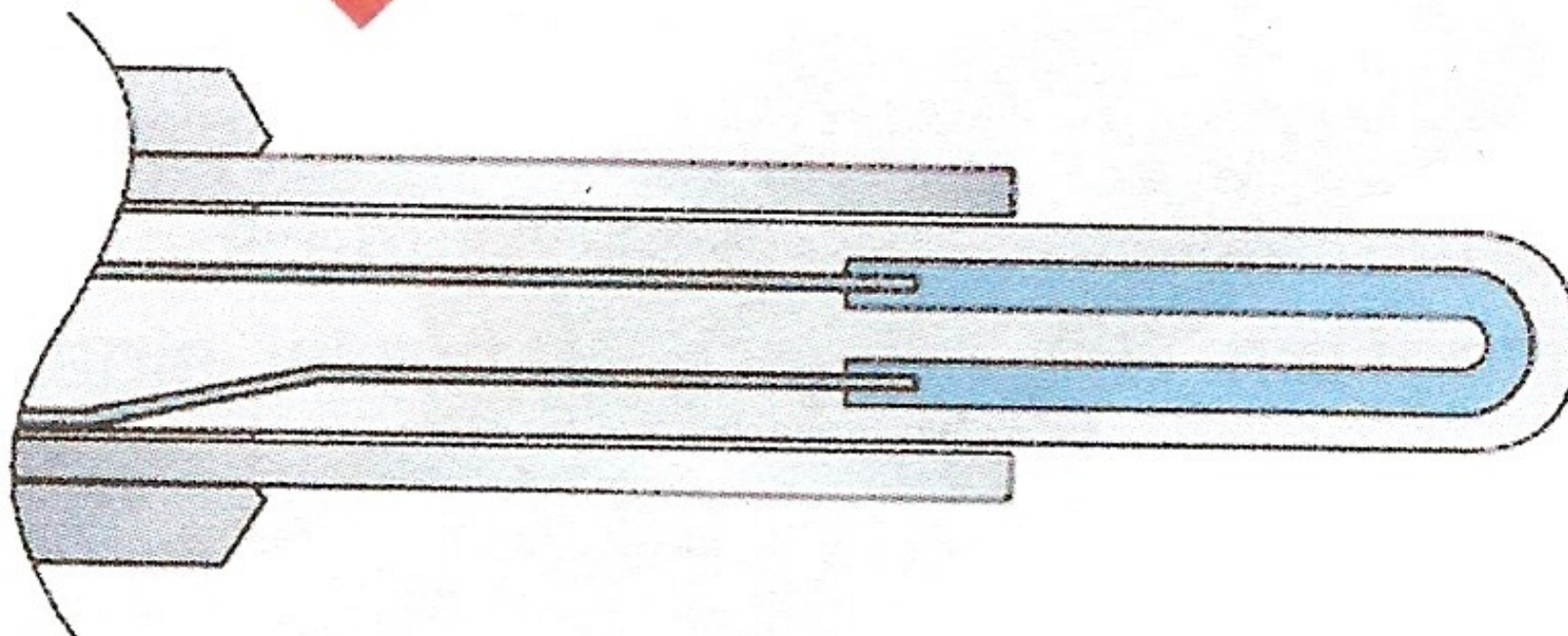
Rodzaje świec żarowych

a) metalowe (prętowe)



Rodzaje świec żarowych

- a) metalowe (prętowe)
- b) ceramiczne



Podział świateł żarowych ze względu na sposób działania

a) standardowe (tylko metalowe)

- pojedyncza spirala grzewcza
- stała temperatura pracy i duży pobór prądu
- do temperatury 800°C nagrzewają się w 20-25 s

