

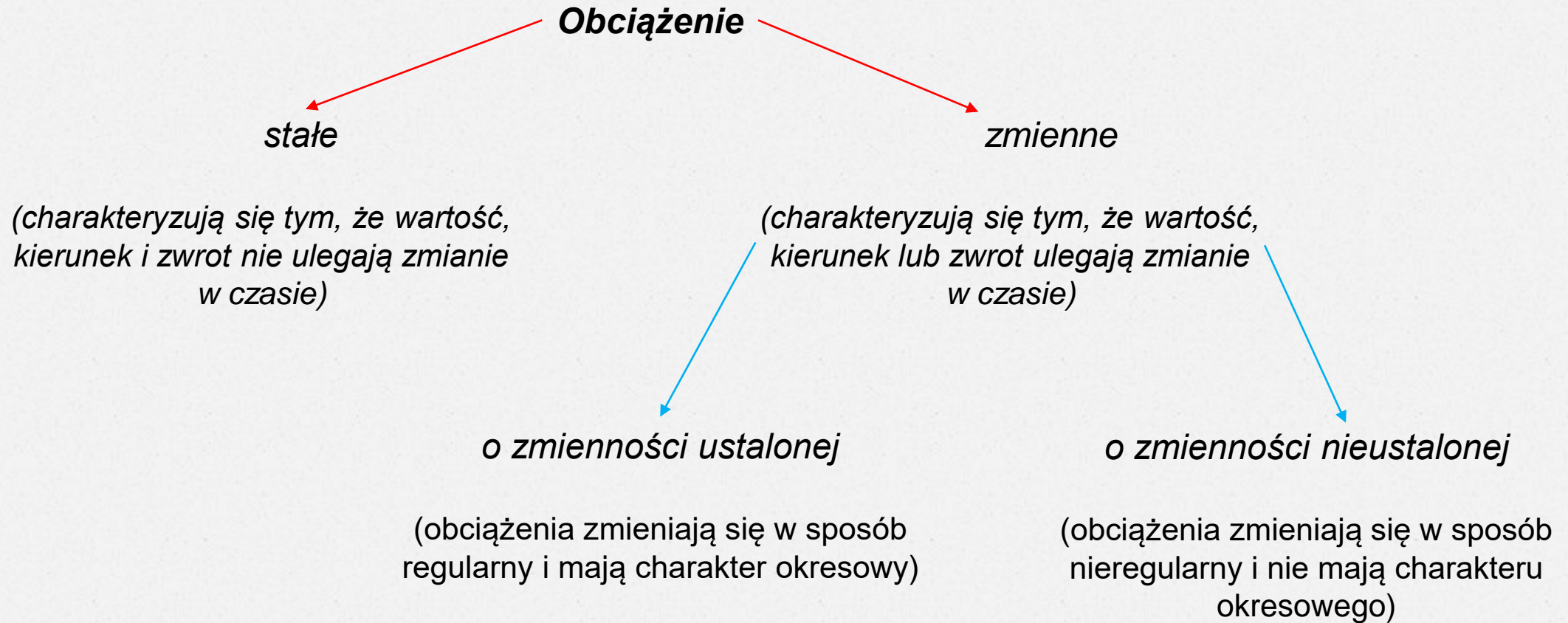
Wykład 1



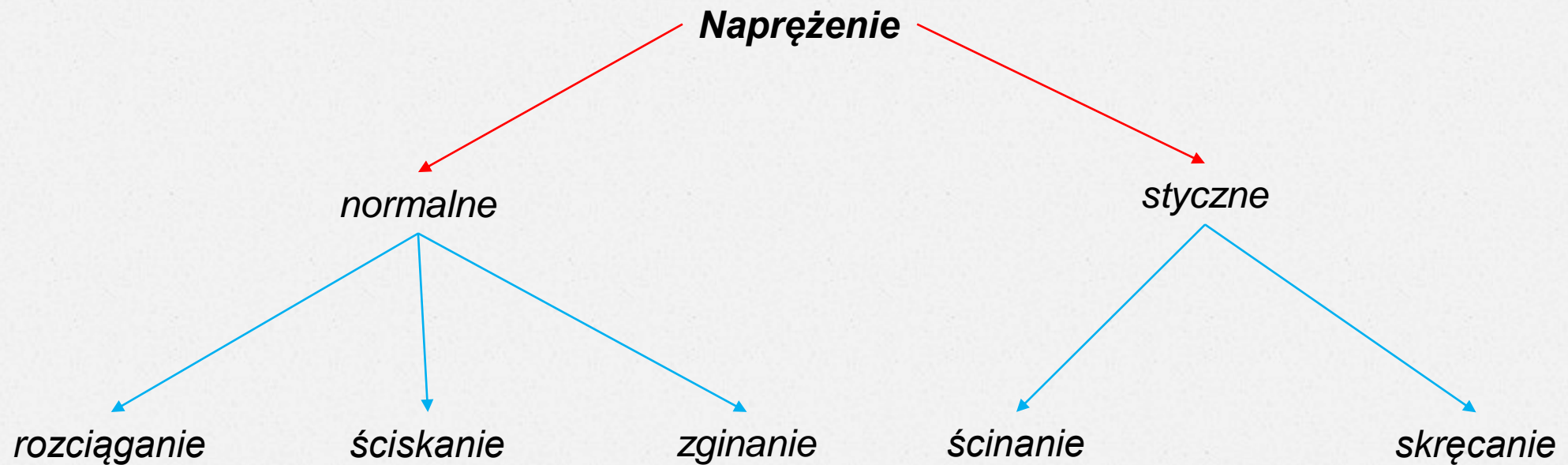
Podstawy Konstrukcji Maszyn

Podstawy obliczeń wytrzymałościowych elementów maszyn, przy obciążeniach stałych i zmiennych

Klasyfikacja obciążeń



Klasyfikacja naprężeń



Naprężenia normalne

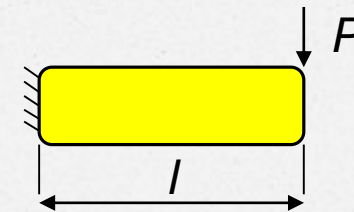
➤ *naprężenie przy rozciąganiu* $\sigma_r = \frac{P}{A} \leq k_r$



➤ *naprężenie przy ściskaniu* $\sigma_c = \frac{P}{A} \leq k_c$

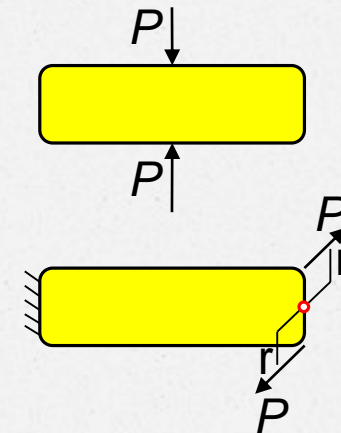


➤ *naprężenie przy zginaniu* $\sigma_g = \frac{M_g}{W_x} = \frac{P \cdot l}{W_x} \leq k_g$

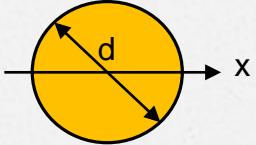
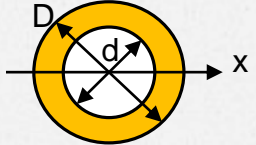
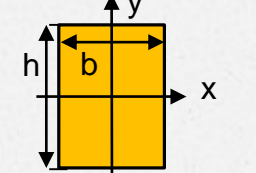
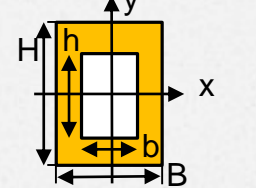
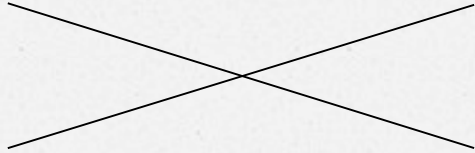


Naprężenia styczne

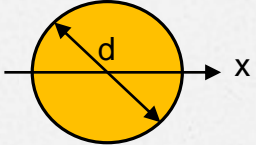
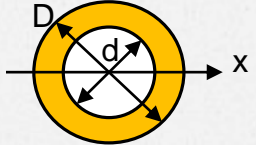
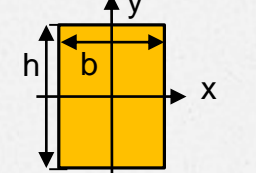
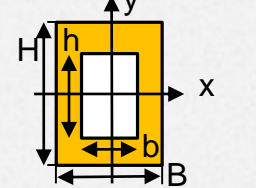
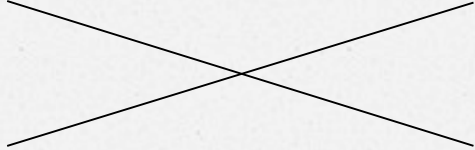
- *naprężenie przy ścinaniu* $\tau_t = \frac{P}{A} \leq k_t$
- *naprężenie przy skręcaniu* $\tau_s = \frac{M_s}{W_o} = \frac{P \cdot r}{W_o} \leq k_s$



Moment bezwładności

	<i>na zginanie</i>	<i>na skręcanie</i>
	$I_x = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$	$I_o = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$
	$I_x = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64}$	$I_o = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32}$
	$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$	$I_o = k_1 \cdot h \cdot b^3$ $k_1 = f(h/b)$
	$I_x = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{12}$	

