



Wrocław University of Technology

Podstawy Konstrukcji Maszyn

Hamulce

2020

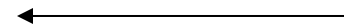


OBLICZENIA DROGI HAMOWANIA

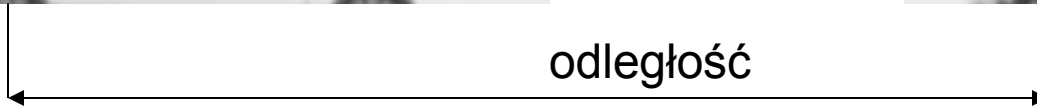
$v=0$



$v= 60 \text{ km/h}$



odległość



Masa pojazdu: 2000 kg

$V= 60 \text{ km/h}$

$L=14,2 \text{ m}$

$V=120 \text{ km/h}$

$L= 56,6 \text{ m}$

$56,6/14,2= 4 \text{ razy}$



Utrata energii podczas hamowania

Energia pochłonięta podczas hamowania:

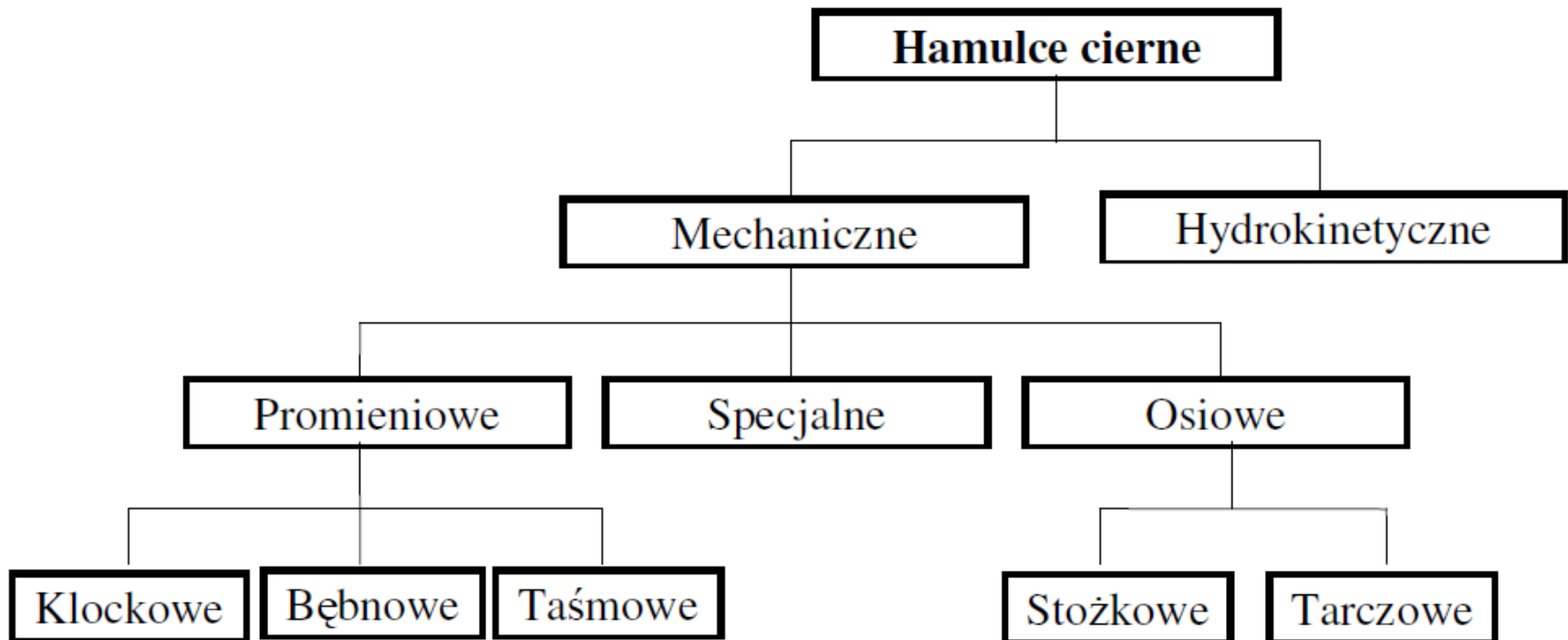
- **Energia kinetyczna dla ruchu liniowego** - $E = 1/2 \cdot m \cdot v^2$:

Energia kinetyczna wzrasta wraz z kwadratem prędkości. Oznacza to, że podwojona prędkość generuje powstanie czterokrotnie większej energii kinematycznej. W takim wypadku hamulce muszą rozproszyć energię 4-krotnie większą i odpowiednio odległość hamowania jest czterokrotnie dłuższa.

- **Energia kinetyczna ruchu obrotowego** $E = 1/2 \cdot I \cdot \omega^2$
- **Energia potencjalna (energia grawitacji)** $E_p = mg \cdot L$

