



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

v_F – prędkość pojazdu i środka koła

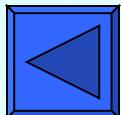
v_U – prędkość obwodowa koła

φ – kąt obrotu koła

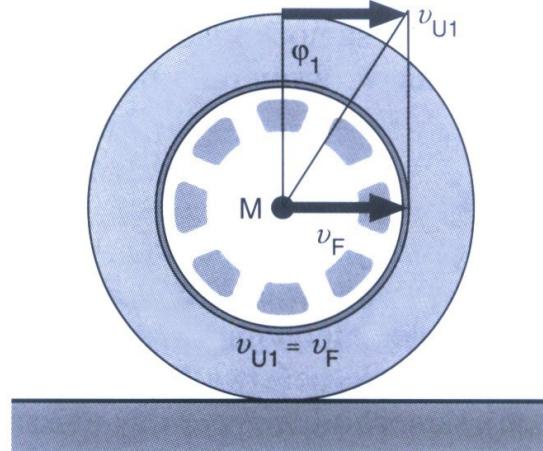
Wg wzoru, poślizg przy hamowaniu występuje, gdy koło obraca się wolniej, niż wynikałoby to z prędkości jazdy samochodu.

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

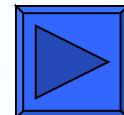
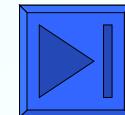
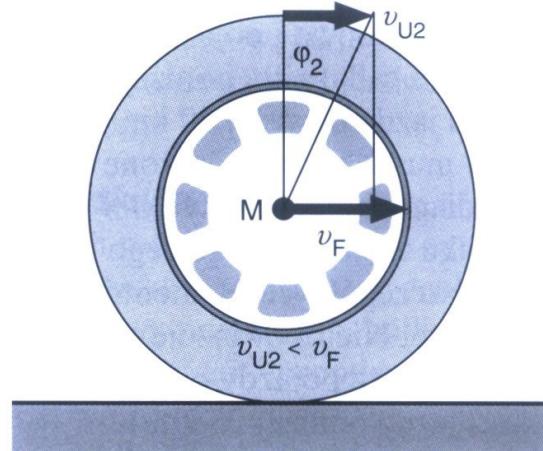
Przy hamowaniu jest to „**poślizg hamowania**” wyrażony w procentach [%].



Ruch obrotowy koła samochodu
a – koło toczące się swobodnie



b – koło hamowane

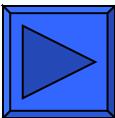
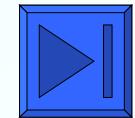
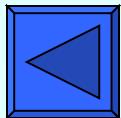
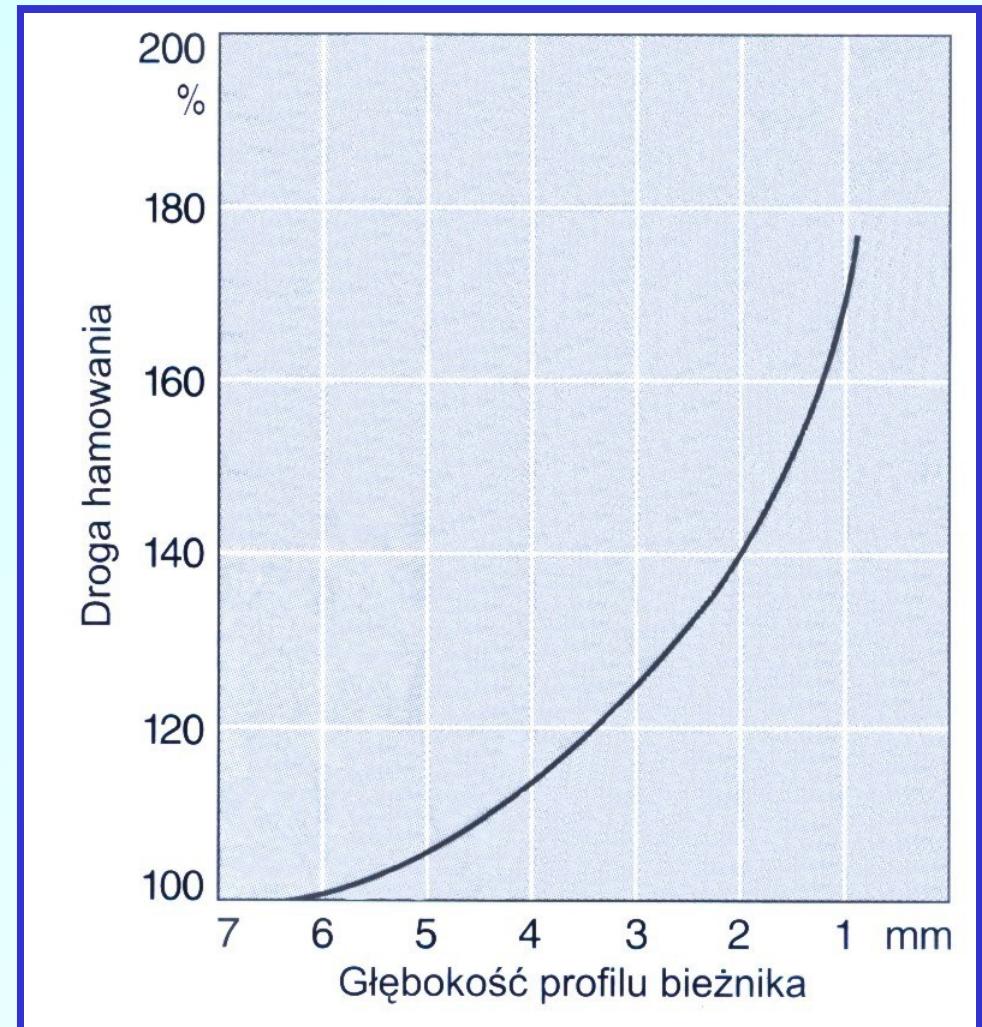


Hamowanie pojazdów

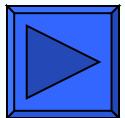
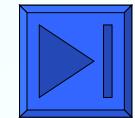
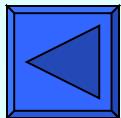
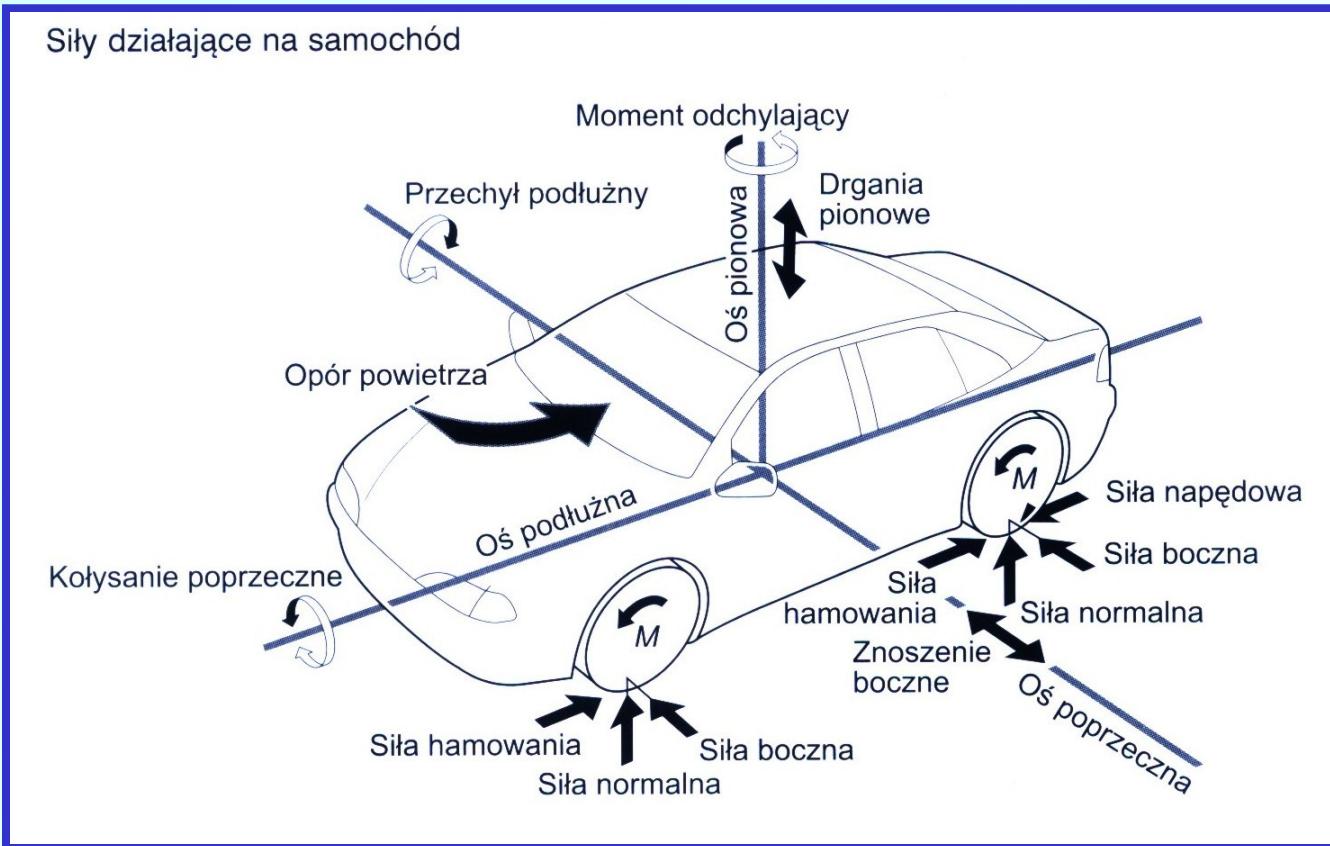
Co to jest poślizg?

Poślizg opon

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

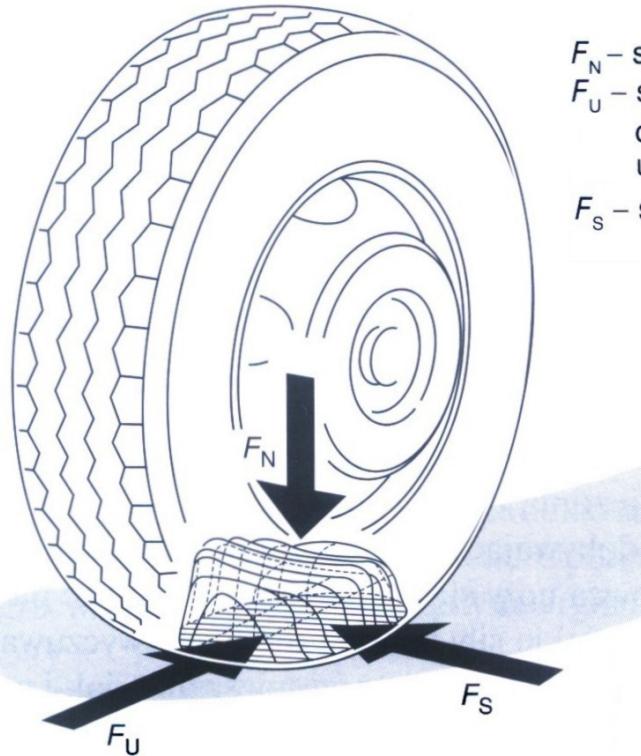


Siły i momenty działające na samochód

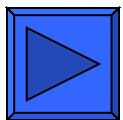
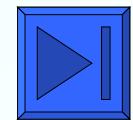
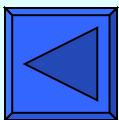


Siły na oponach

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

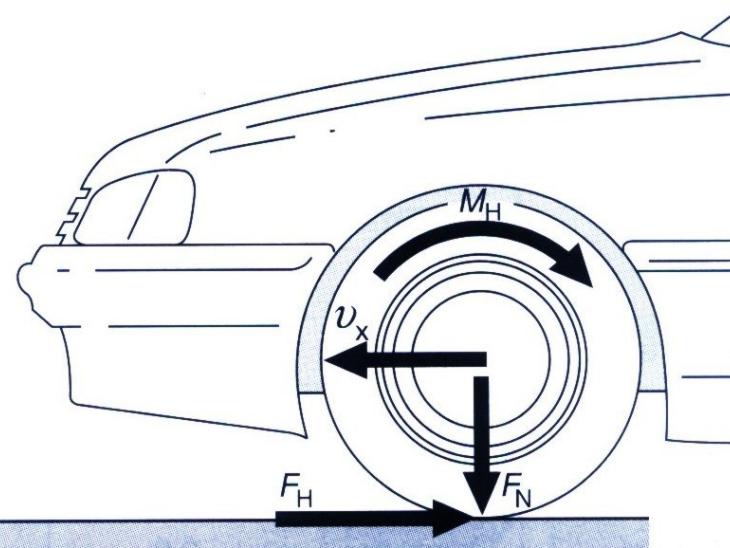


F_N – siła normalna,
 F_U – siła obwodowa
dodatnia: rozpędzanie
ujemna: hamowanie
 F_S – siła boczna



Moment hamowania

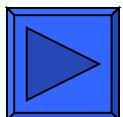
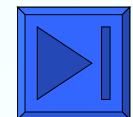
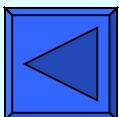
Prędkość środka koła v_x w kierunku wzdłużnym oraz siła hamowania F_H i moment hamowania M_H



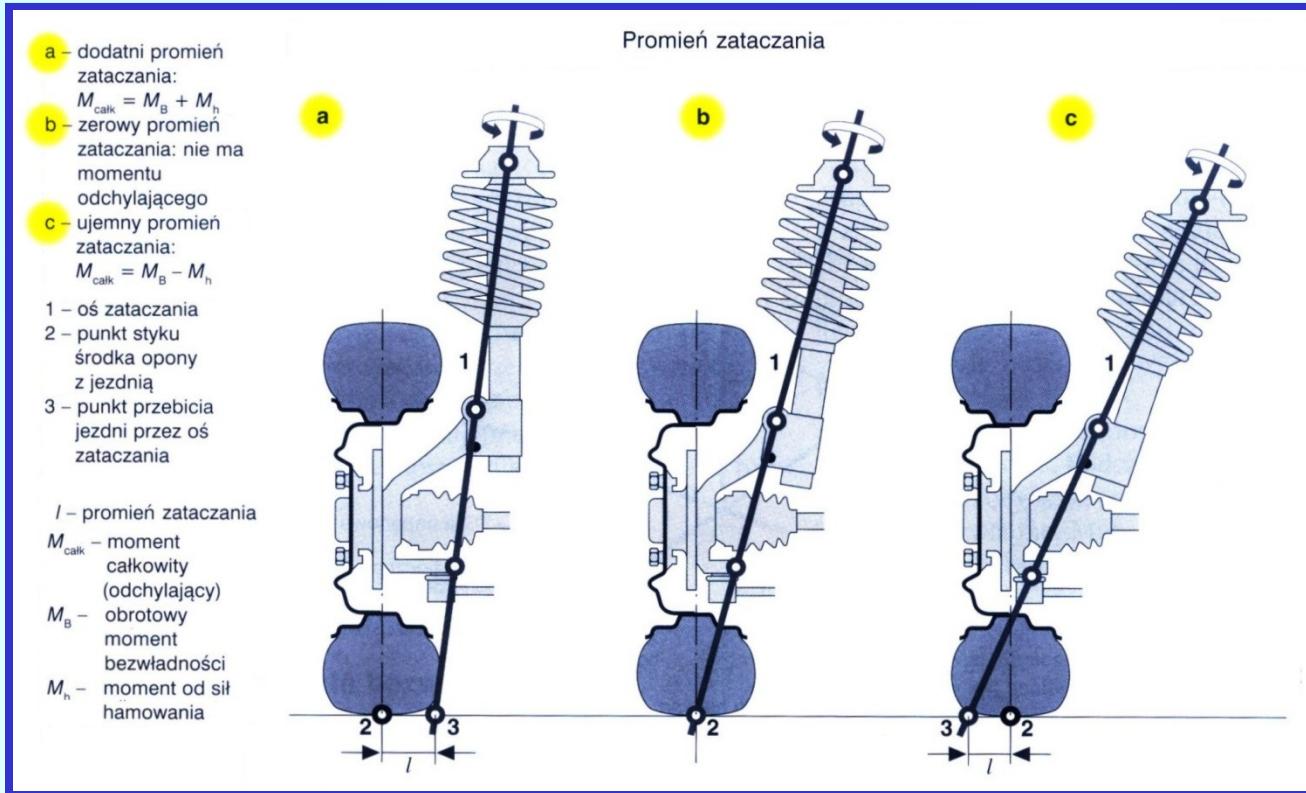
v_x – prędkość środka koła w kierunku wzdłużnym
 F_N – siła normalna
 F_H – siła hamowania
 M_H – moment hamowania

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

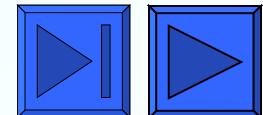
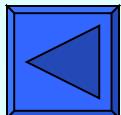
Ten moment przenosi się na obwód koła podczas hamowania.



Wielkości wpływające na moment hamowania



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





Hamowanie pojazdów

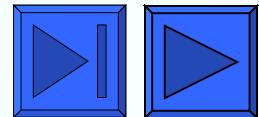
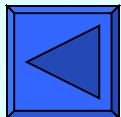
Promień zataczania

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

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

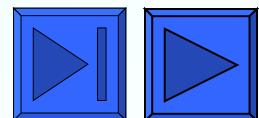
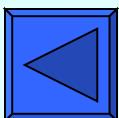
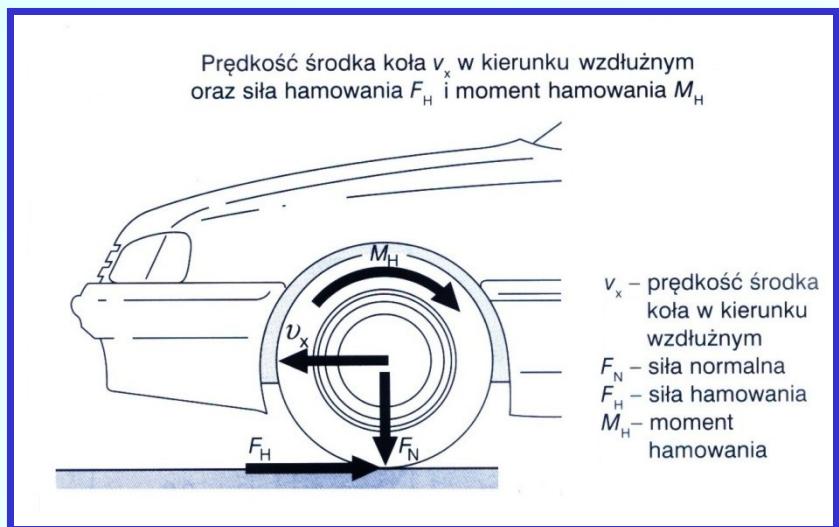
Moment hamowania powoduje powstanie między oponą a nawierzchnią drogi - siły hamowania F_H .

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

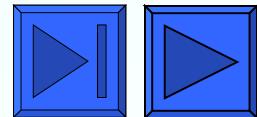
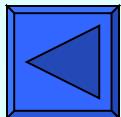


Współczynnik przyczepności

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





Hamowanie pojazdów

Współczynnik przyczepności

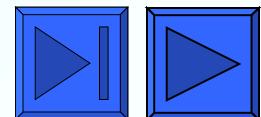
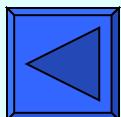
Wartość współczynnika przyczepności wzdużnej zależy zdecydowanie od prędkości jazdy, szczególnie na mokrej nawierzchni.

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 kierowalność.

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

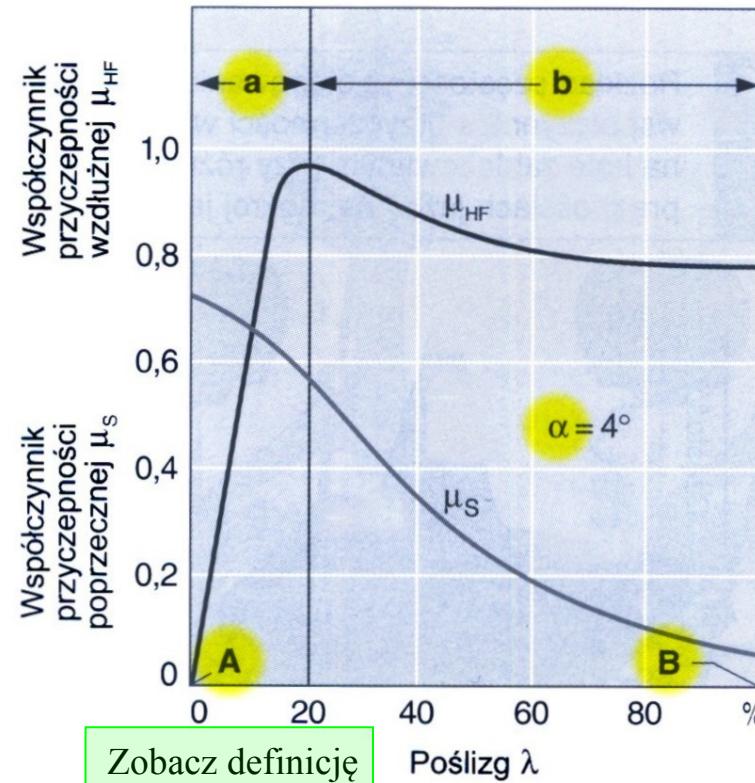
Wartość siły przyczepności maleje do zera, jeśli podczas deszczu na jezdni tworzy się warstwa wody, po której samochód „płynie”
Jest to zjawisko **aquaplaningu**.



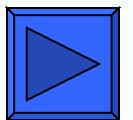
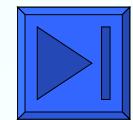
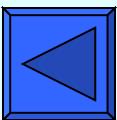
Współczynnik przyczepności wzdłużnej i poprzecznej

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

- a – zakres stateczności
- b – zakres niestateczności
- α – kąt bocznego zkoszenia
- A – koło toczące się swobodnie
- B – koło zablokowane



Zobacz definicję





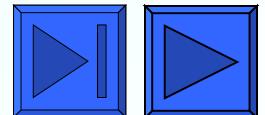
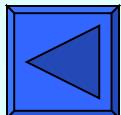
Dynamika ruchu krzywoliniowego samochodu

Podsterowność i nadsterowność

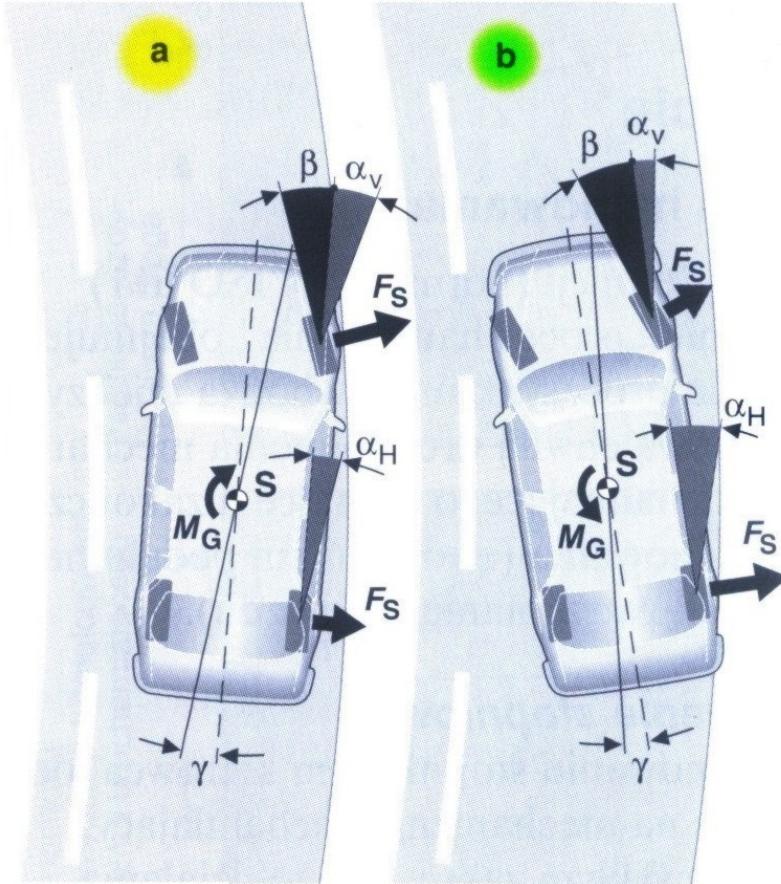
Siły bocznego znoszenia między jezdnią a kołem ogumionym mogą powstać tylko wtedy, kiedy koło porusza się pod kątem do swojej płaszczyzny symetrii. Występuje wówczas kąt bocznego znoszenia.