Wskaźnik wytrzymałości

	na zginanie	na skręcanie
	$W_x = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$	$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$
	$W_x = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32 \cdot D}$	$W_o = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{16 \cdot D}$
	$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$	$W_o = k_2 \cdot h \cdot b^2$ $k_2 = f(h/b)$
	$W_x = \frac{BH^3 - bh^3}{6 \cdot H}$	

Obciążenia stałe – naprężenia dopuszczalne

o Celem określenia naprężenia dopuszczalnego, przy obciążeniu stałym, przyjmuje się granicę plastyczności dla materiałów z wyraźną granicą plastyczności R_e , umowną granicą plastyczności $R_{e0,2}$, albo granicę wytrzymałości R_m , w przypadku materiałów kruchych:

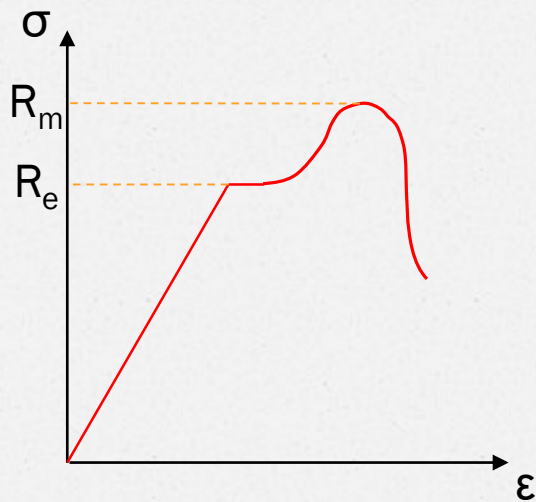
1. materiały z wyraźną granicą plastyczności (stal): $k = \frac{R_e}{x_e}$; $x_e \approx 2 \div 2,3$;
2. materiały z umowną granicą plastyczności (stal wysokowęglowa):

$$k = \frac{R_{e0,2}}{x_e}; x_e \approx 2 \div 2,3;$$

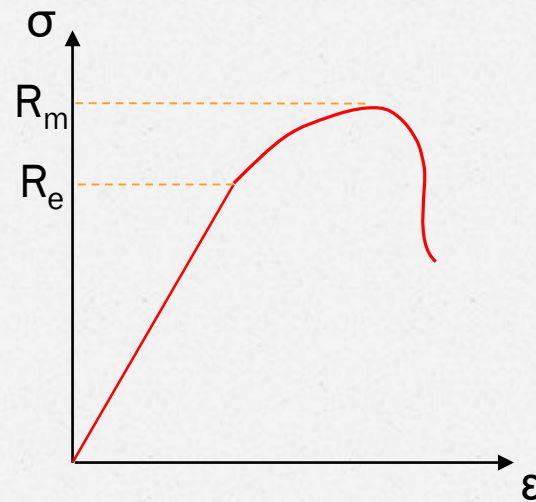
3. materiały kruche (żeliwo): $k = \frac{R_m}{x_m}$; $x_m \approx 3,5$.



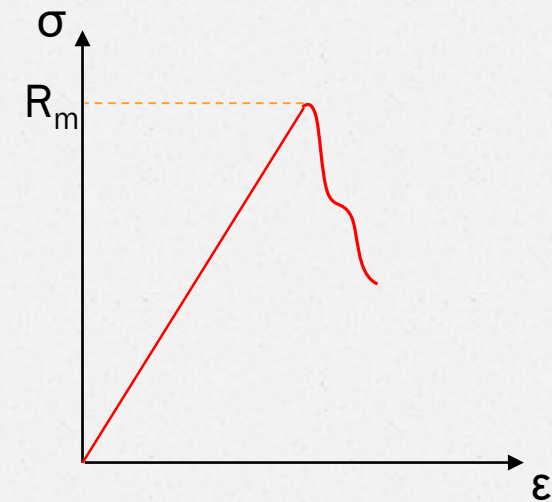
Obciążenia stałe – charakterystyki



1. materiał z wyraźną granicą plastyczności (stal)



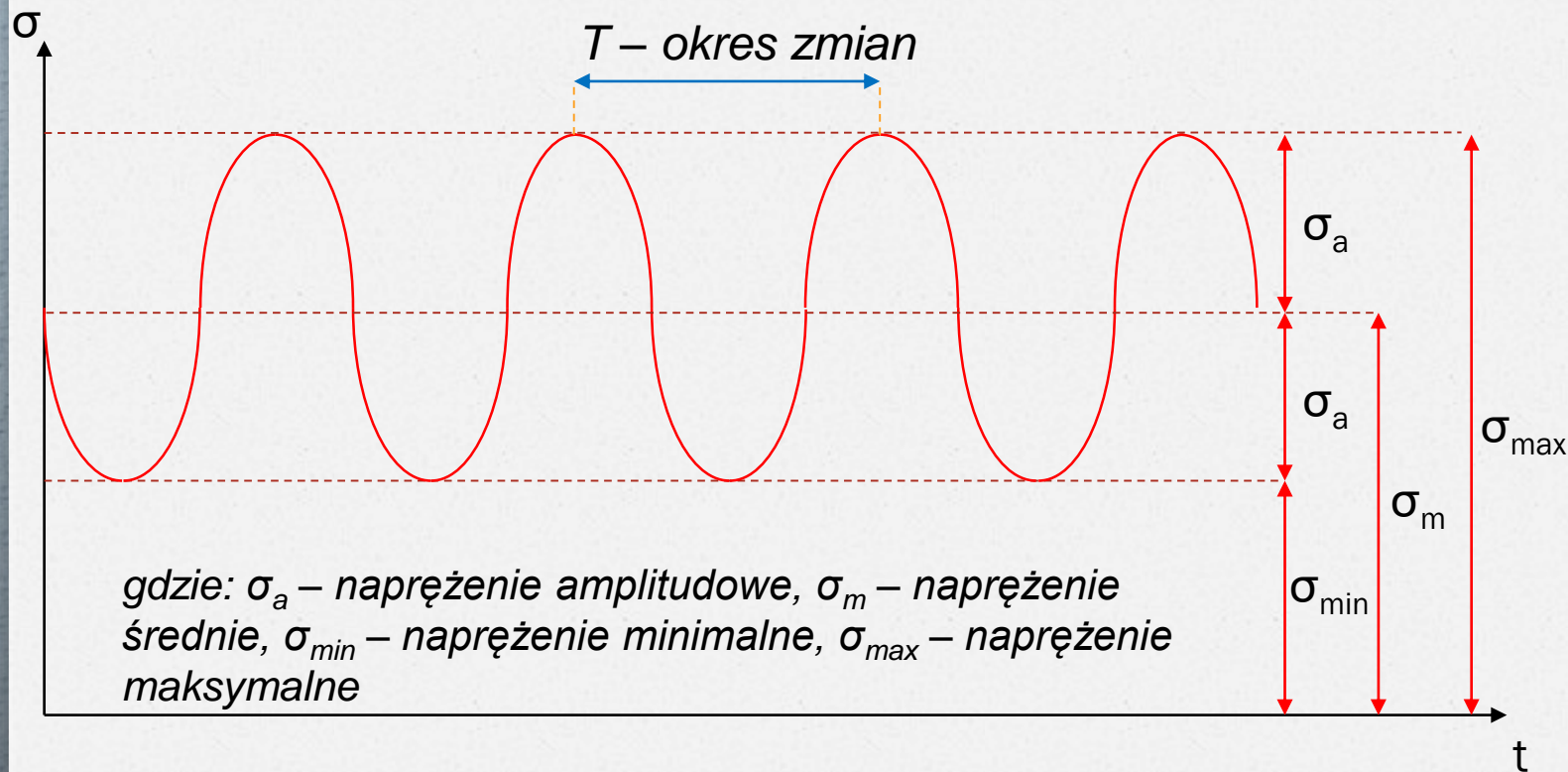
2. materiał z umowną granicą plastyczności (stal wysokowęglowa)



3. materiał kruchy (żeliwo)



Obciążenia zmienne – przebieg zmienności obciążenia



Zależności opisujące przebieg zmienności obciążenia

$$\sigma(t) = \sigma_m + \sigma_a \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_m + \sigma_a$$

$$\sigma_{min} = \sigma_m - \sigma_a$$




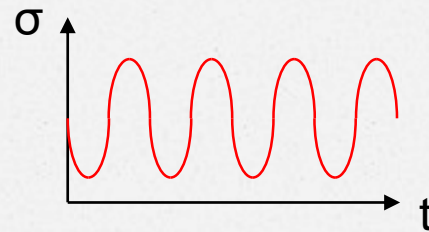
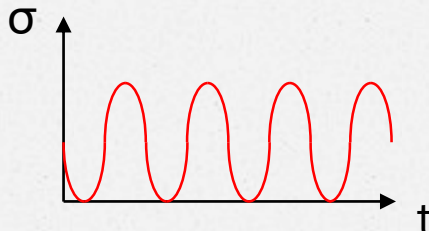
Obciążenia zmienne – współczynniki charakteryzujące asymetrię cyklu

➤ Współczynnik amplitudy cyklu:
$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = \frac{\sigma_m - \sigma_a}{\sigma_m + \sigma_a} = \frac{\frac{\sigma_m}{\sigma_a} - 1}{\frac{\sigma_m}{\sigma_a} + 1} = \frac{\kappa - 1}{\kappa + 1}$$

