



Hamowanie pojazdów

Hamowanie pojazdów

opracowanie mgr inż. Ireneusz Kulczyk - 2010

Zespół Szkół Samochodowych w Bydgoszczy



Hamowanie pojazdów

Wprowadzenie teoretyczne





Hamowanie pojazdów

Co to jest poślizg?

$$\lambda = \frac{v_F - v_U}{v_F}$$

Zobacz wykres

λ – poślizg

v_F – prędkość jazdy samochodu

v_U – prędkość obwodowa koła

φ – kąt obrotu koła

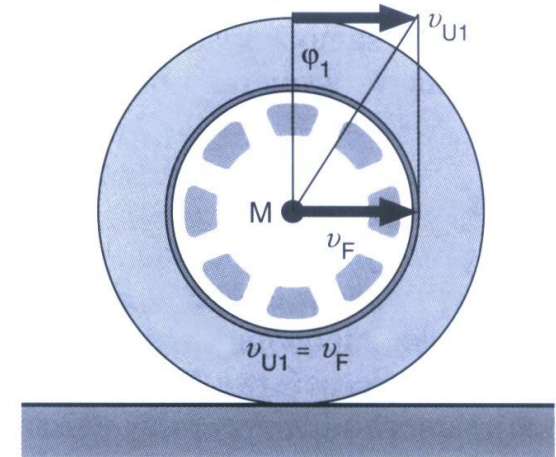
Wg wzoru, poślizg przy hamowaniu występuje, gdy koło obraca się wolniej, niż wynikałoby to z prędkości jazdy samochodu.

Tylko pod tym warunkiem mogą być przeniesione siły hamowania lub siły przyspieszające.

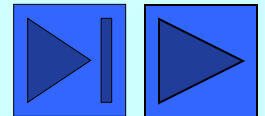
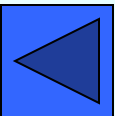
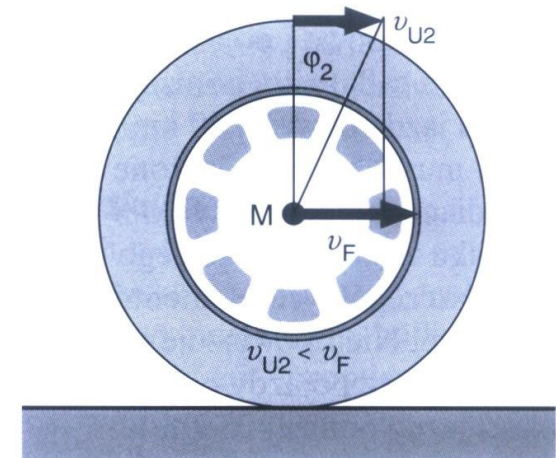
Przy hamowaniu jest to „**poślizg hamowania**” wyrażony w procentach [%].

Ruch obrotowy koła samochodu

a – koło toczące się swobodnie



b – koło hamowane

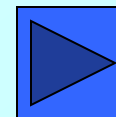
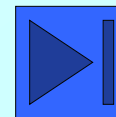
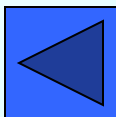
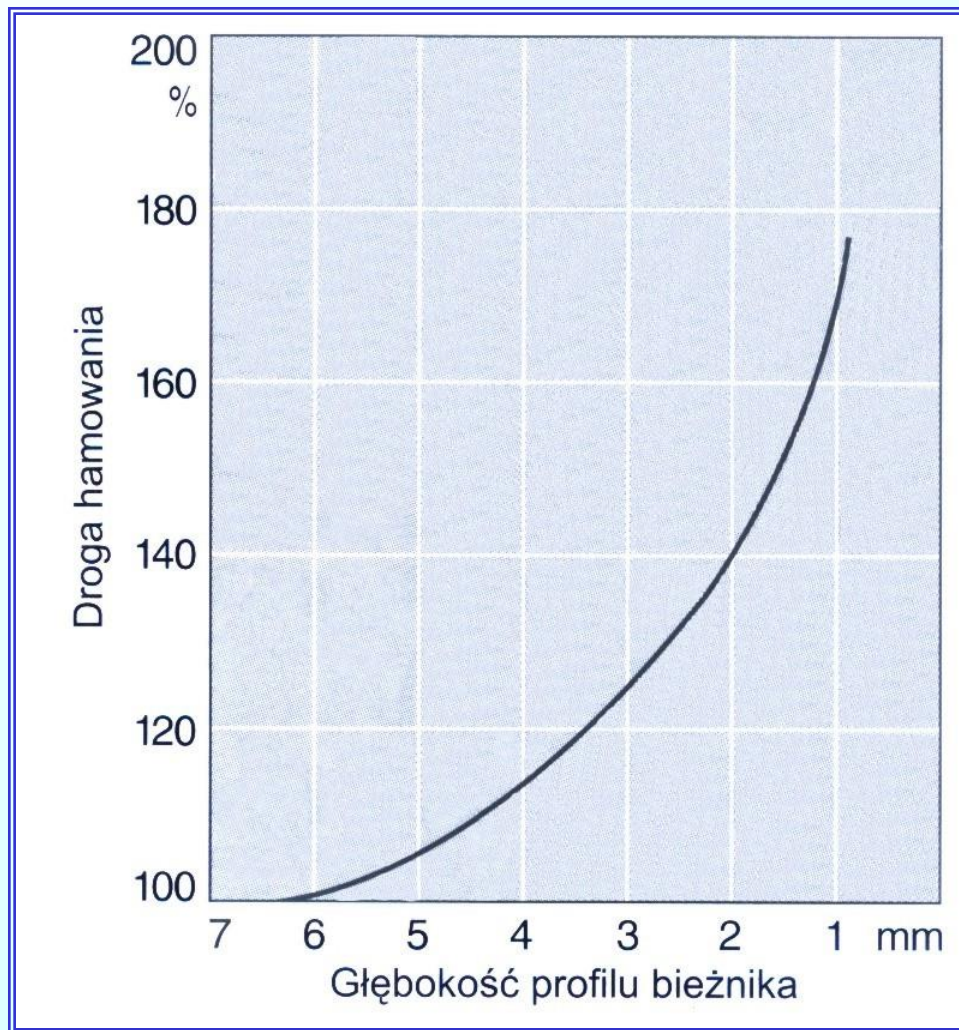




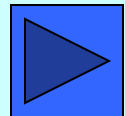
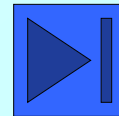
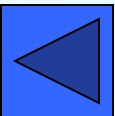
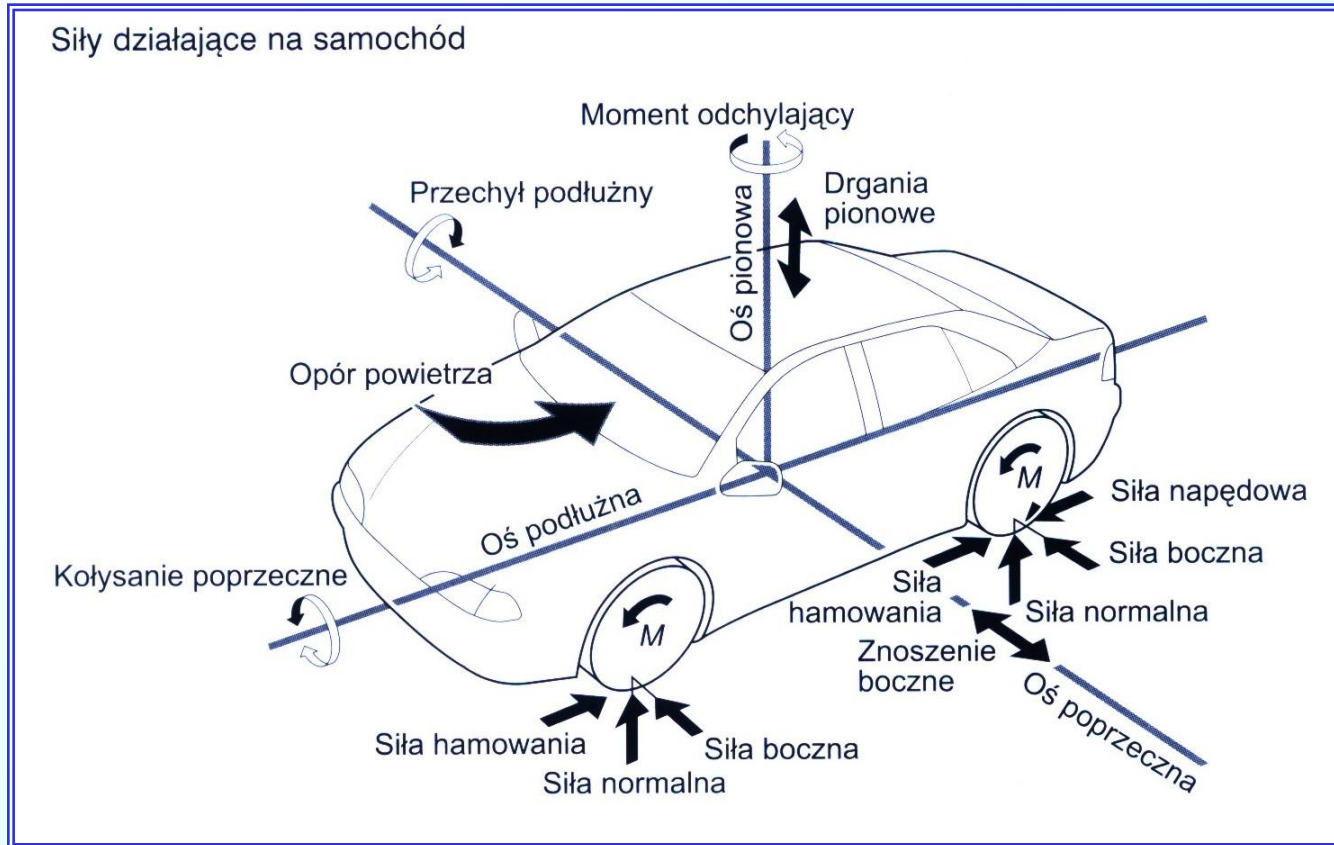
Co to jest poślizg?

Poślizg opon

Wydłużenie drogi hamowania na mokrej jezdni w zależności od głębokości profilu bieżnika opony przy prędkości 100 km/h.



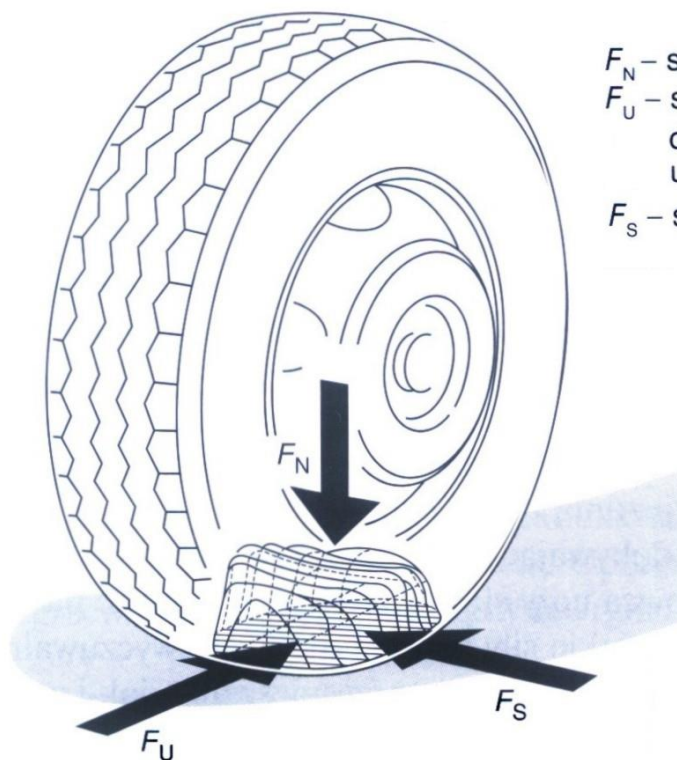
Siły i momenty działające na samochód



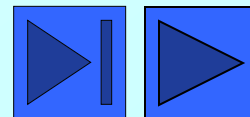
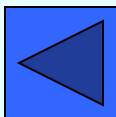


Siły na oponach

Składowe siły przenoszonej przez oponę
i rozkład ciśnienia na powierzchni styku opony z jezdnią

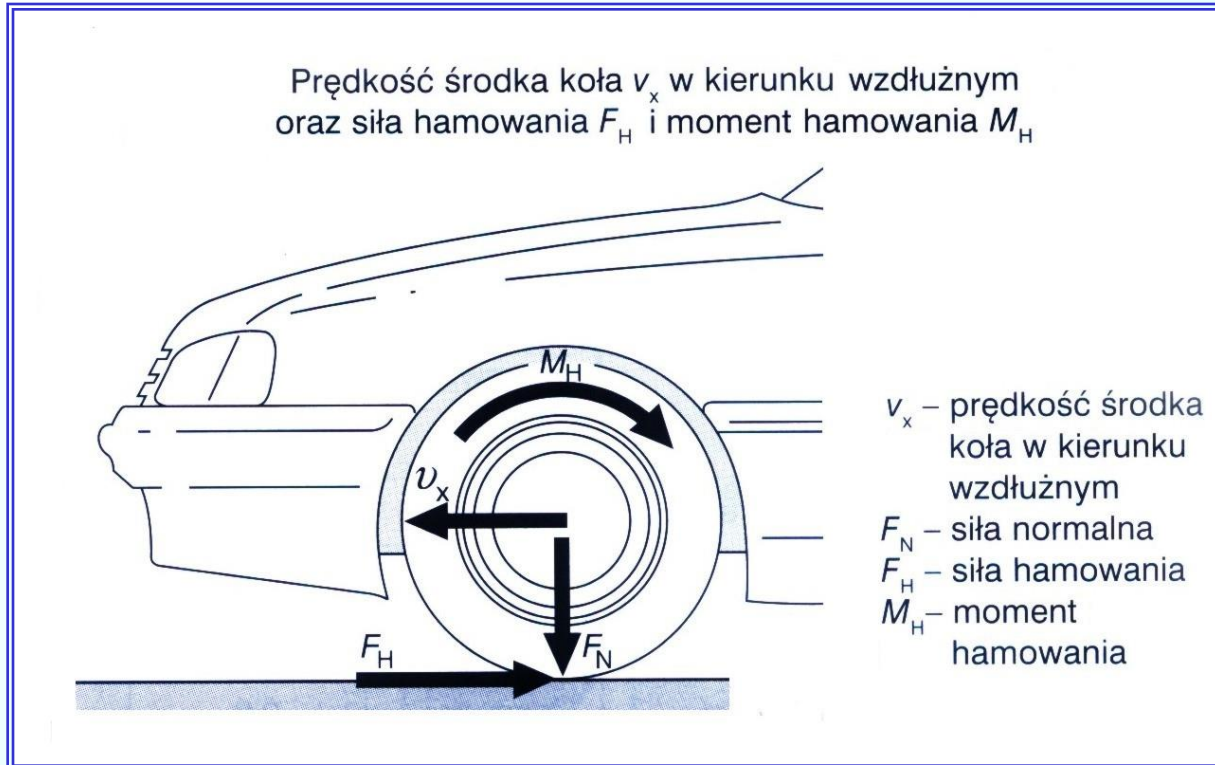


F_N – siła normalna,
 F_U – siła obwodowa
dodatnia: rozpędzanie
ujemna: hamowanie
 F_S – siła boczna



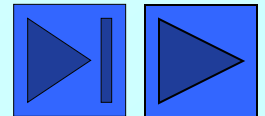
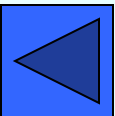


Moment hamowania

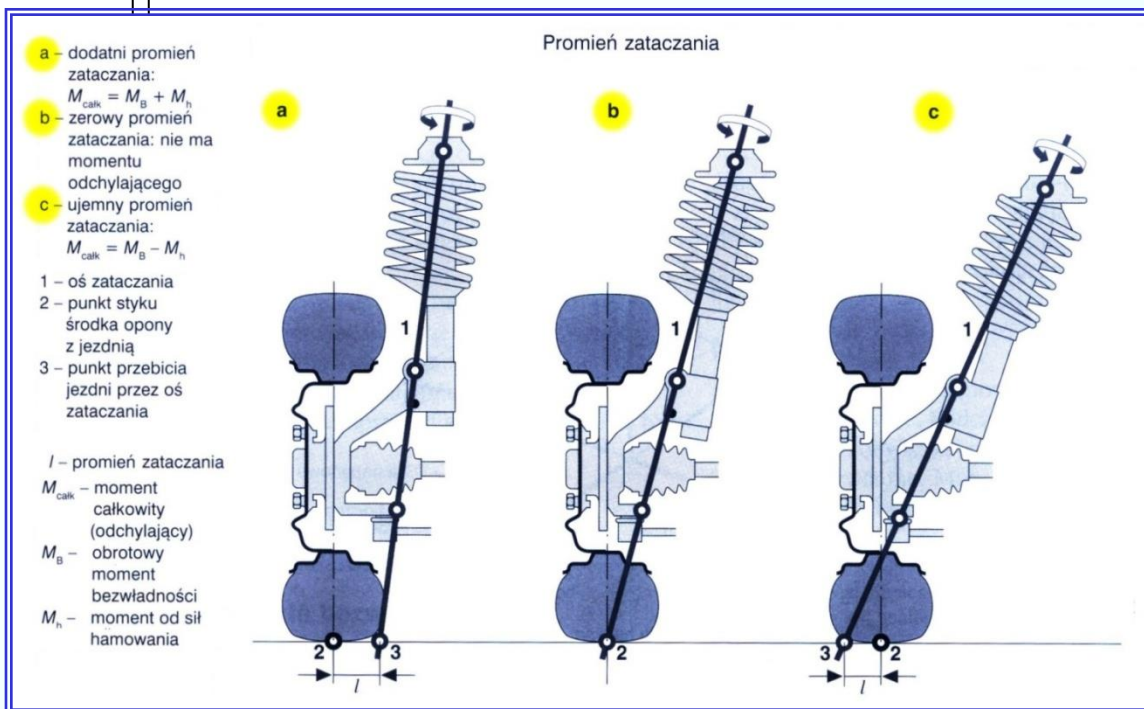


Moment hamowania M_H to iloczyn siły tarcia między okładzinami ciernymi a bębnem lub między klockami a tarczą i odległości punktu przyłożenia tej siły od osi koła. (*siła $\times$ ramię*)

Ten moment przenosi się na obwód koła podczas hamowania.



Wielkości wpływające na moment hamowania – **promień zataczania**



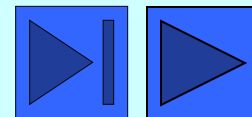
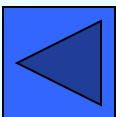
Promień zataczania to odległość między punktem przylegania środka opony do jezdni, a punktem przebicia jezdni przez oś zataczania.

Siły hamowania na dodatnim lub ujemnym promieniu zataczania wywołują poprzez działanie dźwigni momenty, które razem z obrotowym momentem bezwładności samochodu tworzą całkowity moment odchyłający.

Przy dodatnim promieniu zataczania obrotowy moment bezwładności i moment od sił hamowania dodają się.

Przy ujemnym promieniu zataczania obrotowy moment bezwładności zmniejsza się o moment od sił hamowania.

W przypadku jednostronnie działających hamulców (tzn. pojazd jedzie do przodu i hamuje) ujemny promień zataczania stabilizuje ruch samochodu i jest szczególnie przydatny w krzyżowych układach hamulcowych typu X (diagonalnych).



Współczynnik przyczepności

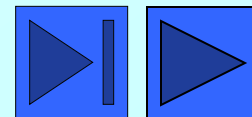
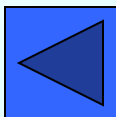
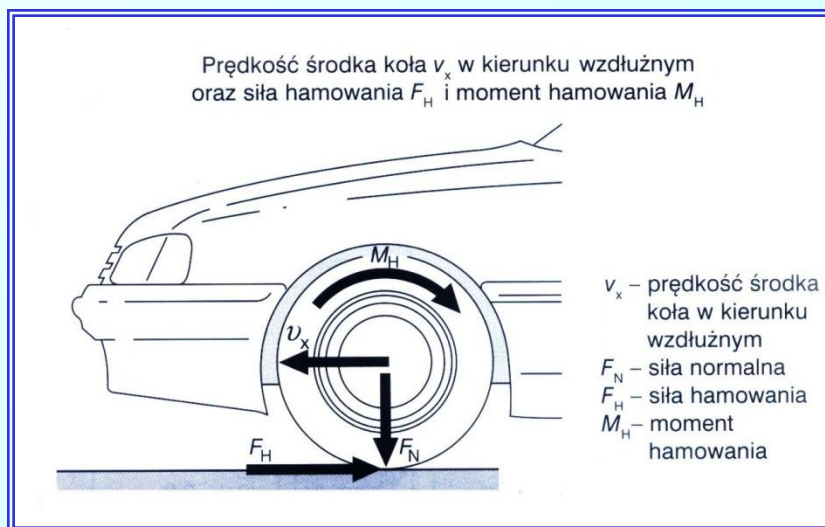
Moment hamowania powoduje powstanie między oponą a nawierzchnią drogi - siły hamowania F_H .

Wartość siły hamowania, która ma być przeniesiona na jezdnię (siły przyczepności F_R) jest proporcjonalna do siły normalnej F_N .

$$F_H = \mu_{HF} \times F_N$$

Wielkość μ_{HF} to współczynnik przyczepności wzdłużnej.

Charakteryzuje on własności różnych rodzajów opon, współpracujących z różnymi nawierzchniami, oraz inne czynniki wpływające na tę współpracę.



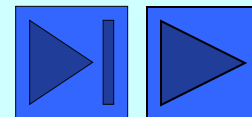
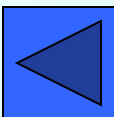


Współczynnik przyczepności

Wartości współczynnika przyczepności wzdłużnej μ_{HF} opon w różnych warunkach drogowych, w różnych stanach zużycia i przy różnych prędkościach jazdy

Prędkość jazdy [km/h]	Stan zużycia opony	Jezdnia sucha μ_{HF}	Jezdnia mokra (warstwa wody 0,2 mm) μ_{HF}	Silny deszcz (warstwa wody 1 mm) μ_{HF}	Kałuże (warstwa wody 2 mm) μ_{HF}	Jezdnia oblodzona μ_{HF}
50	nowa	0,85	0,65	0,55	0,5	0,1 i mniej
	zużyta	1	0,5	0,4	0,25	
90	nowa	0,8	0,6	0,3	0,05	
	zużyta	0,95	0,2	0,1	0	
130	nowa	0,75	0,55	0,2	0	
	zużyta	0,9	0,2	0,1	0	

Zobacz parametry hamowania





Współczynnik przyczepności

Wartość współczynnika przyczepności wzdłużnej zależy zdecydowanie od prędkości jazdy, szczególnie na mokrej nawierzchni.

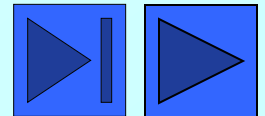
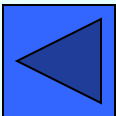
Podczas hamowania przy dużych prędkościach jazdy i niesprzyjających warunkach drogowych zbyt mała wartość współczynnika może doprowadzić do zablokowania kół hamowanych, gdyż zanika wtedy przyczepność między kołami a jezdnią.

Zablokowane koło nie może przenosić sił bocznych, a pojazd traci kierowność.

Siła przyczepności między oponami a nawierzchnią oznacza, ile siły może przenieść opona.

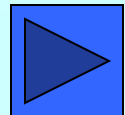
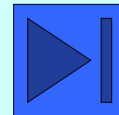
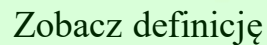
Wartość siły przyczepności maleje do zera, jeśli podczas deszczu na jezdni tworzy się warstwa wody, po której samochód „płyne”

Jest to zjawisko **aquaplaningu**.





Zależność współczynnika przyczepności wzdłużnej μ_{HF} i poprzecznej μ_s od poślizgu

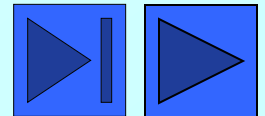
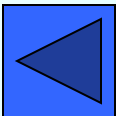




Dynamika ruchu krzywoliniowego samochodu

Podsterowność i nadsterowność

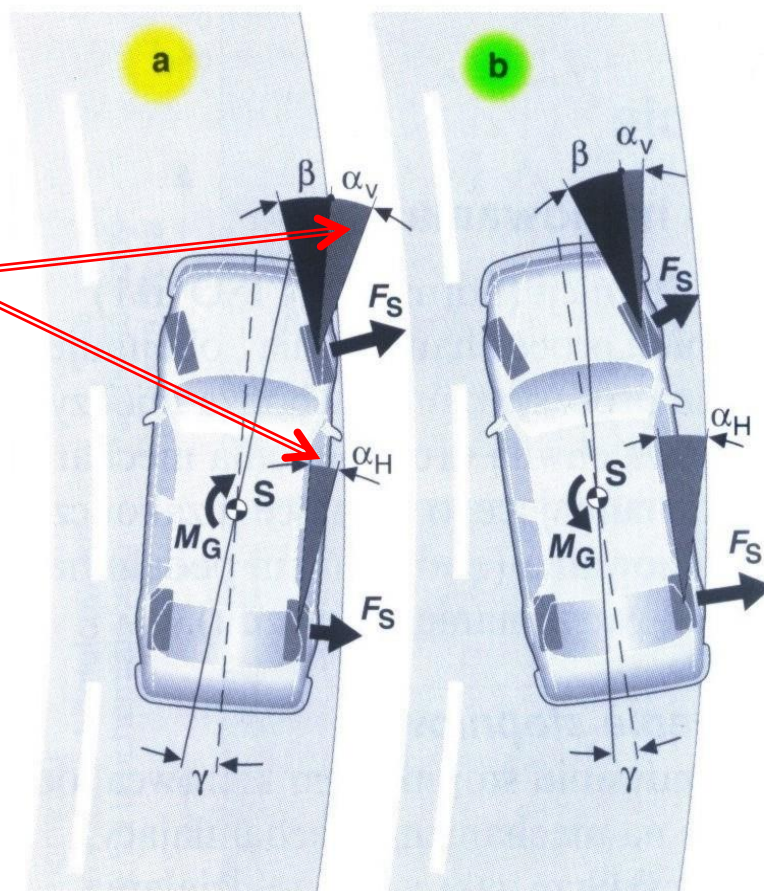
Siły boczne znoszenia między jezdnią a kołem ogumionym mogą powstać tylko wtedy, kiedy koło porusza się pod kątem do swojej płaszczyzny symetrii.
Występuje wówczas kąt boczne znoszenia.