Podział świec żarowych ze względu na sposób działania

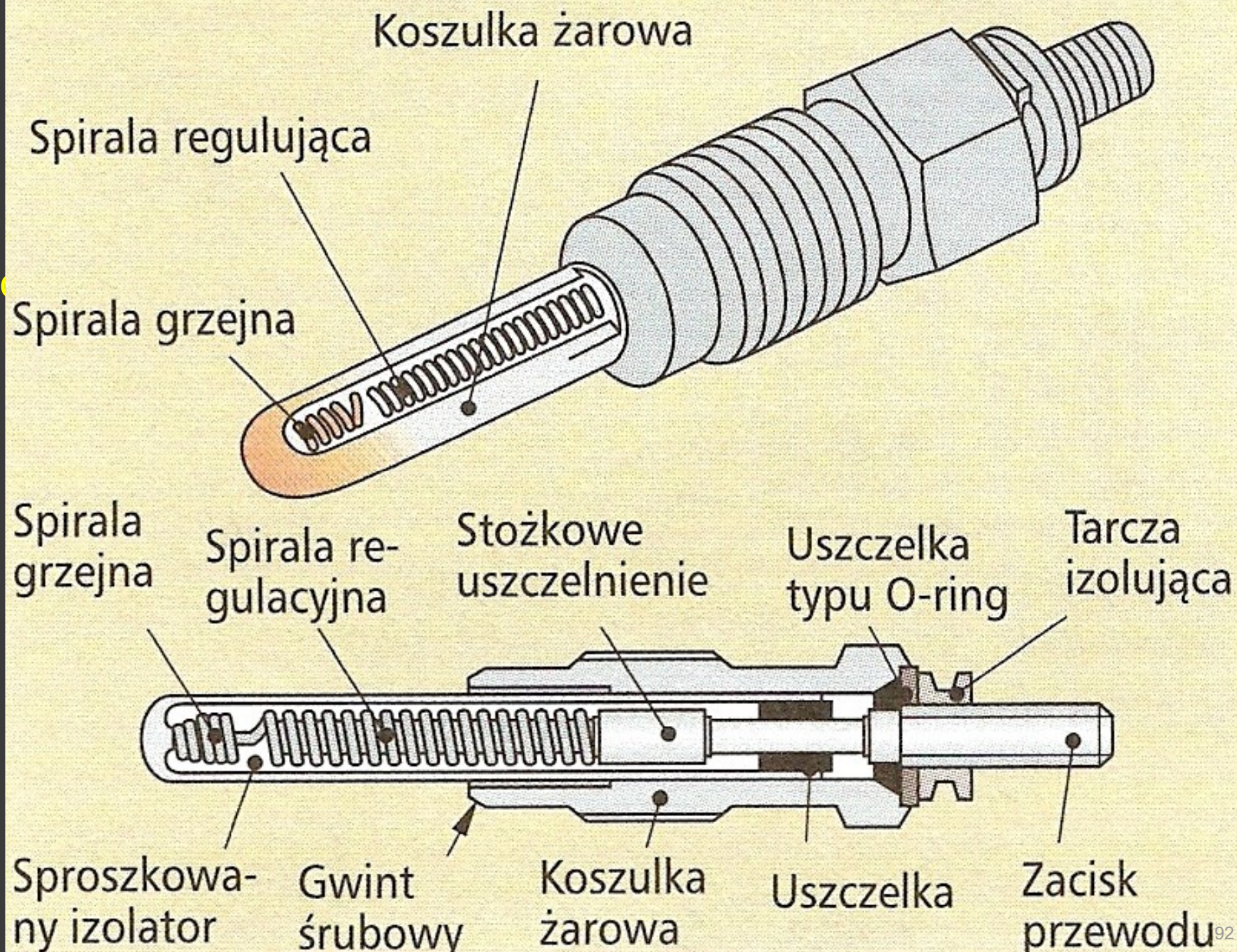
b) szybkiego rozruchu

- spirala grzewcza o oporze
- w niskiej temperaturze spirala ma mały opór i przepływa przez nią duży prąd – szybki wzrost temperatury i krótki czas grzania wstępnego
- prętowa do temp. 800°C nagrzewa się w 13-17 s
- ceramiczna do temp. 900°C nagrzewa się w 3 s