➤ Współczynnik stałości obciążenia:
$$\kappa = \frac{\sigma_m}{\sigma_a} = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{\sigma_{max} - \sigma_{min}} = \frac{1 + \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}}{1 - \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}} = \frac{1 + R}{1 - R}$$

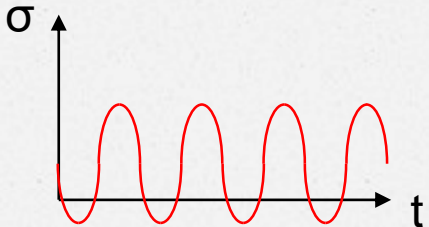



Obciążenia zmienne – współczynniki charakteryzujące asymetrię cyklu

rodzaj cyklu	schemat cyklu	naprężenia – zależności	współczynniki
1. Stały		$\sigma_{max} = \sigma_{min} = \sigma_m > 0$ $\sigma_a = 0$	$R = 1$ $\kappa = +\infty$
2. Jednostronny		$\sigma_{max}, \sigma_{min}, \sigma_m > 0$ $\sigma_a \neq 0$	$0 < R < 1$ $1 < \kappa < +\infty$
3. Odzerowo – tętniący		$\sigma_{max} > 0, \sigma_{min} = 0$ $\sigma_m = \sigma_a = \frac{\sigma_{max}}{2}$	$R = 0$ $\kappa = 1$



Obciążenia zmienne – współczynniki charakteryzujące asymetrię cyklu

rodzaj cyklu	schemat cyklu	naprężenia – zależności	współczynniki
4. Dwustronny		$\sigma_{max}, \sigma_m > 0$ $\sigma_{min} < 0$ $\sigma_a \neq 0$	$-1 < R < 0$ $0 < \kappa < 1$
5. Wahadłowy (symetryczny)		$\sigma_{max} = \sigma_a = -\sigma_{min}$ $\sigma_m = 0$	$R = -1$ $\kappa = 0$



Wykład 2



Podstawy Konstrukcji Maszyn

Wytrzymałość zmęczeniowa

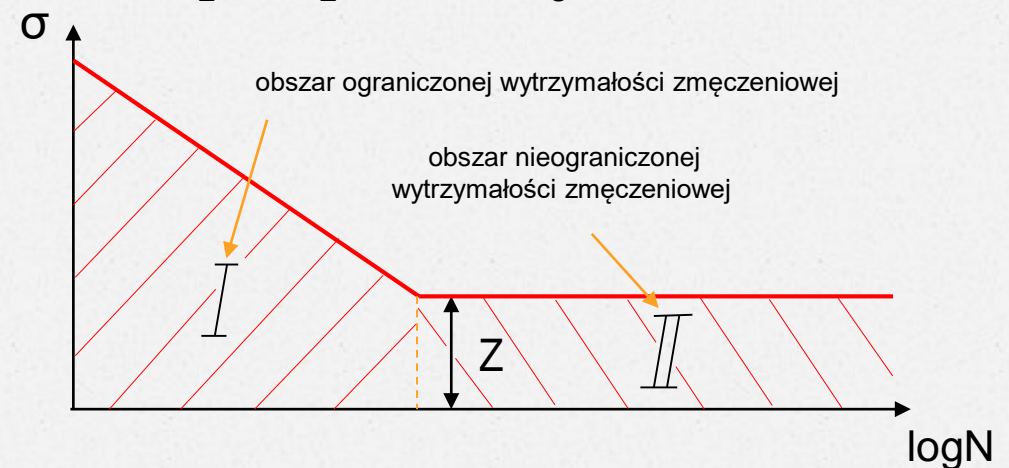
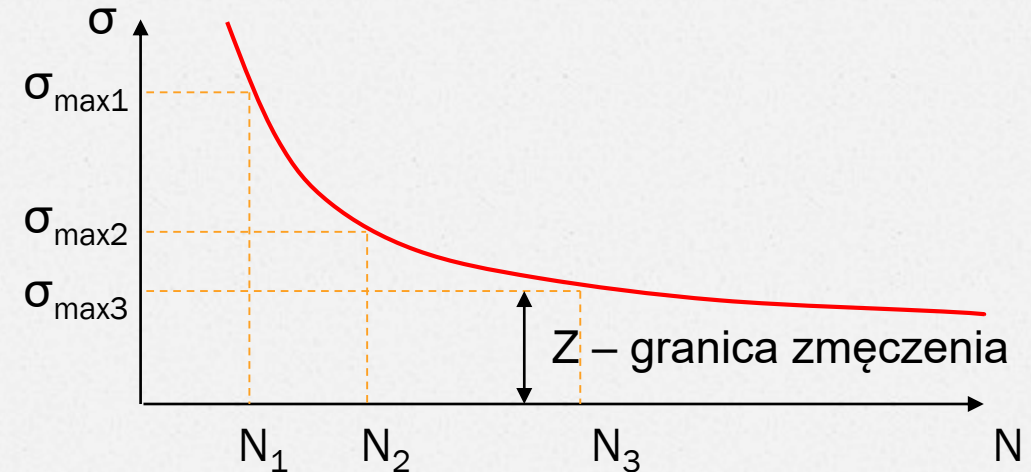
Podstawy wytrzymałości zmęczeniowej

- o Podstawowymi badaniami zmęczeniowymi są badania mające na celu określenie wytrzymałości zmęczeniowej, tzn. tej wartości zmiennego naprężenia, które materiał może przenosić nieskończenie długo.*
- o Najprostsze z tego rodzaju badań są badania na trwałość, pozwalające na zbudowanie tzw. wykresu Wöhlera.*



Wytrzymałość zmęczeniowa – wykres Wöhlera

- o **Wykres Wöhlera** – stanowi wykres zależności pomiędzy wartością naprężeń niszczących próbkę danego materiału i ilością cykli (N) zmian obciążenia tej próbki.
- o Badania polegały na doświadczalnym zniszczeniu próbek wzorcowych, przy zmieniającej się amplitudzie (σ_a) dla stałej wartości naprężeń średnich (σ_m), albo rzadziej przy zachowaniu stałego współczynnika asymetrii R .



Wytrzymałość zmęczeniowa – granica zmęczenia

- o **Granica zmęczenia**, lub inaczej **Wytrzymałością zmęczeniową (Z)**, nazywamy największe naprężenie normalne (σ_{max}) lub styczne (τ_{max}), przy którym próbka nie ulegnie zniszczeniu, po osiągnięciu umownej granicznej liczby cykli N_g .
- o Graniczna liczba cykli dla stali wynosi $N_g \approx 10 \cdot 10^6$, natomiast dla stopów metali nieżelaznych $N_g \approx 100 \cdot 10^6$.



Wytrzymałość zmęczeniowa – granica zmęczenia

o Orientacyjne wartości granicy zmęczenia (Z) dla stali:

Obciążenie	Cykl odzerowo-tętniący	Cykl wahadłowy
Rozciąganie i ściskanie	$Z_{rj} = (0,55 \div 0,63) \cdot R_m$	$Z_{rc} = 0,33 \cdot R_m$
Zginanie	$Z_{gj} = 0,7 \cdot R_m$	$Z_{go} = 0,45 \cdot R_m$
Skręcanie	$Z_{sj} = (0,45 \div 0,5) \cdot R_m$	$Z_{so} = 0,25 \cdot R_m$



Wytrzymałość zmęczeniowa – wykresy zmęczeniowe

o Na podstawie dalszych badań opartych na badaniach Wöhlera opracowano zależności granicy zmęczenia od cyklu obciążenia. Zauważono, iż zależności te są identyczne dla wszystkich badanych materiałów. Zależności te przedstawiono za pomocą dwóch głównych rodzajów wykresów:

1. **wykres Smitha** – w układzie współrzędnych σ_{max} σ_{min} (σ_m);
2. **wykres Haigha** – w układzie współrzędnych σ_a (σ_m).



Wytrzymałość zmęczeniowa – wykres Smitha

o Zasada rysowania **wykresu Smitha** (dla rozciągania/ściskania):

1. naszkicowanie osi wykresów σ_{max} σ_{min} (σ_m) i dobieranie skali w oparciu o podane dane wytrzymałościowe (Z_{rc} , Z_{rj} , R_e);
2. poprowadzenie prostej z początku układu współrzędnych, pod kątem 45° do obydwu osi układu współrzędnych;
3. oznaczenie na powstającym wykresie punktu „A” o współrzędnych $A = (0, Z_{rc})$;
4. oznaczenie w ramach generowanego wykresu punktu „B” o współrzędnych $B = (0,5 \cdot Z_{rj}, Z_{rj})$;
5. poprowadzenie prostej przechodzącej przez uprzednio naniesione punkty „A” i „B”;
6. poprowadzenie równoległe do osi poziomej układu współrzędnych prostej o wartości „ R_e ”;
7. oznaczenie punktu przecięcia powstałych prostych jako „C”;
8. oznaczenie kolejnego punktu przecięcia prostej „ R_e ” z prostą pod kątem 45° jako „D”;
9. zaznaczenie na osi poziomej punktu „E” o współrzędnych $E = (0,5 \cdot Z_{rj}, 0)$ oraz na osi pionowej punktu „F” o wartości „ $-Z_{rc}$ ”;
10. poprowadzenie prostej przez punkty „E” i „F” oraz rzutowanie punktu „C” na powstałą prostą i oznaczenie jako „G”;
11. poprowadzenie prostej przez punkty „D” i „G”;
12. pogrubienie głównego konturu wykresu (od punktu „A” do „F”);
13. poprowadzenie prostej pod kątem φ , odczytanie granicy zmęczenia i naszkicowanie widma cyklu zmęczenia.