Za podsterowny uważa się taki samochód, w którym po zaistnieniu przyspieszenia poprzecznego **kąt bocznego znoszenia na osi przedniej** zwiększa się bardziej, niż na tylnej.

Za nadsterowny uważa się taki samochód, w którym po zaistnieniu przyspieszenia poprzecznego kąt bocznego znoszenia na osi tylnej zwiększa się bardziej, niż na przedniej.

podsterowność i nadsterowność samochodu



a – podsterowność

b – nadsterowność

α_v – kąt bocznego znoszenia na osi przedniej

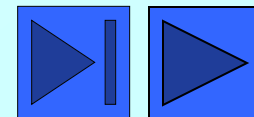
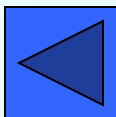
α_H – kąt bocznego znoszenia na osi tylnej

β – kąt skrętu kierownicy

γ – kąt znoszenia samochodu

F_s – siła boczna

M_G – moment odchyłający

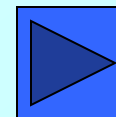
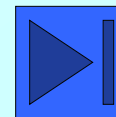
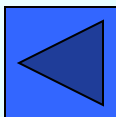
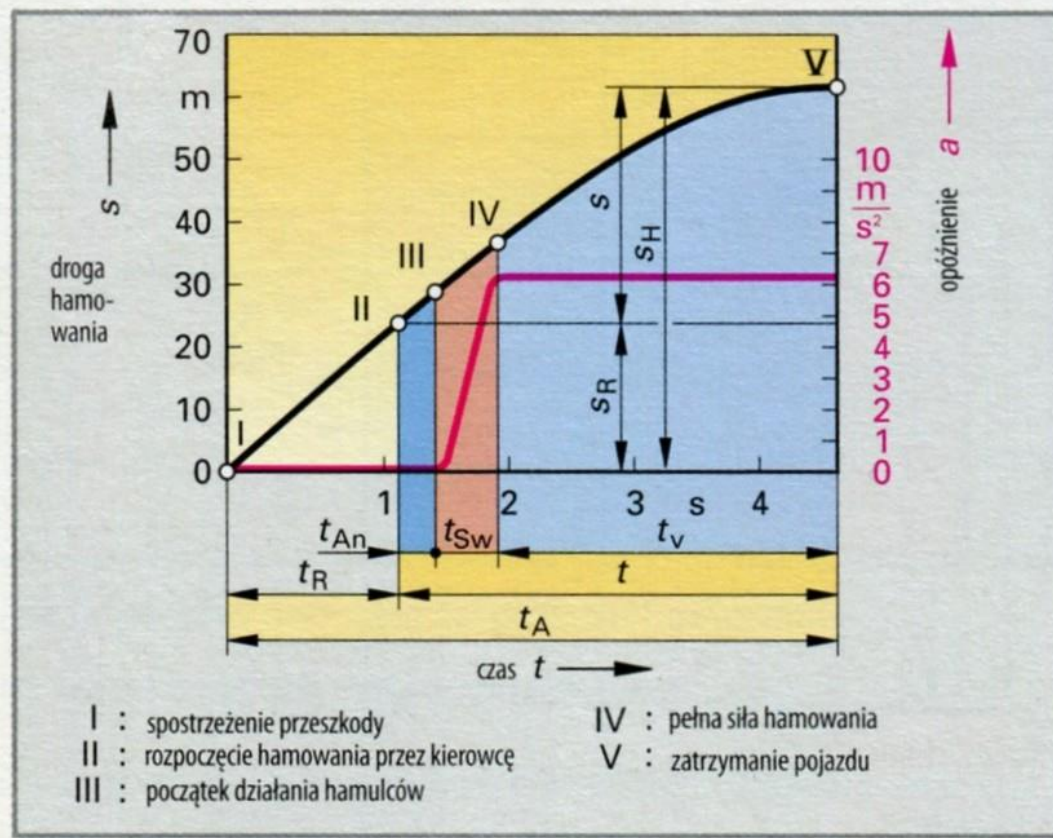




Hamowanie pojazdów

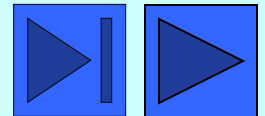
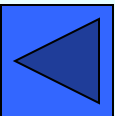
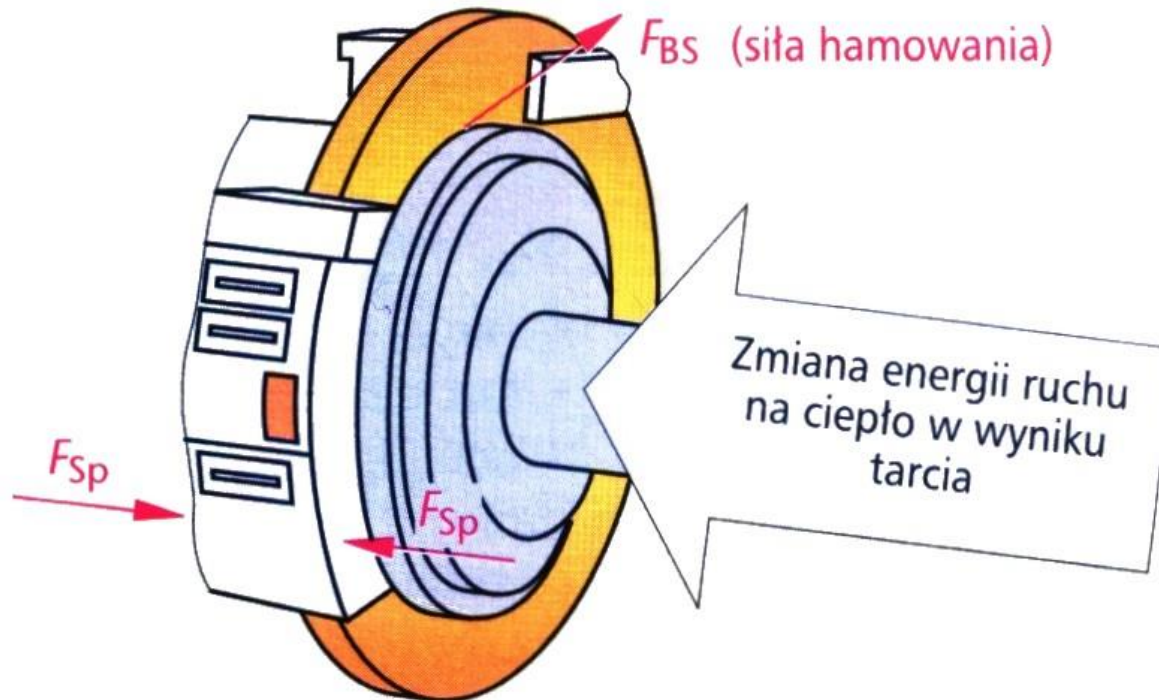
Proces hamowania

W czasie hamowania hamulce zaczynają działać z pewnym opóźnieniem w stosunku do chwili, w której przeszkoda zostanie zauważona. Łączny czas hamowania składa się z czasu reakcji kierowcy, czasu narastania siły hamowania i czasu efektywnego hamowania.



Proces hamowania – *inaczej*

Przemiana energii przy hamowaniu przy dużym opóźnieniu i temperaturze ok. 700°C





Parametry hamowania

- Energia kinetyczna

$$E_K = \frac{m \cdot v_o^2}{2}$$

m – masa pojazdu

v_o – prędkość pojazdu w chwili
poprzedzającej hamowanie

- Droga hamowania

$$s_H = \frac{v_o^2}{2a_H}$$

a_H – opóźnienie hamowania

s_H – droga hamowania

t_H – czas hamowania

v_K – prędkość końcowa hamowania

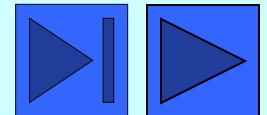
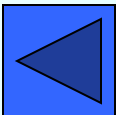
- Czas hamowania
do $v_K=0$

$$t_H = \frac{s_H}{v_{sr}} = \frac{\frac{v_o^2}{2a_H}}{\frac{v_o}{2}} = \frac{v_o}{a_H}$$

- Opóźnienie hamowania

Ponieważ wartość μ_{HF} nawet dla najlepszych powierzchni nie przekracza 1, więc:

$$a_H \leq g, \quad \text{czyli} \quad a_H \leq 9,81 \text{ m/s}^2$$

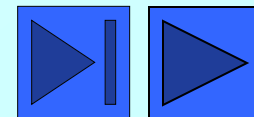
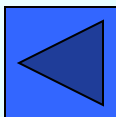
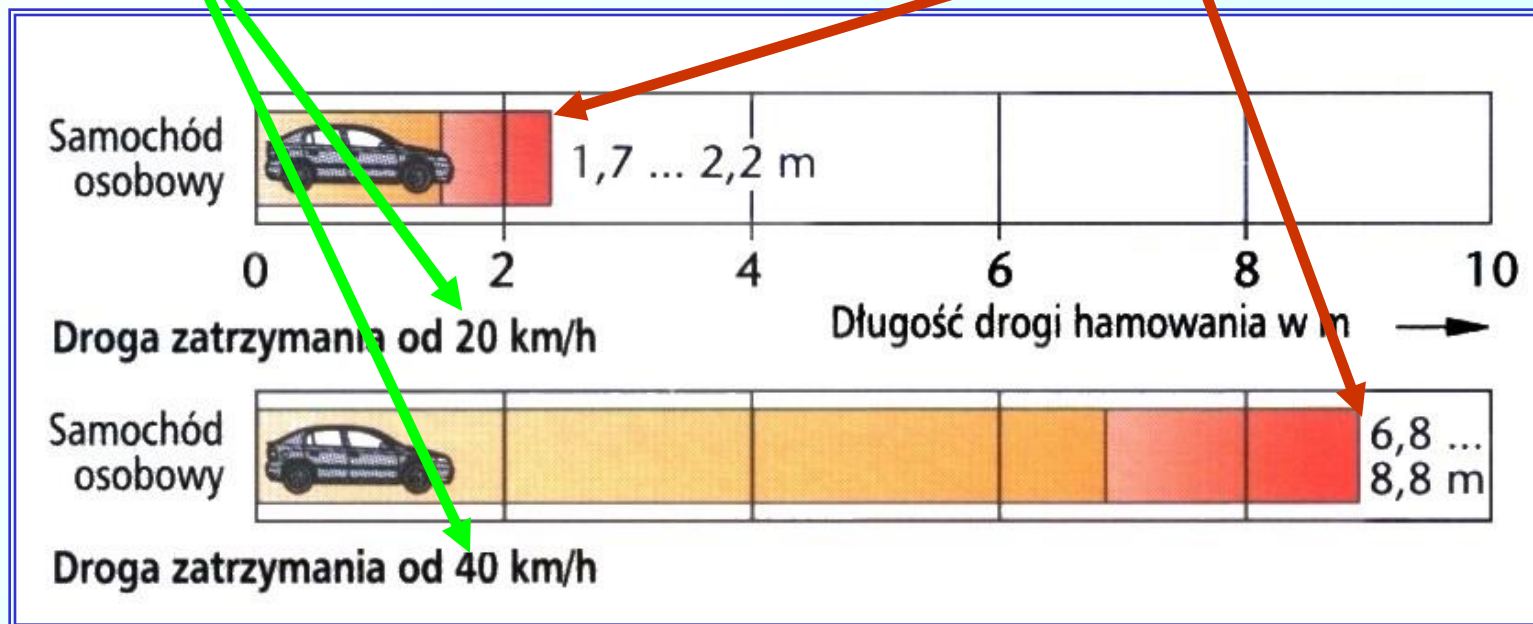




Hamowanie pojazdów

Droga hamowania

Droga hamowania rośnie z kwadratem prędkości, a więc przy dwukrotnym zwiększeniu prędkości – droga hamowania wzrośnie **czterokrotnie !!!**



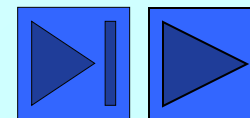
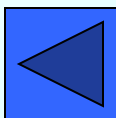


Zadania układu hamulcowego

- zmniejszenie prędkości jazdy samochodu
- zatrzymanie samochodu
- zmniejszenie niepożądanego przyspieszenia samochodu przy zjeździe z góry
- utrzymanie samochodu w bezruchu

Elektroniczne funkcje dodatkowe *(wybrane)*

- ABS – zapobiega blokowaniu kół przy hamowaniu
- ASR – zapobiega poślizgowi kół napędzanych
- ESP – układ stabilizacji toru jazdy
- BAS – asystent hamowania – zwiększa ciśnienie płynu w układzie w przypadku gwałtownego hamowania.



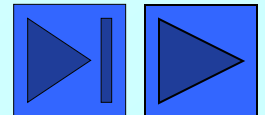
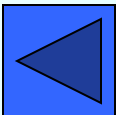


Rodzaje funkcjonalne układów hamulcowych

- roboczy (zasadniczy) układ hamulcowy
- awaryjny (pomocniczy) układ hamulcowy
- układ hamulca postojowego

Działanie hamulców

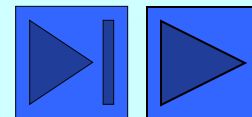
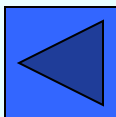
- uruchamiane siłą mięśni kierującego
- z urządzeniem wspomagającym
- uruchamiane siłą zewnętrzną
(np. ABS, BAS, elektryczny układ hamulcowy)





Zgodnie z Prawem o Ruchu Drogowym hamulec główny musi spełniać następujące zadania:

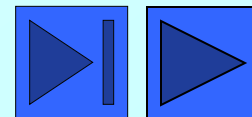
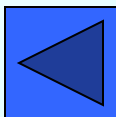
- Stopniowo zmniejszać prędkość jazdy aż do zatrzymania pojazdu, przy czym za pomocą nacisku nogi z siłą $< 500\text{N}$ należy osiągnąć 60% skuteczności hamowania.
- Różnica sił hamowania kół jednej osi nie może wynosić więcej niż 30% w odniesieniu do koła o większej sile hamowania.
- W przypadku awarii jednego obwodu hamowania musi pozostać do dyspozycji 30% całej siły hamowania, przy czym hamowane muszą być dwa koła, które nie leżą po tej samej stronie pojazdu.
- Skuteczność hamowania powinna być taka sama przez cały czas jego trwania. *(nie może się zmieniać wraz ze wzrostem temperatury współpracujących elementów)*
- Występujące przy hamowaniu przesunięcie obciążenia osi w kierunku osi przedniej musi być uwzględnione przy rozkładzie sił hamowania na 73% przód i 27% tył tak, aby nie dochodziło do nadmiernej siły hamowania osi tylnej.





Podział układów hamulcowych ze względu na sposób przenoszenia energii (przenoszenia siły z pedału hamulcowego do hamulców)

- hamulce uruchamiane mechanicznie
(rowery, motocykle, stare samochody osobowe)
- hamulce uruchamiane hydraulicznie
(samochody osobowe, dostawcze, lekkie ciężarowe)
- hamulce uruchamiane pneumatycznie
(samochody ciężarowe, autobusy)
- hamulce uruchamiane elektromagnetycznie
(rozwiązania doświadczalne – samochody osobowe)





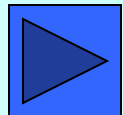
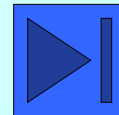
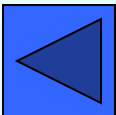
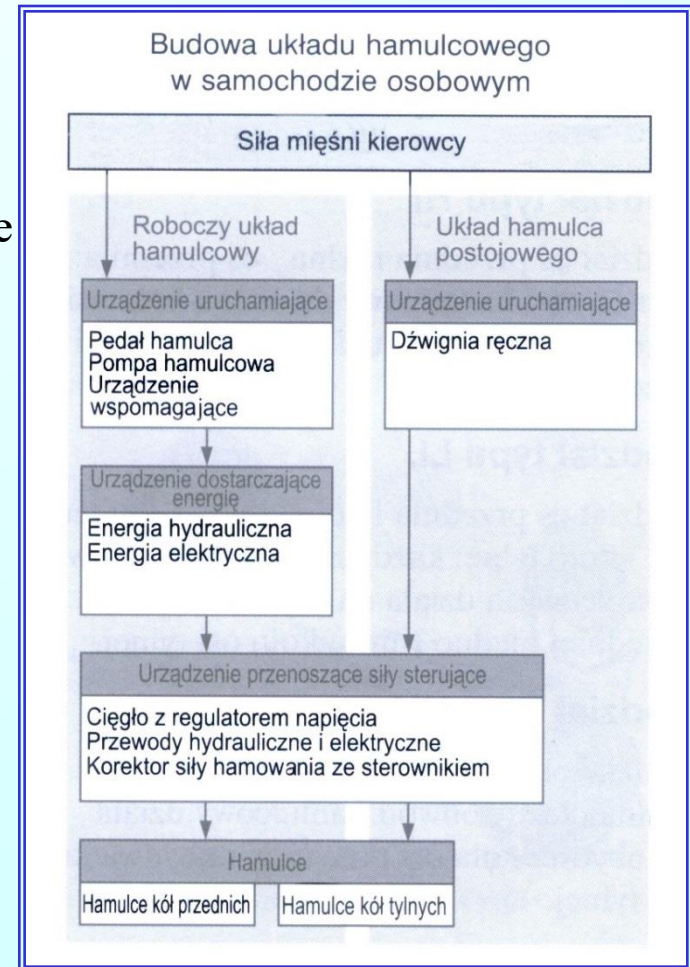
Hamowanie pojazdów

Elementy składowe układu hamulcowego (*hydraulicznego*)

- urządzenie uruchamiające
- urządzenie dostarczające energię
- urządzenie przenoszące siły sterujące
- hamulce kół

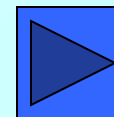
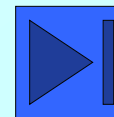
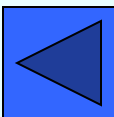
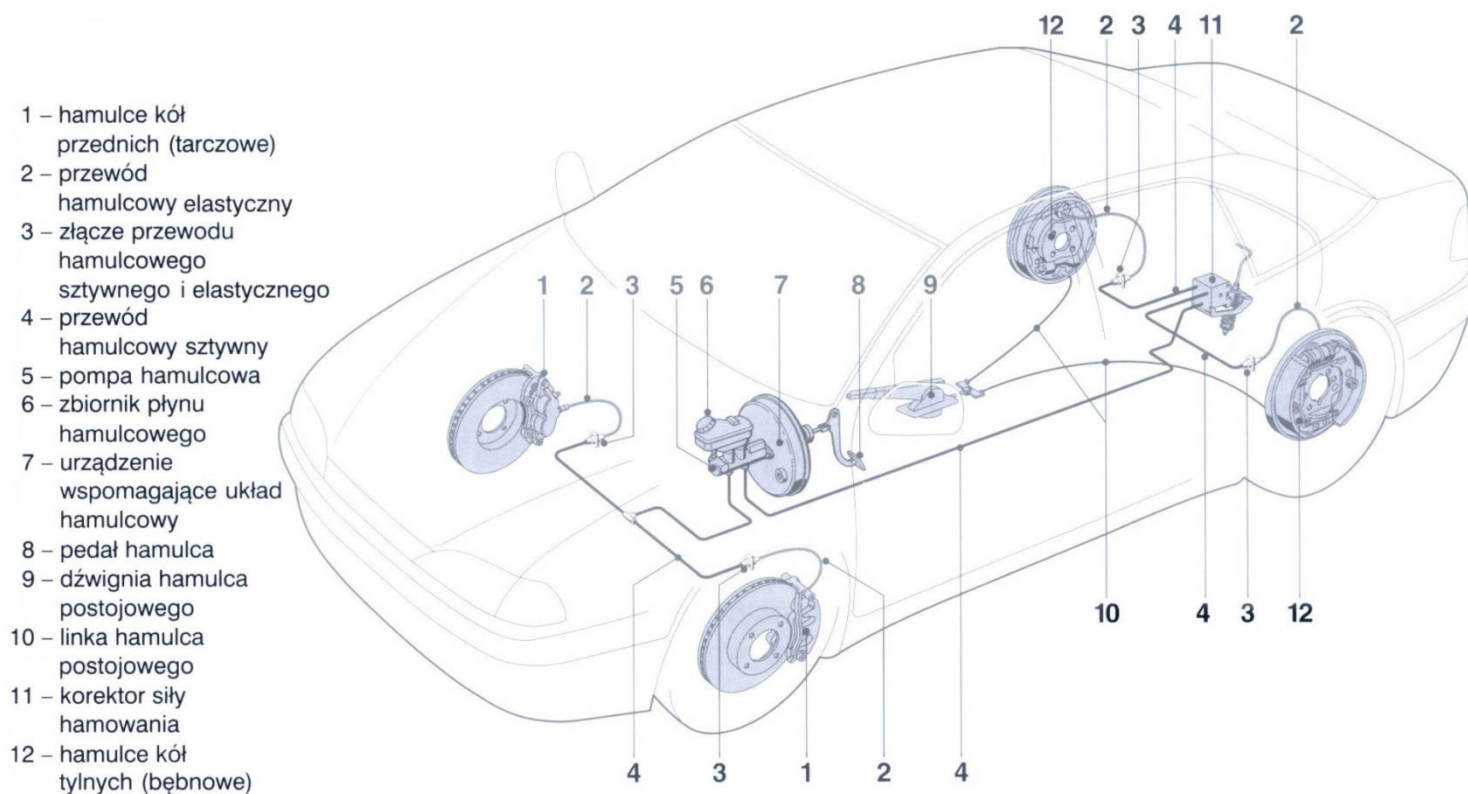
albo w uproszczeniu

- urządzenia uruchamiające
- hamulce kół



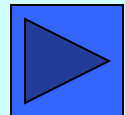
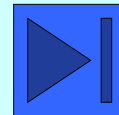
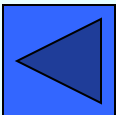
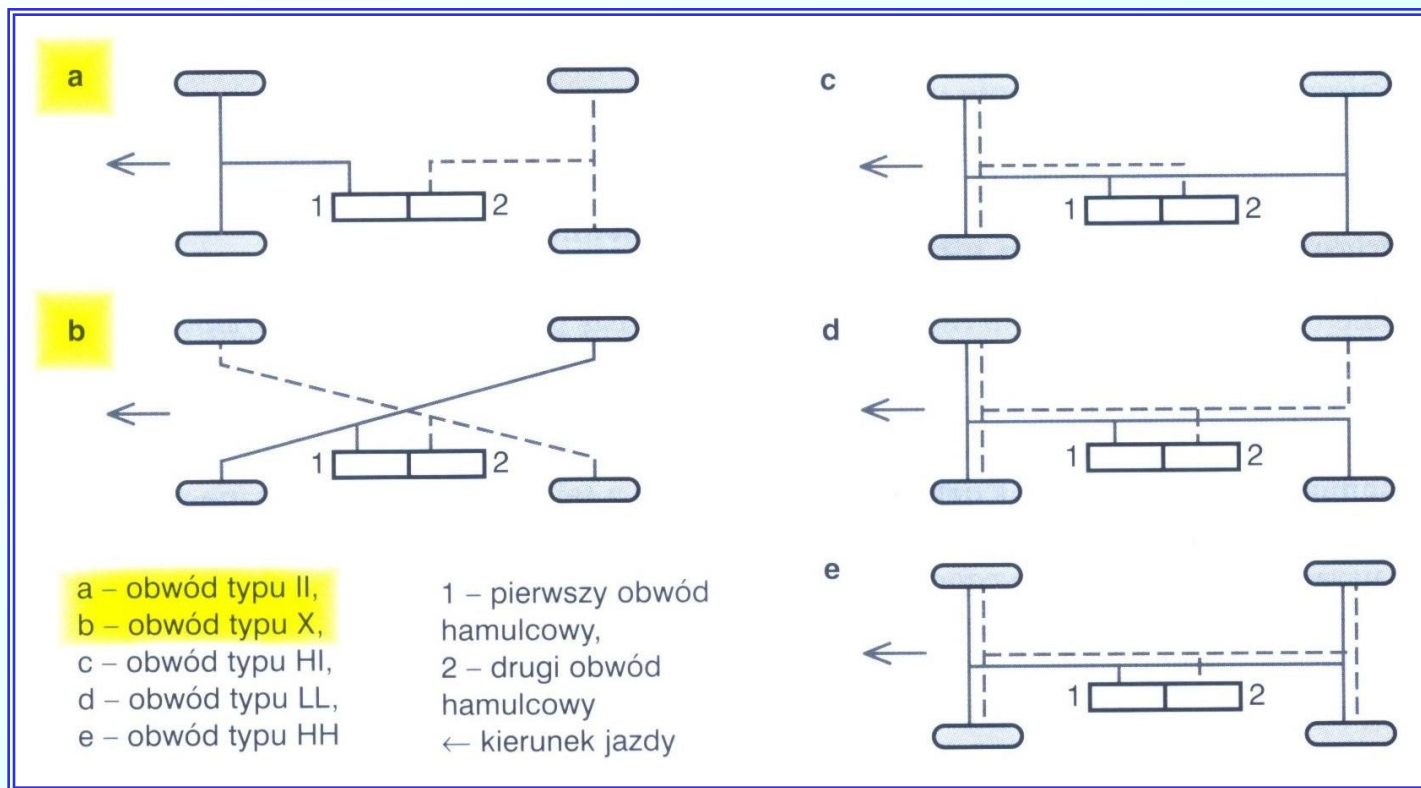
Elementy składowe układów hamulcowych (hydraulicznych)

Przykład układu hamulcowego ze wspomaganiem w samochodzie osobowym

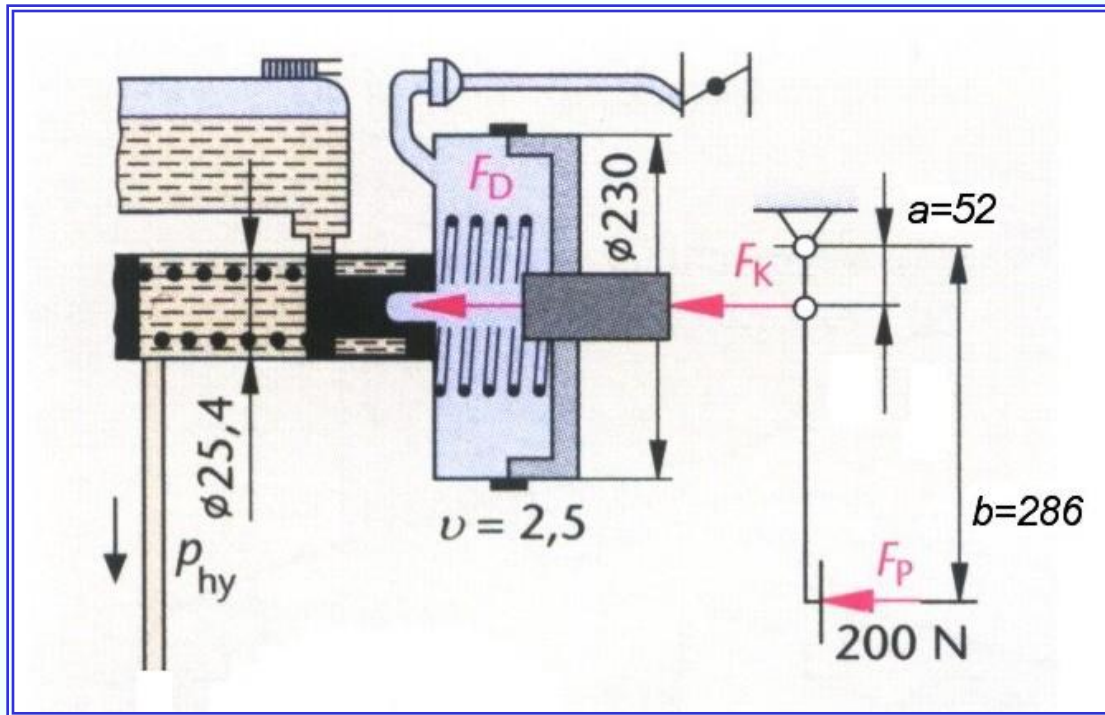


Podział układu hamulcowego na obwody

Przepisy prawne wymagają, aby urządzenia przenoszące siły sterujące do hamulców kół były dwuobwodowe. Wg normy DIN 74000 istnieje 5 możliwości rozdziału dwóch obwodów na 4 hamulce kół.



