



**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

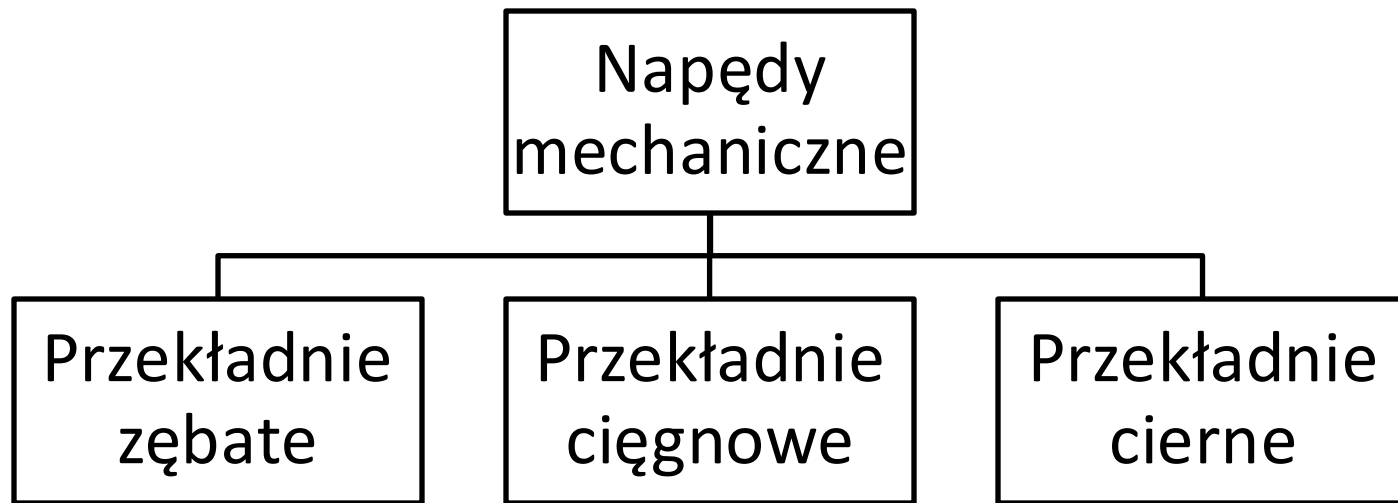


**WYDZIAŁ
BUDOWY MASZYN
I LOTNICTWA**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

Przekładnie zębate walcowe o zębach prostych

dr inż. Michał Batsch

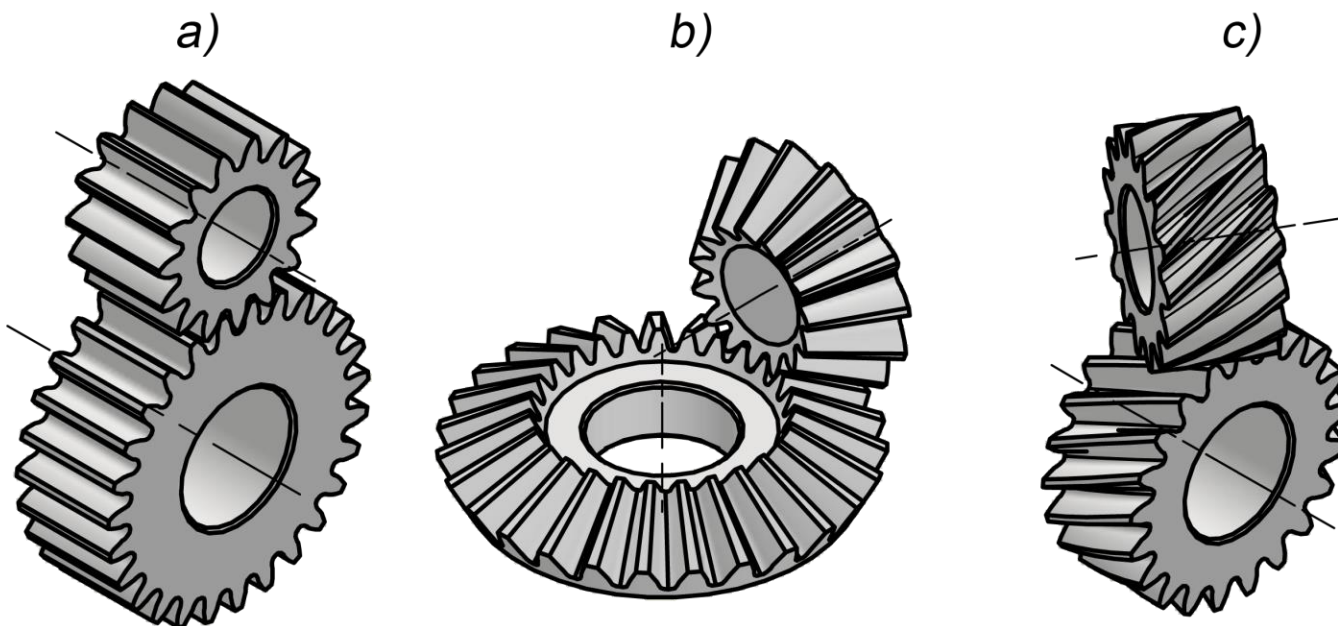
Podział napędów mechanicznych



Podział przekładni zebatych

Przekładnie zębate wg geometrycznego układu klasyfikacyjnego można podzielić na:

- równoległe (osie obrotu kół są równoległe - rys. a),
- kątowe (osie obrotu się przecinają - rys. b),
- wichrowate (osie obrotu się nie przecinają i nie są równoległe - rys. c).

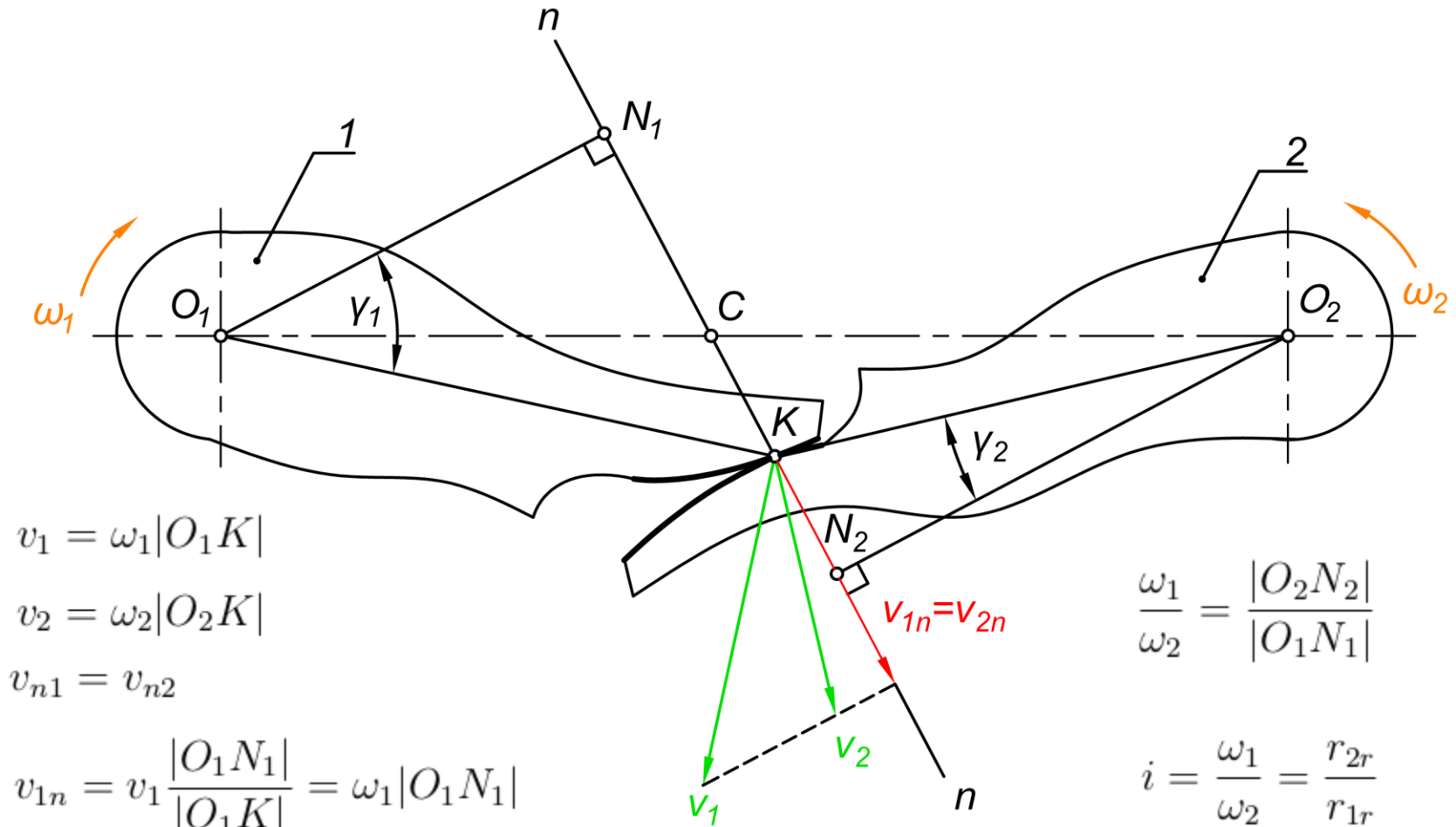


Ponadto wśród każdej z wyżej wymienionych grup przekładni wyróżnia się zazębienie:

- zewnętrzne,
- wewnętrzne,
- koła z zębatką (płaską lub koronową).