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

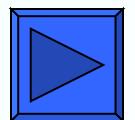
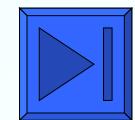
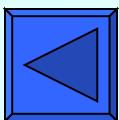
α_H – kąt bocznego znoszenia na osi tylnej

β – kąt skrętu kierownicy

γ – kąt zkoszenia samochodu

F_S – siła boczna

M_G – moment odchylający



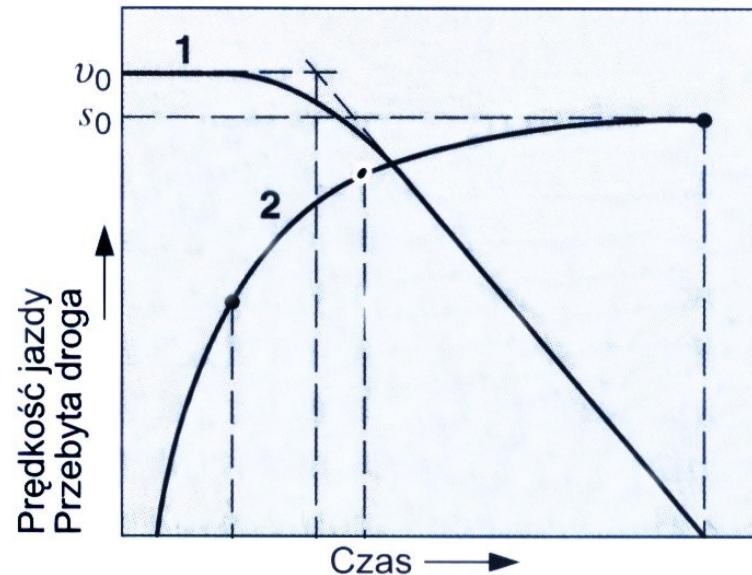
Hamowanie pojazdów

Proces hamowania

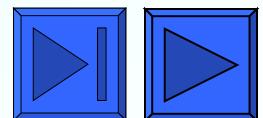
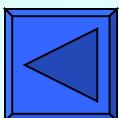
Wg definicji
(norma DIN ISO 611)
określenie „proces hamowania”
obejmuje wszystkie procesy,
które zachodzą między
początkową chwilą
uruchomienia mechanizmu
uruchamiającego hamulce
a zakończeniem hamowania,
tj. zwolnieniem pedału hamulca
lub zatrzymaniem pojazdu.

$$v_0 - \text{prędkość jazdy}$$
$$s_0 - \text{przebyta droga}$$

Proces hamowania samochodu
aż do zatrzymania (przedstawienie
uproszczone)

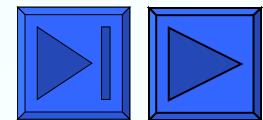
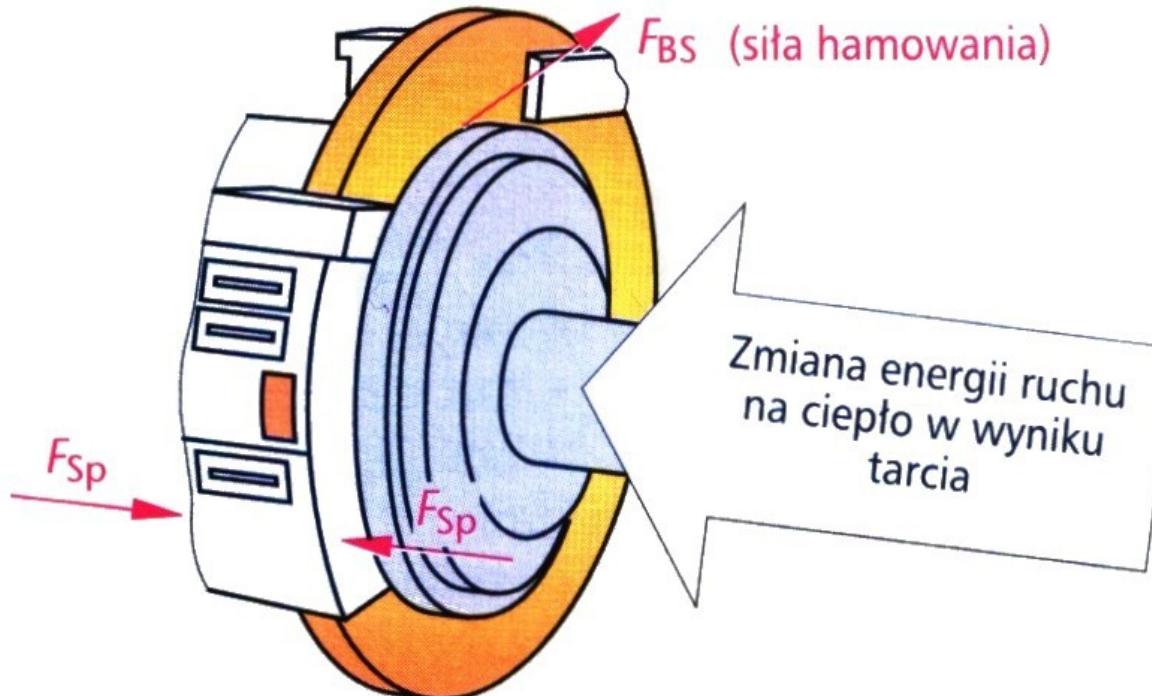


- 1 – prędkość jazdy samochodu
- 2 – droga przebywana podczas hamowania



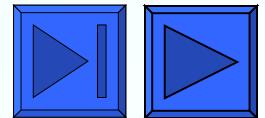
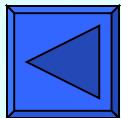
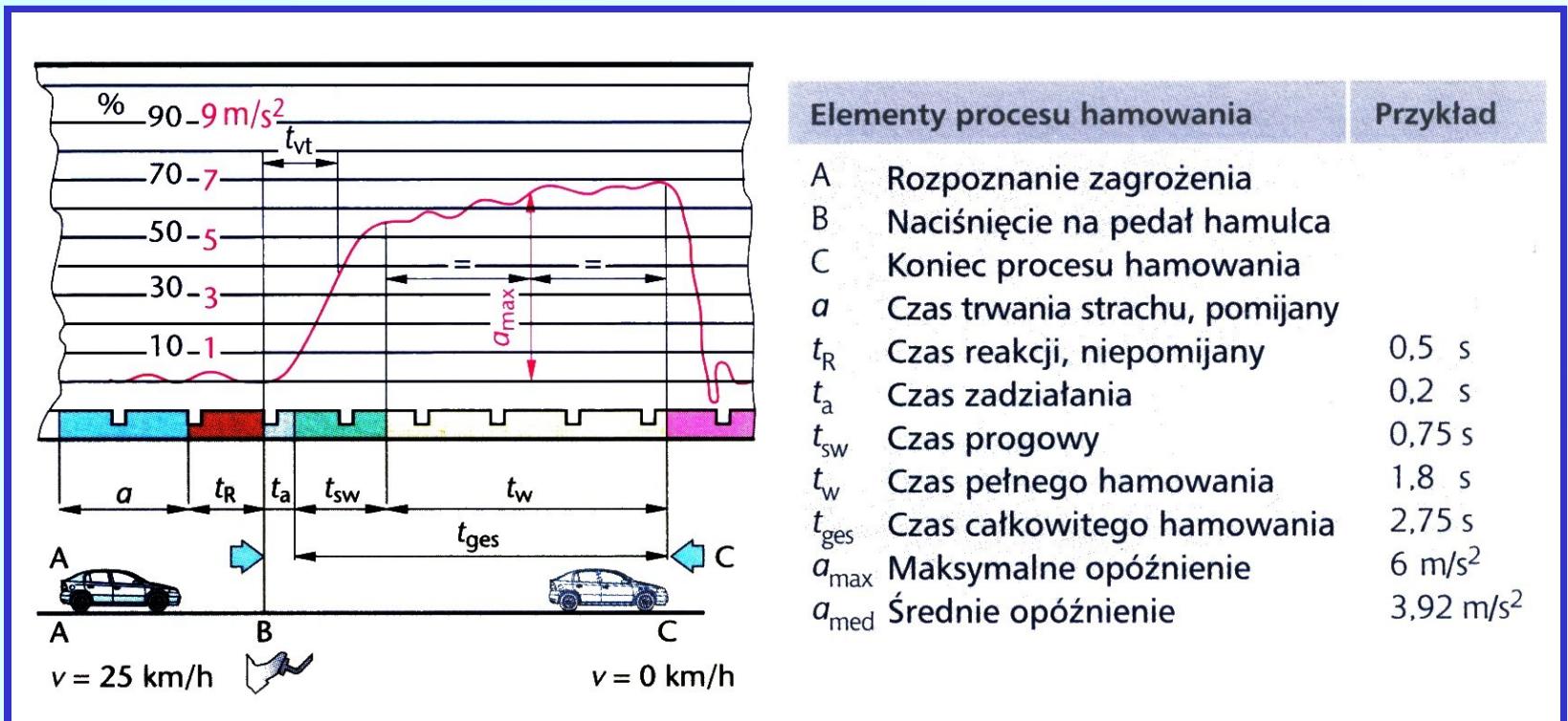
Proces hamowania – *inaczej*

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



Proces hamowania

Wykres przebiegu pełnego hamowania od prędkości 25 km/h do zatrzymania



Parametry hamowania

- Energia kinetyczna

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

- Droga hamowania

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

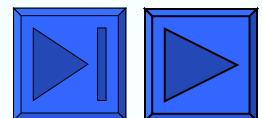
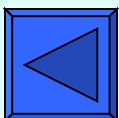
- Czas hamowania do $v_K=0$

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

- Opóźnienie hamowania

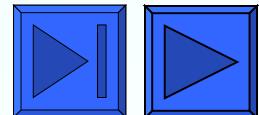
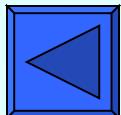
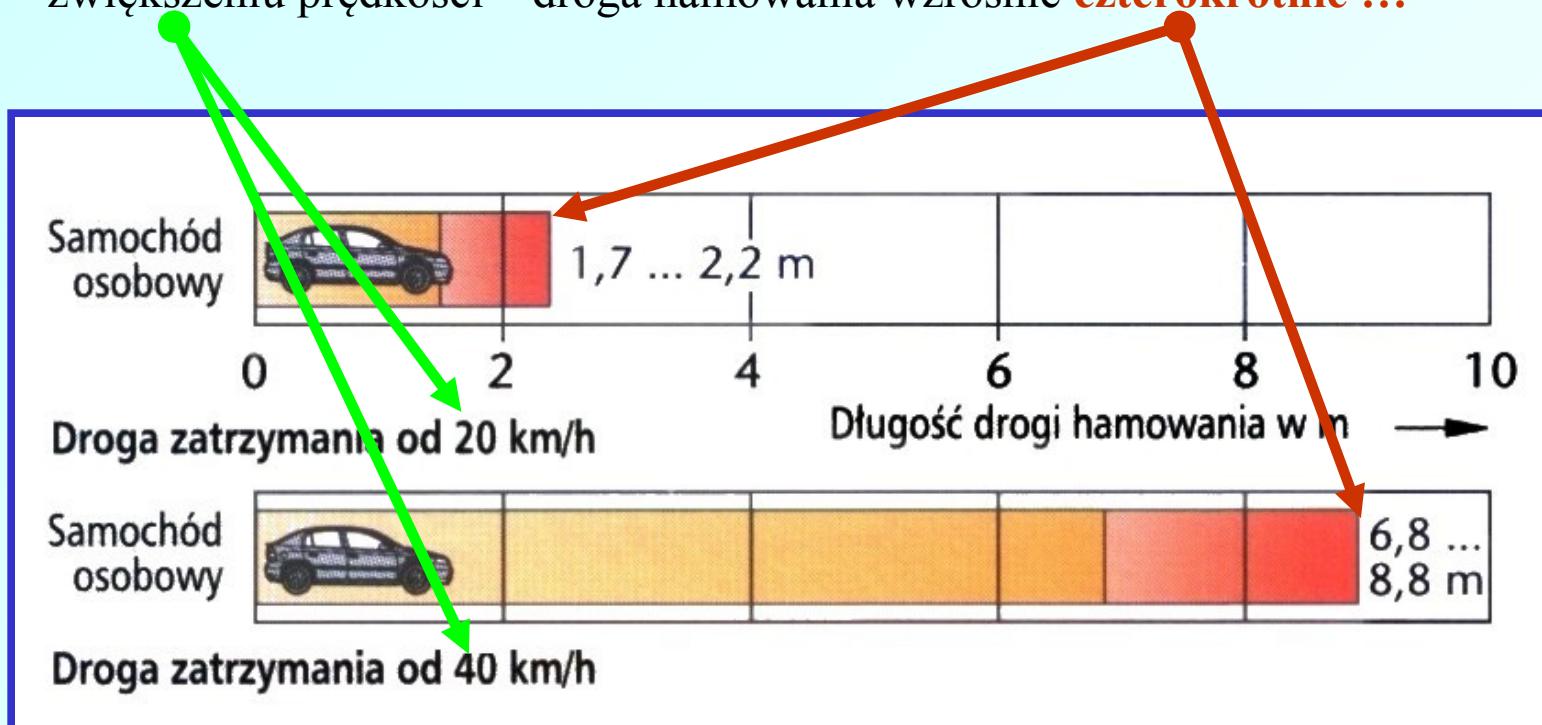
Ponieważ wartość μ_{HF} nawet dla najlepszych powierzchni nie przekracza 1, więc:

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



Droga hamowania

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

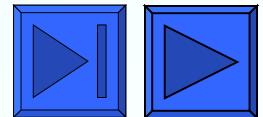
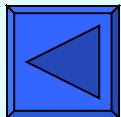


Zadania układu hamulcowego

- 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.

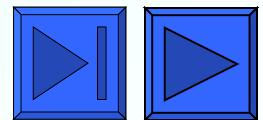


Rodzaje funkcjonalne układów hamulcowych

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

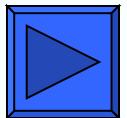
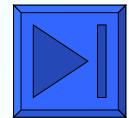
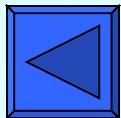
Działanie hamulców

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



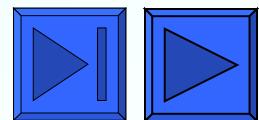
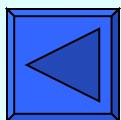
Zgodnie z Prawem o Ruchu Drogowym hamulec główny musi spełniać następujące zadania:

- Stopniowo zmniejszać prędkość jazdy aż do zatrzymania pojazdu, przy czym za pomocą nacisku nogi z siłą <500N 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 (przenoszenie 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)

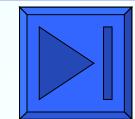
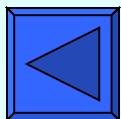
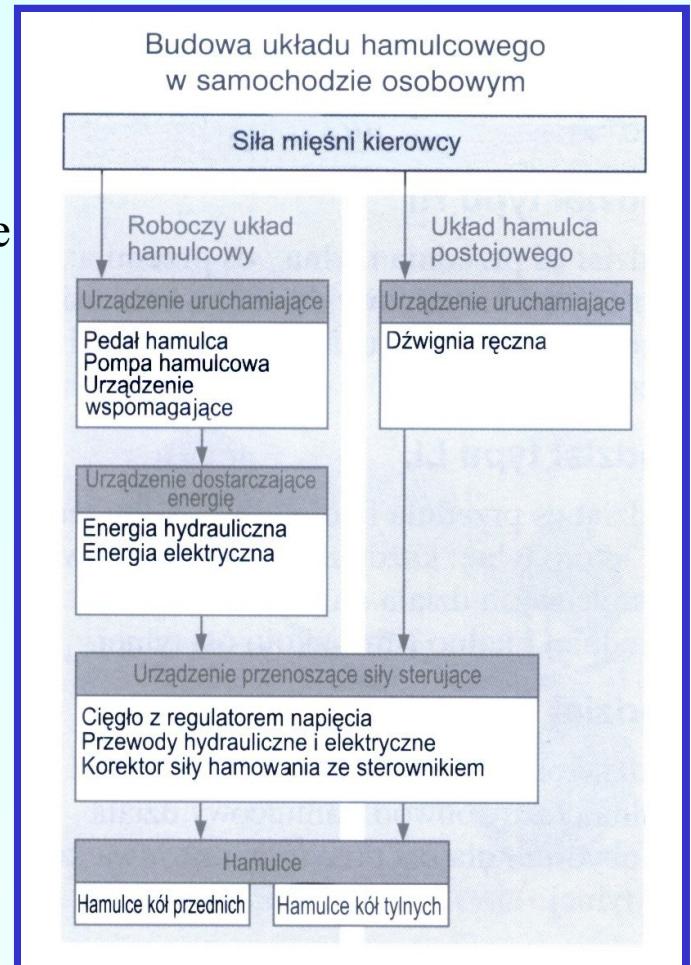


Elementy składowe układu hamulcowego (*hydraulicznego*)

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

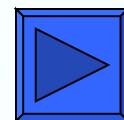
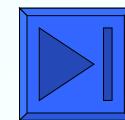
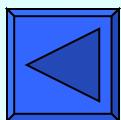
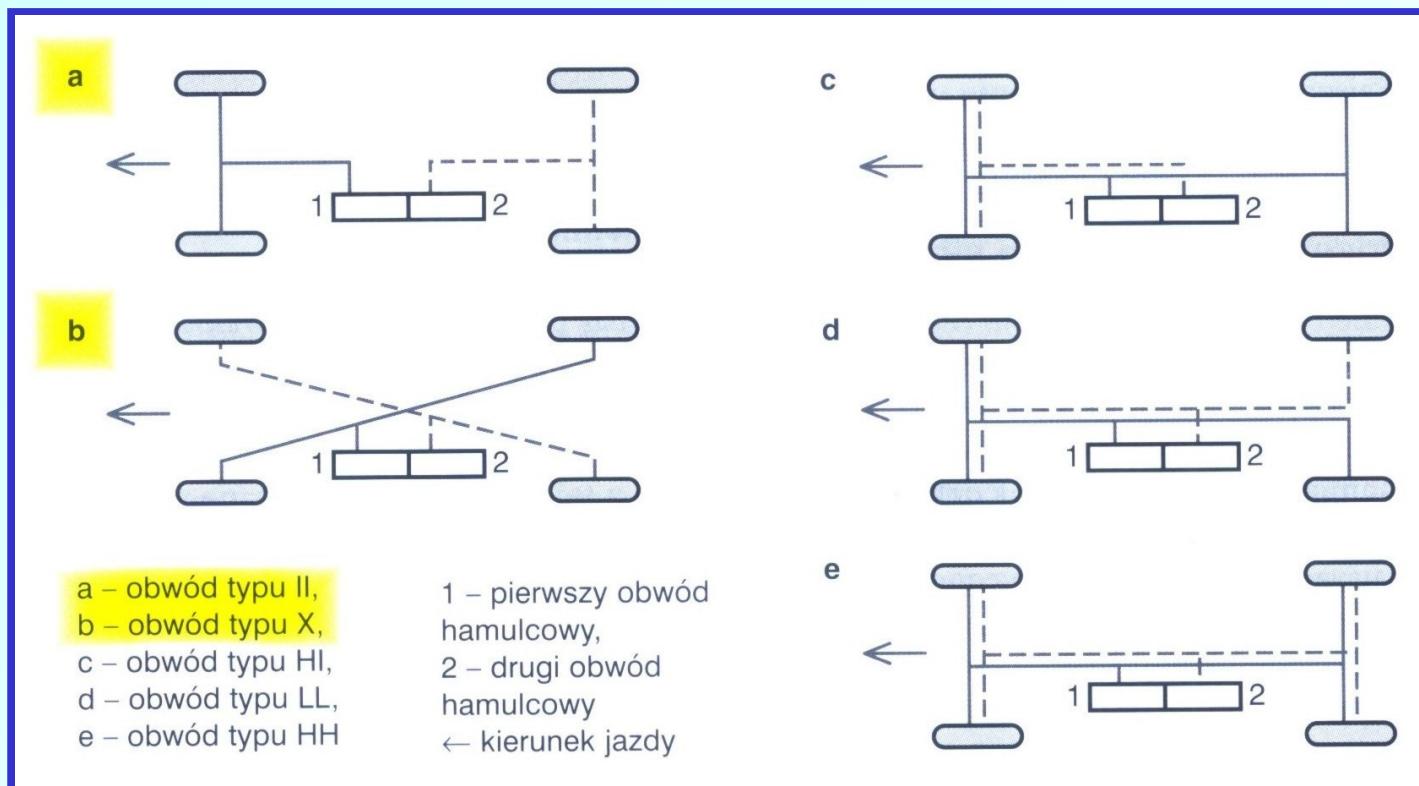
albo w uproszczeniu

- urządzenia uruchamiające
- hamulce kół



Podział układu hamulcowego na obwody

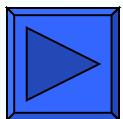
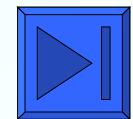
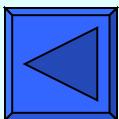
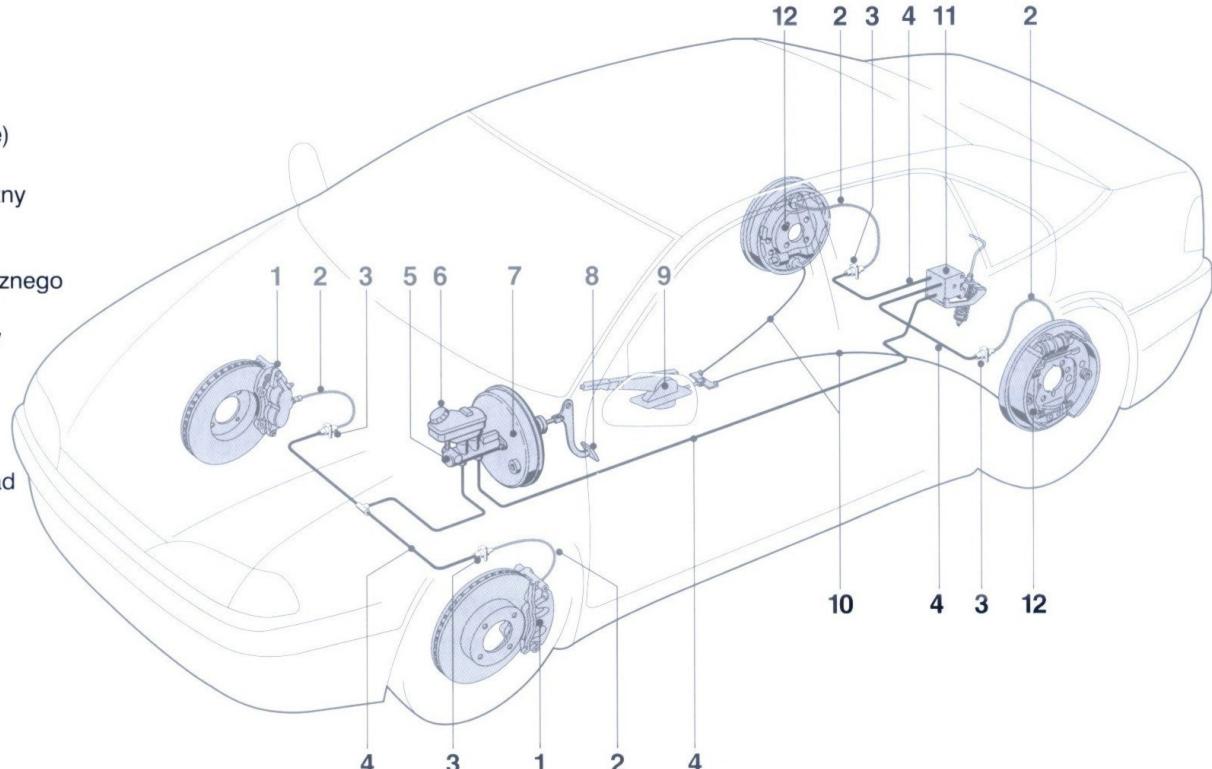
Przepisy prawne wymagają, aby urządzenia przenoszące siły sterujące do hamulców kół były dwuobwodowe. Wg normy DIN 74000 istnieje 5 możliwości rozdziału dwóch obwodów na 4 hamulce kół.



