



**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



**WYDZIAŁ
BUDOWY MASZYN
I LOTNICTWA**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

Przekładnie zębate walcowe o zębach śrubowych

dr inż. Michał Batsch

Linia zęba

Linia śrubowa zęba definiowana jest na średnicy podziałowej d poprzez kąt pochylenia β .

$$H = \frac{\pi d}{\tan \beta}$$

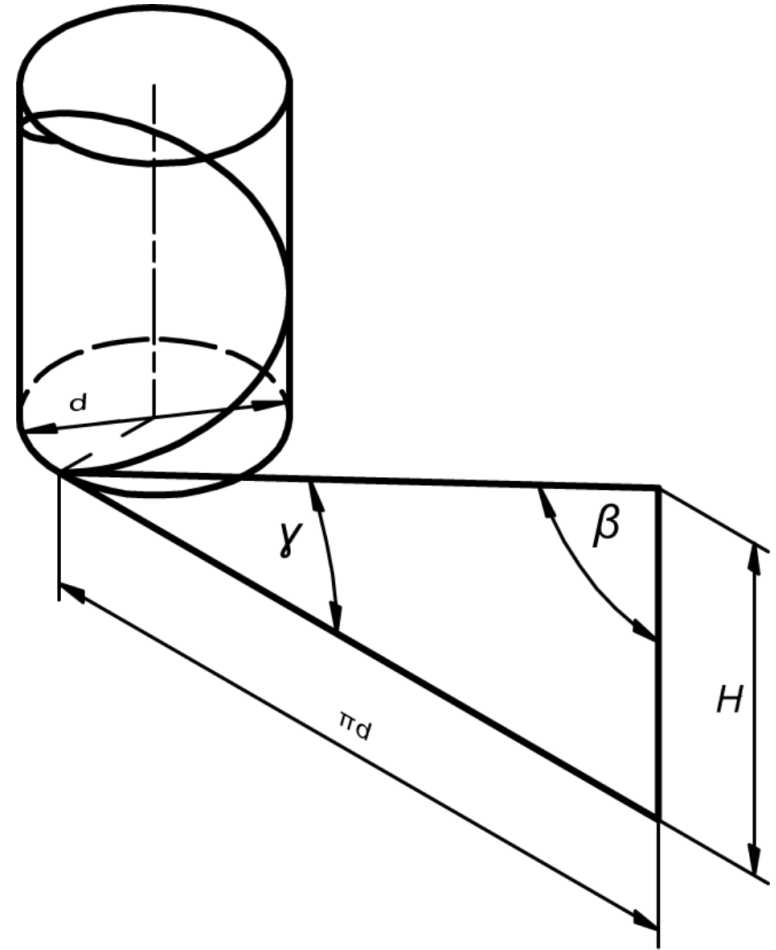
gdzie H to skok linii śrubowej. Kąt pochylenia linii zęba staje się większy im większa jest średnica, zachodzi zatem nierówność

$$\beta_b < \beta < \beta_a$$

gdzie: β_b - to kąt pochylenia linii zęba na średnicy zasadniczej, β_a - to kąt pochylenia linii zęba na średnicy wierzchołków. Skok linii śrubowej zęba jest stały niezależnie od wysokości, wobec powyższego można zapisać

$$\tan \beta_y = \frac{d_y}{d} \tan \beta$$

gdzie β_y - to kąt pochylenia linii zęba na średnicy dowolnej, d_y to średnica dowolna.