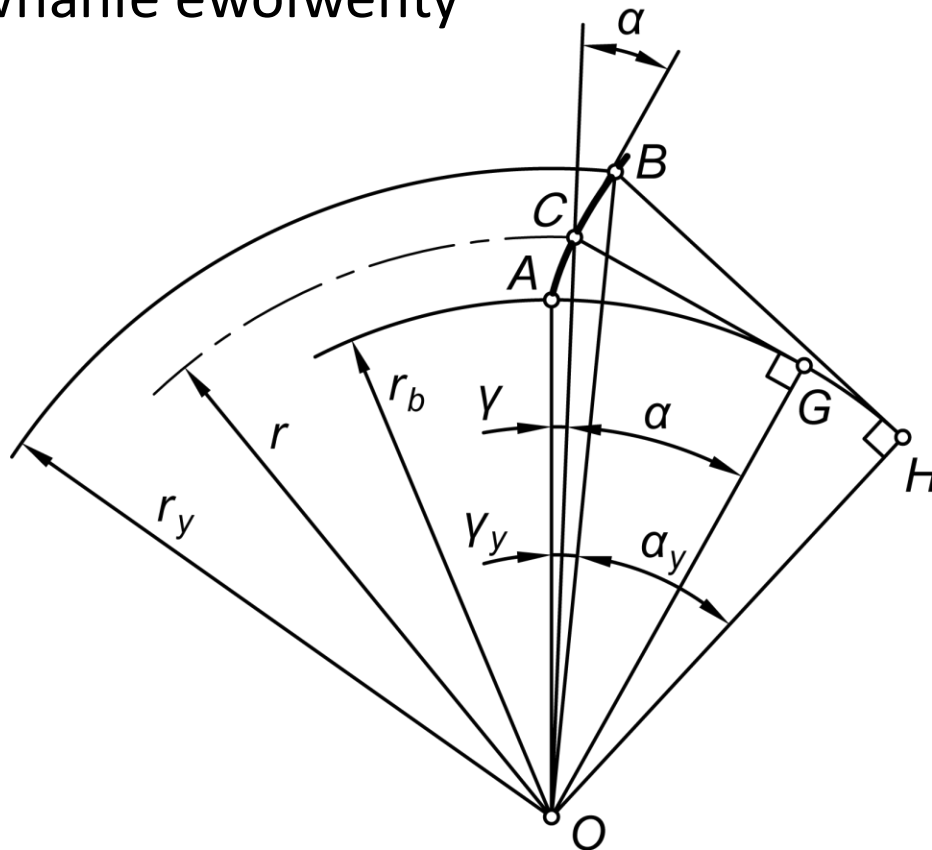
Prawo zazębienia

Rozpatrzona zostanie współpraca dwóch dowolnych zarysów zębów jak poniżej



Przekładnie walcowe o zębach prostych

Równanie ewolwenty



$$\widehat{AG} = \overline{CG}$$

$$\widehat{AG} = r_b(\widehat{\alpha} + \widehat{\gamma})$$

$$\overline{CG} = r_b \operatorname{tg} \alpha$$

$$\operatorname{inv} \alpha = \widehat{\gamma} = \operatorname{tg} \alpha - \widehat{\alpha}$$

$$r_b = r \cos \alpha$$

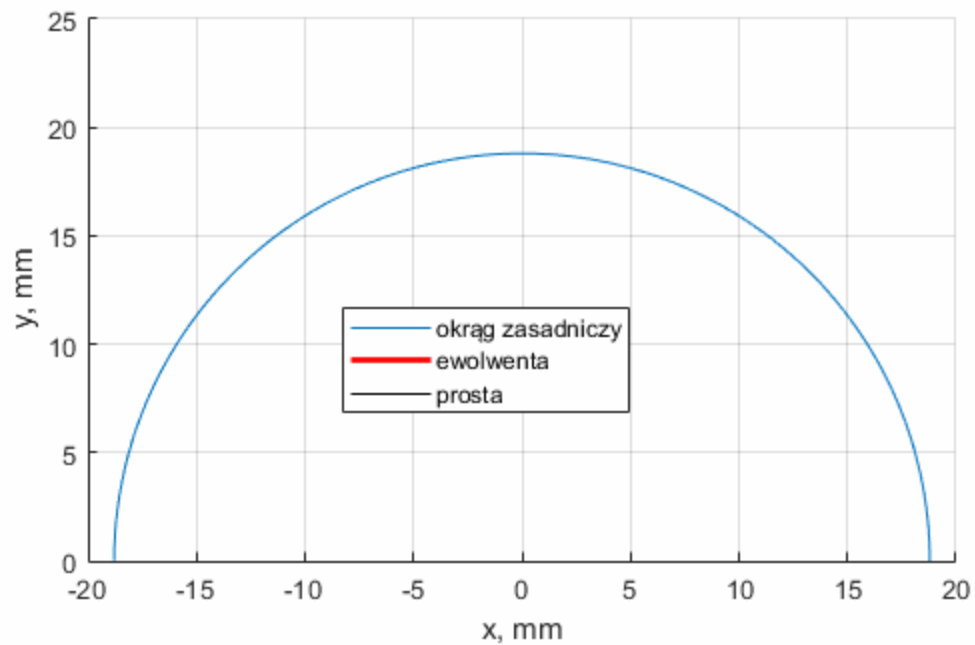
$$\cos \alpha_y = \frac{r}{r_y} \cos \alpha$$

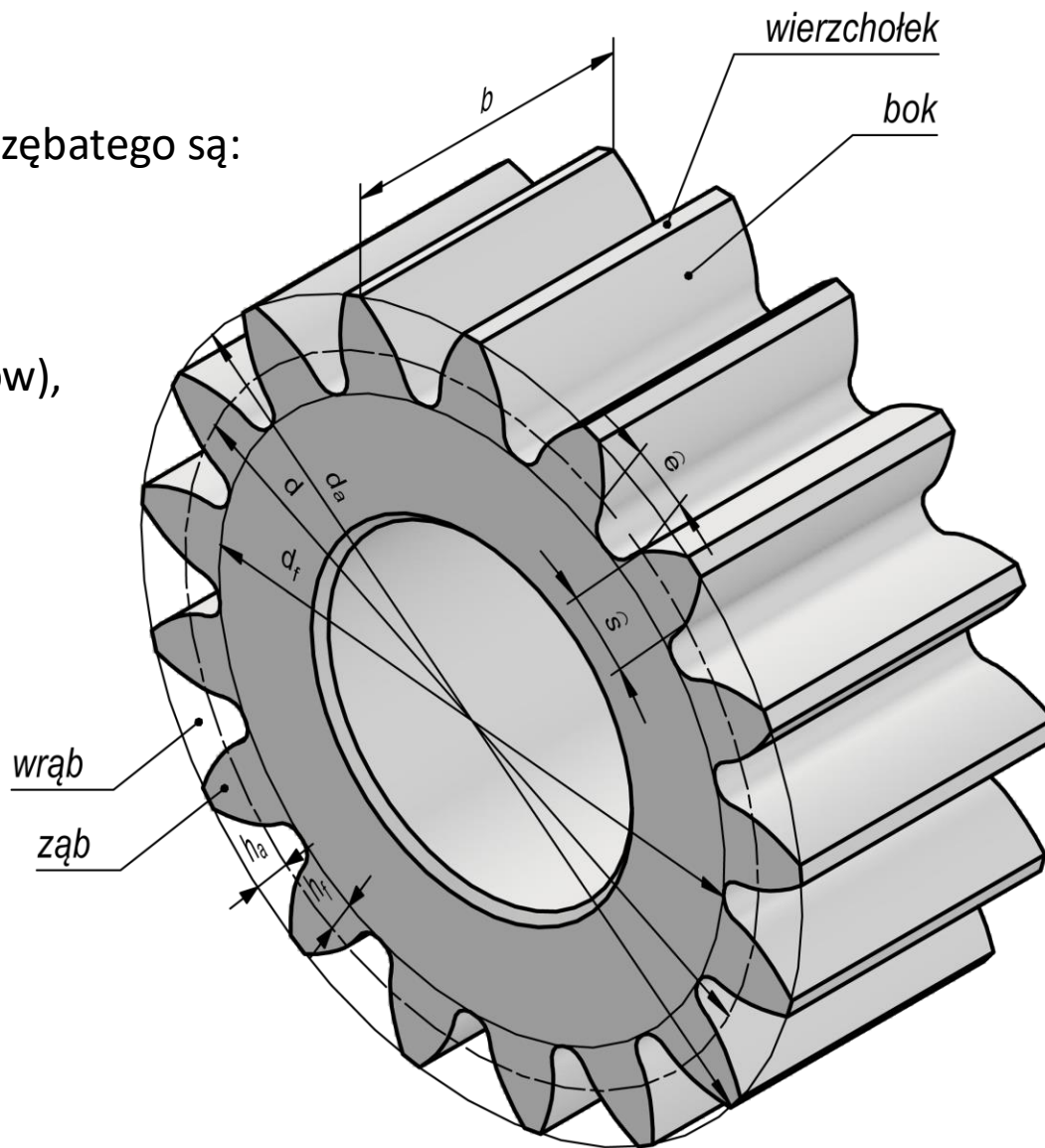
Głównymi zaletami zazębienia ewolwentowego są:

- niewrażliwość na błąd rozstawienia osi,
- możliwość obróbki prostymi narzędziami (prostoliniowa krawędź skrawająca),
- tym samym narzędziem można obrabiać koło o różnych liczbach zębów,
- kierunek i wielkość nacisków promieniowych wzdłuż linii przyporu są stałe.