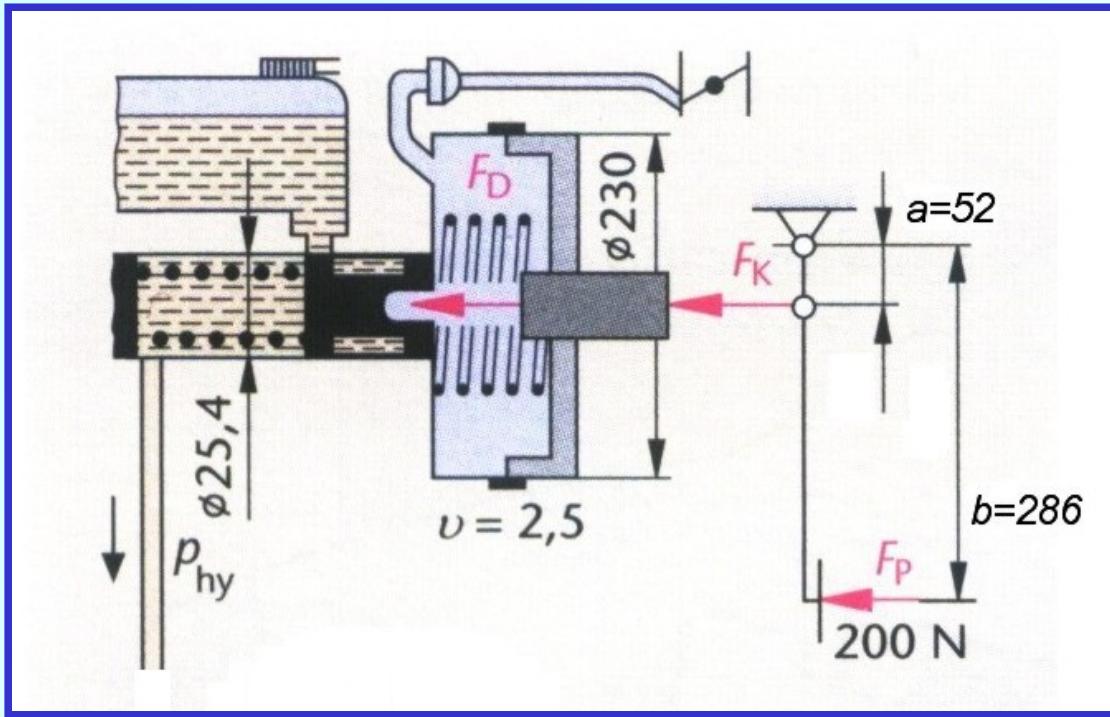
Elementy składowe układów hamulcowych (*hydraulicznych*)

Przykład układu hamulcowego ze wspomaganiem w samochodzie osobowym

- 1 – hamulce kół przednich (tarczowe)
- 2 – przewód hamulcowy elastyczny
- 3 – złącze przewodu hamulcowego sztywnego i elastycznego
- 4 – przewód hamulcowy sztywny
- 5 – pompa hamulcowa
- 6 – zbiornik płynu hamulcowego
- 7 – urządzenie wspomagające układ hamulcowy
- 8 – педał hamulca
- 9 – dźwignia hamulca postojowego
- 10 – linka hamulca postojowego
- 11 – korektor siły hamowania
- 12 – hamulce kół tylnych (bębnowe)



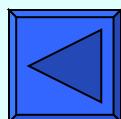
Przełożenie mechaniczne



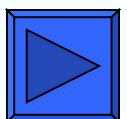
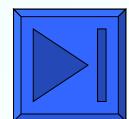
F_P – siła nacisku
 na pedał hamulcowy
 F_K – siła nacisku na trzpień
 F_D – siła nacisku
 na popychacz pompy
 v – współczynnik
 wspomagania serwa
 (zawiera się od 2 do 5)

Patrz pedał

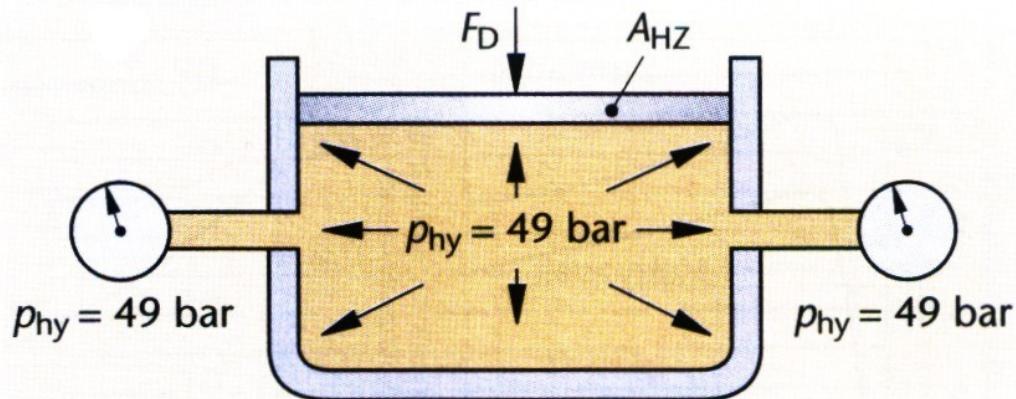
$$F_p = 200 \text{ N} \quad \frac{F_p}{F_K} = \frac{a}{b} \quad \rightarrow \quad F_K = \frac{F_p \cdot b}{a} \quad \rightarrow \quad F_K = 1100 \text{ N}$$



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



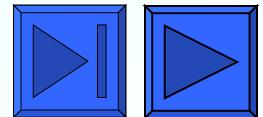
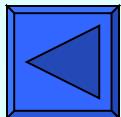
Przełożenie hydrauliczne



Hydrostatyczne ciśnienie w przewodach:

$$p_{hy} = \frac{F_D}{A_{HZ}} = \frac{F_D \cdot 4}{\pi \cdot d_{HZ}^2} = \frac{2500 \text{ N}}{5,06 \text{ cm}^2} = 494 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 49 \text{ bar}$$

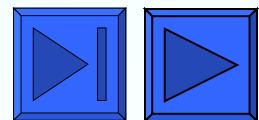
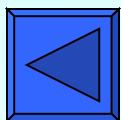
Zgodnie z twierdzeniem Pascala, ciśnienie płynu hamulcowego w zamkniętej przestrzeni rozkłada się równomiernie na wszystkie strony.





Hamulce kół - wymagania

- Krótka droga hamowania
- Krótki czas odpowiedzi
- Szybkie narastanie ciśnienia (krótki czas pęcznienia)
- 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



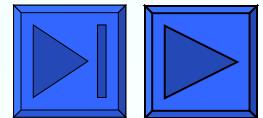
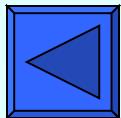


Hamowanie pojazdów

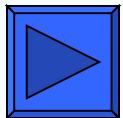
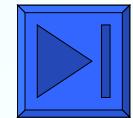
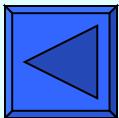
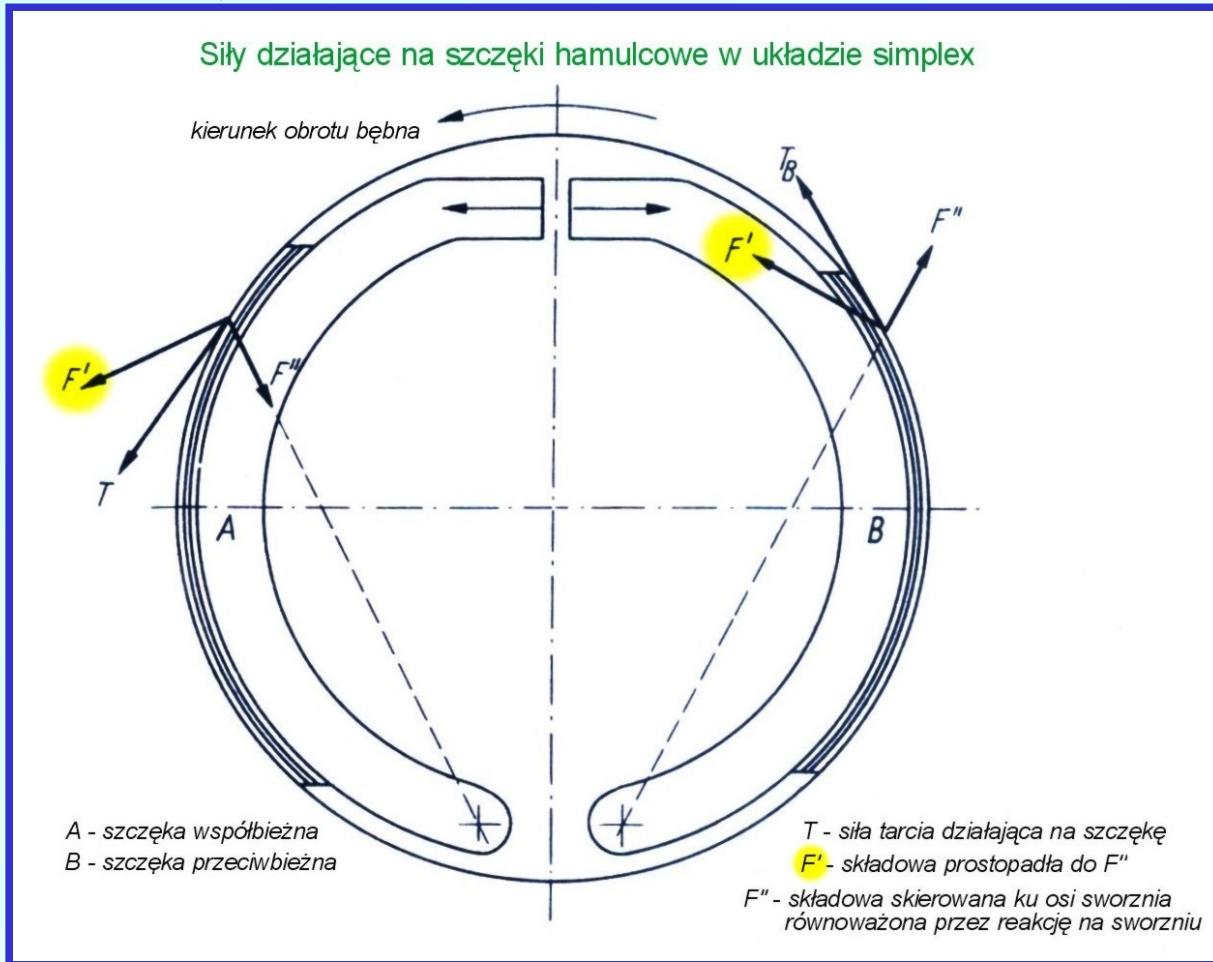
Hamulce kół

podział ze względu na sposób współpracy elementów

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

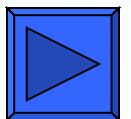
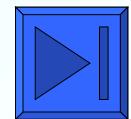
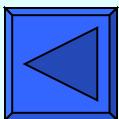
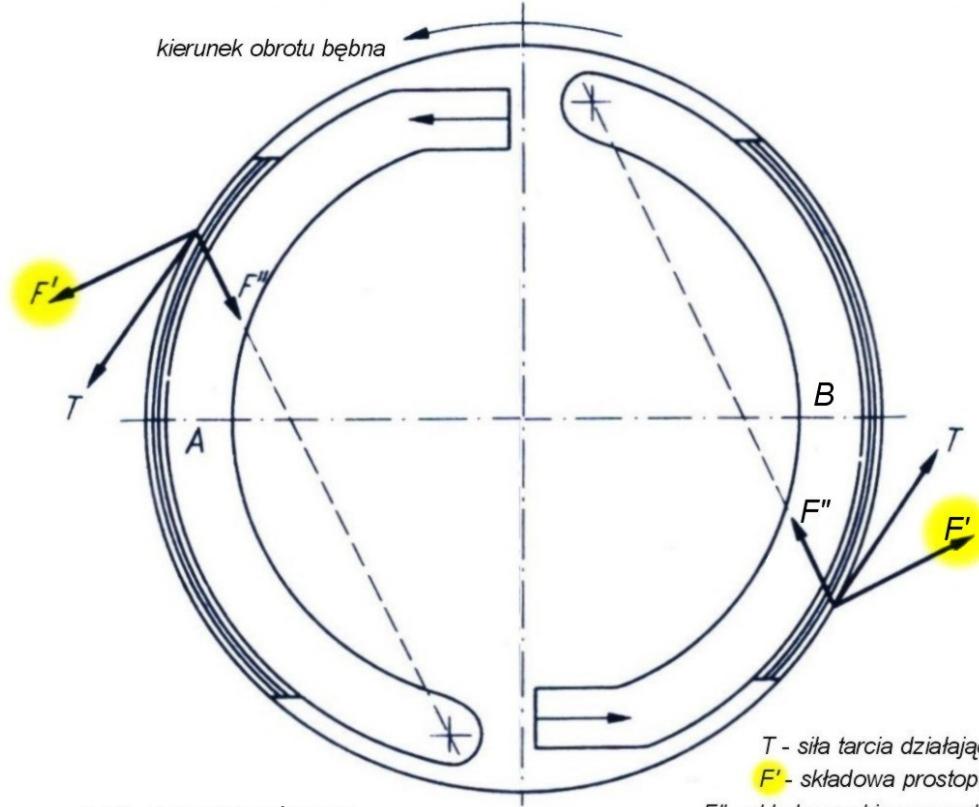


Hamulce bębnowe – działanie sił



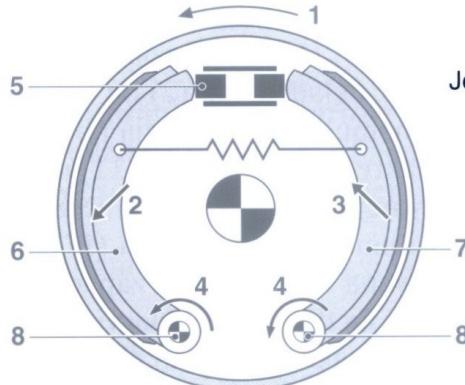
Hamulce bębnowe – działanie sił

Siły działające na szczęki hamulcowe w układzie duplex



Hamowanie pojazdów

a – szczęki z dwoma indywidualnymi punktami obrotu

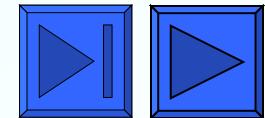
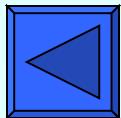
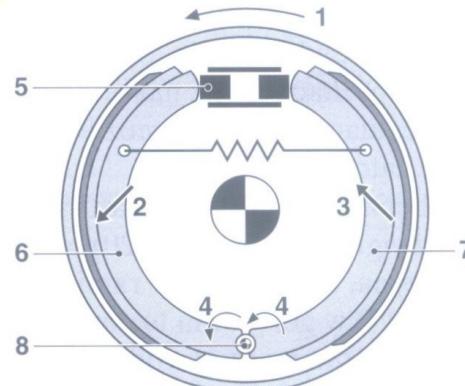


Hamulec bębnowy typu simplex

Jedna szczeka wspólnie, małe samowzmocnienie

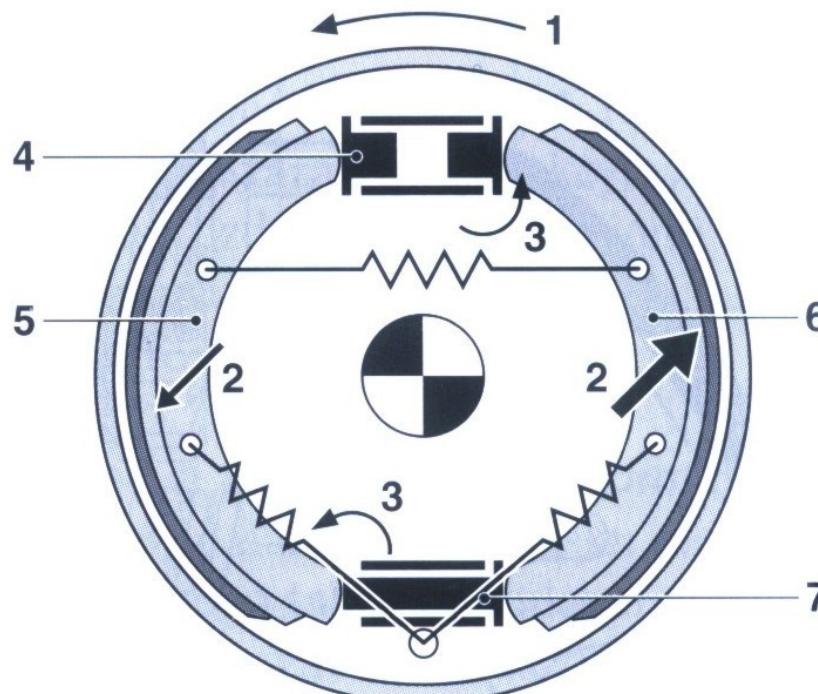
- 1 – kierunek obrotów bębna podczas jazdy do przodu,
- 2 – samowzmocnienie,
- 3 – odpychanie,
- 4 – moment obrotowy
- 5 – rozpieracz dwustronnego działania,
- 6 – szczeka współbieżna,
- 7 – szczeka przeciwbieżąca,
- 8 – punkt podparcia

b – szczęki ze wspólnym punktem obrotu

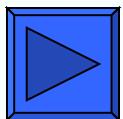
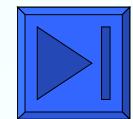
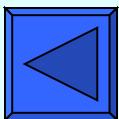


Hamulec bębnowy typu serwo

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

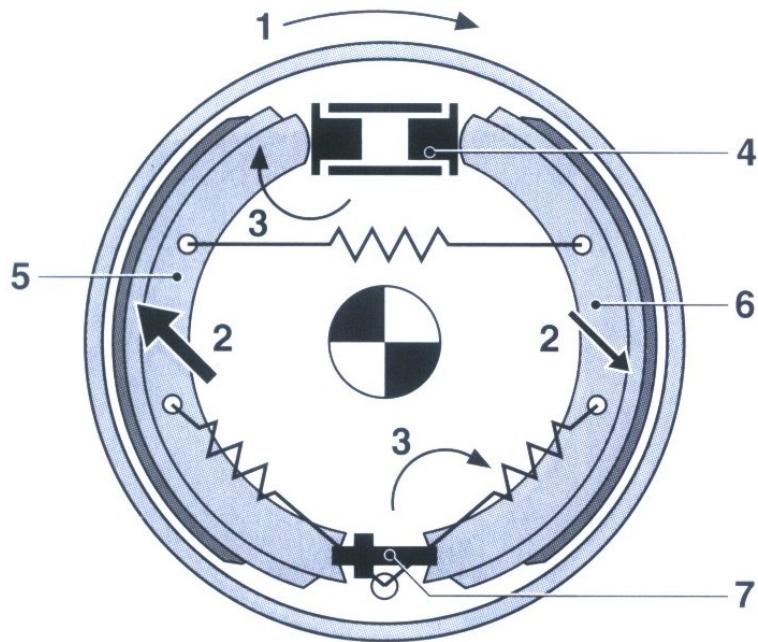


- 1 – kierunek obrotów bębna podczas jazdy do przodu,
- 2 – samowzmocnienie,
- 3 – moment obrotowy,
- 4 – rozpieracz dwustronnego działania,
- 5 – szczęka współbieżna,
- 6 – szczęka przeciwbieżna,
- 7 – punkt podparcia

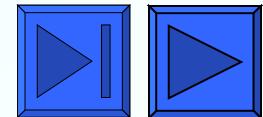
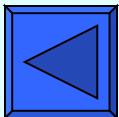


Hamulec bębnowy typu duo-serwo

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

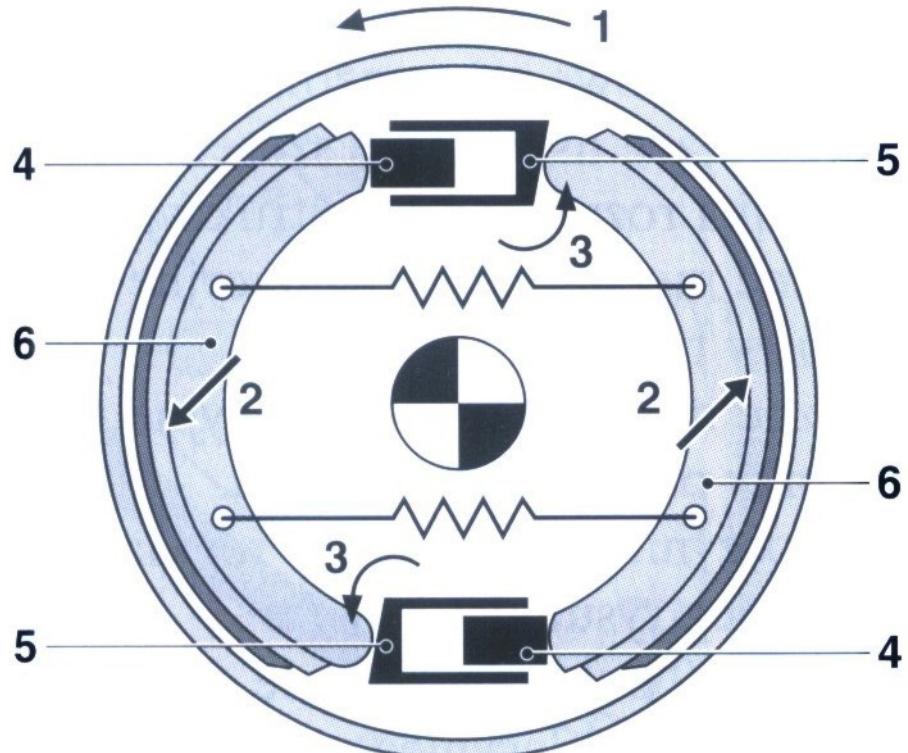


- 1 – kierunek obrotów bębna podczas jazdy do przodu,
- 2 – samowzmocnienie,
- 3 – moment obrotowy,
- 4 – rozpiéracz dwustronnego działania,
- 5 – szczęka przeciwbieżąca,
- 6 – szczęka wspólniejsza,
- 7 – punkt podparcia (sworzeń)

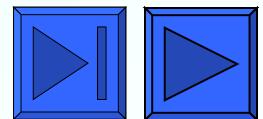
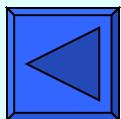


Hamulec bębnowy typu duplex

Dwie szczęki współbieżne, duże samowzmocnienie

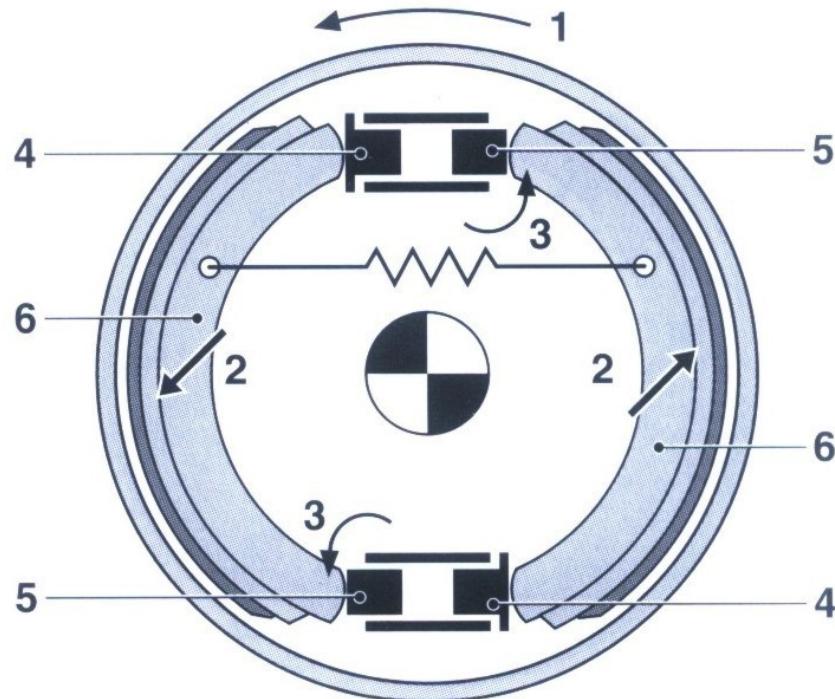


- 1 – kierunek obrotów bębna podczas jazdy do przodu,
- 2 – samowzmocnienie,
- 3 – moment obrotowy,
- 4 – rozpieracz jednostronnego działania,
- 5 – punkt podparcia,
- 6 – szczeka hamulcowa