Wytrzymałość zmęczeniowa – wykres Smitha

- o Wyznaczanie kąta φ w przypadku wykresu Smitha, elementu poddanego obciążeniu:
- a) zmiennemu z przyłożoną siłą rozciągającą P_{max} i ściskającą P_{min}
- sposób obliczeń:

$$1. P_m = \frac{P_{max} + P_{min}}{2},$$

$$2. \operatorname{tg} \varphi = \frac{P_{max}}{P_m},$$

$$3. \varphi = \operatorname{arctg} \left(\frac{P_{max}}{P_m} \right).$$



Wytrzymałość zmęczeniowa – wykres Smitha

a) Wyznaczanie kąta φ w przypadku wykresu Smitha, elementu poddanego obciążeniu:

b) osiowemu o współczynniku amplitudy R

sposób obliczeń:

$$1. \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{2}{1+R},$$

$$2. \quad \varphi = \operatorname{arctg} \left(\frac{2}{1+R} \right).$$



Wytrzymałość zmęczeniowa – wykres Smitha

o Wyznaczanie kąta φ w przypadku wykresu Smitha, elementu poddanego obciążeniu:

c) osiowemu o współczynniku stałości obciążenia κ

sposób obliczeń:

$$1. \quad \operatorname{tg}\varphi = 1 + \frac{1}{\kappa},$$

$$2. \quad \varphi = \operatorname{arctg}\left(1 + \frac{1}{\kappa}\right).$$



Wytrzymałość zmęczeniowa – wykres Smitha

o Rysowanie wykresu Smitha

dla zadeklarowanych parametrów

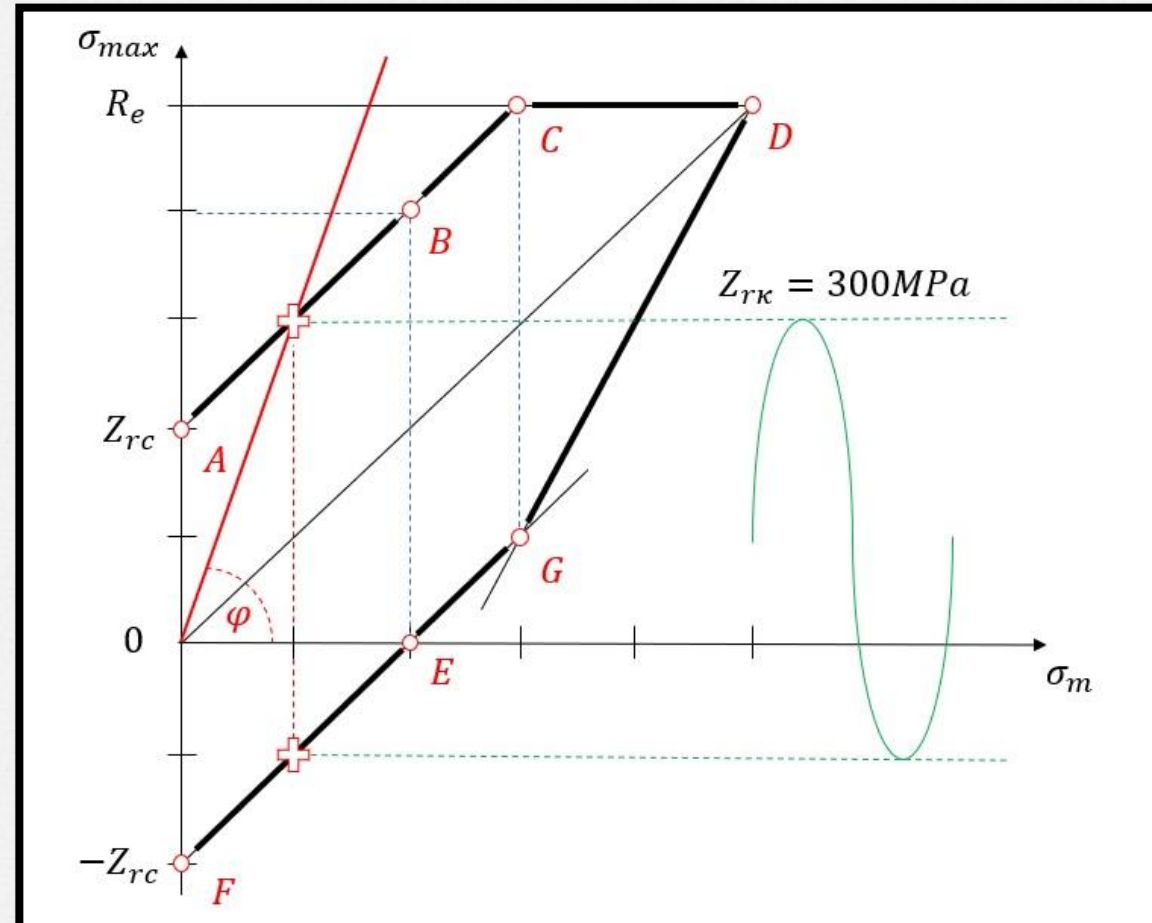
$$Z_{rc} = 200\text{MPa},$$

$$Z_{rj} = 400\text{MPa},$$

$$R_e = 500\text{MPa},$$

oraz obliczonego kąta (przy $\kappa = 0,5$)

$$\varphi = 71,57^\circ.$$



Wytrzymałość zmęczeniowa – wykres Haigha

- o Zasada rysowania **wykresu Haigha** (dla rozciągania/ściskania):
1. naszkicowanie osi wykresów σ_a (σ_m) i dobieranie skali w oparciu o podane dane wytrzymałościowe (Z_{rc} , Z_{rj} , R_e);
 2. oznaczenie na obydwu osiach układu współrzędnych punktów o wartości „ R_e ”;
 3. poprowadzenie prostej przechodzącej przez obydwa punkty;
 4. naniesienie na osi pionowej układu punktu „A” o współrzędnych $A = (0, Z_{rc})$;
 5. oznaczenie w ramach generowanego wykresu punktu „B” o współrzędnych $B = (0,5 \cdot Z_{rj}, 0,5 \cdot Z_{rj})$;
 6. poprowadzenie prostej przechodzącej przez uprzednio naniesione punkty „A” i „B”;
 7. naniesienie punktu „C” na przecięciu naszkicowanych prostych;
 8. pogrubienie głównego konturu wykresu;
 9. poprowadzenie prostej pod kątem φ , odczytanie granicy zmęczenia i naszkicowanie widma cyklu zmęczenia.



Wytrzymałość zmęczeniowa – wykres Haigha

- o Wyznaczanie kąta φ w przypadku wykresu Haigha, elementu poddanego obciążeniu:
- a) zmiennemu z przyłożoną siłą rozciągającą P_{max} i ściskającą P_{min} sposób obliczeń:

$$1. R = \frac{P_{min}}{P_{max}},$$

$$2. \operatorname{tg}\varphi = \frac{1-R}{1+R},$$

$$3. \varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{1-R}{1+R}\right).$$



Wytrzymałość zmęczeniowa – wykres Haigha

a) Wyznaczanie kąta φ w przypadku wykresu Haigha, elementu poddanego obciążeniu:

b) osiowemu o współczynniku amplitudy R sposób obliczeń:

$$1. \quad \operatorname{tg}\varphi = \frac{1-R}{1+R},$$

$$2. \quad \varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{1-R}{1+R}\right).$$



Wytrzymałość zmęczeniowa – wykres Haigha

- o* Wyznaczanie kąta φ w przypadku wykresu Haigha, elementu poddanego obciążeniu:

- c*) osiowemu o współczynniku stałości obciążenia κ sposób obliczeń:

1. $tg\varphi = \frac{1}{\kappa},$

2. $\varphi = arctg\left(\frac{1}{\kappa}\right).$



Wytrzymałość zmęczeniowa – wykres Haigha

o Rysowanie wykresu Haigha

dla zadeklarowanych parametrów

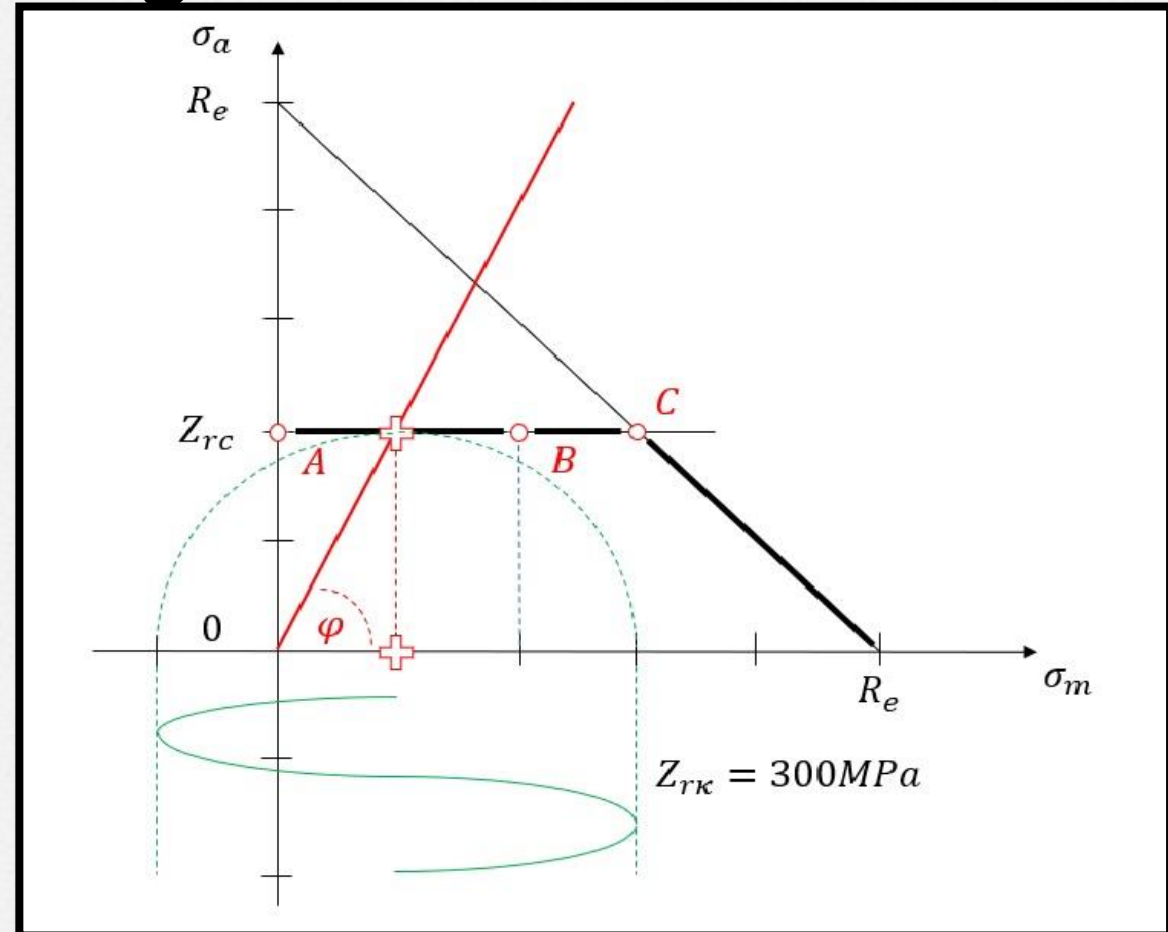
$$Z_{rc} = 200\text{MPa},$$

$$Z_{rj} = 400\text{MPa},$$

$$R_e = 500\text{MPa},$$

oraz obliczonego kąta (przy $\kappa = 0,5$)

$$\varphi = 63,43^\circ.$$



Wytrzymałość zmęczeniowa – zjawisko zmęczenia

- o **Zjawisko zmęczenia** stanowi zjawisko pękania materiału pod wpływem cyklicznie zmieniających się naprężeń.
- o **Etapy zjawiska zmęczenia:**
 1. powstawanie i rozwój lokalnych odkształceń plastycznych oraz związanych z nimi przejściowych umocnień i osłabienia materiału;
 2. powstawanie początkowych mikropęknięć;
 3. rozwój i łączenie się mikropęknięć.
- o **Czynniki sprzyjające zmęczeniu materiału stanowią:** kształt przedmiotu, materiał przedmiotu, stan powierzchni, wielkość przedmiotu, korozja i środki agresywne, temperatura.



Wykład 3



Podstawy Konstrukcji Maszyn

Połączenia rozłączne - śrubowe

Połączenia rozłączne – podział połączeń



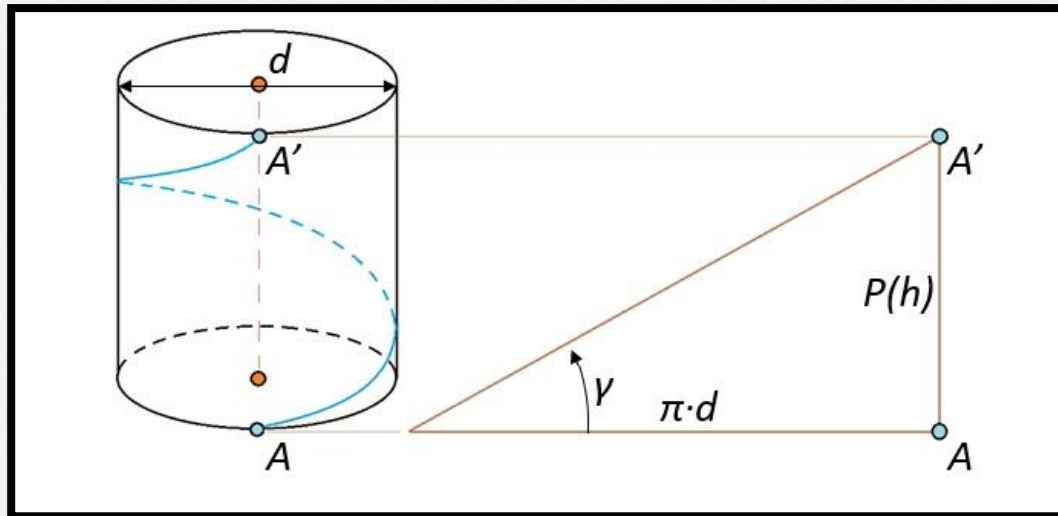
Połączenia śrubowe

- o **Połączenia śrubowe** to rozłączne połączenia kształtowe, których siły tarcia zabezpieczają połączenie przed luzowaniem.
- o Na powierzchniach roboczych występują występy i bruzdy w ramach dwóch nagwintowanych elementów.
- o Gwint na śrubie musi odpowiadać gwintowi w nakrętce, co do geometrii zarysu, skoku i kąta zarysu.



Połączenia śrubowe – podstawowe pojęcia

- o **Linia śrubowa** stanowi tor punktu A wykonującego ruch obrotowy dookoła dowolnej osi oraz ruch postępowy.
- o **Skok linii śrubowej** $P(h)$ odległość o jaką przemieści się punkt A w czasie jednego obrotu, aż do punktu A' (liniowa odległość, którą pokonuje nakrętka w trakcie jednego obrotu śruby).
- o **Kąt wzniosu linii śrubowej** γ stanowi kąt zawarty między styczną do linii śrubowej i rzutem na płaszczyznę prostopadłą do osi walca.



➤ Zależność umożliwiająca wyznaczenie kąta wzniosu linii śrubowej:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{P}{\pi \cdot d}$$

Połączenia śrubowe – podstawowe pojęcia

- o **Podziałka gwintu P'** odległość dwóch sąsiednich punktów położonych na tworzącej powierzchni walcowej, mierzonej równoległe do osi gwintu (odległość pomiędzy wierzchołkami gwintu w przekroju wzdłużnym śruby lub nakrętki).
- o **Średnica gwintu d** jest to średnica walca opisanego na zewnętrznych wierzchołkach gwintu. Średnica ta odpowiada średnicy wewnętrznej nakrętki.

Istotne informacje:

Podziałka P' i skok P śrub z gwintem jednokrotnym są równe. W śrubach z gwintem wielokrotnym **skok P odpowiada ilorazowi **podziałki P' i liczby krotności z** .**

➤ Zależności opisujące podziałkę:

$$P = z \cdot P' \text{ (w przypadku gdy: } z = 1 \text{ to } P' = P)$$



Połączenia śrubowe – podział gwintów

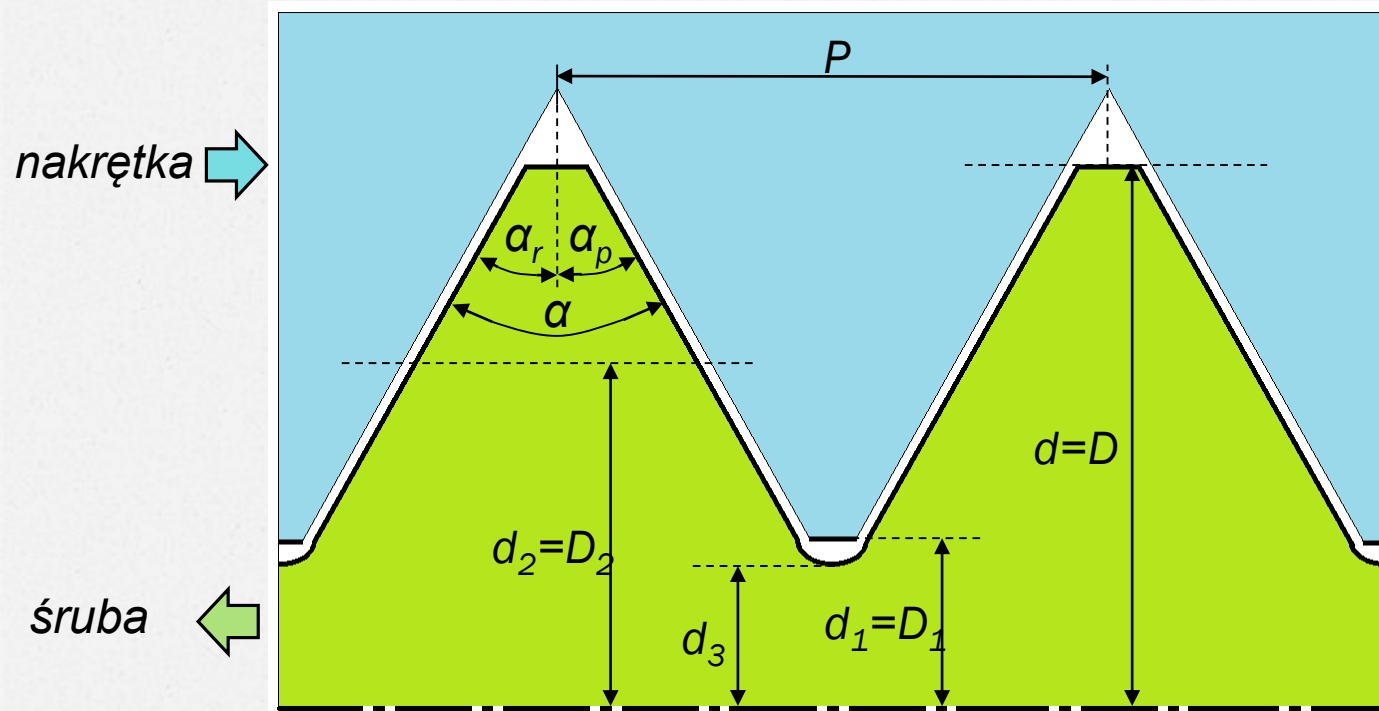
Występuje sześć głównych **podziałów gwintów**, m.in. ze względu na:

1. **kierunek**: lewoskrętny (gwint lewy), prawoskrętny (gwint prawy);
2. **położenie**: zewnętrzny (śruba), wewnętrzny (nakrętka);
3. **krotność**: pojedynczy, wielokrotny;
4. **kształt powierzchni**: walcowe, stożkowe;
5. **kształt zarysu**: trójkątne, trapezowe, prostokątne, okrągłe;
6. **sposób normalizowania podziałki**: metryczne, modułowe, calowe.



Połączenia śrubowe – podstawowe wymiary gwintu

- o Graficzna prezentacja podstawowych wymiarów gwintu – na przykładzie gwintu metrycznego:



gdzie:

d – średnica zewnętrzna śruby (wymiar nominalny gwintu)

D – średnica zewnętrzna nakrętki

d_1 – średnica wewnętrzna śruby (koniec zarysu gwintu)

D_1 – średnica wewnętrzna nakrętki

d_2 – średnica podziałowa śruby

D_2 – średnica podziałowa nakrętki

d_3 – średnica rdzenia śruby

α_r – roboczy kąt gwintu

α_p – pomocniczy kąt gwintu

α – kąt gwintu ($\alpha = \alpha_r + \alpha_p$)



Połączenia śrubowe – rodzaje zarysu gwintów

Występuje kilka głównych **rodzajów zarysu gwintów**:

1. **trójkątny**: połączenia złączne, duża wytrzymałość, odporne na luzowanie;
2. **trapezowy**: stosowane w mechanizmach o małych prędkościach obrotowych, przenoszenie dużych obciążeń, duża wytrzymałość;
3. **okrągły**: duża wytrzymałość na obciążenia zmienne, stosowane przy połączeniach często rozłączanych;
4. **prostokątny**: duża sprawność, mała wytrzymałość (wycofane z użytku).



Połączenia śrubowe – rodzaje zarysu gwintów

Graficzna prezentacja i przykłady **zarysu gwintów**:

1. **trójkątny**: gwint metryczny M10, gwint calowy $\frac{3}{4}$ ", gwint rurowy R3";
2. **trapezowy**: gwint trapezowy Tr38x8, gwint trapezowy S48x8;
3. **okrągły**: gwint Edisona metryczny Em16, gwint Edisona E27, gwint okrągły podstawowy Rd60x1/6";
4. **prostokątny**: śruba pociągowa.

$(\alpha = 60^\circ, \alpha_r = \alpha_p = 30^\circ)$



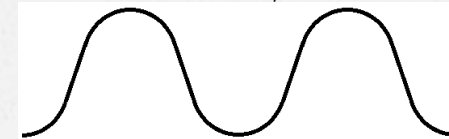
symetryczny $(\alpha = 30^\circ, \alpha_r = \alpha_p = 15^\circ)$



niesymetryczny $(\alpha = 33^\circ, \alpha_r = 3^\circ, \alpha_p = 30^\circ)$



$(\alpha = 60^\circ, \alpha_r = \alpha_p = 30^\circ)$



$(\alpha = 0^\circ, \alpha_r = \alpha_p = 0^\circ)$



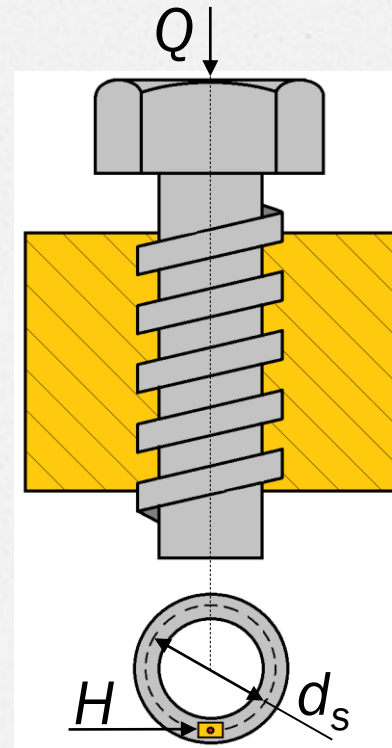
Połączenia śrubowe – układ sił w zespole gwintowym

- o **Obciążenie gwintu** następuje przy końcu dokręcania nakrętek w połączeniach gwintowych spoczynkowych oraz przy wykonywaniu pracy na pewnej drodze, np. przy podnoszeniu lub przesuwaniu ciężaru w mechanizmach śrubowych.
- o Ponieważ **linia śrubowa tworzy równię pochyłą** o kącie γ (wznios gwintu), zatem obciążenie gwintu można rozpatrywać, jako siłę działającą na równi pochyłej.
- o Przyjmuje się więc, że całe obciążenie działające na gwint jest skupione w jednym punkcie jako **siła bierna** Q i porusza się wzdłuż równi pochyłej pod wpływem **siły obwodowej** H , działającej na płaszczyźnie prostopadłej do osi śruby.



Połączenia śrubowe – układ sił w zespole gwintowym

- o Rozkład sił w połączeniu gwintowym można rozpatrywać jako **przesuw ciężaru po ślimaku – pochylni**.
- o **Zastosowane uproszczenia:** obciążenie jest rozłożone na całą powierzchnię; gwint jest prostokątny; obciążenie przedstawione za pomocą jednego ciężaru, poruszającego się po średniej średnicy oporu gwintu d_s .
- o Rozróżnia się **cztery** podstawowe przypadki **układów sił** występujących w zespole gwintowym.



$$d_s = \frac{d + D_1}{2}$$

$$M_s = H \cdot \frac{d_s}{2}$$

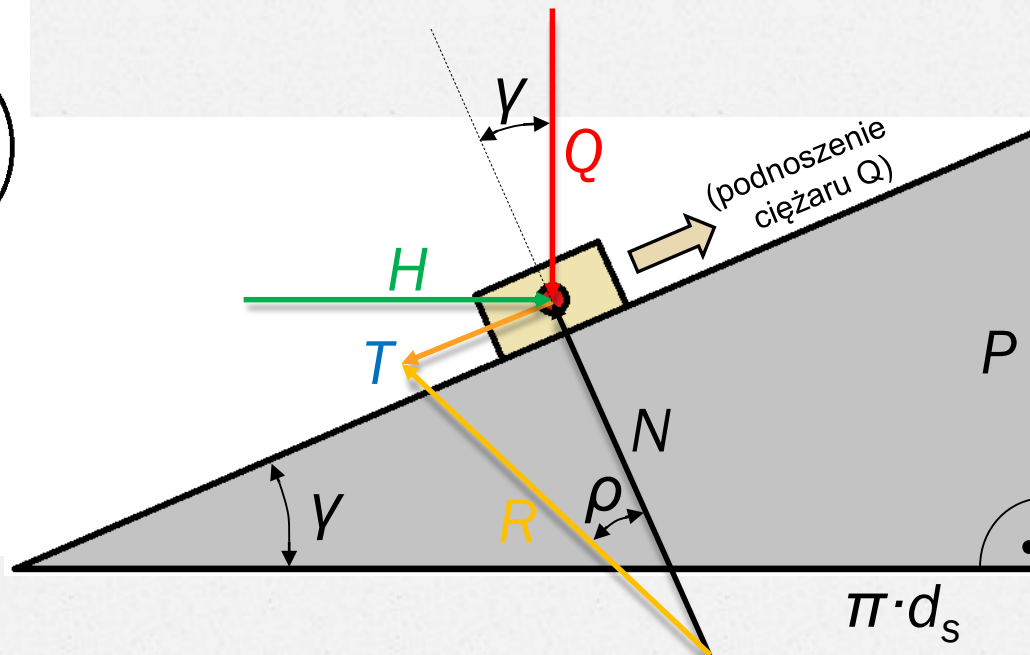
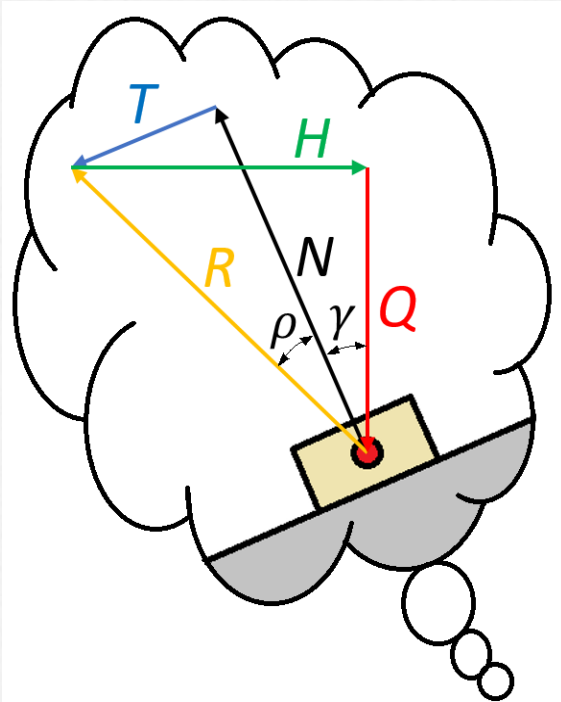
$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{P}{\pi \cdot d_s}$$