Przekładnie walcowe o zębach prostych

Równanie ewolwenty





Przekładnie walcowe o zębach prostych

Wymiary uzębienia

$$z \widehat{p} = \pi d \quad d = mz$$

$$d = z \frac{\widehat{p}}{\pi} \quad \widehat{p} = m\pi$$

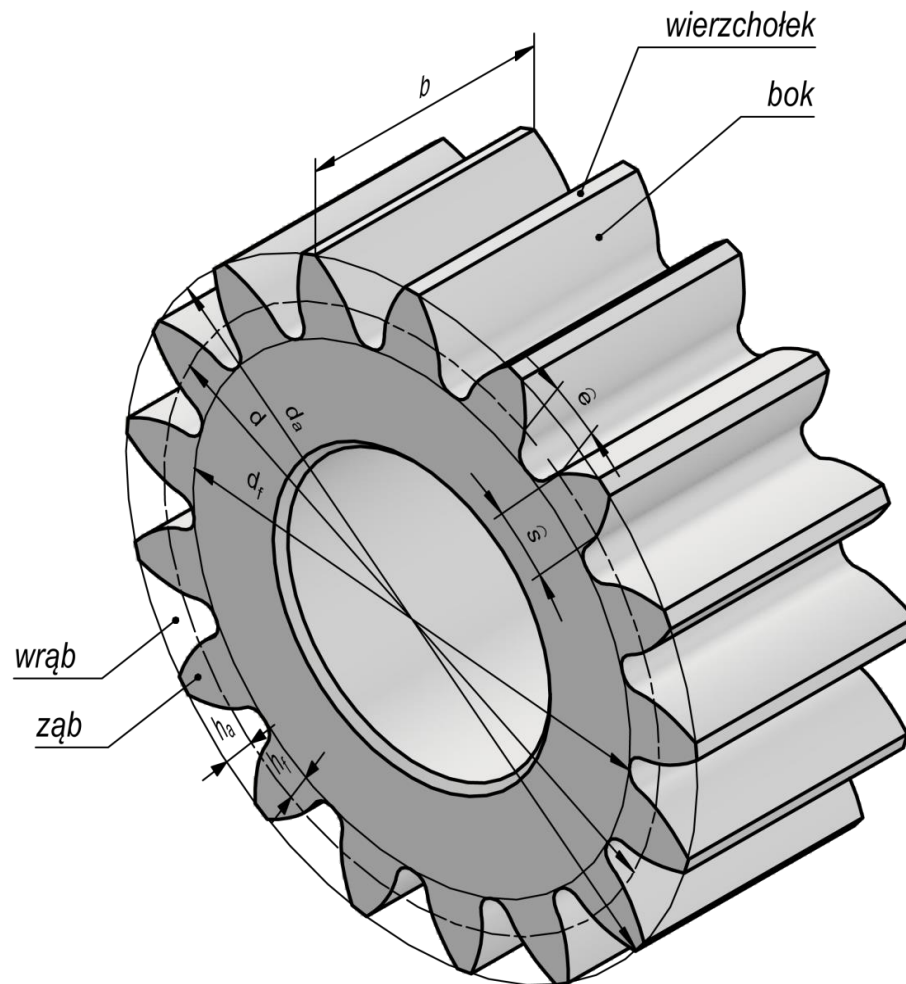
$$h_a = h_a^* m + xm - km$$

$$h_f = h_f^* m \mp xm$$

$$d_a = d + 2h_a$$

$$d_f = d - 2h_f$$

$$d_b = d \cos \alpha$$



gdzie: h_a^* to współczynnik wysokości głowy zęba (dla kół normalnych $h_a^* = 1$), $h_f^* = h_a^* + c^*$ - współczynnik wysokości stopy zęba, $c^* = 0.1 \div 0.4$ - współczynnik luzu wierzchołkowego (często $c^* = 0.25$), α - kąt przyporu na średnicy podziałowej (zazwyczaj $\alpha = 20^\circ$), x - współczynnik przesunięcia zarysu, k - współczynnik skrócenia głowy zęba.

Przekładnie walcowe o zębach prostych

Wymiary uzębienia

Luz wierzchołkowy
(swobodne przejście
wierzchołka zęba):

$$c = mc^*$$

Luz obwodowy (kompensuje
rozszerzalność cieplną, tworzy
przestrzeń dla smaru):

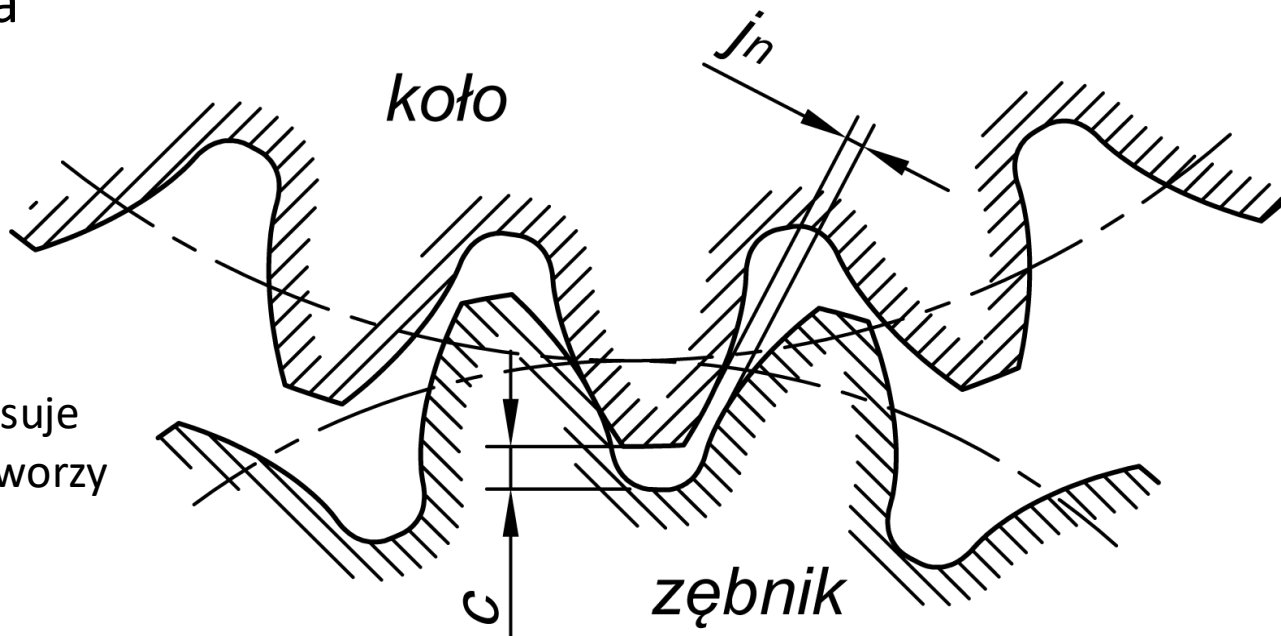
$$j_n = 0.04m$$

Dla przekładni bez luzu:

$$\widehat{s} = \widehat{e} = \frac{\pi m}{2}$$

Dla przekładni z luzem obwodowym:

$$\begin{aligned} \widehat{e} &> \widehat{s} \\ \widehat{e} - \widehat{s} &= j_n \\ \widehat{s} + \widehat{e} &= \widehat{p} = \pi m \end{aligned} \quad \begin{aligned} \widehat{s} &= \frac{\pi m - j_n}{2} \\ \widehat{e} &= \frac{\pi m + j_n}{2} \end{aligned}$$

