

PODSTAWOWE PODZESPOŁY UKŁADU DOLOTOWEGO

Zadanie układu dolotowego

- Doprowadzenie czynnika do cylindrów silnika przy zachowaniu jak najmniejszych oporów przepływu w celu uzyskania dużego współczynnika napełnienia.

Kolektor dolotowy

a) materiał

- żeliwo
- stopy aluminium
- tworzywo sztuczne

b) budowa

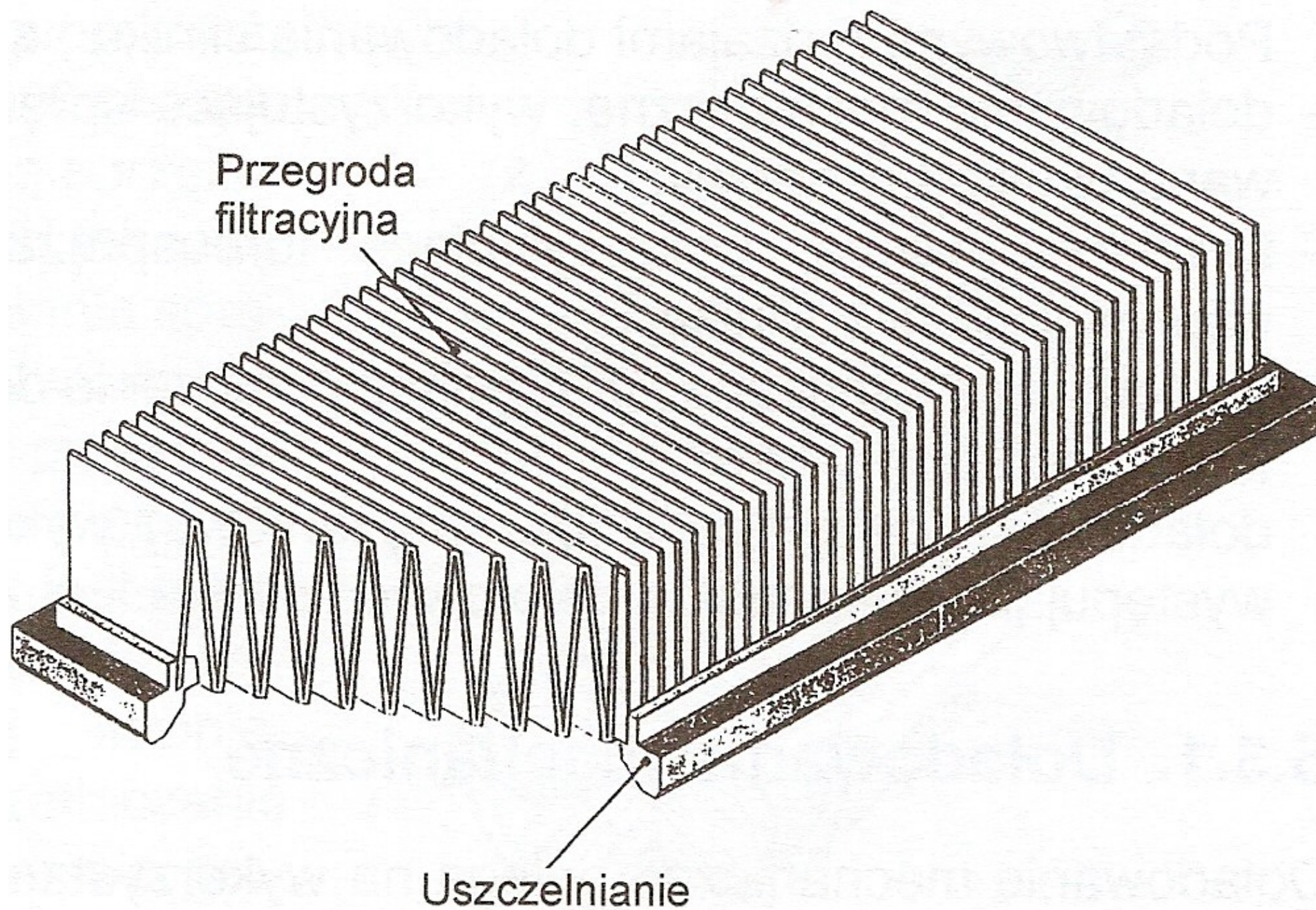
- część wlotowa (połączona przewodami z filtrem)
- przewód zbiorczy (komora mieszalnikowa)
- kanały doprowadzające do cylindrów

Ogrzewanie powietrza

- a) ogrzewanie w sąsiedztwie kolektora wylotowego
- b) podgrzewanie dopływającego powietrza
(w kolektor wlotowy wbudowane urządzenie podgrzewające)

Filtr powietrza

- a) powinien zatrzymywać cząstki zanieczyszczeń o wymiarach ponad $10\text{ }\mu\text{m}$
- b) rodzaje
 - suche (wkład włókninowy)



Filtr powietrza

- a) powinien zatrzymywać cząstki zanieczyszczeń o wymiarach ponad $10\text{ }\mu\text{m}$
- b) rodzaje
 - suche (wkład włókninowy)
 - specjalne
 - dynamiczne (multicyklony)
 - mokre

DOŁADOWANIE MECHANICZNE

Rodzaje doładowania

a) doładowanie mechaniczne

- sprężarka mechaniczna wbudowana w układ dolotowy

b) turbodoładowanie

- turbosprężarka napędzana spalinami

c) doładowanie mieszane

- połączenie mechanicznego z turbodoładowaniem

d) doładowanie dynamiczne (bezsprężarkowe)

- wykorzystuje zjawiska falowe w kanałach dolotowych

Doładowanie mechaniczne

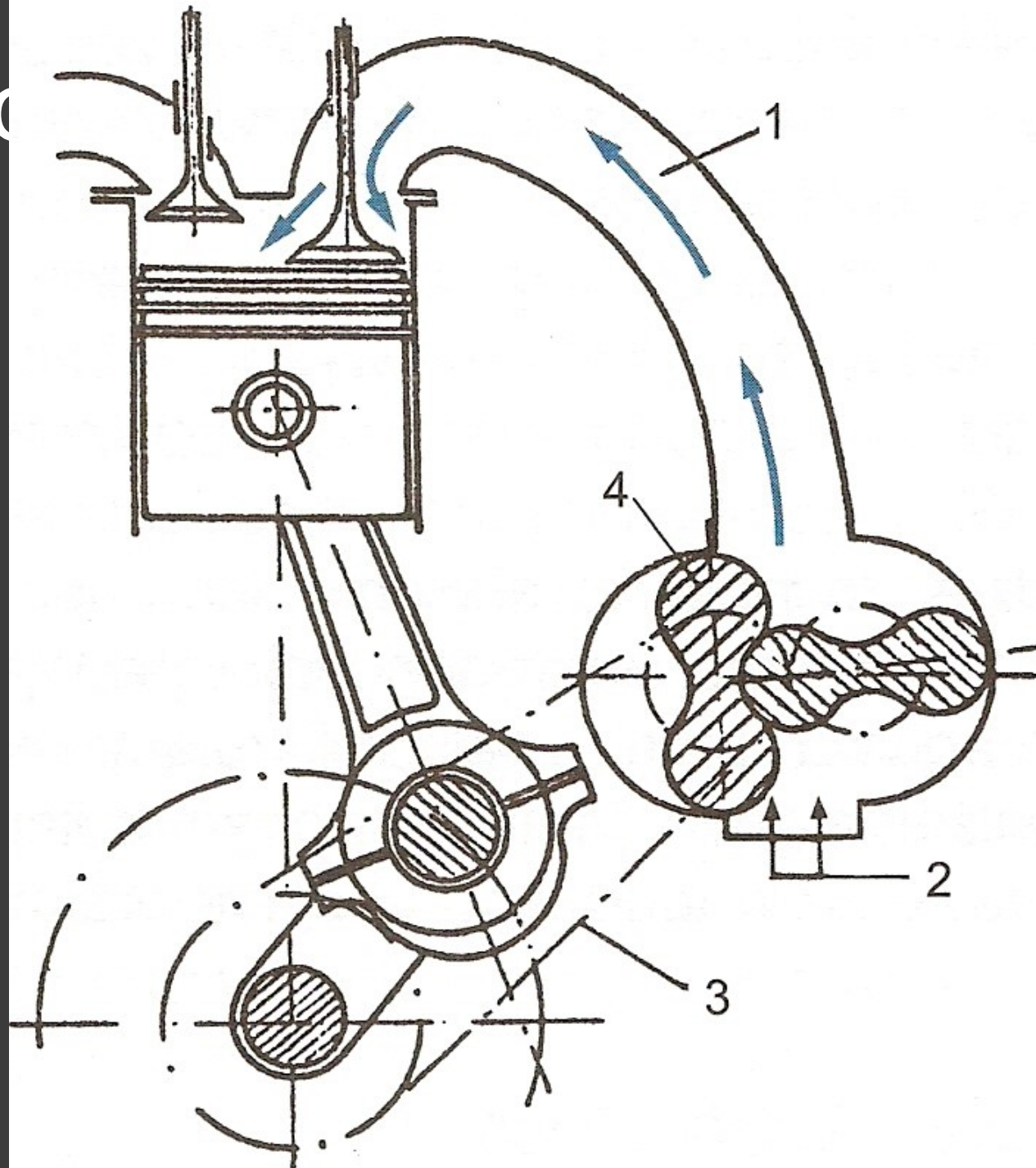
a) Zalety

- natychmiastowa reakcja na zmiany warunków pracy silnika
- zapewnienie doładowania w całym zakresie prędkości obrotowej i obciążenia silnika
- łatwość zabudowy sprężarki w układzie dolotowym
- małe obciążenia cieplne sprężarki

b) Wady

- wykorzystywanie części mocy silnika do napędu sprężarki
- hałaśliwość pracy
- droga produkcja sprężarki

Do

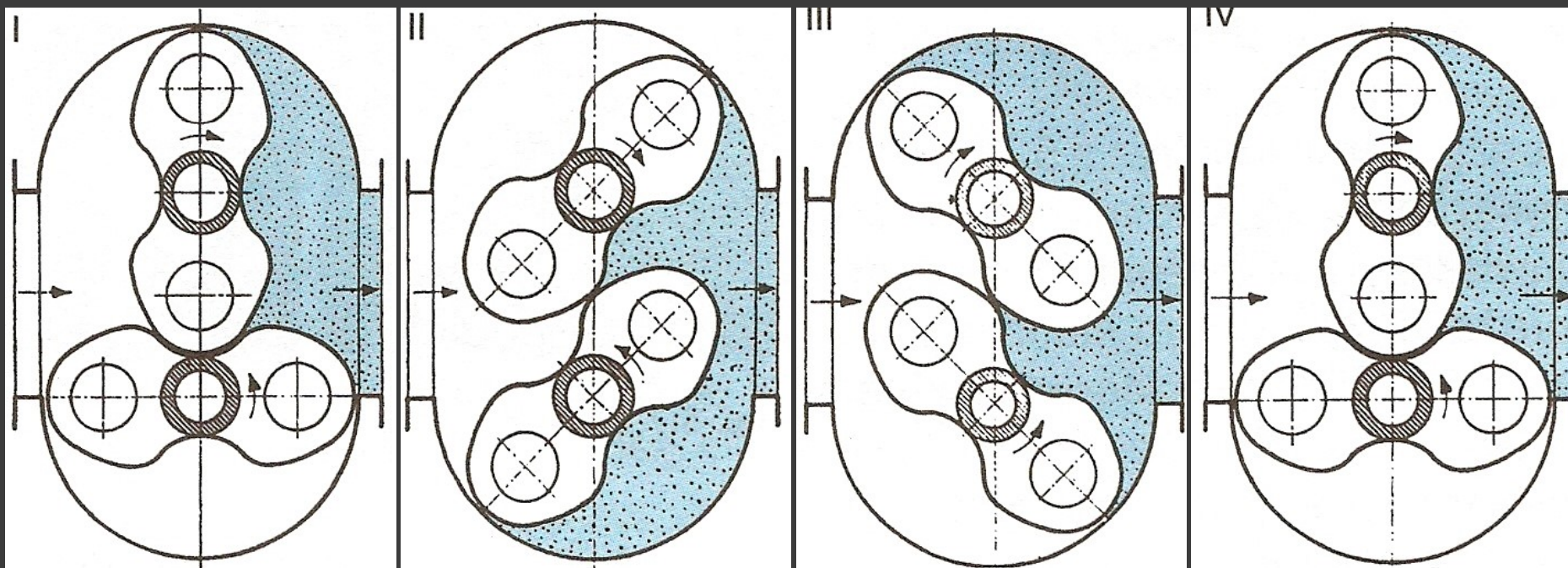


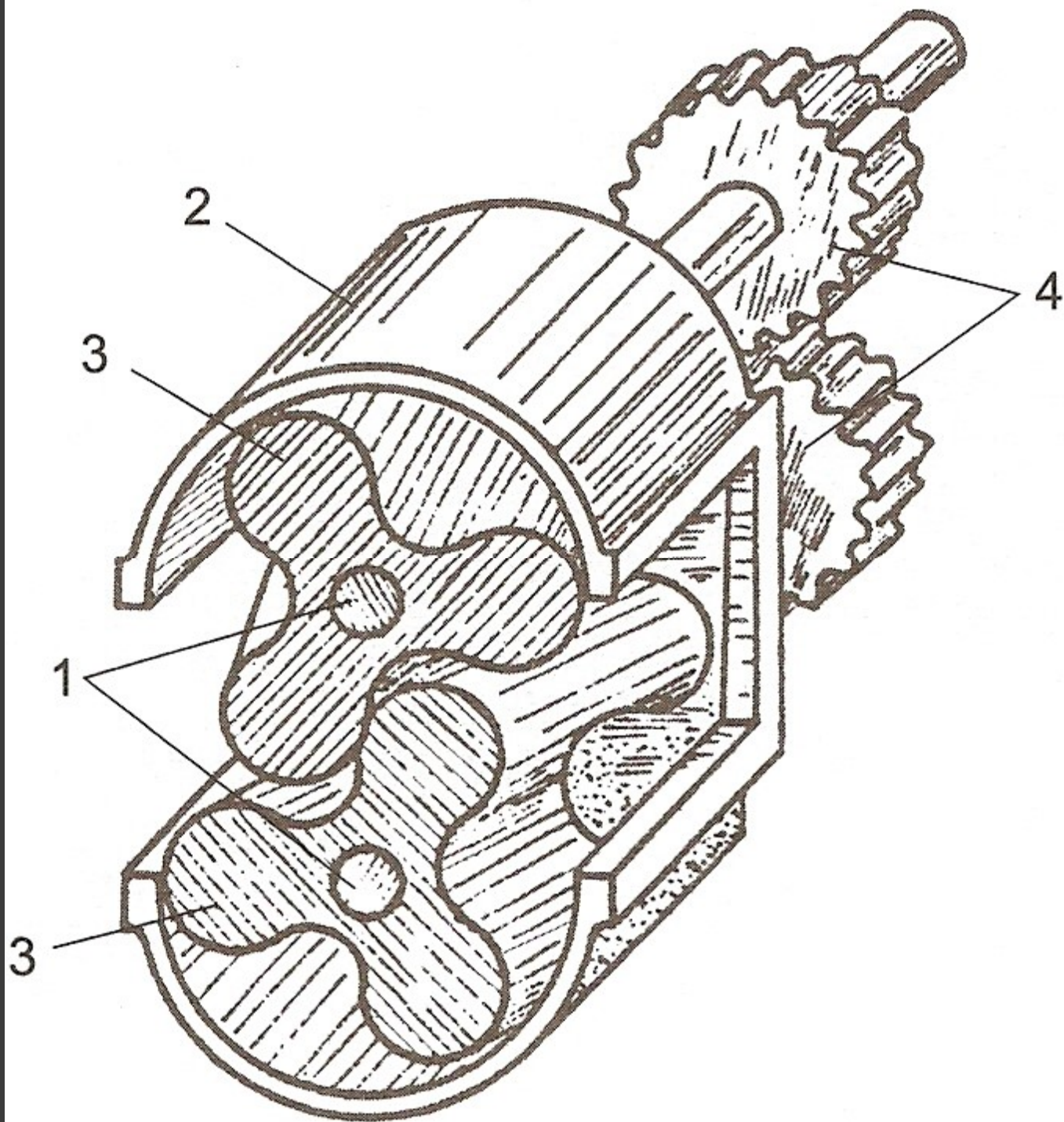
e

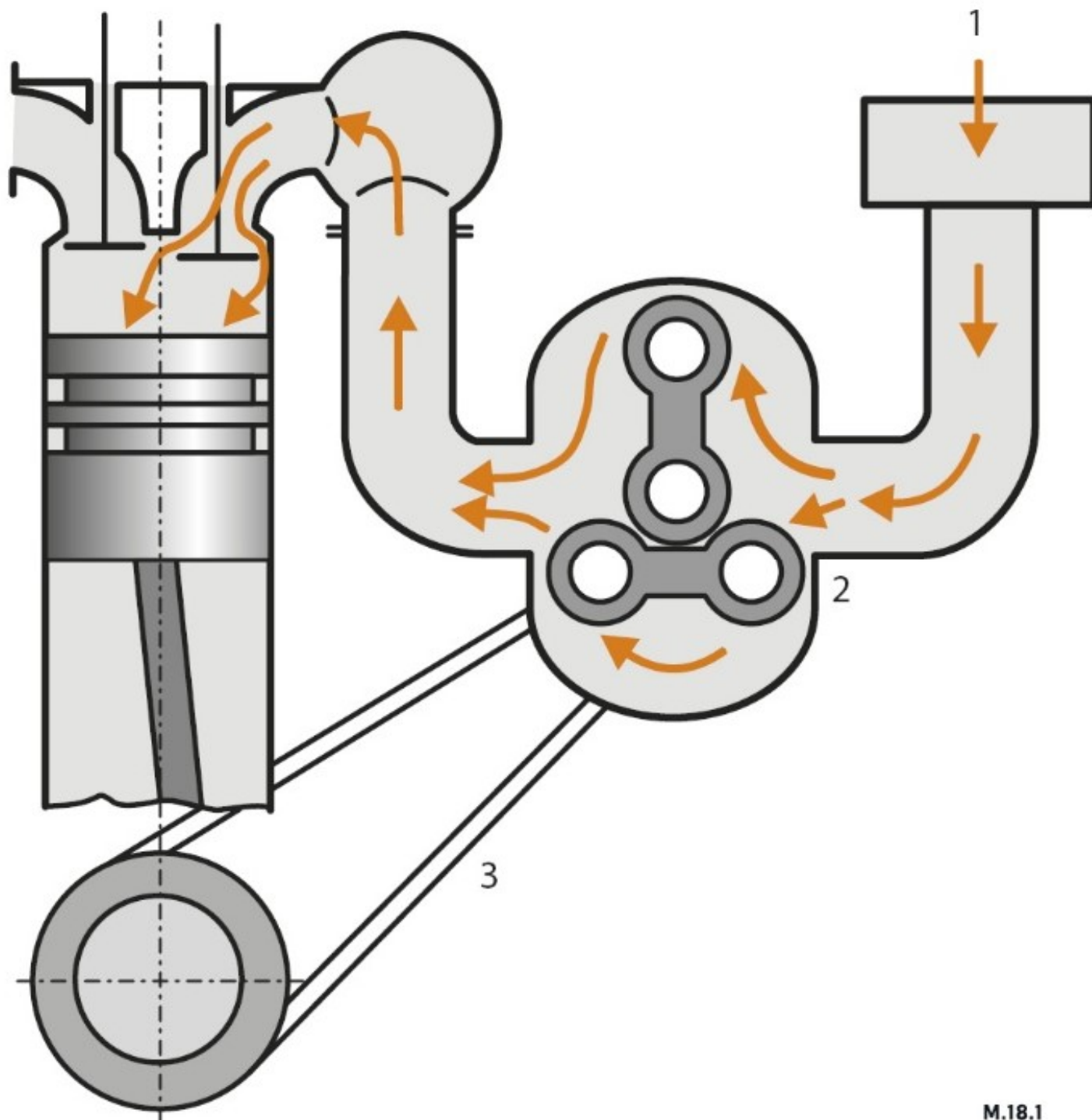
Rodzaje sprężarek

a) sprężarka typu Roots

- dwa wirniki z dwoma lub trzema łopatkami







- 1 – powietrze
- 2 – sprężarka
- 3 – pasek klinowy

Rodzaje sprężarek

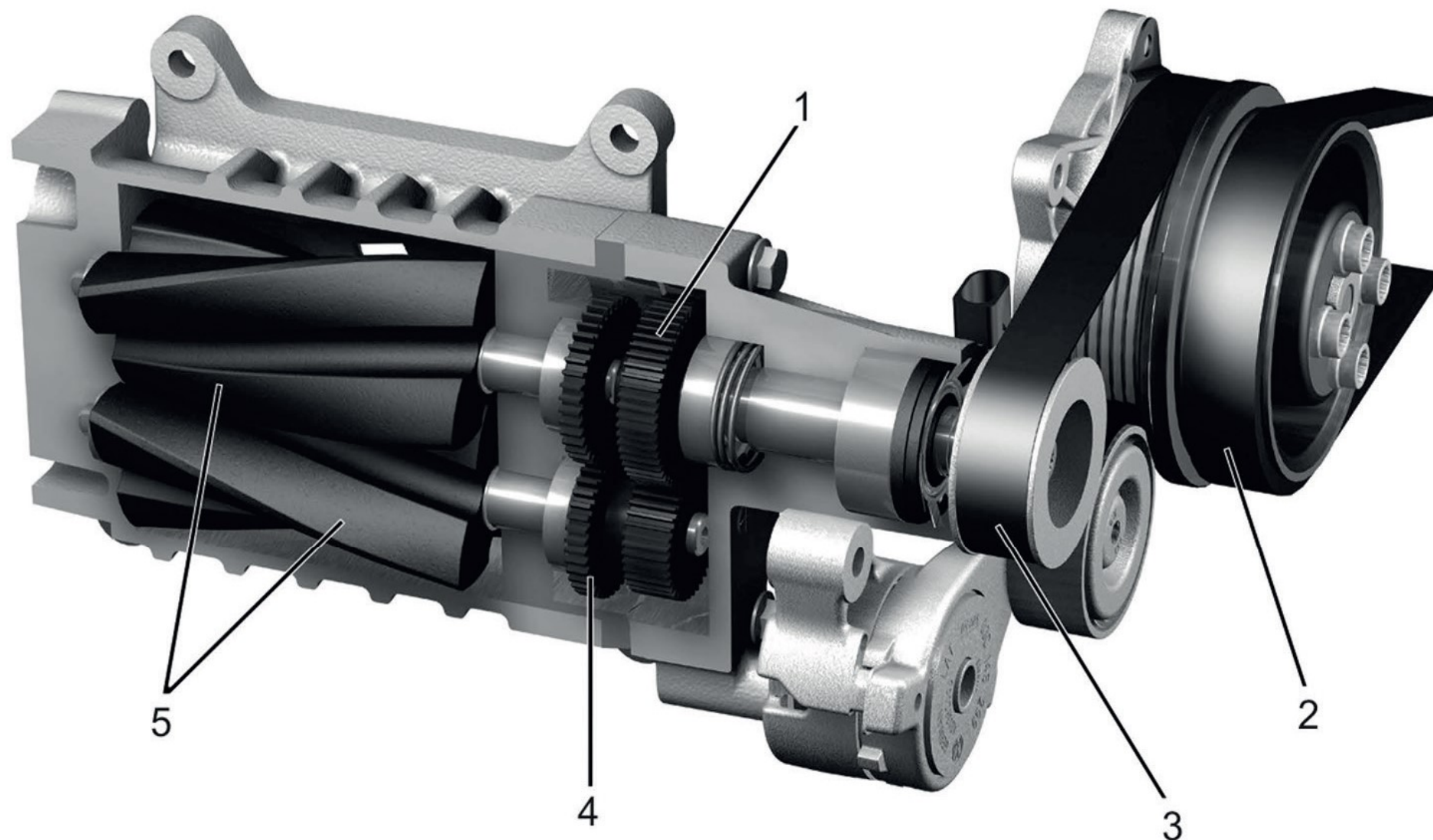
a) sprężarka typu Roots

- dwa wirniki z dwoma lub trzema łopatkami
- prędkość obrotowa do 14.000 obr/min
- prawie prostoliniowa zależność wydatku powietrza od prędkości obrotowej
- mało skomplikowany kształt łopatek
- sprawność ogólna do 50%