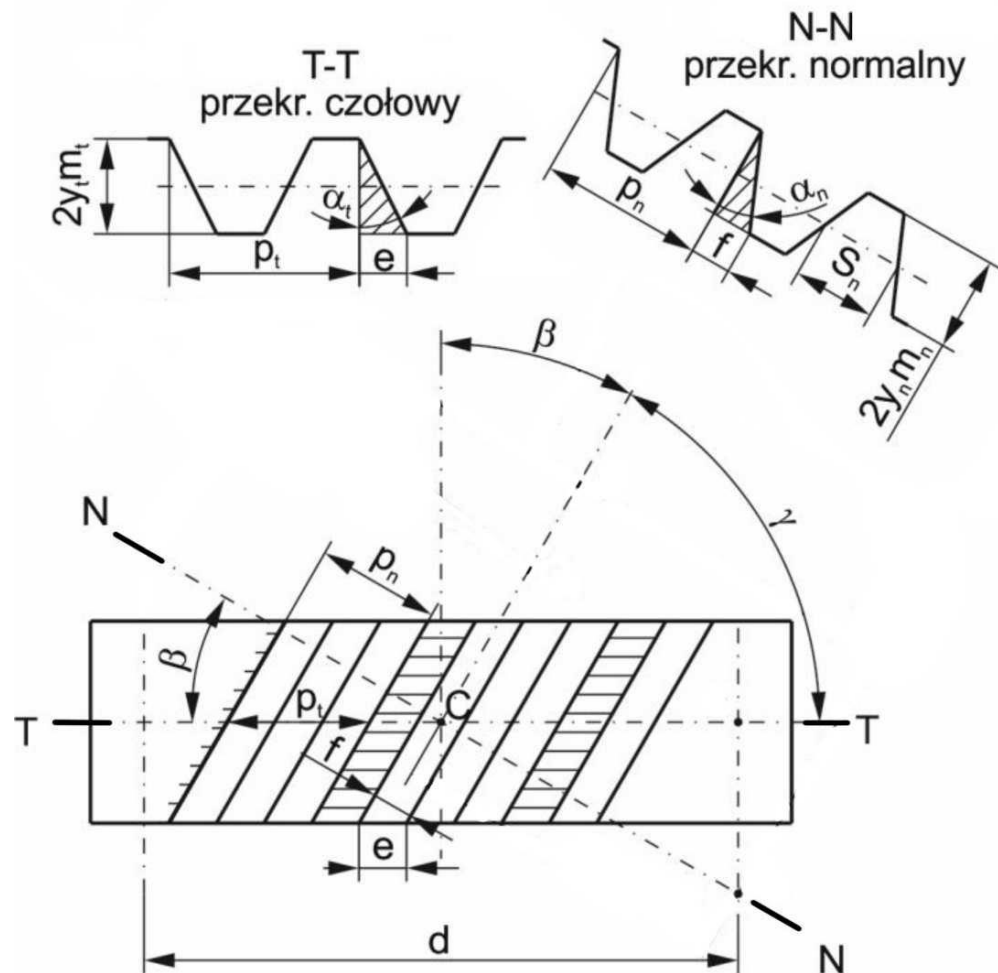
Moduł normalny i czołowy

W kole zębatych o zębach śrubowych występują dwa charakterystyczne przekroje. Jest to przekrój normalny (prostopadły do linii zęba) oraz czołowy (prostopadły do osi koła). Parametry definiowane w przekroju czołowym oznaczane są indeksem "t". Parametry odnoszące się natomiast do przekroju normalnego indeksem "n". Wobec powyższego wyróżnia się podziałkę czołową p_t i podziałkę normalną p_n .

$$p_n = p_t \cos \beta$$

Podziałki czołowa i normalna mogą być wyrażone poprzez moduł czołowy m_t i moduł normalny m_n jako

$$p_n = \pi m_n \quad p_t = \pi m_t$$



Moduł normalny i czołowy

Na tej podstawie uzyskuje się zależność pomiędzy modułem czołowym a normalnym w postaci