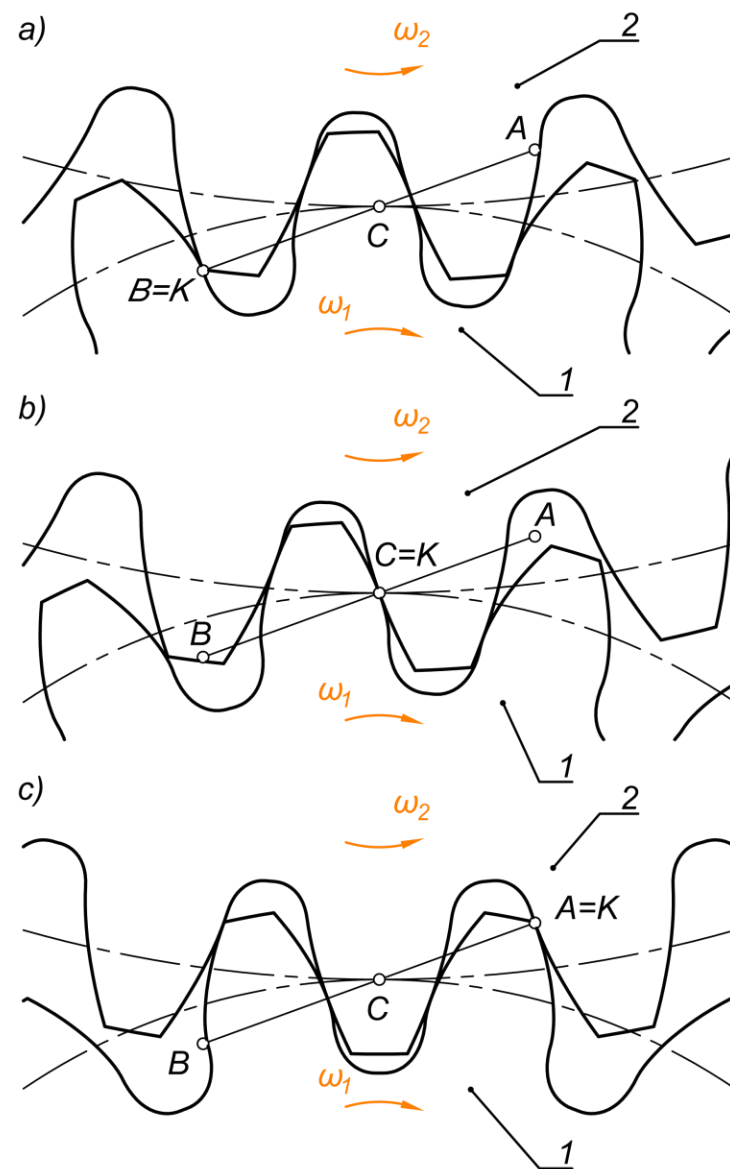
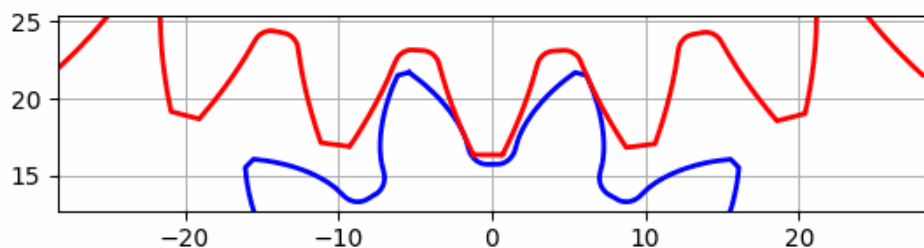


Przekładnie walcowe o zębach prostych

Współpraca zarysów ewolwentowych

Czołowy stopień pokrycia (czołowa liczba przyporu) zdefiniowany jest jako stosunek długości linii przyporu i podziałki zasadniczej:

$$\epsilon_{\alpha} = \frac{\overline{AB}}{\widehat{p} \cos \alpha}$$

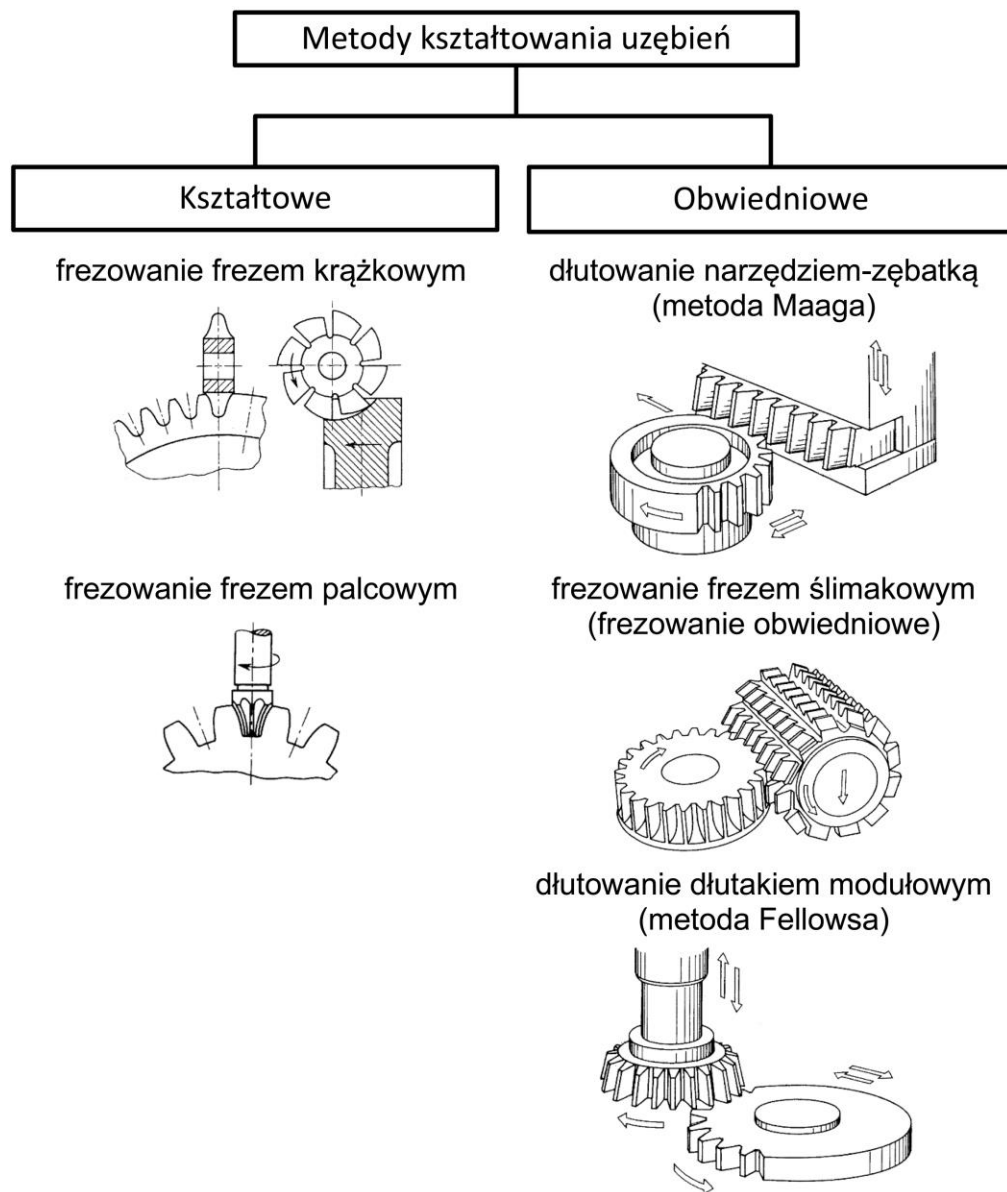


Przekładnie walcowe o zębach prostych

Metody obróbki uzębień walcowych

W metodach kształtowych zarys wrębu międzyzębnego uzyskiwany jest bezpośrednio poprzez kształt narzędzia (frez krążkowy, frez palcowy, ściernica krążkowa).

W metodach obwiedniowych natomiast zarys zęba uzyskiwany jest w wyniku obwiedni kolejnych położeń krawędzi skrawających narzędzia. Obwiednie tą uzyskuje się poprzez odpowiednie sprzężenie kinematyczne narzędzia oraz przedmiotu obrabianego.



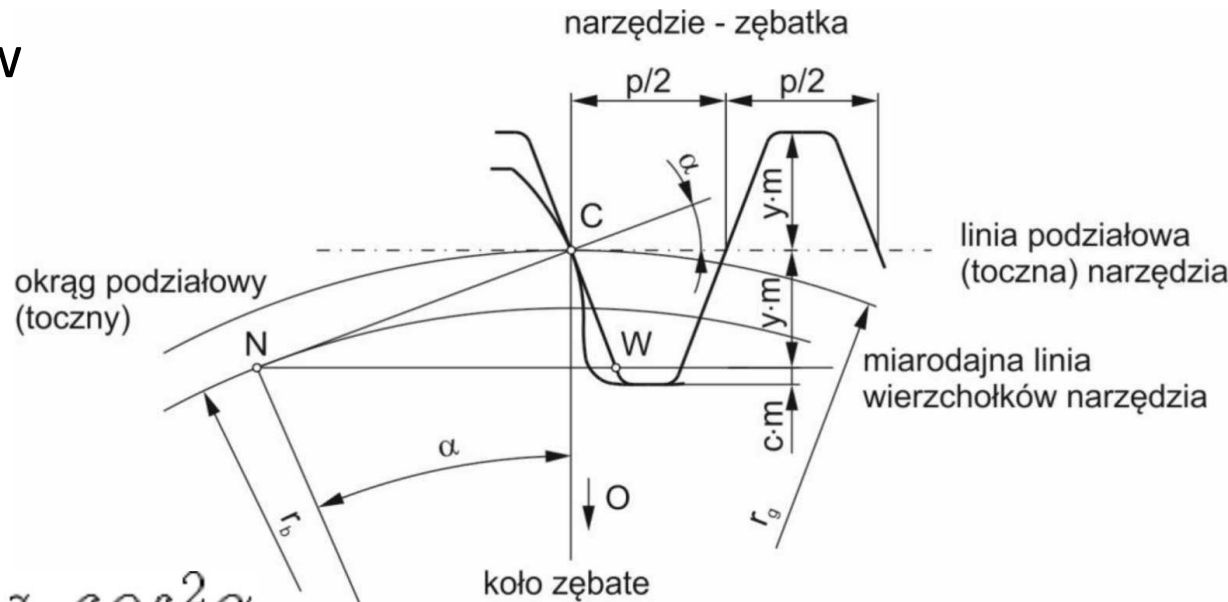
Przekładnie walcowe o zębach prostych

Graniczna liczba zębów

$$r_b = r_g \cos \alpha = 0,5 m z_g \cos \alpha$$

$$ym = r_g - r_b \cos \alpha$$

$$y_m = 0,5mz_g - 0,5mz_g \cos^2 \alpha$$



$$z_g = \frac{2y}{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{2y}{\sin^2 \alpha}$$

Przyjmując, że zęby są normalne ($h_a^* = y = 1$) a kąt przyporu $\alpha = 20^\circ$ graniczna liczba zębów $z_g = 17$. Oznacza to, że poniżej liczby zębów 17 będą one posiadały podcięcie u podstawy. W przypadku wykonywania uzębienia narzędziem kołowym graniczna liczba zębów jest nieco mniejsza.