Rodzaje sprężarek

b) sprężarka typu Eaton

- dwa wirniki o prostych powierzchniach roboczych skręconych w kształcie śruby



1 – wałek pośredni
3 – napęd sprężarki
5 – wirniki sprężarki

2 – napęd dodatkowego odbiornika
4 – przekładnia synchronizująca

Rodzaje sprężarek

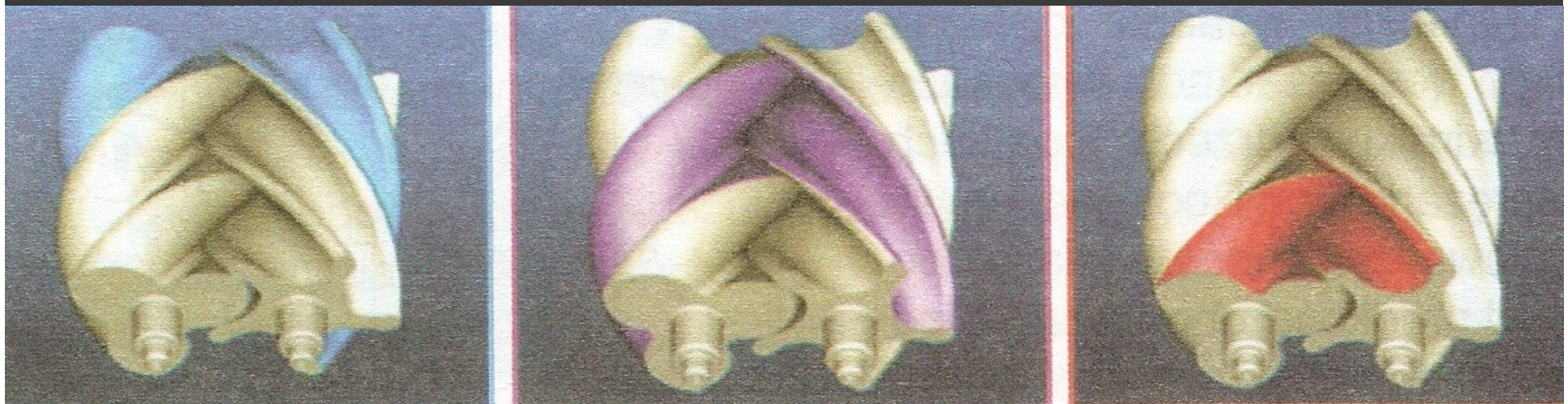
b) sprężarka typu Eaton

- dwa wirniki o prostych powierzchniach roboczych skręconych w kształcie śruby
- mniejsze pulsacje ciśnienia doładowania
- cichsza praca
- sprawność ogólna ok. 75%

Rodzaje sprężarek

c) sprężarka typu Lysholm

- dwa śrubowe wirniki – jedna powierzchnia wklęsła, a druga wypukła







Rodzaje sprężarek

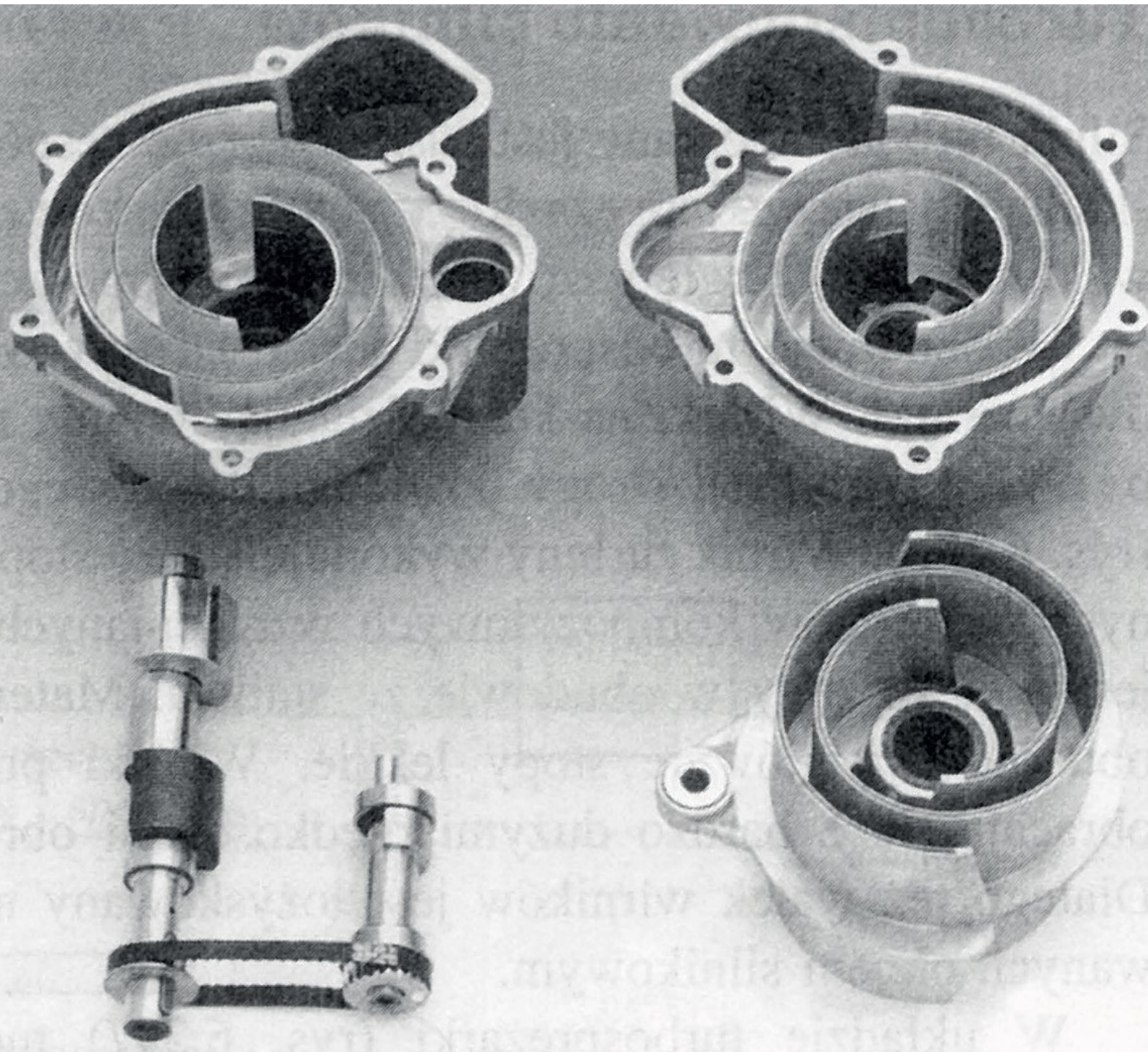
c) sprężarka typu Lysholm

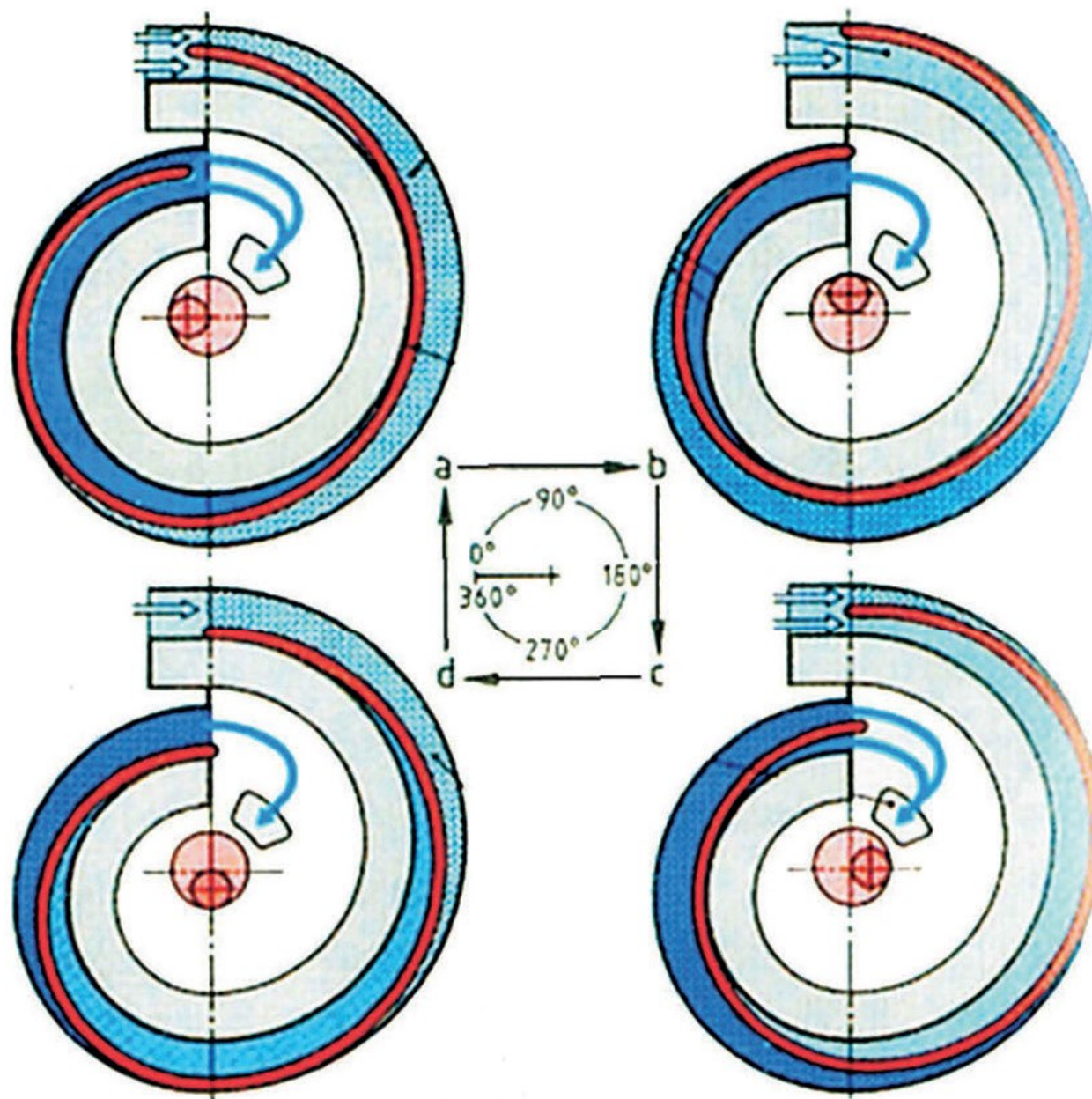
- dwa śrubowe wirniki – jedna powierzchnia wklęsła, a druga wypukła
- bardzo skomplikowany kształt łopatek
- sprawność ogólna do 90%

Rodzaje sprężarek

d) sprężarka spiralna (typu G)

- wewnętrzna spirala napędzana wałkiem z mimośrodem





komora wewnętrzna
 komora zewnętrzna

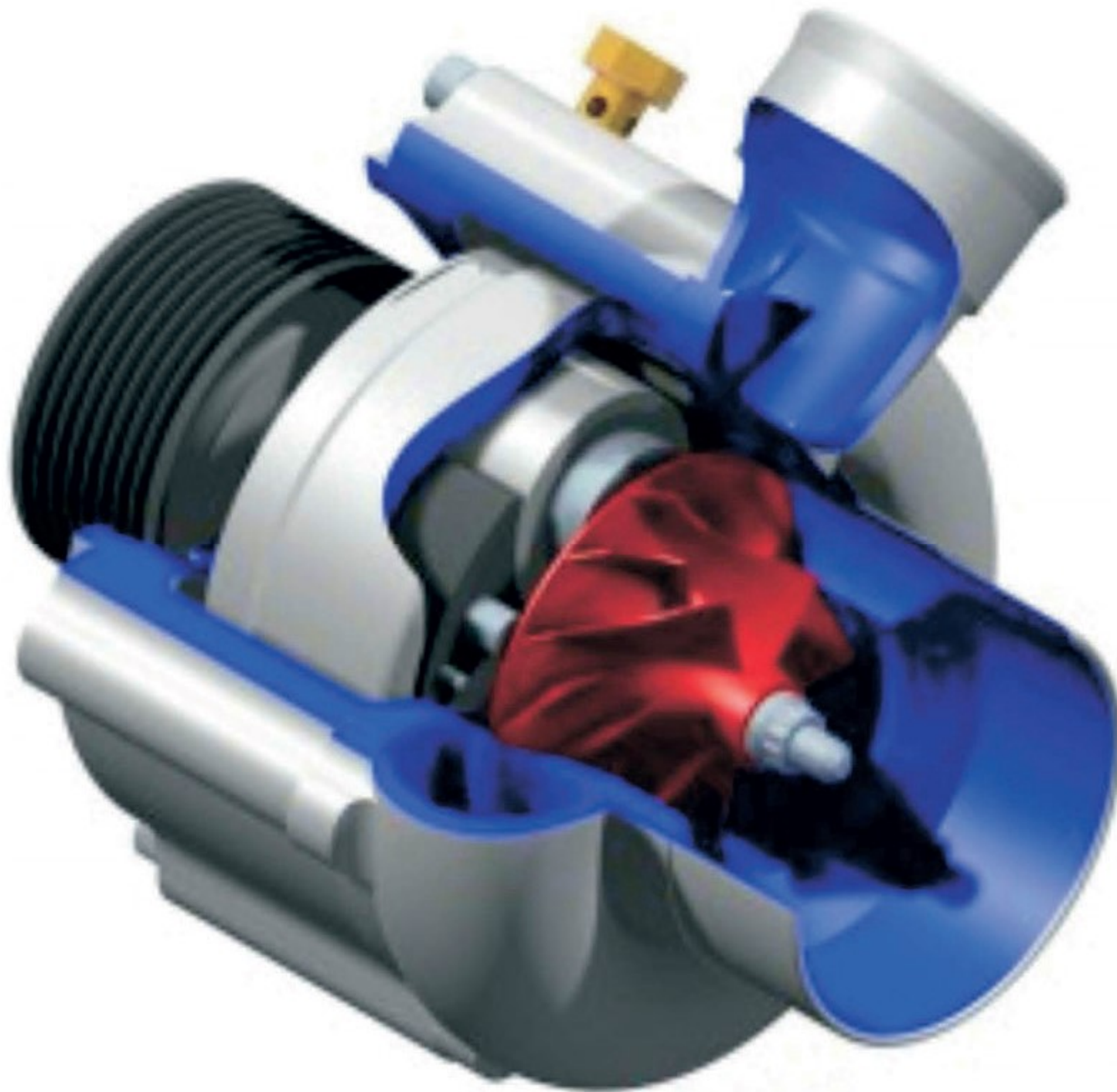
Rodzaje sprężarek

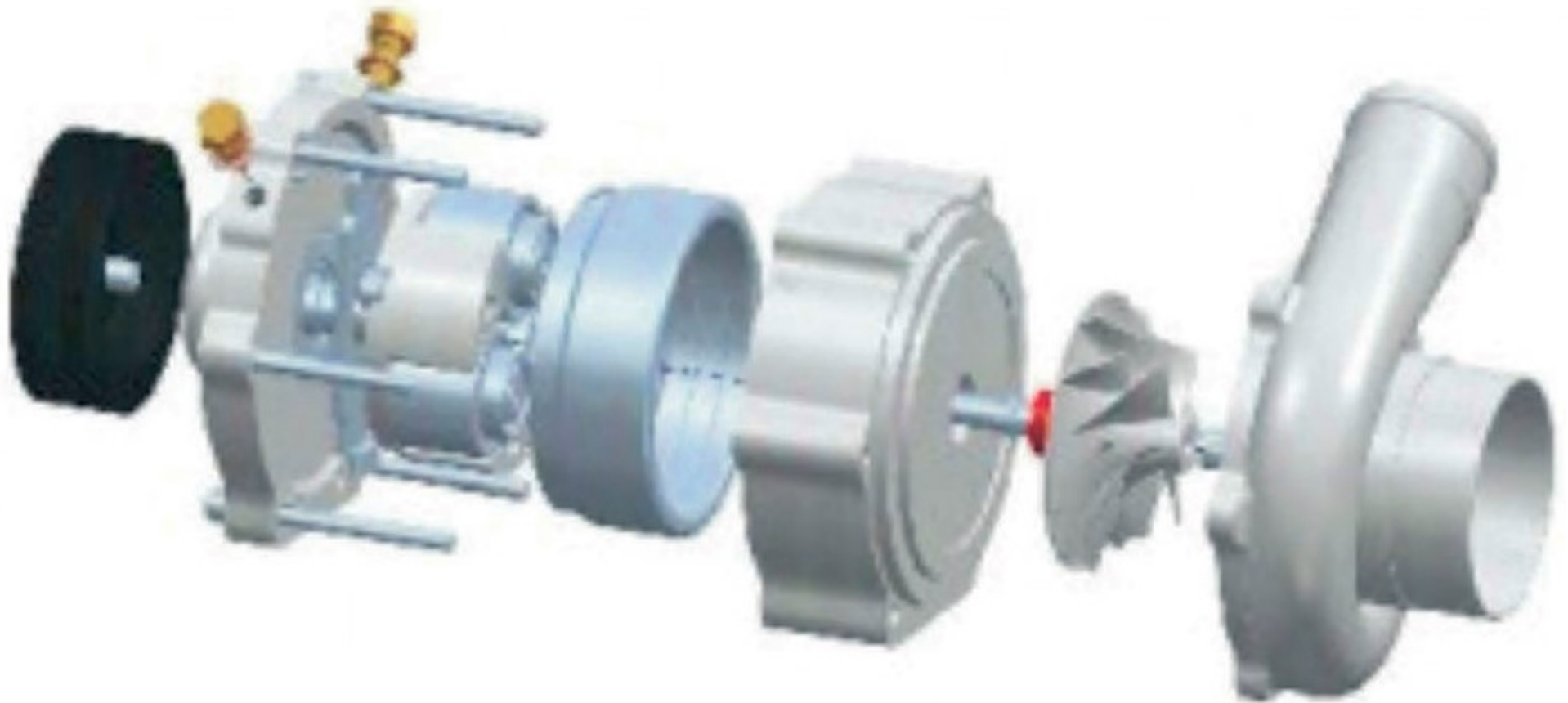
d) sprężarka spiralna (typu G)

- wewnętrzna spirala napędzana wałkiem z mimośrodem
- skomplikowana budowa

Rodzaje sprężarek

e) sprężarka wirnikowa (Rotrex)