Przełożenie mechaniczne

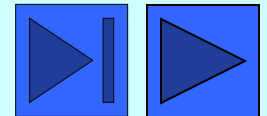
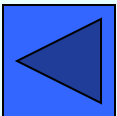


F_P – siła nacisku
 na pedał hamulcowy
 F_K – siła nacisku na trzpień
 na popychacz pompy
 F_D – siła nacisku
 na popychacz pompy
 v – współczynnik
 wspomagania serwa
 (zawiera się od 2 do 5)

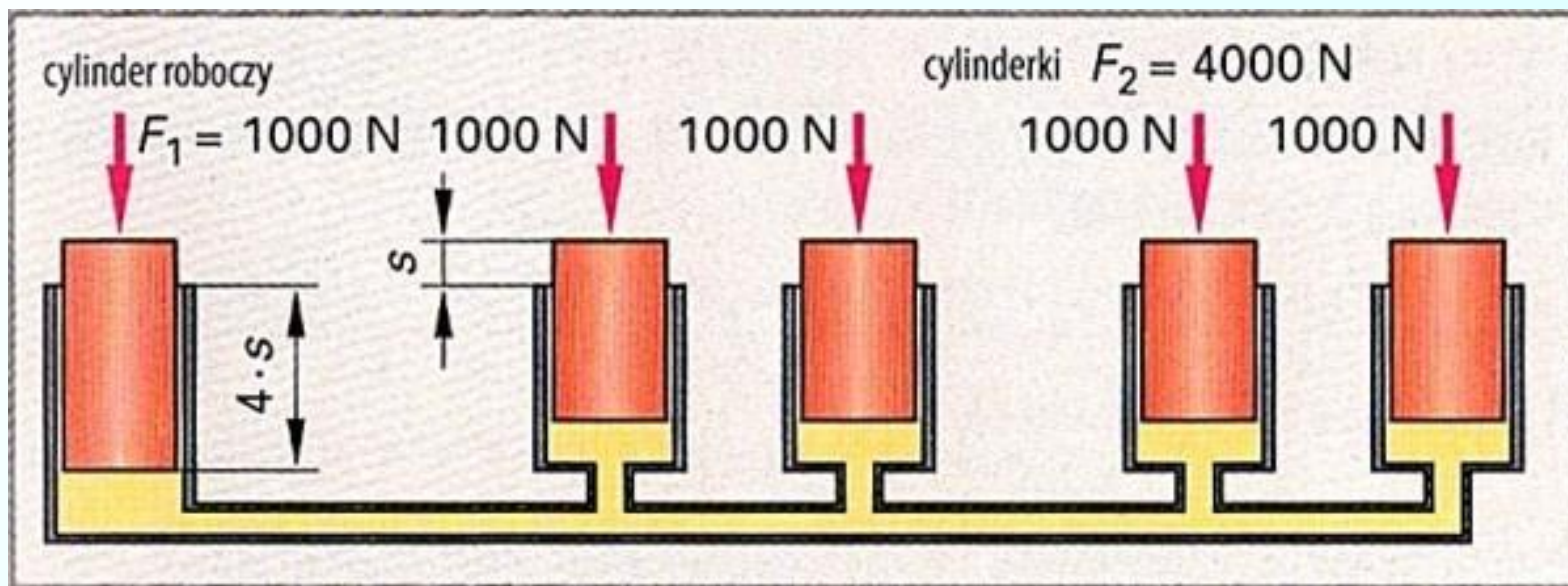
Patrz pedał

$$F_P = 200 \text{ N} \quad \frac{F_P}{F_K} = \frac{a}{b} \quad \Rightarrow \quad F_K = \frac{F_P \cdot b}{a} \quad \Rightarrow \quad F_K = 1100 \text{ N}$$

$$F_D = v \cdot F_K \quad \Rightarrow \quad v = 2,27 \quad \Rightarrow \quad F_D = 2500 \text{ N}$$

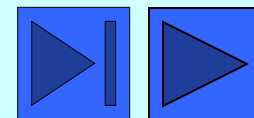
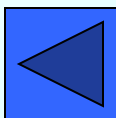


Przełożenie hydrauliczne



Stosunek sił odpowiada stosunkowi powierzchni tłoków, a stosunek drogi tłoków jest jego odwrotnością.

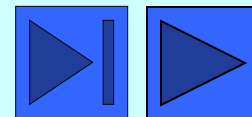
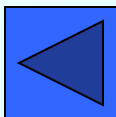
Jeśli każdy z czterech cylinderków przy kołach ma taką samą powierzchnię tłoka jak cylinder roboczy, to działając siłą 1000 N i przemieszczając tłok o 8 mm , wywiera się łącznie na tłoczki hamulcowe siłę 4000 N , przemieszczając je każdy o 2 mm .





Hamulce kół - wymagania

- Krótka droga hamowania
- Krótki czas odpowiedzi
- Szybkie narastanie ciśnienia (krótki czas pęchnienia)
- Równomierne działanie
- Reakcja odpowiednia do nacisku na pedał
- Niewrażliwość na brud i korozję
- Duża niezawodność
- Duża trwałość
- Odporność na ścieranie
- Obojętność ekologiczna
- Niskie koszty eksploatacji

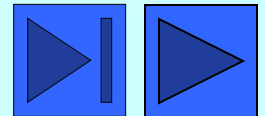
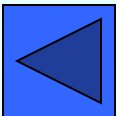




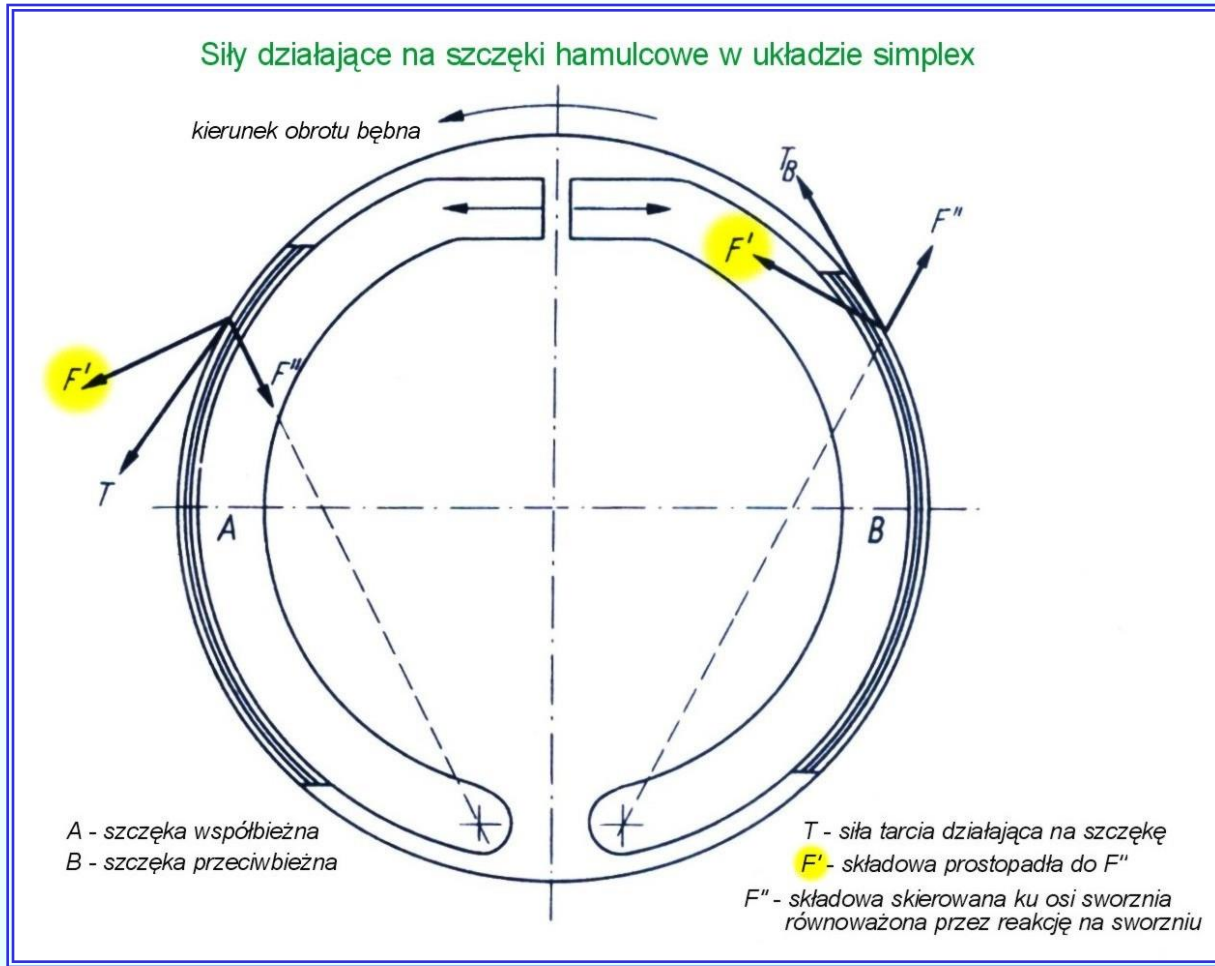
Hamulce kół

podział ze względu na sposób współpracy elementów

- hamulce bębnowe
- hamulce tarczowe
- hamulce taśmowe
- hamulce hydrodynamiczne długotrwałego działania
- hamulce elektrodynamiczne długotrwałego działania

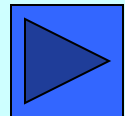
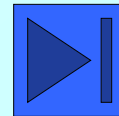
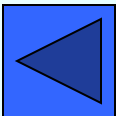
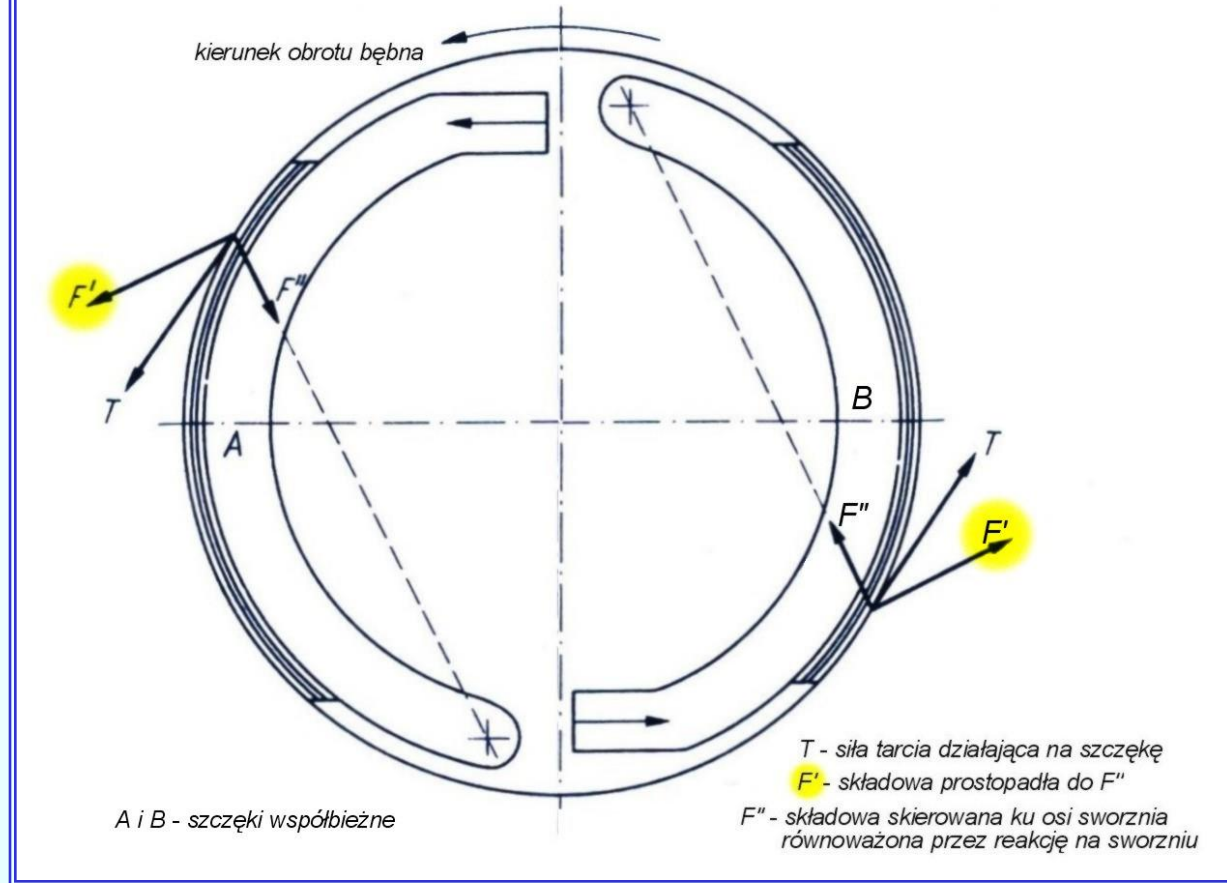


Hamulce bębnowe – działanie sił

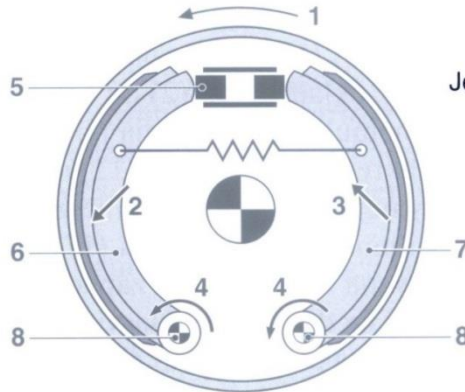


Hamulce bębnowe – działanie sił

Siły działające na szczęki hamulcowe w układzie duplex



a – szczęki z dwoma indywidualnymi punktami obrotu

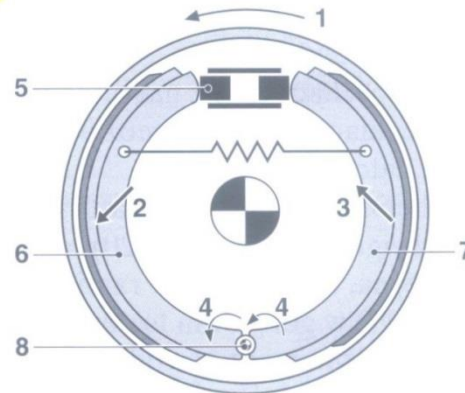


Hamulec bębnowy typu simplex

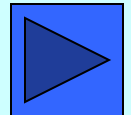
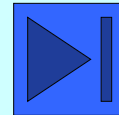
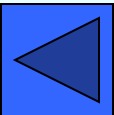
Jedna szczeka współbieżna, małe samowzmocnienie

- 1 – kierunek obrotów bębna podczas jazdy do przodu,
- 2 – samowzmocnienie,
- 3 – odpychanie,
- 4 – moment obrotowy
- 5 – rozpieracz dwustronnego działania,
- 6 – szczeka współbieżna,
- 7 – szczeka przeciwbieżna,
- 8 – punkt podparcia

b – szczęki ze wspólnym punktem obrotu

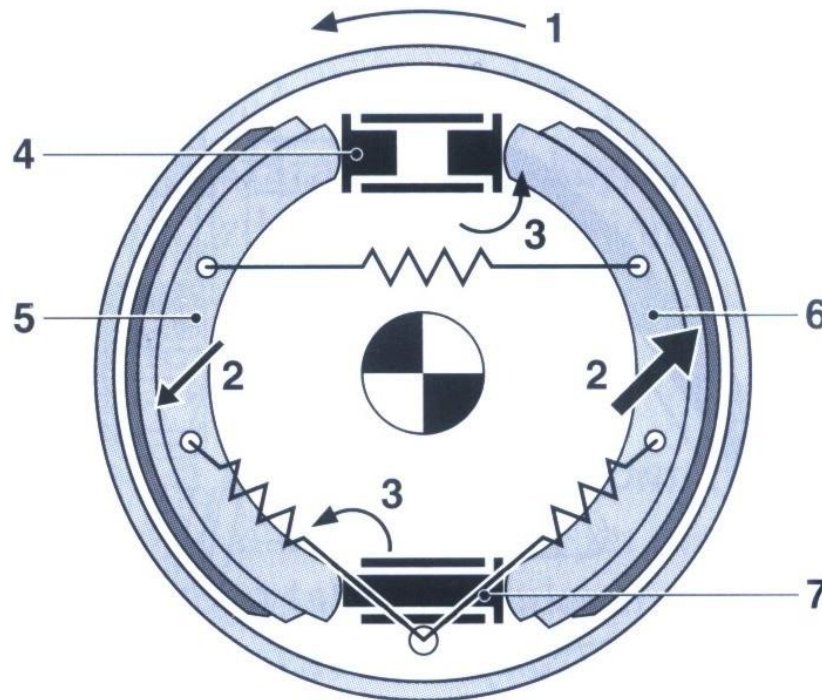


8 – punkt podparcia

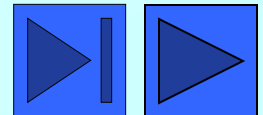
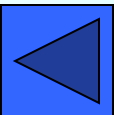


Hamulec bębnowy typu serwo

Dwie szczęki współbieżne o pływającym podparciu na sworzniu z jednostronnym ograniczeniem ruchu, duże samowzmocnienie

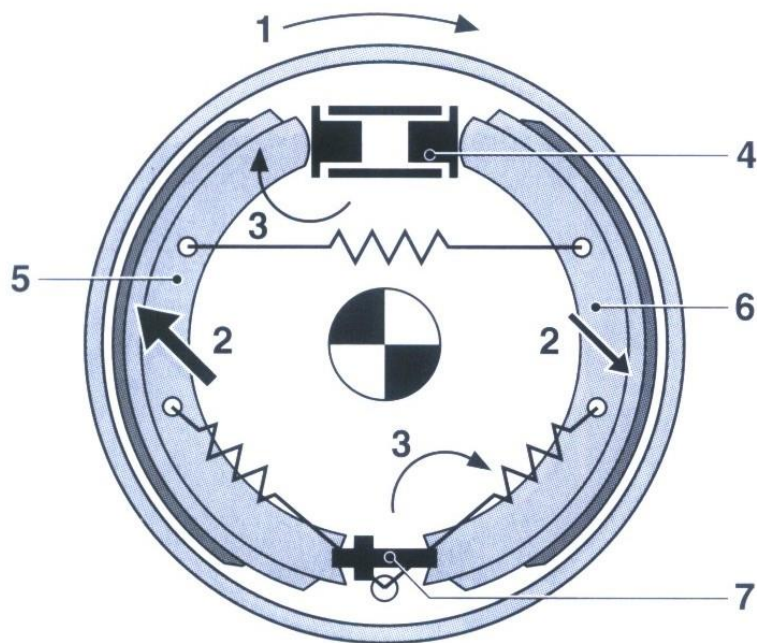


- 1 – kierunek obrotów bębna podczas jazdy do przodu,
- 2 – samowzmocnienie,
- 3 – moment obrotowy,
- 4 – rozpieracz dwustronnego działania,
- 5 – szczeka współbieżna,
- 6 – szczeka przeciwbieżna,
- 7 – punkt podparcia

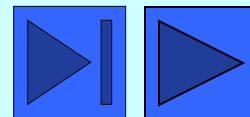
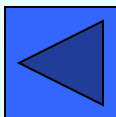


Hamulec bębnowy typu duo-serwo

Podobnie, jak hamulec serwo, ale pływające podparcie stanowi sworzeń swobodnie się poruszający; duże samowzmocnienie podczas jazdy do tyłu i do przodu

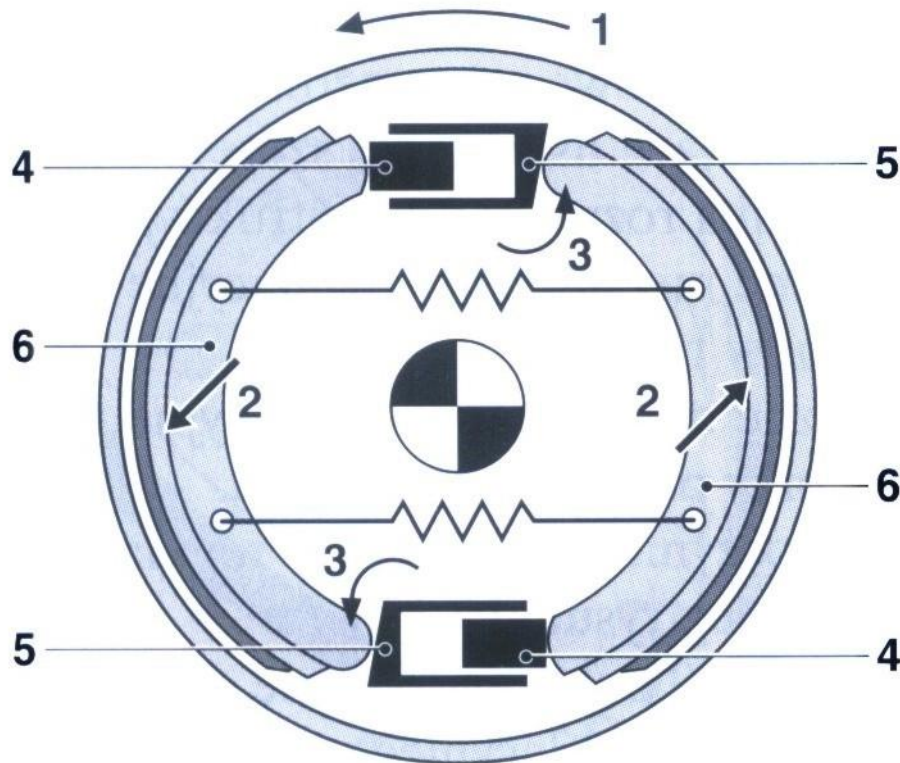


- 1 – kierunek obrotów bębna podczas jazdy do przodu,
- 2 – samowzmocnienie,
- 3 – moment obrotowy,
- 4 – rozpieracz dwustronnego działania,
- 5 – szczeka przeciwbieżna,
- 6 – szczeka współbieżna,
- 7 – punkt podparcia (sworzeń)

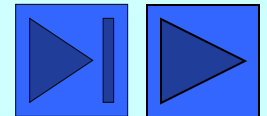
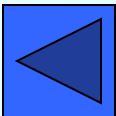