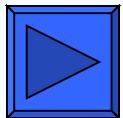
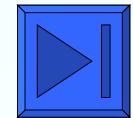
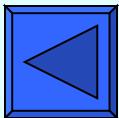


Hamulec bębnowy typu duo-duplex

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

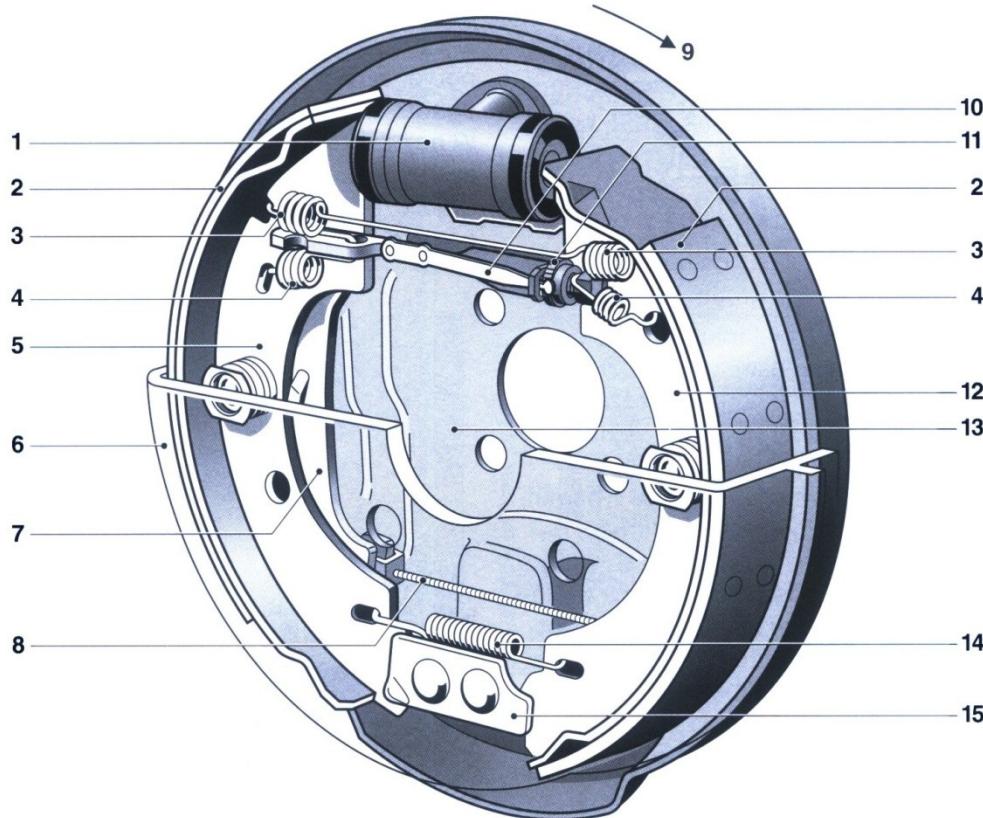


- 1 – kierunek obrotów bębna podczas jazdy do przodu,
- 2 – samowzmocnienie,
- 3 – moment obrotowy,
- 4 – rozpieracz dwustronnego działania,
- 5 – punkt podparcia,
- 6 – szczeka hamulcowa

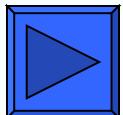
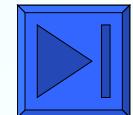
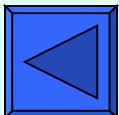


Hamowanie pojazdów

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

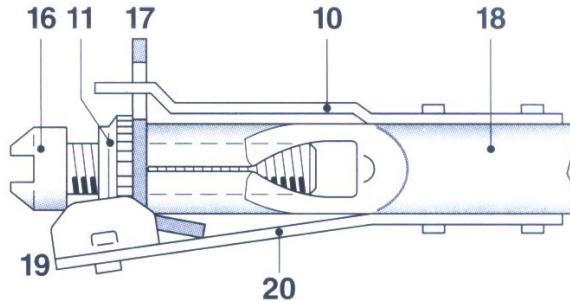


- 1 – rozpieracz hydrauliczny (cylinderek hamulcowy)
- 2 – okładzina cierna,
- 3 i 14 – sprężyna ściągająca szczęki,
- 4 – sprężyna mechanizmu samoczynnej regulacji,
- 5 – szczęka przeciwbieżąca,
- 6 – bęben hamulcowy,
- 7 – dźwignia hamulca postojowego,
- 8 – linka hamulca,
- 9 – kierunek obrotu bębna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

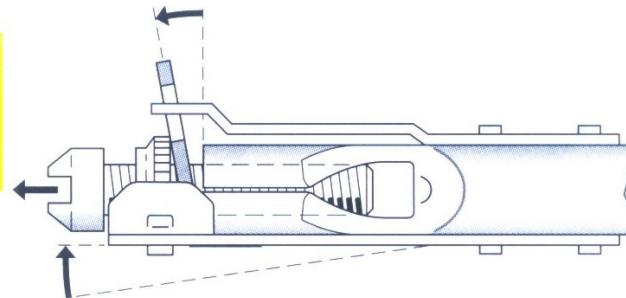


Hamowanie pojazdów

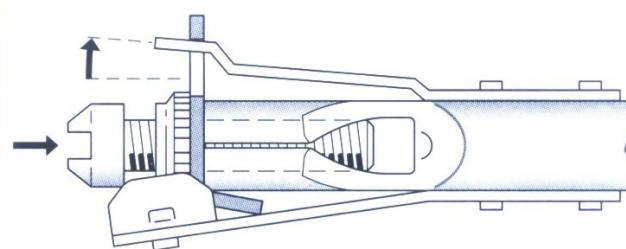
a – działanie podczas jazdy,



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

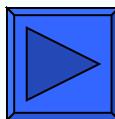
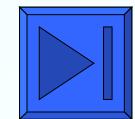
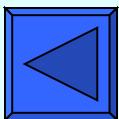


c – działanie podczas hamowania przy temperaturze powyżej 80°C



Mechanizm samoczynnej regulacji

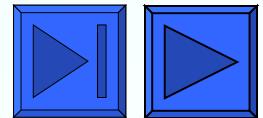
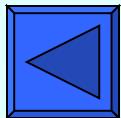
- 10 – termoelement,
- 11 – nakrętka regulacyjna,
- 16 – popychacz,
- 17 – dźwignia kątowa,
- 18 – tulejka naciskowa,
- 19 – zapadka,
- 20 – dźwignia regulacyjna





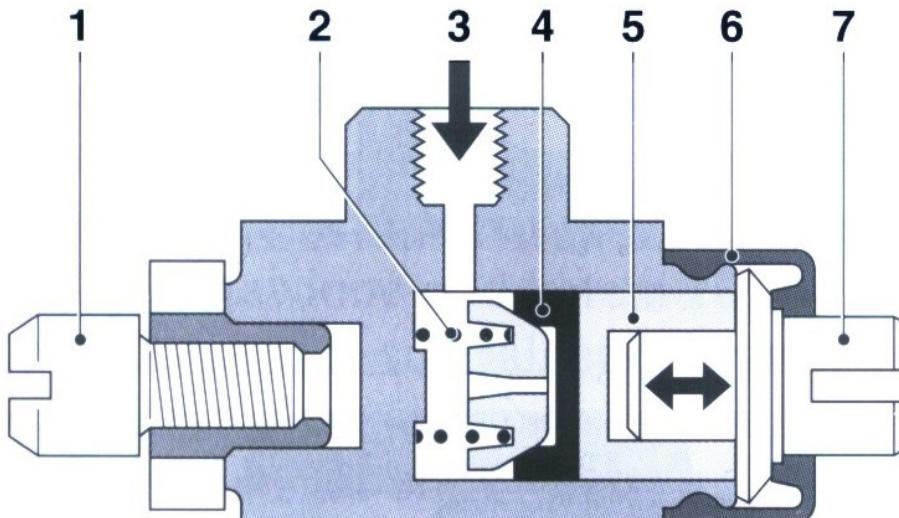
Hamowanie pojazdów

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

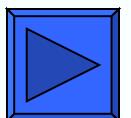
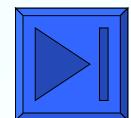
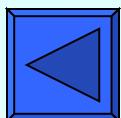


Hamulce bębnowe – elementy

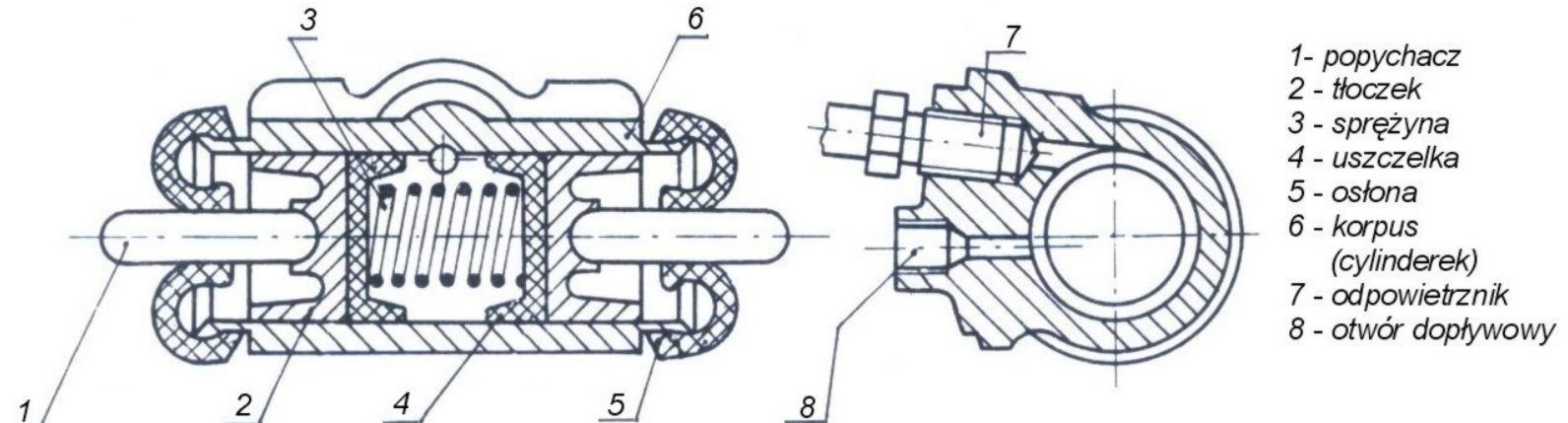
Rozpieracz hydrauliczny jednostronnego działania



- 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

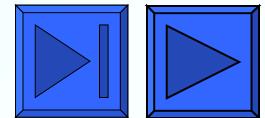
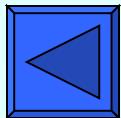


Hydrauliczny rozpieracz szczęk dwustronnego działania

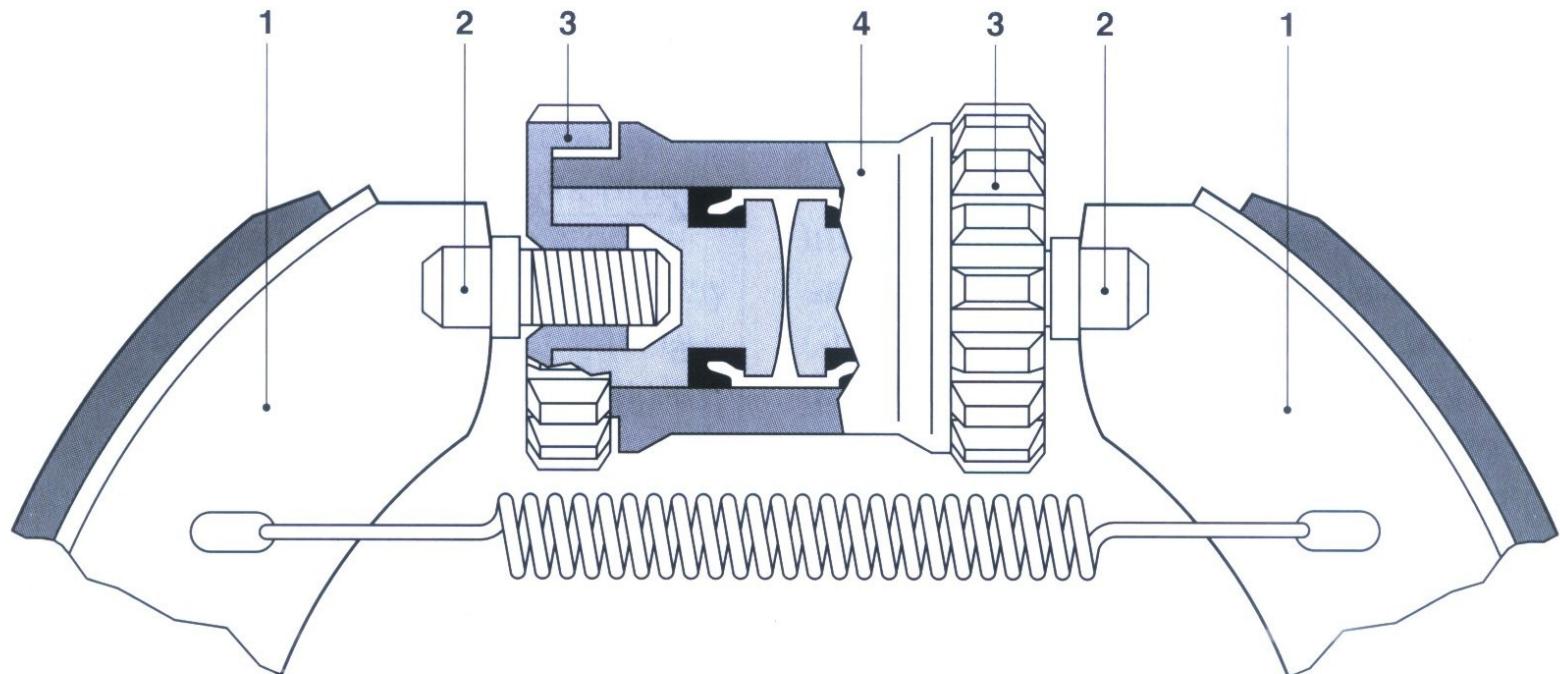


Stożkowy kształt uszczelki [4] pod działaniem ciśnienia płynu dociska ją do cylindra korpusu [6] uniemożliwiając powstanie wycieku.

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



Ręczny mechanizm regulacyjny przy rozpieraczu hydraulicznym

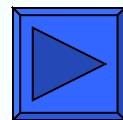
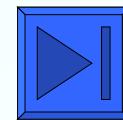


1 – szczeka hamulcowa

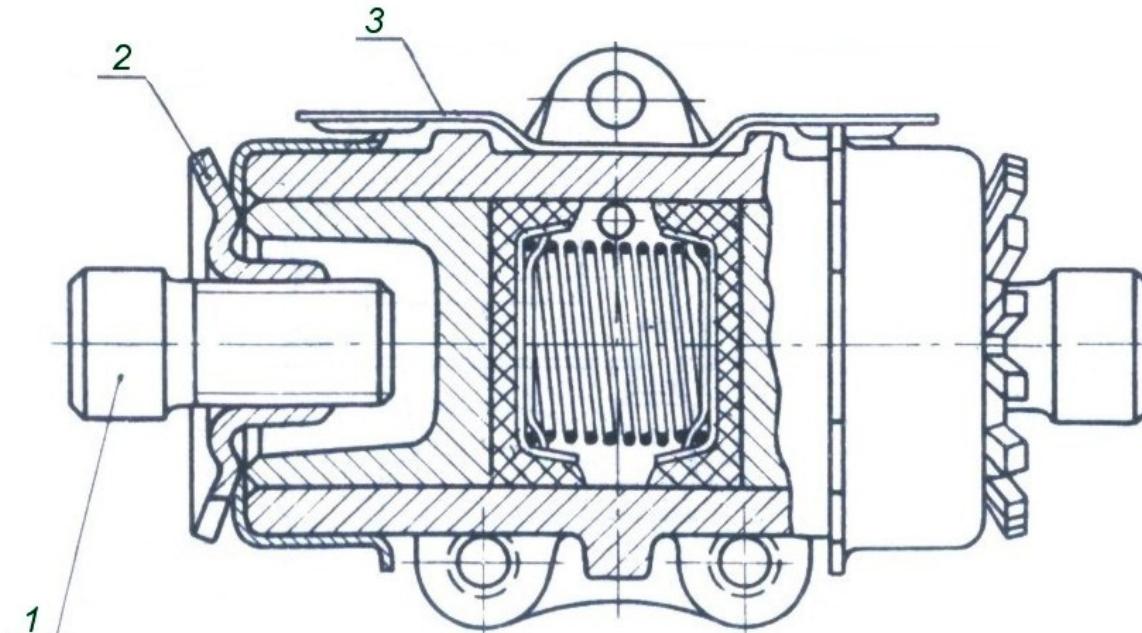
2 – popychacz gwintowany

3 – kołpak regulacyjny z wieńcem zębatam

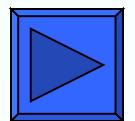
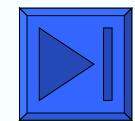
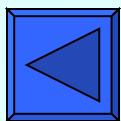
4 – rozpieracz hydrauliczny



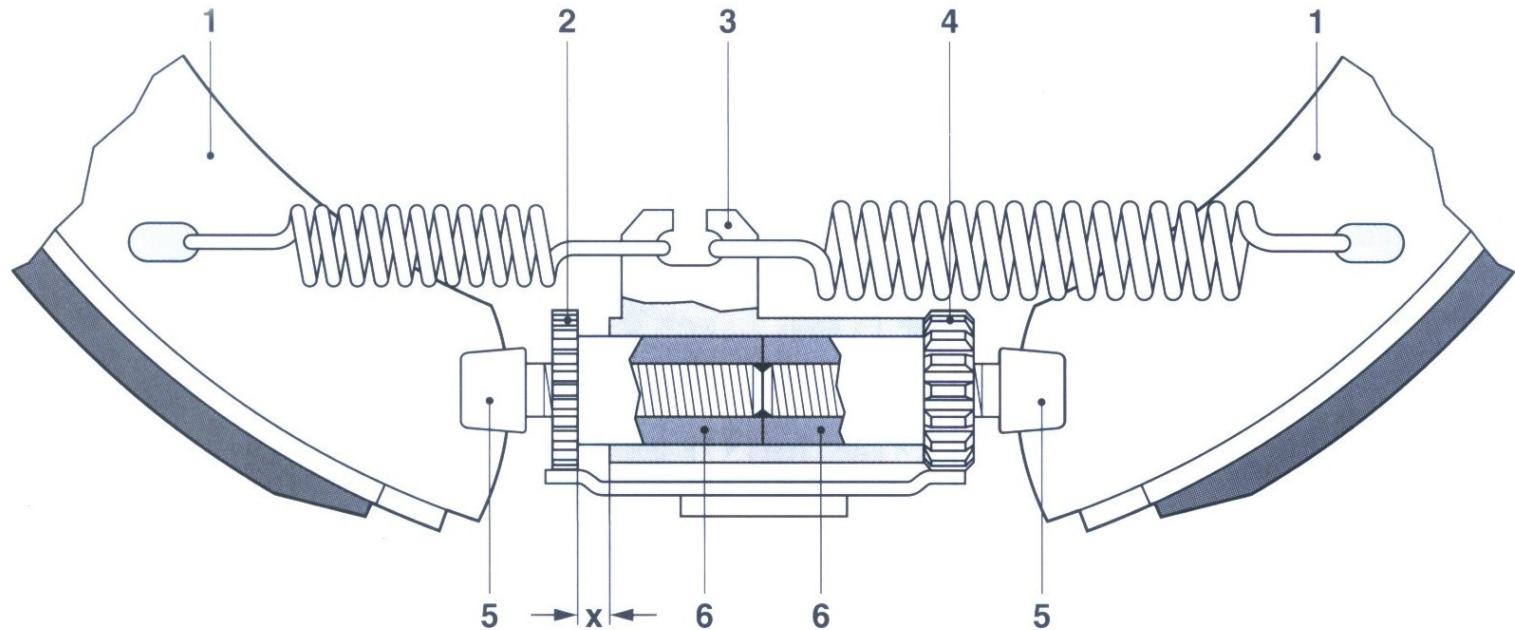
Hydrauliczny rozpieracz szczęk dwustronnego działania z regulacją luzu szczęk



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



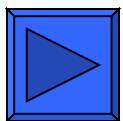
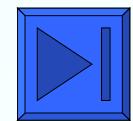
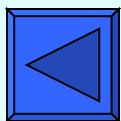
Ręczny mechanizm regulacyjny przy podporze



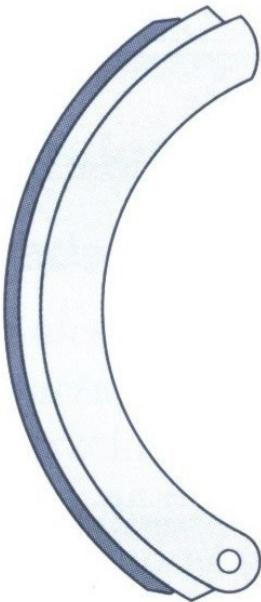
1 – szczęka hamulcowa
2 i 4 – wieńiec zębaty

3 – podpora
5 – śruba regulacyjna
6 – nakrętka regulacyjna

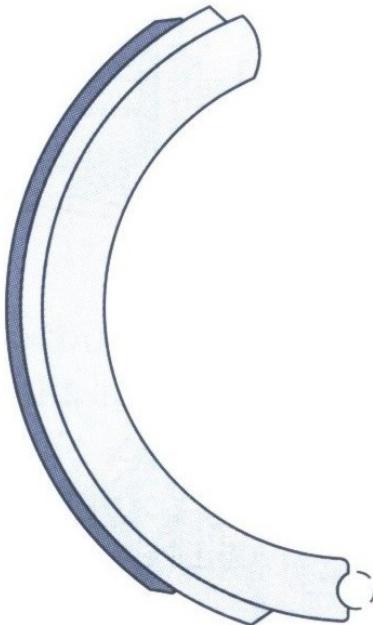
x – luz między
wieńcem zębataym (2)
a podporą (3)



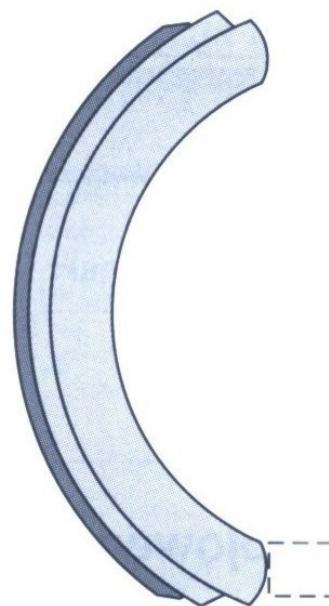
Sposoby prowadzenia szczęk hamulcowych



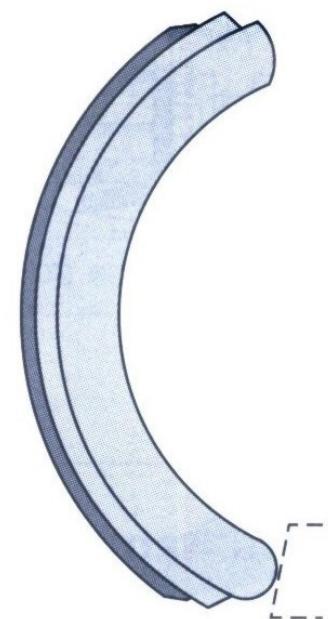
a – szczeka o stałym
(indywidualnym)
punkcie obrotu