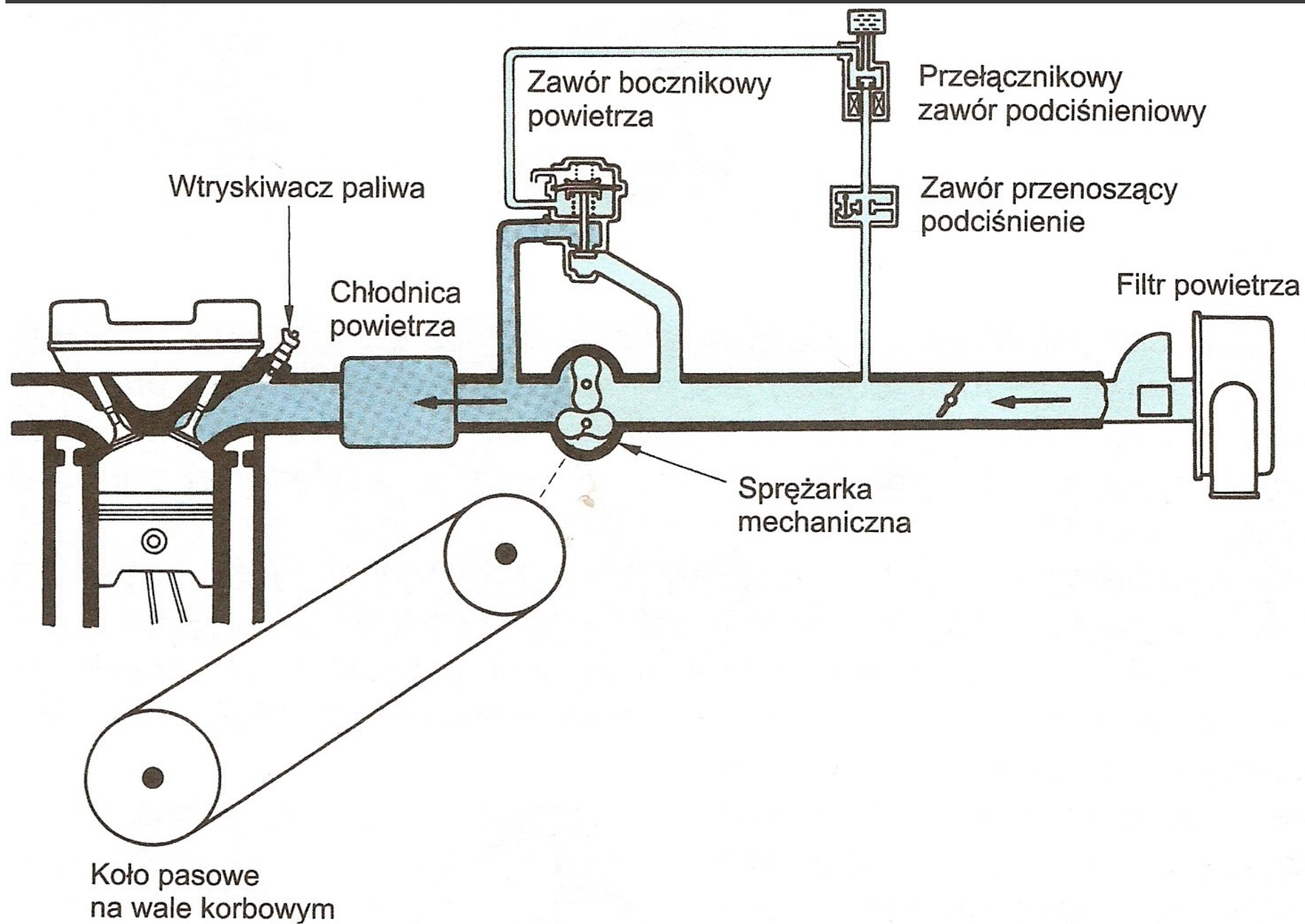


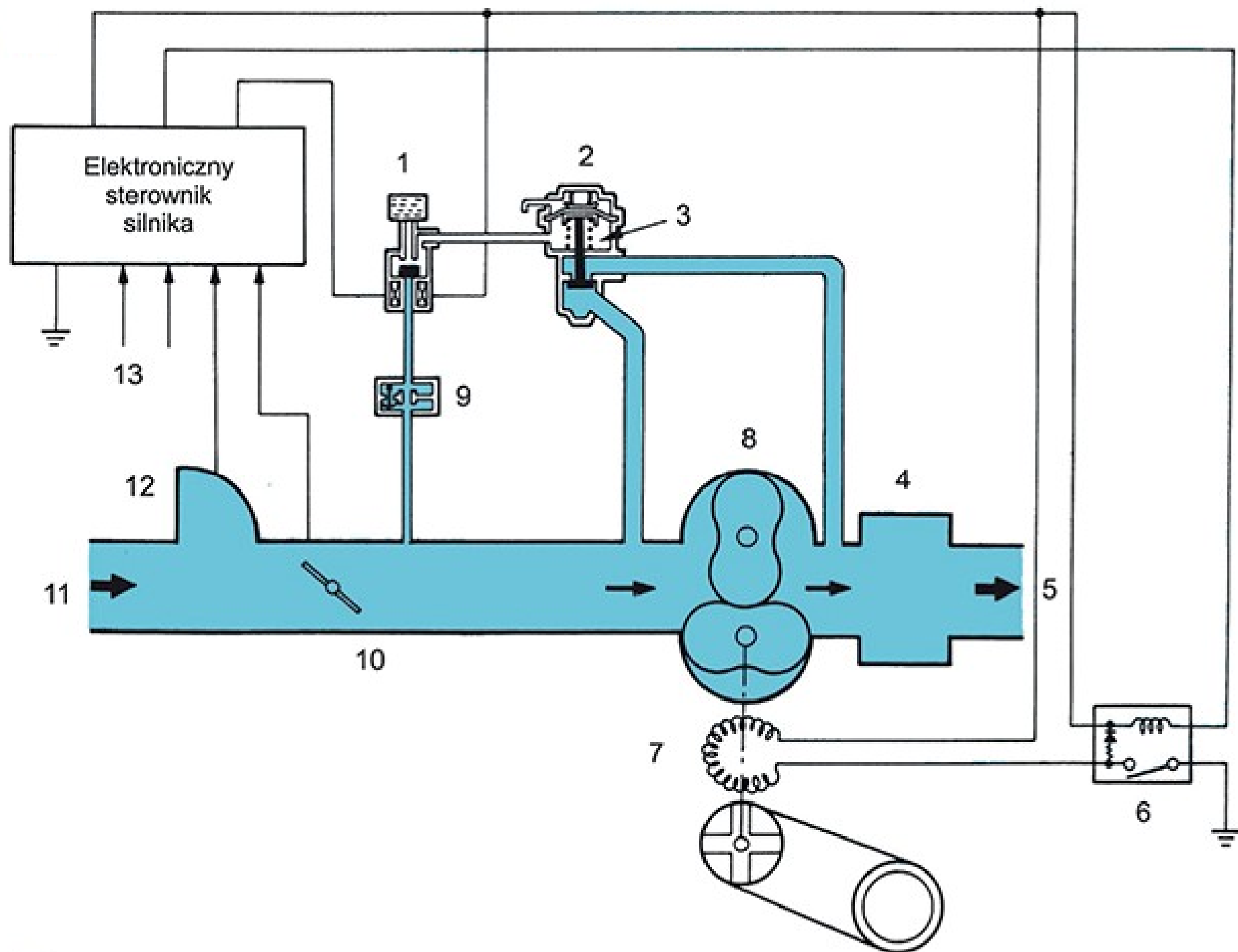
Regulacja pracy sprężarki mechanicznej

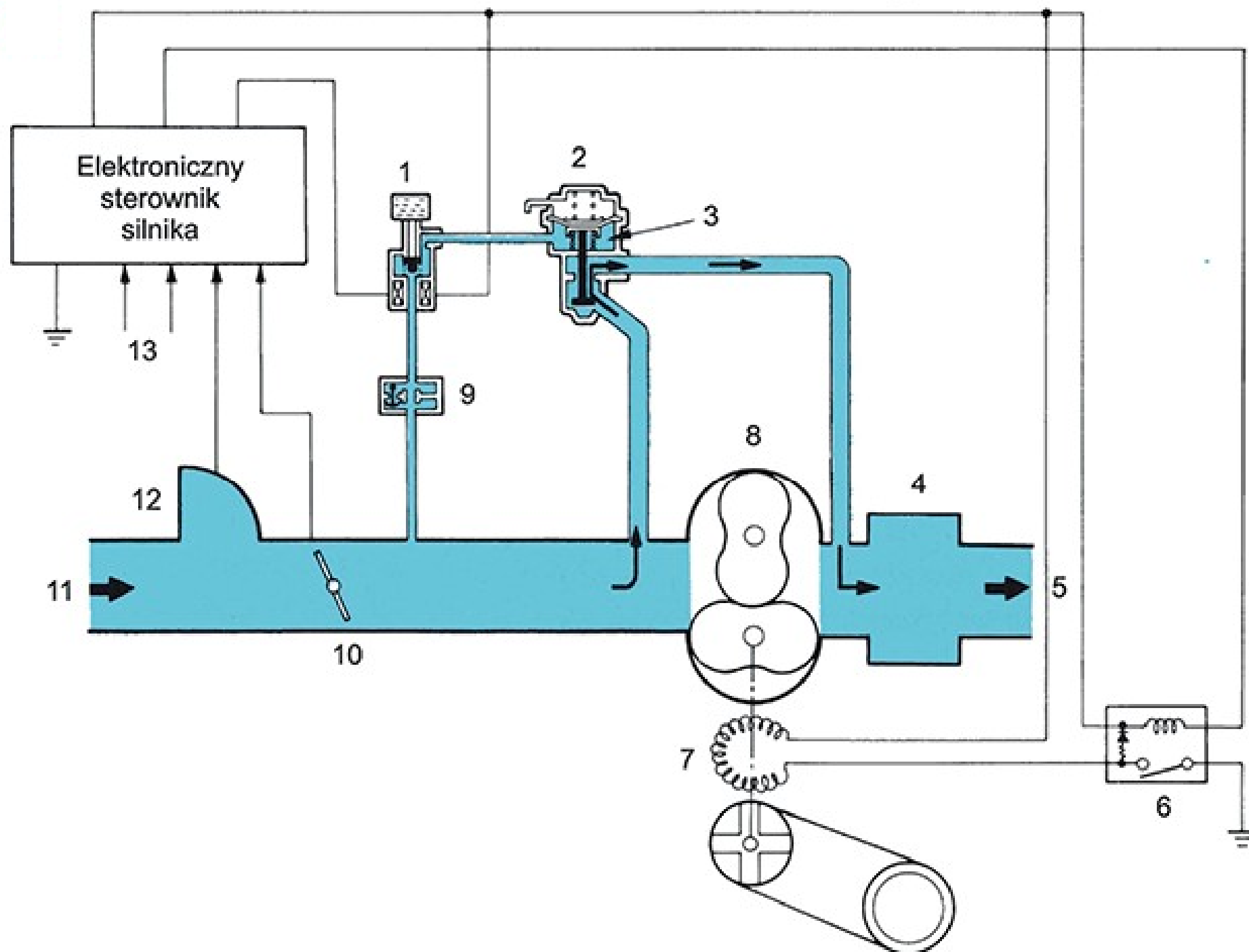
Włączanie sprzęgła elektromagnetycznego

- a) kąt otwarcia przepustnicy jest większy od ustalonej wartości
- b) prędkość obrotowa silnika oraz ilość powietrza doprowadzanego do silnika zawiera się w zakresie dużych obciążeń silnika

Zawór boczny powietrza







TURBODOŁADOWANIE

Budowa turbosprężarki

a) turbina

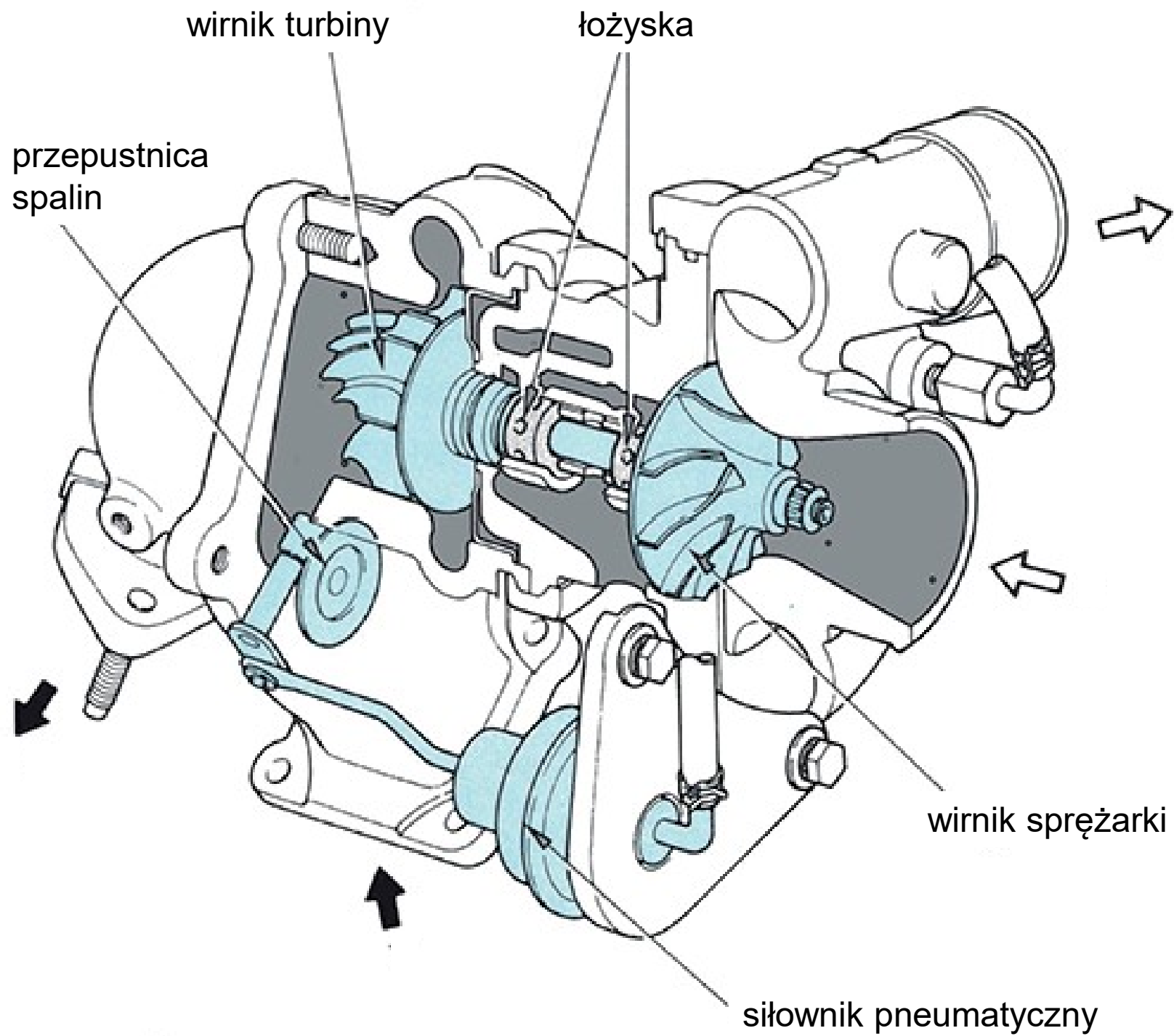
- dośrodkowa
- ze stopów żaroodpornych lub kompozytów ceramicznych
- obudowa ze staliwa

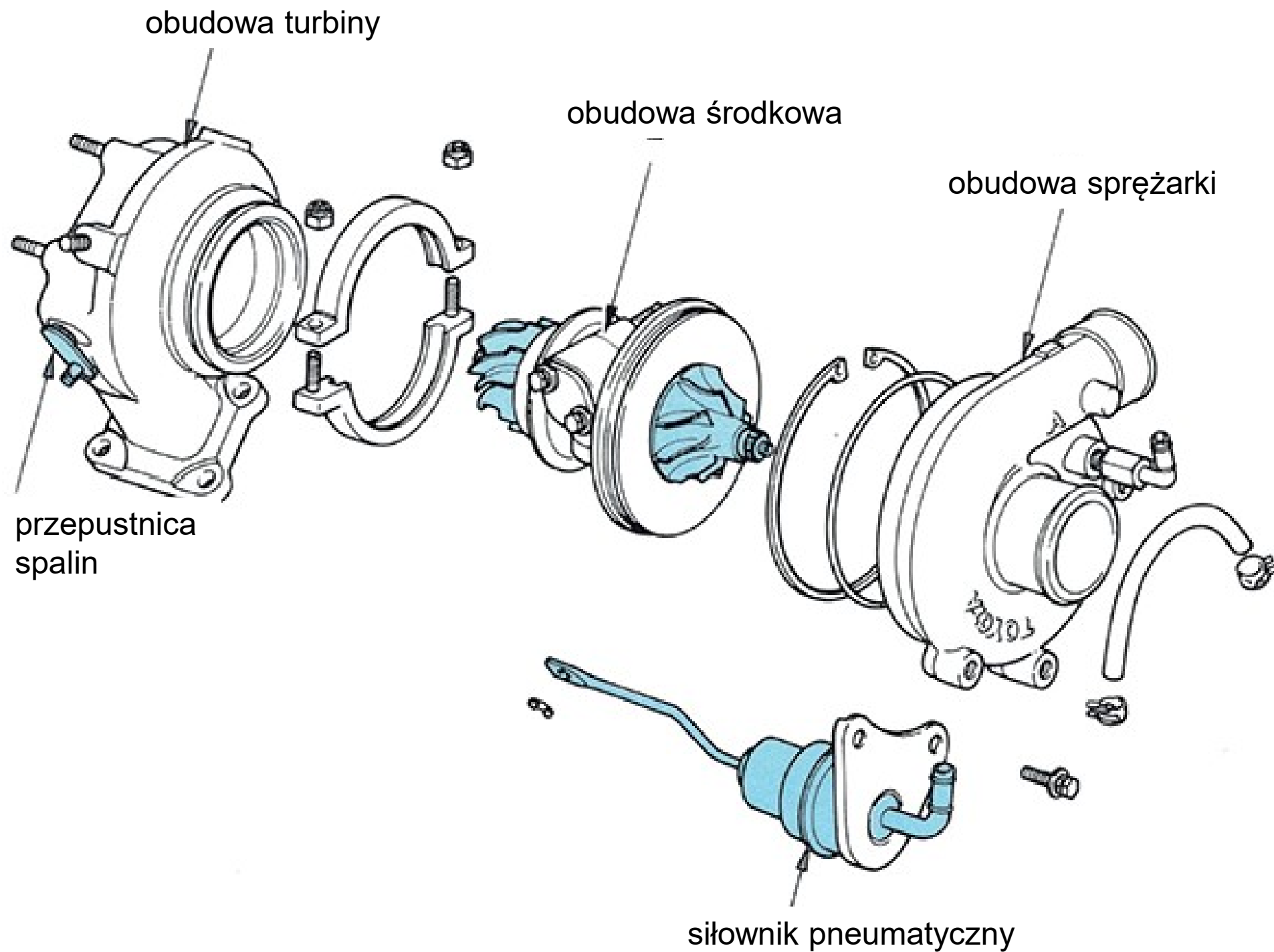
b) sprężarka

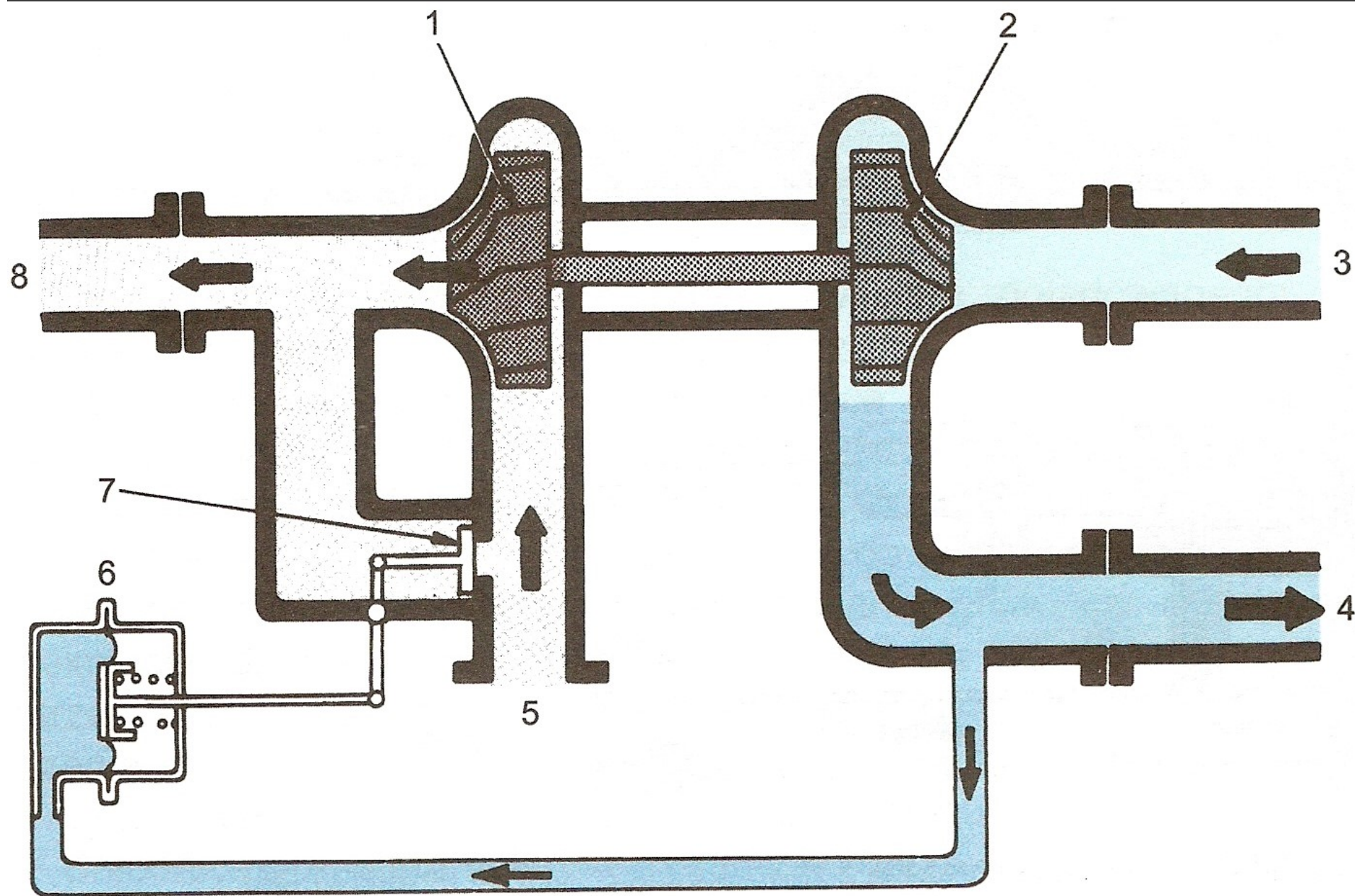
- odśrodkowa
- ze stopów lekkich

c) ułożyskowanie

- łożyska ślizgowe pływające







Chłodnica powietrza doładowanego

a) zadanie

- obniżenie temperatury z ok. 150°C do ok. 60°C

b) rodzaje

- chłodzone powietrzem
- chłodzone cieczą

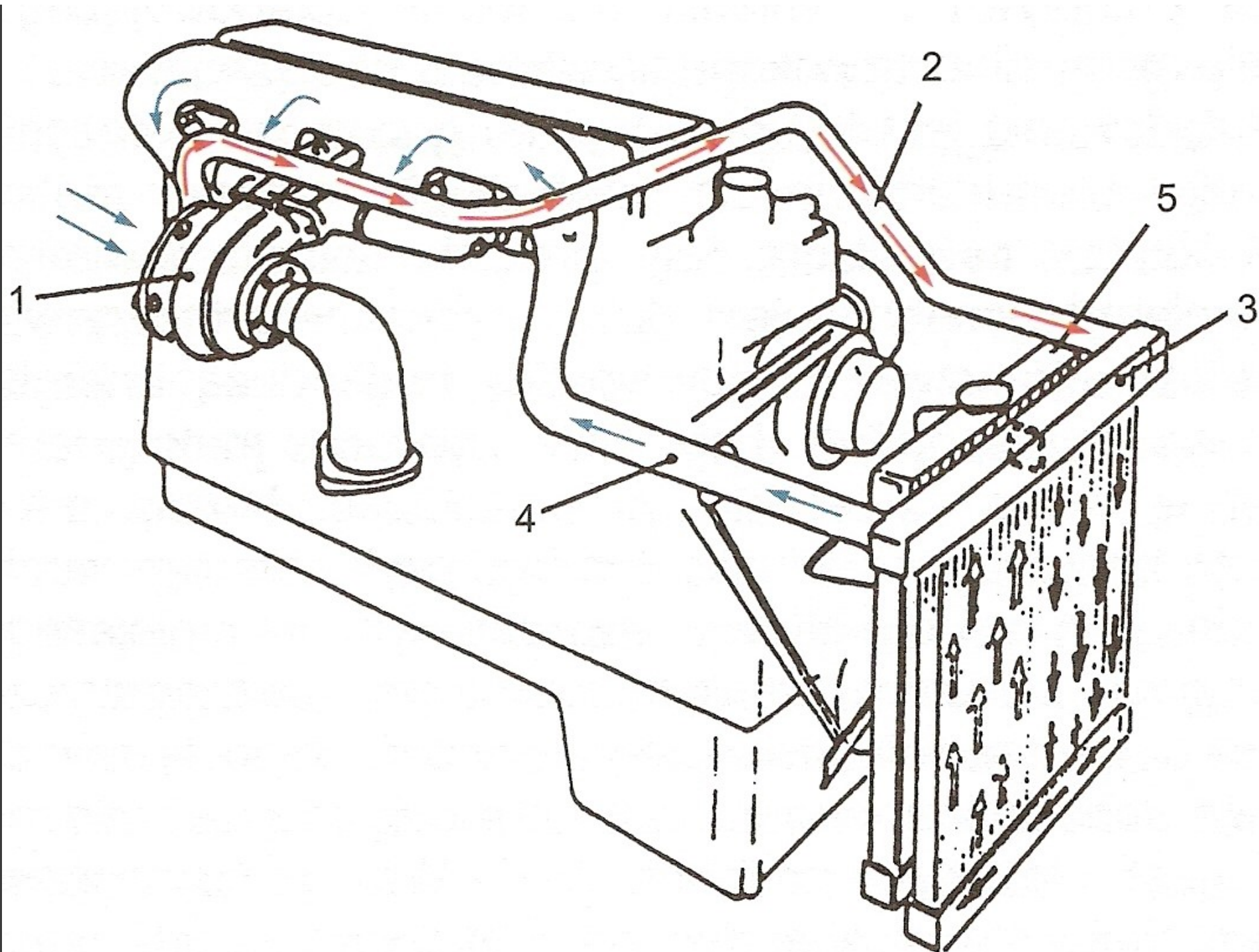
Chłodzenie powietrzem

a) zalety

- większe bezpieczeństwo eksploatacyjne
- uzyskanie większych spadków temperatury

b) rozmieszczenie

- pionowo – w przednim pasie pojazdu



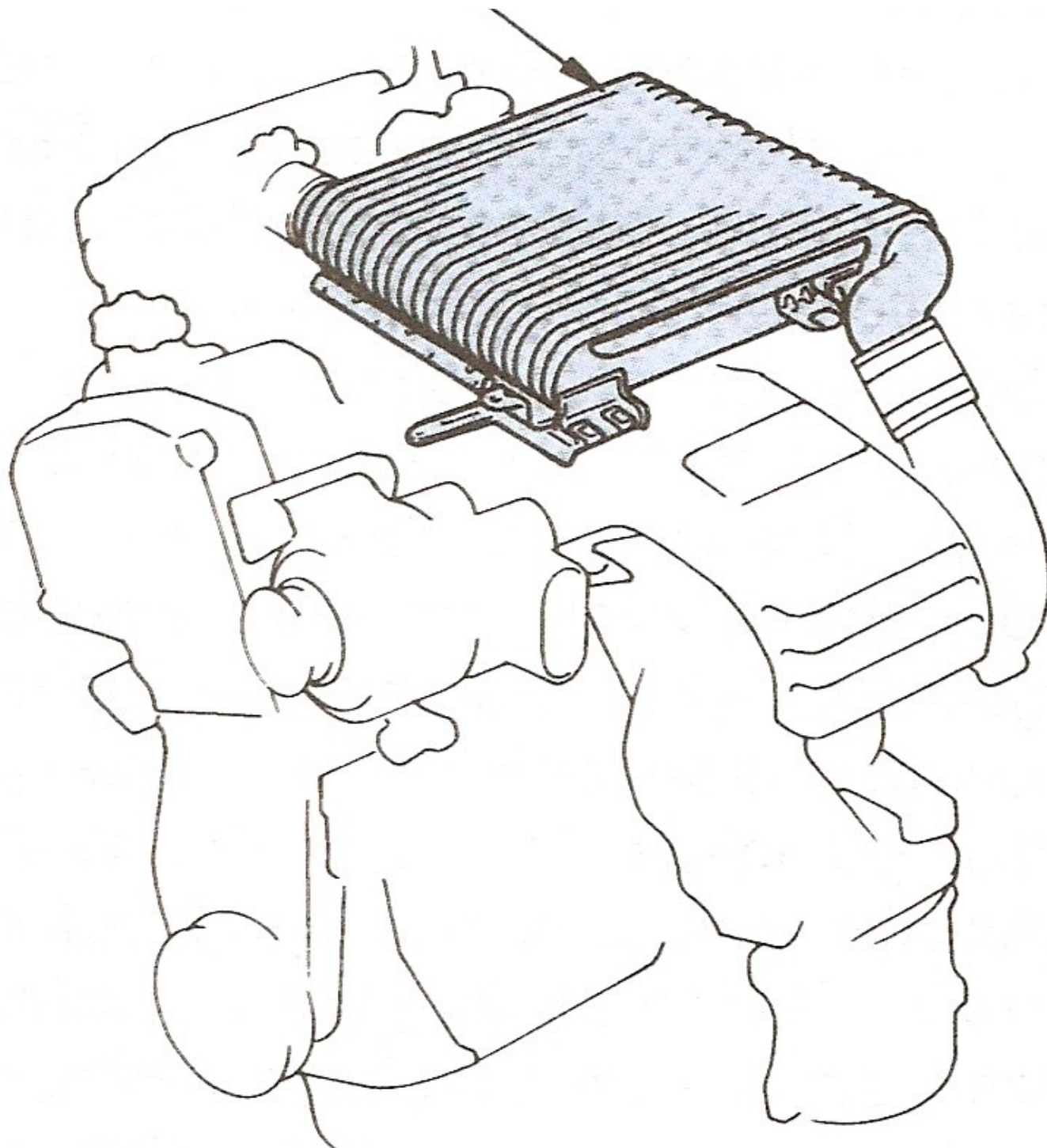
Chłodzenie powietrzem

a) zalety

- większe bezpieczeństwo eksploatacyjne
- uzyskanie większych spadków temperatury

b) rozmieszczenie

- pionowo – w przednim pasie pojazdu
- poziomo – na silniku



Chłodzenie cieczą

Cechy turbodoładowania

a) Zalety

- częściowe wykorzystanie energii spalin
- samoczynne dostosowanie wydajności turbosprężarki do obciążenia silnika