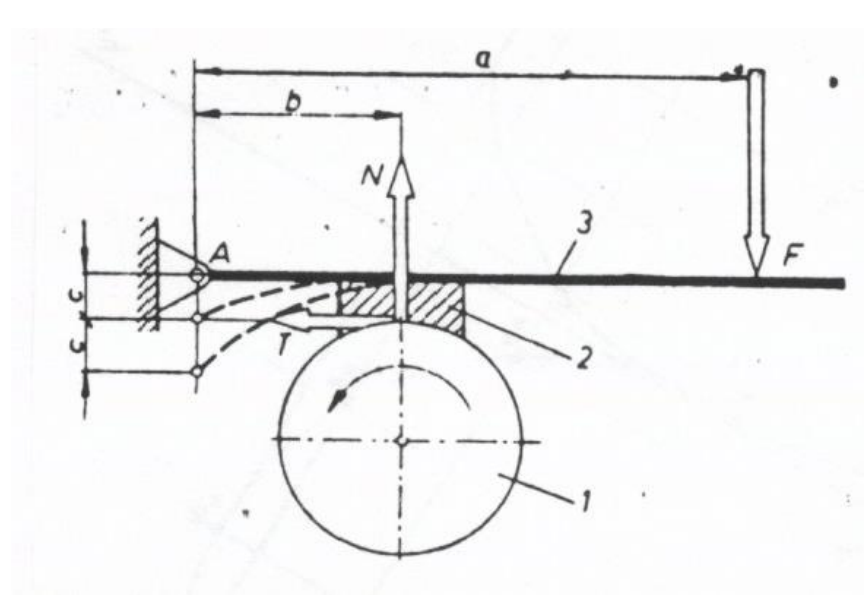
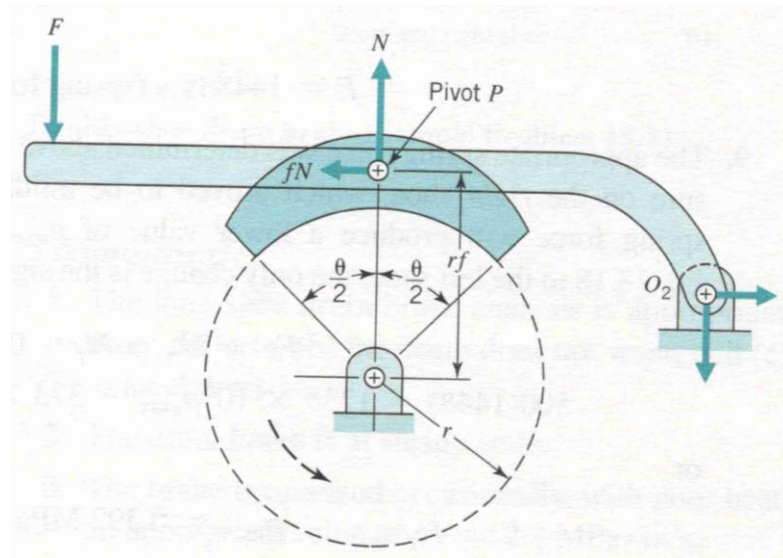