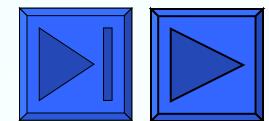
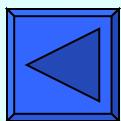
b – szczeka o stałym
(wspólnym) punkcie
obrotu



c – szczeka
prowadzona
równolegle

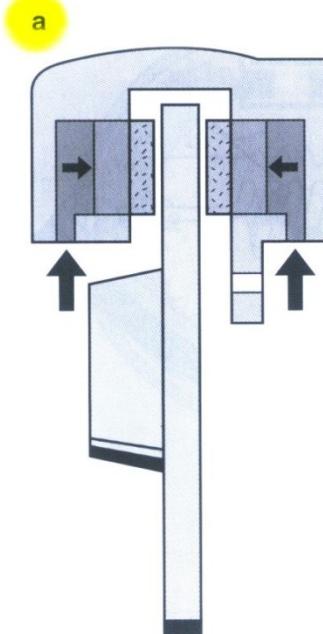


d – szczeka
prowadzona
ukośnie

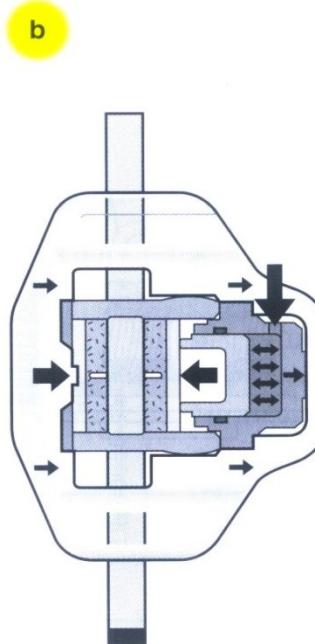


Hamulce tarczowe

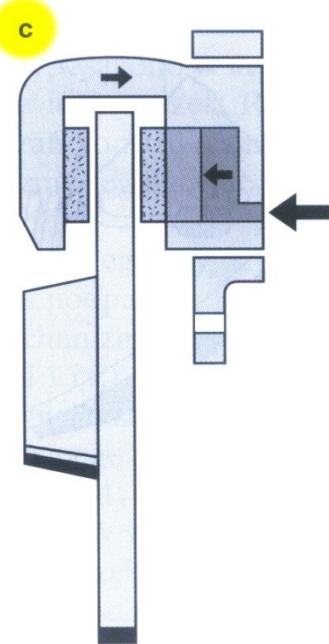
Rodzaje hamulców tarczowych



a – hamulec
o zacisku nieruchomym
(widok z przodu)



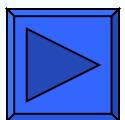
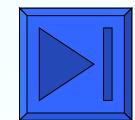
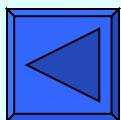
b – hamulec
o zacisku pływającym
(widok z góry)



c – hamulec
o zacisku przesuwnym
(widok z przodu)

system Dunlop

system Lockheed

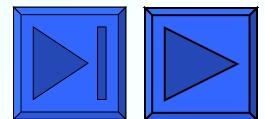
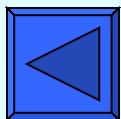


System Dunlop - cechy

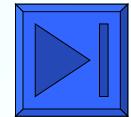
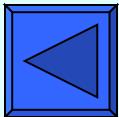
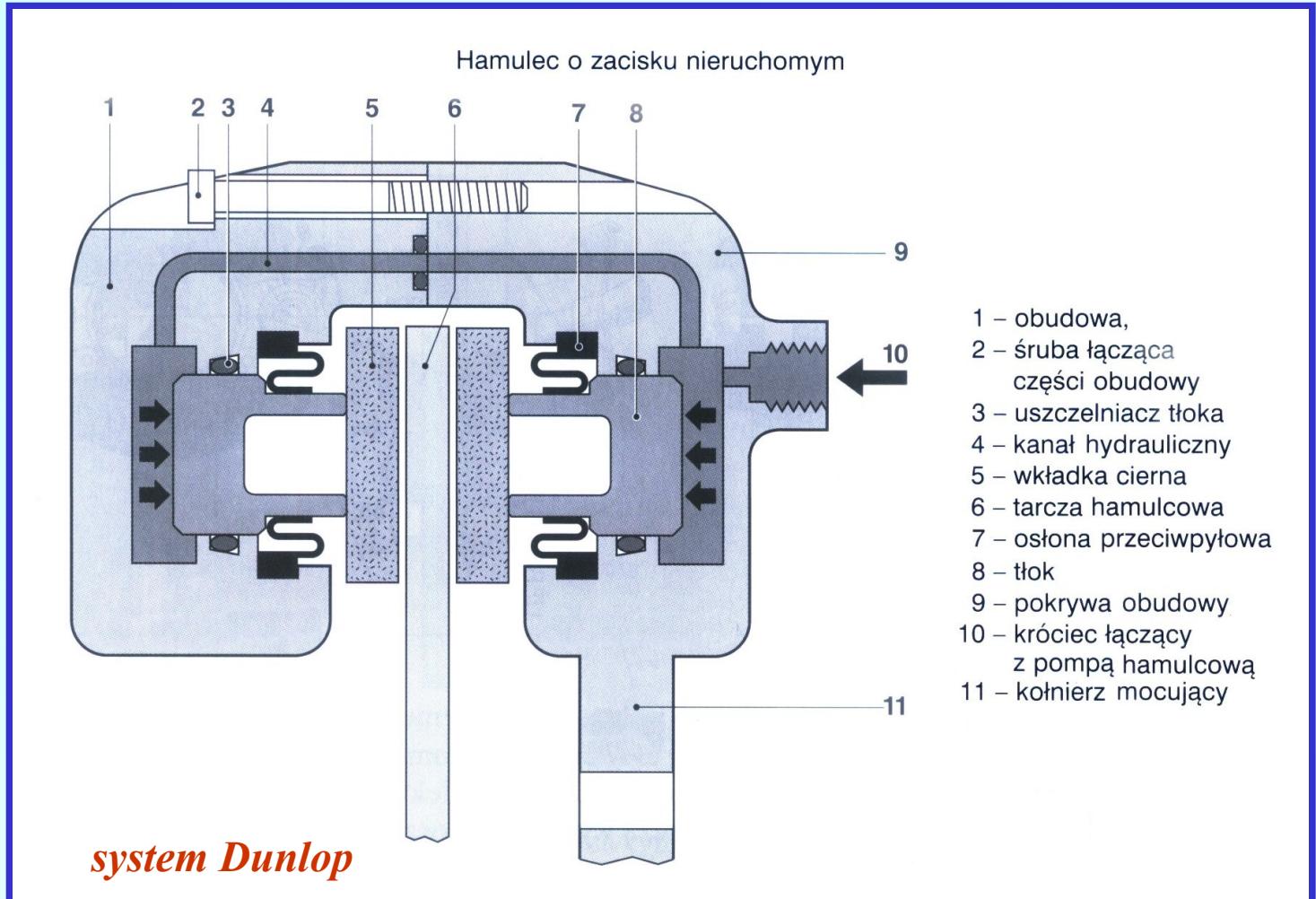
- Zacisk montowany na stałe - nieruchomy
- Dwa silowniki hydrauliczne połączone kanałem w korpusie
- Rozwiązanie droższe, ale bardziej niezawodne

System Lockheed - cechy

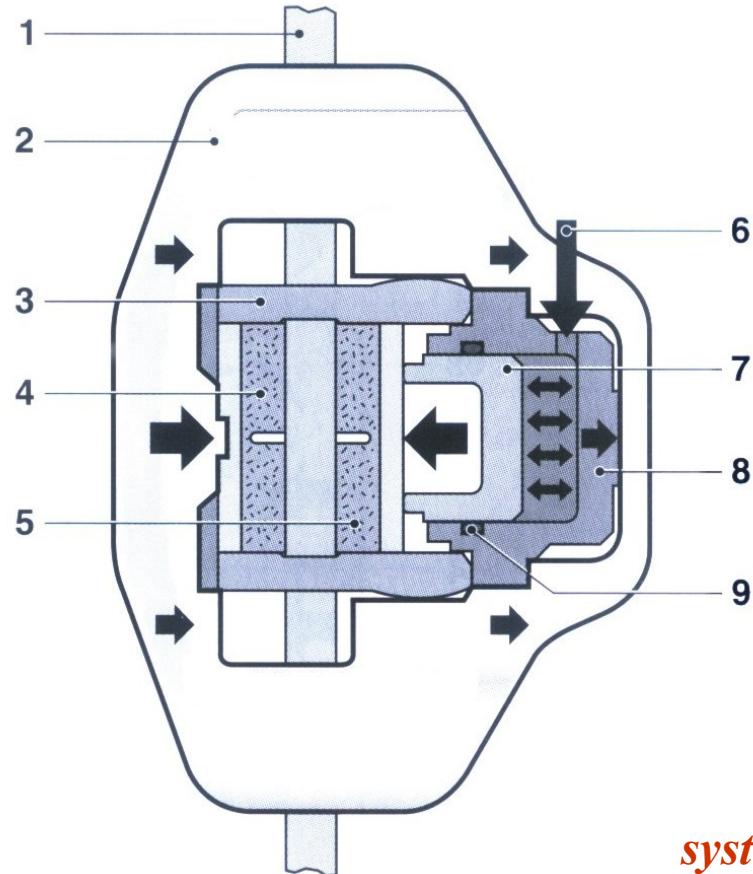
- Zacisk montowany w sposób ruchomy
- Jeden silownik液压ny
- Silownik dociskając element cierny powoduje przesunięcie korpusu zacisku względem tarczy i dociśnięcie drugiego elementu ciernego
- Skłonność do zanieczyszczania się prowadnic zacisków



Hamowanie pojazdów

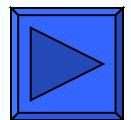
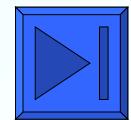
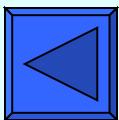


Hamulec o zacisku pływającym

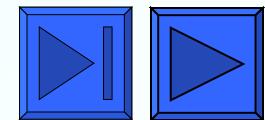
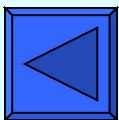
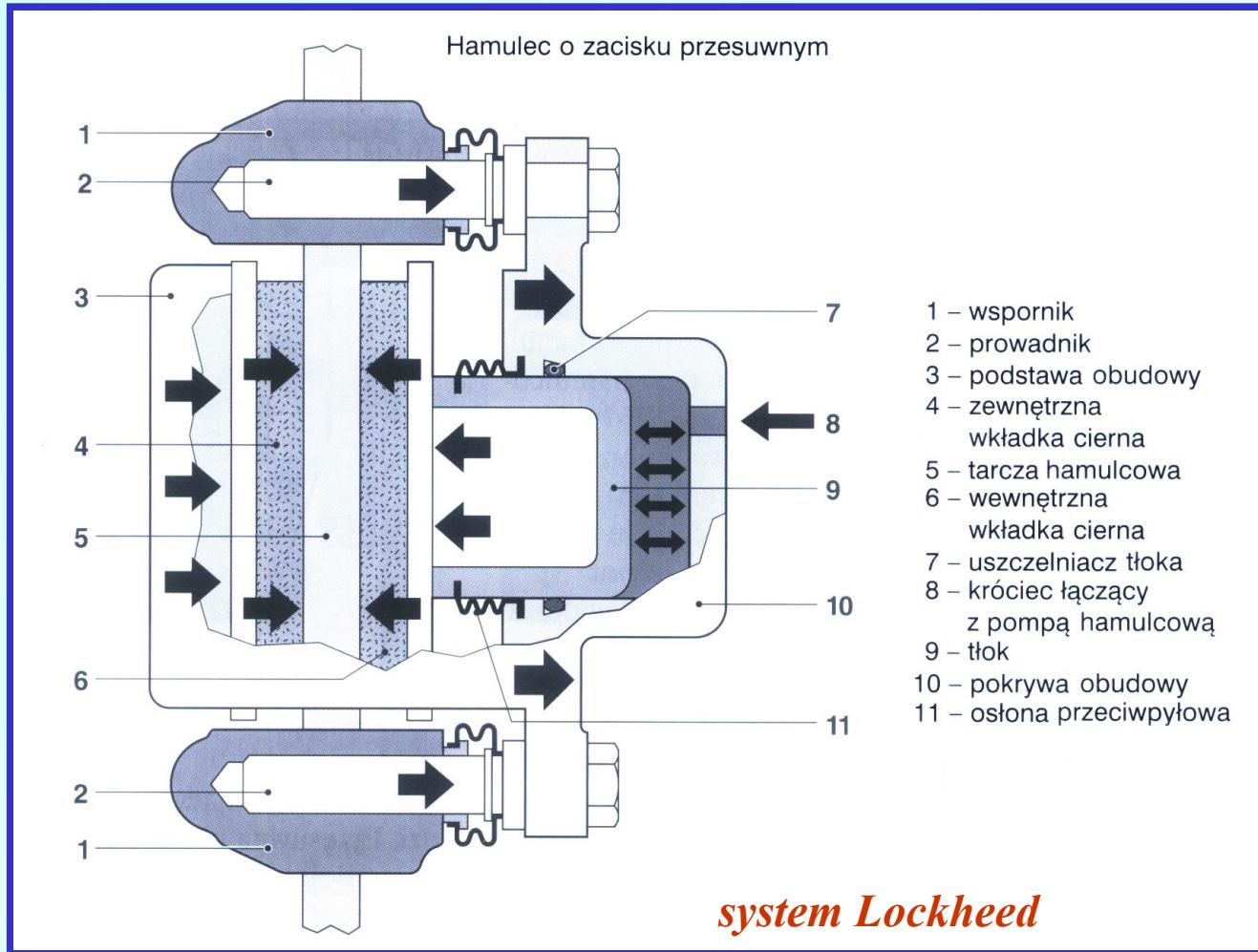


- 1 – tarcza hamulcowa
- 2 – zacisk pływający
- 3 – wspornik
- 4 – zewnętrzna wkładka cierna
- 5 – wewnętrzna wkładka cierna
- 6 – króciec łączący z pompą hamulcową
- 7 – tłok
- 8 – cylinder
- 9 – uszczelniaacz tłoka

system Lockheed

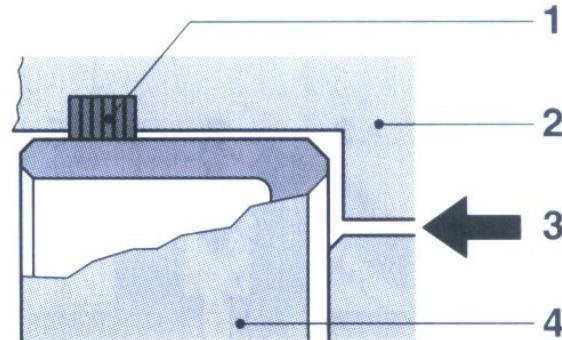


Hamowanie pojazdów



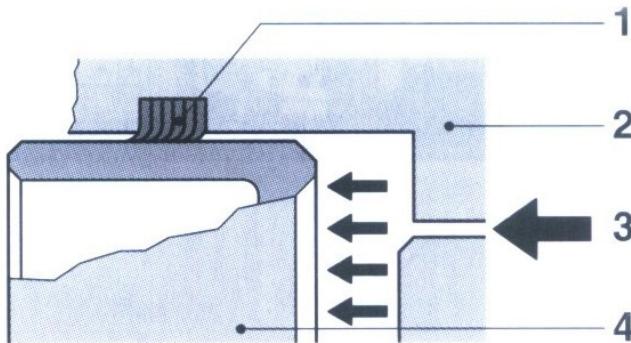
Uszczelniaacz tłoka

a

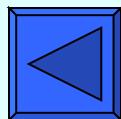


- a – położenie podczas jazdy
- b – położenie podczas hamowania

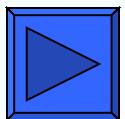
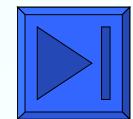
b



- 1 – uszczelniaacz tłoka
- 2 – obudowa
- 3 – wlot płynu z pompy hamulcowej
- 4 – tłok

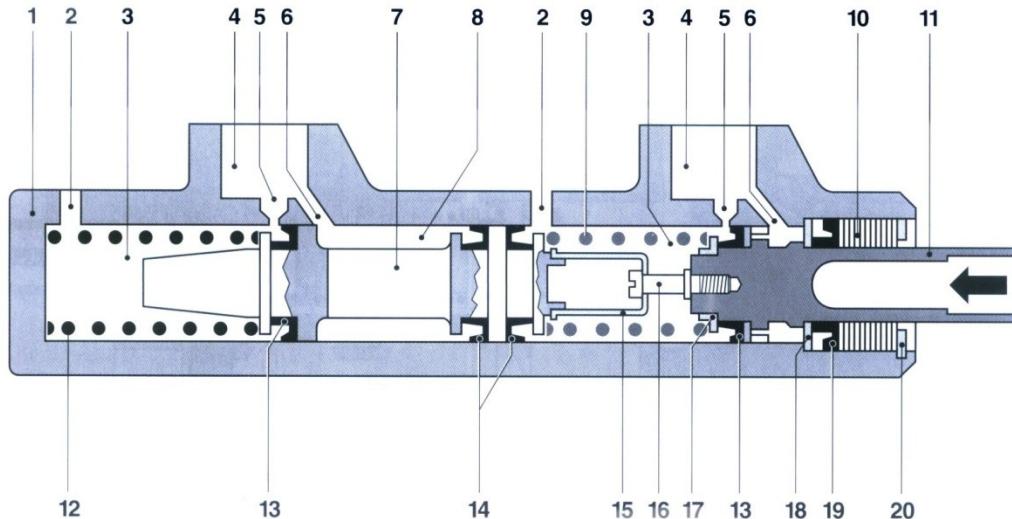


Kasacja zużycia okładzin ciernych opiera się na odkształcalności uszczelniaacza tłoka [1]



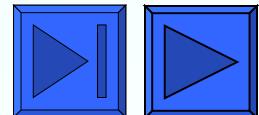
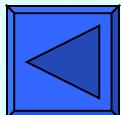
Pompa hamulcowa

Pompa hamulcowa z blokowaną sprężyną tłoka

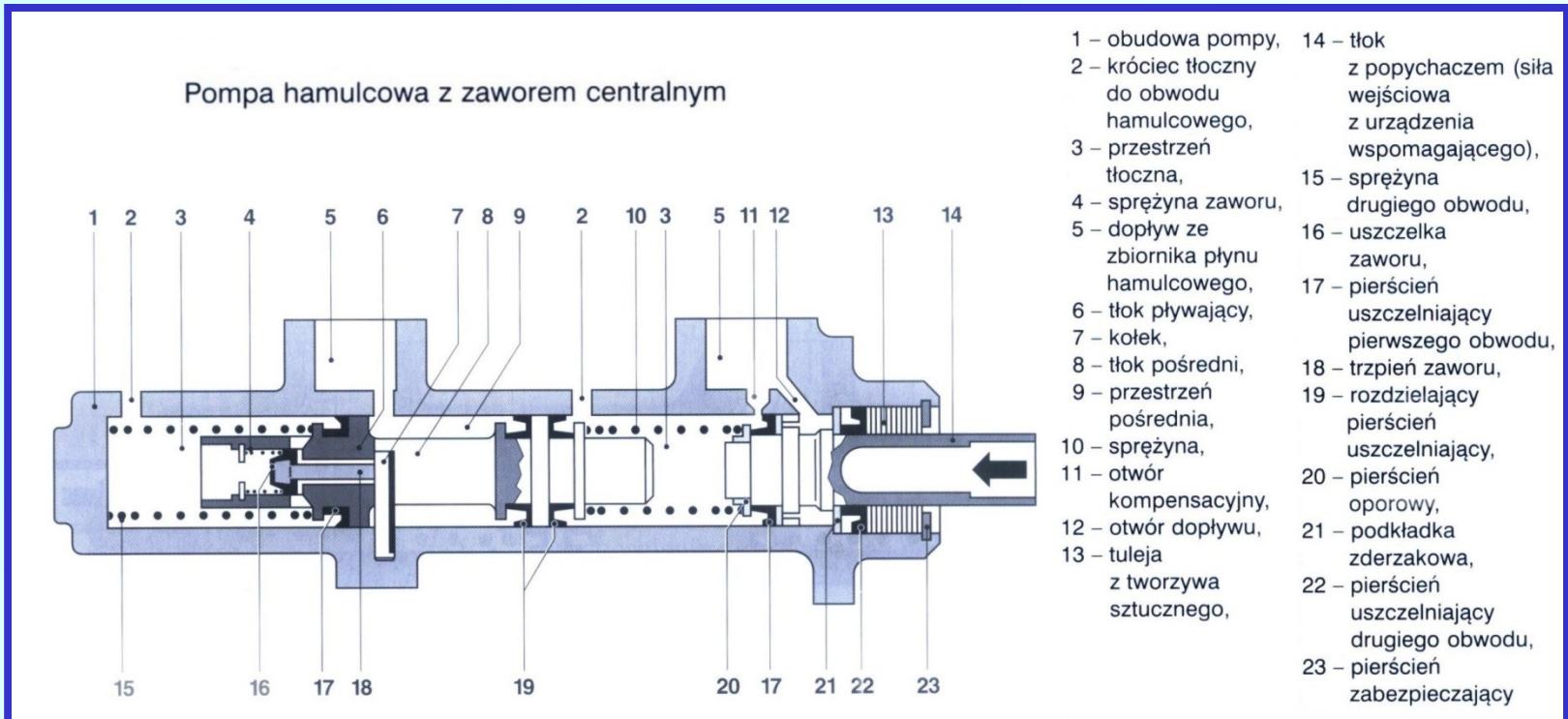


- 1 – obudowa pompy,
- 2 – króciec tłoczny do obwodu hamulcowego,
- 3 – przestrzeń tłoczna,
- 4 – dopływ ze zbiornika płynu hamulcowego,
- 5 – otwór kompensacyjny,
- 6 – otwór dopływu,
- 7 – tłok pływający,
- 8 – przestrzeń pośrednia,
- 9 – sprężyna blokowana,
- 10 – tuleja z tworzywa sztucznego,
- 11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

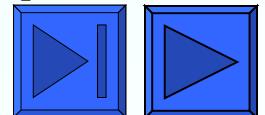
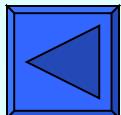
Nacisk na pedał hamulca powoduje, że tłok z popychaczem[11] i tłok pływający[7] przesuwają się w lewo, przekraczają otwory kompencacyjne[5] i tłoczą płyn hamulcowy przez króćce[2] do obwodów hamulcowych. Wskutek rosnącego ciśnienia tłok pływający[7] nie jest poruszany przez blokowaną sprężynę[9], lecz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