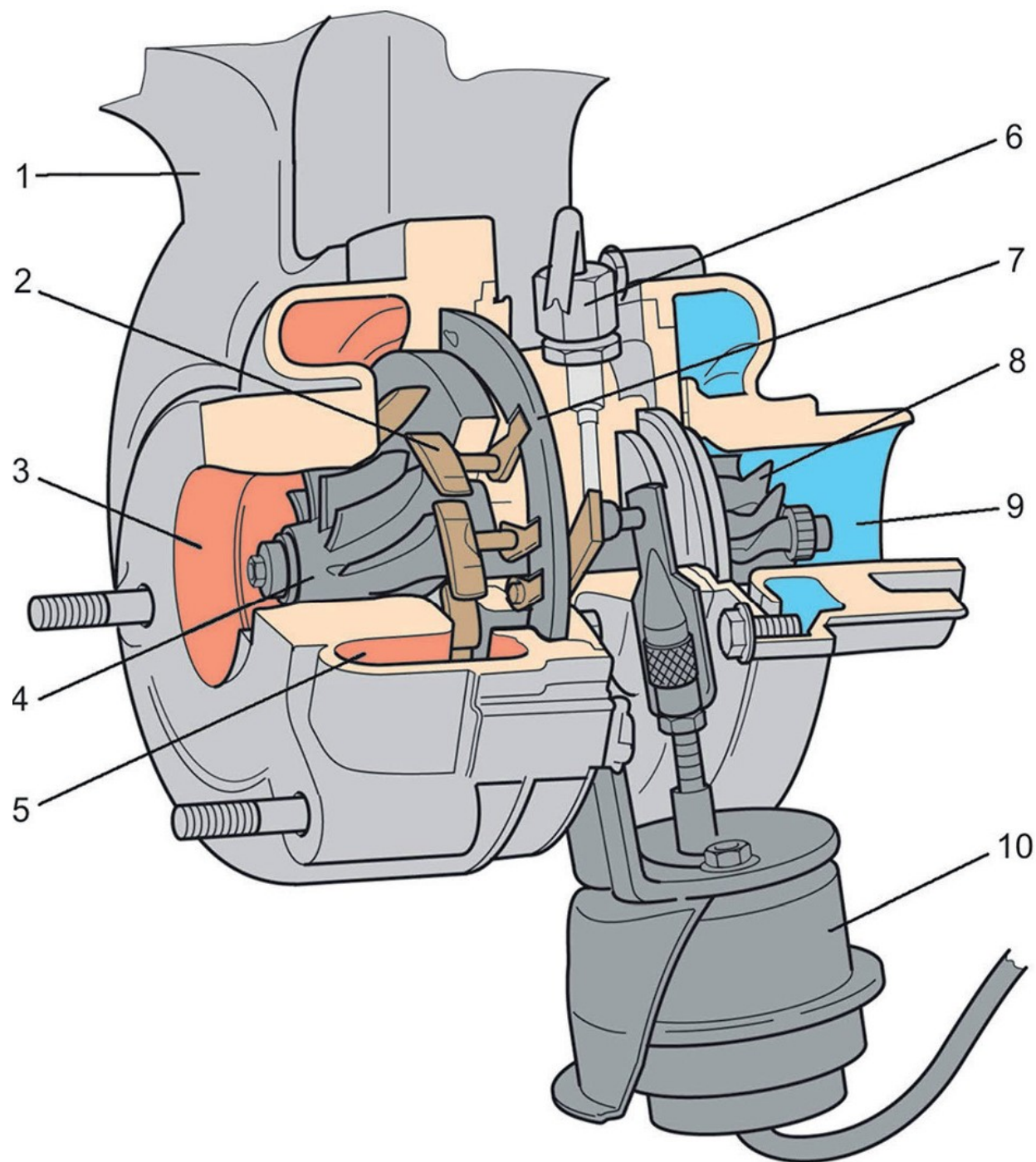
b) Wady

- dość długi czas reakcji na wzrost obciążenia silnika (tzw. turbodziura)
- mała skuteczność przy małej ilości spalin

Turbosprężarka o zmiennej geometrii kierownicy turbiny

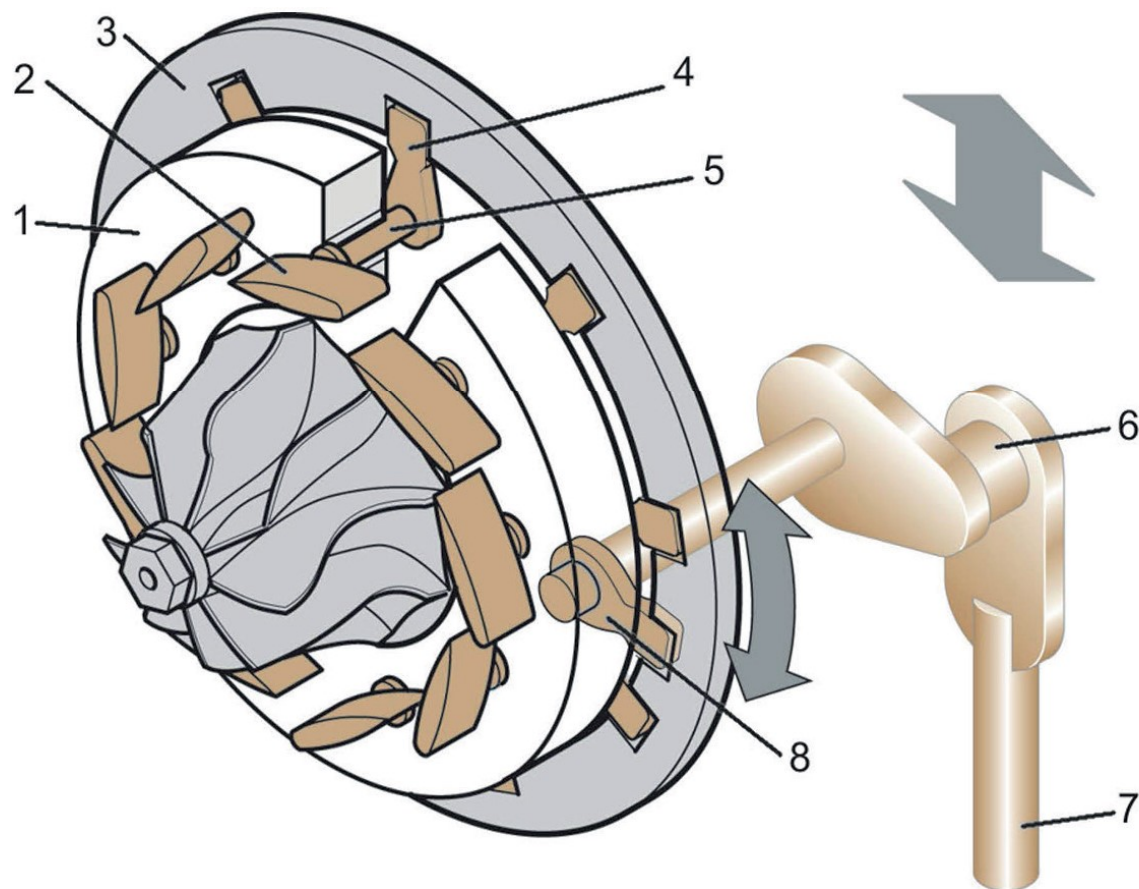
a) sposoby zmiany

- zmiana kąta nachylenia łopatek kierownicy



Turbosprężarka o zmiennej geometrii kierownicy turbiny [36]

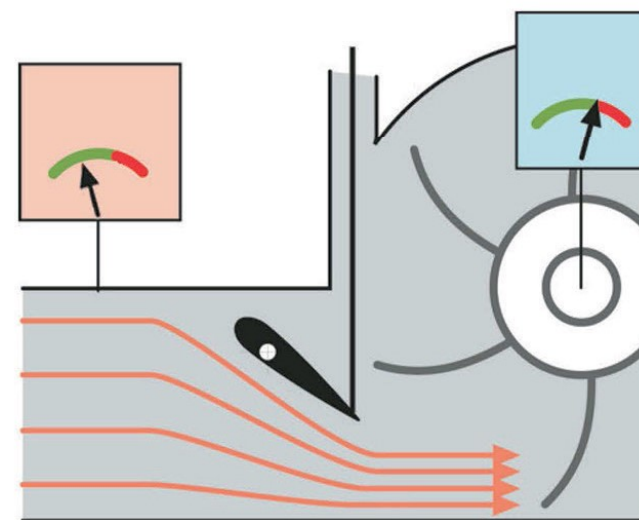
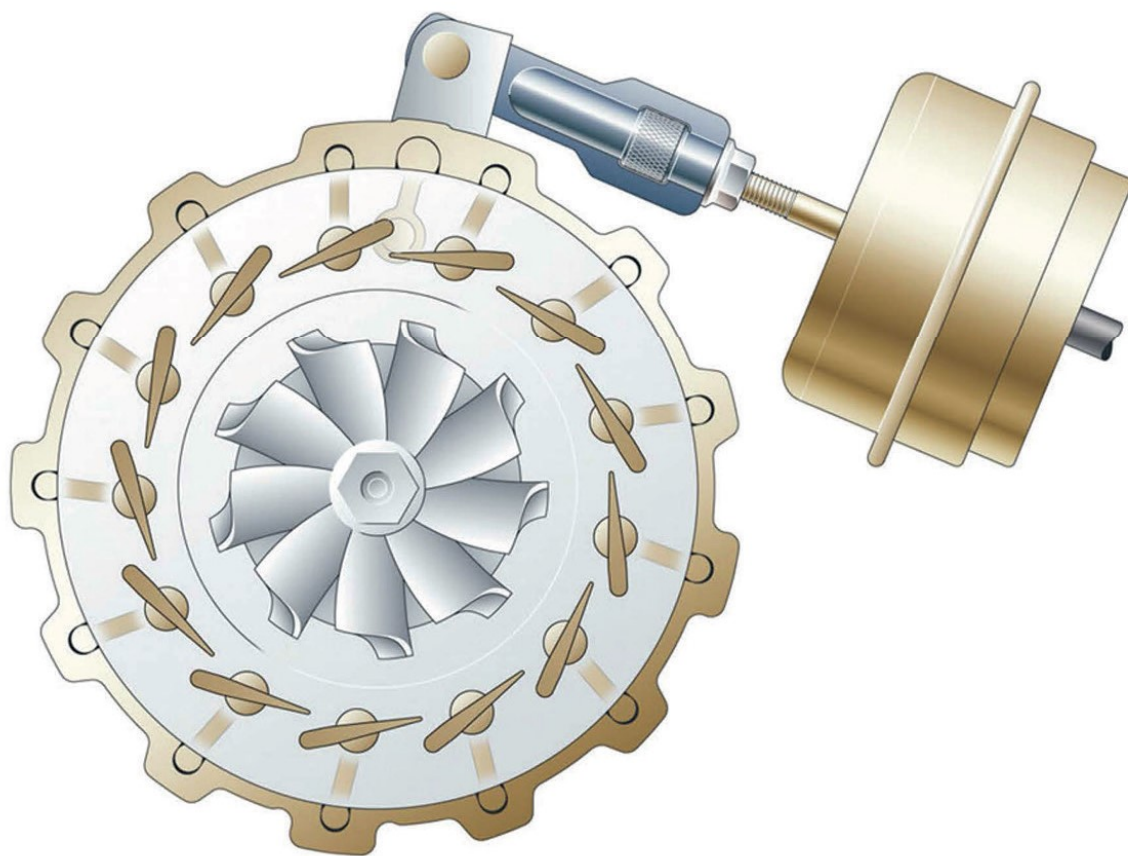
1 – obudowa turbosprężarki,
 2 – nastawne łopatki kierownicy turbiny, 3 – wylot spalin,
 4 – wirnik turbiny, 5 – wylot spalin z silnika,
 6 – doprowadzenie oleju,
 7 – pierścień nastawczy łopatek, 8 – wirnik sprężarki,
 9 – wlot powietrza, 10 – zawór podciśnieniowy ustawiający łopatki kierownicy turbiny



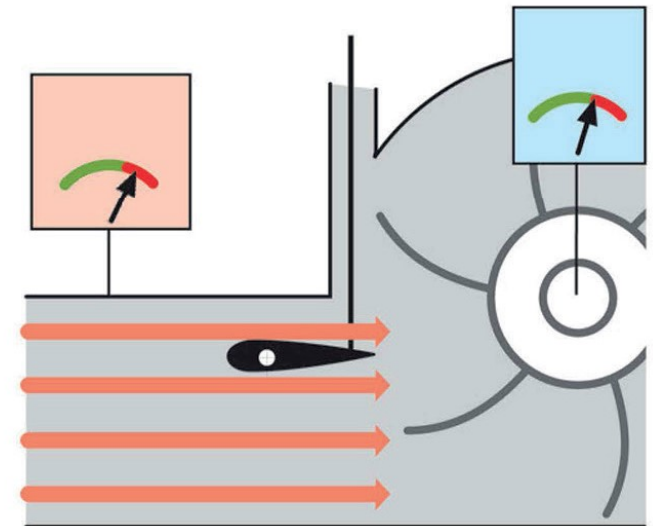
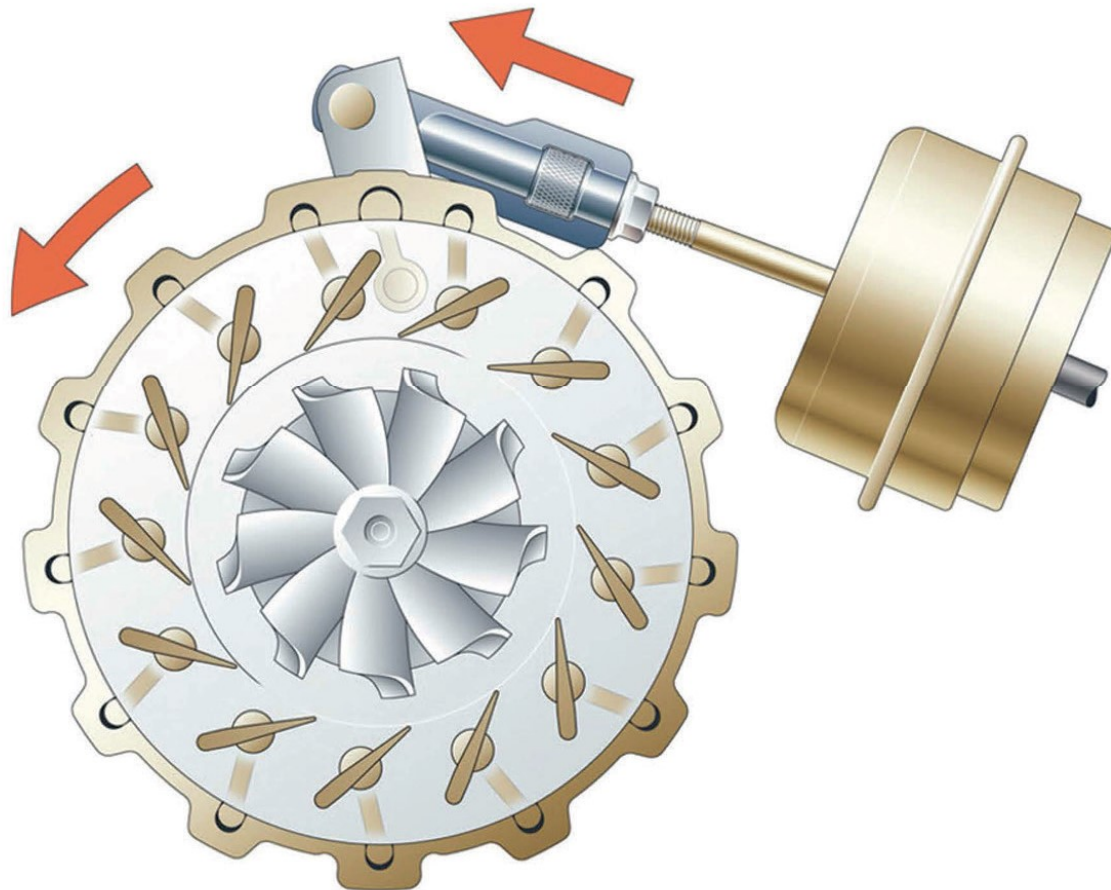
Mechanizm ustawiania łopatek kierownicy turbiny [36]

1 – pierścień nośny, 2 – łopatka nastawna, 3 – pierścień nastawczy łopatek, 4 – wspornik, 5 – kołek prowadzący, 6 – mechanizm przesuwu pierścienia, 7 – drążek mechanizmu przesuwu pierścienia, 8 – wspornik mechanizmu przesuwu pierścienia

Praca silnika z małą prędkością obrotową



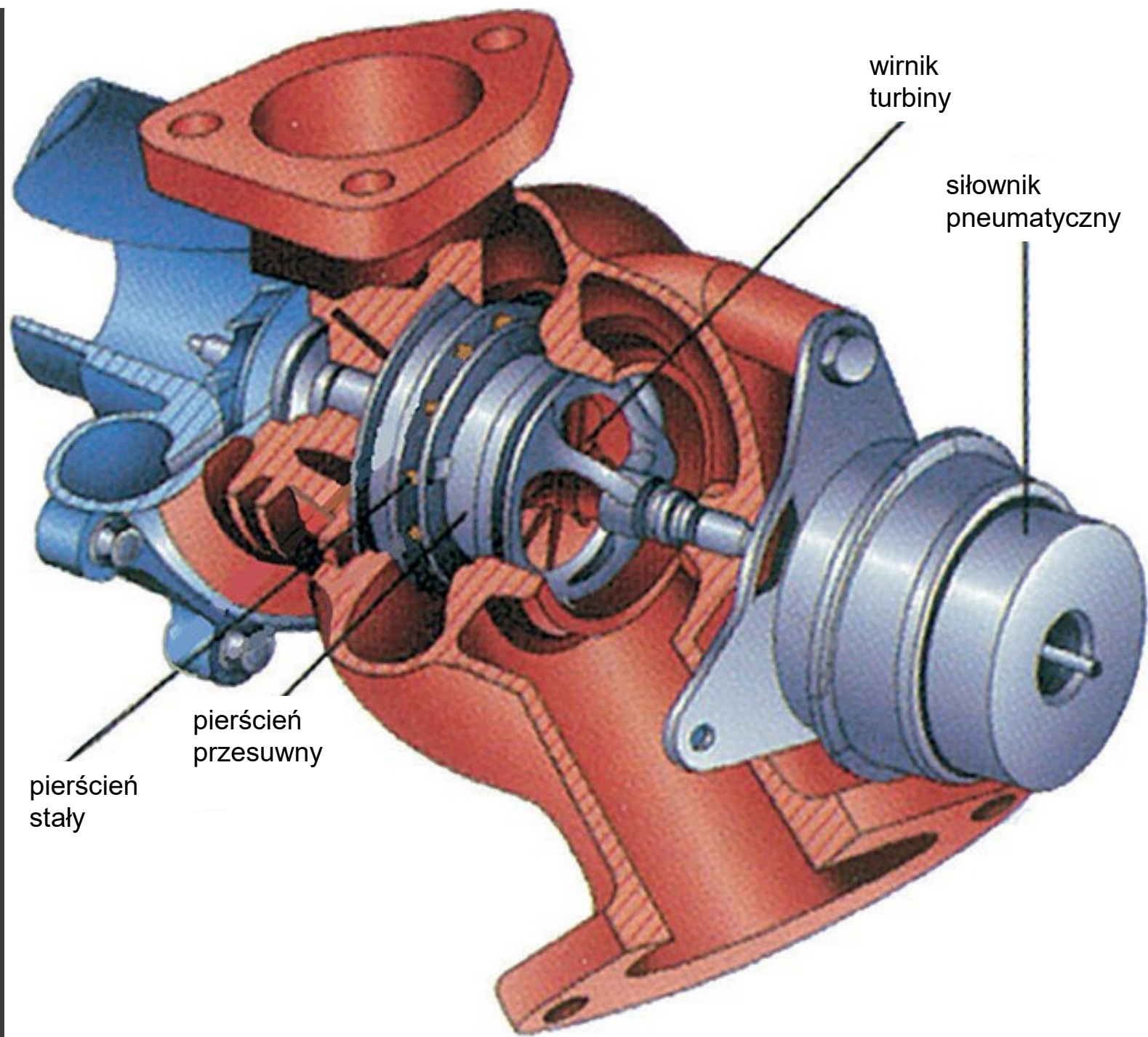
Praca silnika z dużą prędkością obrotową