HAMULCE - podział





Hamulec jednoklockowy klockowy



$$M_H \geq M_O = P/\omega$$

$$M_H = M_T = T \cdot 0.5D$$

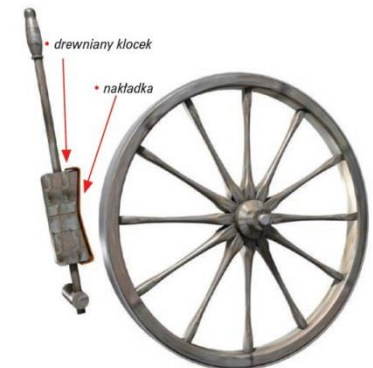
$$T = N\mu$$

$$\Sigma M_A = 0$$

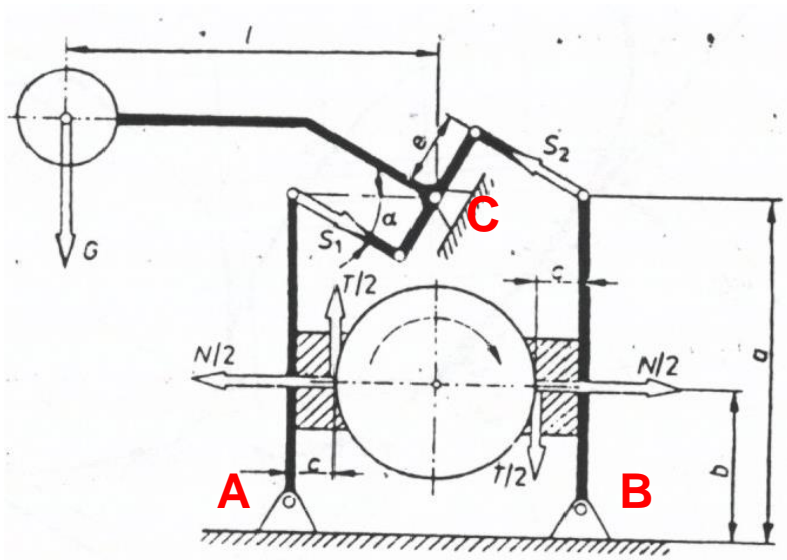
$$Fa - Nb + Tc = 0$$

$$Fa = Nb - N\mu c$$

$$F = N(b - \mu c)/a$$



Hamulec dwuklockowy



$$M_H \geq M_o = P/\omega$$

$$M_H = M_T = T \cdot 0.5D$$

$$T = N\mu$$

$$\Sigma M_C = 0$$

$$Gl - S_1e - S_2e = 0$$

$$G = e(S_1 + S_2)/l$$

$$\Sigma M_A = 0$$

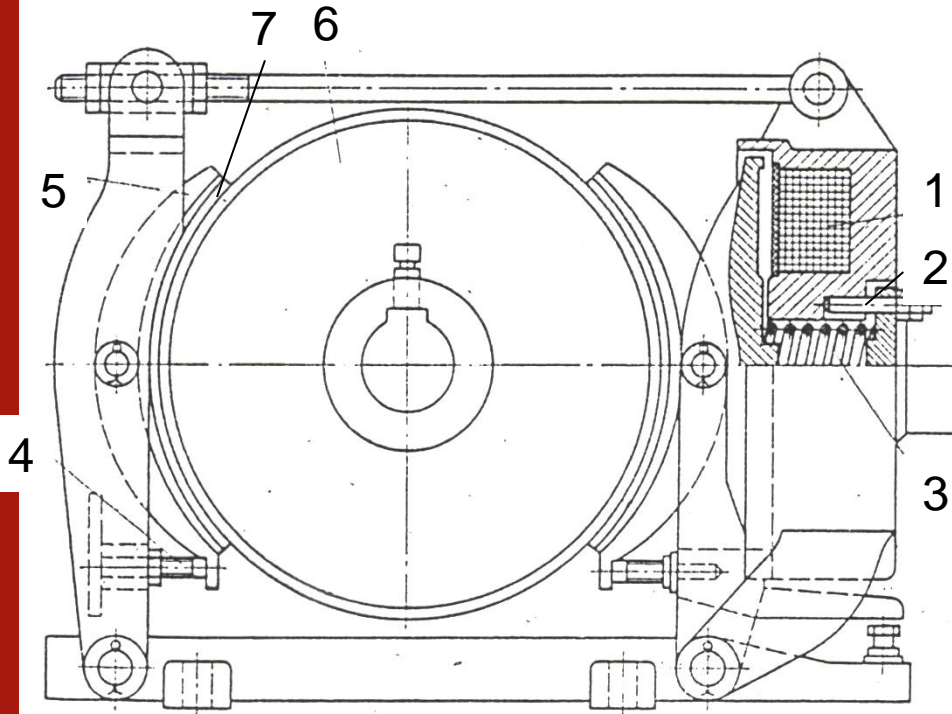
$$\Sigma M_B = 0$$

$$0.5Nb + 0.5Tc - S_1a \cos \alpha = 0$$

$$S_1 = \frac{0,5N(b + fc)}{a \cdot \cos \alpha}$$

$$S_2 = \frac{0,5N(b - fc)}{a \cdot \cos \alpha}$$

Hamulec dwuklockowy



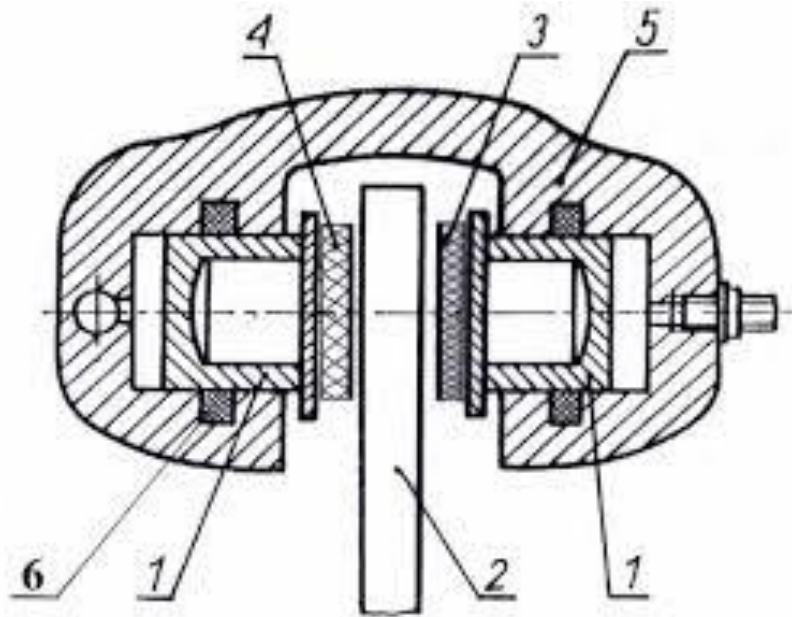
1- elektromagnes, 2 – śruba pokrywy sprężyny, 3 – sprężyna, 4 – śruba nastawcza, 5 – klocek, 6 – bęben hamulca, 7 – okładzina cierna



Hamulec dwuklockowy

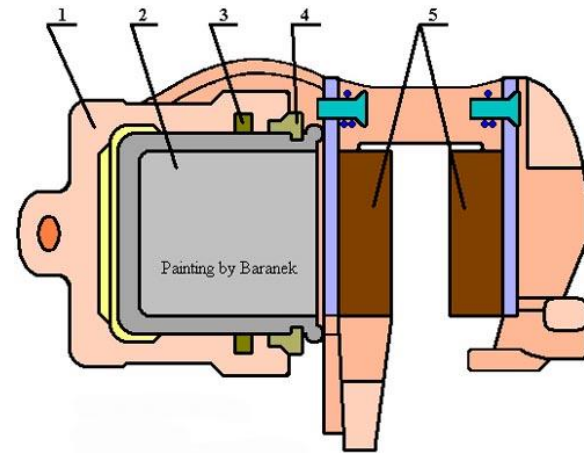
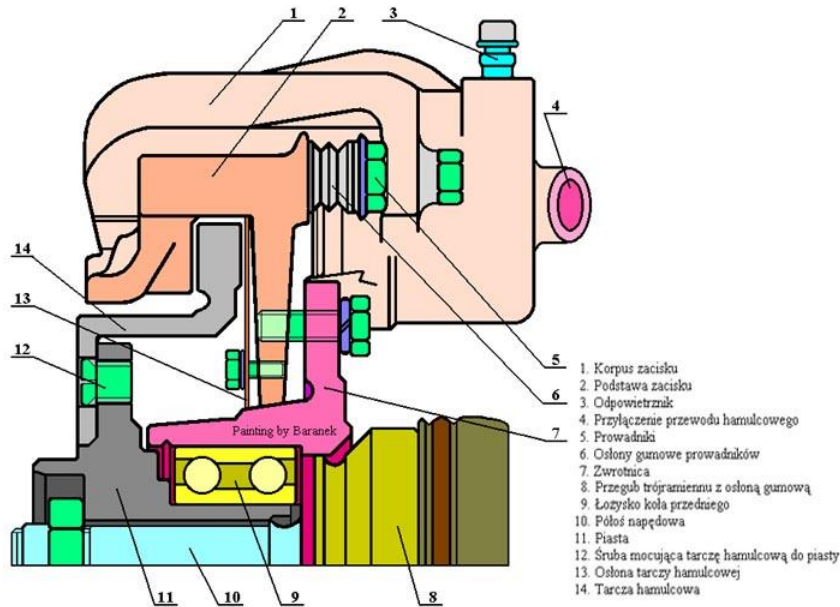