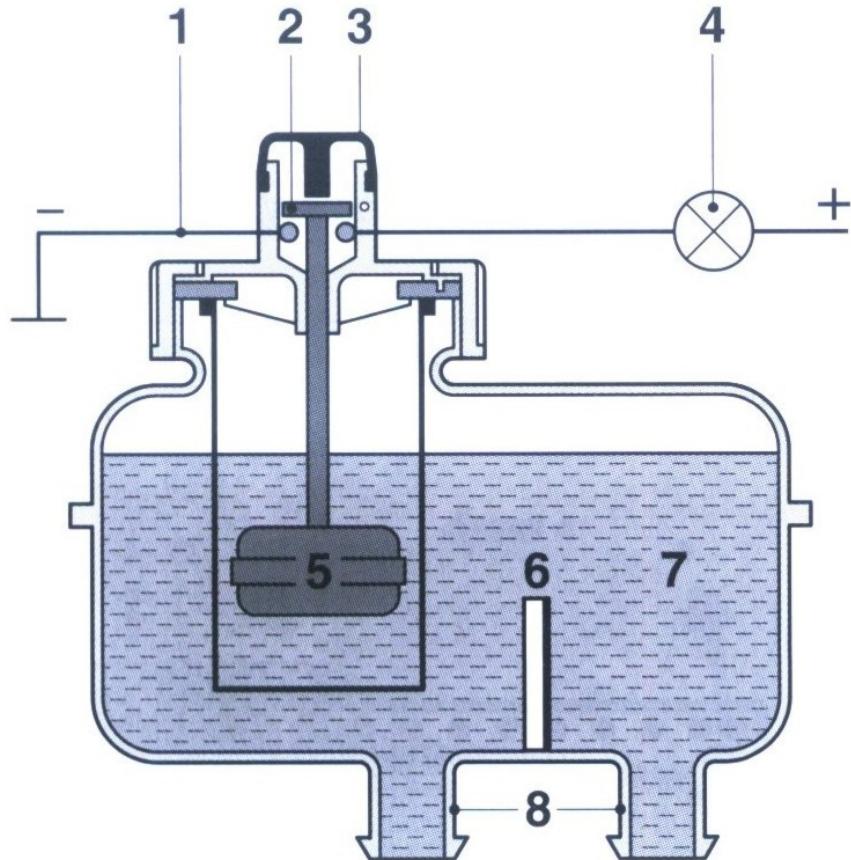
Pompa hamulcowa



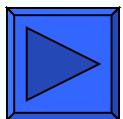
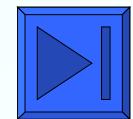
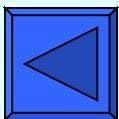
Siła nacisku na pedał działa bezpośrednio na tłok[14] i przesuwa go w lewo. Pierścień[17] mija otwór kompensacyjny[11], a płyn wpływając do przestrzeni tłocznej[3], popycha tłok pływający[6]. Gdy ten tłok przesunie się o ok. 1 mm, trzpień[18] nie opiera się już o kołek [7] i rozdziela przestrzenie [3]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



Zbiornik płynu hamulcowego



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

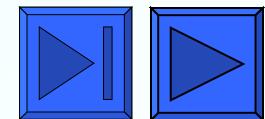
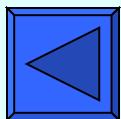
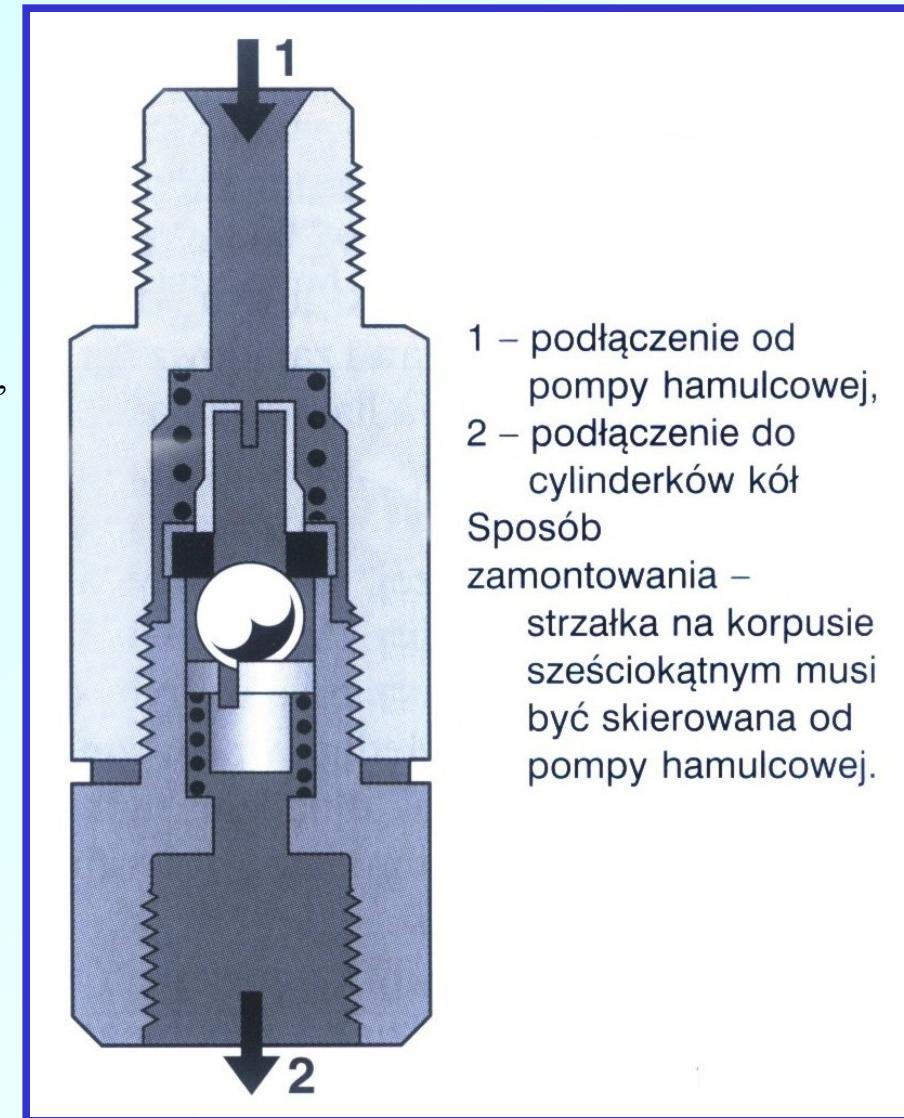


Zawór nadciśnieniowy

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 antykorozyjnej. Nie należy ich czyścić mechanicznie, aby nie uszkodzić powłoki antykorozyjnej. 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:

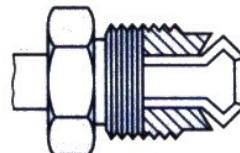
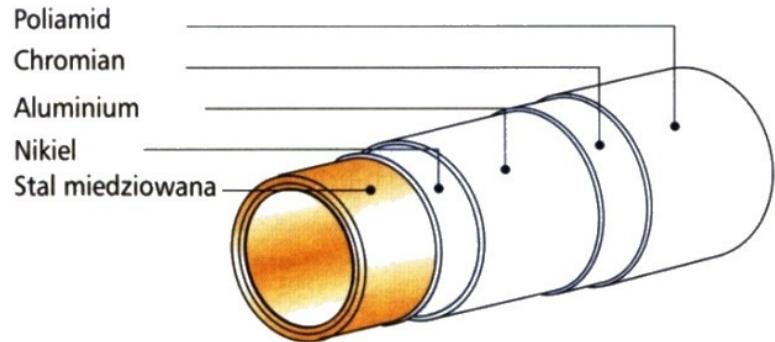
DOT – klasa jakości

C – producent

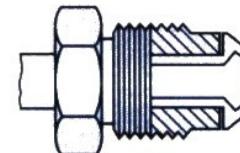
02/93 – data produkcji

1/8 – średnica wew. przewodu w calach

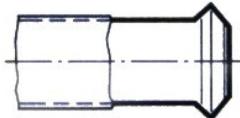
L – umiarkowane wydłużenie



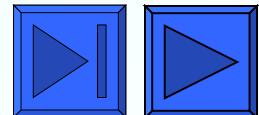
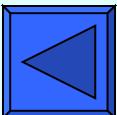
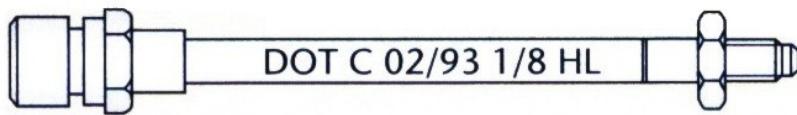
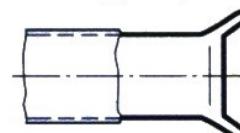
S.A.E. (wypukły)



DIN (wypukły)



Formy wywinięć E i F



Urządzenie wspomagające

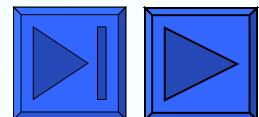
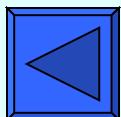
Wzmacnia oddziaływanie stopy kierującego podczas uruchomienia hamulców, przez co zmniejsza niezbędną siłę, z jaką kierowca musi nacisnąć na pedał.

Główne wymagania

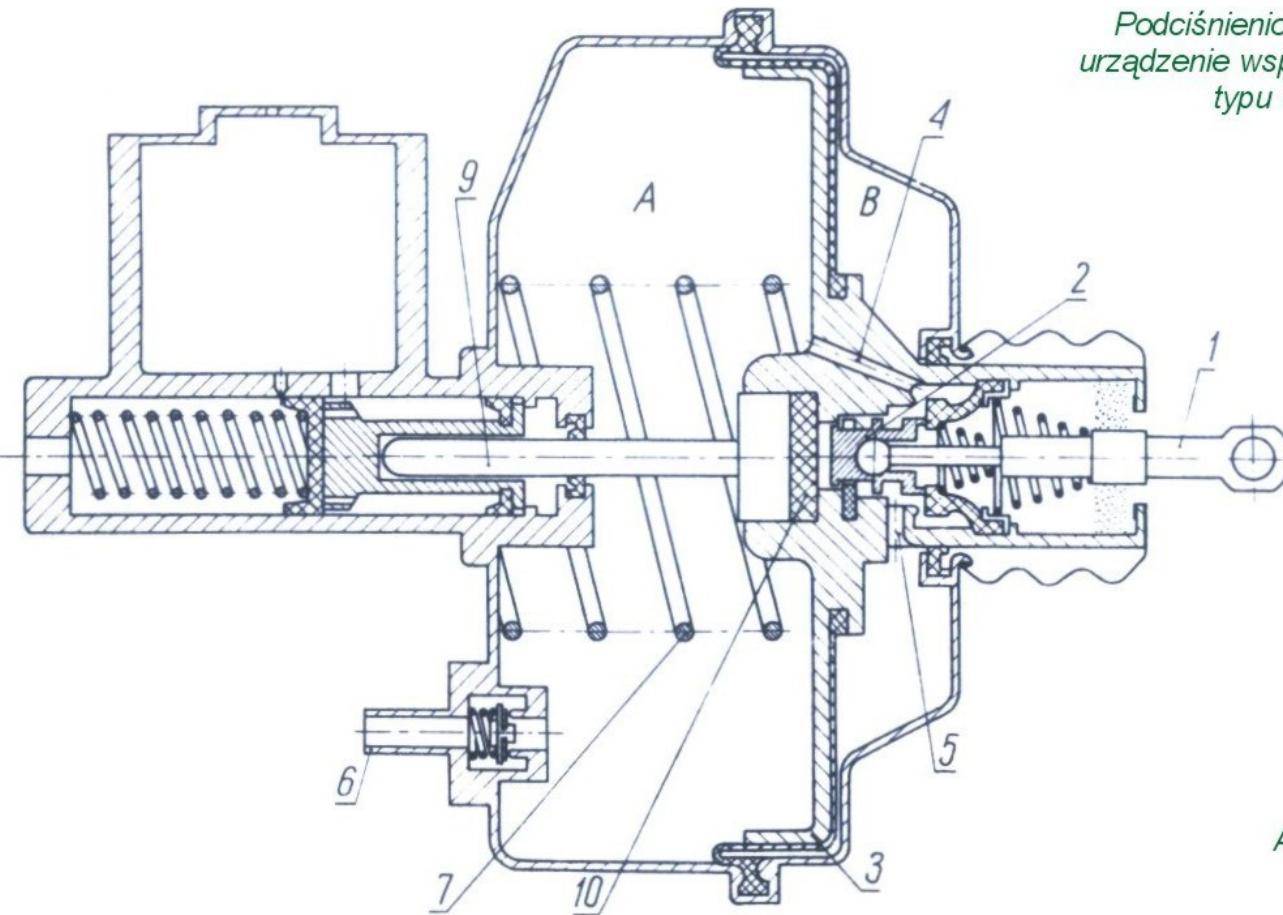
- Zmniejszenie wymaganej siły nacisku stopy
- Możliwość delikatnego stopniowania siły hamowania
- Wyczucie stopnia hamowania
- Współczynnik wspomagania 2 - 5

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



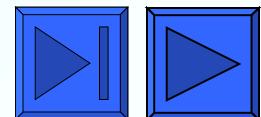
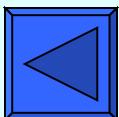
Hamowanie pojazdów

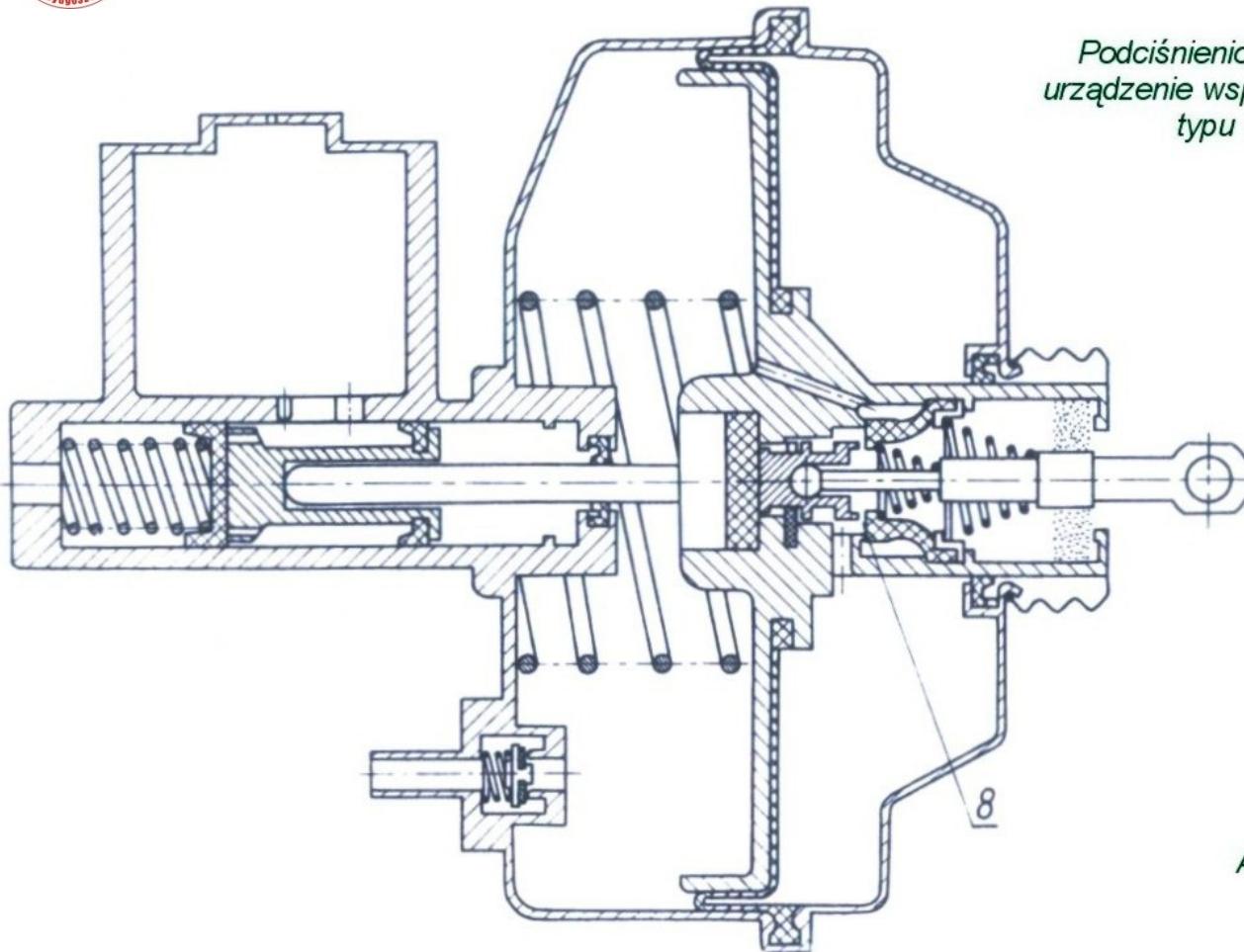


Podciśnieniowe dwukomorowe
urządzenie wspomagające hamulce
typu Master-Vac

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

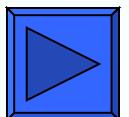
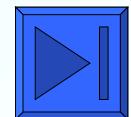
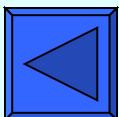


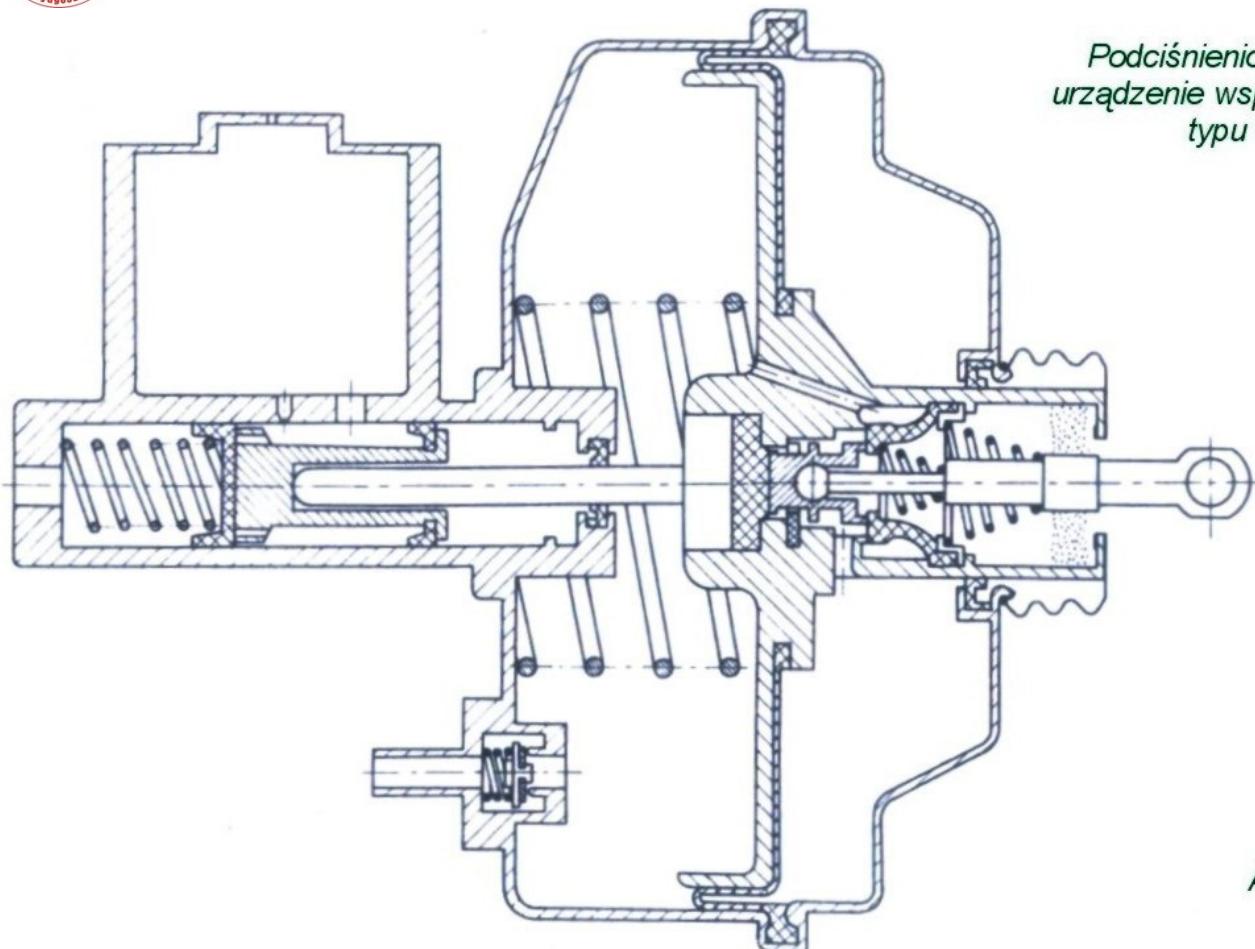


Podciśnieniowe dwukomorowe
urządzenie wspomagające hamulce
typu Master-Vac

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



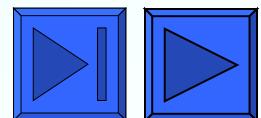
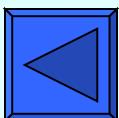


Podciśnieniowe dwukomorowe urządzenie wspomagające hamulce typu Master-Vac

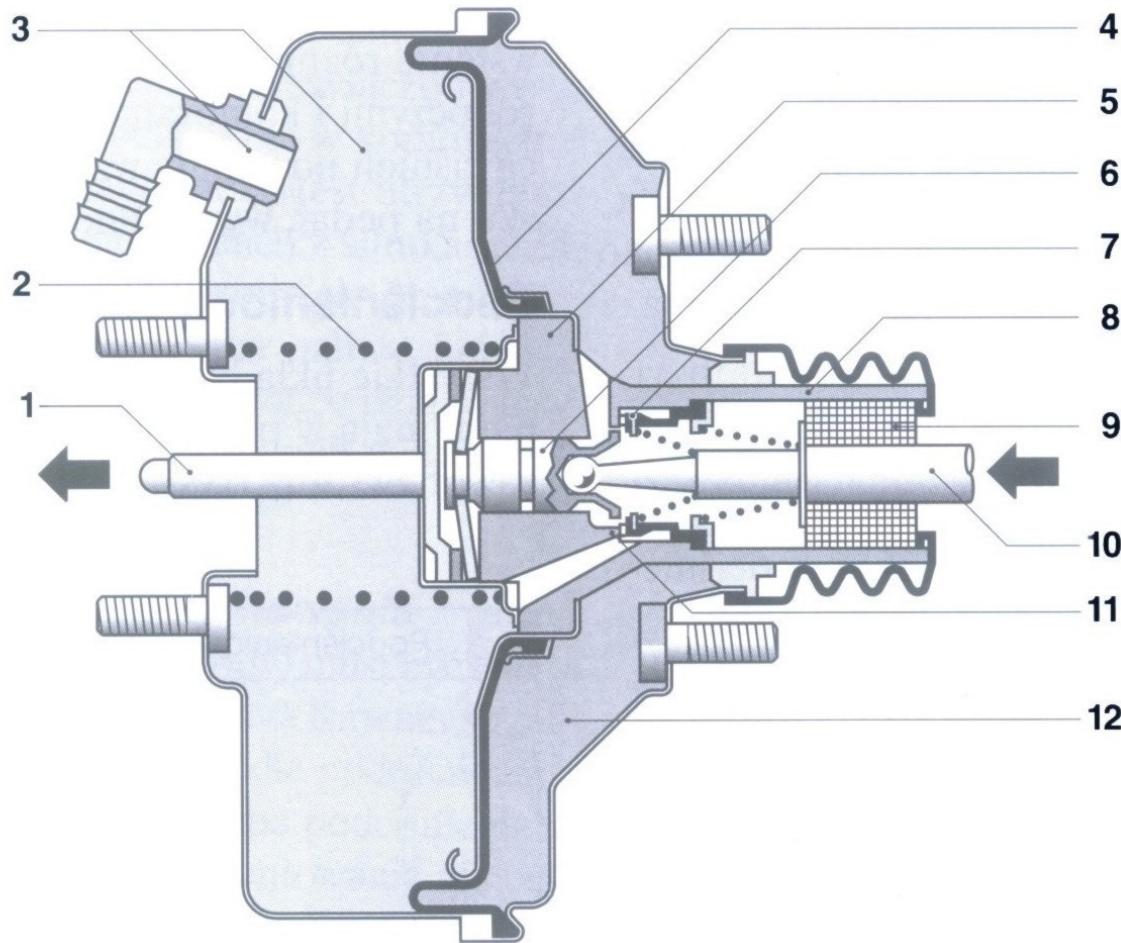
c) położenie pod koniec hamowania

- 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

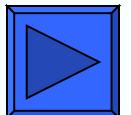
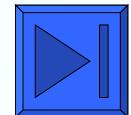
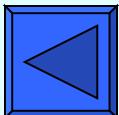
A i B - komory mechanizmu