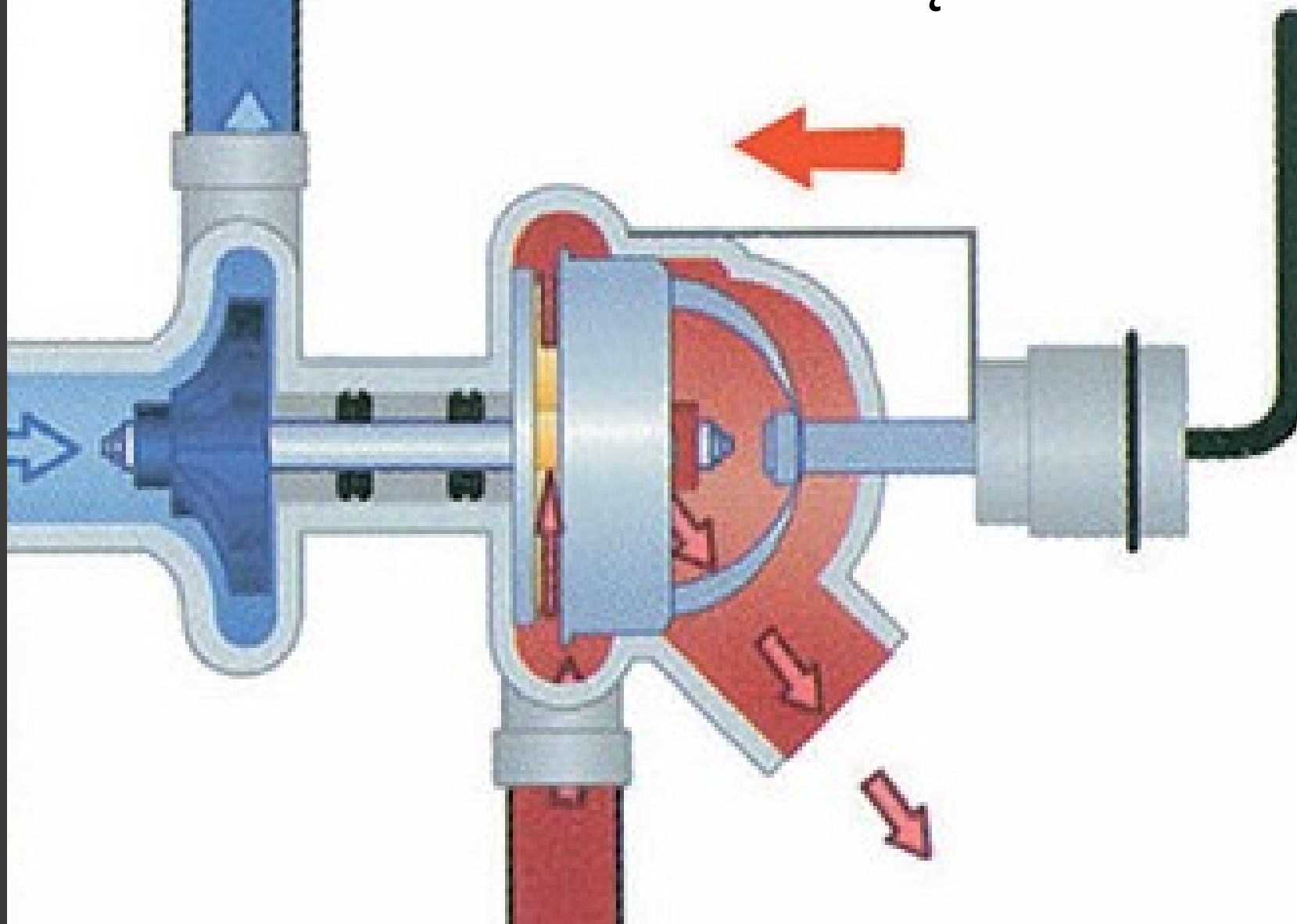
Turbosprężarka o zmiennej geometrii kierownicy turbiny

a) sposoby zmiany

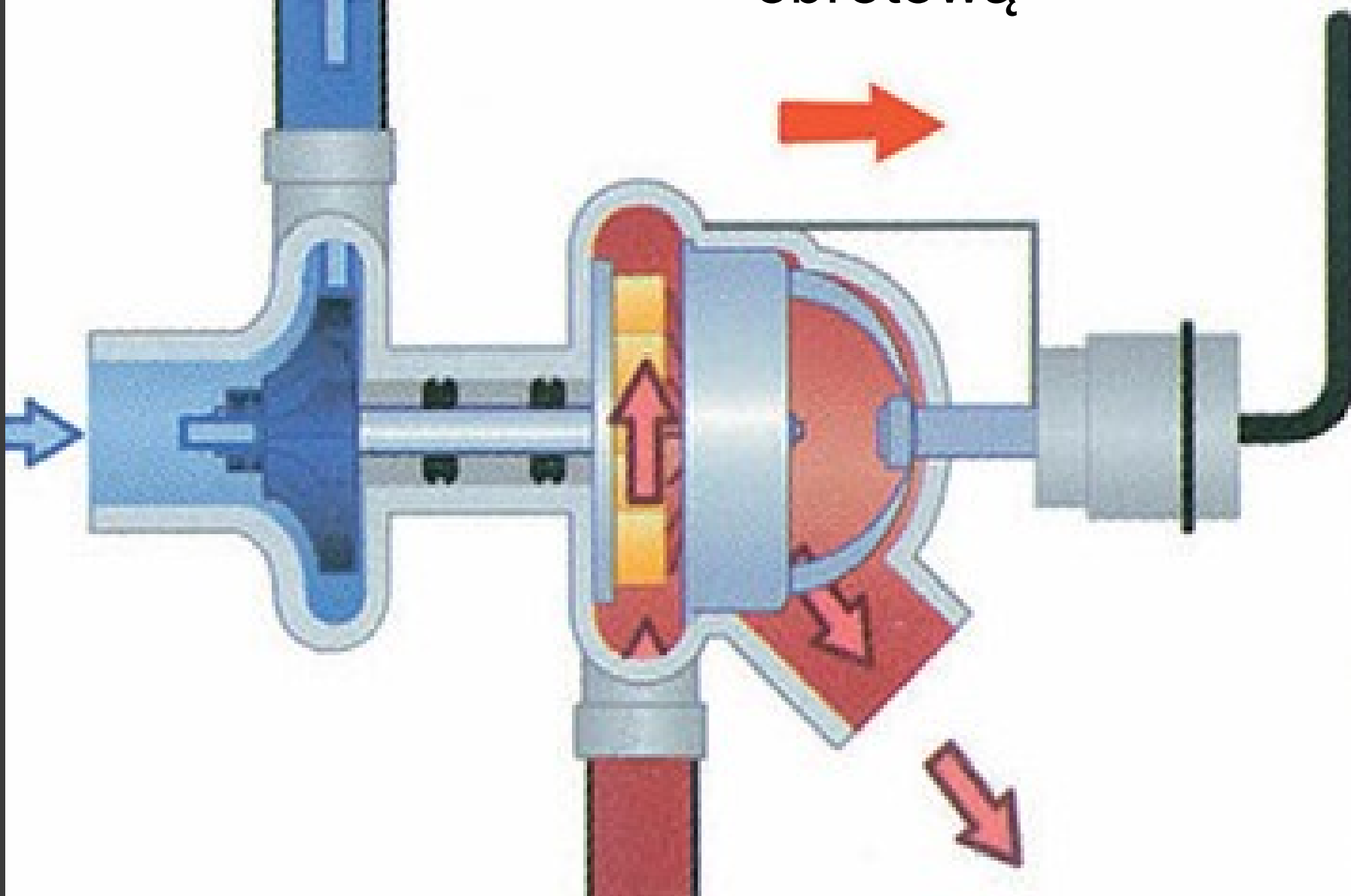
- zmiana kąta nachylenia łopatek kierownicy
- pierścień przysłaniający wlot spalin



Praca silnika z małą prędkością
obrotową



Praca silnika z dużą prędkością
obrotową



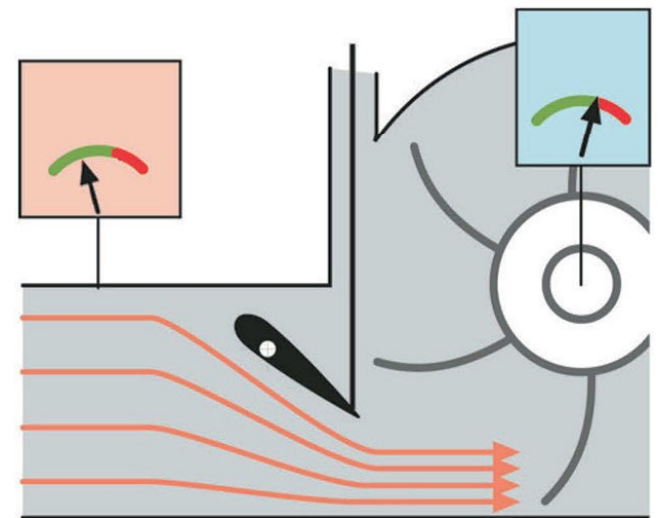
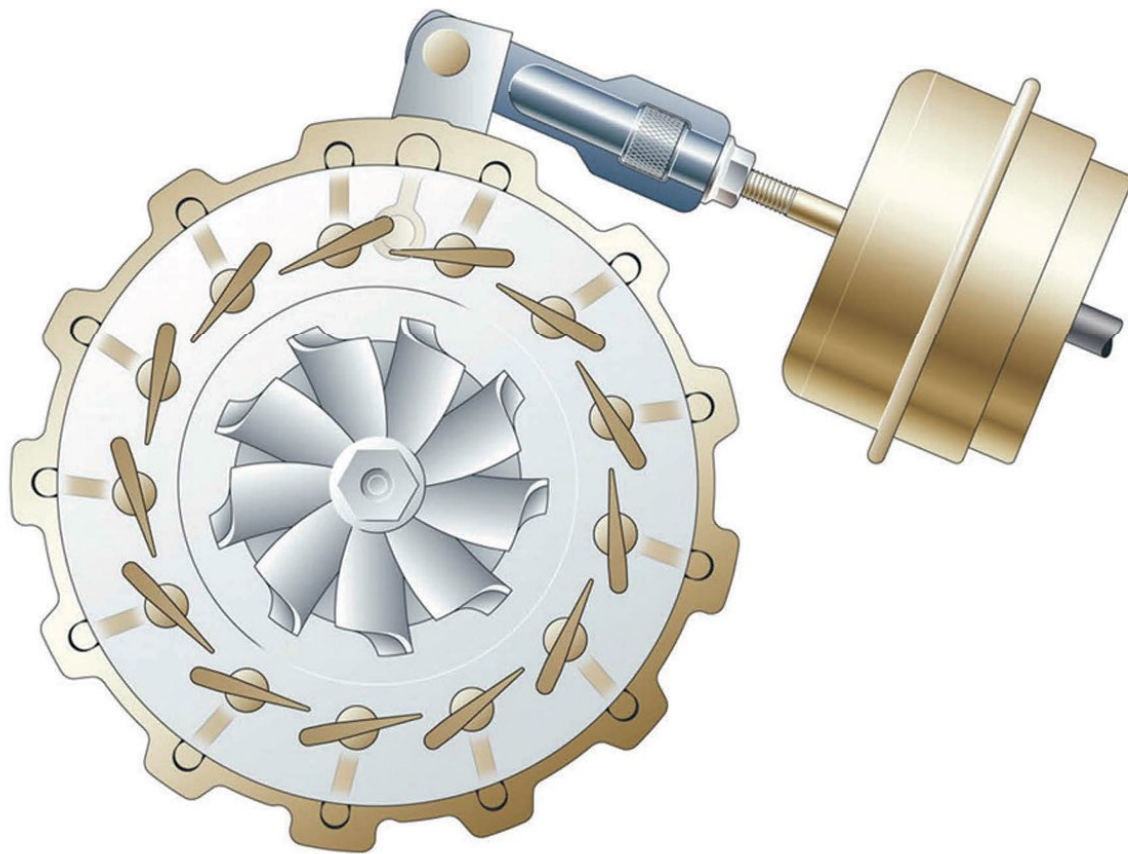
Turbosprężarka o zmiennej geometrii kierownicy turbiny

a) sposoby zmiany

- zmiana kąta nachylenia łopatek kierownicy
- pierścień przysłaniający wlot spalin

b) sposoby realizacji zmian

- układ pneumatyczny



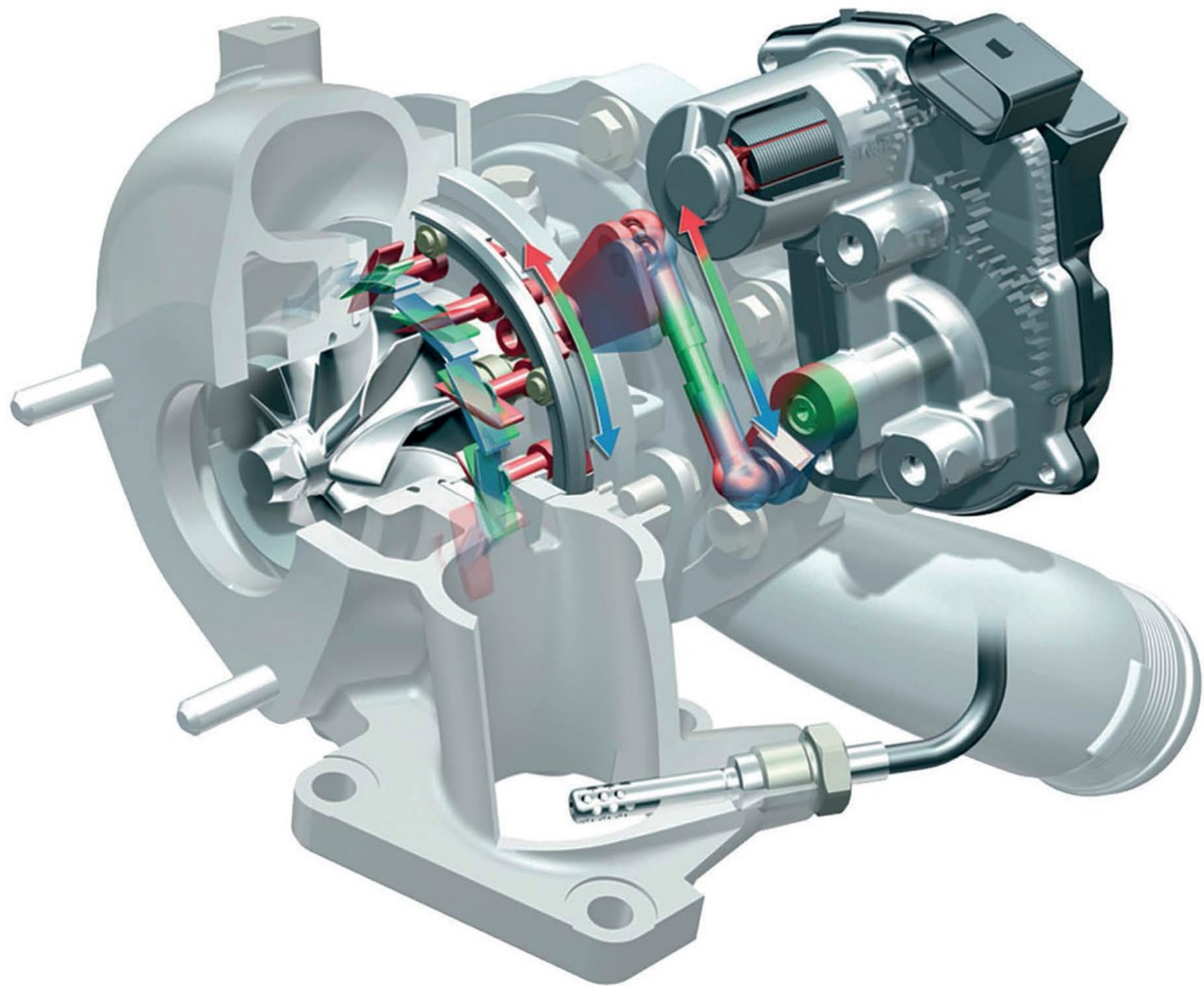
Turbosprężarka o zmiennej geometrii kierownicy turbiny

a) sposoby zmiany

- zmiana kąta nachylenia łopatek kierownicy
- pierścień przysłaniający wlot spalin

b) sposoby realizacji zmian

- układ pneumatyczny
- silnik krokowy



Turbosprężarka o zmiennej geometrii kierownicy turbiny

a) sposoby zmiany

- zmiana kąta nachylenia łopatek kierownicy
- pierścień przysłaniający wlot spalin

b) sposoby realizacji zmian

- układ pneumatyczny
- silnik krokowy
 - sterownik ustawia elementy regulujące przepływ spalin w odpowiednich położeniach

Układy dwóch turbosprężarek

➤ w silnikach powyżej 2500 cm³

a) doładowanie podwójne – układ biturbo

- układ równoległy
- dwa urządzenia tej samej wielkości

b) doładowanie sekwencyjne – układ Twin Turbo

- układ szeregowy
- dwa urządzenia różnej wielkości

Zasady obsługi silników z turbodoładowaniem

- podczas obsługi zwracać uwagę na:
 - rodzaj stosowanego oleju silnikowego
 - poziom oleju w układzie smarowania silnika
 - czystość oleju silnikowego
 - terminową wymianę oleju w silniku

Zasady eksploatacji silników z turbodoładowaniem

- **podczas użytkowania należy:**
 - unikać gwałtownego zwiększania prędkości obrotowej silnika bezpośrednio po jego rozruchu
 - (zbyt małe smarowanie łożysk turbosprężarki)
 - przed unieruchomieniem silnika po długiej jeździe z dużym obciążeniem lub dużą prędkością pozostawić silnik przez 1-2 minuty pracujący na biegu jałowym
 - (stopniowe chłodzenie elementów turbosprężarki)

Główne przyczyny awarii turbosprężarek

- a) ciała obce dostające się do kolektora dolotowego lub wylotowego
 - zniszczenie łopatek wirnika turbiny lub sprężarki
- b) zanieczyszczenie oleju oraz przerwy w dopływie oleju do łożysk wałka wirników turbosprężarki
 - cierne i termiczne niszczenie powierzchni łożysk
- c) przegrzewanie turbosprężarki
 - odkształcenia jej elementów
 - spalanie oleju (gorsze smarowanie, sadza w łożyskach)

DOŁADOWANIE MIESZANE

Układ Twincharger (VW)

a) sprężarka mechaniczna (typu Eaton)

- działa do 2500 obr/min
- włącza się przy nagłych zmianach obciążenia
- posiada przekładnię zębatą ($i=0,2$)

b) turbosprężarka

DOŁADOWANIE DYNAMICZNE

Zasada działania

- Wykorzystanie zjawiska falowania strugi powietrza w przewodach dolotowych silnika:
 - rozprędzony strumień powietrza trafiając na zamknięty zawór spręża się i odbija
 - biegnąc w przeciwnym kierunku wywołuje drgania strugi powietrza lub rezonans
 - dobierając długość i przekrój przewodów dolotowych, otrzymuje się w nich intensywne rezonansowe wahania ciśnienia powietrza i doprowadzenie do cylindrów ładunku o podwyższonym ciśnieniu

Cechy doładowania dynamicznego

a) Zalety

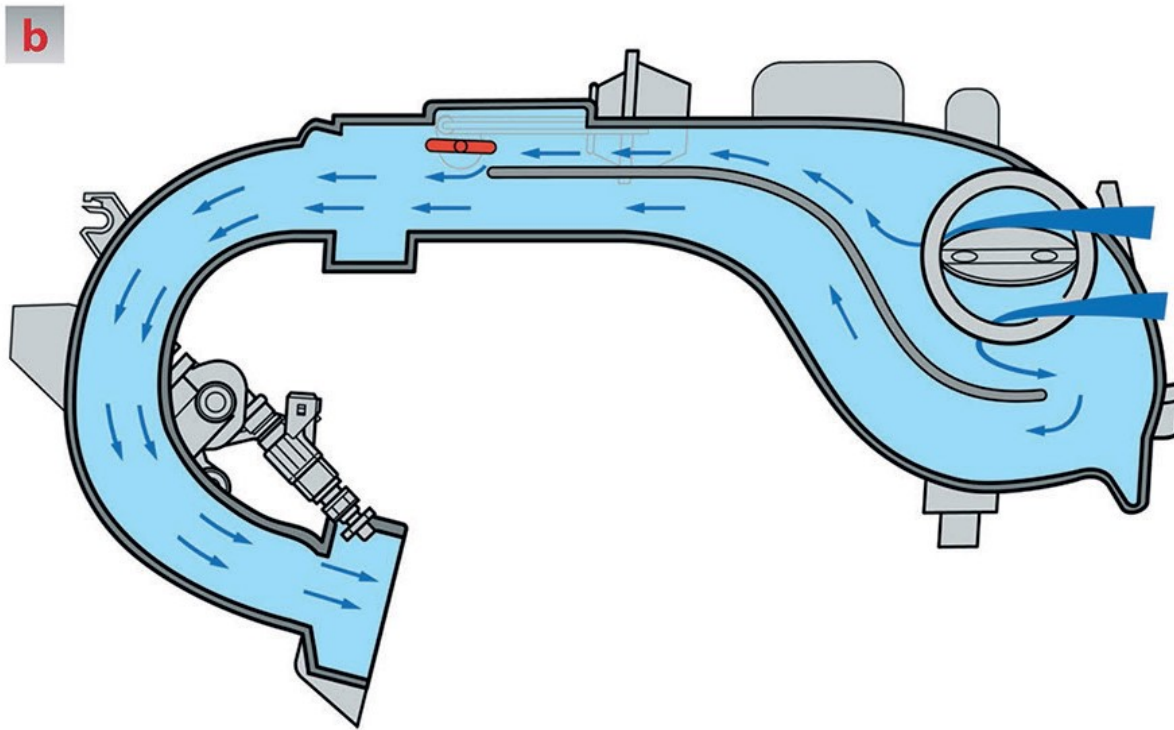
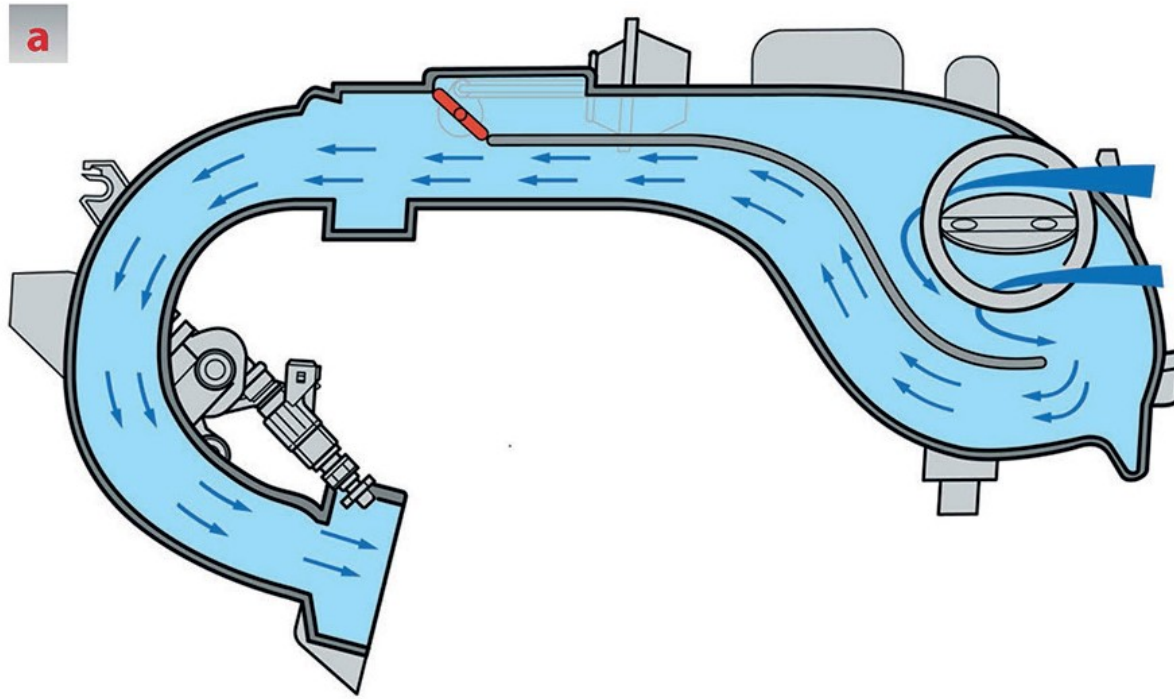
- brak sprężarki
- wykorzystanie ruchu tłoka w czasie dolotu do uzyskania energii potrzebnej do podwyższenia ciśnienia powietrza zasilającego cylindry

b) Wady

- skuteczność wyczuwalna tylko w pewnym zakresie prędkości obrotowej (konieczność zastosowania regulacji wielostopniowej)