gdzie: M_s – moment oporu

Połączenia śrubowe – układ sił w zespole gwintowym

1. Przypadek: układ sił – gwint niesamohamowny (podnoszenie – napinanie)

gdzie: H – siła obwodowa, Q – obciążenie (siła bierna),
 T – siła tarcia, N – nacisk (siła normalna), R – reakcja wypadkowa, ρ – kąt tarcia, γ – kąt nachylenia gwintu.



Podstawowe zależności:

$$T = \mu \cdot N = \operatorname{tg} \rho \cdot N$$

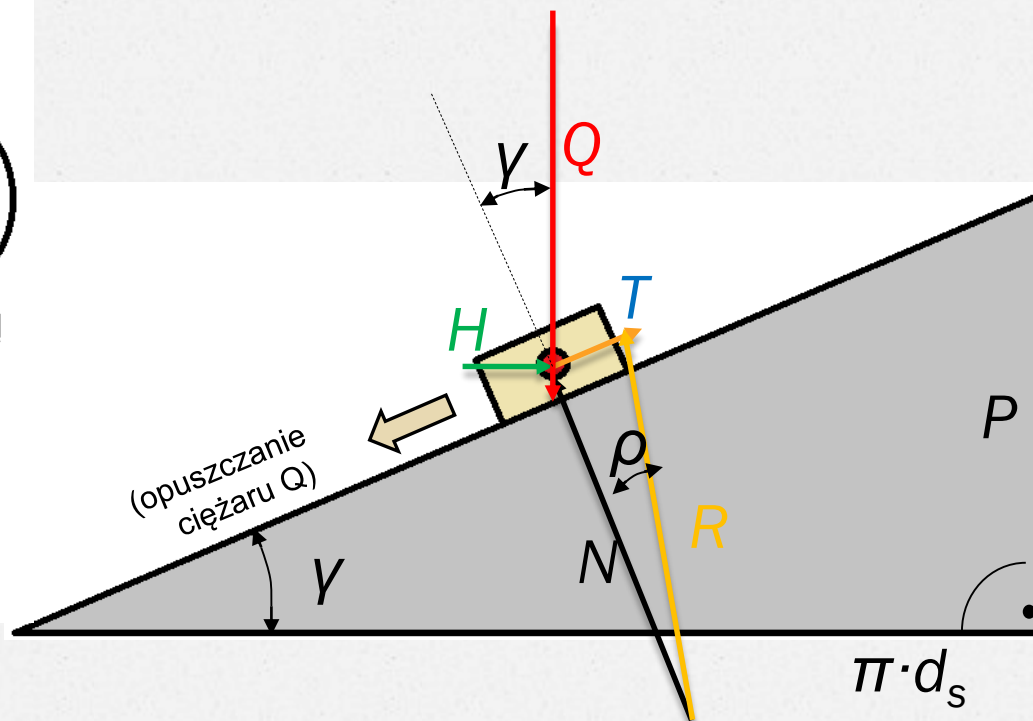
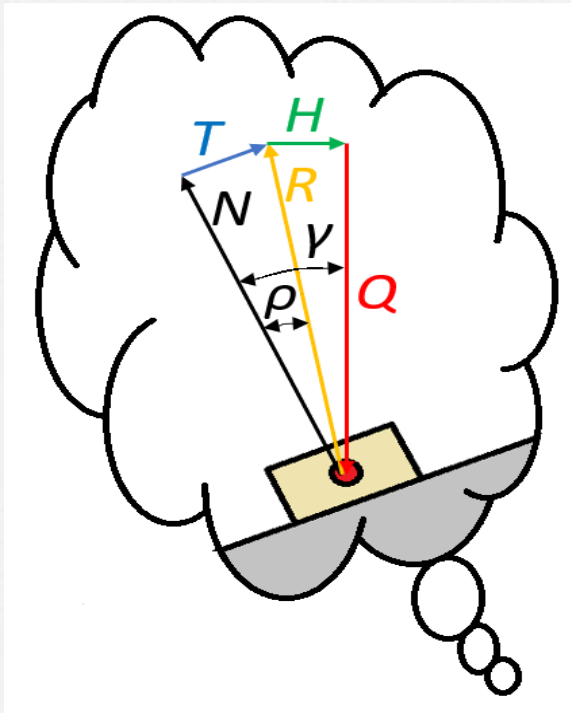
$$H = Q \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \rho)$$

$$\gamma > \rho$$



Połączenia śrubowe – układ sił w zespole gwintowym

2. Przypadek: układ sił – gwint niesamohamowny (opuszczenie – luzowanie)



Podstawowe zależności:

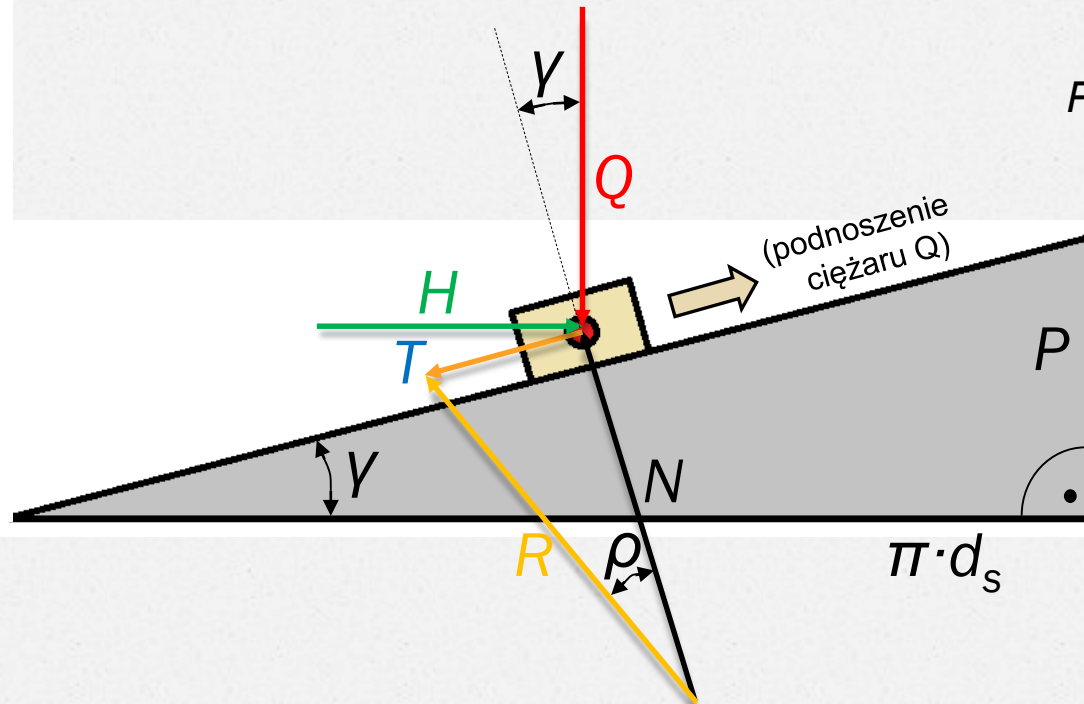
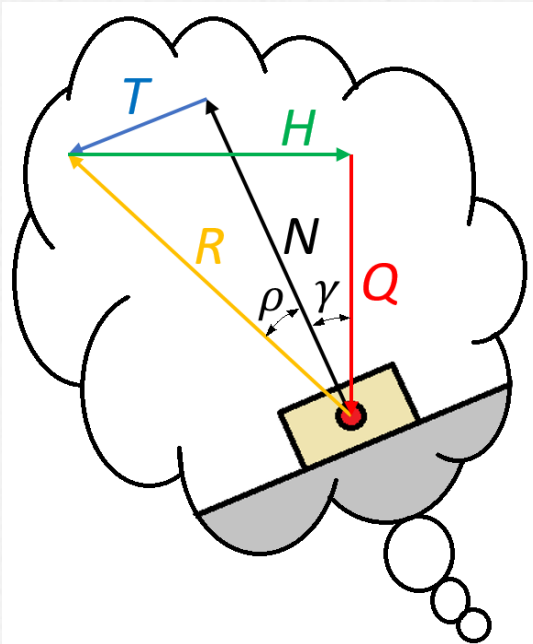
$$T = \mu \cdot N = \operatorname{tg} \rho \cdot N$$