Hamulec bębnowy typu duplex

Dwie szczęki współbieżne, duże samowzmocnienie

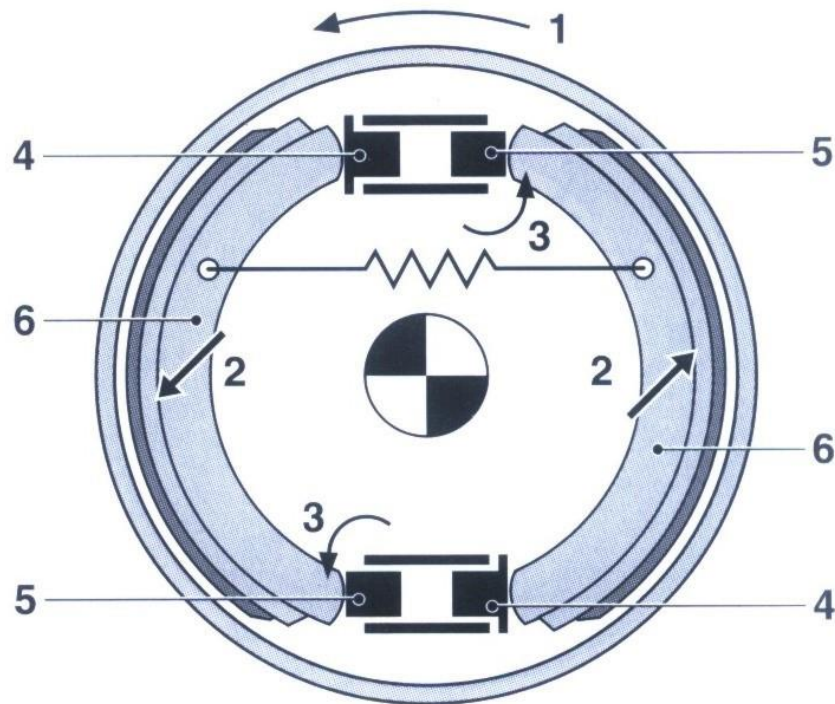


- 1 – kierunek obrotów bębna podczas jazdy do przodu,
- 2 – samowzmocnienie,
- 3 – moment obrotowy,
- 4 – rozpieracz jednostronnego działania,
- 5 – punkt podparcia,
- 6 – szczeka hamulcowa

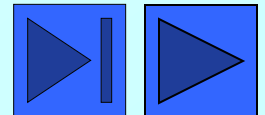
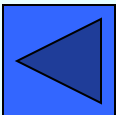


Hamulec bębnowy typu duo-duplex

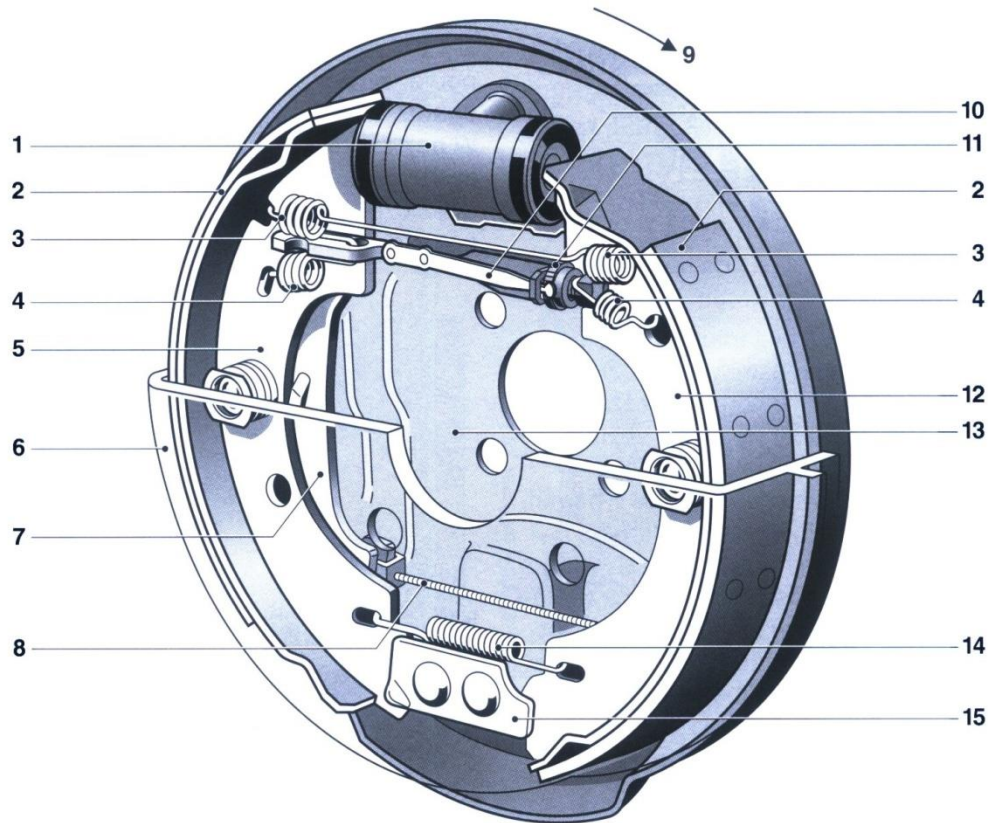
Dwie szczęki współbieżne, docisk zapewniony przez pływający rozpieracz, duże samowzmocnienie



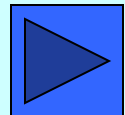
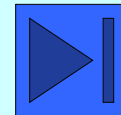
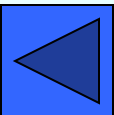
- 1 – kierunek obrotów bębna podczas jazdy do przodu,
- 2 – samowzmocnienie,
- 3 – moment obrotowy,
- 4 – rozpieracz dwustronnego działania,
- 5 – punkt podparcia,
- 6 – szczeka hamulcowa



Hamulec bębnowy typu simplex z wbudowanym hamulcem postojowym (prawe tylne koło)



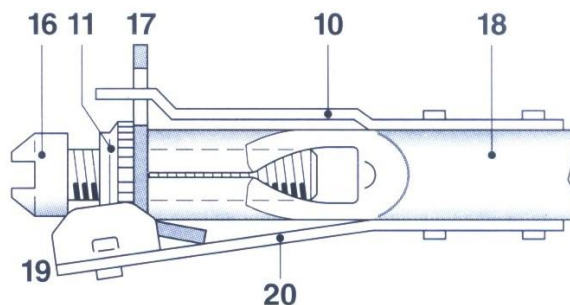
- 1 – rozpieracz hydrauliczny (cylinderek hamulcowy)
- 2 – okładzina cierna,
- 3 i 14 – sprężyna ściągająca szczęki,
- 4 – sprężyna mechanizmu samoczynnej regulacji,
- 5 – szczeka przeciwbieżna,
- 6 – bęben hamulcowy,
- 7 – dźwignia hamulca postojowego,
- 8 – linka hamulca,
- 9 – kierunek obrotu bębna podczas jazdy do przodu,
- 10 – termoelement,
- 11 – nakrętka regulacyjna z dźwignią kątową,
- 12 – szczeka współbieżna,
- 13 – tarcza nośna,
- 15 – podpora szczęk





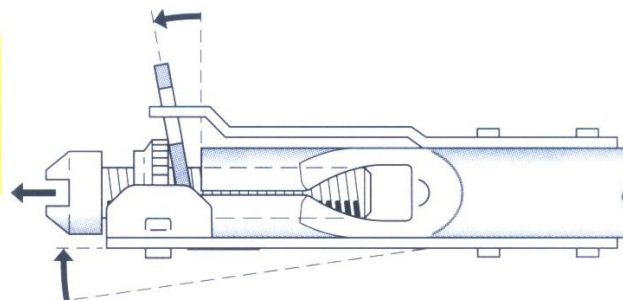
Hamowanie pojazdów

a – działanie podczas jazdy,

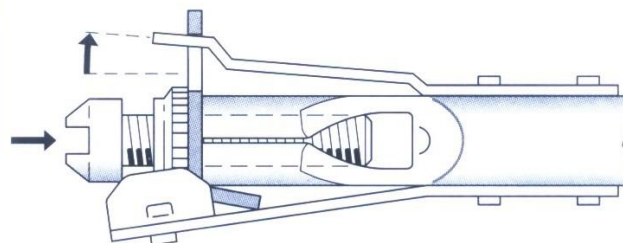


Mechanizm samoczynnej regulacji

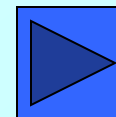
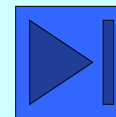
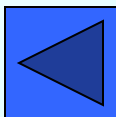
b – działanie podczas hamowania przy temperaturze poniżej 80°C,



c – działanie podczas hamowania przy temperaturze powyżej 80°C

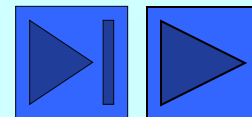
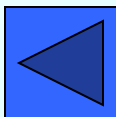


10 – termoelement,
11 – nakrętka regulacyjna,
16 – popychacz,
17 – dźwignia kątowa,
18 – tulejka naciskowa,
19 – zapadka,
20 – dźwignia regulacyjna



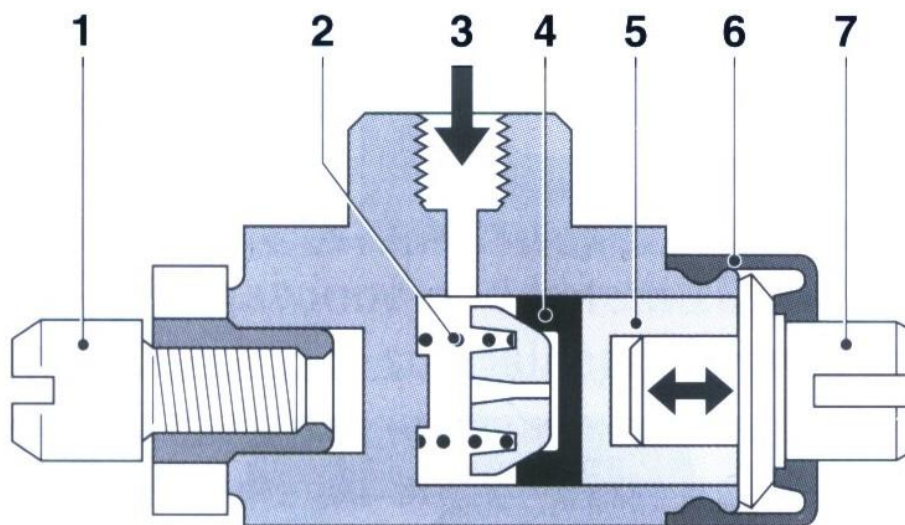


Mechanizm samoczynnej regulacji
opatentowany przez firmy Bosch i Bendix,
osiąga dokładność regulacji
około 0,02 mm na cykl działania

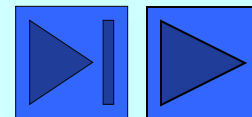
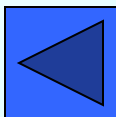


Hamulce bębnowe – elementy

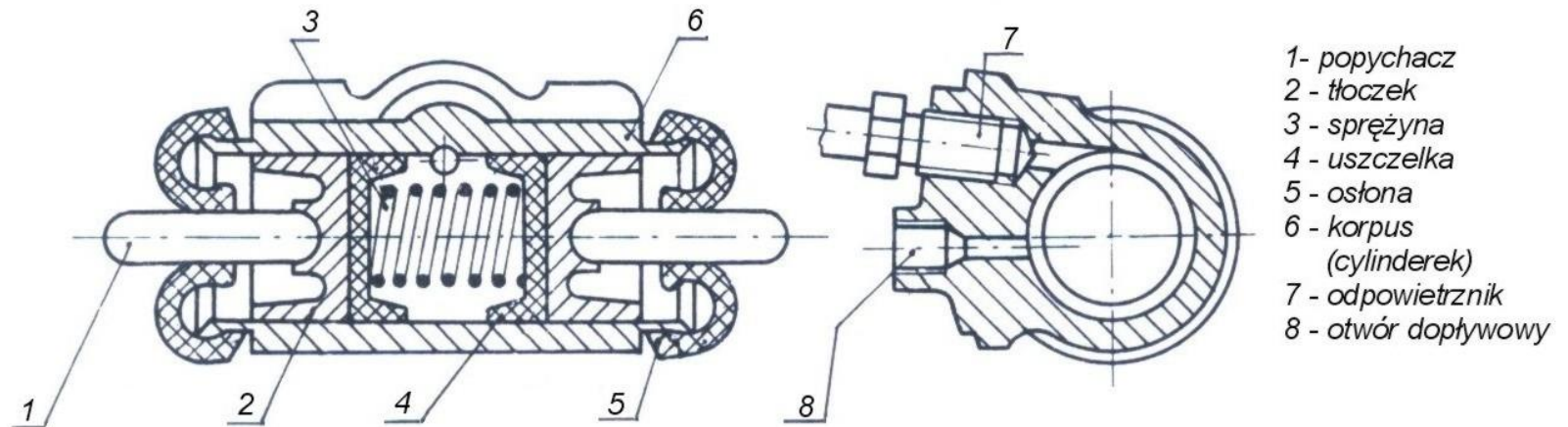
Rozpieracz hydrauliczny jednostronnego działania



- 1 – popychacz stały (z mechanizmem regulacji),
- 2 – sprężyna,
- 3 – króciec wlotowy z pompy hamulcowej,
- 4 – pierścień uszczelniający,
- 5 – tłoczek,
- 6 – osłona gumowa,
- 7 – popychacz ruchomy

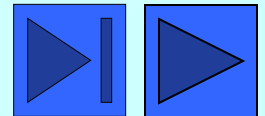
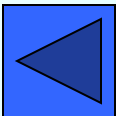


Hydrauliczny rozpieracz szczęk dwustronnego działania

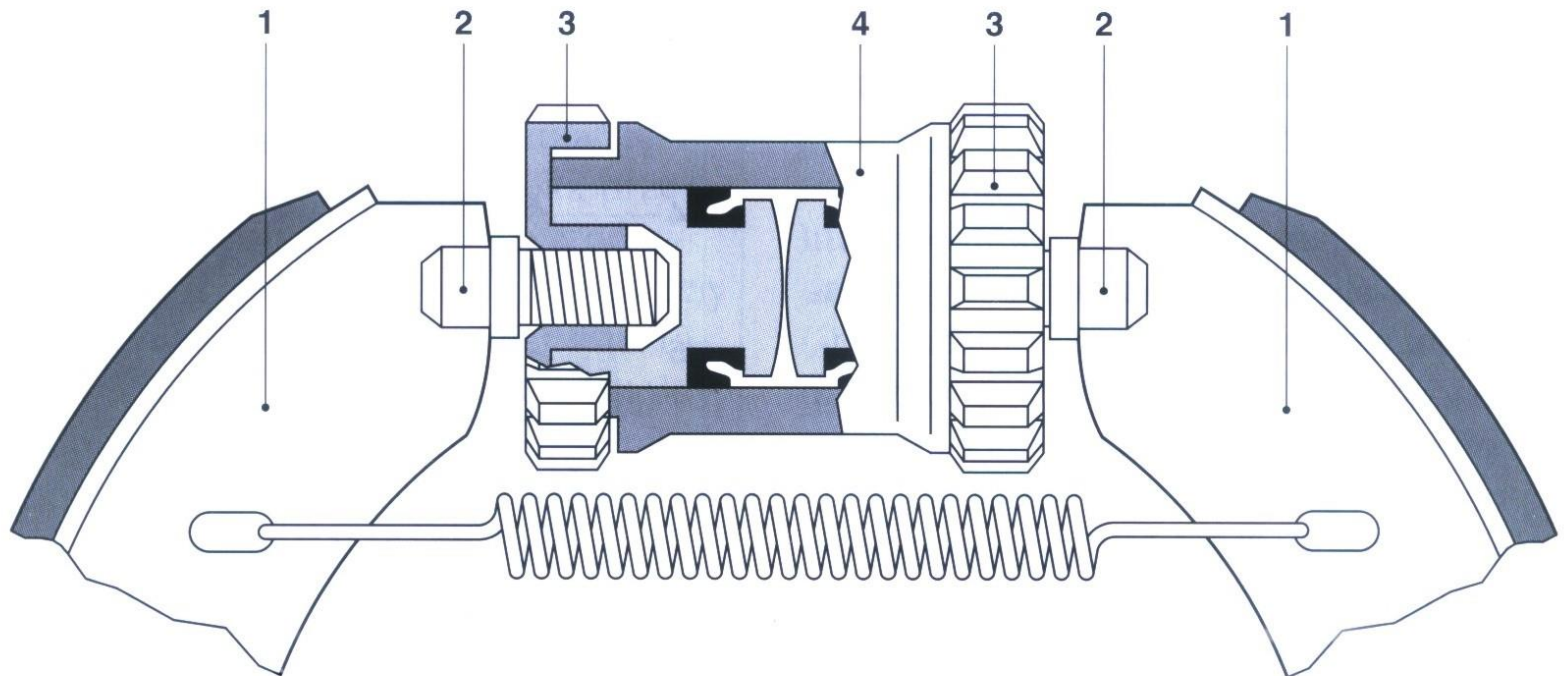


Stożkowy kształt uszczelki [4] pod działaniem ciśnienia płynu dociska ją do cylindra korpusu [6] uniemożliwiając powstanie wycieku.

Korpus rozpieracza wykonany jest z żeliwa, tłoczki ze stopów aluminium.



Ręczny mechanizm regulacyjny przy rozpierczu hydraulicznym

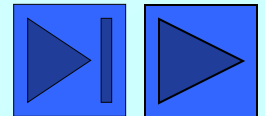
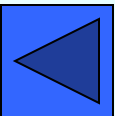


1 – szczeka hamulcowa

2 – popychacz gwintowany

3 – kołpak regulacyjny z wieńcem zębatym

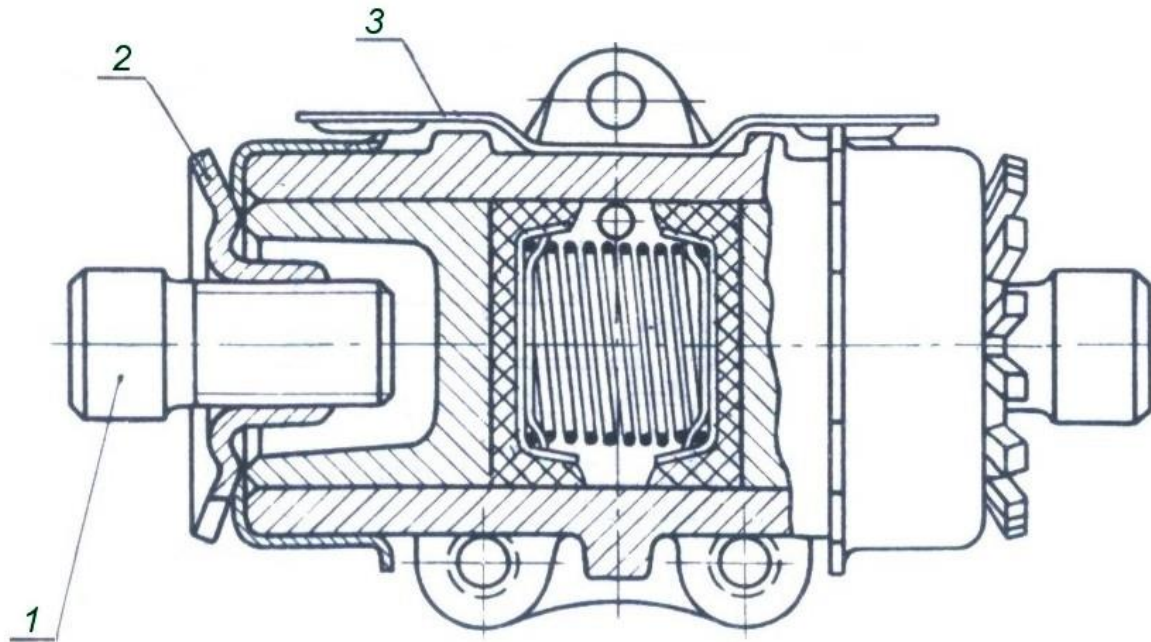
4 – rozpiercz hydrauliczny



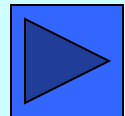
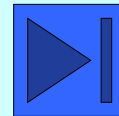
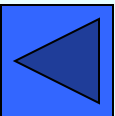


Hamowanie pojazdów

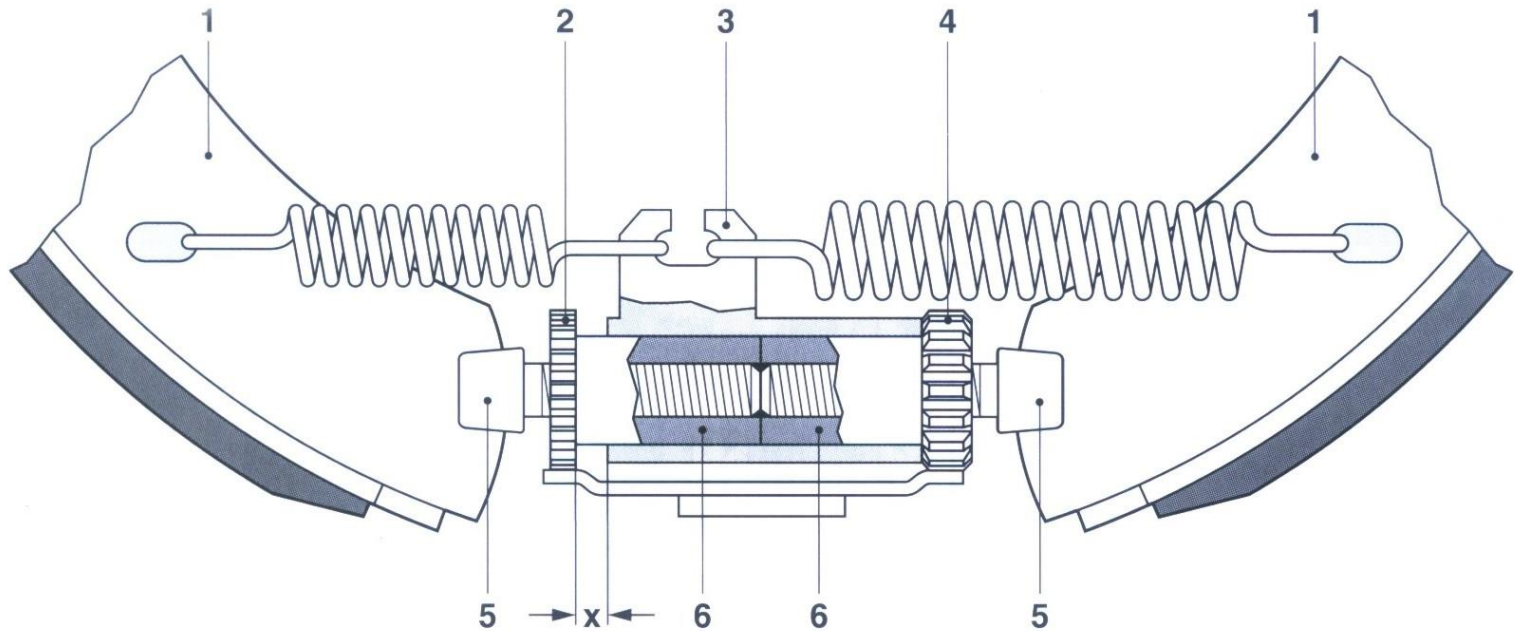
*Hydrauliczny rozpieracz szczęk dwustronnego działania
z regulacją luzu szczęk*



- 1 - gwintowany popychacz 2 - nakrętka regulacyjna
3 - zabezpieczenie nakrętki regulacyjnej



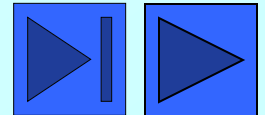
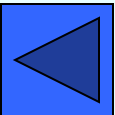
Ręczny mechanizm regulacyjny przy podporze



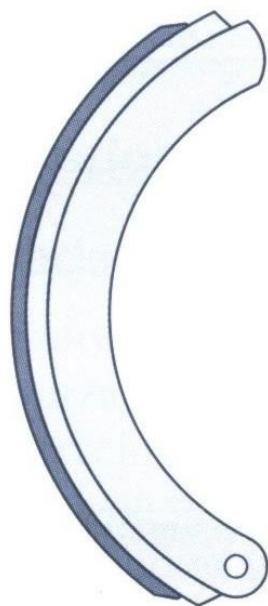
1 – szczeka hamulcowa
2 i 4 – wieniec zębany

3 – podpora
5 – śruba regulacyjna
6 – nakrętka regulacyjna

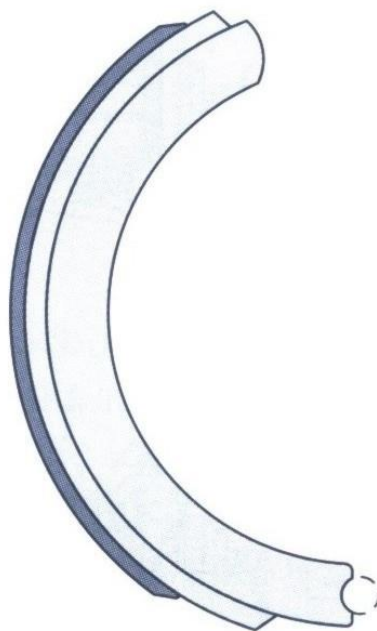
x – luz między
wieńcem zębatym (2)
a podporą (3)



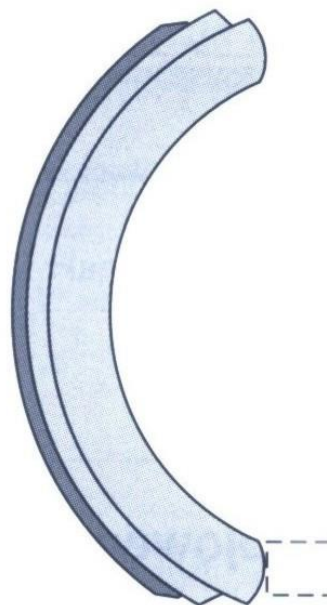
Sposoby prowadzenia szczęk hamulcowych



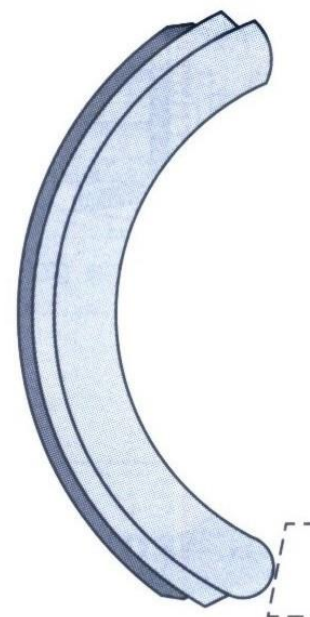
a – szczeka o stałym
(indywidualnym)
punkcie obrotu