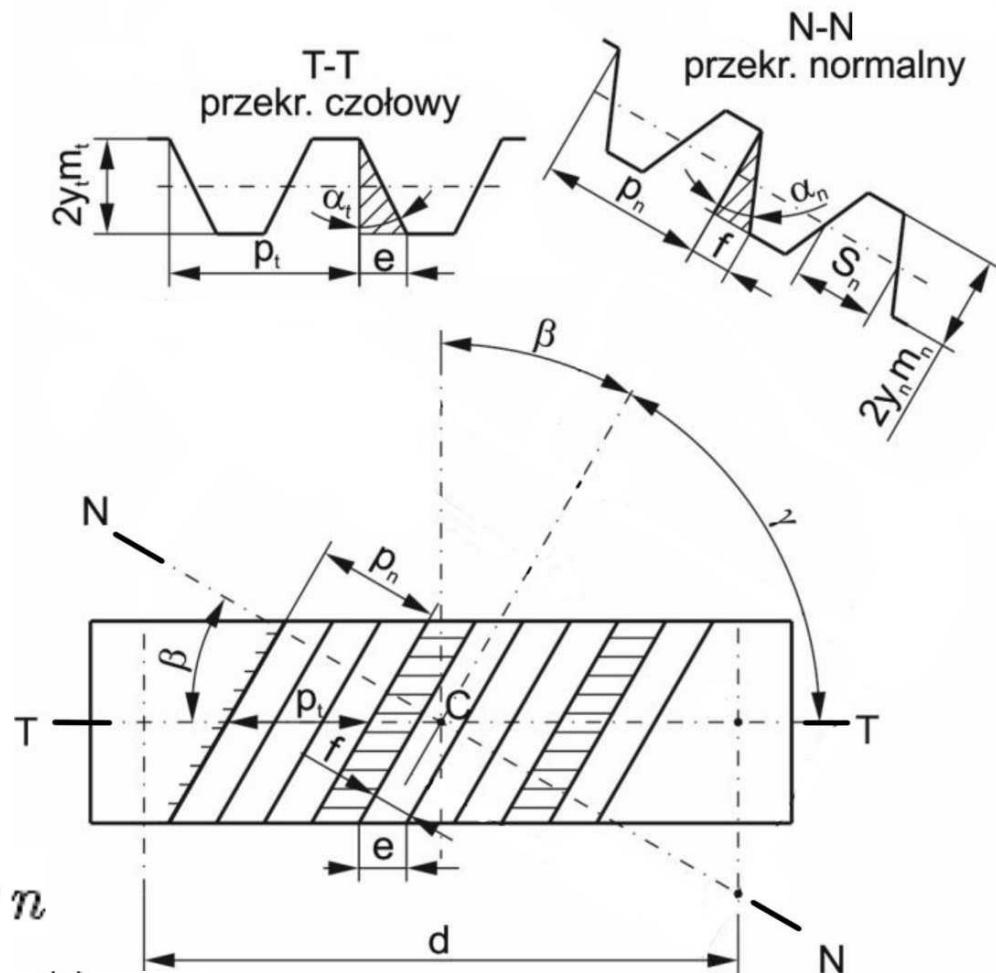
$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}$$

Należy pamiętać, że modułem znormalizowanym jest moduł normalny ($m_n = m_{PN}$), natomiast koło zębate wymiarowane jest w przekroju czołowym. Na podstawie tych informacji określa się parametry koła zębatego śrubowego:

$$d = m_t z$$

$$d_a = d + 2h_a \quad h_a = y_n m_n$$

$$d_f = d - 2h_f \quad h_f = (y_n + c^*) m_n$$



Wysokość zęba w przekroju normalnym i czołowym są takie same. Koła zębate śrubowe wykonywane są na ogół w przekroju normalnym takimi samymi narzędziami jak koła o zębach prostych.