Podciśnieniowe dwukomorowe urządzenie wspomagające

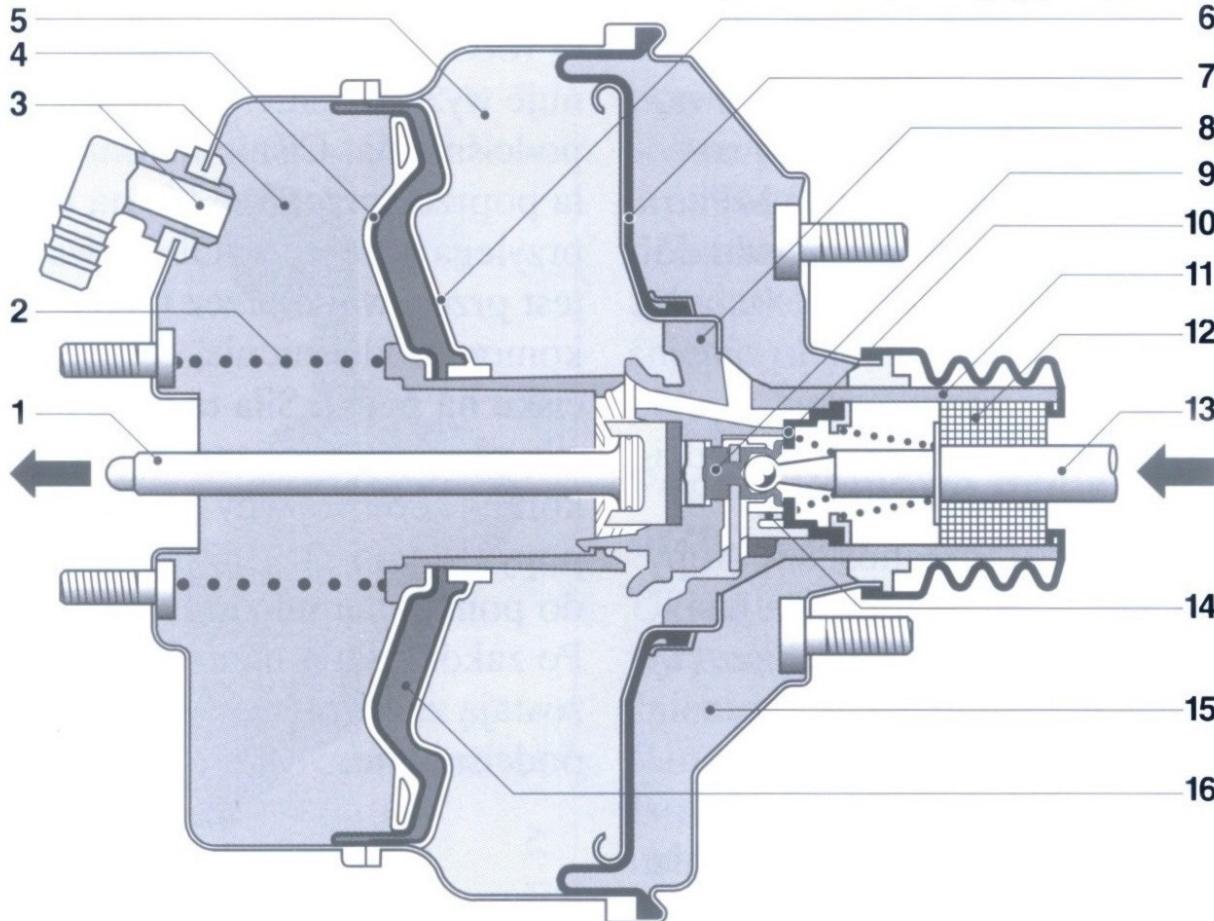


- 1 – popychacz
(przekazuje siłę wyjściową działającą na pompę hamulcową typu tandem)
- 2 – sprężyna
- 3 – komora podciśnieniowa z króćcem
- 4 – przepona z tarczą
- 5 – tłok roboczy
- 6 – tłok sterujący
- 7 – zawór podwójny
- 8 – obudowa zaworu
- 9 – filtr powietrza
- 10 – tłoczysko
(przekazuje siłę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

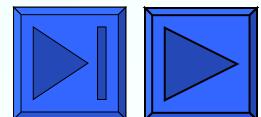
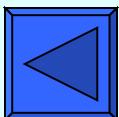


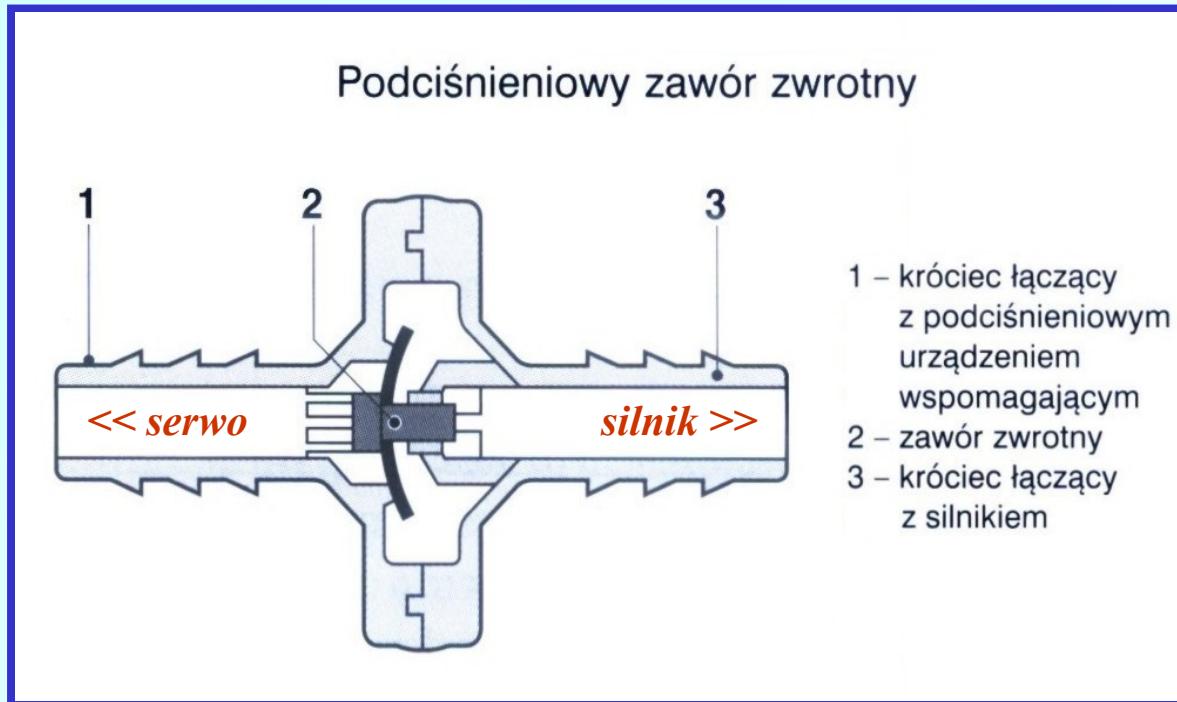
Hamowanie pojazdów

Podciśnieniowe czterokomorowe urządzenie wspomagające typu tandem



- 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 – tloczysko
(przekazuje siłę nacisku na pedał)
- 14 – gniazdo zaworu
- 15 – komora robocza I
- 16 – komora robocza II

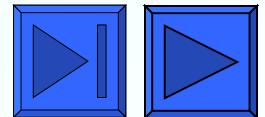
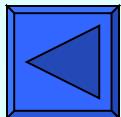




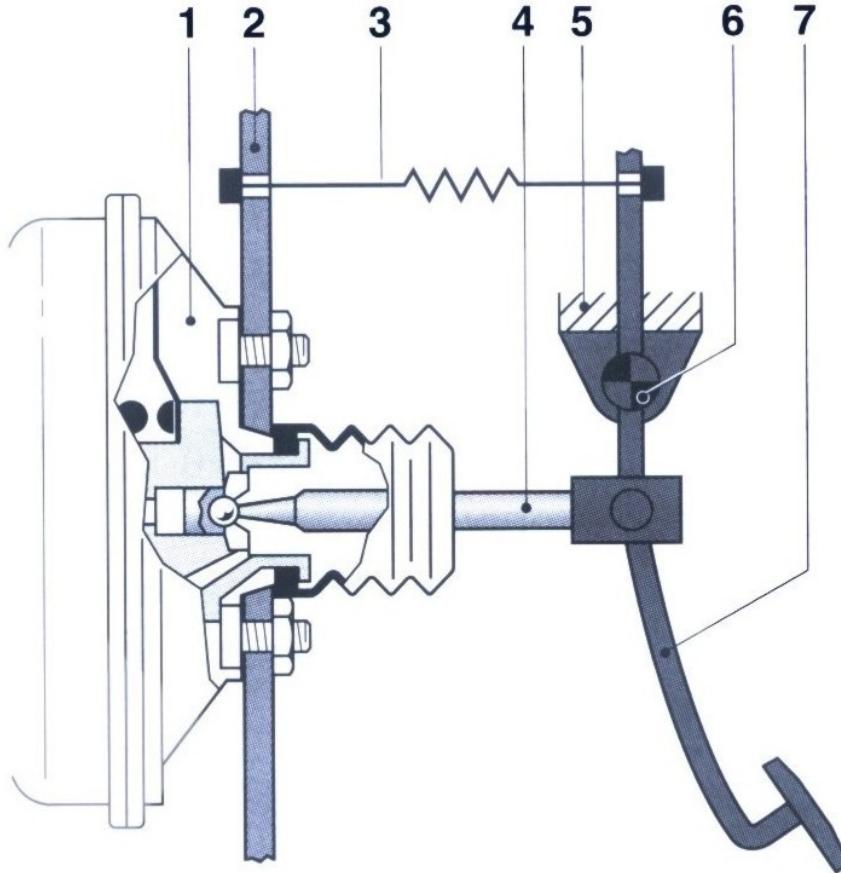
Wszystkie układy hamulcowe ze wspomaganiem mają w przewodzie podciśnieniowym zawór zwrotny. Dopóki jest wytwarzane podciśnienie, dopóty zawór jest otwarty.

Zamyka się on przy wyłączonym silniku, a podciśnienie w urządzeniu wspomagającym jest podtrzymywane.

Zawór zapobiega przedostawaniu się par paliwa i tłumie pulsacje ciśnienia z kolektora dolotowego.

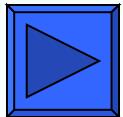
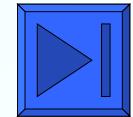
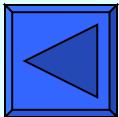


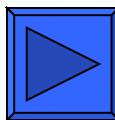
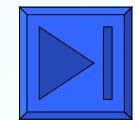
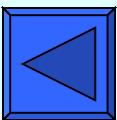
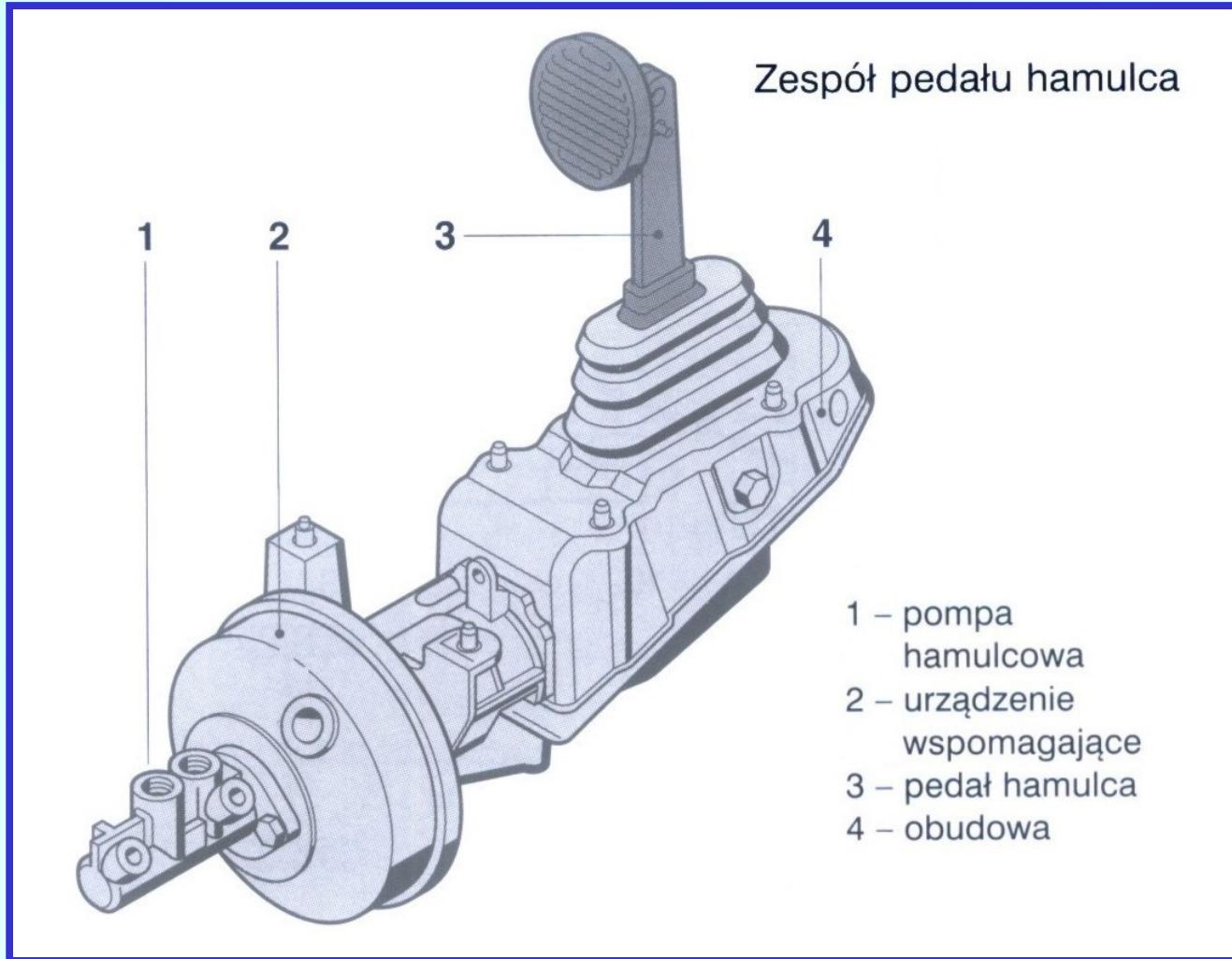
Pedał hamulca – konstrukcja podwieszona



- 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

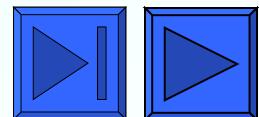
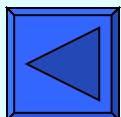
Z powodu dynamicznej zmiany obciążenia osi podczas hamowania, koła przednie mogą być hamowane silniej niż tylne. Dlatego hamulce kół przednich są gabarytowo większe niż tylnych. Obciążenie tylnej osi nie zmienia się jednak liniowo, lecz rośnie coraz szybciej wraz ze wzrostem opóźnienia hamowania.

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



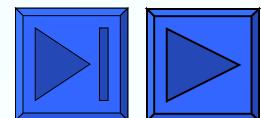
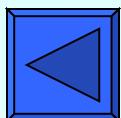
Korekcja rozkładu siły hamowania

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 załadunku samochodu lub opóźnienia hamowania.

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



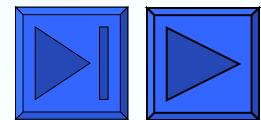


Hamowanie pojazdów

Korektory rozkładu siły hamowania

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

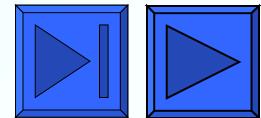
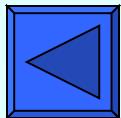
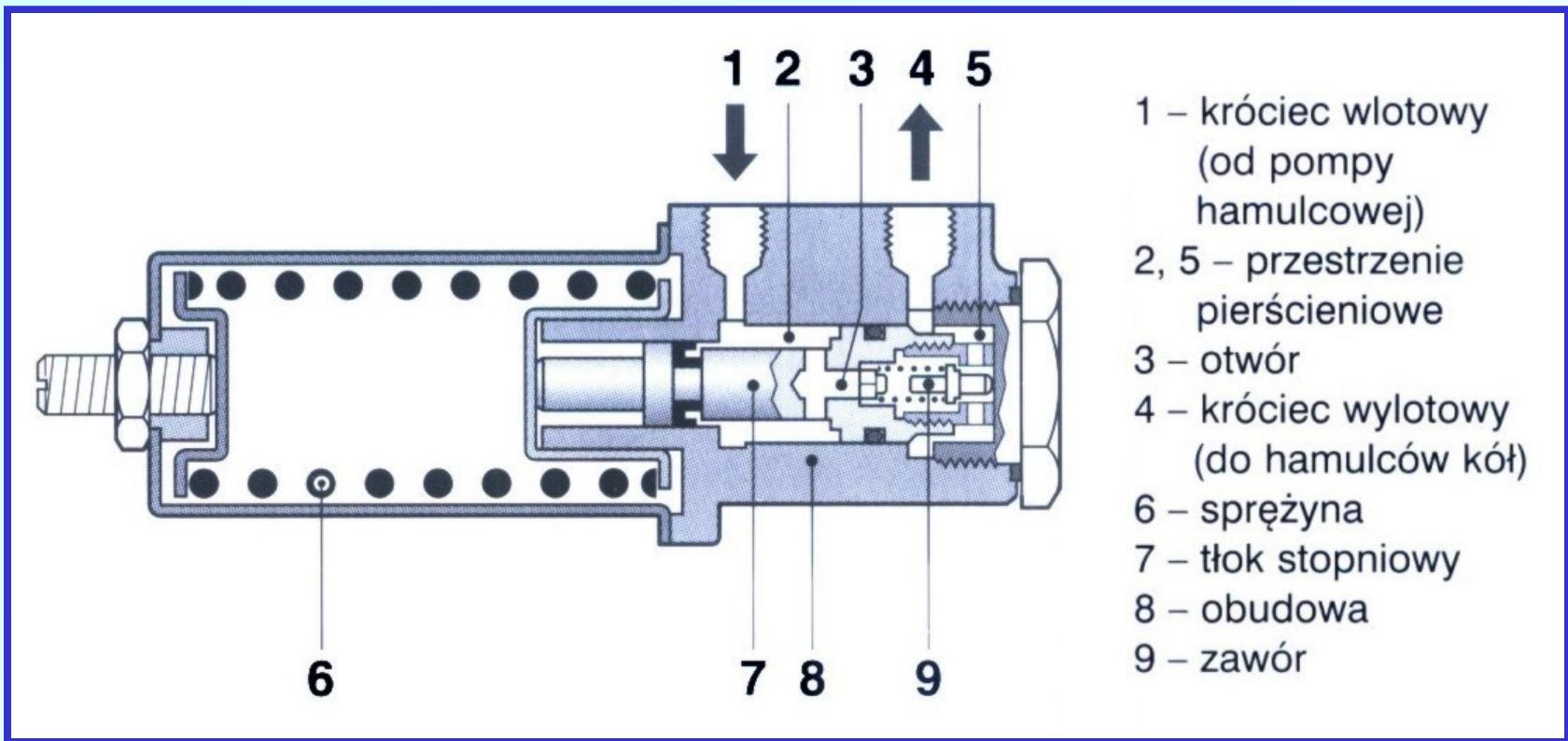
- korektor siły hamowania o stałym ustawieniu
- korektor siły hamowania o działaniu zależnym od obciążenia osi
- korektor siły hamowania o działaniu zależnym od opóźnienia hamowania
- korektor siły hamowania zamontowany w pompie hamulcowej
- ogranicznik siły hamowania





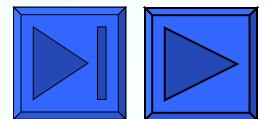
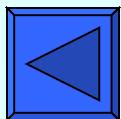
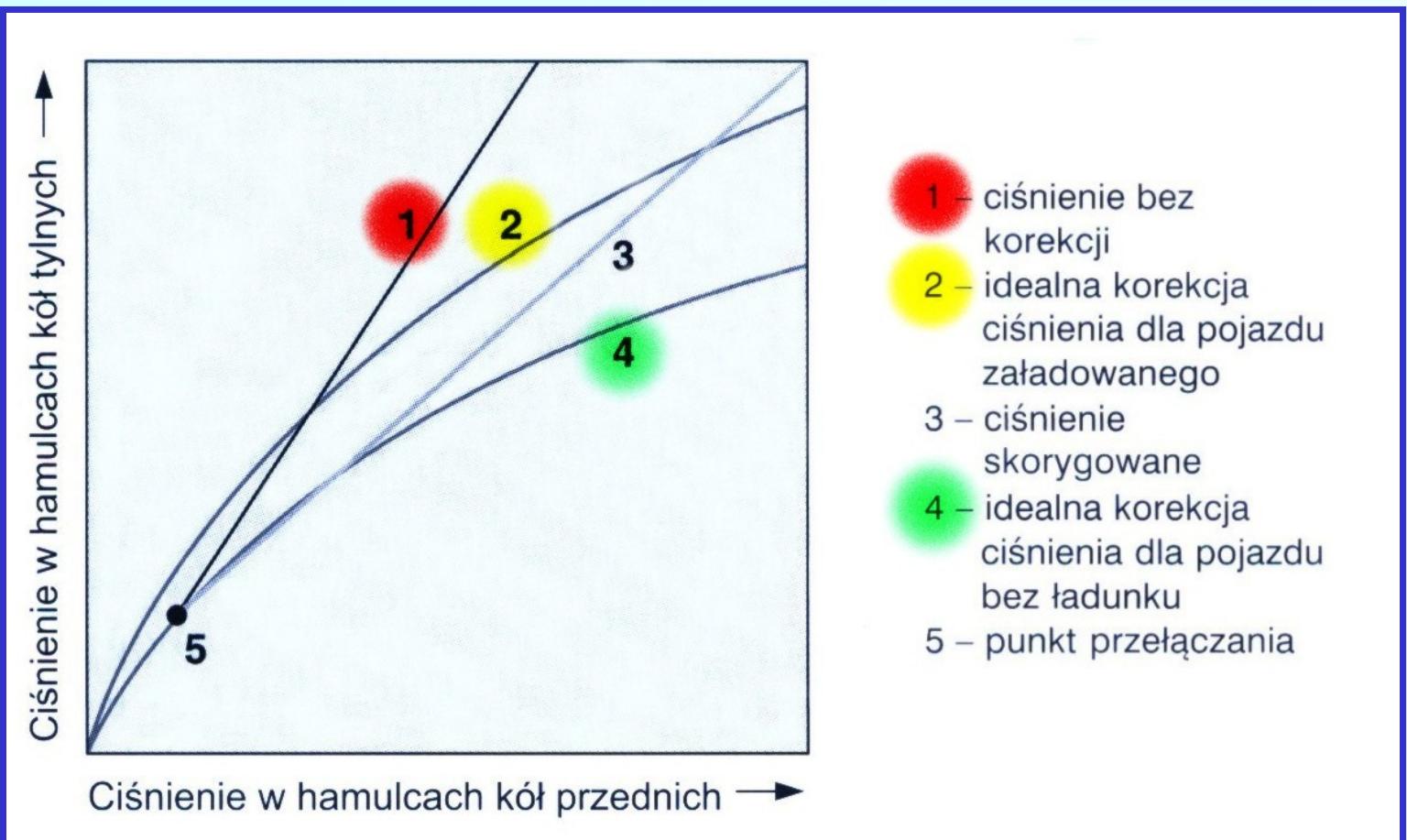
Korektor siły hamowania o stałym ustawieniu