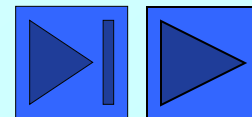
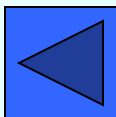
b – szczeka o stałym
(wspólnym) punkcie
obrotu



c – szczeka
prowadzona
równolegle

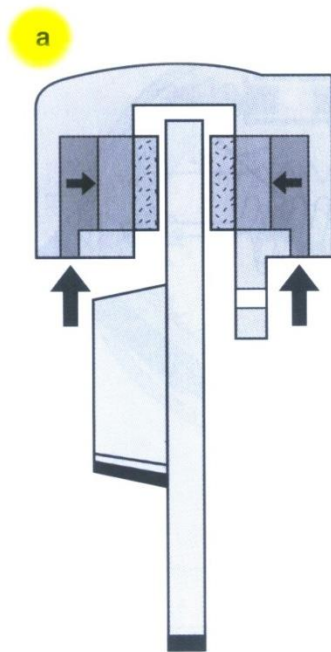


d – szczeka
prowadzona
ukośnie



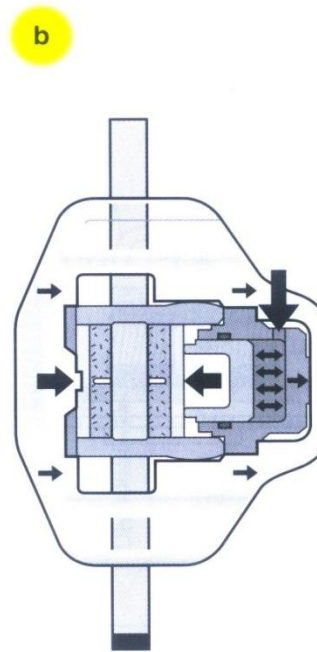
Hamulce tarczowe

Rodzaje hamulców tarczowych



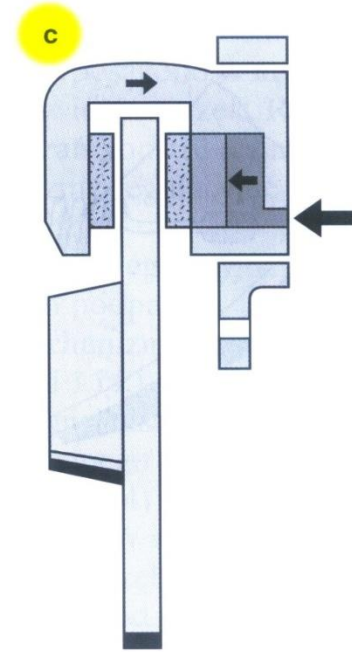
a – hamulec
o zacisku nieruchomym
(widok z przodu)

system Dunlop

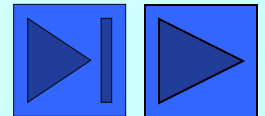
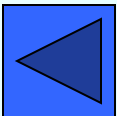


b – hamulec
o zacisku pływającym
(widok z góry)

system Lockheed



c – hamulec
o zacisku przesuwającym
(widok z przodu)





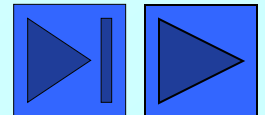
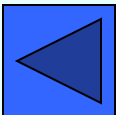
Hamowanie pojazdów

System Dunlop - cechy

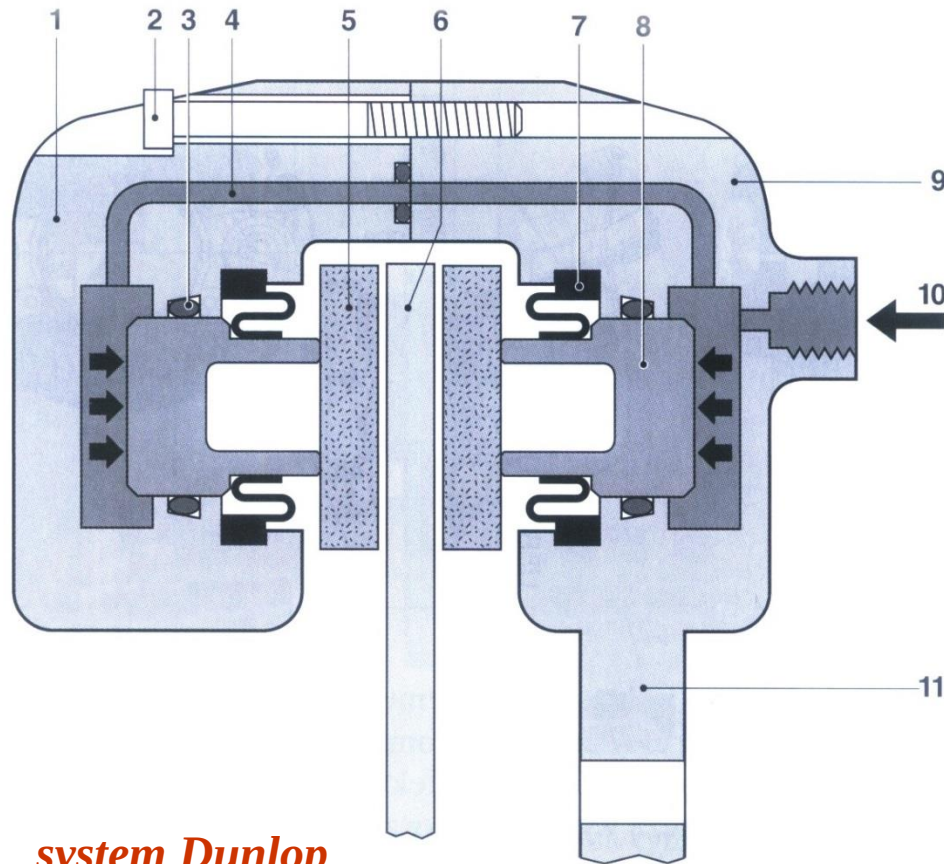
- Zacisk montowany na stałe - nieruchomy
- Dwa siłowniki hydrauliczne połączone kanałem w korpusie
- Rozwiązanie droższe, ale bardziej niezawodne

System Lockheed - cechy

- Zacisk montowany w sposób ruchomy
- Jeden siłownik hydrauliczny
- Siłownik dociskając element cierny powoduje przesunięcie korpusu zacisku względem tarczy i dociśnięcie drugiego elementu ciernego
- Skłonność do zanieczyszczania się prowadnic zacisków

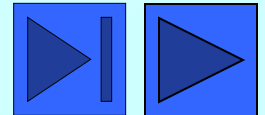
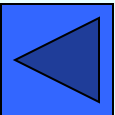


Hamulec o zacisku nieruchomym



- 1 – obudowa,
- 2 – śruba łącząca części obudowy
- 3 – uszczelniacz tłoka
- 4 – kanał hydrauliczny
- 5 – wkładka cierna
- 6 – tarcza hamulcowa
- 7 – osłona przeciwpylowa
- 8 – tłok
- 9 – pokrywa obudowy
- 10 – króciec łączący z pompą hamulcową
- 11 – kołnierz mocujący

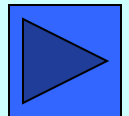
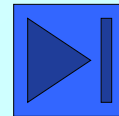
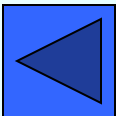
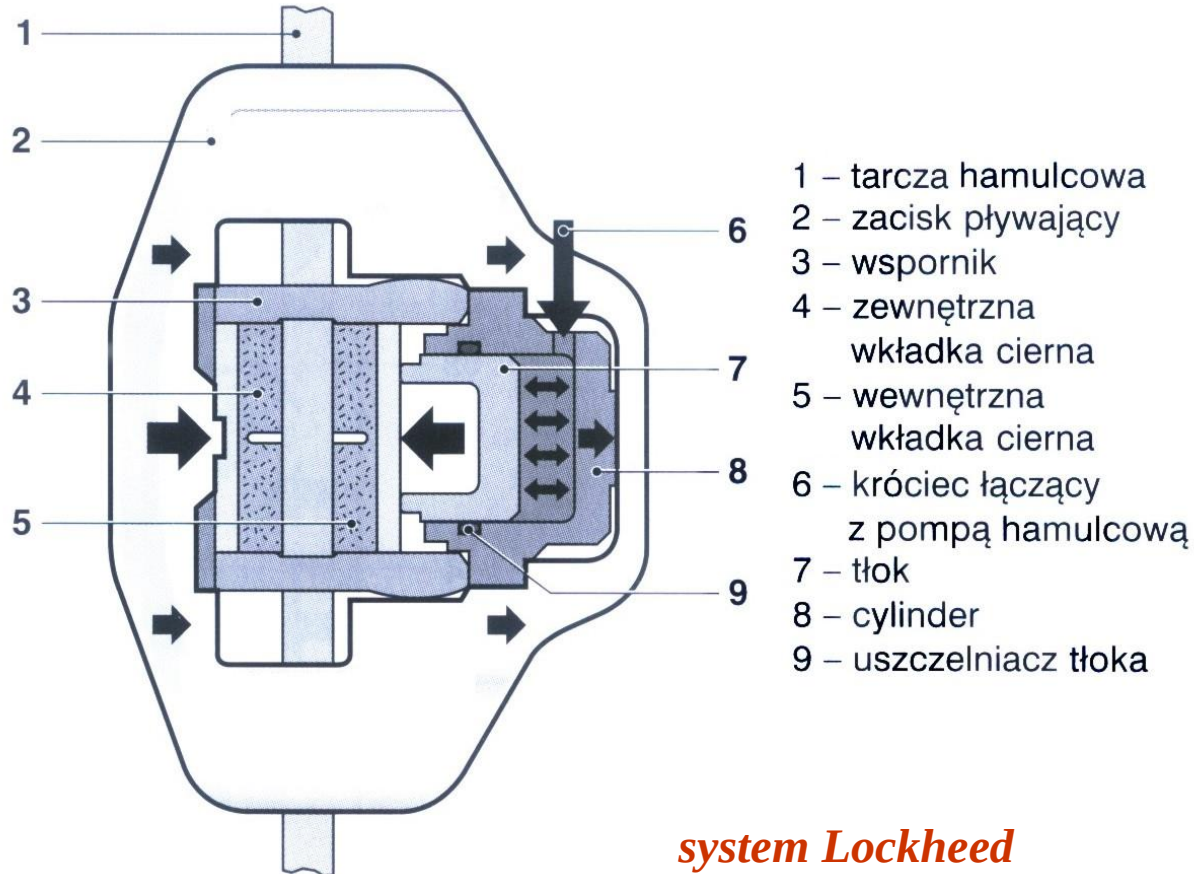
system Dunlop

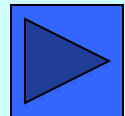
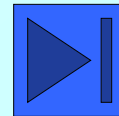
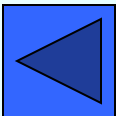
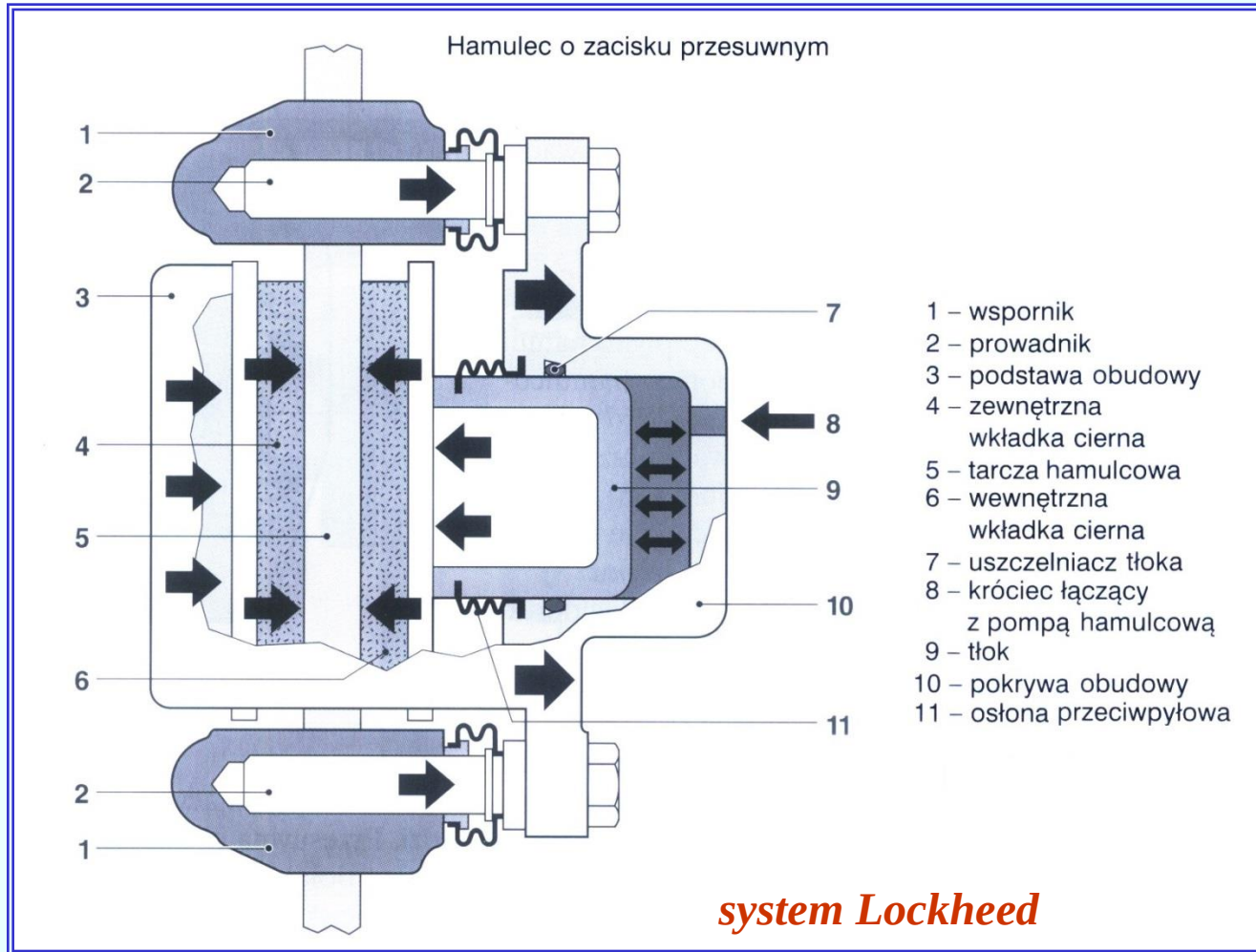


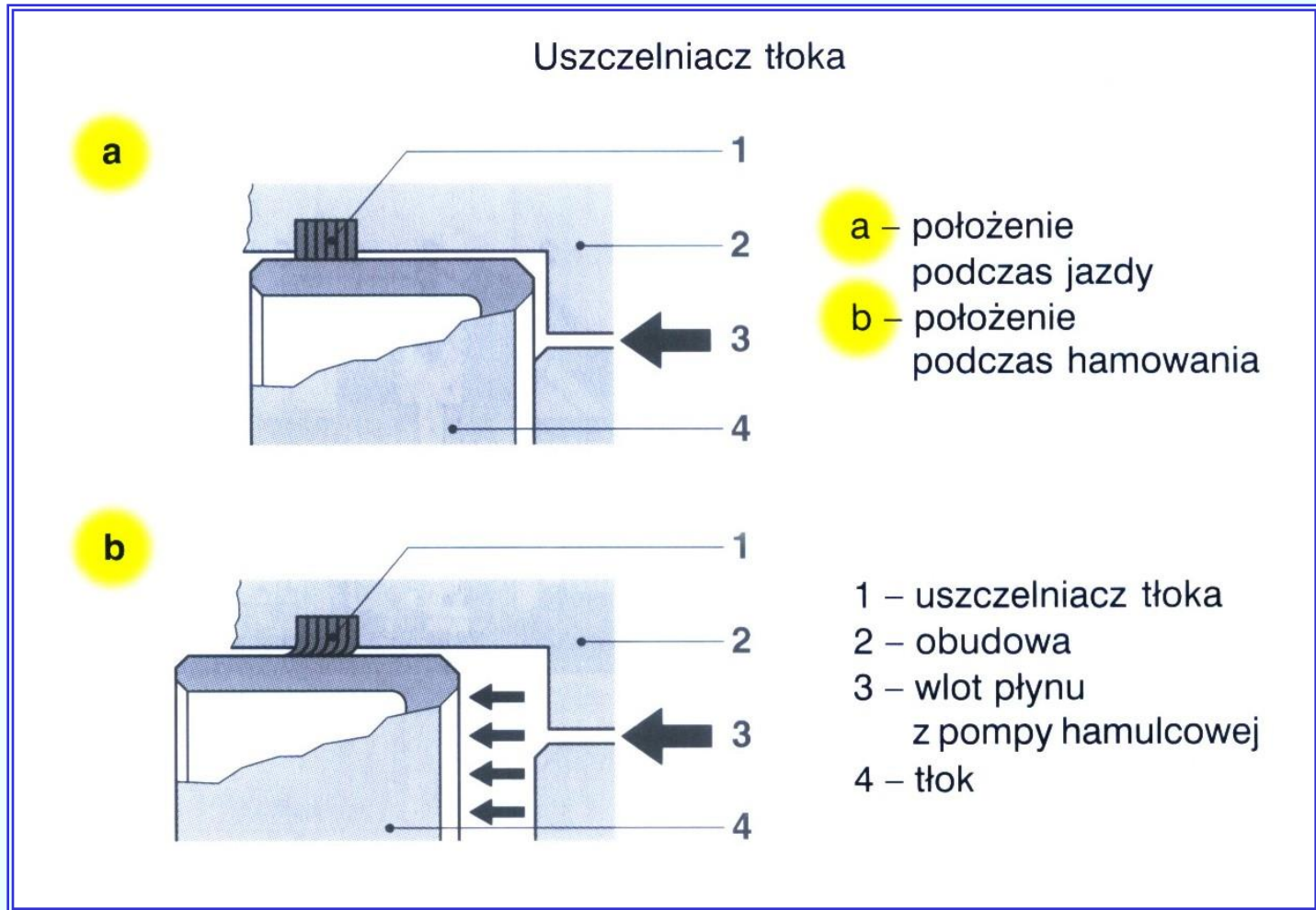


Hamowanie pojazdów

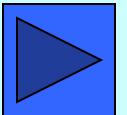
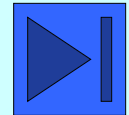
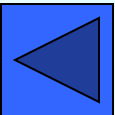
Hamulec o zacisku pływającym





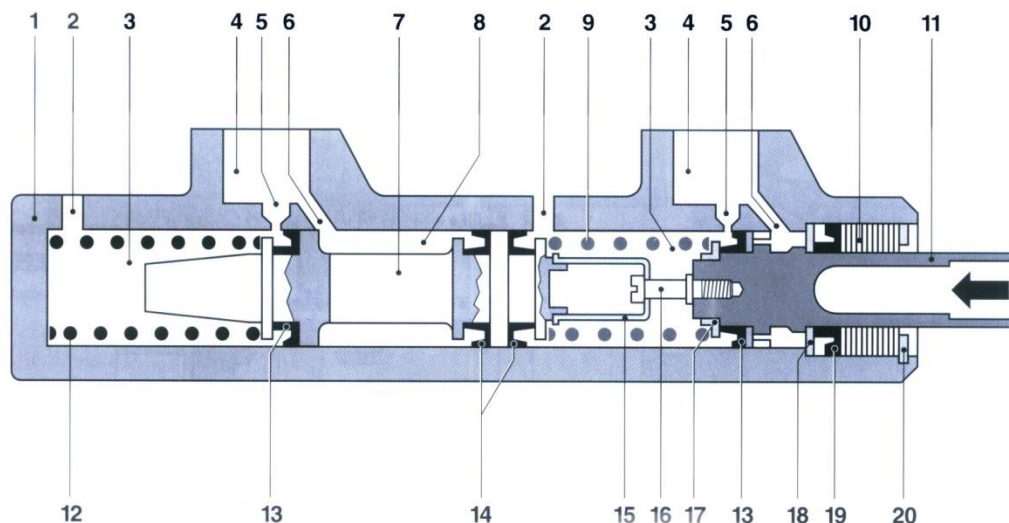


Kasacja zużycia okładzin ciernych opiera się na odkształcalności uszczelniacza tłoka [1]



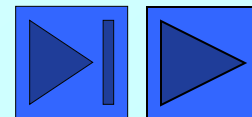
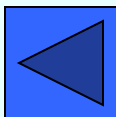
Pompa hamulcowa

Pompa hamulcowa z blokową sprężyną tłoka

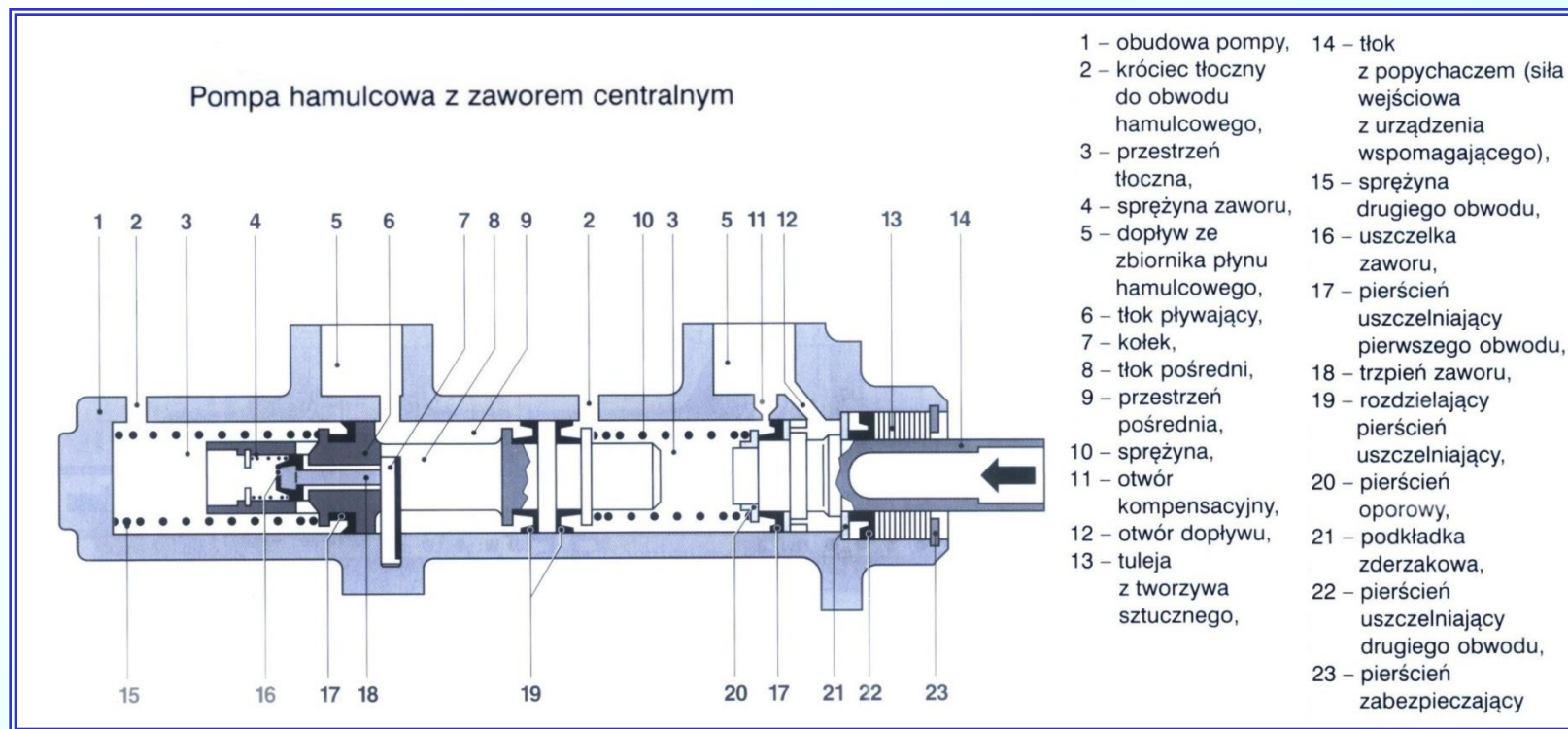


- | | |
|--|---|
| 1 – obudowa pompy, | 11 – tłok z popychaczem (siła wejściowa z urządzenia wspomagającego), |
| 2 – króciec tłoczny do obwodu hamulcowego, | 12 – sprężyna drugiego obwodu, |
| 3 – przestrzeń tłoczna, | 13 – pierścień uszczelniający pierwszego obwodu, |
| 4 – dopływ ze zbiornika płynu hamulcowego, | 14 – rozdzielający pierścień uszczelniający, |
| 5 – otwór kompensacyjny, | 15 – tuleja blokująca, |
| 6 – otwór dopływu, | 16 – śruba blokująca, |
| 7 – tłok pływający, | 17 – pierścień oporowy, |
| 8 – przestrzeń pośrednia, | 18 – podkładka zderzakowa, |
| 9 – sprężyna blokowana, | 19 – pierścień uszczelniający drugiego obwodu, |
| 10 – tuleja z tworzywa sztucznego, | 20 – pierścień zabezpieczający |

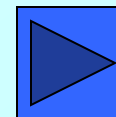
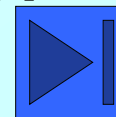
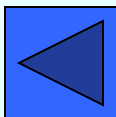
Nacisk na pedał hamulca powoduje, że tłok z popychaczem[11] i tłok pływający[7] przesuwają się w lewo, przekraczają otwory kompensacyjne[5] i tłoczą płyn hamulcowy przez króćce[2] do obwodów hamulcowych. Wskutek rosnącego ciśnienia tłok pływający[7] nie jest poruszany przez blokową sprężynę[9], lecz przez ciśnienie płynu.