Przekładnie walcowe o zębach prostych

Uzębienie z przesuniętym zarysem

$$|TC| = ym - x_g m$$

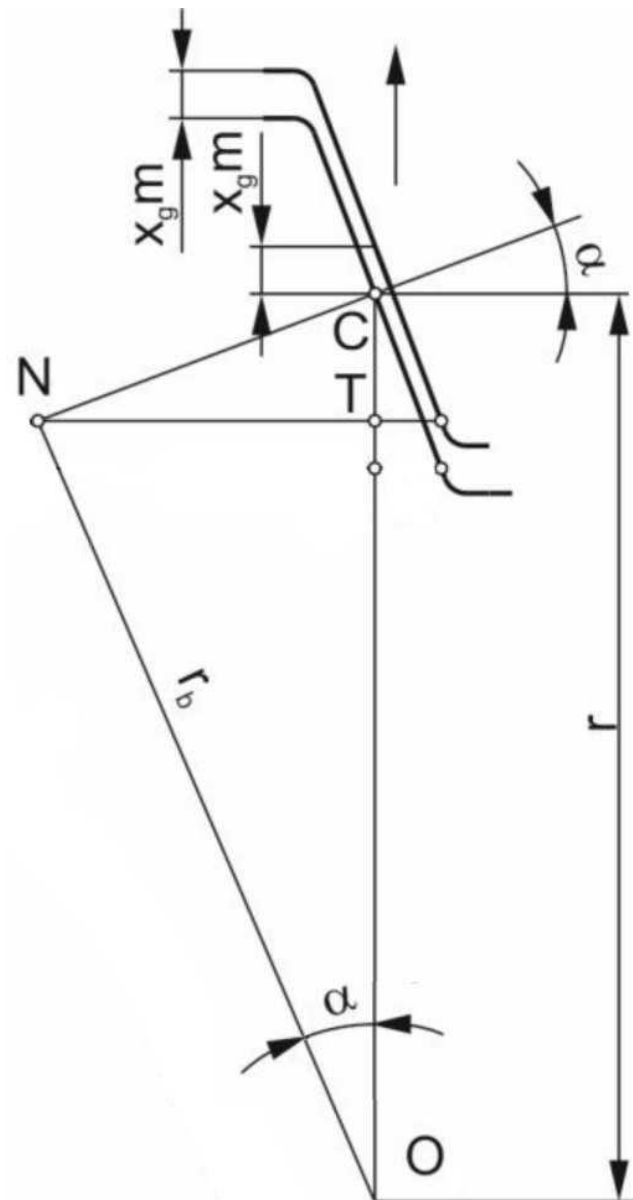
$$|NC| = r \sin \alpha = 0,5 z m \sin \alpha$$

$$|TC| = |NC| \sin \alpha = 0,5 z m \sin^2 \alpha$$

$$0,5 z m \sin^2 \alpha = ym - x_g m$$

$$x_g = y - 0,5 z \sin^2 \alpha$$

$$x_g = y \frac{z_g - z}{z_g}$$



Przekładnie walcowe o zębach prostych

Uzębienie z przesuniętym zarysem

Przykład 1

Dla koła zębatego o danych: $z=15$, $m=2\text{mm}$, $y=1$, $\alpha=20^\circ$ graniczny współczynnik przesunięcia zarysu

$$x_g = \frac{17-15}{17} = \frac{2}{17}$$

co oznacza, że aby uniknąć podcięcia, zębatkę należy odsunąć od koła o wielkość co najmniej $X_g=4/17$ mm

Przykład 2

Dla koła zębatego o danych: $z=28$, $m=2\text{mm}$, $y=1$, $\alpha=20^\circ$ graniczny współczynnik przesunięcia zarysu wynosi

$$x_g = \frac{17-28}{17} = -\frac{11}{17}$$

co oznacza, że można dosunąć zębatkę co najwyżej o $X_g=22/17$ mm aby nie wystąpiło podcięcie.

Przekładnie walcowe o zębach prostych

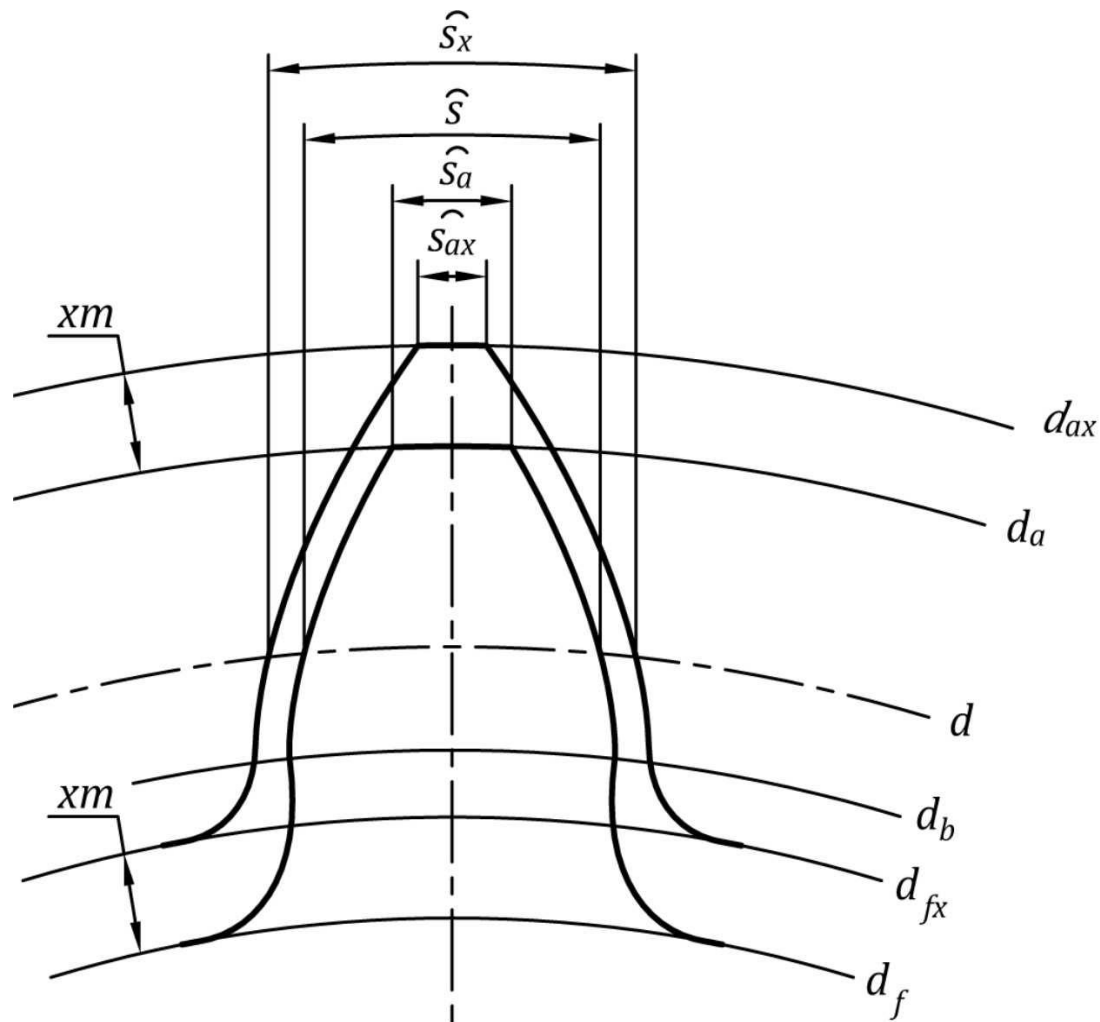
Skutki przesunięcia zarysu

W wyniku przesunięcia zarysu zmianie ulega:

- średnica stóp d_f ,
- średnica głów d_a ,
- rośnie grubość zęba u podstawy i na średnicy podziałowej,
- maleje grubość zęba u wierzchołka.