Podział świec żarowych ze względu na sposób działania

c) samoregulujące się

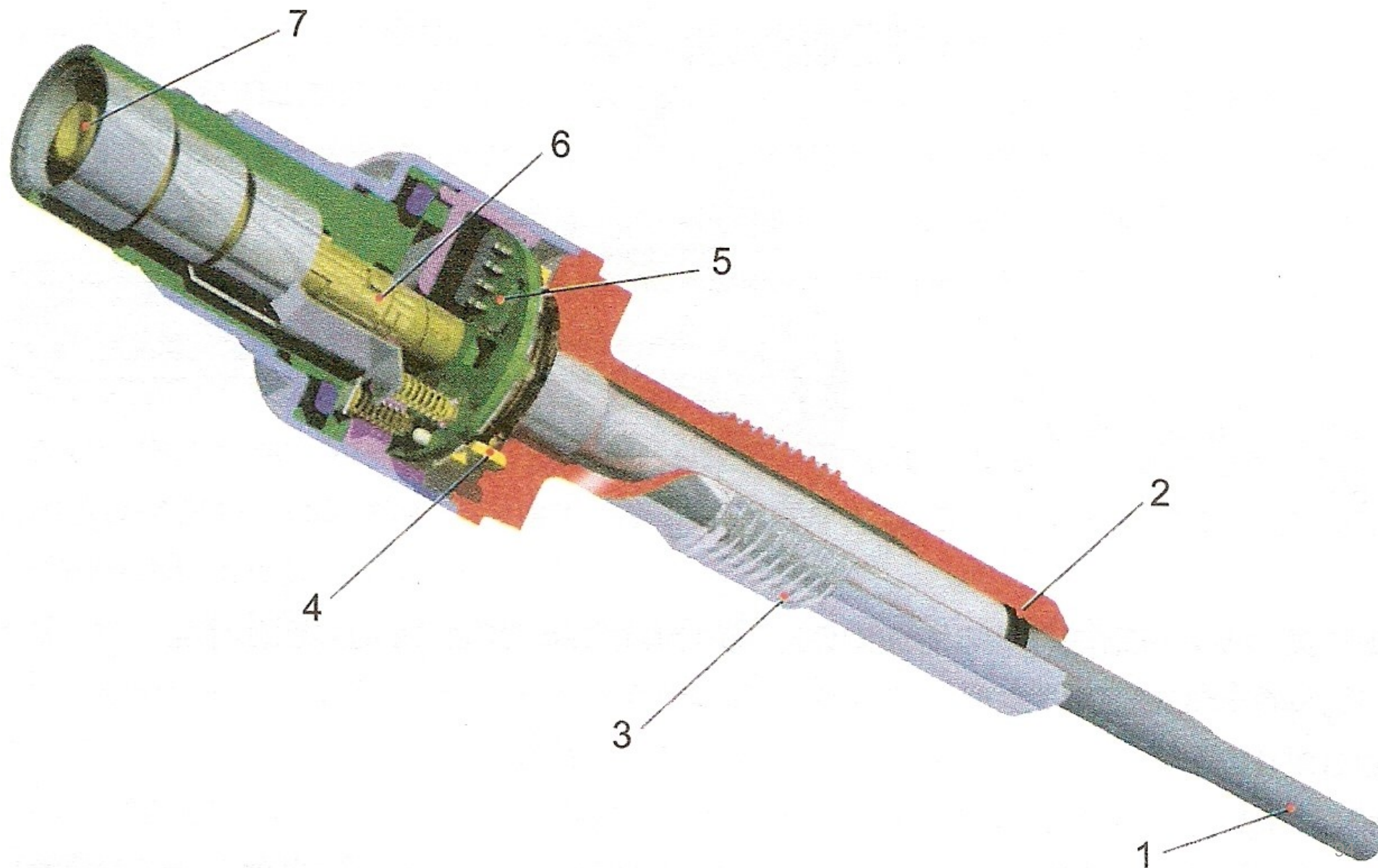
- dwie spirale połączone szeregowo: grzewcza i regulacyjna
- opór reguluje się w zależności od aktualnej temp. silnika
- prętowa do temp. 900°C nagrzewa się w 5 s
- ceramiczna do temp. 900°C nagrzewa się w 4 s