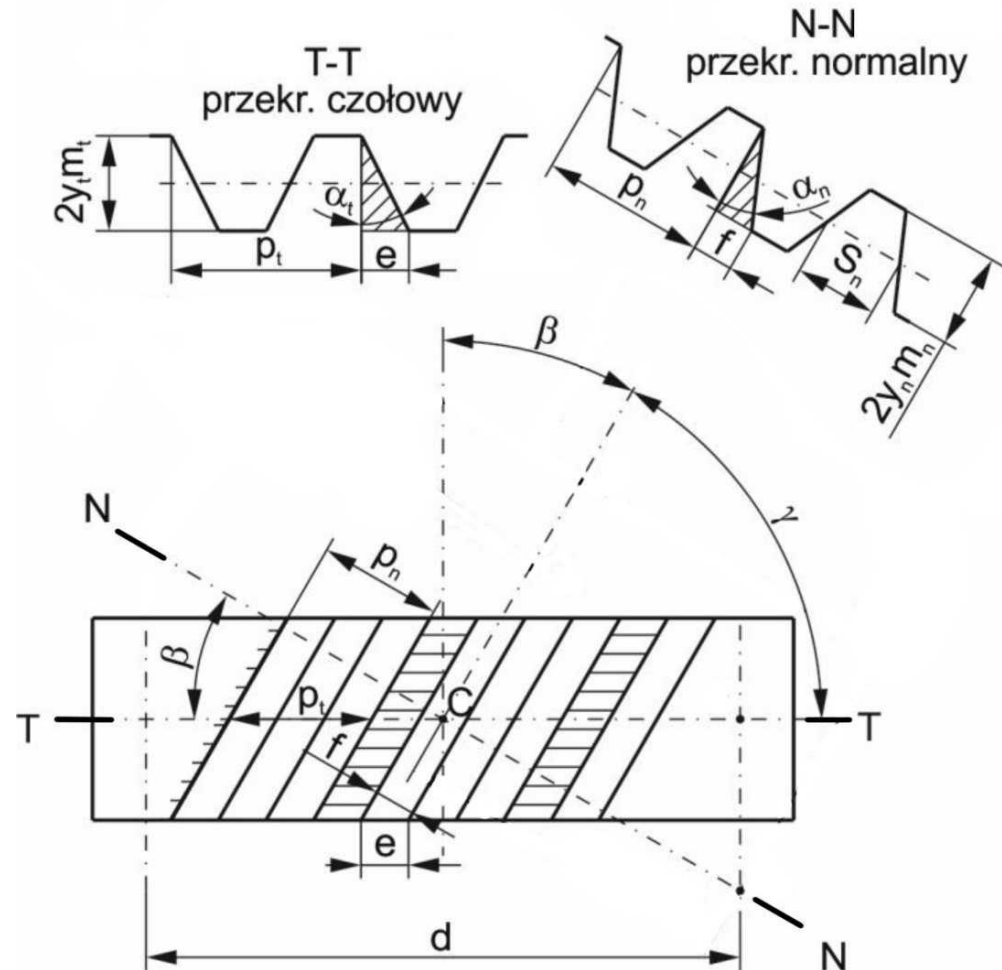
Kąt zarysu

Obróbka uzębienia śrubowego przebiega w przekroju normalnym. Wobec tego w tym przekroju występuje nominalny kąt zarysu (kąt zarysu narzędzia) i to właśnie on najczęściej wynosi $\alpha_n = 20^\circ$.

$$\frac{e}{h} = \operatorname{tg} \alpha_t \quad \frac{f}{h} = \operatorname{tg} \alpha_n$$

gdzie $h = 2y_t m_t = 2y_n m_n$ to całkowita wysokość zęba. Na tej podstawie uzyskuje się czołowy kąt przyporu na średnicy podziałowej

$$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta}$$



W kole zębatym o zębach śrubowych ewolwenta kołowa (odwinięta z okręgu) występuje w przekroju czołowym. W przekroju normalnym występuje ewolwenta odwinięta z elipsy.

Zastępcza liczba zębów

Zastępcza liczba zębów to liczba zębów jaką można naciąć na obwodzie koła zastępczego o promieniu r_v . Konstrukcja koła zastępczego, który przybliży elipsę podziałową w przekroju normalnym przedstawiono na rysunku. Z podobieństwa trójkątów można zapisać

$$\frac{\overline{O_v C}}{\overline{C B}} = \frac{\overline{C B}}{\overline{B A}} \Rightarrow \overline{O_v C} = \frac{\overline{C B}^2}{\overline{B A}}$$

Uwzględniając, że

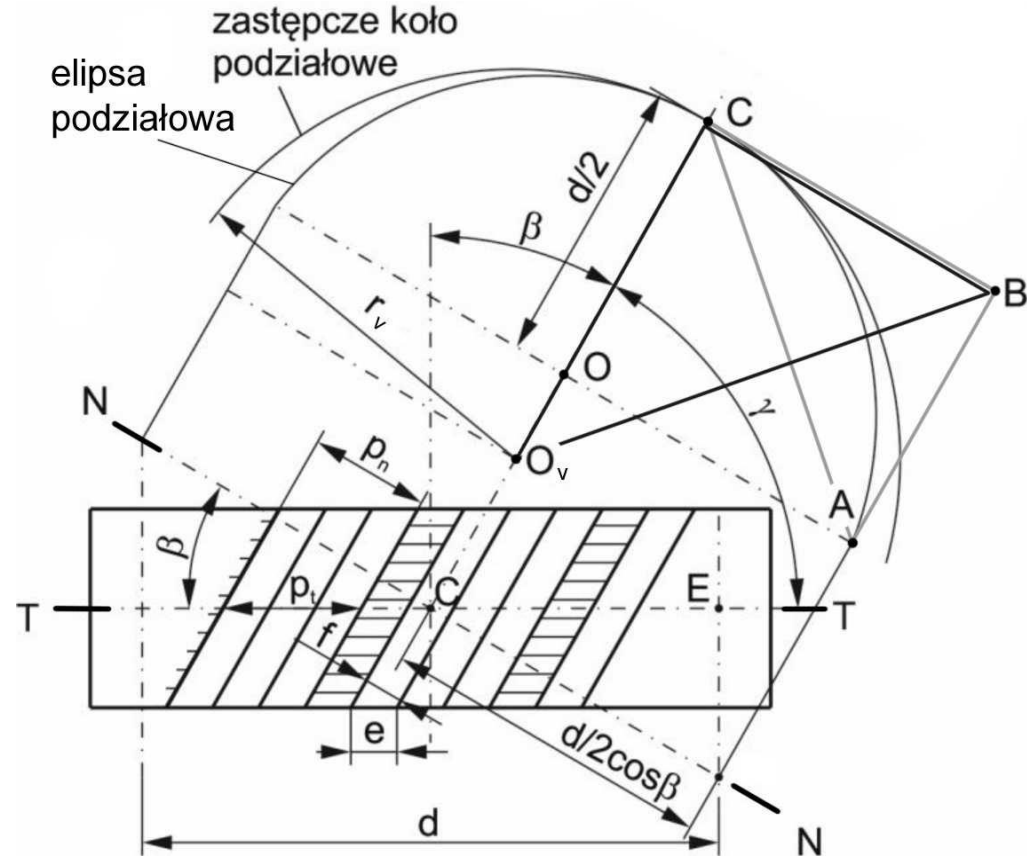
$$\overline{O_v C} = r_v = 0,5 m_n z_v$$