Regulacja wielostopniowa

- ⦿ dla małych prędkości obrotowych
 - dłuższy przewód dolotowy
- ⦿ dla większych prędkości obrotowych
 - krótszy przewód dolotowy



UKŁADY WYLOTOWE

Zadania układu wylotowego

- a) odprowadzenie spalin z komór spalania silnika do miejsca, z którego nie będą zasysane do wnętrza pojazdu
- b) wytłumienie hałasu towarzyszącego wypływowi spalin
- c) oczyszczenie spalin ze szkodliwych składników

Budowa układu wylotowego

a) część przednia

- kolektor wylotowy
- rozruchowy reaktor katalityczny
- *obudowa turbiny turbosprężarki*
- główny reaktor katalityczny

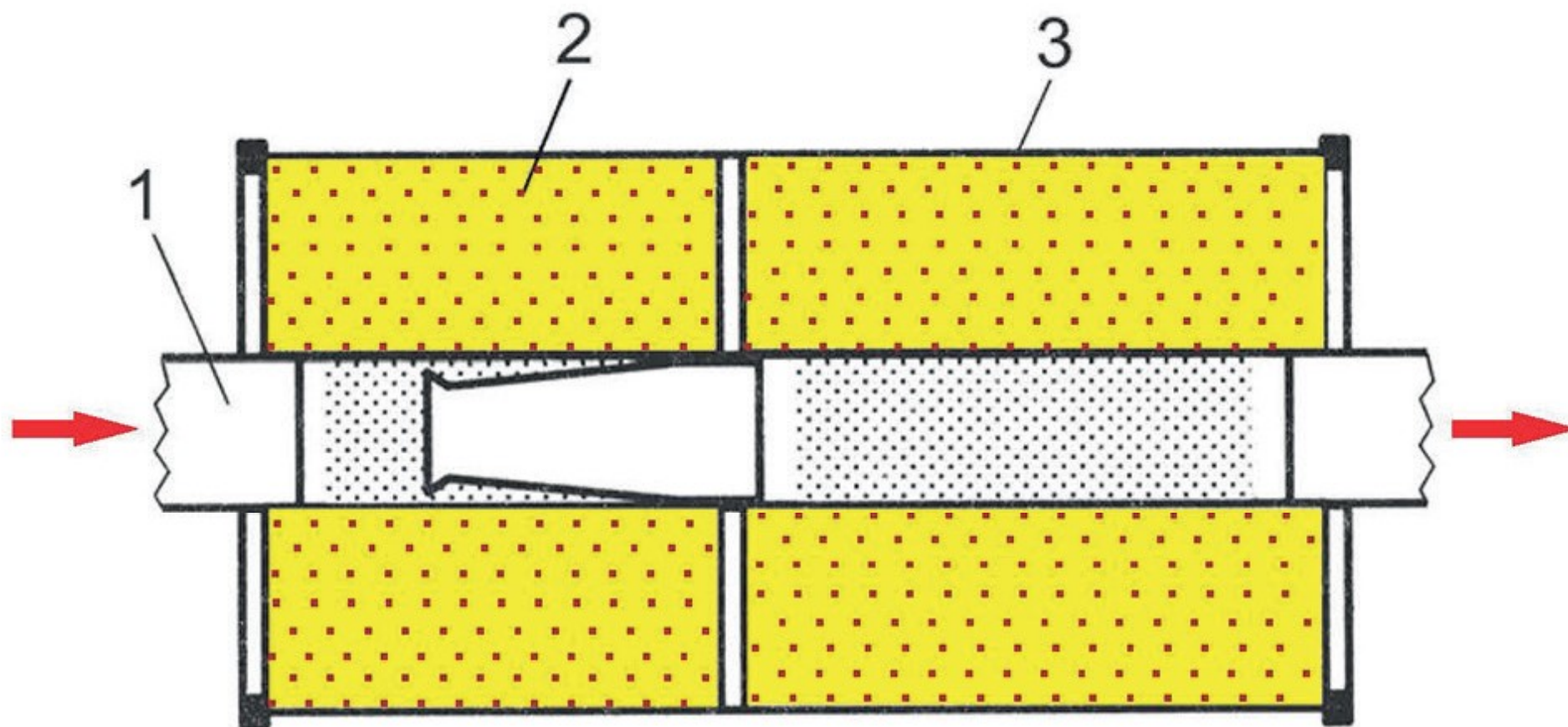
b) część tylna

- tłumik przedni
- tłumik tylny

Tłumiki wylotu

a) absorpcyjne

- przepływ spalin przez materiał tłumiący
 - wata stalowa, mineralna, szklana



- 1 – rura perforowana
- 2 – materiał tłumiący
- 3 – obudowa tłumika

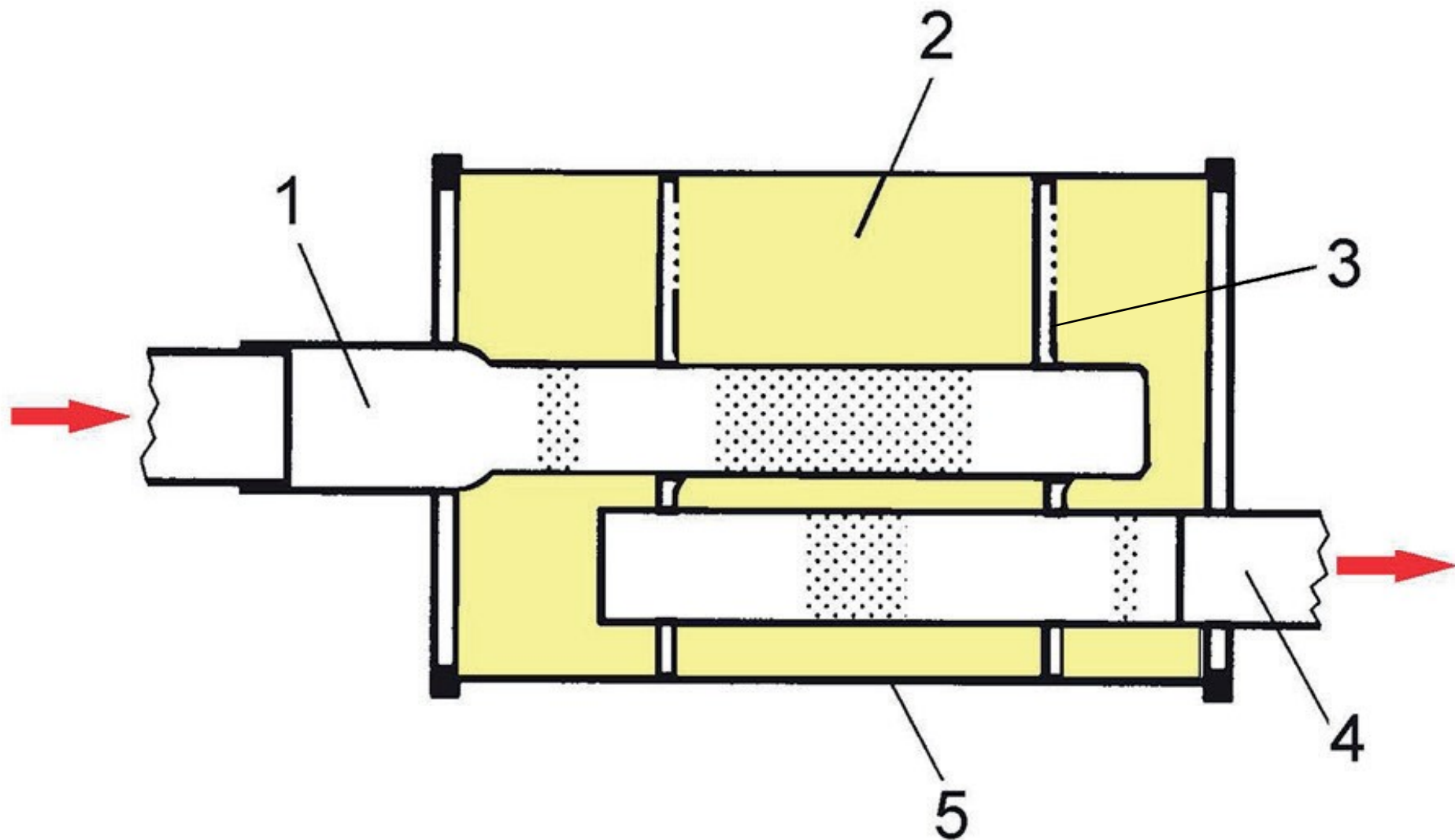
Tłumiki wylotu

a) absorpcyjne

- przepływ spalin przez materiał tłumiący
 - wata stalowa, mineralna, szklana
- tłumi drgania o częstotliwości ponad 500 Hz

b) refleksyjne

- wielokrotne odbijanie fali dźwiękowej poruszającej się wraz ze spalinami



1 – rura dopływu spalin
3 – przegrody wewnętrzne
5 – obudowa tłumika

2 – komory rezonansowe
4 – rura wylotowa spalin

Tłumiki wylotu

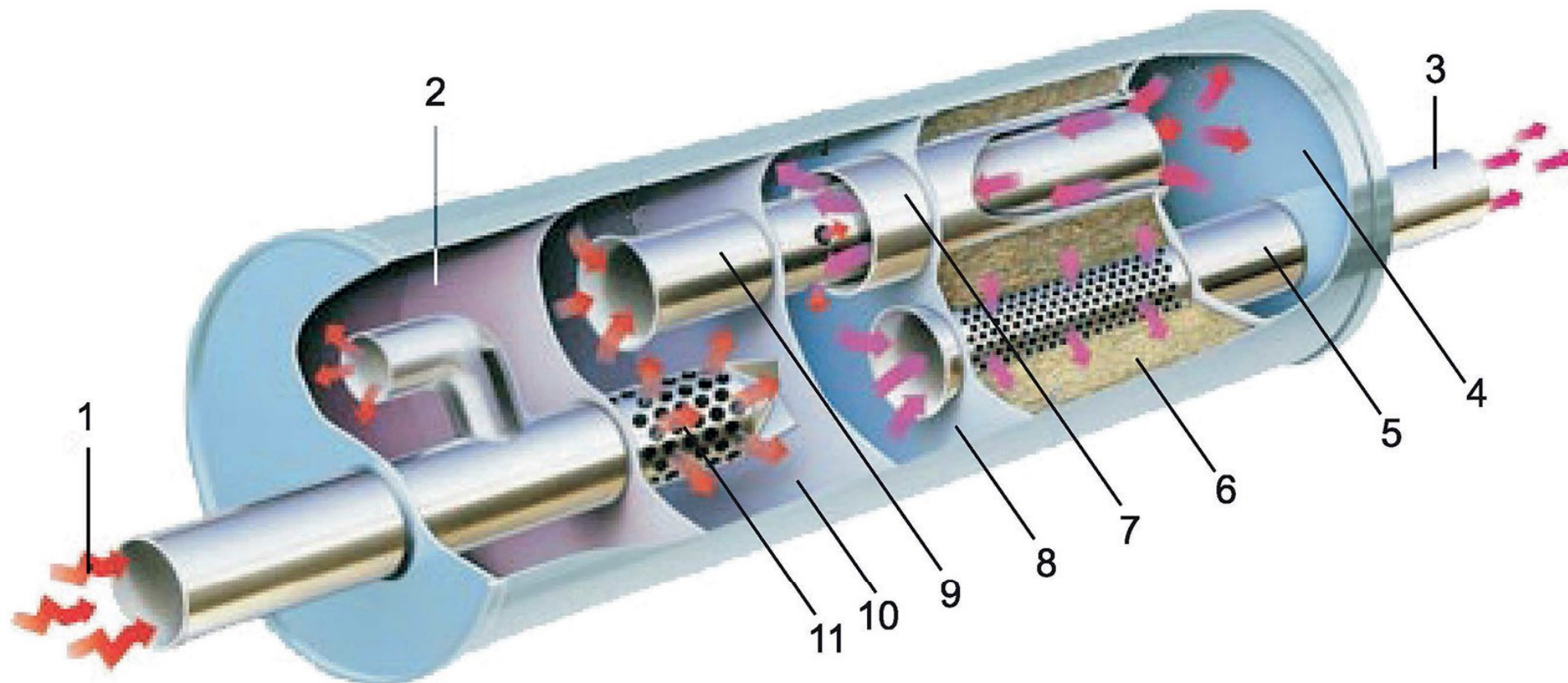
a) absorpcyjne

- przepływ spalin przez materiał tłumiący
 - wata stalowa, mineralna, szklana
- tłumi drgania o częstotliwości ponad 500 Hz

b) refleksyjne

- wielokrotne odbijanie fali dźwiękowej poruszającej się wraz ze spalinami

c) kombinowane



1 – rura dopływu spalin
 3 – rura wylotu spalin
 5, 7, 9 – rury
 11 – rura perforowana

2 – komora likwidująca rezonans
 4, 8, 10 – komory refleksyjne
 6 – komora absorpcyjna

UKŁAD OCZYSZCZANIA SPALIN SILNIKA ZI

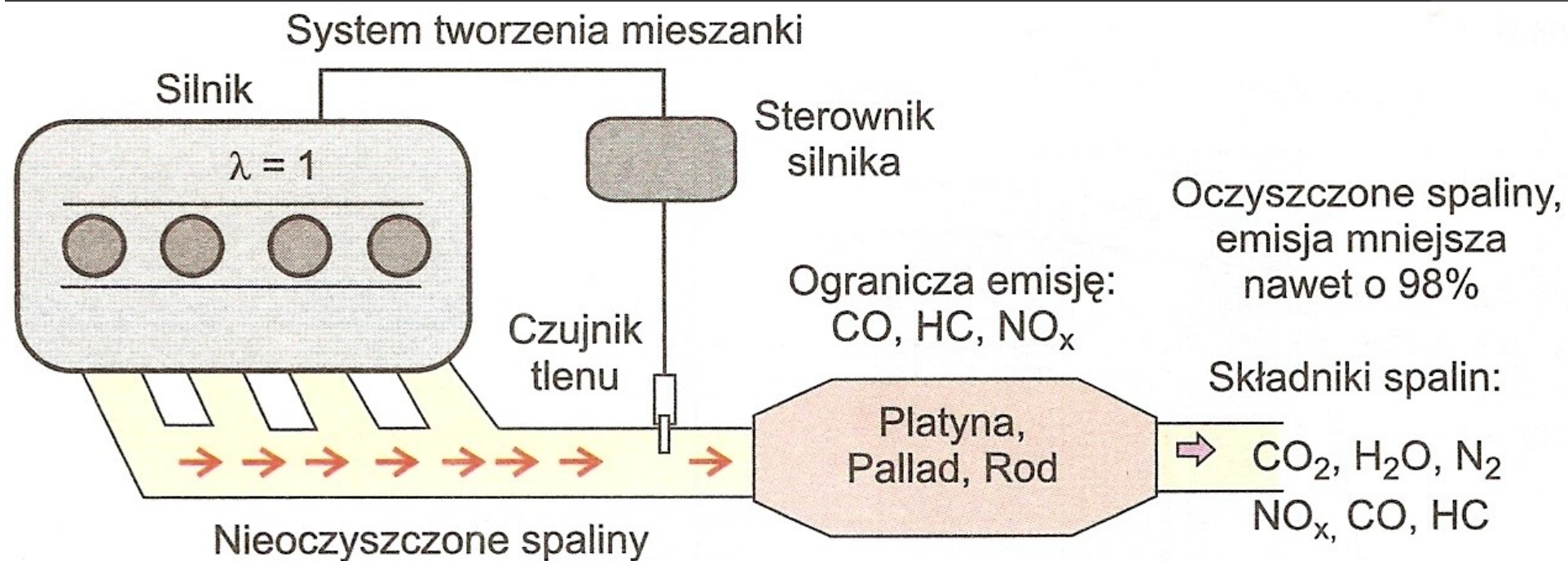
Trójfunkcyjny reaktor katalityczny

➤ tak zwany katalizator

- faktycznie katalizator jest to materiał, który przyspiesza lub wywołuje reakcje w reaktorze katalitycznym

a) zasada działania

- utlenia tlenek węgla
- utlenia węglowodory
- redukuje tlenki azotu



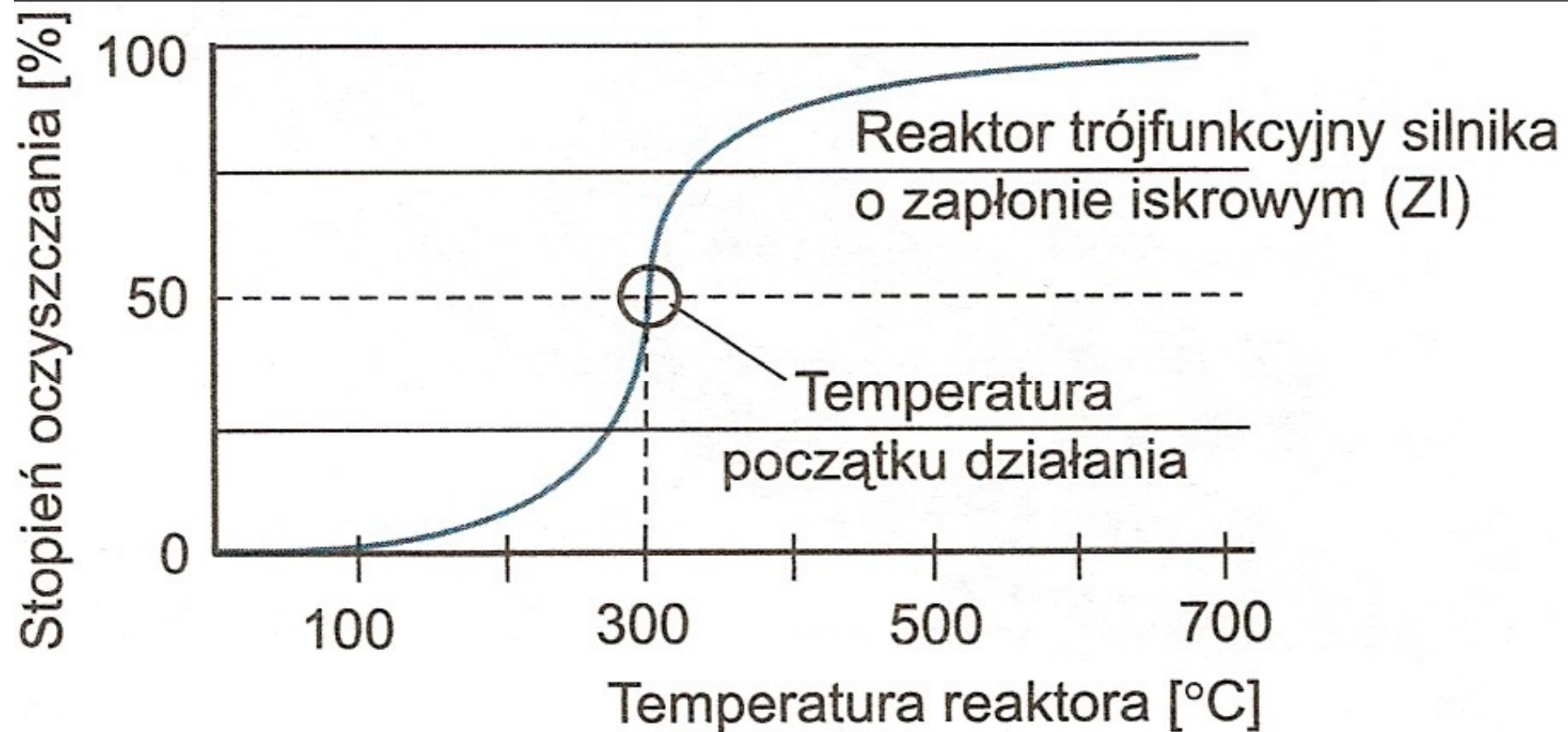
Trójfunkcyjny reaktor katalityczny

a) zasada działania

- utlenia tlenek węgla
- utlenia węglowodory
- redukuje tlenki azotu

b) warunki pracy

- temperatura
 - początku działania – ok. 250°C
 - zakres optymalnego działania – 600-800°C



Trójfunkcyjny reaktor katalityczny

a) zasada działania

- utlenia tlenek węgla
- utlenia węglowodory
- redukuje tlenki azotu

b) warunki pracy

- temperatura
 - początku działania – ok. 250°C
 - zakres optymalnego działania – 600-800°C
- skład mieszanki
 - teoretyczny – $\lambda=0,995-1,005$
 - praktyczny – $\lambda=0,97-1,03$