Piezoelektryczna świeca żarowa

- metalowa świeca żarowa z wbudowanym piezorezystancyjnym czujnikiem ciśnienia

Piezoelektryczna świeca żarowa



Obsługa świec żarowych

- a) sprawdzać po ok. 80 tys. km
- b) uważać przy wykręcaniu
- c) kontrola wzrokowa
 - nadpalony
 - złamany
 - rozsadzony
 - z wypukłościami i wgłębieniami na powierzchni
- d) pomiar rezystancji
 - metalowa ok. 0,1 Ω
 - ceramiczna 0,5-1,0 Ω
- e) przed wkręceniem oczyścić gwint i powlec specjalnym smarem ceramicznym
- f) wkręcać najpierw ręcznie, a potem kluczem dynamometrycznym

Przyczyny uszkodzeń świec żarowych

- a) osłabienie materiału w wyniku starzenia
 - przekroczony termin wymiany
- b) rozpraszanie strumienia przez dysze wtryskujące lub iglicę wtryskiwacza
- c) zbyt wczesny wtrysk
- d) przegrzanie silnika

FILTRY PALIWA

Zadania filtra paliwa

a) usuwanie zanieczyszczeń stałych

- dokładność oczyszczania do 98% cząstek stałych o wymiarach 3-5 μm
- odpowiednia pojemność gromadzenia zanieczyszczeń

b) separacja wody

- w postaci związanej (emulsja) i niezwiązanej (skropliny)
- efektywna zdolność separacji wody – ponad 93%

Zadania filtra paliwa

c) podgrzewanie paliwa

- w warunkach zimowych zapobiega zatykaniu się wkładów filtracyjnych kryształkami parafiny

d) sygnalizacja zanieczyszczenia filtra

- pomiar różnicy ciśnienia przed i za filtrem

e) napełnianie paliwem i odpowietrzanie układu zasilania po wymianie filtra

Rodzaje filtra paliwa

a) wymienne

- gwiaździście pofałdowany lub nawinięty wkład filtrujący przykręcany do odpowiedniego wspornika

b) z wymiennym wkładem

- wkład umieszczony w obudowie ze stopu aluminium, tworzywa sztucznego lub blachy stalowej
- możliwość stosowania dwóch filtrów równolegle lub szeregowo
 - filtr stopniowy
 - filtr dokładnego oczyszczania z filtrem wstępnym

OCENA STANU TECHNICZNEGO SILNIKA ZS NA PODSTAWIE ZADYMIENIA SPALIN

Zabarwienie spalin

a) białe

- przedostanie się cieczy chłodzącej do przestrzeni roboczej
- podczas uruchamiania zimnego silnika w niskiej temperaturze otoczenia

b) niebieskie

- spalanie oleju silnikowego (zużycie silnika)

c) czarne

- niecałkowite spalanie mieszanki

Przyczyny czarnego zabarwienia spalin

- a) zbyt duże dawkowanie paliwa
- b) zbyt mały kąt wyprzedzenia wtrysku
- c) niewłaściwe rozpylenie paliwa przez wtryskiwacz
 - za małe ciśnienie wtrysku
 - nieszczelność rozpylacza
- d) źle ustawiony rozrząd
- e) niewłaściwe luzy zaworowe
- f) duże zanieczyszczenie filtra powietrza
- g) niesprawność układu doładowania
- h) nadmierne zużycie gładzi cylindrów i pierścieni tłokowych

Warunki pomiaru zadymienia

- a) silnik nagrzany do normalnej temperatury pracy (ponad 80°C)
- b) układ wylotowy szczelny i niepogięty
- c) przed umieszczeniem sondy pomiarowej w rurze silnik powinien pracować ze zwiększoną prędkością obrotową przez 1 min
- d) sondę pomiarową umieścić centrycznie w rurze wylotowej na głębokość min. 3 średnic rury
- e) pomiar:
 - początkowo utrzymać prędkość obrotową biegu jałowego
 - szybko, ale nie gwałtownie wcisnąć gaz (przez 2 s)
 - zwolnić pedał gazu
 - min. 3 pomiary z przerwą 15 s

Dodatkowe funkcje dymomierza

- a) pomiar i rejestracja dymienia w funkcji zmiany prędkości obrotowej
- b) pomiar temperatury oleju w silniku

Prawidłowe zadymienie

$$N = 20-30\%$$

$$k = 0,50-0,85 \text{ m}^{-1}$$

Dopuszczalne zadymienie

Silnik	N [%]	k [m ⁻¹]
Wolnossący	66	2,5
Doładowany	72	3