Hamulec dwuklockowy



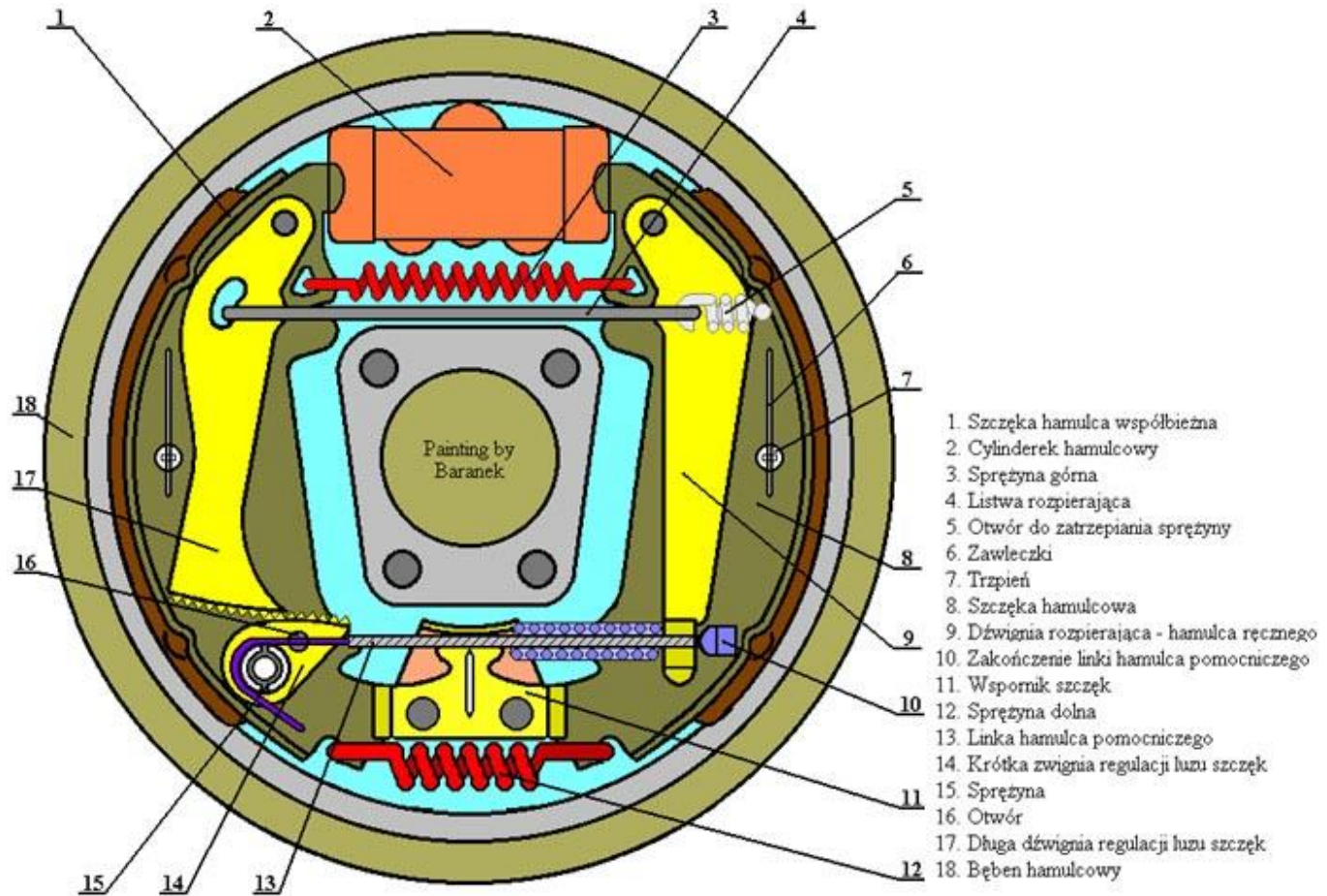


Hamulec dwuklockowy



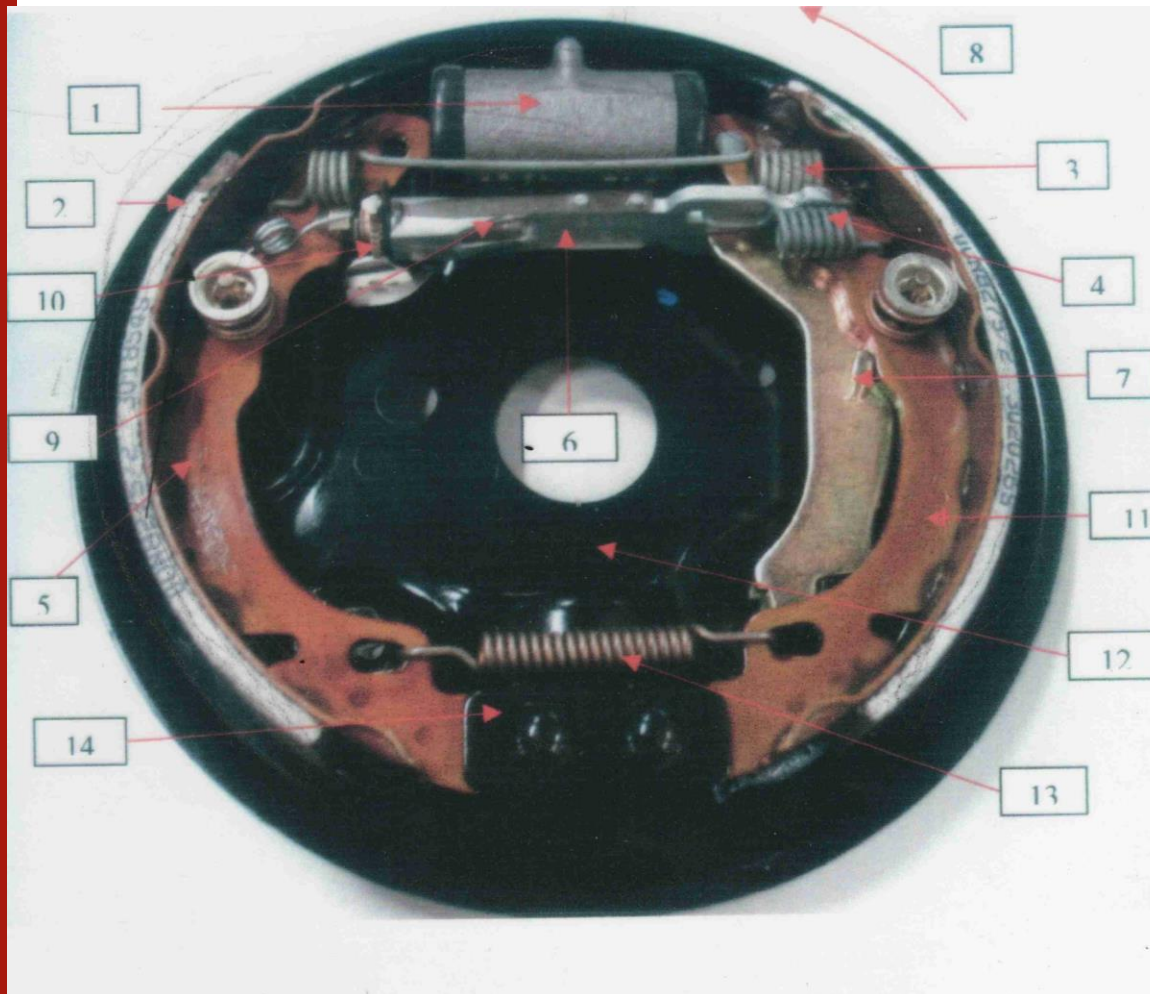


Hamulec dwuklockowy

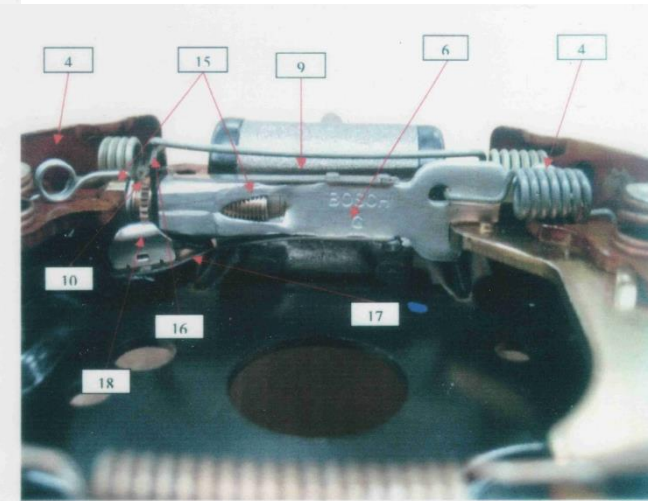




Hamulec dwuklockowy

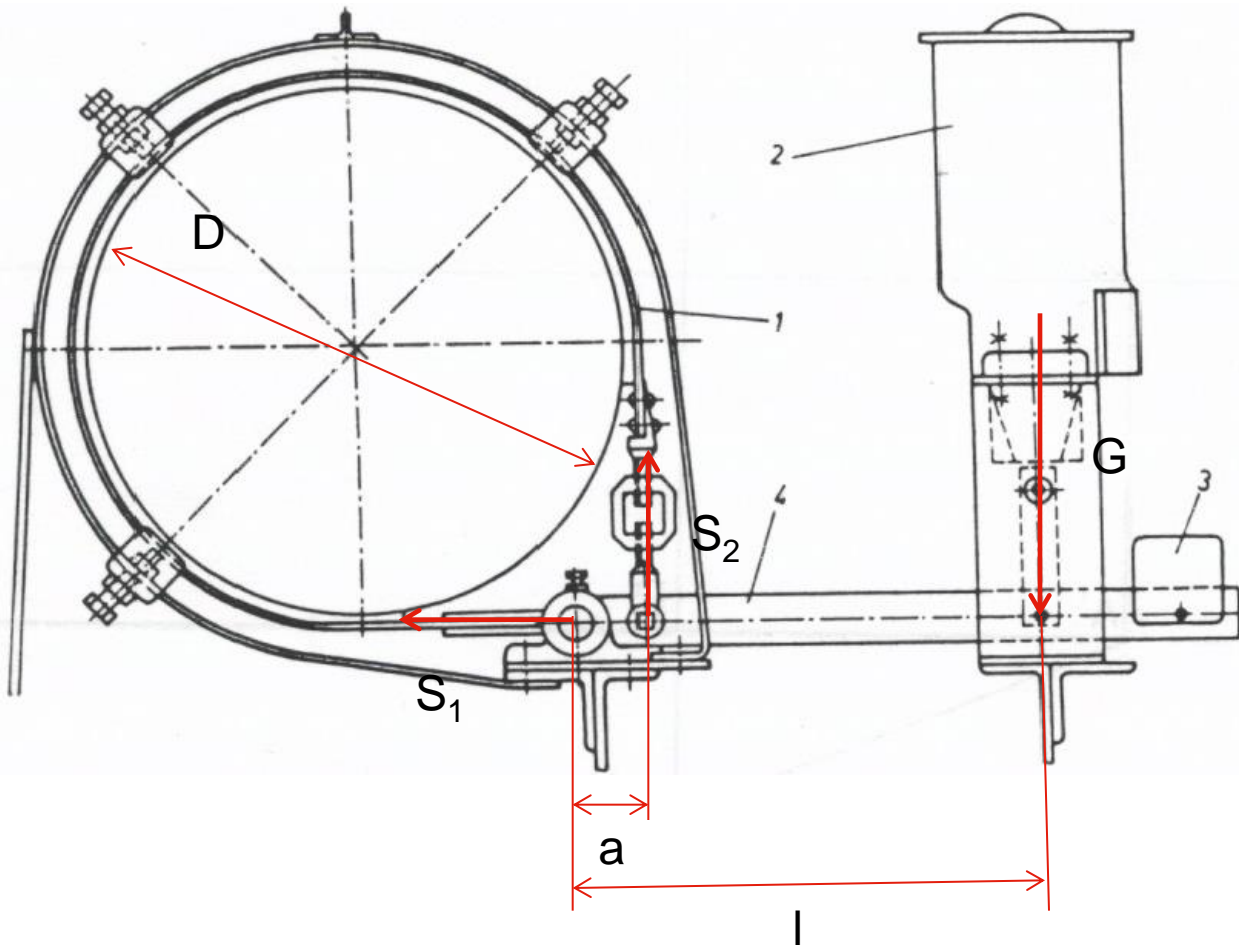


1 – siłownik, 2 – lining, 3 – sprężyna odbijająca, 4,13 – sprężyna krzywki, 5,11 – klocek, 6 – trzpień rozprężający, 7 – dźwignia hamulca ręcznego, 8 – kierunek obrotu, 9 – śruba, 10 – nakrętka blokująca, 12 – bęben, 14 – czop ustalający,