Ze względu na możliwość wykruszania się wierzchołka zęba określa się jego minimalną grubość jako:

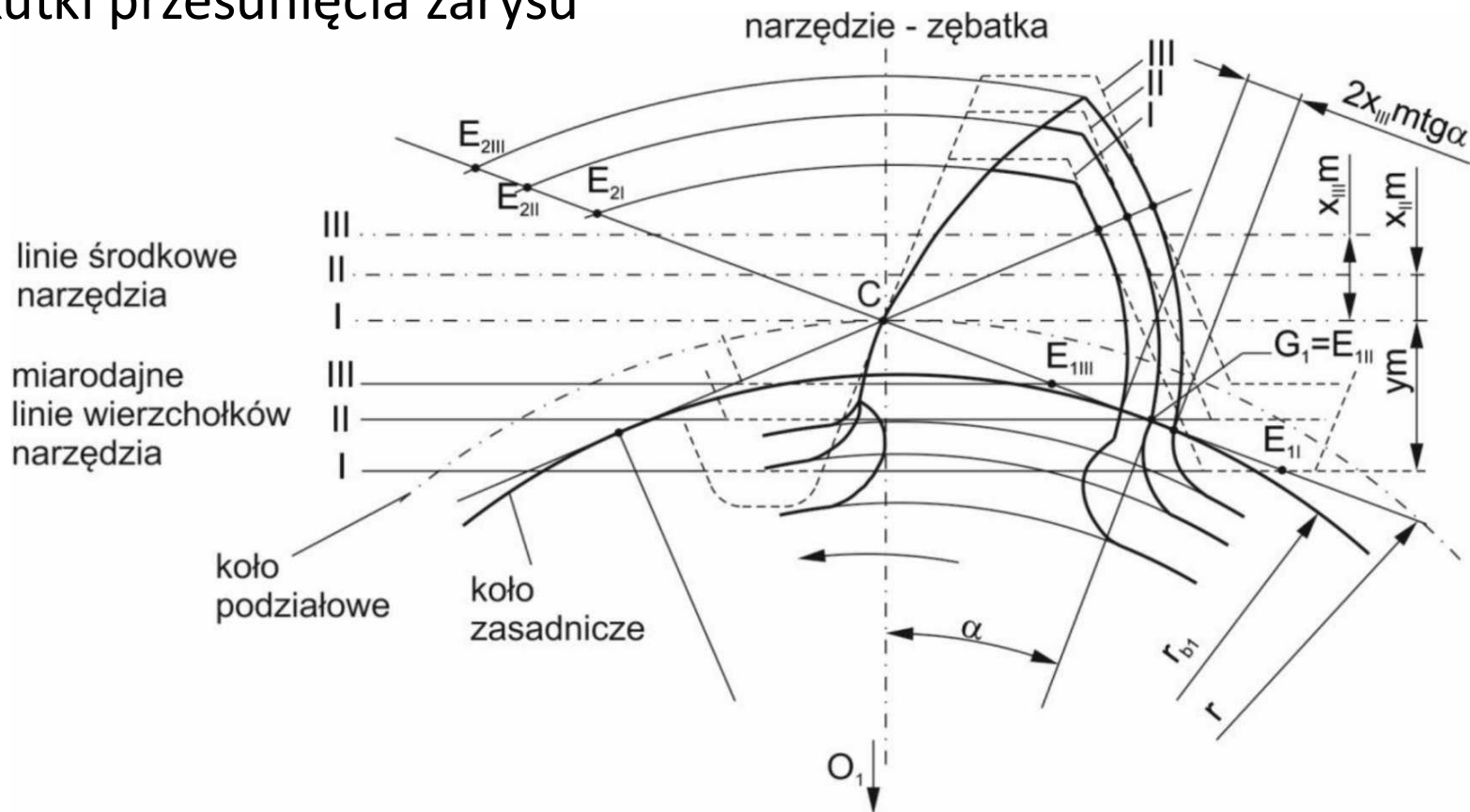
- $0,4m$ (dla kół hartowanych),
 - $0,25m$ (dla kół nieobrabianych cieplnie),
- gdzie m to moduł.



Wielkość przesunięcia zarysu jest ograniczona minimalną grubością zęba u wierzchołka oraz podcięciem zęba u podstawy.

Przekładnie walcowe o zębach prostych

Skutki przesunięcia zarysu



Należy zwrócić uwagę, że przesunięcie współczynnika zarysu (korekcja uzębienia) nie zmienia średnicy podziałowej d oraz zasadniczej d_b . Można już zatem się domyślić, że zarys zęba w przypadku koła korygowanego i niekorygowanego tworzy ta sama ewolwenta (odwijana z tego samego okręgu zasadniczego). Do zarysu "brane" są jedynie inne jej fragmenty, co uwidoczniono na rysunku.

Przekładnie walcowe o zębach prostych

Wymiary koła zebatego z przesuniętym zarysem

Wymiary koła korygowanego oblicza się wg następujących wzorów:

- średnica podziałowa

$$d = m z$$

- średnica zasadnicza

$$d_b = d \cos \alpha$$

- średnica wierzchołków

$$d_{ax} = d_a + 2xm = d + 2ym + 2xm$$

- średnica dna wrębów

$$d_{fx} = d_f + 2xm = d - 2(y + c^*)m + 2xm$$

Przekładnie walcowe o zębach prostych

Wymiary koła zebatego z przesuniętym zarysem

Grubość zęba na średnicy podziałowej również ulega zmianie.

$$\widehat{e} = \frac{\pi m + j_n}{2}$$

$$\widehat{s} = \frac{\pi m - j_n}{2}$$

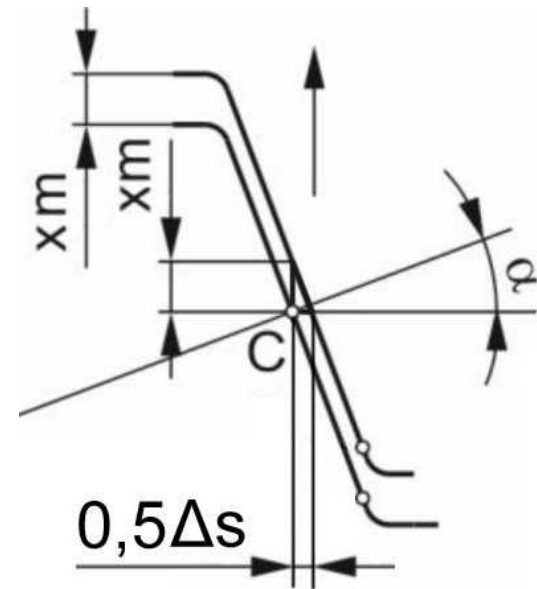
Po zastosowaniu korekcji grubość zęba ulega zwiększeniu, a szerokość wrębu zmniejszeniu o Δs .

$$\Delta s = 2xmtg\alpha$$

Natomiast grubość zęba i szerokość wrębu na średnicy podziałowej po korekcji

$$\widehat{s}_x = \frac{\pi m - j_n}{2} + 2xmtg\alpha$$

$$\widehat{e}_x = \frac{\pi m + j_n}{2} - 2xmtg\alpha$$

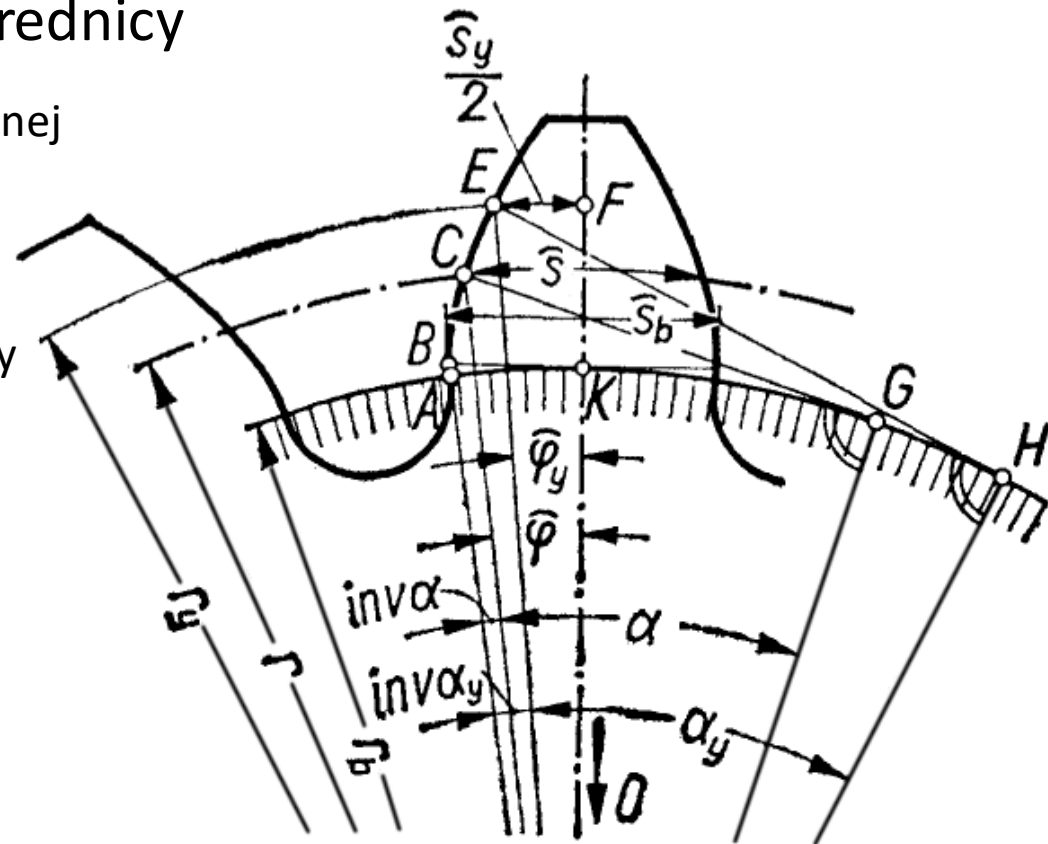


Przekładnie walcowe o zębach prostych

Grubość zęba na dowolnej średnicy

Indeks y odnosi się do średnicy dowolnej

- r_y to promień dowolny,
- $\cap s_y$ to grubość zęba na średnicy dowolnej (mierzona po łuku),
- ϕ_y to to kąt środkowy odpowiadający połowie grubości zęba na średnicy dowolnej,
- α_y to kąt zarysu zęba na średnicy dowolnej. Ponadto:
- r to promień podziałowy,
- r_b to promień zasadniczy,
- $\cap s$ to grubość zęba na średnicy podziałowej (mierzona po łuku),
- ϕ to to kąt środkowy odpowiadający połowie grubości zęba na średnicy podziałowej,
- α to kąt zarysu zęba na średnicy podziałowej.