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



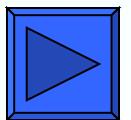
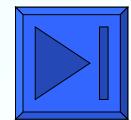
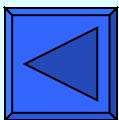
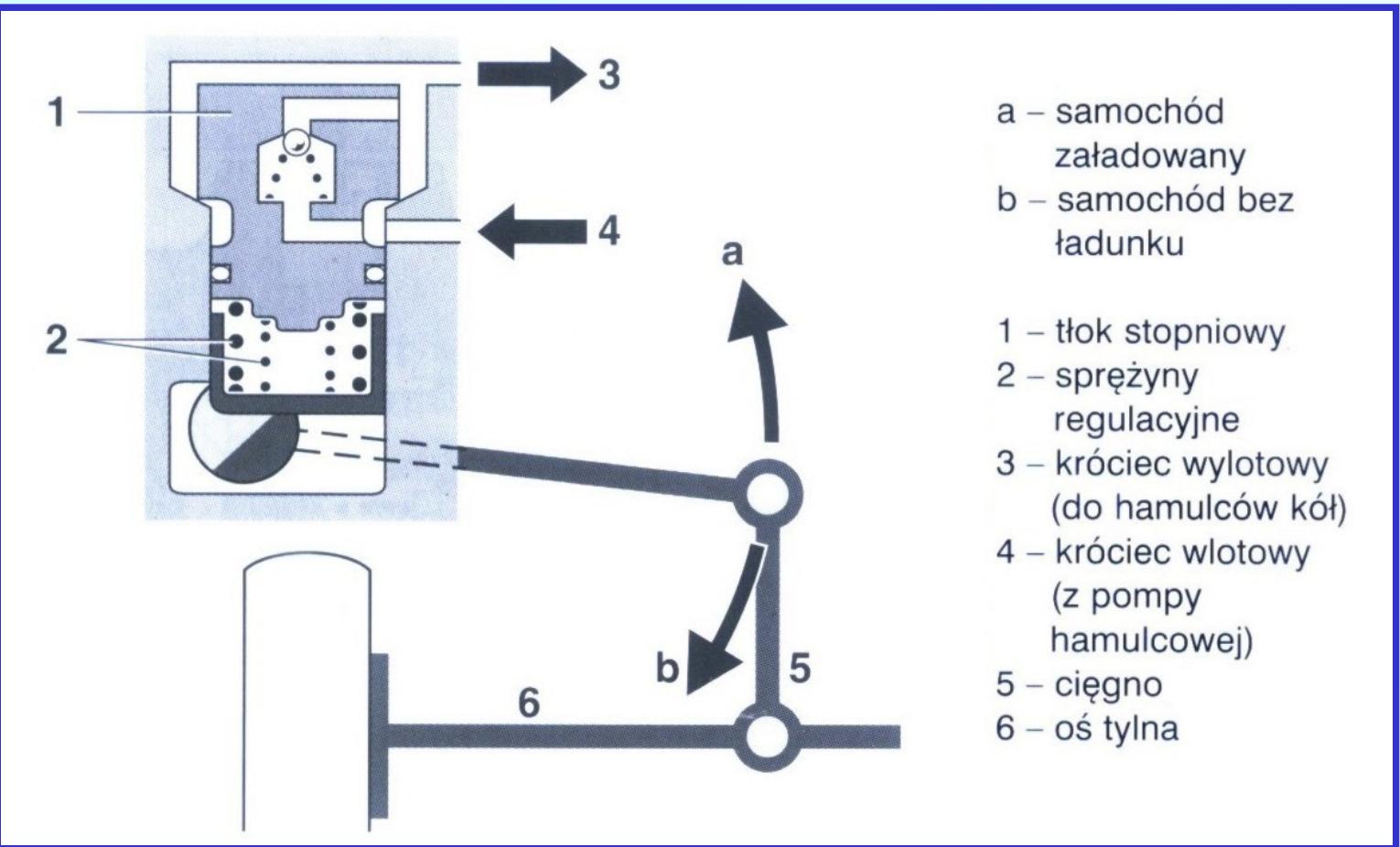


Korektor siły hamowania o stałym ustawieniu – charakterystyka pracy



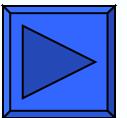
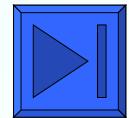
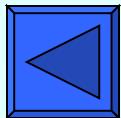
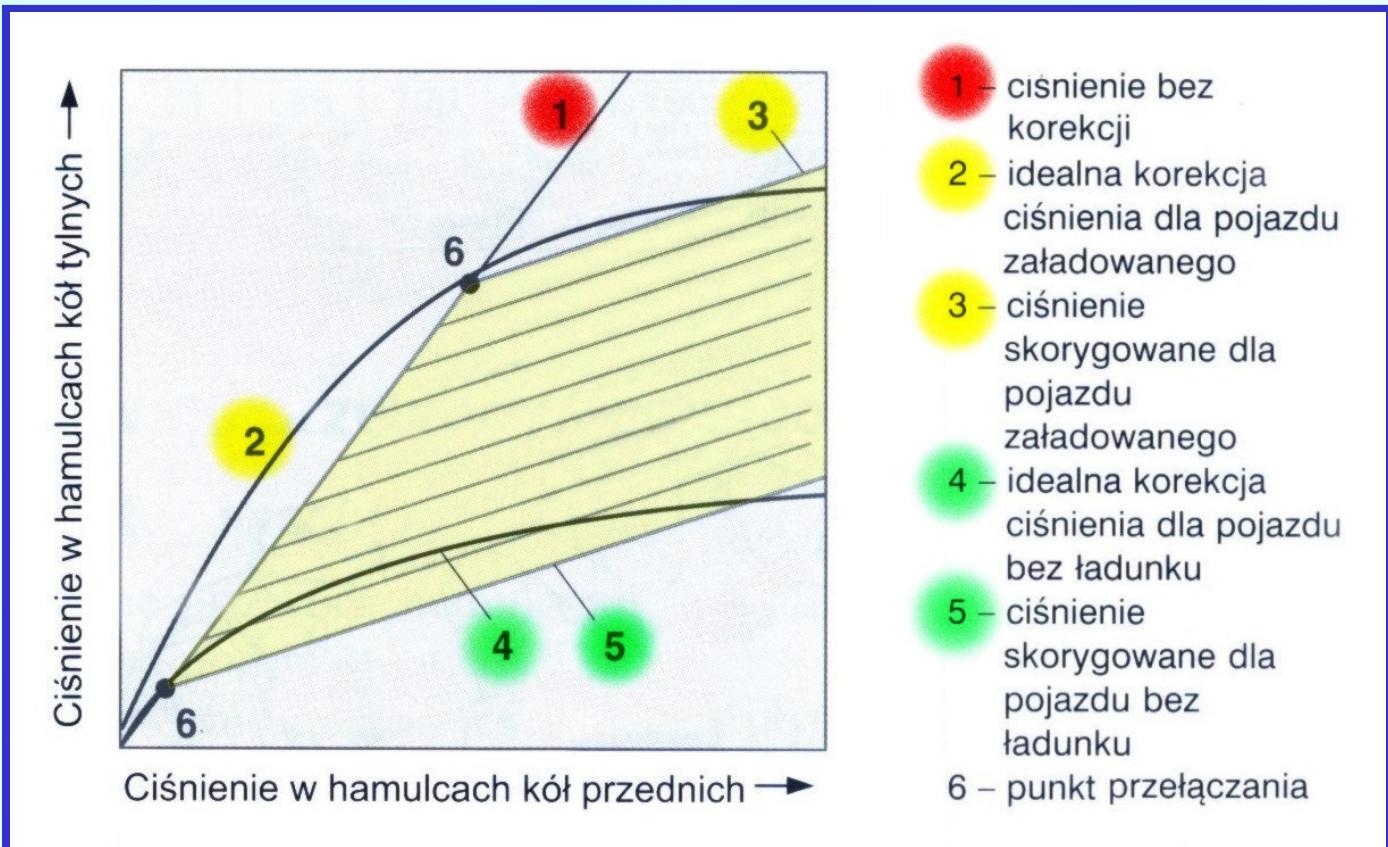


Korektor siły hamowania o działaniu zależnym od obciążenia osi



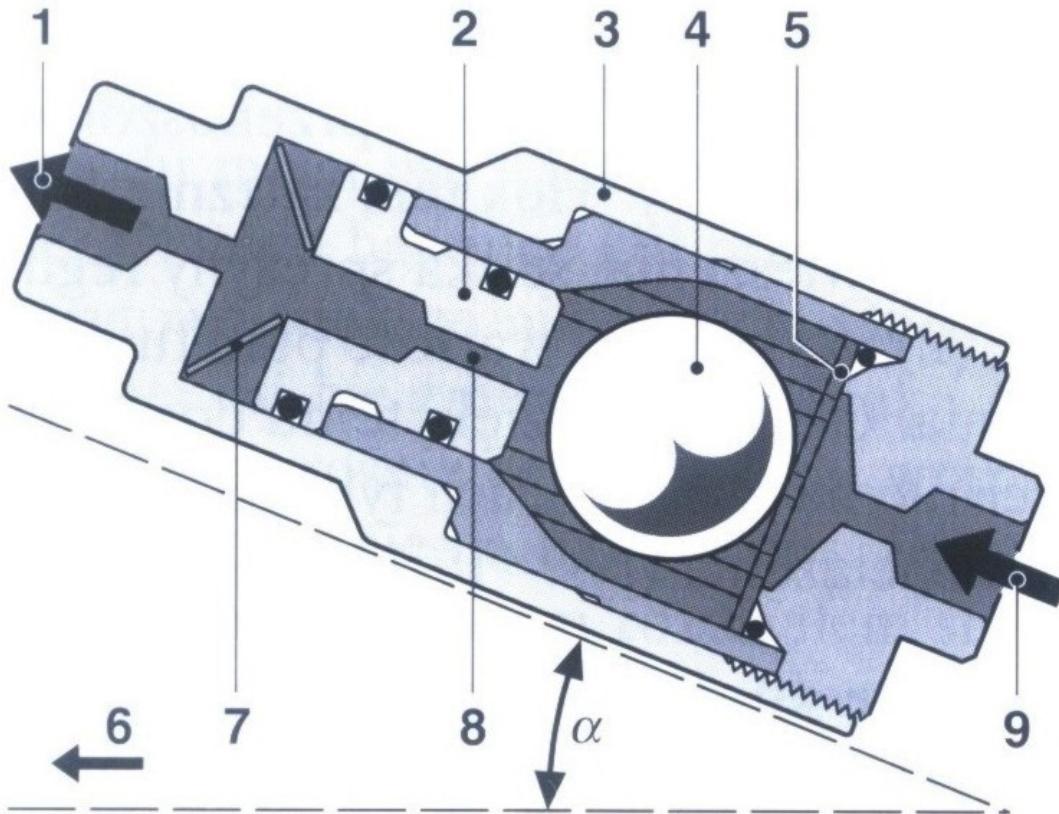


Korektor siły hamowania o działaniu zależnym od obciążenia osi charakterystyka pracy



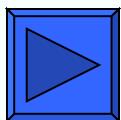
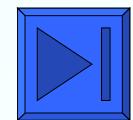
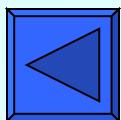


Korektor siły hamowania o działaniu zależnym od opóźnienia hamowania



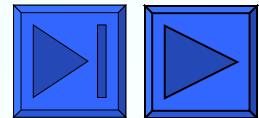
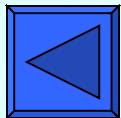
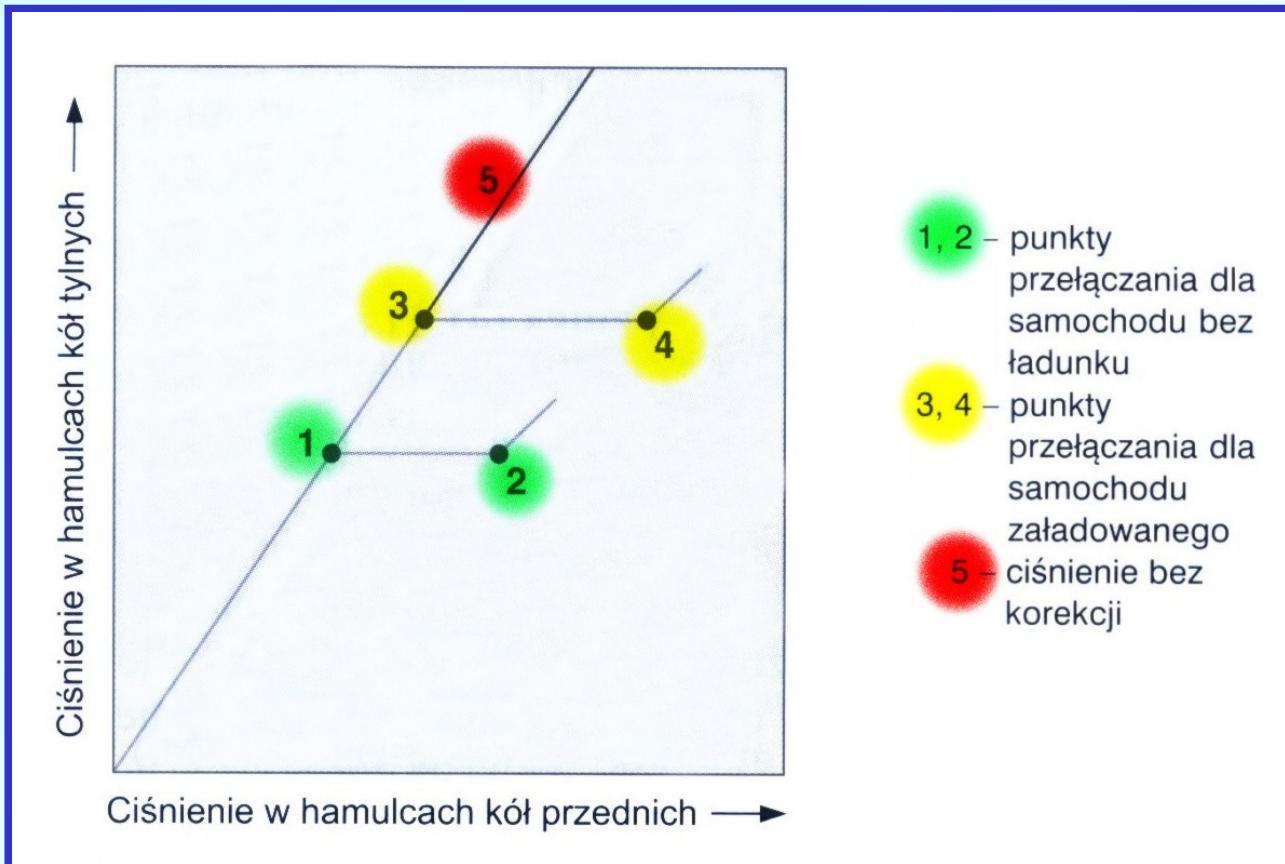
α – kąt zamontowania względem osi podłużnej samochodu

- 1 – króciec wylotowy (do hamulców kół)
- 2 – tłok stopniowy
- 3 – obudowa
- 4 – kulka
- 5 – podkładka z otworami
- 6 – kierunek ruchu pojazdu
- 7 – sprężyna płytka
- 8 – otwór
- 9 – króciec wlotowy (z pompą hamulcową)





Korektor siły hamowania o działaniu zależnym od opóźnienia hamowania charakterystyka pracy

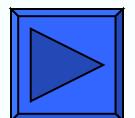
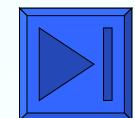
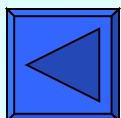
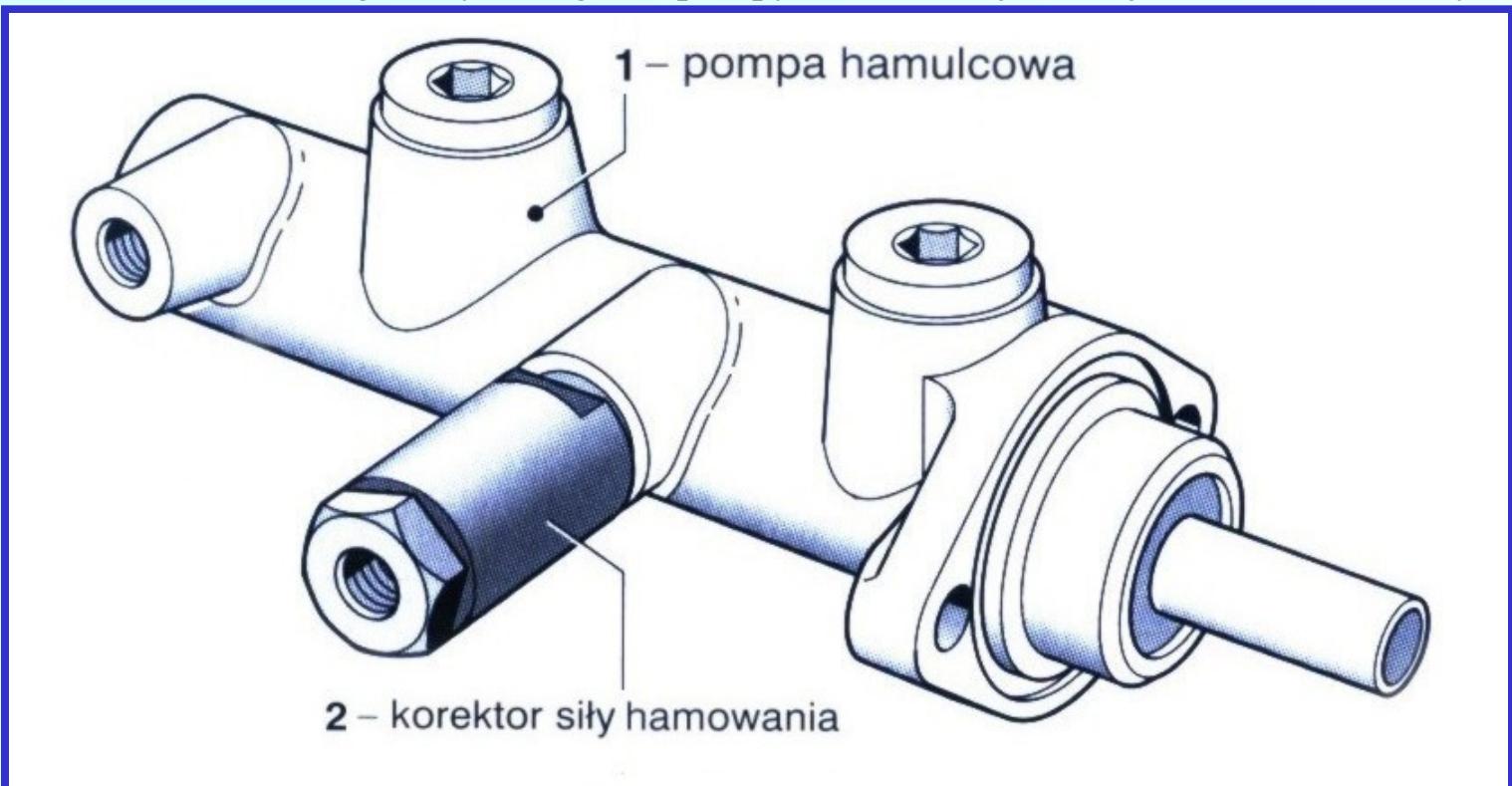




Korektor siły hamowania zamontowany na pompie hamulcowej

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

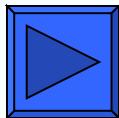
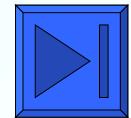
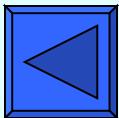
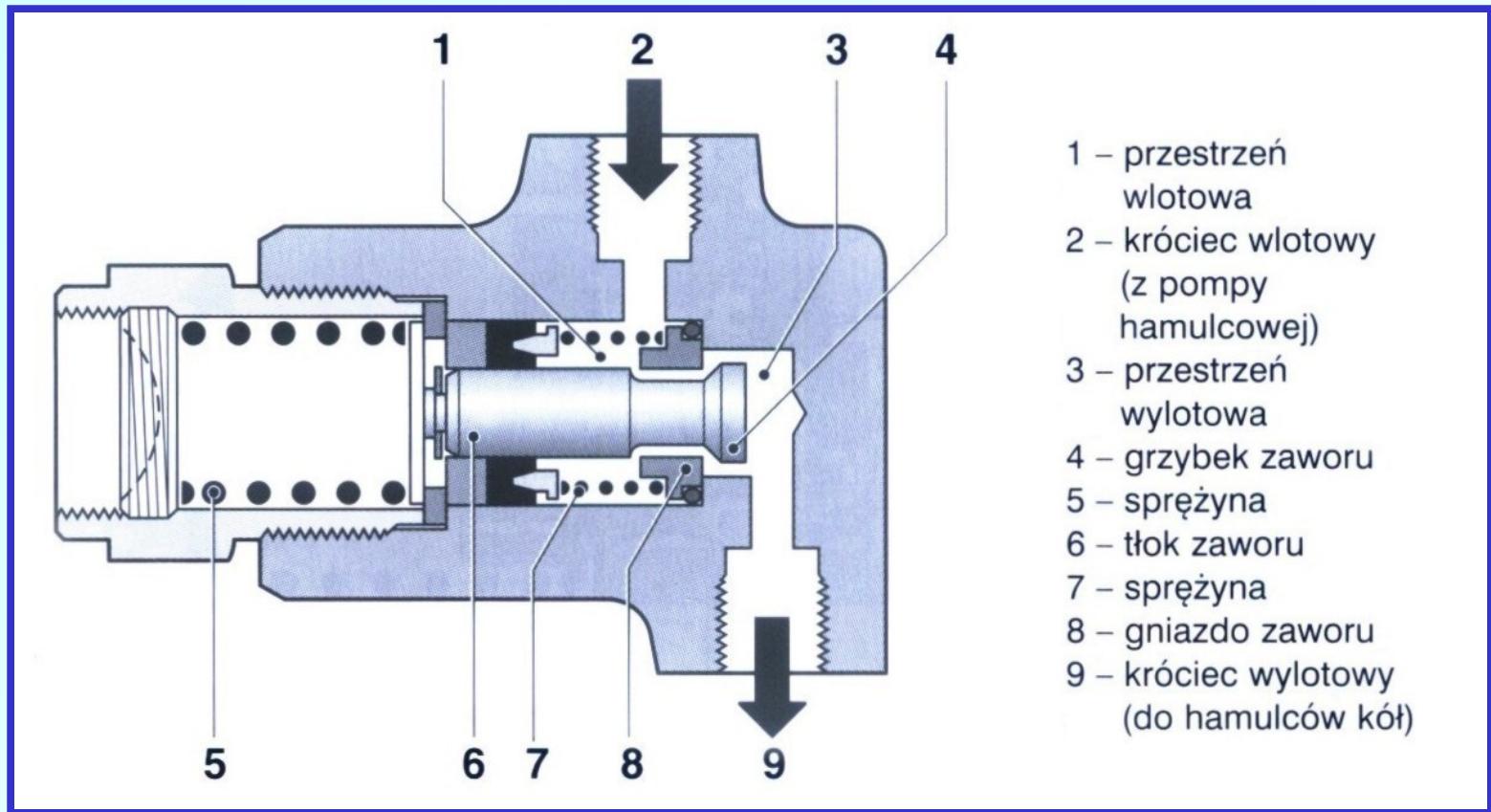
Dla układu hamulcowego krzyżowego do pompy hamulcowej montuje się dwa korektory.





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].

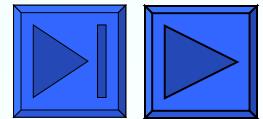
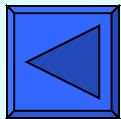




Hamowanie pojazdów

Płyny hamulcowe

Do opracowania

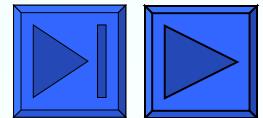
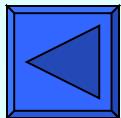




Hamowanie pojazdów

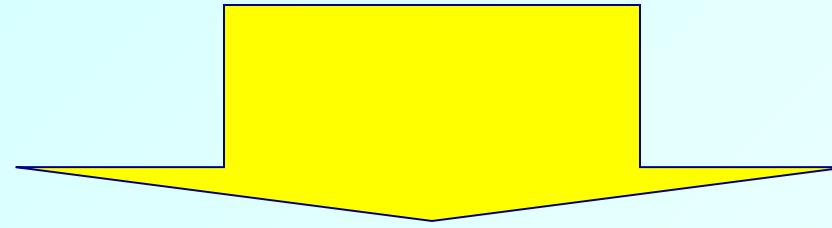
Literatura:

- 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





Hamowanie pojazdów



Dziękuję za uwagę

Opracowanie autorskie mgr inż. Ireneusz Kulczyk - 2010

Kopiowanie i wykorzystywanie wyłącznie za zgodą autora opracowania