$$H = Q \cdot \operatorname{tg}(\gamma - \rho)$$

$$\gamma > \rho$$

Połączenia śrubowe – układ sił w zespole gwintowym

3. Przypadek: układ sił – gwint samohamowny (podnoszenie – napinanie)



Podstawowe zależności:

$$T = \mu \cdot N = \operatorname{tg} \rho \cdot N$$

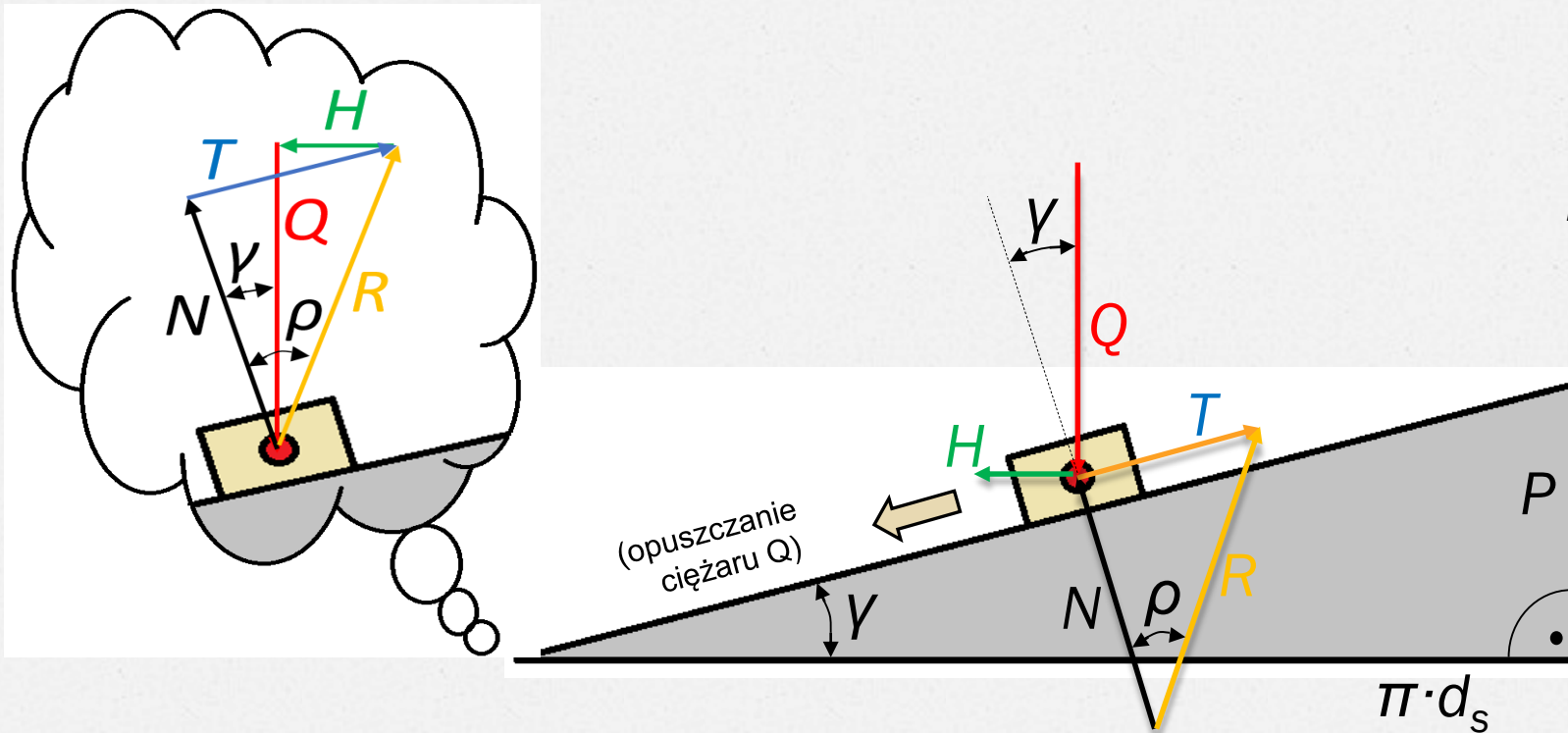
$$H = Q \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \rho)$$

$$\gamma < \rho$$



Połączenia śrubowe – układ sił w zespole gwintowym

4. Przypadek: układ sił – gwint samohamowny (opuszczenie – luzowanie)



Podstawowe zależności:

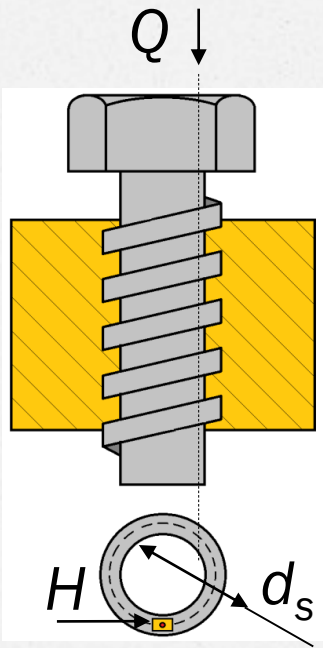
$$T = \mu \cdot N = \operatorname{tg} \rho \cdot N$$

$$H = Q \cdot \operatorname{tg}(\gamma - \rho)$$

$$\gamma < \rho$$

Połączenia śrubowe – układ sił w zespole gwintowym

o Ogólne zależności w ramach **napinania** oraz **luzowania** połączenia gwintowego:



$$M_s = H \cdot \frac{d_s}{2}$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{P}{\pi \cdot d_s}$$

$$d_s = \frac{d + D_1}{2}$$

1. „Podnoszenie ciężaru Q ” napinanie

$$H = Q \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \rho)$$

H – siła jaką należy przyłożyć, aby wspomagać przyspieszanie Q .

$$M_s = 0,5 \cdot d_s \cdot Q \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \rho)$$

M_s – moment oporu

2. „Opuszczenie ciężaru Q ” luzowanie

$$H = Q \cdot \operatorname{tg}(\gamma - \rho)$$

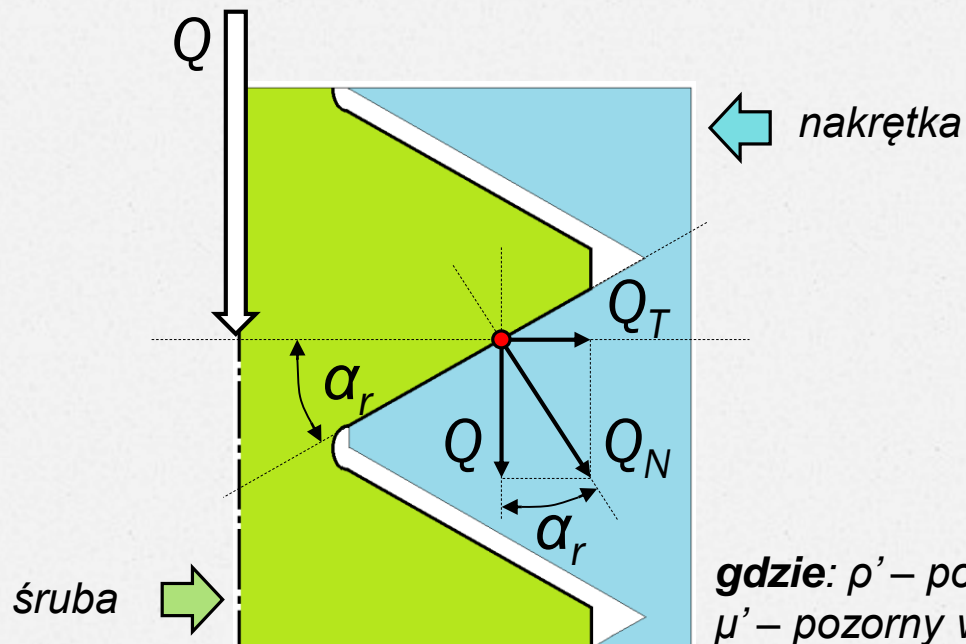
H – siła jaką należy przyłożyć, aby przeciwdziałać przyspieszaniu Q .

$$M_s = 0,5 \cdot d_s \cdot Q \cdot \operatorname{tg}(\gamma - \rho)$$

M_s – moment oporu

Połączenia śrubowe – układ sił w zespole gwintowym

- Istotna jest ocena charakterystycznych parametrów oraz momentu oporu, przy różnego rodzaju zarysach gwintów. Rozkład sił przy dowolnym zarysie gwintu umożliwia wyznaczanie pożądanych właściwości połączenia gwintowego.



$$Q = Q_N \cdot \cos \alpha_r \Rightarrow Q_N = \frac{Q}{\cos \alpha_r}$$

$$T = Q_N \cdot \mu = \frac{Q \cdot \mu}{\cos \alpha_r} = \mu' \cdot Q = \operatorname{tg} \rho' \cdot Q$$

$$\operatorname{tg} \rho' = \frac{\mu}{\cos \alpha_r}$$

gdzie: ρ' – pozorny kąt tarcia,
 μ' – pozorny współczynnik tarcia.



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ !!!

Podstawy Konstrukcji Maszyn

POLITECHNIKA LUBELSKA
Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn i Mechatroniki
dr inż. Patryk Różyło

Projekt „Politechnika Lubelska – Regionalna Inicjatywa Doskonałości”
– finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego



Ministerstwo
Nauki
i Szkolnictwa
Wyższego