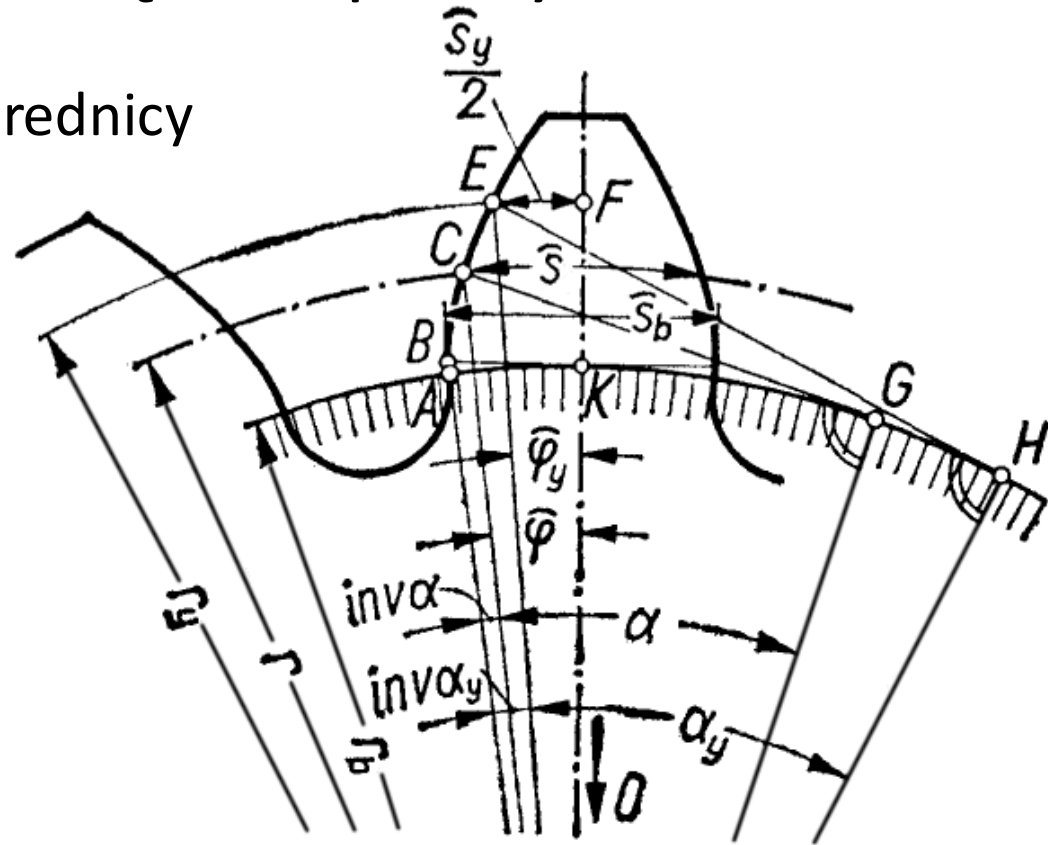
Przekładnie walcowe o zębach prostych

Grubość zęba na dowolnej średnicy

$$\frac{\widehat{s}}{2} = r\varphi \Rightarrow \varphi = \frac{\widehat{s}}{d}$$

$$\frac{\widehat{s}_y}{2} = r_y\varphi_y \Rightarrow \widehat{s}_y = d_y\varphi_y$$

$$\varphi_y = \varphi + \text{inv}\alpha - \text{inv}\alpha_y$$



$$\widehat{s}_y = d_y(\varphi + \text{inv}\alpha - \text{inv}\alpha_y) = d_y\left(\frac{\widehat{s}}{d} + \text{inv}\alpha - \text{inv}\alpha_y\right)$$

$$\widehat{s}_y = d_y\left(\frac{\frac{\pi m - j_n}{2} + 2xmtg\alpha}{mz} + \text{inv}\alpha - \text{inv}\alpha_y\right)$$

$$\cos\alpha_y = \frac{r_b}{r_y}$$

Przekładnie walcowe o zębach prostych

Grubość zęba na dowolnej średnicy

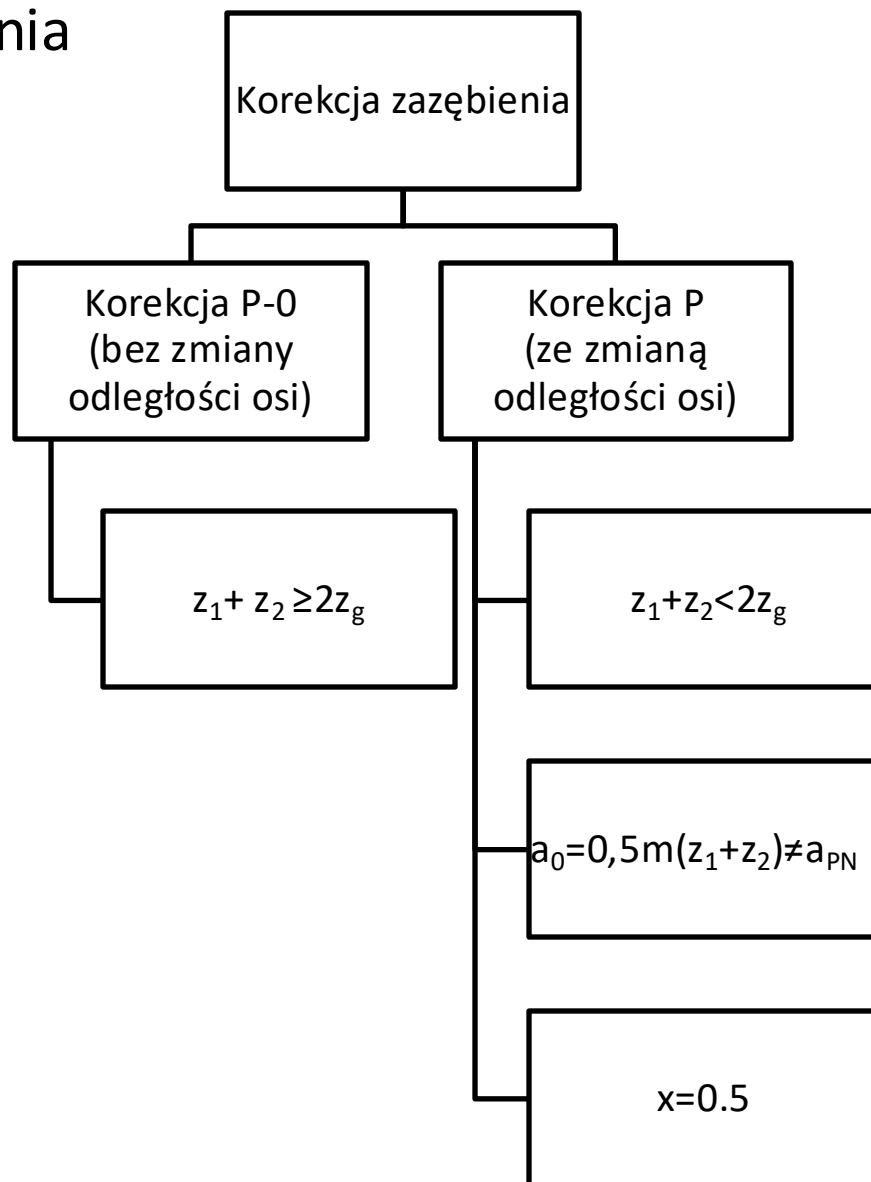
Na podstawie wyprowadzonego wzoru grubość wierzchołka zęba dana jest jako

$$\widehat{s}_a = d_a \left(\frac{\frac{\pi m - j_n}{2} + 2 x m t g \alpha}{m z} + \operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha_a \right)$$

W literaturze dotyczącej kół zębatych można znaleźć wykresy i tabele pozwalające na wyznaczenie grubości zęba u wierzchołka dla różnych liczb zębów i różnych współczynników przesunięcia zarysu. Wykresy budowane są zazwyczaj dla modułu 1. Odczytaną wartość należy przemnożyć przez moduł koła zębatego.

Przekładnie walcowe o zębach prostych

Korekcja zazębienia



Przekładnie walcowe o zębach prostych

Korekcja P-0 (bez zmiany odległości osi)

W korekcji P-0 odległość osi się nie zmienia, a więc

$$a_0 = 0,5m(z_1 + z_2)$$

Aby odległość osi była niezmienna, koło małe korygowane jest na "+", koło duże zaś na "-" z taką samą wartością przesunięcia zarysu. Tym samym zachodzi równość

$$x_1 = -x_2$$

Aby możliwe było przeprowadzenie korekcji P-0 bez podcięcia, graniczne przesunięcie zarysu koła małego powinno być mniejsze od wielkości przesunięcia zarysu na kole dużym, co można wyrazić warunkiem:

$$x_{g1} \leq -x_{g2} \quad \Rightarrow \quad y \frac{z_g - z_1}{z_g} \leq -y \frac{z_g - z_2}{z_g}$$

Po przekształceniu otrzymuje się warunek prowadzenia korekcji P-0 jako

$$\boxed{z_1 + z_2 \geq 2z_g}$$

Na skutek korekcji P-0:

- głowa zęba koła małego powiększa się, a dużego się zmniejsza,
- grubość zęba na średnicy podziałowej zwiększa się dla koła małego, a zmniejsza się dla koła dużego,
- powiększa się stopień pokrycia,
- występują korzystne warunki poślizgowe.