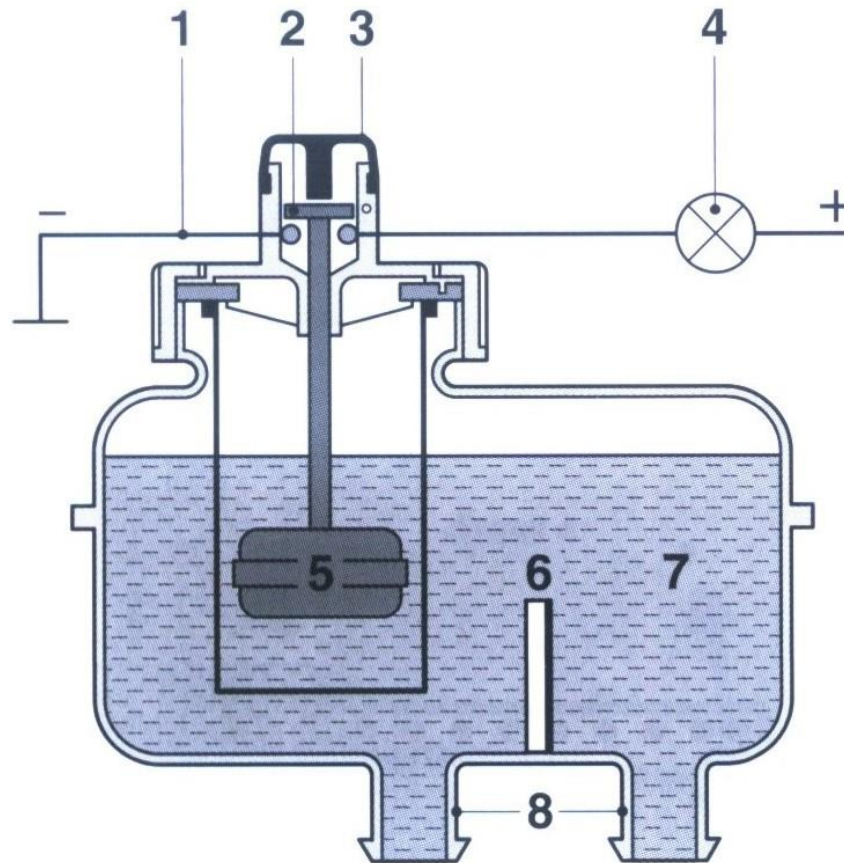
Pompa hamulcowa



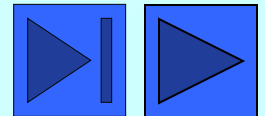
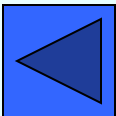
Siła nacisku na pedał działa bezpośrednio na tłok[14] i przesuwa go w lewo. Pierścień[17] mija otwór kompensacyjny[11], a płyn wpływając do przestrzeni tłocznej[3], popycha tłok pływający[6]. Gdy ten tłok przesunie się o ok. 1 mm, trzpień[18] nie opiera się już o kołek [7] i rozdziela przestrzenie [3] i [9]. Teraz ciśnienie wzrasta w obu przestrzeniach [3].



Zbiornik płynu hamulcowego



- 1 – obwód elektryczny urządzenia sygnalizacyjnego
- 2 – styk pływak
- 3 – pokrywa zbiornika
- 4 – lampka kontrolna
- 5 – pływak
- 6 – wskaźnik poziomu płynu hamulcowego
- 7 – płyn hamulcowy
- 8 – króćce do połączenia z pompą hamulcową



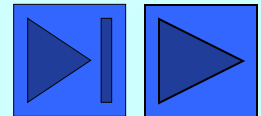
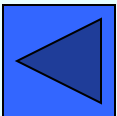
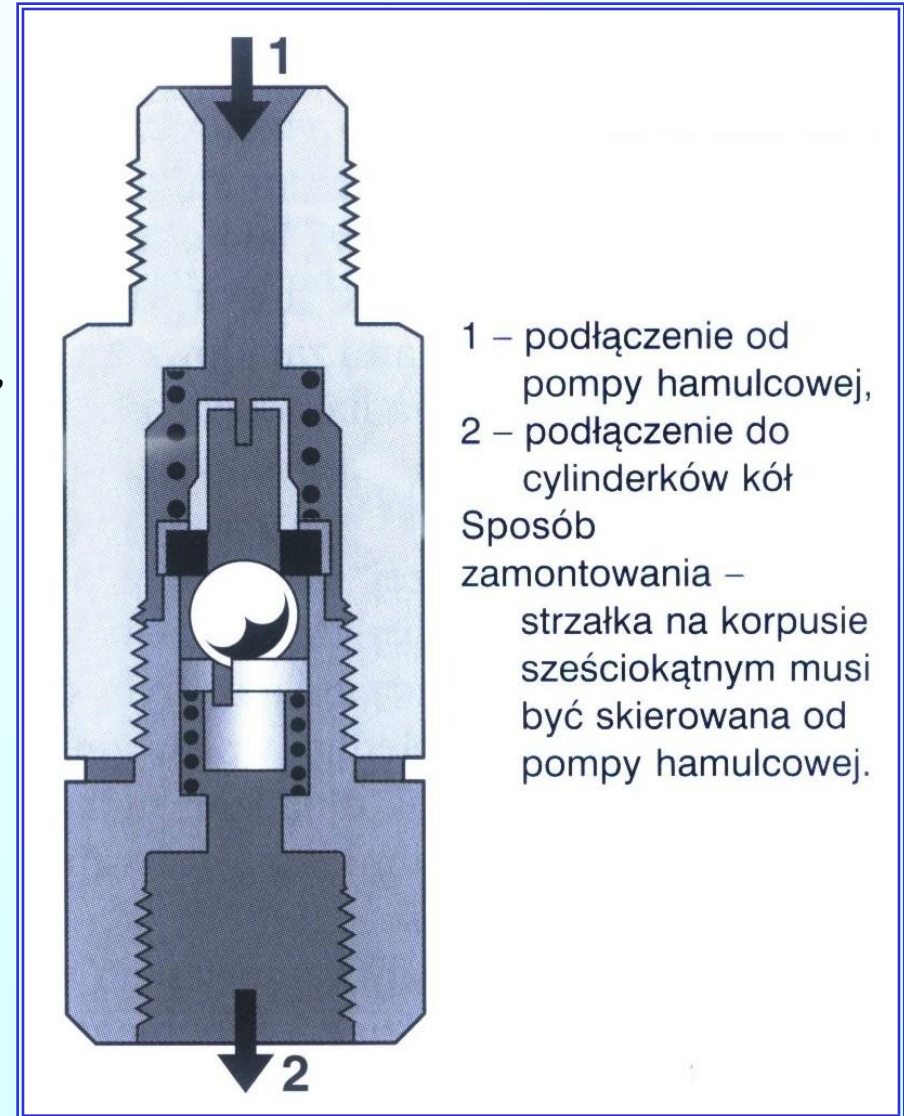


Zawór nadciśnieniowy

Utrzymuje w hydraulicznym obwodzie hamulcowym stałe nadciśnienie 40–170 kPa, aby zachować szczelność miseczkowych pierścieni uszczelniających siłowników hamulców kół.

Zastępuje podwójny zawór zwrotny w pompach hamulcowych starszego typu.

Zawór kulowy zamyka połączenie między pompą hamulcową a siłownikami hamulców kół, jeśli w pompie nadciśnienie spadnie poniżej określonej wartości.





Przewody hamulcowe

Sztywne – trwałe, łatwo zginające się, o wysokim stopniu ochrony antykorozyyjnej. Nie należy ich czyścić mechanicznie, aby nie uszkodzić powłoki antykorozyyjnej. Grzybki wykonywać za pomocą przyrządu do wywijania obrzeży.

Elastyczne – stosowane dla wyrównania drgań elementów układu hamulcowego związanych z masą nieresorowaną.

Przewody przykładowego pojazdu mają oznakowanie:

DOT C 02/93 1/8 HL, co oznacza:

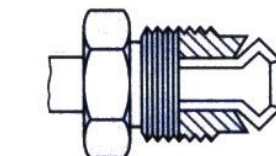
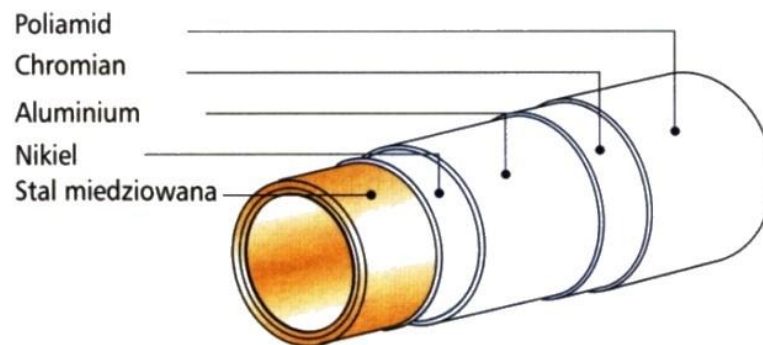
DOT – *klasa jakości*

C – *producent*

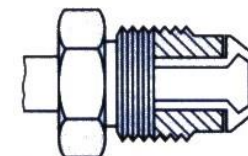
02/93 – *data produkcji*

1/8 – *średnica wew. przewodu w calach*

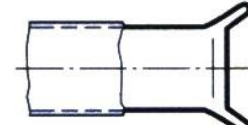
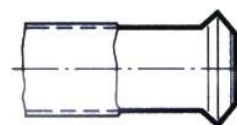
L – *umiarkowane wydłużenie*



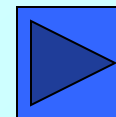
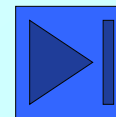
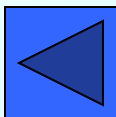
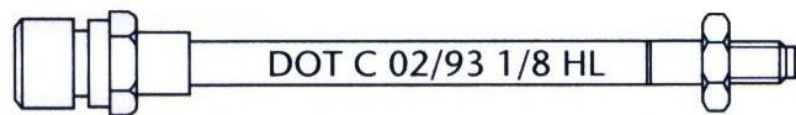
S.A.E. (wypukły)



DIN (wypukły)



Formy wywinięć E i F





Urządzenie wspomagające

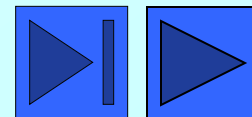
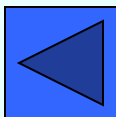
Wzmacnia oddziaływanie stopy kierującego podczas uruchomienia hamulców, przez co zmniejsza niezbędną siłę, z jaką kierowca musi naciskać na pedał.

Główne wymagania

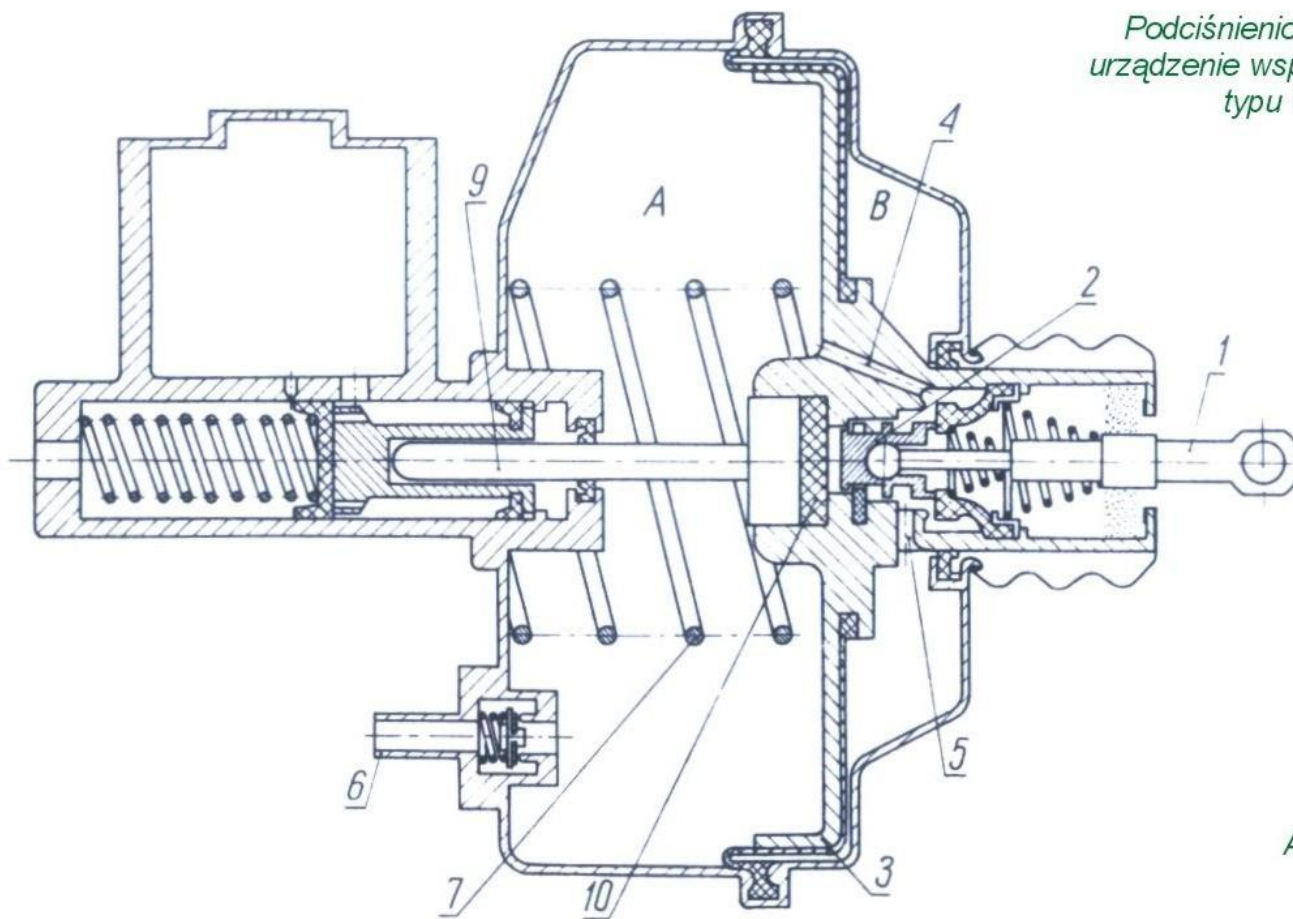
- Zmniejszenie wymaganej siły nacisku stopy
- Możliwość delikatnego stopniowania siły hamowania
- Wyczucie stopnia hamowania
- Współczynnik wspomagania 2 - 5

Rodzaje urządzeń wspomagających

- Podciśnieniowe – pracujące przy podciśnieniu 50 – 90 kPa (silniki ZI – kolektor dolotowy, silniki ZS – pompa podciśnieniowa)
- Hydrauliczne – wykorzystujące ciśnienie oleju, wytwarzane przez dodatkową pompę hydrauliczną

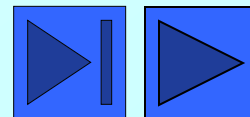
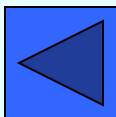


Podciśnieniowe dwukomorowe
urządzenie wspomagające hamulce
typu Master-Vac



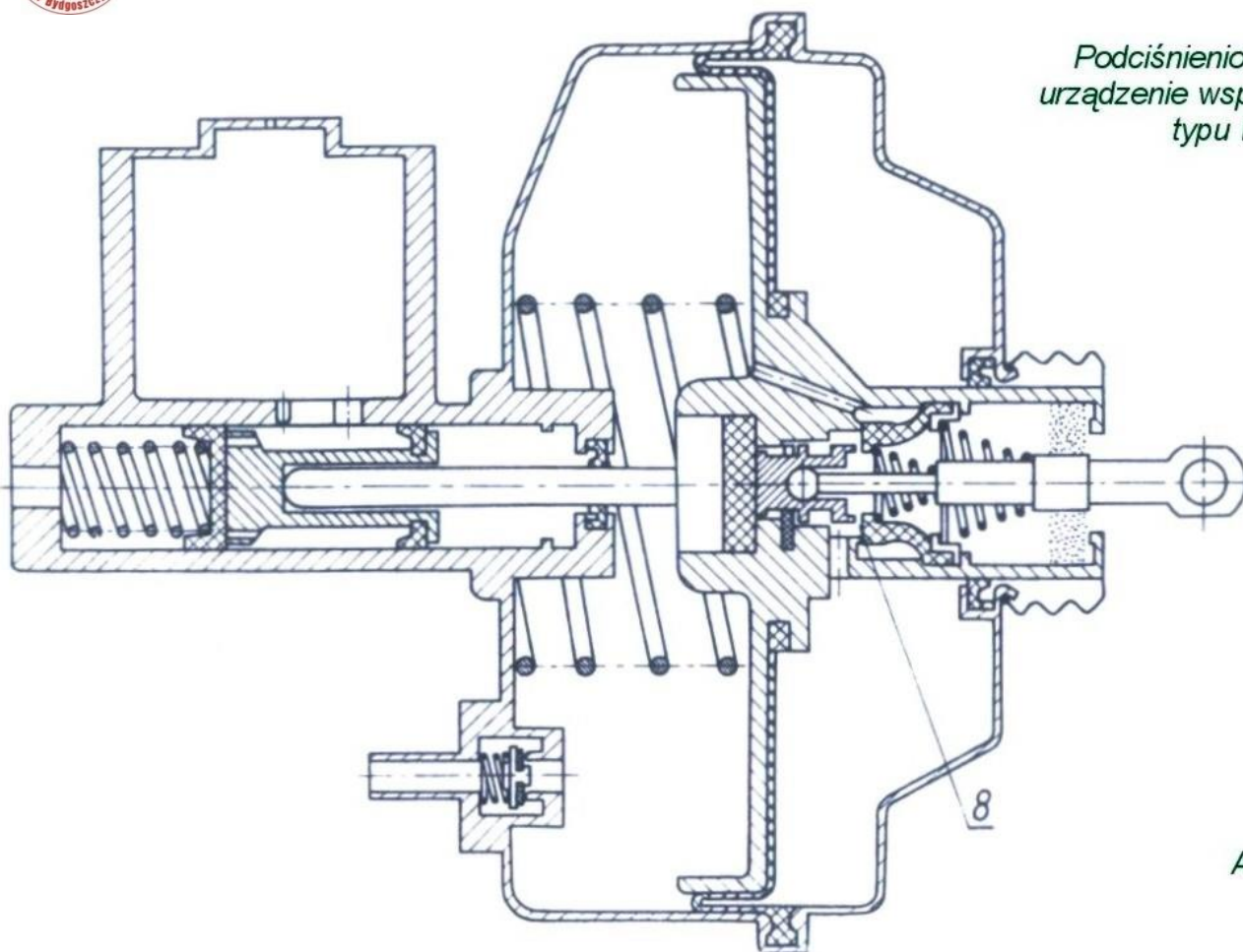
a) położenie spoczynkowe

- 1 - trzpień pedału hamulca
- 2 - tłoczek
- 3 - tłok
- 4,5 - kanały łączące komory A i B
- 6 - króciec podciśnienia
- 7 - sprężyna
- 8 - kanałek (rys. c)
- 9 - popychacz
- 10 - gumowy krążek reakcyjny
- A i B - komory mechanizmu





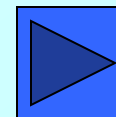
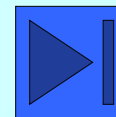
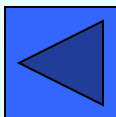
Hamowanie pojazdów



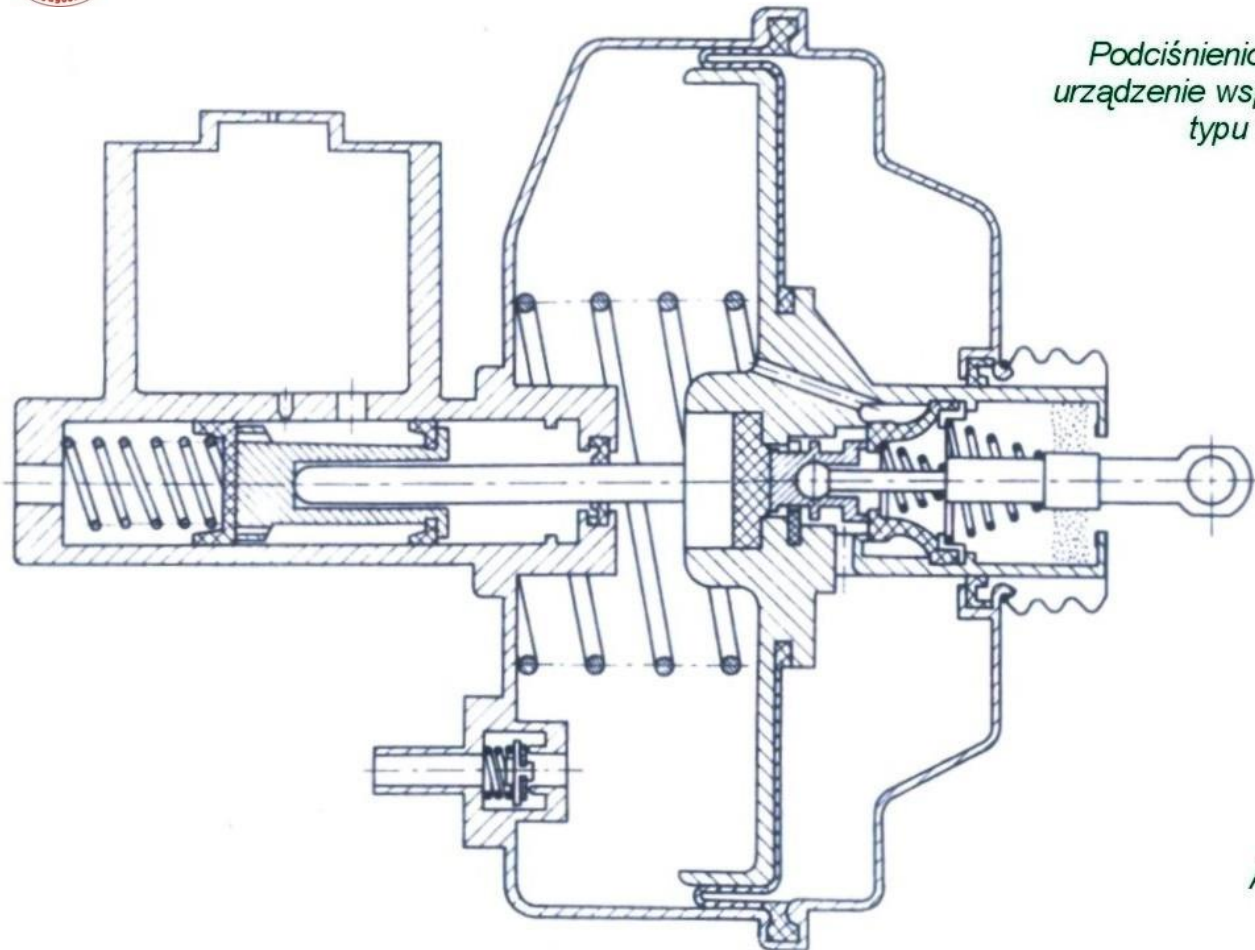
*Podciśnieniowe dwukomorowe
urządzenie wspomagające hamulce
typu Master-Vac*

b) położenie przy hamowaniu

- 1 - trzpień pedału hamulca
- 2 - tłoczek
- 3 - tłok
- 4,5 - kanały łączące
komory A i B
- 6 - króciec podciśnienia
- 7 - sprężyna
- 8 - kanałek (rys. c)
- 9 - popychacz
- 10 - gumowy
krążek reakcyjny
- A i B - komory mechanizmu

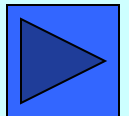
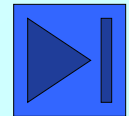
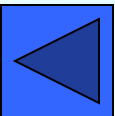


Podciśnieniowe dwukomorowe urządzenie wspomagające hamulce typu Master-Vac

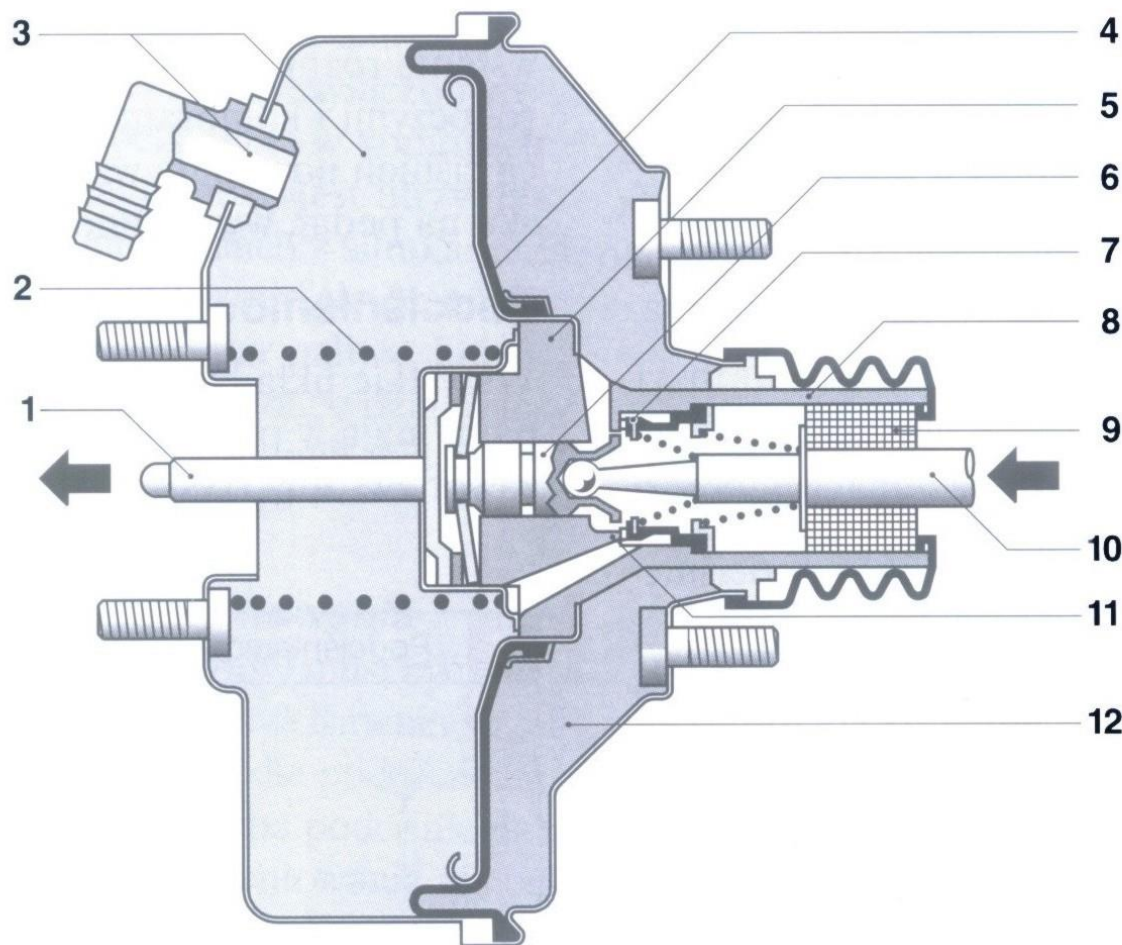


*c) położenie
pod koniec hamowania*

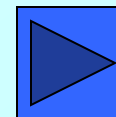
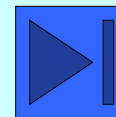
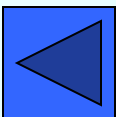
- 1 - trzpień pedału hamulca
- 2 - tłoczek
- 3 - tłok
- 4,5 - kanały łączące komory A i B
- 6 - króciec podciśnienia
- 7 - sprężyna
- 8 - kanałek (rys. c)
- 9 - popychacz
- 10 - gumowy krążek reakcyjny
- A i B - komory mechanizmu