Hamulce taśmowe



$$M_H \geq M_o = P/\omega$$
$$M_H = M_T = T \cdot 0.5D$$
$$T = (S_1 - S_2)$$

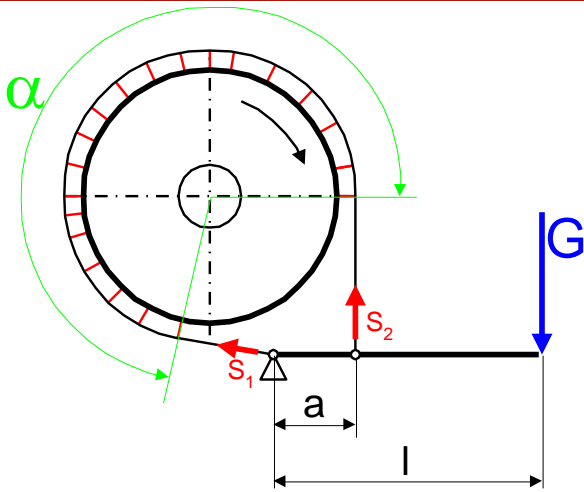
$$S_1/S_2 = e^{\mu\alpha}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$G \cdot l - S_2 \cdot a = 0$$

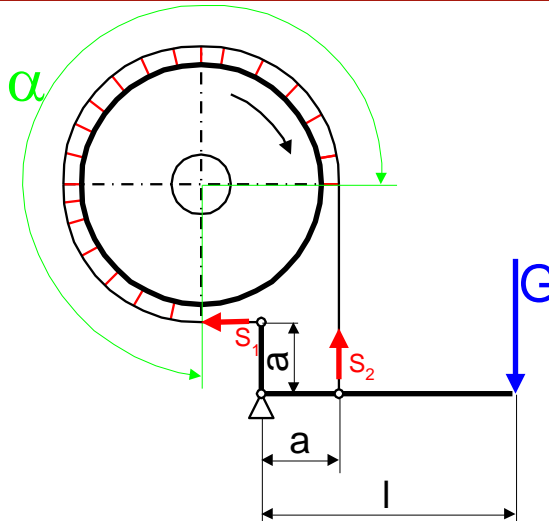
$$G = S_2 \cdot a / l$$

Hamulec taśmowy



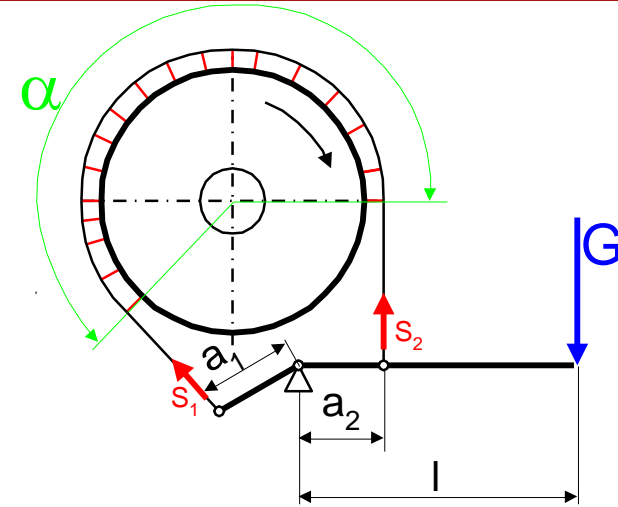
Zwykły

$$G = S_2 a / l$$



Sumujący

$$G = S_2 (e^{\mu\alpha} + 1) a / l$$

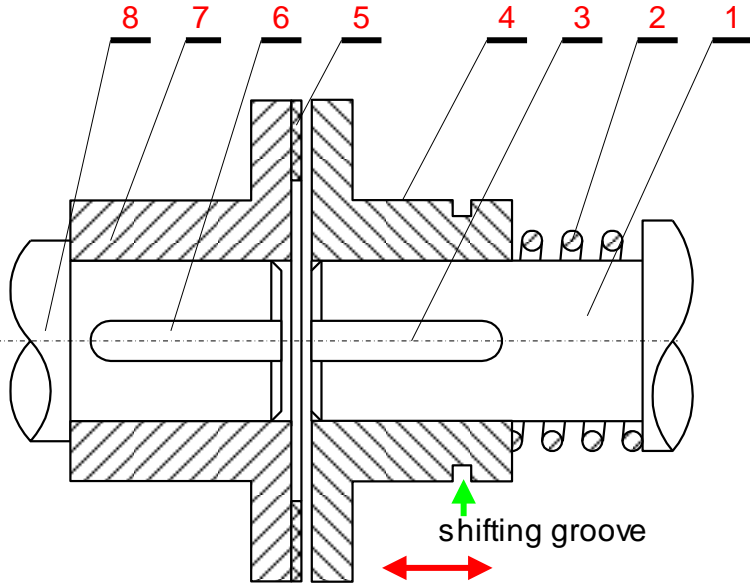


Różnicowy

$$G = S_2 (a_2 - a_1 e^{\mu\alpha}) / l$$

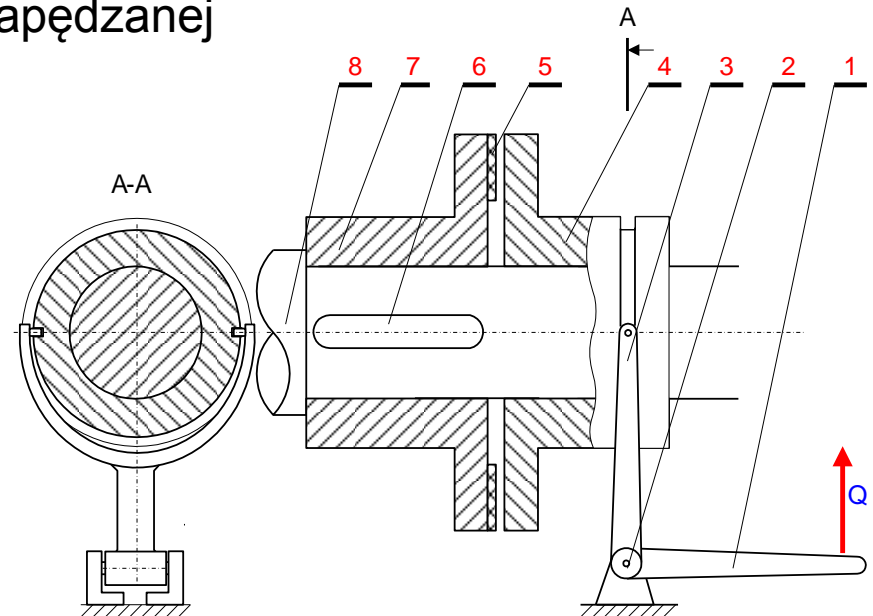


Hamulec tarczowy



Sprzęgło cierne tarczowe

1. WAŁ NAPĘDZAJĄCY, 2. Sprężyna dociskowa, 3. Wpust na wale napędzającym, 4. Tarcza cierna wału napędzającego, 5. Okładzina cierna, 6. wpust na wale napędzanym, 7. Tarcza wału napędzanego, 8. Wał maszyny napędzanej



Hamulec tarczowy. 1. dźwignia, 2. czop, 3. Widelki hamulca 8. wał

Hamulec i sprzęgło cierne

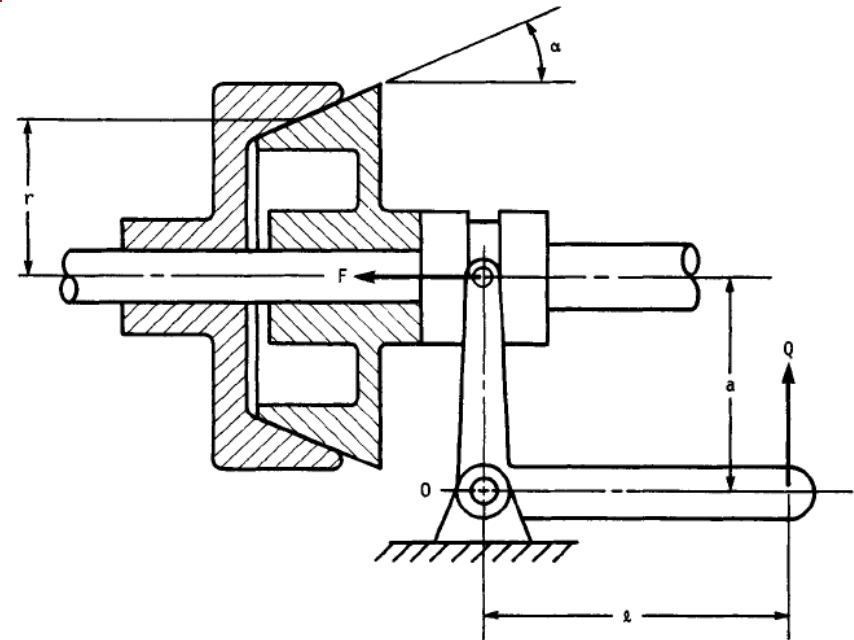
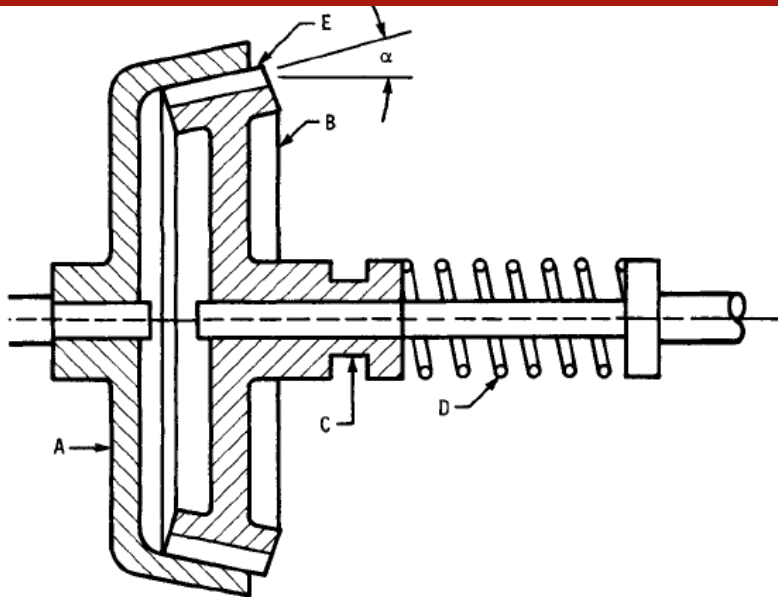


Fig.. Sprzęgło stożkowe

- A. Kielich
- B. Stożek,
- C. Rowek do przesuwu,
- D. Sprężyna,