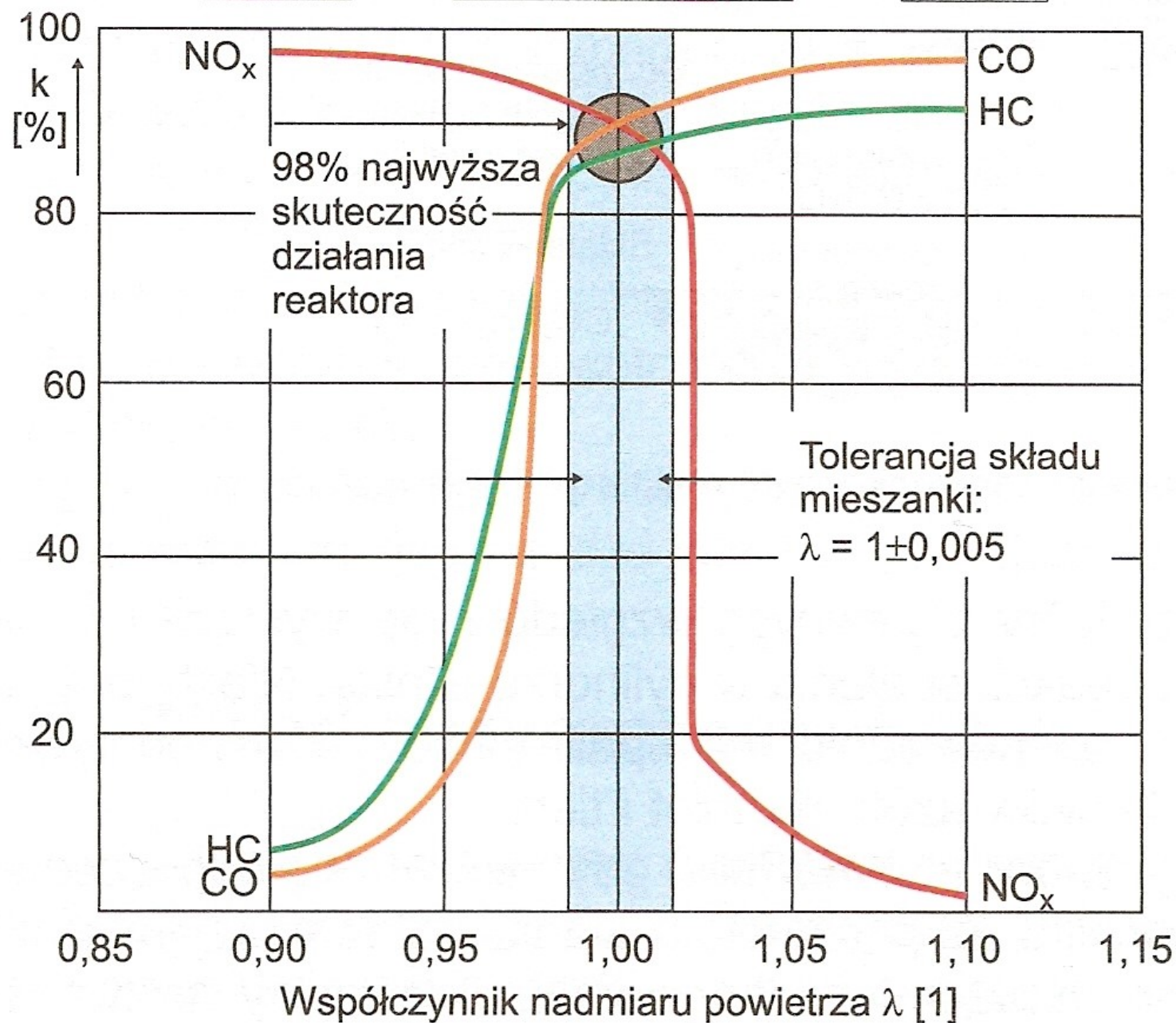
Stopień konwersji k

Mieszanka:

bogata

stechiometryczna

uboga



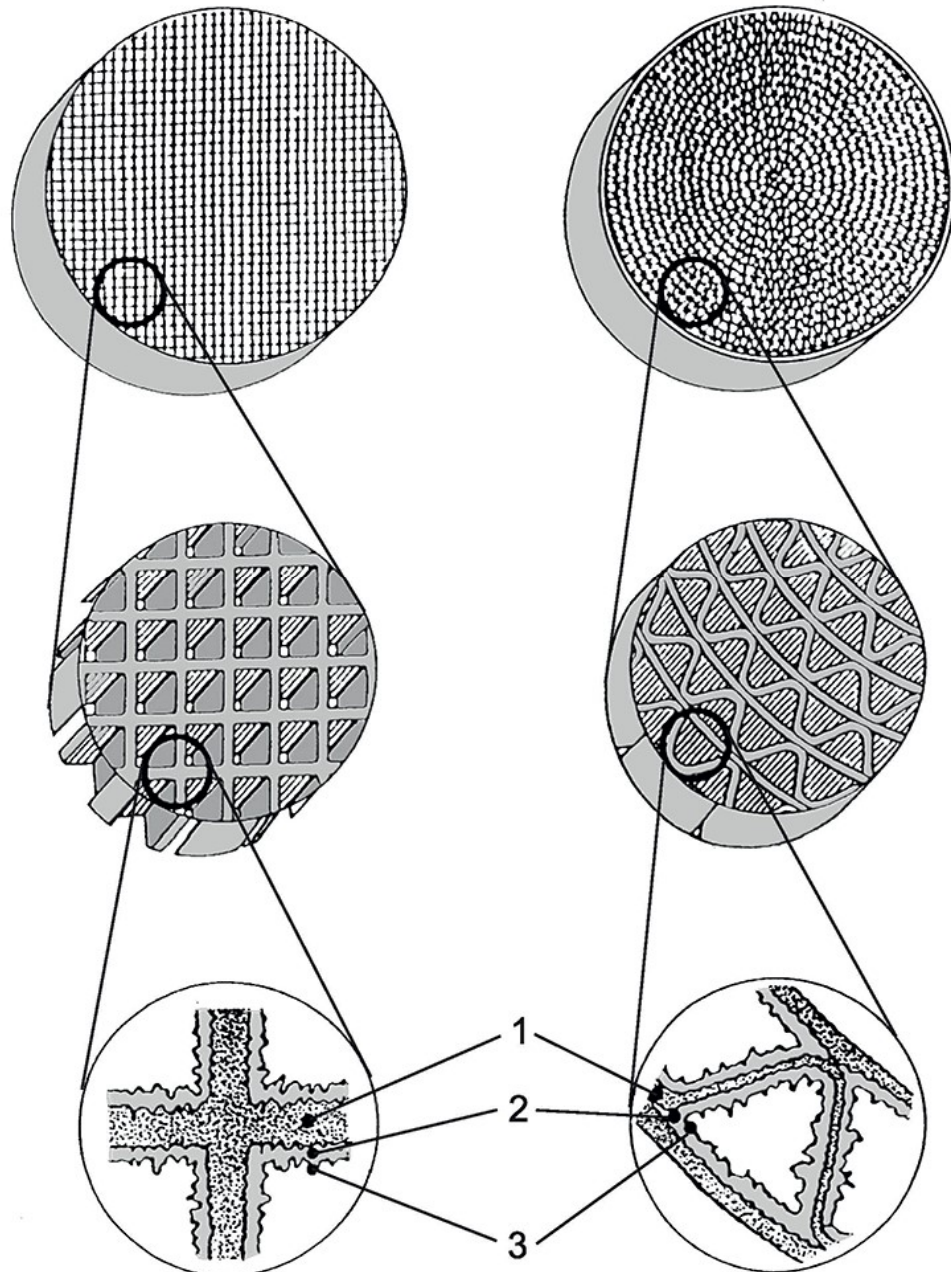
Trójfunkcyjny reaktor katalityczny

c) budowa

- nośnik ceramiczny
- nośnik metalowy

Monolit ceramiczny

Nośnik metalowy



- 1 – nośnik
- 2 – warstwa pośrednia
- 3 – warstwa katalityczna

Cechy nośników metalowych

a) wady

- droższe (trudniejsza technologia wykonania)

b) zalety

- większa odporność na uszkodzenia mechaniczne i drgania
- wyższa dopuszczalna temperatura pracy (ponad 1000°C)
- krótszy czas nagrzewania
- możliwość wstępnego podgrzewania elektrycznego
- mniejsze opory przepływu (cienkie ścianki nośnika)

Zasady eksploatacji pojazdu z reaktorem katalitycznym

- a) stosować tylko paliwo bezołowiowe
- b) unikać długotrwałego wzrostu temperatury nośnika ceramicznego
 - brak lub wypadanie zapłonów w cylindrach
 - zasilanie silnika bogatą mieszanką
 - przedostawanie się oleju silnikowego do reaktora
 - długie próby bezskutecznego uruchamiania silnika
 - przeprowadzanie próby pomiaru ciśnienia sprężania w cylindrach bez odłączenia wtryskiwaczy od zasilania paliwem

Zasady eksploatacji pojazdu z reaktorem katalitycznym

- c) unikać „szoku termicznego” reaktora
- d) chronić reaktor przed uszkodzeniami mechanicznymi
- e) unikać parkowania pojazdu na łatwopalnym podłożu

Diagnostyka reaktorów

a) objawy pęknięć nośnika ceramicznego

- grzechotanie w obudowie reaktora przy wzroście prędkości wypływu spalin
- wydmuchiwanie z rury wylotowej cząsteczek wykruszanego nośnika

b) analiza spalin

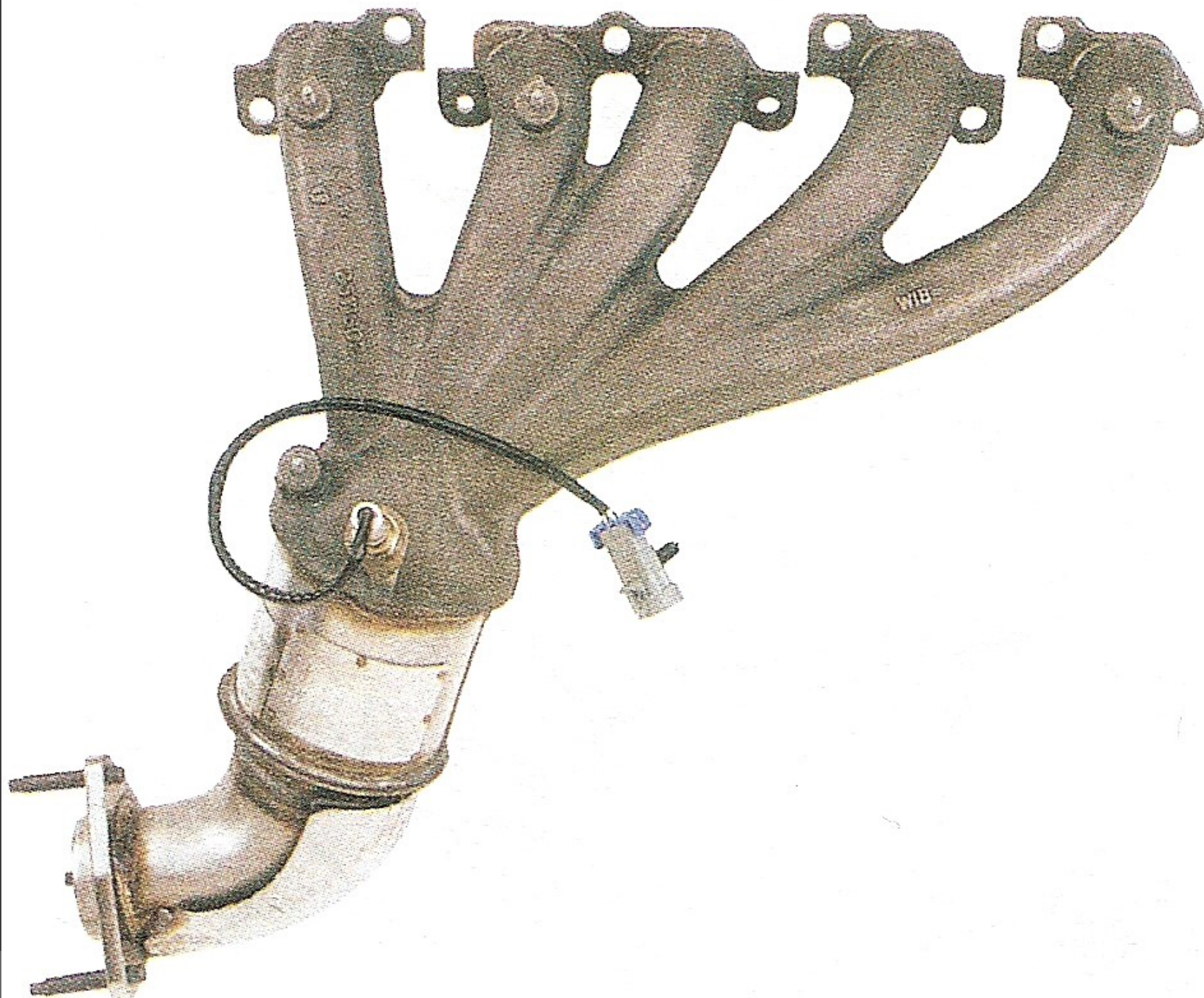
- pomiar stężenia składników toksycznych

c) monitorowanie działania reaktora przez układ sterowania silnikiem (od 2005r)

- awarię sygnalizuje lampka kontrolna

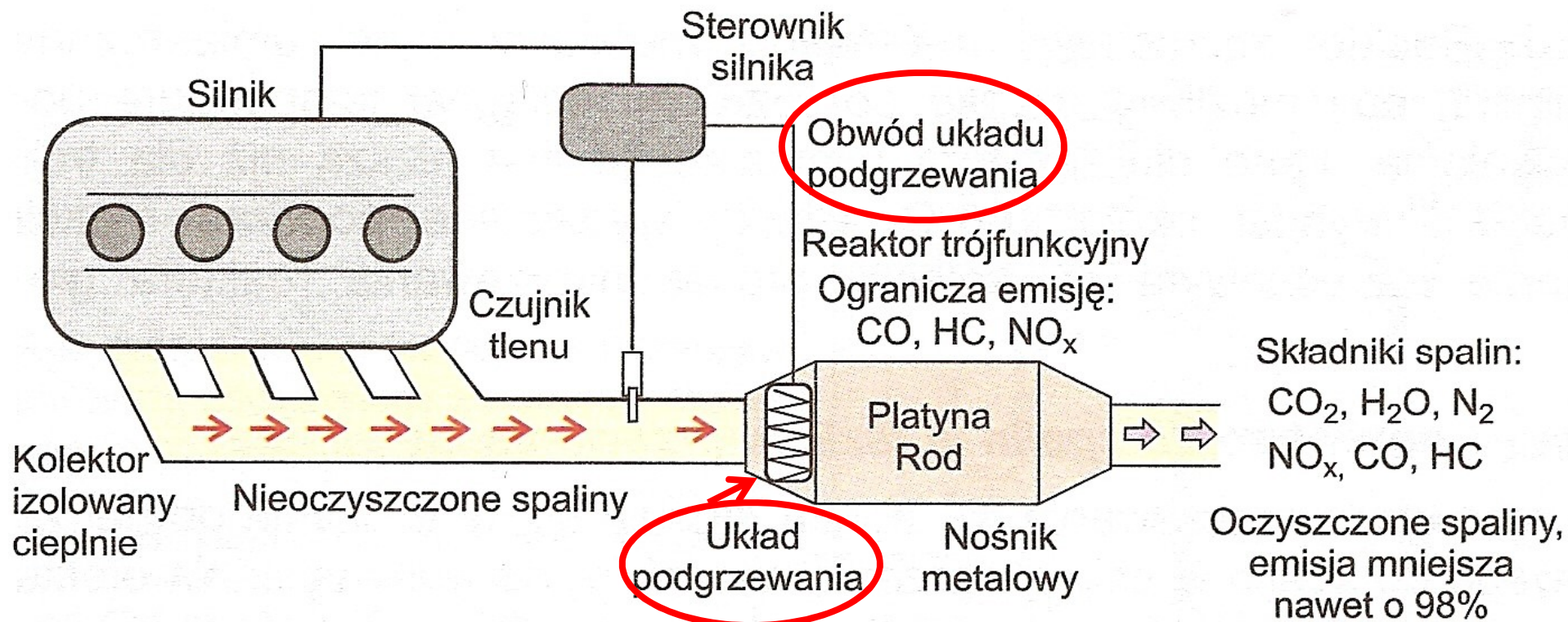
Przyspieszanie nagrzewania reaktora

a) zbliżenie reaktora do silnika



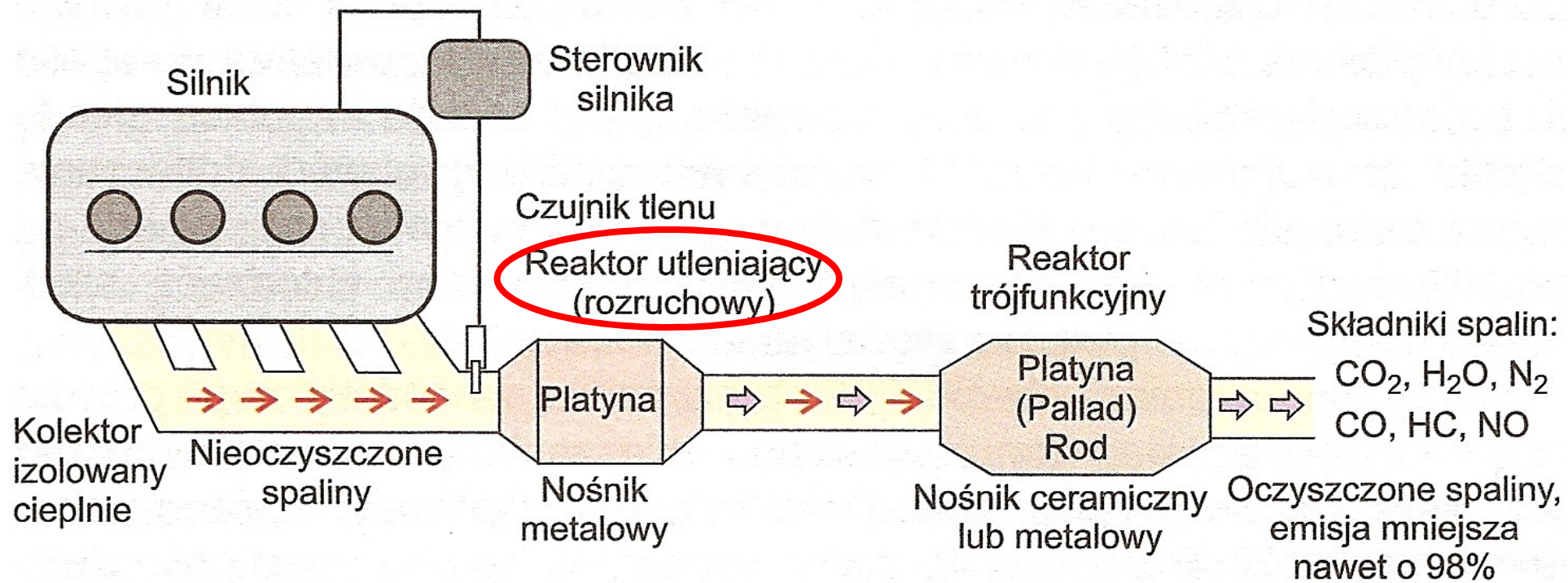
Przyspieszanie nagrzewania reaktora

- a) zbliżenie reaktora do silnika
- b) podgrzewanie reaktora



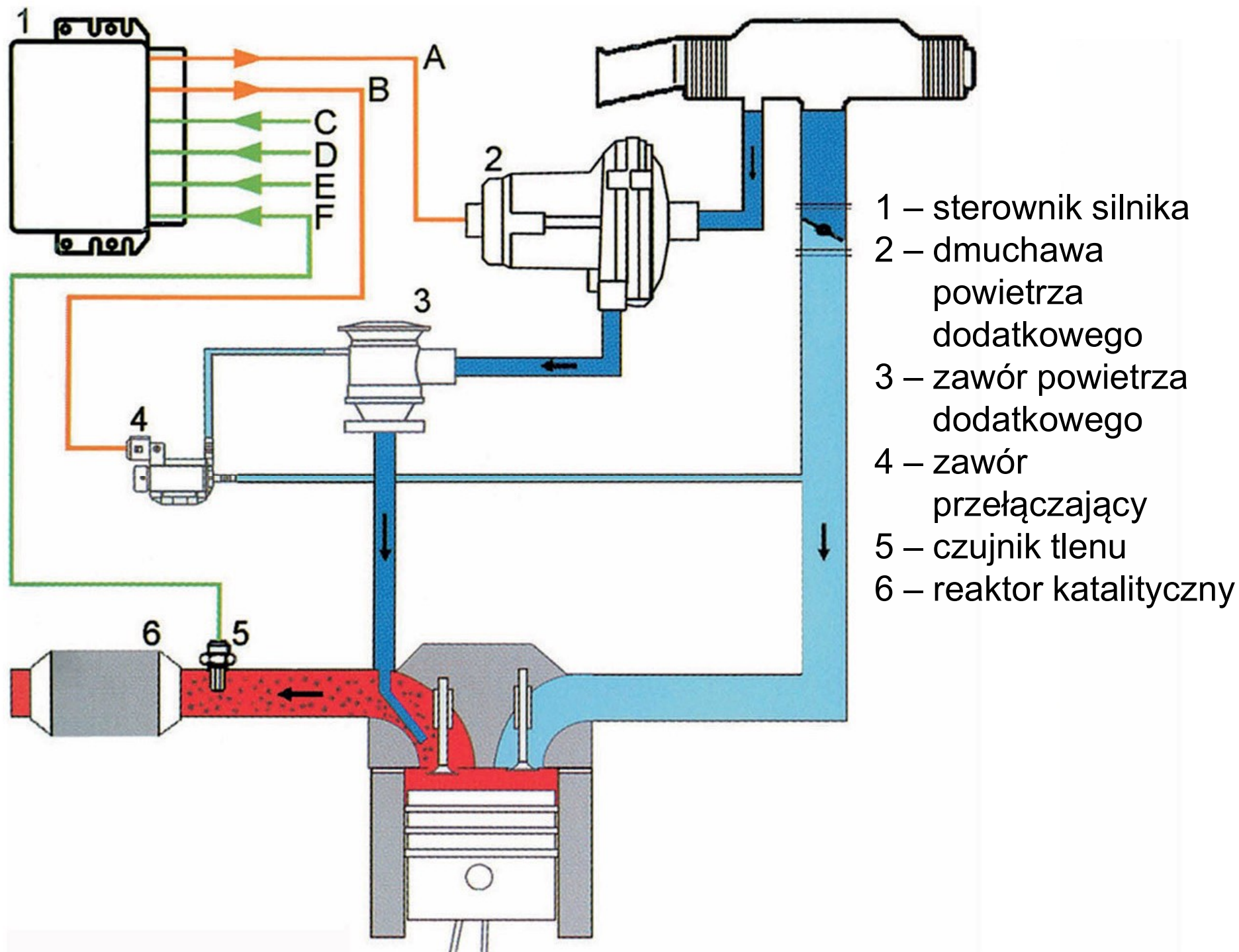
Przyspieszanie nagrzewania reaktora

- a) zbliżenie reaktora do silnika
- b) podgrzewanie reaktora
- c) zastosowanie dwóch reaktorów



Przyspieszanie nagrzewania reaktora

- a) zbliżenie reaktora do silnika
- b) podgrzewanie reaktora
- c) zastosowanie dwóch reaktorów
- d) dotłaczanie powietrza do spalin w fazie nagrzewania się silnika



Dotłaczanie powietrza

a) zadania

- dopalanie CO i HC między zaworem wylotowym a reaktorem
- skrócenie czasu nagrzewania reaktora

b) działanie

- włączony przy temperaturze cieczy chłodzącej do ok. 50°C
- sterowanie
 - podciśnieniowe
 - nadciśnieniowe

Typowe usterki układu dotłaczania

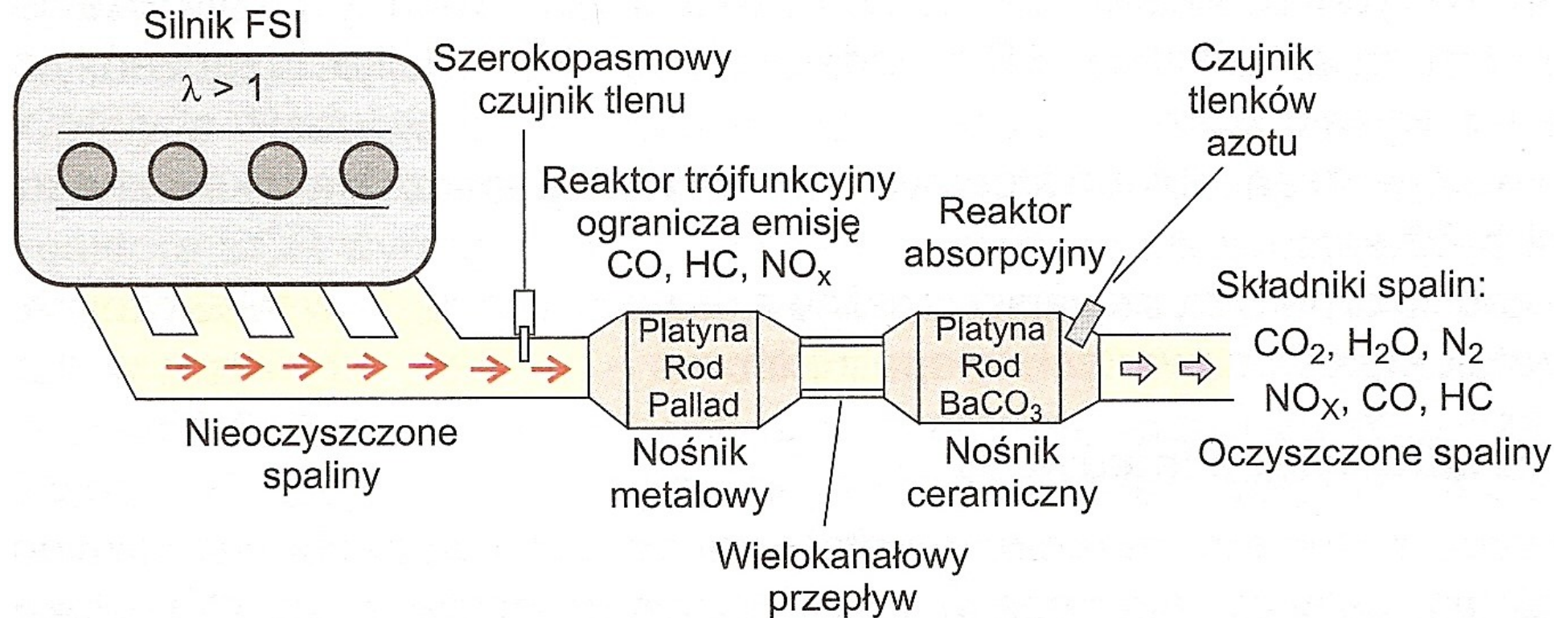
- a) uszkodzenie dmuchawy
(głośna praca lub niedziałanie)
- b) nieszczelności zaworu powietrza dodatkowego
oraz zaworu zwrotnego
- c) uszkodzenie elektromagnetycznego zaworu
przełączającego
- d) nieszczelność przewodów podciśnienia
- e) błędne sterowanie lub brak sterowania
dmuchawy oraz elektromagnetycznego zaworu
przełączającego
- f) przedostawanie się do wnętrza układu wody,
kondensatu, cząstek stałych ze spalin