$$\overline{C B} = \frac{d}{2 \cos \beta} = \frac{m_n z}{2 \cos^2 \beta}$$

$$\overline{B A} = \frac{d}{2} = 0,5 \frac{m_n z}{\cos \beta}$$

otrzymuje się wzór na zastępczą liczbę zębów w postaci

$$z_v = \frac{z}{\cos^3 \beta}$$



Graniczna liczba zębów

Graniczna liczba zębów w kołach śrubowych określona jest wzorem

$$z_{g\beta} = y_n \frac{2 \cos^2 \beta}{\sin^2 \alpha_n}$$

Graniczna liczba zębów jest tym mniejsza im większy jest kąt pochylenia linii zębów.

Odległość osi

Odległość osi kół o zębach śrubowych oblicza się ze wzoru

$$a = 0,5 \frac{m_n}{\cos \beta} (z_1 + z_2)$$

Przykład

Rozpatrzmy przekładnię o danych: $z_1=30$, $z_2=47$, $\beta=22^\circ$, $m_n=3\text{mm}$

Zgodnie z podanym wzorem $a=124,57\text{mm}$.

Chcąc uzyskać znormalizowaną odległość osi $a_{PN}=125\text{mm}$, przekształcamy wzór do postaci

$$\cos \beta = 0,5 \frac{m_n}{a_{PN}} (z_1 + z_2) = 0,924$$

i wyznaczamy nowy kąt pochylenia, który zapewni pożądaną odległość osi

$$\beta = 22,4820^\circ$$

Liczba przyporu

W kołach z zębami o linii śrubowej liczba przyporu wyraża się wzorem

$$\epsilon_{\gamma} = \epsilon_{\alpha} + \epsilon_{\beta}$$

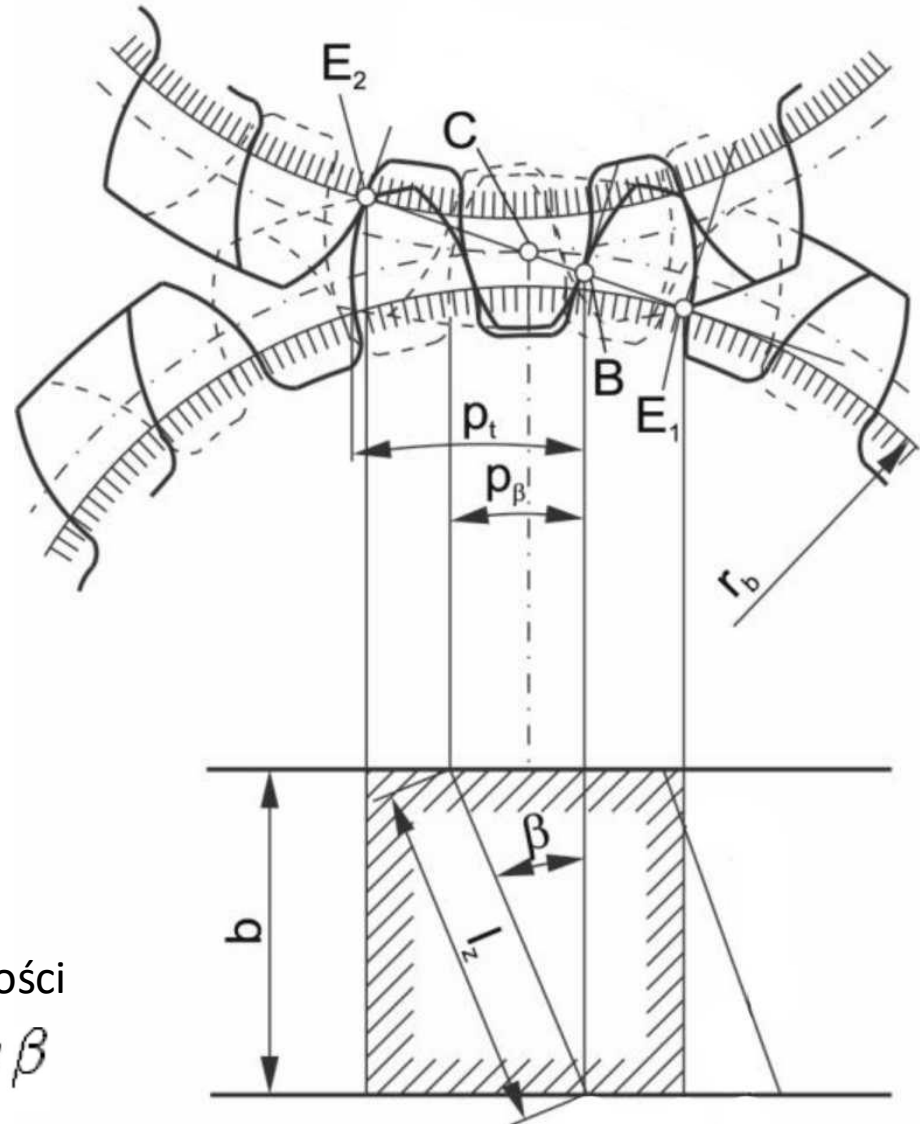
gdzie: ϵ_{α} to czołowa liczba przyporu, ϵ_{β} to poskokowa liczba przyporu (poskokowy wskaźnik zazębienia).

Pierwszy z tych składników wyznacza się i interpretuje podobnie jak w przypadku zębów prostych. Poskokowa liczba przyporu określa natomiast ile zębów współpracuje z uwagi na ich linię śrubową. Poskokowy wskaźnik zazębienia wyraża się jako iloczyn poskoku i podziałki czołowej