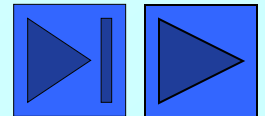
Podciśnieniowe dwukomorowe urządzenie wspomagające

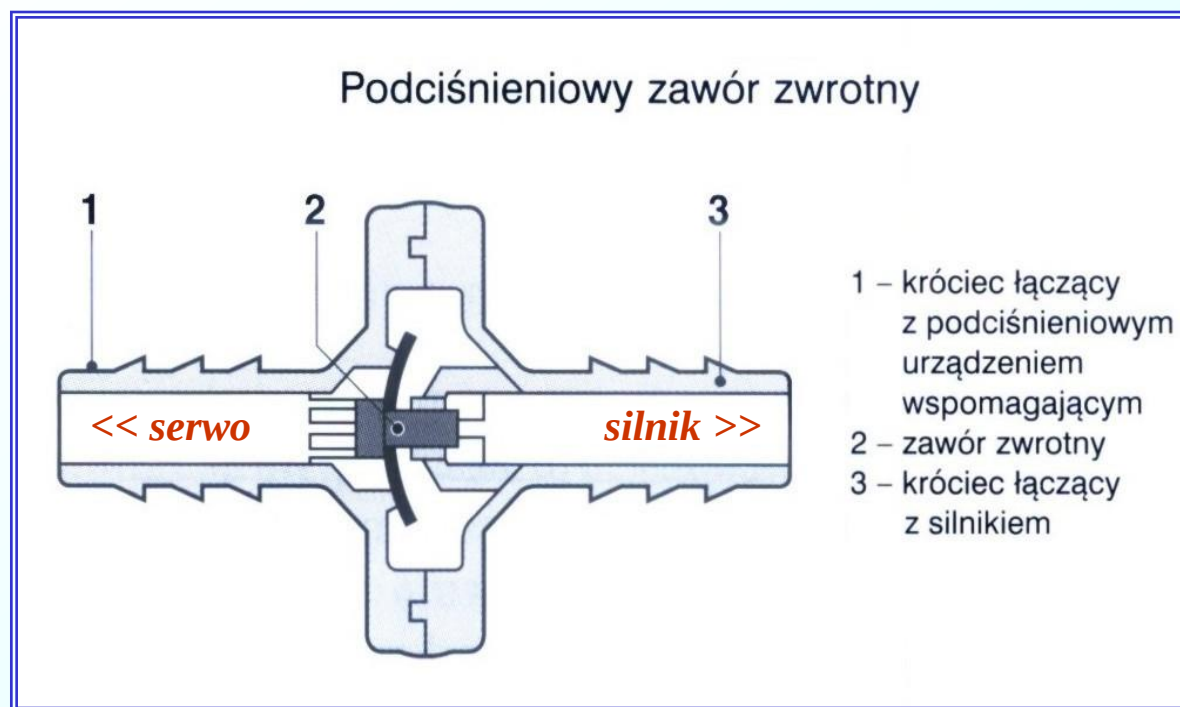


- 1 – popychacz
(przekazuje siłę
wyjściową działającą
na pompę
hamulcową typu
tandem)
- 2 – sprężyna
- 3 – komora
podciśnieniowa
z króćcem
- 4 – przepona
z tarczą
- 5 – tłok roboczy
- 6 – tłok sterujący
- 7 – zawór podwójny
- 8 – obudowa zaworu
- 9 – filtr powietrza
- 10 – tłoczysko
(przekazuje siłę
nacisku na pedal)
- 11 – gniazdo zaworu
- 12 – komora robocza

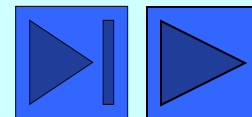
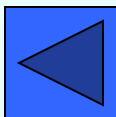


- 1 – popychacz
(przekazuje siłę
wyjściową działającą
na pompę hamulcową
typu tandem)
- 2 – sprężyna
- 3 – komora
podciśnieniowa II
z króćcem
- 4 – przepona II z tarczą
- 5 – komora
podciśnieniowa I
- 6 – przegroda
- 7 – przepona I z tarczą
- 8 – tłok roboczy
- 9 – tłok sterujący
- 10 – zawór podwójny
- 11 – obudowa zaworu
- 12 – filtr powietrza
- 13 – tłoczysko
(przekazuje siłę
nacisku na pedał)
- 14 – gniazdo zaworu
- 15 – komora robocza I
- 16 – komora robocza II

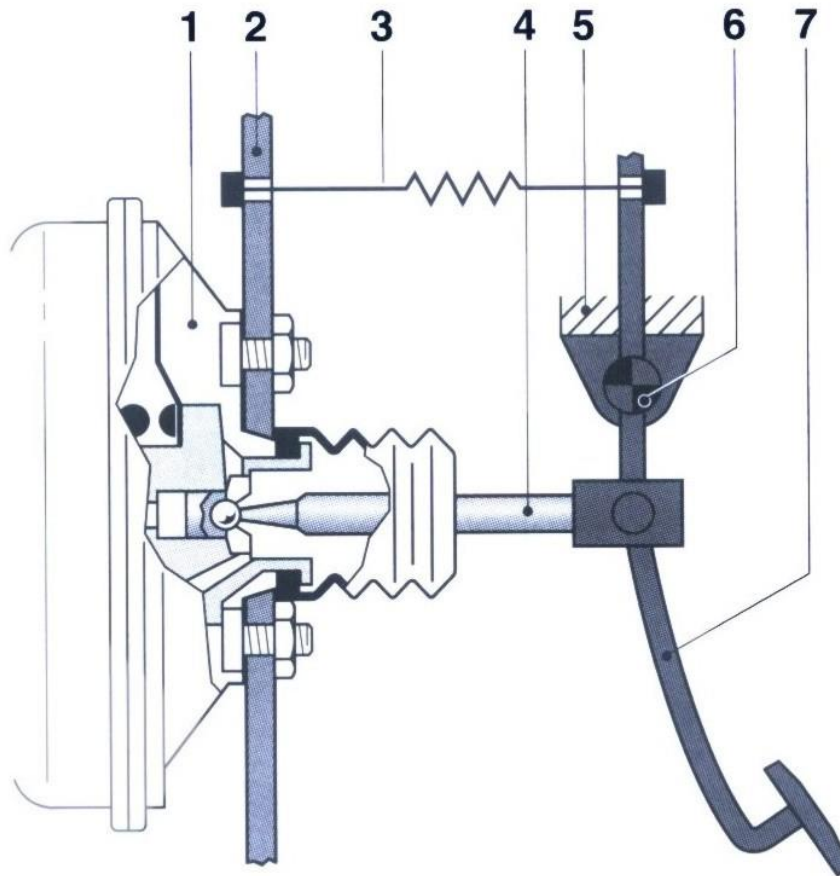




Wszystkie układy hamulcowe ze wspomaganiem mają w przewodzie podciśnieniowym zawór zwrotny. Dopóki jest wytwarzane podciśnienie, dopóty zawór jest otwarty. Zamyka się on przy wyłączonym silniku, a podciśnienie w urządzeniu wspomagającym jest podtrzymywane. Zawór zapobiega przedostawaniu się par paliwa i tłumi pulsacje ciśnienia z kolektora dolotowego.



Pedał hamulca – konstrukcja podwieszona

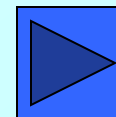
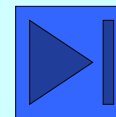
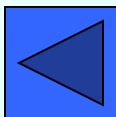
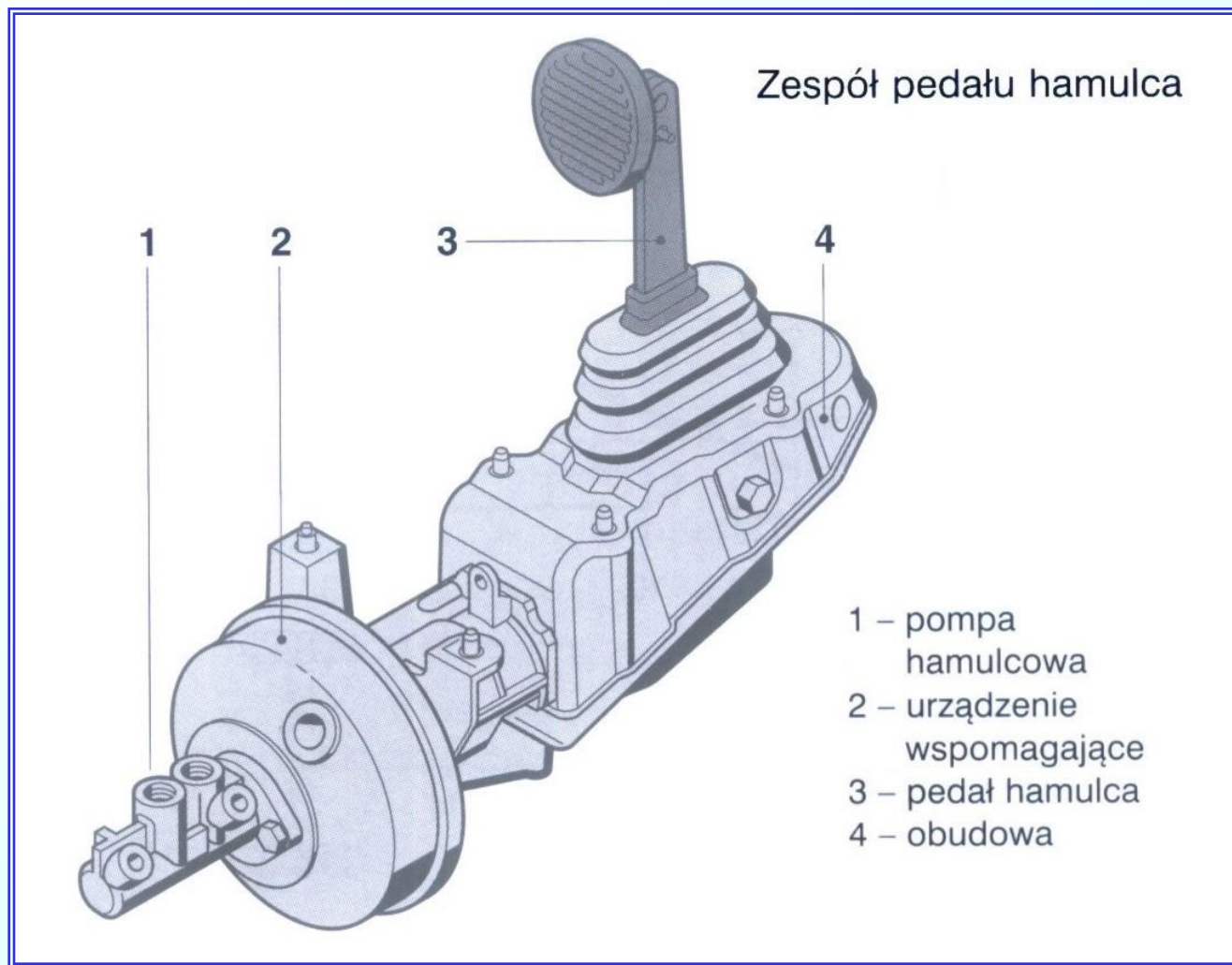


- 1 – urządzenie wspomagające
- 2 – przegroda czołowa
- 3 – sprężyna powrotna
- 4 – tłoczysko
- 5 – wspornik pedału
- 6 – oś pedału
- 7 – pedał

Dobór wymiarów pedału decyduje o wielkości przełożenia mechanicznego
patrz przykład



Hamowanie pojazdów





Korekcja rozkładu siły hamowania

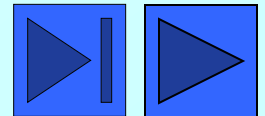
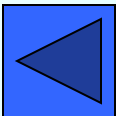
Z powodu dynamicznej zmiany obciążenia osi podczas hamowania, koła przednie mogą być hamowane silniej niż tylne. Dlatego hamulce kół przednich są gabarytowo większe niż tylnych. Obciążenie tylnej osi nie zmienia się jednak liniowo, lecz rośnie coraz szybciej wraz ze wzrostem opóźnienia hamowania.

Koła tylne hamowane zbyt intensywnie, źle wpływają na zachowanie się samochodu podczas jazdy, gdyż mogą doprowadzić do poślizgu, a tym samym powstające siły boczne mogą doprowadzić do obrócenia pojazdu.

Za pomocą odpowiedniego urządzenia można korygować wielkość siły hamowania kół osi tylnej i dzięki temu utrzymać stabilność toru jazdy samochodu.

Rozróżnia się:

- statyczne i dynamiczne korektory siły hamowania kół tylnych
- ograniczniki siły hamowania



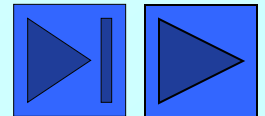
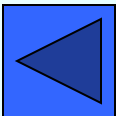


Korekcja rozkładu siły hamowania

Korektor siły hamowania kół tylnych ogranicza wzrost ciśnienia w hamulcach kół tylnych w porównaniu z ciśnieniem w hamulcach kół przednich, jeśli przekroczy ono pewną wartość zwaną punktem przełączania. Po przekroczeniu punktu przełączania:

- **korektor statyczny** przenosi siłę hamowania według określonej charakterystyki
- **korektor dynamiczny** przenosi siłę hamowania odpowiednio do stanu załadowania samochodu lub opóźnienia hamowania.

Ogranicznik siły hamowania zapobiega dalszemu wzrostowi ciśnienia w hamulcach kół tylnych, począwszy od określonej wartości ciśnienia w obwodzie.

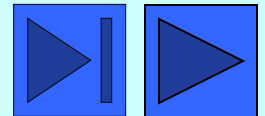
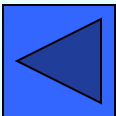




Korektory rozkładu siły hamowania

Zależnie od rodzaju pojazdu i producenta układu hamulcowego, stosuje się pięć głównych rozwiązań:

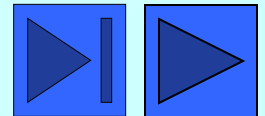
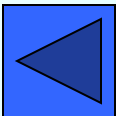
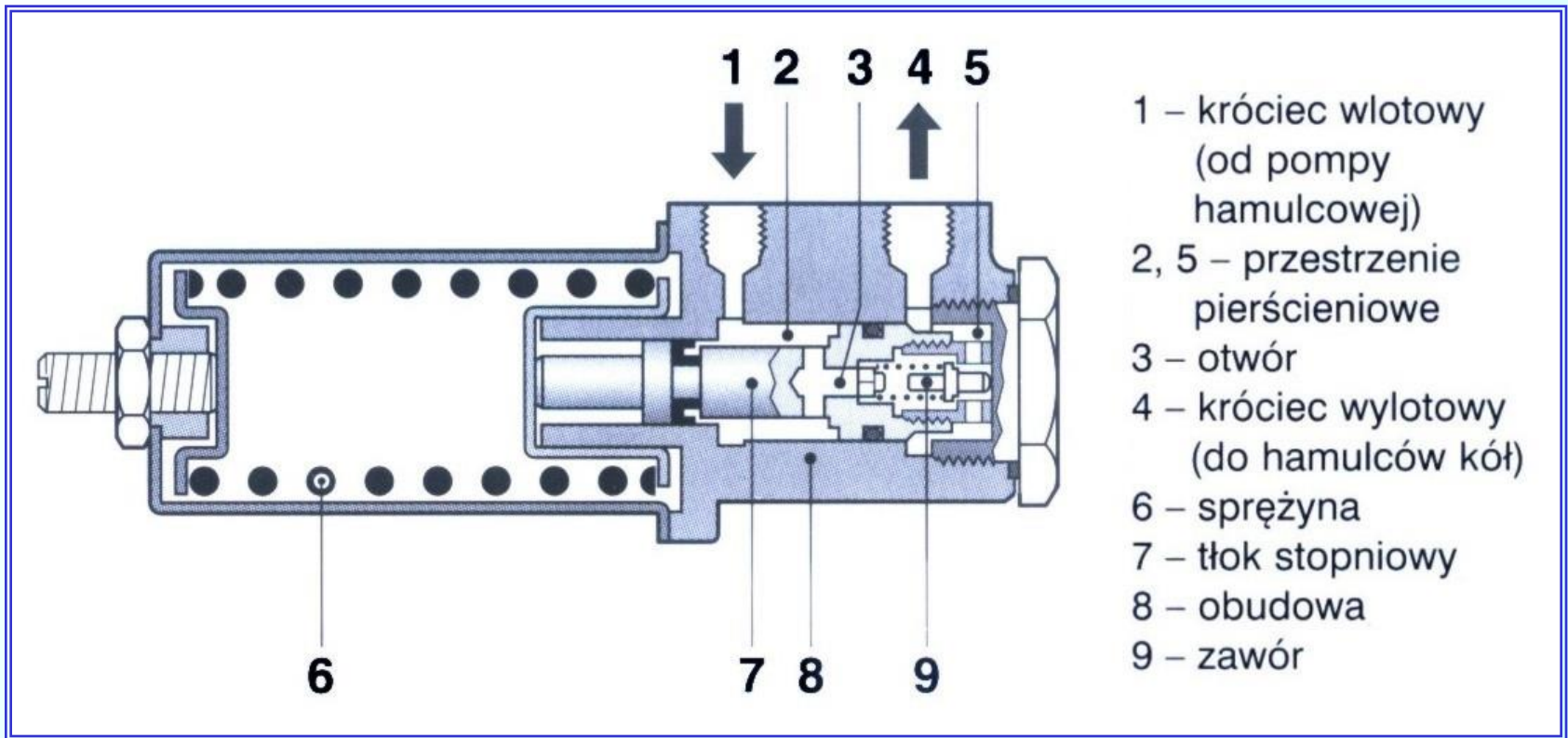
- korektor siły hamowania o stałym ustawieniu
- korektor siły hamowania o działaniu zależnym od obciążenia osi
- korektor siły hamowania o działaniu zależnym od opóźnienia hamowania
- korektor siły hamowania zamontowany w pompie hamulcowej
- ogranicznik siły hamowania





Korektor siły hamowania o stałym ustawieniu

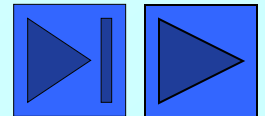
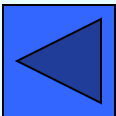
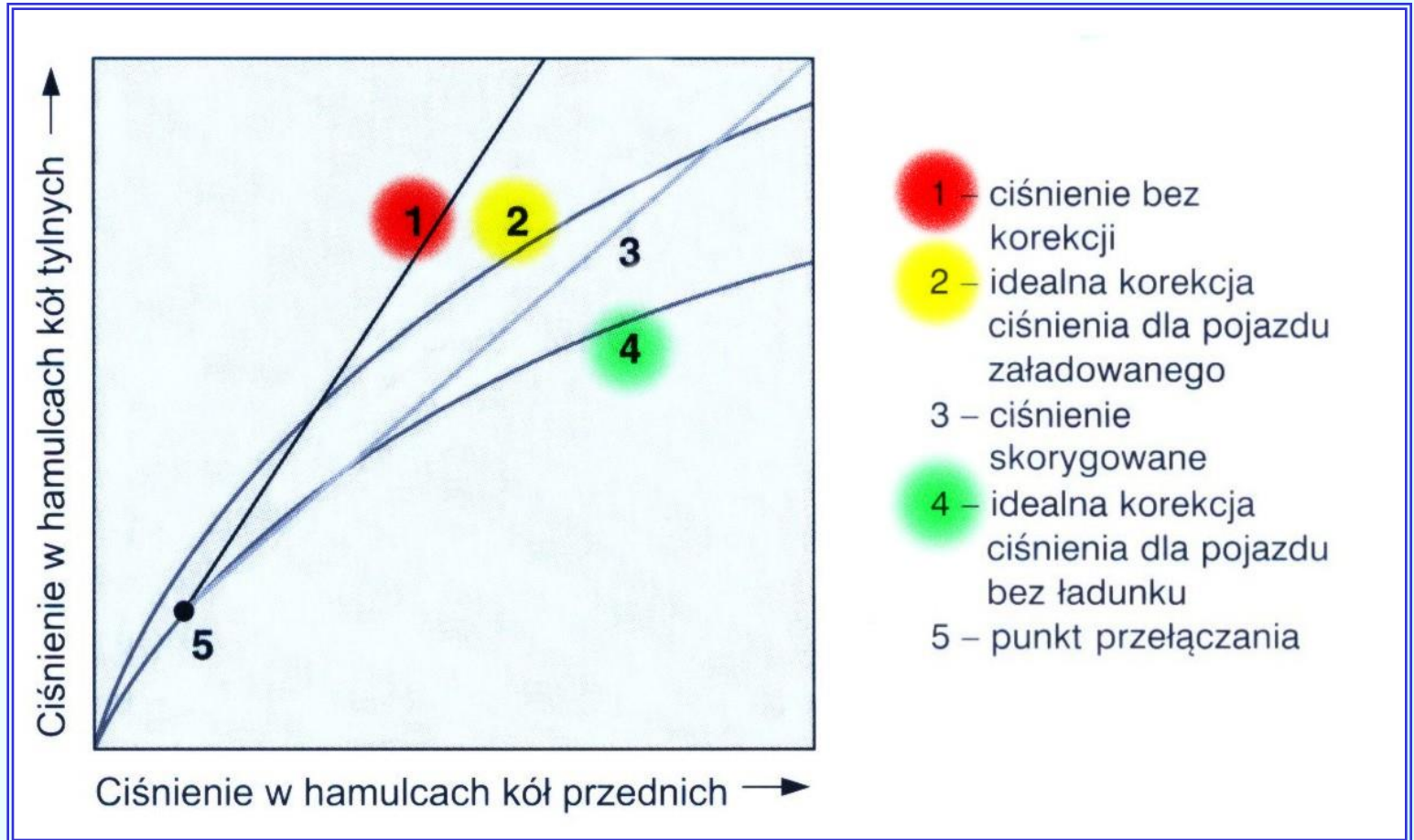
Ciśnienie wyjściowe jest zmniejszane w stosunku do ciśnienia wejściowego odpowiednio do ilorazu czynnych powierzchni przekroju przestrzeni pierścieniowych [2] i [5].