Reaktory katalityczne do silników ZI z wtryskiem bezpośrednim - DeNO_x

➤ reaktor katalityczny redukujący

- o działaniu ciągłym
 - w warstwie katalitycznej zastosowano iryd
 - w temp. roboczej 300-600°C redukcja NO_x o ok. 60%
- o działaniu cyklicznym
 - w warstwie katalitycznej zastosowano węglan baru
 - zakres temperatur pracy 250-500°C

Reaktory katalityczne do silników ZI z wtryskiem bezpośrednim - DeNO_x



UKŁAD OCZYSZCZANIA SPALIN SILNIKA ZS

Podstawowe urządzenia

a) reaktory katalityczne

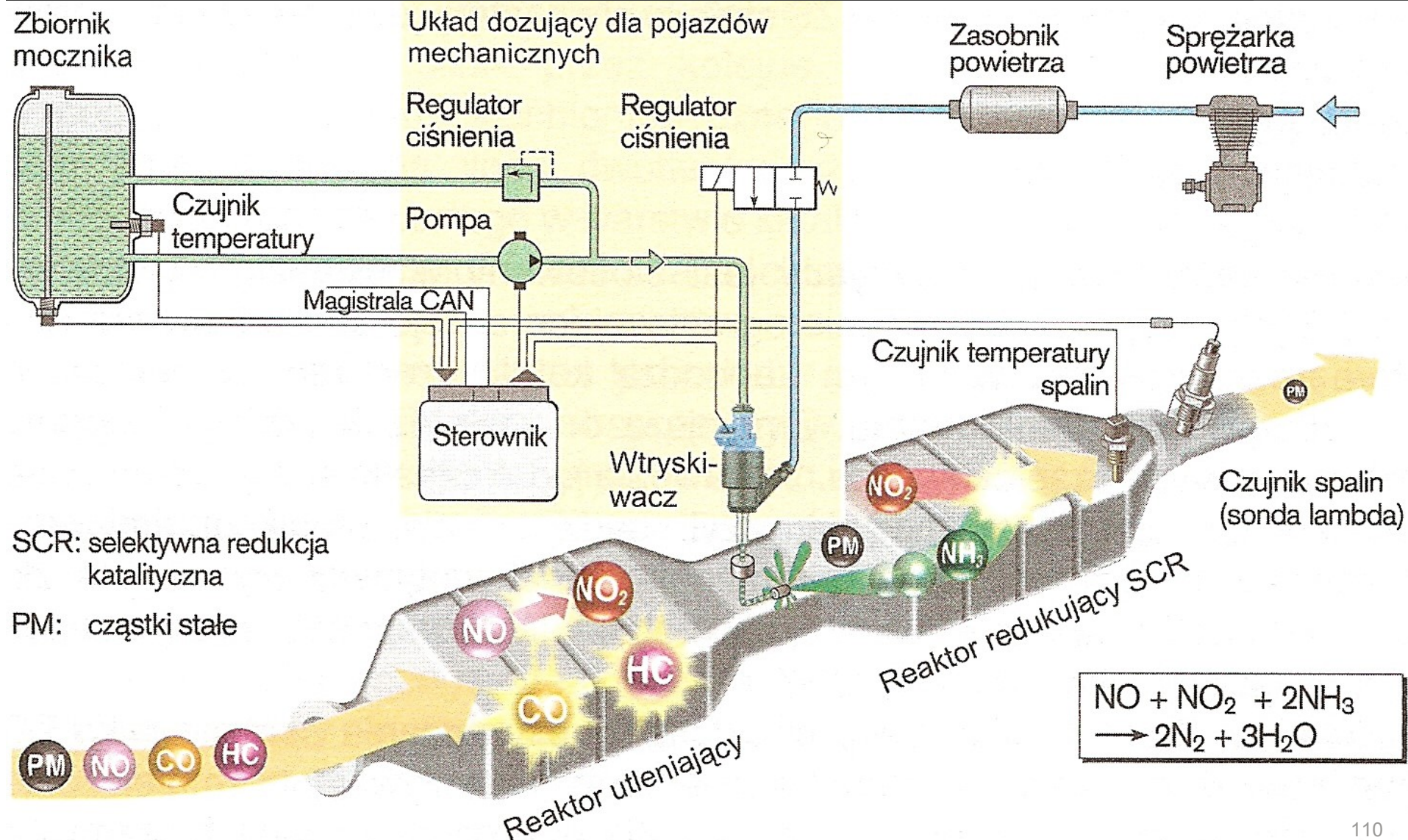
- utleniające
- redukujące typu DeNO_x
- redukujące SCR

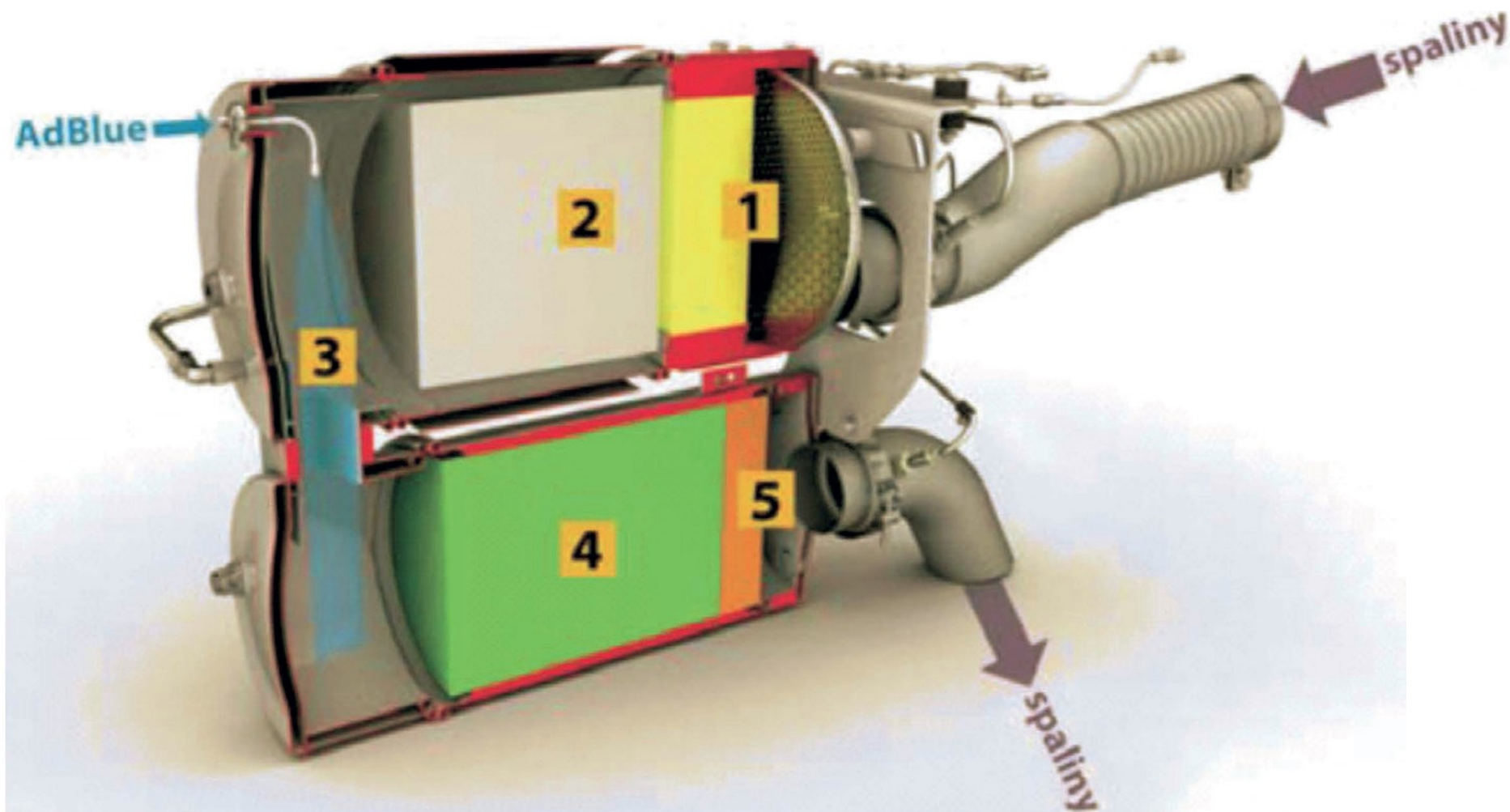
b) filtry cząstek stałych

Reaktor katalityczny redukujący SCR

- a) redukcja NO_x przez dodanie do spalin reduktora chemicznego w postaci gazowej lub ciekłej (amoniak lub mocznik)
 - AdBlue (wodny roztwór mocznika 32,5%)
 - zakres temp. -11 – $+40^\circ\text{C}$
 - Denoxium
 - temperatura krzepnięcia -35°C
- b) temperatura pracy nośnika – 200 – 450°C

Reaktor katalityczny redukujący SCR



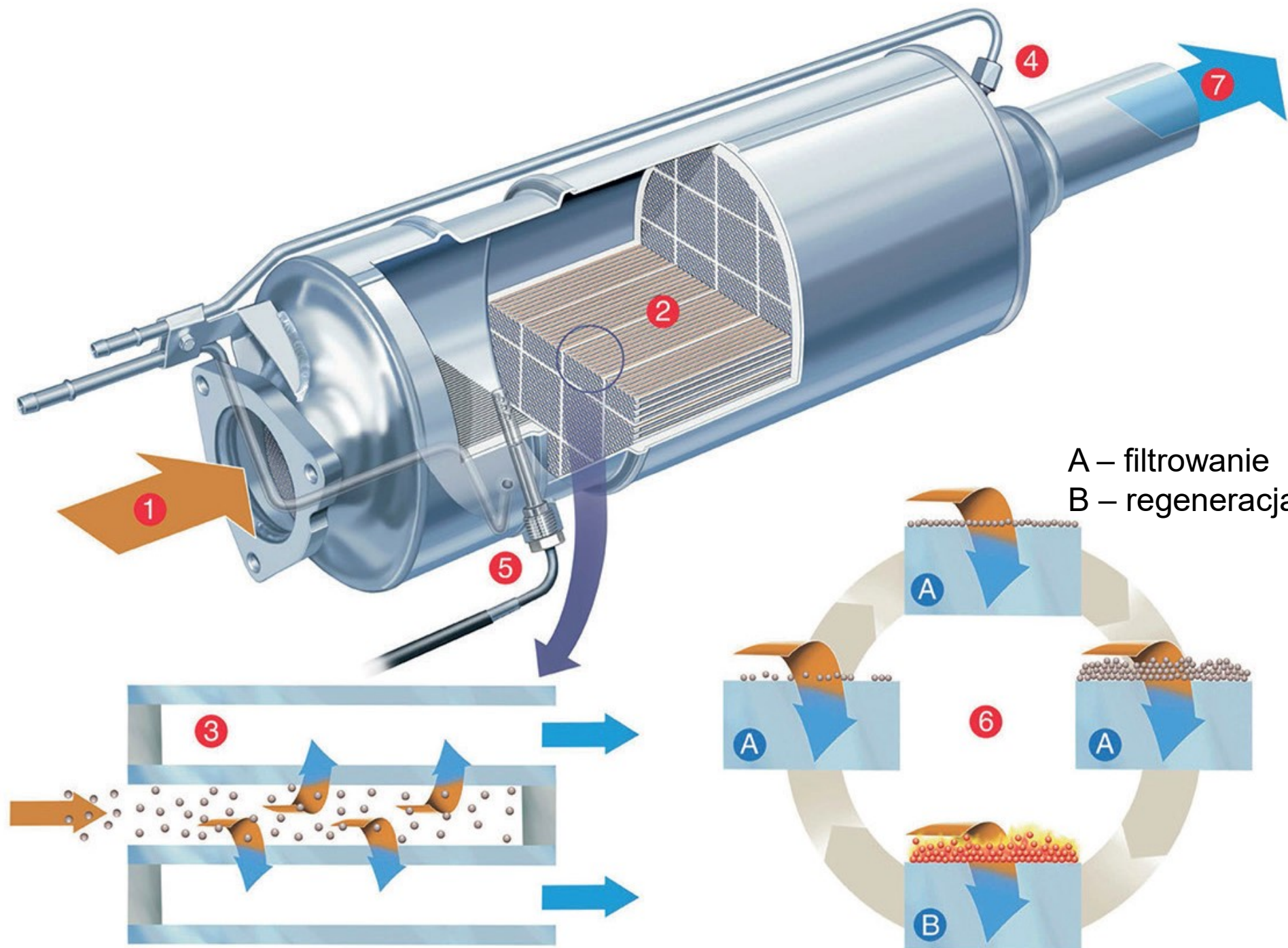


1 – reaktor katalityczny utleniający
3 – mieszalnik
5 – reaktor katalityczny utleniający

2 – filtr cząstek stałych
4 – reaktor katalityczny SCR

Filtry cząstek stałych

- a) wkłady ceramiczne
 - koriedyt, węglik krzemu
- b) wkłady z proszków spiekanych
- c) wkłady z porowatego metalu o piankowej strukturze



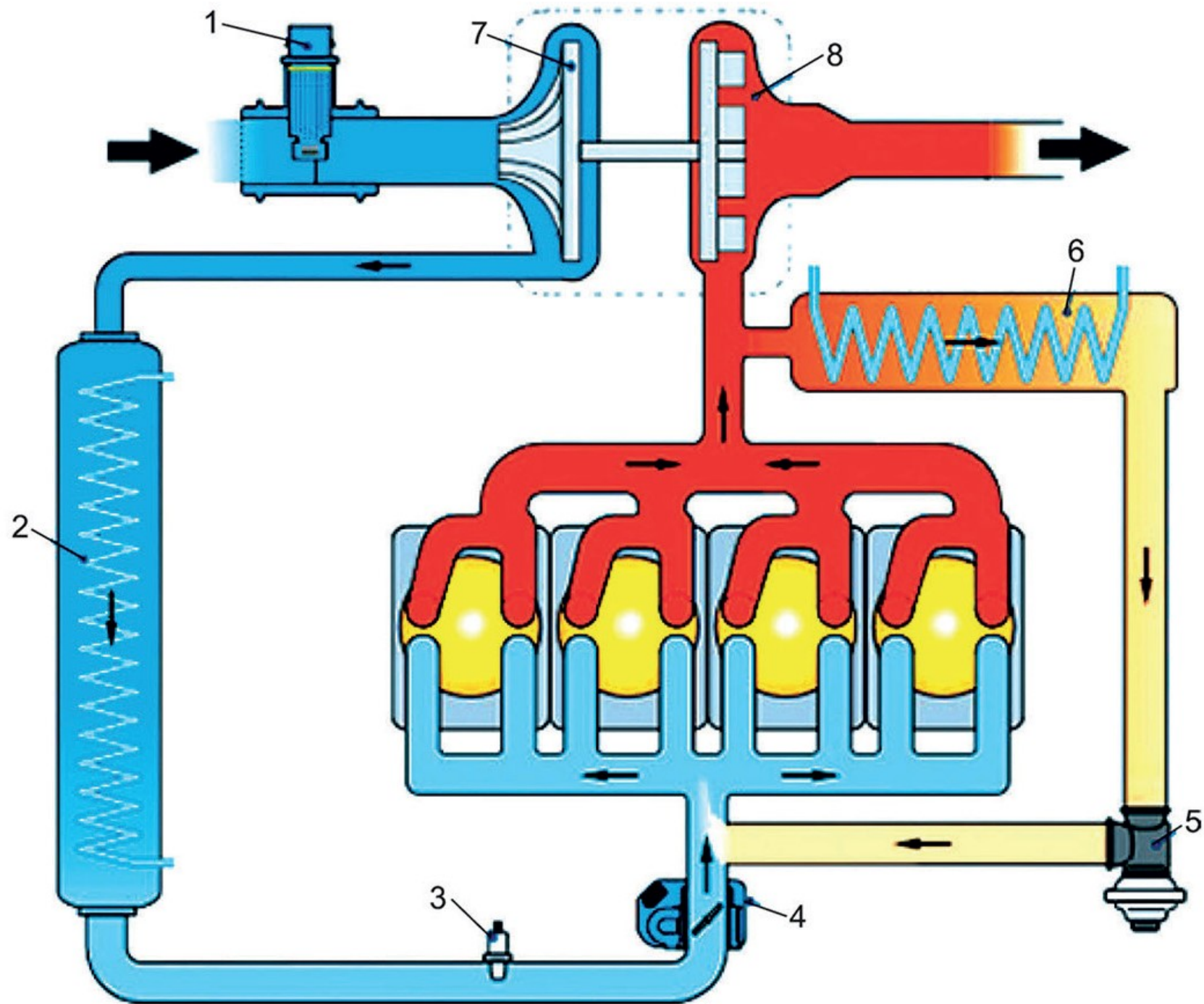
Zadania filtrów cząstek stałych

a) filtrowanie

b) regeneracja (wypalanie sadzy)

- prędkość obrotowa ok. 2000 obr/min
- równa jazda na najwyższym biegu

UKŁAD RECYRKULACJI SPALIN



Układ recyrkulacji spalin w silnikach ZI

a) zadania

- zubożenie mieszanki palnej
- lepsze odparowanie paliwa i tworzenie mieszanki

b) zastosowanie

- w zakresie obciążeń częściowych

Układ recyrkulacji spalin w silnikach ZS

a) zadania

- zmniejszenie stężenia tlenu w świeżym ładunku

b) zastosowanie

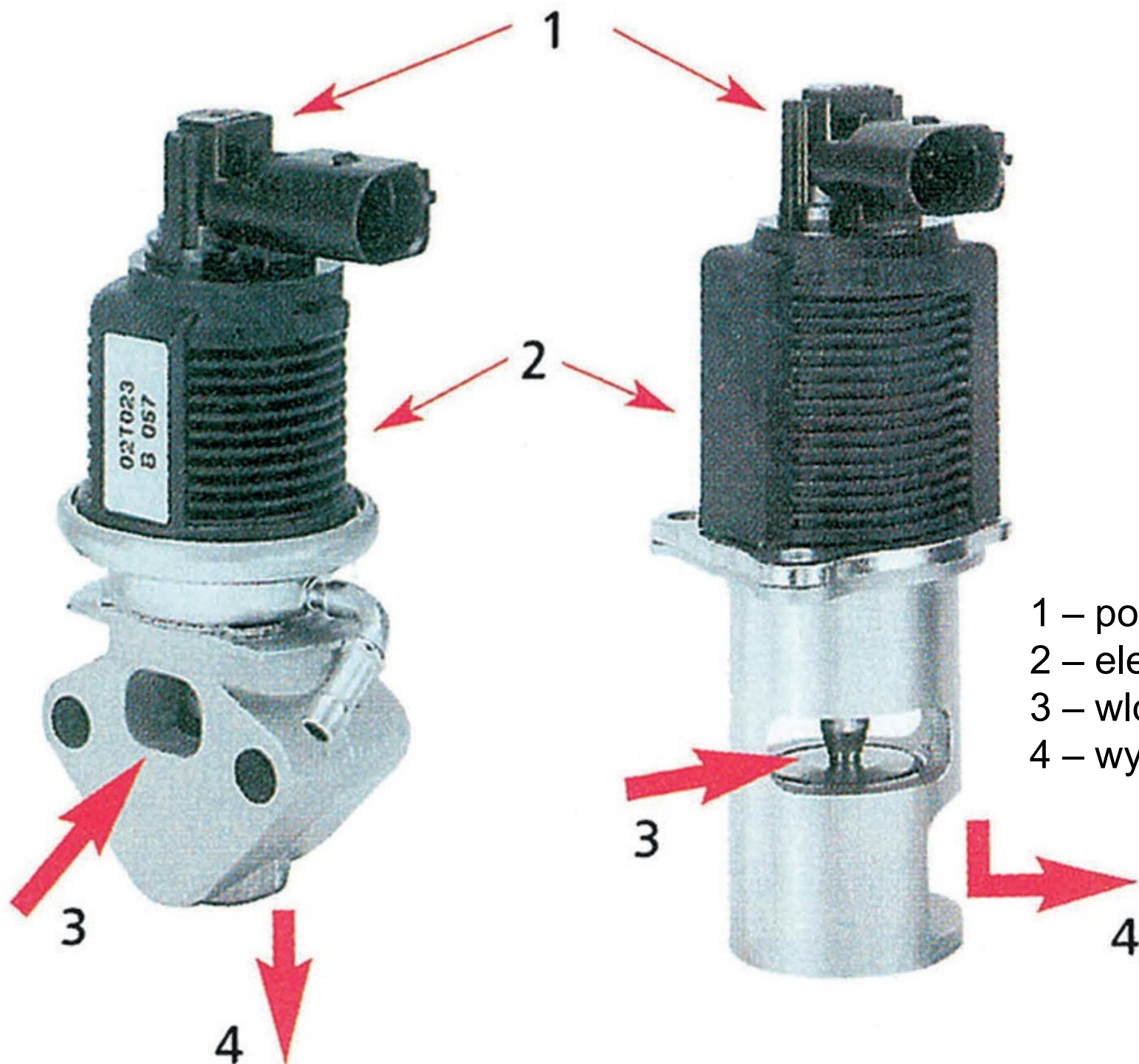
- na biegu jałowym
- przy obciążeniach częściowych

Osiągi

	Zastosowanie	Ilość recyrkulowanych spalin	Zmniejszenie emisji NO _x
Silniki ZI	•przy obciążeniach częściowych	do 25%	do 40%
Silniki ZS	•na biegu jałowym •przy obciążeniach częściowych	do 60%	do 50%

Zawory EGR (AGR)

- a) sterowane podciśnieniowo
- b) sterowane elektromagnetycznie
- c) uruchamiane elektrycznie za pomocą elektronicznie sterowanego silnika prądu stałego



- 1 – potencjometry
- 2 – elektromagnesy
- 3 – wloty spalin
- 4 – wyloty spalin

Objawy nieprawidłowej pracy układu

- a) dymienie z układu wylotowego
- b) niewłaściwa reakcja na naciskanie pedału przyspieszenia
- c) nierównomierna praca silnika
- d) przegrzewanie silnika
- e) zwiększone zużycie paliwa
- f) spalanie stukowe