- E. Okładzina cierna,
- α . Kąt stożka

Hamulec stożkowy



Materiały cierne

Tablica 1-20. Wpływ konstrukcji hamulca na wartość współczynnika tarcia [4]

Para tarcia	Hamulce									
	Klockowe		Kołowe		Taśmowe		Stożkowe		Tarczowe	
	bez smarowania	w oleju	bez smarowania	w oleju	bez smarowania	w oleju	bez smarowania	w oleju	bez smarowania	w oleju
stal—stal	0,15	0,04	0,15	0,04	—	—	—	—	0,18	0,04
stal—żeliwo	0,25	—	0,2	0,1	0,15—0,25	0,1	0,20	0,1	0,16	0,10
stal—brąz	0,16	0,12	0,16	0,12	0,16	0,12	0,21	0,1	0,18	0,10
stal—skóra	0,2	—	0,2	—	0,2	—	0,2	—	0,2	—
stal—drzewo	0,11—0,21	—	—	—	0,11—0,21	—	—	—	—	—
korek—metal	0,35	—	—	—	0,35	0,32	—	—	—	—
rzemień—metal	0,3—0,5	0,12	—	—	0,3—0,5	0,12	—	—	—	—
żeliwo—żeliwo	0,1—0,2	0,1	0,1—0,15	—	—	—	0,15—0,22	—	0,15—0,2	0,08
brąz—żeliwo	0,16	0,15	0,16	0,15	0,1	—	—	—	—	—
skóra—żeliwo	0,2—0,5	0,12	—	—	0,25—0,45	—	0,2—0,25	0,08	0,2—0,25	0,08
guma—żeliwo	0,55—0,8	—	—	—	0,24—0,28	—	—	—	0,5—0,8	—
papier—żeliwo	0,15—0,2	—	—	—	0,15—0,2	—	—	—	0,2—0,4	—
drzewo—żeliwo	0,3—0,5	0,1	—	—	0,25—0,4	0,1	—	—	0,4	0,1
brąz—brąz	0,2	0,06	—	—	0,2	0,06	—	—	0,2	0,6
drzewo—brąz	0,3	—	—	—	0,3	—	—	—	0,3	—