Hamowanie pojazdów

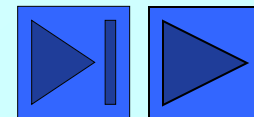
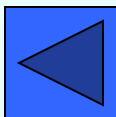
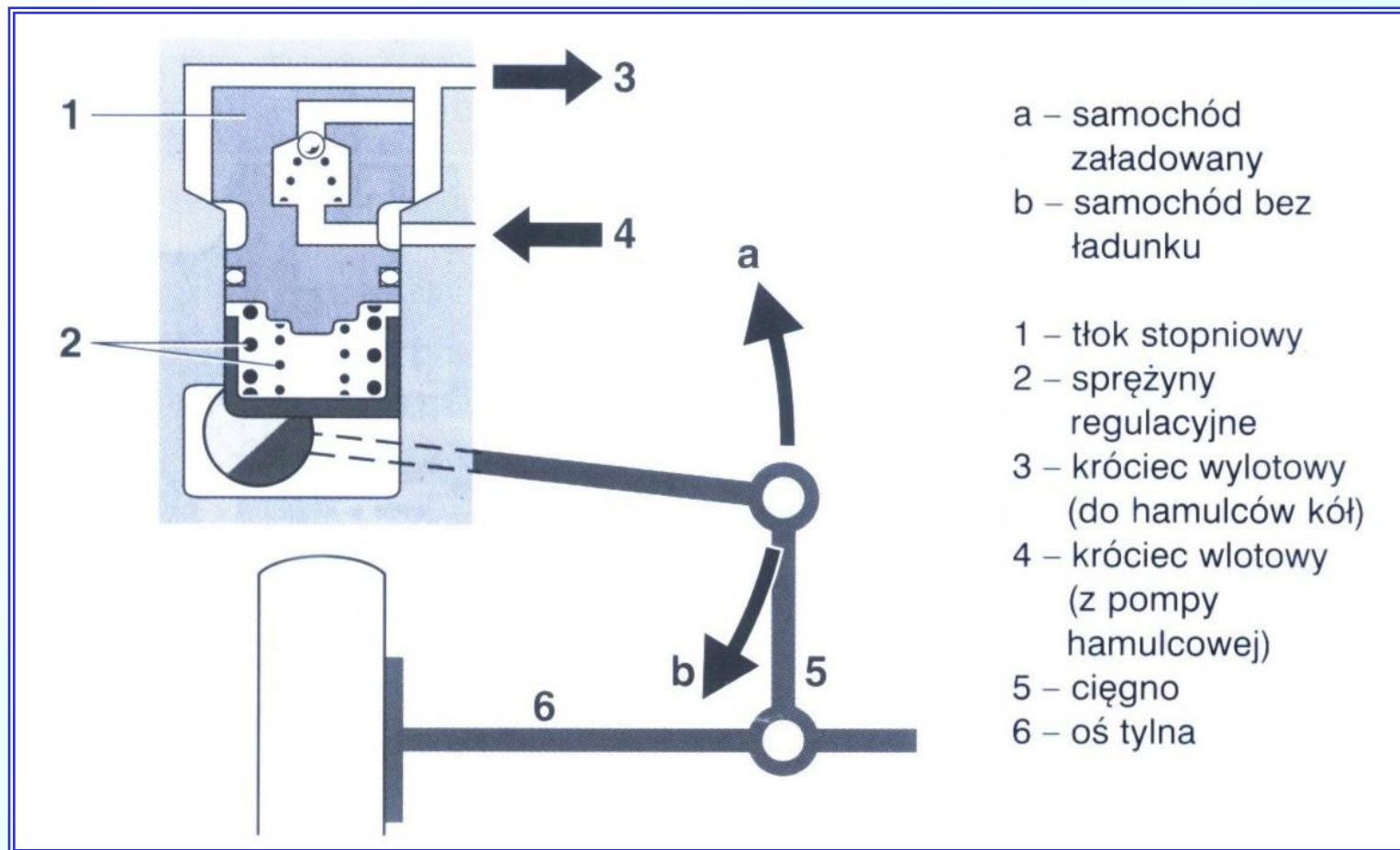
● Korektor siły hamowania o stałym ustawieniu – charakterystyka pracy



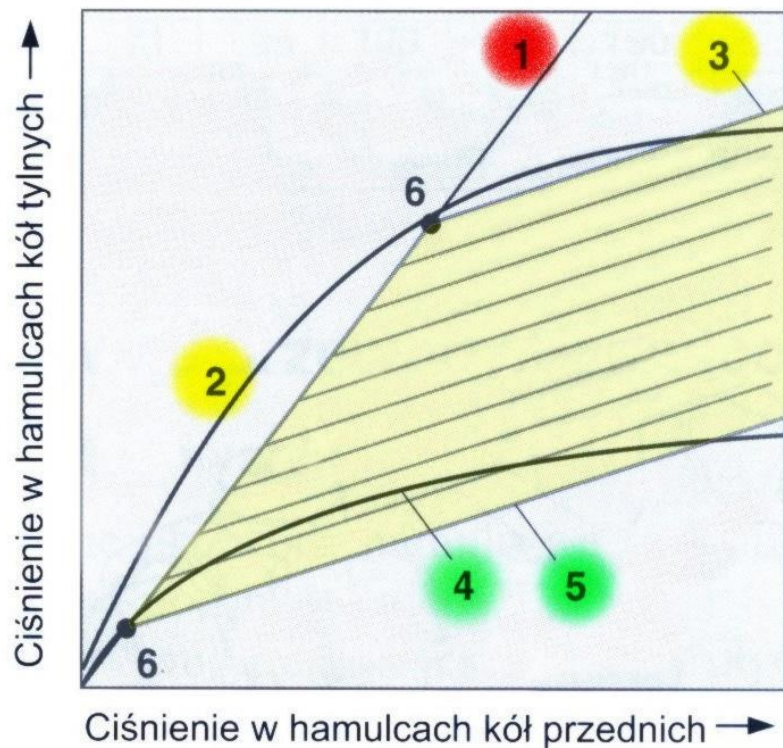


Hamowanie pojazdów

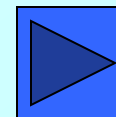
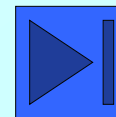
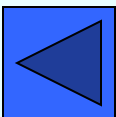
● Korektor siły hamowania o działaniu zależnym od obciążenia osi



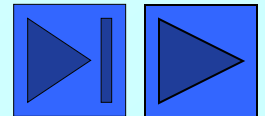
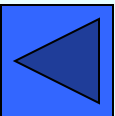
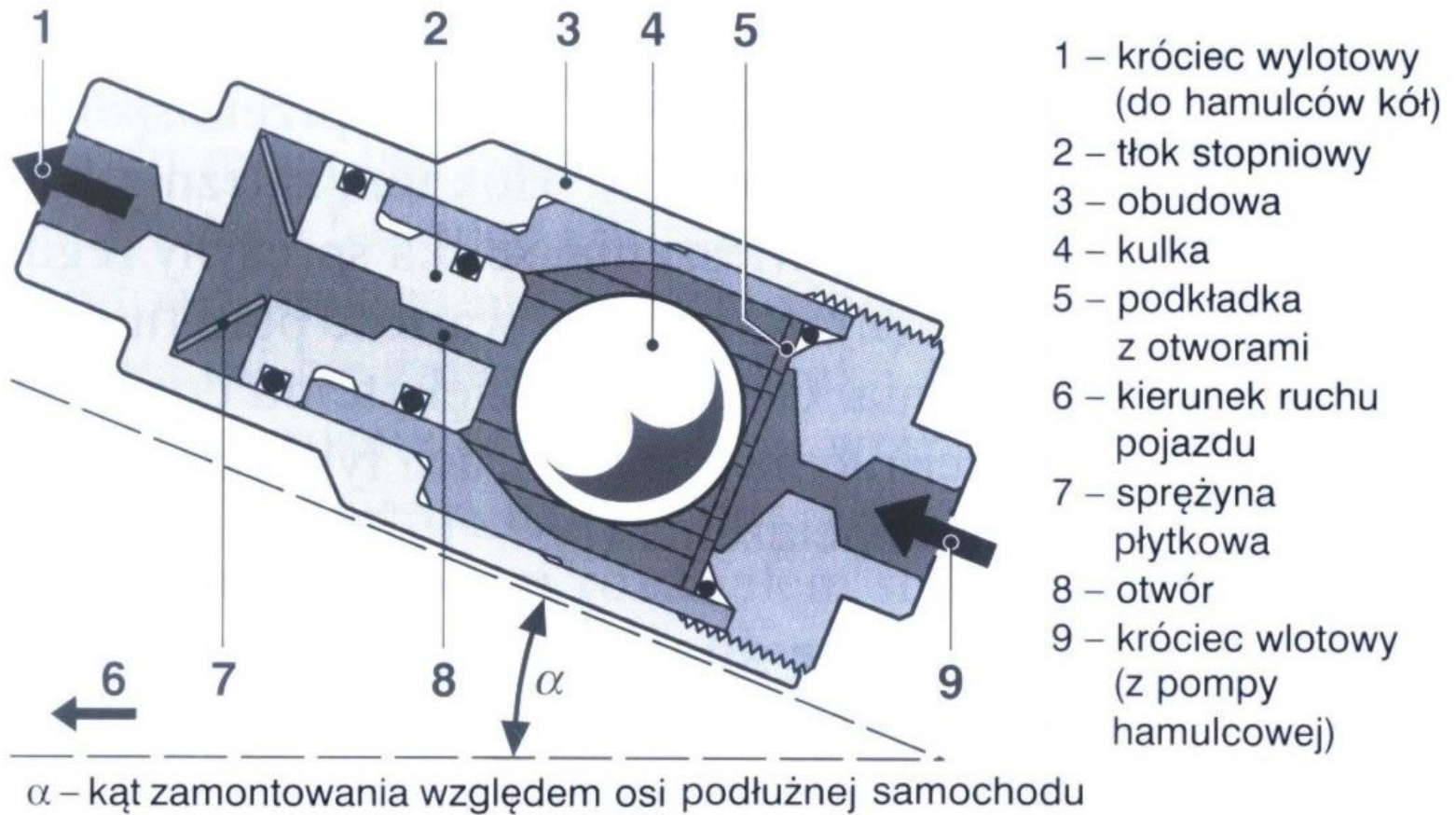
Korektor siły hamowania o działaniu zależnym od obciążenia osi charakterystyka pracy



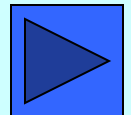
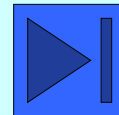
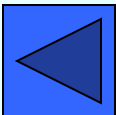
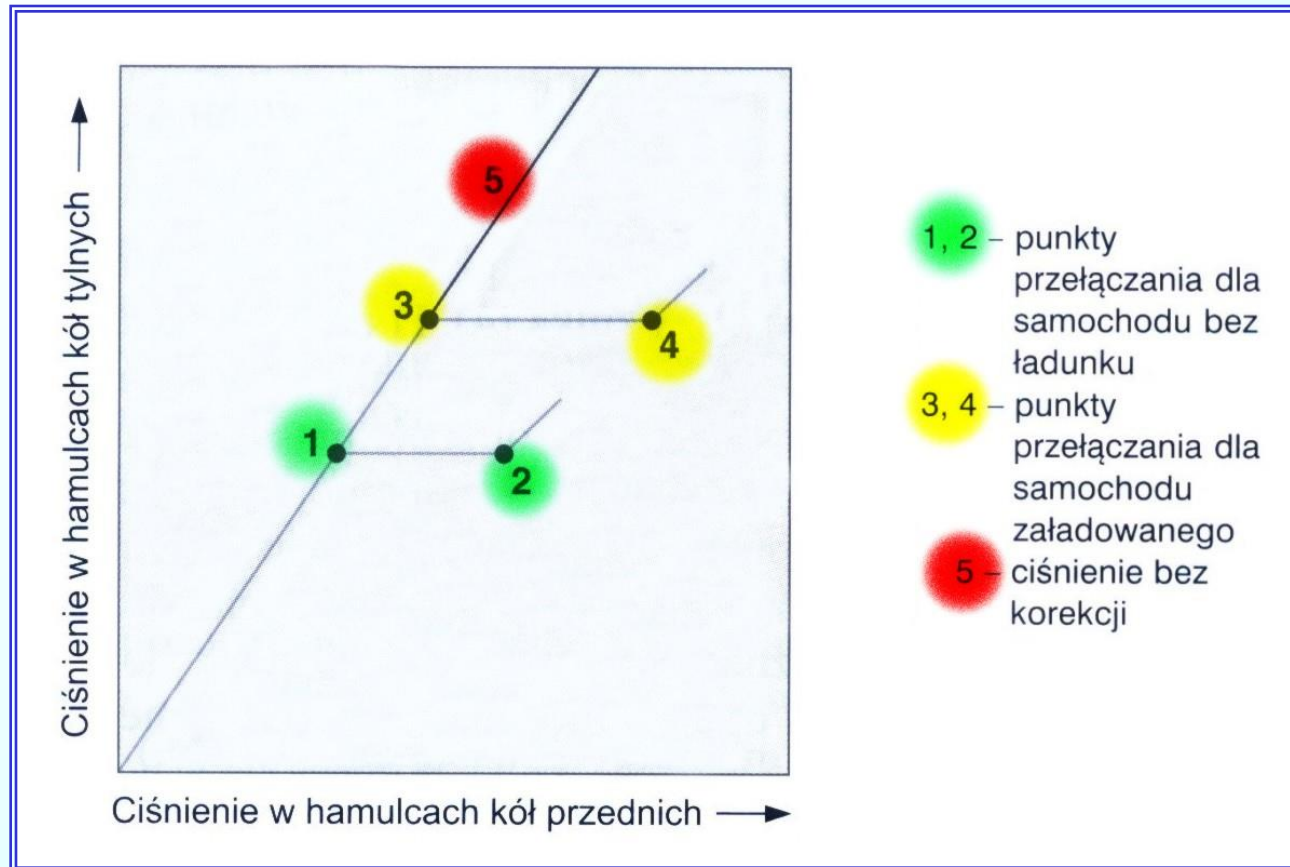
- 1 – ciśnienie bez korekcji
- 2 – idealna korekcja ciśnienia dla pojazdu załadowanego
- 3 – ciśnienie skorygowane dla pojazdu załadowanego
- 4 – idealna korekcja ciśnienia dla pojazdu bez ładunku
- 5 – ciśnienie skorygowane dla pojazdu bez ładunku
- 6 – punkt przełączania



● Korektor siły hamowania o działaniu zależnym od opóźnienia hamowania



- Korektor siły hamowania o działaniu zależnym od opóźnienia hamowania
charakterystyka pracy



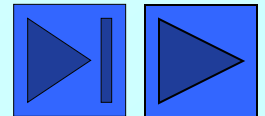
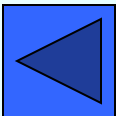
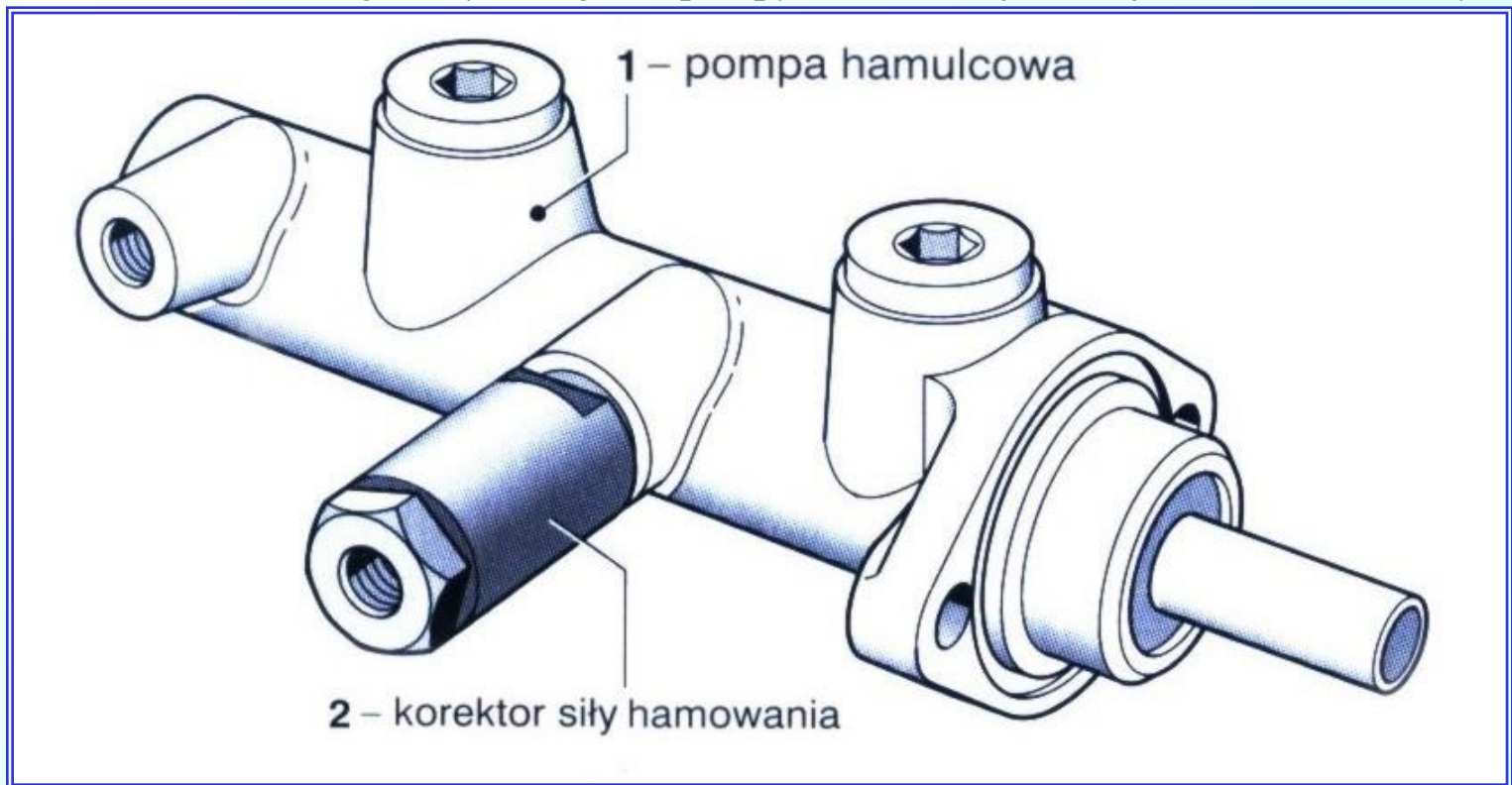


Hamowanie pojazdów

Korektor siły hamowania zamontowany na pompie hamulcowej

Urządzenie działa jak korektor o stałym ustawieniu. Z powodu małej masy i wymiarów może być wkręcony bezpośrednio w korpus pompy hamulcowej.

Dla układu hamulcowego krzyżowego do pompy hamulcowej montuje się dwa korektory.



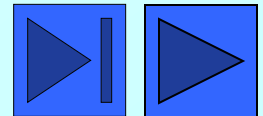
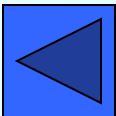
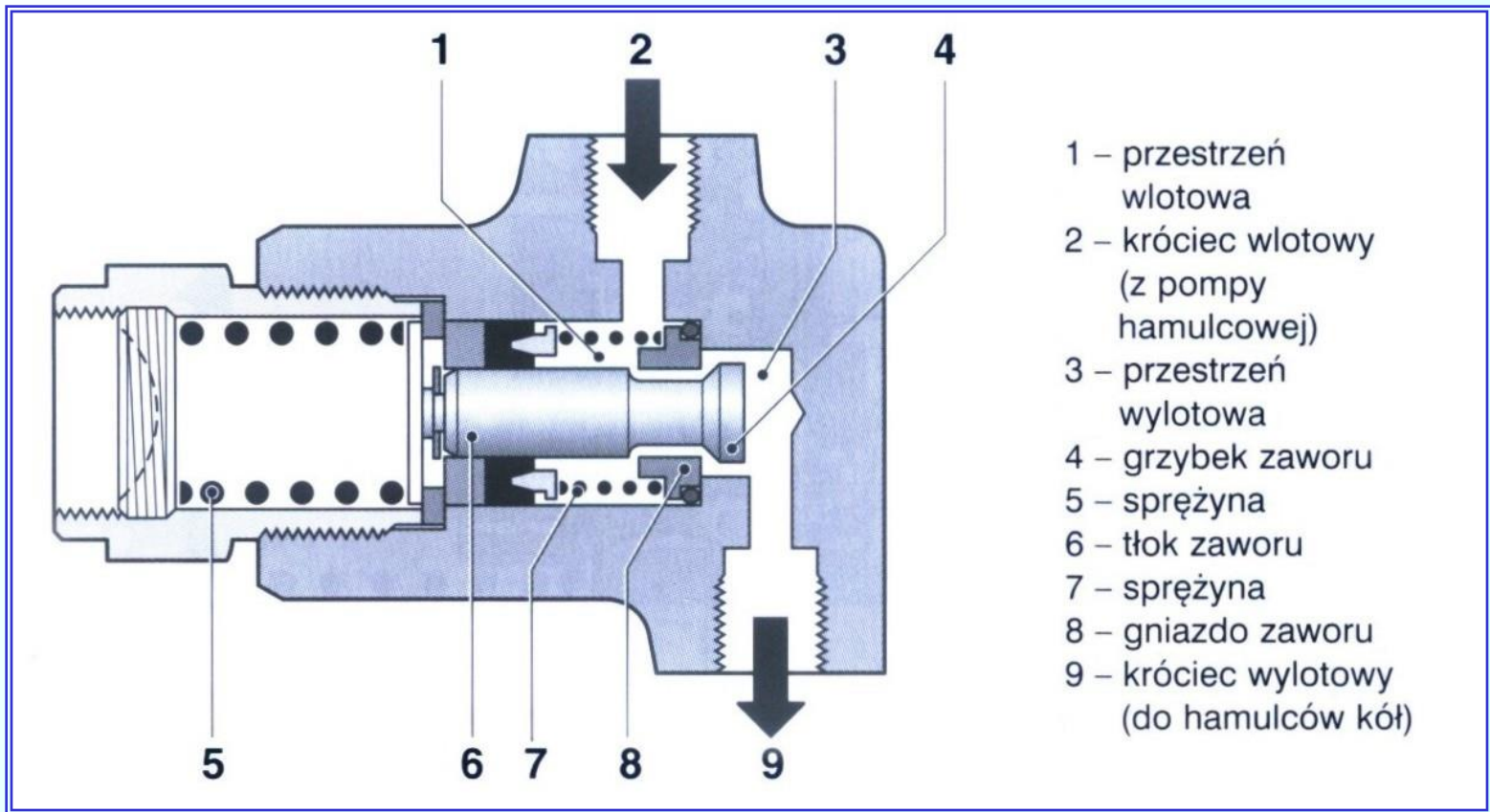


Hamowanie pojazdów



Ogranicznik siły hamowania

Pod wpływem ciśnienia płynu tłok zaworu [6] przesuwa się w lewo i pokonuje opór sprężyny [5] dociskając grzybek [4] do gniazda [8]. Zamyka to wzrost ciśnienia na króćcu [9].



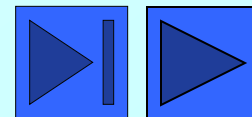
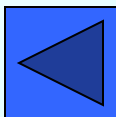


Płyny hamulcowe

Zadaniem płynu hamulcowego jest przeniesienie siły z pompy hamulcowej na hamulce kół, smarowanie komponentów hydraulicznych i ich ochrona przed korozją. Aby zapobiegać tworzeniu się niebezpiecznych pęcherzyków powietrza, płyn hamulcowy musi w każdych warunkach temperaturowych i eksploatacyjnych wykazywać się stałą gęstością i możliwie wysokim punktem wrzenia.

Dobór odpowiedniego płynu i jego regularna wymiana zapobiegają niebezpiecznym uszkodzeniom układu hamowania. Płyny hamulcowe Boscha spełniają wszystkie wymagania producentów samochodów. Ich niektóre parametry przewyższają nawet obowiązujące obecnie normy bezpieczeństwa.

Temperatura wrzenia - jest miarą możliwości termicznego obciążenia płynu hamulcowego. To obciążenie może być szczególnie duże w cylinderkach hamulców kół. W temperaturach przekraczających rzeczywistą temperaturę wrzenia dochodzi do wytworzenia pęcherzyków gazu (pary) i wtedy uruchomienie hamulców przestaje być możliwe.

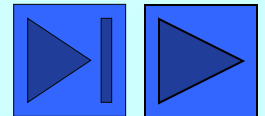
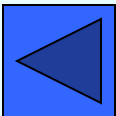




Płyny hamulcowe

W zależności od typu układu hamulcowego oraz zaleceń producenta Bosch oferuje kilka rodzajów płynów hamulcowych, których parametry są wyższe od aktualnie wymaganych norm:

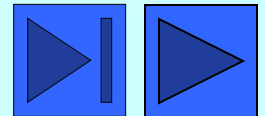
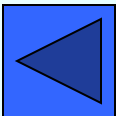
- Płyn hamulcowy DOT 3 można spotkać w starszych pojazdach. Nie wolno go mieszać ani wymieniać na inny typ płynu.
- Płyn hamulcowy DOT 4 (temp. wrzenia 260 st. C.) gwarantuje największe bezpieczeństwo ze względu na wysoką temperaturę wrzenia. Jest stosowany w obecnie produkowanych modelach aut.
- DOT 4 Super to płyn hamulcowy jeszcze skuteczniej chroniący przed powstawaniem pęcherzyków powietrza w wysokich temperaturach pracy. Można go wymieniać rzadziej niż inne płyny.
- Płyn hamulcowy DOT 4 HP odznacza się niższą gęstością, która umożliwia szybszy wzrost i spadek ciśnienia w elektronicznie sterowanych systemach hamulcowych. Zapewnia w związku z tym jeszcze większy komfort i bezpieczeństwo. Przeznaczony jest szczególnie do stosowania w pojazdach wyposażonych w ABS, ASR, ESP.
- DOT 5.1 to standard o podobnych parametrach jak płyn DOT 4, ale o ulepszonej gęstości i minimalnym spadku temperatury wrzenia dzięki lepszym właściwościom higroskopijnym, a w związku z tym wymaga rzadszych wymian. DOT 5.1 to idealny płyn do wymagających zastosowań oraz dla miłośników sportowej jazdy. Płynu DOT 5.1 nie należy mylić ani mieszać z płynem DOT 5 (wariant amerykański).





Płyny hamulcowe

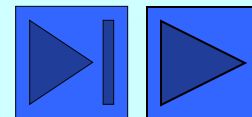
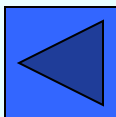
Płyny hamulcowe Boscha spełniają wszystkie wymagania producentów samochodów, a w wielu punktach przewyższają nawet obowiązujące normy bezpieczeństwa. Przykładowo, punkt wrzenia na sucho, a więc punkt wrzenia nowego płynu hamulcowego DOT 4 Super firmy Bosch jest o 50°C wyższy w stosunku do obowiązującej normy DOT. Jeśli zaś chodzi o punkt wrzenia na mokro, z określoną zawartością wody, płyn Bosch DOT 4 Super posiada rezerwę bezpieczeństwa wyższą od zalecanej wartości o 25°C. Ponadto, płyny hamulcowe Bosch zapewniają niezmiennie przenoszenie ciśnienia hamowania w całym okresie eksploatacji, optymalną gęstość we wszystkich temperaturach pracy, wysoki stopień ochrony przed tworzeniem pęcherzyków powietrza oraz, dzięki wysokiej jakości dodatkom uszlachetniającym, doskonałe właściwości smarujące i antykorozyjne.

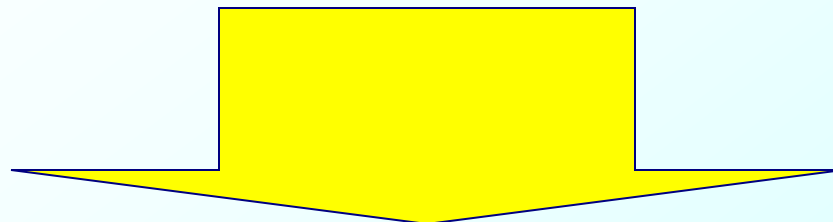




Literatura:

- Konwencjonalne i elektroniczne układy hamulcowe – Informator techniczny Bosch
- Podwozia i nadwozia pojazdów samochodowych – wydawnictwo REA
- Mechanik pojazdów samochodowych – wydawnictwo Vogel
- Podwozia i nadwozia pojazdów samochodowych – Seweryn Orzełowski
- <http://www.motoekspert.mojeauto.pl>





Dziękuję za uwagę

Opracowanie autorskie mgr inż. Ireneusz Kulczyk - 2010

Kopiowanie i wykorzystywanie wyłącznie za zgodą autora opracowania