$$\epsilon_{\beta} = \frac{p_{\beta}}{p_t}$$

Uwzględniając w powyższym wzorze zależności

$$p_t = \pi m_t = \pi \frac{m_n}{\cos \beta} \quad p_{\beta} = b t g \beta$$



Liczba przyporu

Uzyskuje się

$$\epsilon_{\beta} = \frac{b \sin \beta}{\pi m_n}$$

Poskokowy wskaźnik przyporu rośnie wraz ze wzrostem współczynnika szerokości wieńca $\Psi = b/m_n$ oraz kąta pochylenia linii zębów β .

Przykład

Dla przekładni z poprzedniego przykładu: $z_1=30$, $z_2=47$, $m_n=3\text{mm}$, $\beta=22,4820^\circ$, $\alpha_n=20^\circ$, $y_n=1$, $b=30\text{mm}$, całkowita liczba przyporu wynosi

$$\epsilon_{\gamma} = \epsilon_{\alpha} + \epsilon_{\beta} = 1,518 + 1,217 = 2,736$$

Przy czym jeżeli ta przekładnia zostałaaby wykonana w wariacie z zębami prostymi ($\beta=0$) liczba przyporu wynosiłaby

$$\epsilon_{\gamma} = \epsilon_{\alpha} = 1,697$$

co świadczy o tym, że w przekładni z zębami śrubowymi jednocześnie współpracuje większa liczba zębów niż dla przekładni z zębami prostymi.

Wady i zalety kół zębatych o zębach śrubowych

Koła zębate śrubowe w stosunku do kół zębatych o zębach prostych posiadają praktycznie same zalety:

- zdecydowanie większa liczba przyporu (większa wytrzymałość zębów),
- większa cichobieżność (generowanie drgań o mniejszej amplitudzie),
- możliwość doboru odległości osi poprzez wartość kąta pochylenia linii zębów.

Wadą są występujące siły poosiowe, które muszą przejść łożyska.



**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



**WYDZIAŁ
BUDOWY MASZYN
I LOTNICTWA**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

Dziękuję za uwagę!

dr inż. Michał Batsch