Tablica 1-18. Współczynnik tarcia ruchomego materiałów ciernych [4]

Skojarzenie	Współczynnik tarcia
żeliwo — żeliwo	0,15
żeliwo — stal	0,18
żeliwo — azbest	0,25
żeliwo — skóra	0,20
żeliwo — brąz	0,17
żeliwo — guma	0,55—0,80
żeliwo — spiek ceramiczny na osnowie Cu i Fe	0,26—0,50
stal — azbest	0,19
stal — drewno	0,15—0,20
stal — skóra	0,18
stal — brąz	0,16
stal — tekstolit	0,15
stal — spiek stalowy	0,1—0,5

Tablica 1-19. Współczynnik tarcia ruchomego w hamulcach samochodowych [4]

Materiał po żeliwie	Współczynnik tarcia μ	Do temperatury °C
Tworzywo fenolowe na osnowie kauczukowej	0,40—0,45	220
Tworzywo fenolowe na osnowie smołowej	0,28—0,35	300
Retinax	0,35—0,45	400
Ferodo	0,24—0,38	260

Tablica 1-17. Zakresy temperatur przy pracy hamulców [4]

Hamulec	Prędkość początkowa hamowania m/s	Nacisk jednostkowy w kg/cm^2	Temperatura średnia °C	Temperatura powierzchniowa °C	Współczynnik przekrycia
samolotowy	30	15—18	400—700	1000—1100	0,9—0,75
ekskawatora	5	7—12	320—360	400	0,75—0,83
samochodowy 1	5—7	5	170	350	0,55—0,75
samochodowy 2	5—7	3	150	200	0,5—0,75
specjalny	do 5	do 30	do 700	1100—1200	do 0,95



Ciepło tarcia, iloczyn pv

TABLICA 3.15. Wybrane wartości parametrów określających wytrzymałość cieplną hamulca [5]

Średnica bębna ha- mulcowego D_h	Dopuszczalna średnia moc hamowania $(N_{sr})_{dop}$			Jednostkowa dopuszczalna praca tarcia $(\mu pv)_{dop}$	Maksymalny moment hamowa- nia przy prędkości obrotowej bębna hamulcowego n [obr/min]		
	klockowe	taśmowe	tarczowe		1500	1000	750
[mm]	[W]			[MPa · m/s]	[N · m]		
200	800	1250	100	0,75	80	120	—
250	1000	1400	180	0,80	130	190	260
320	1500	1550	—	0,90	—	350	460
400	2100	2000	—	1,00	—	620	830
500	3000	2300	—	1,10	—	—	1400
630	4200	—	—	1,25	—	—	2600
710	6000	—	—	1,35	—	—	3200

Klocki hamulcowe



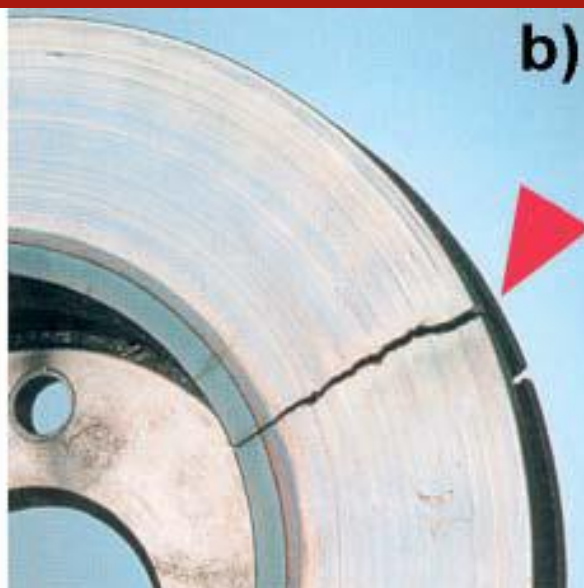
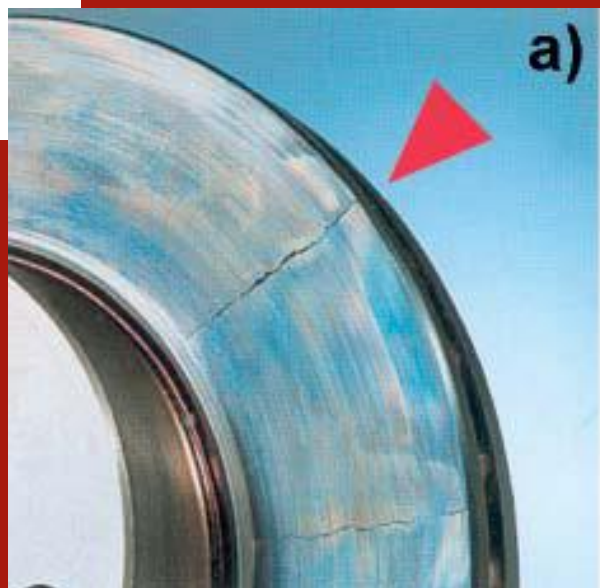
**Przegrzanie (spalenie) materiału
ciemnego
na całej lub części powierzchni**



Fading – zeszklenie
powierzchni hamulca przez
gazy powstałe w wyniku
działania wysokiej
temperatury



Tarcze hamulcowe (rysunek)



Przegrzane tarcze