Przekładnie walcowe o zębach prostych

Korekcja P (ze zmianą odległości osi)

$$1) z_1 + z_2 < 2z_g$$

Obydwa koła są korygowane na "+", w celu uniknięcia podcięcia:

$$X_1 = x_1 m \quad X_2 = x_2 m$$

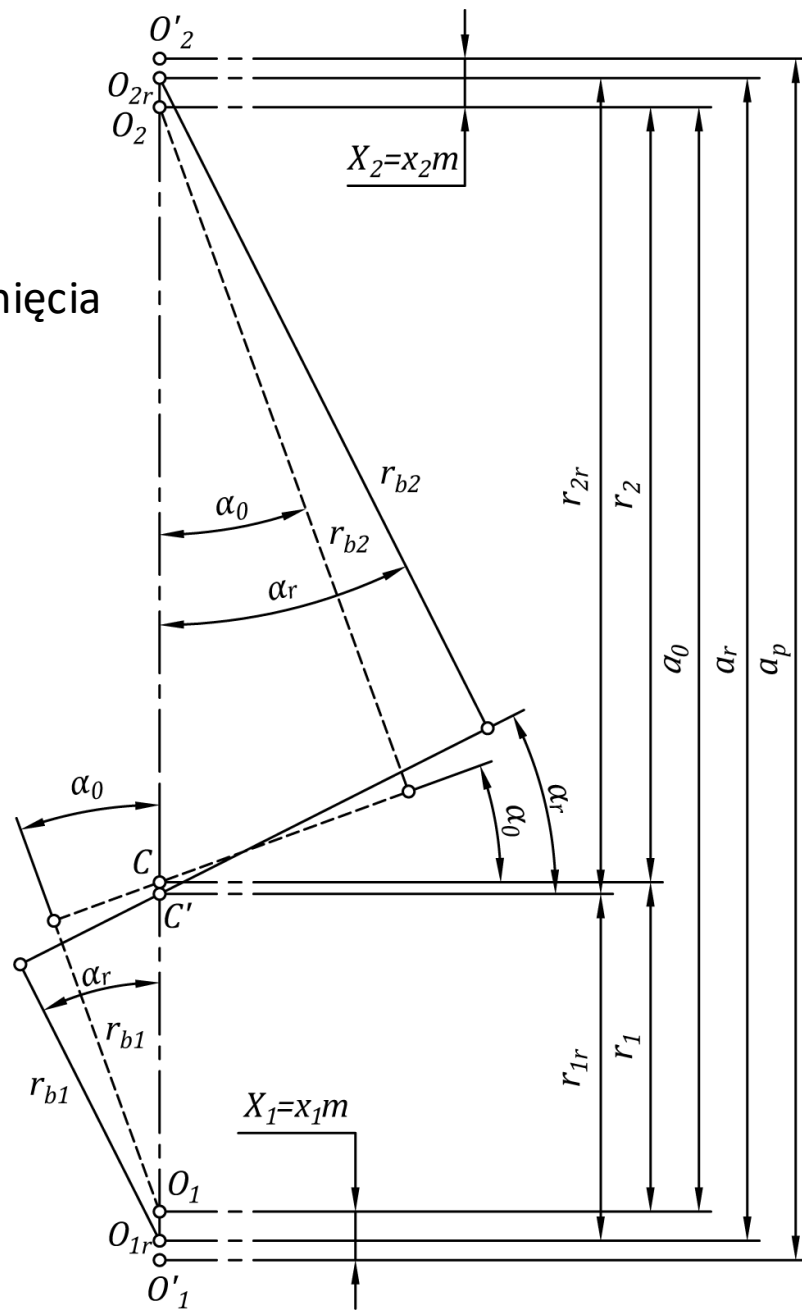
Powstaje pozorna odległość osi

$$a_p = a_0 + x_1 m + x_2 m$$

Przekładnia z taką odległością osi spełniałaby swoją rolę, posiadałaby jednak zbyt duże luzy obwodowe (hałasowanie).

W związku z tym poszukuje się dla pary zębatej rzeczywistej odległości osi a_r , przy której parametry współpracy są zgodne z wymaganiami. Wobec rysunku zachodzi:

$$a_0 < a_r < a_p$$



Przekładnie walcowe o zębach prostych

Korekcja P (ze zmianą odległości osi)

$$1) z_1 + z_2 < 2z_g$$

Ponadto, promień podziałowy można przedstawić jako

$$r_1 = \frac{r_{b1}}{\cos \alpha_0} \quad r_2 = \frac{r_{b2}}{\cos \alpha_0}$$

gdzie α_0 to kąt przyporu na średnicy podziałowej (często $\alpha_0 = 20^\circ$). Sumując promienie podziałowe otrzymuje się

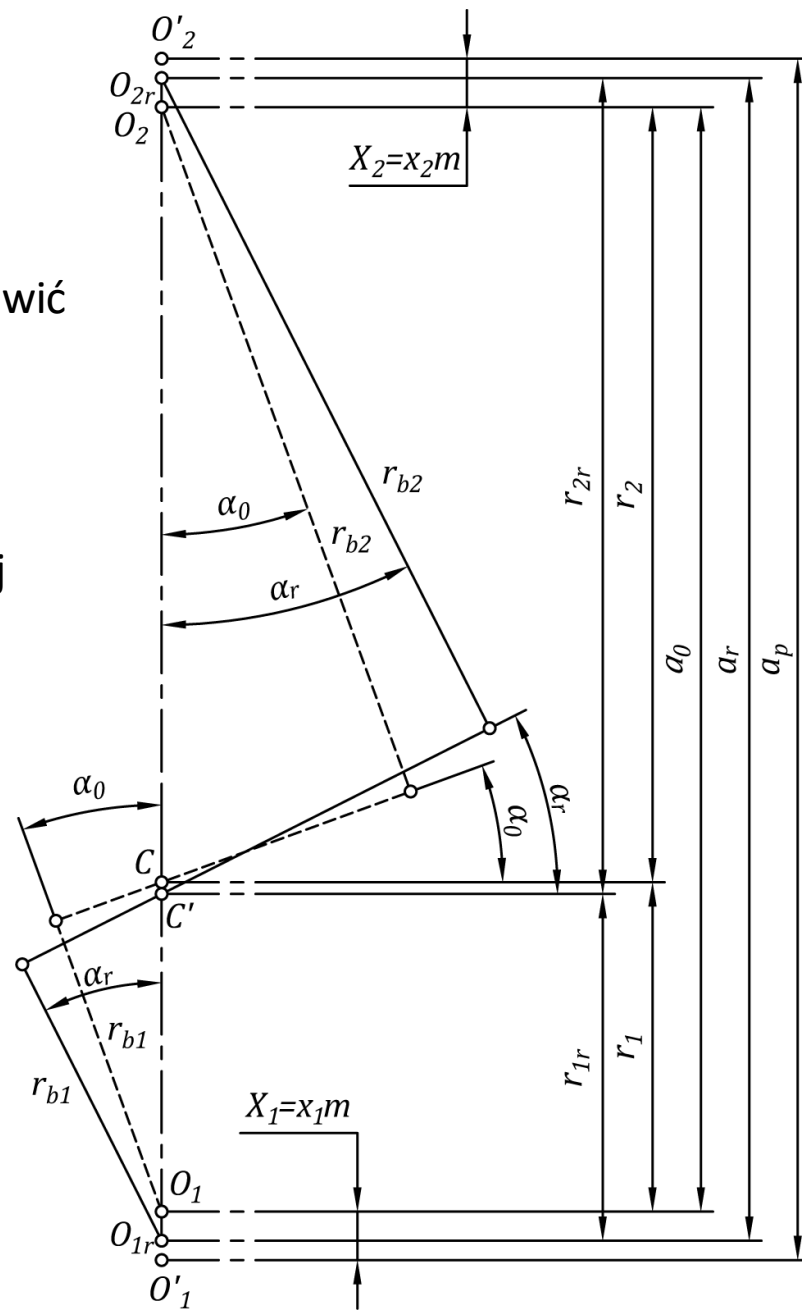
$$a_0 = r_1 + r_2 = \frac{r_{b1} + r_{b2}}{\cos \alpha_0}$$

$$a_0 \cos \alpha_0 = r_{b1} + r_{b2}$$

Podobne zależności można uzyskać dla promieni toczy

$$r_{1r} = \frac{r_{b1}}{\cos \alpha_r} \quad r_{2r} = \frac{r_{b2}}{\cos \alpha_r}$$

gdzie α_r to toczy kąt przyporu.



Przekładnie walcowe o zębach prostych

Korekcja P (ze zmianą odległości osi)

$$1) z_1 + z_2 < 2z_g$$

Sumując promienie toczne otrzymuje się rzeczywistą odległość osi

$$a_r = r_{1r} + r_{2r} = \frac{r_{b1} + r_{b2}}{\cos \alpha_r}$$

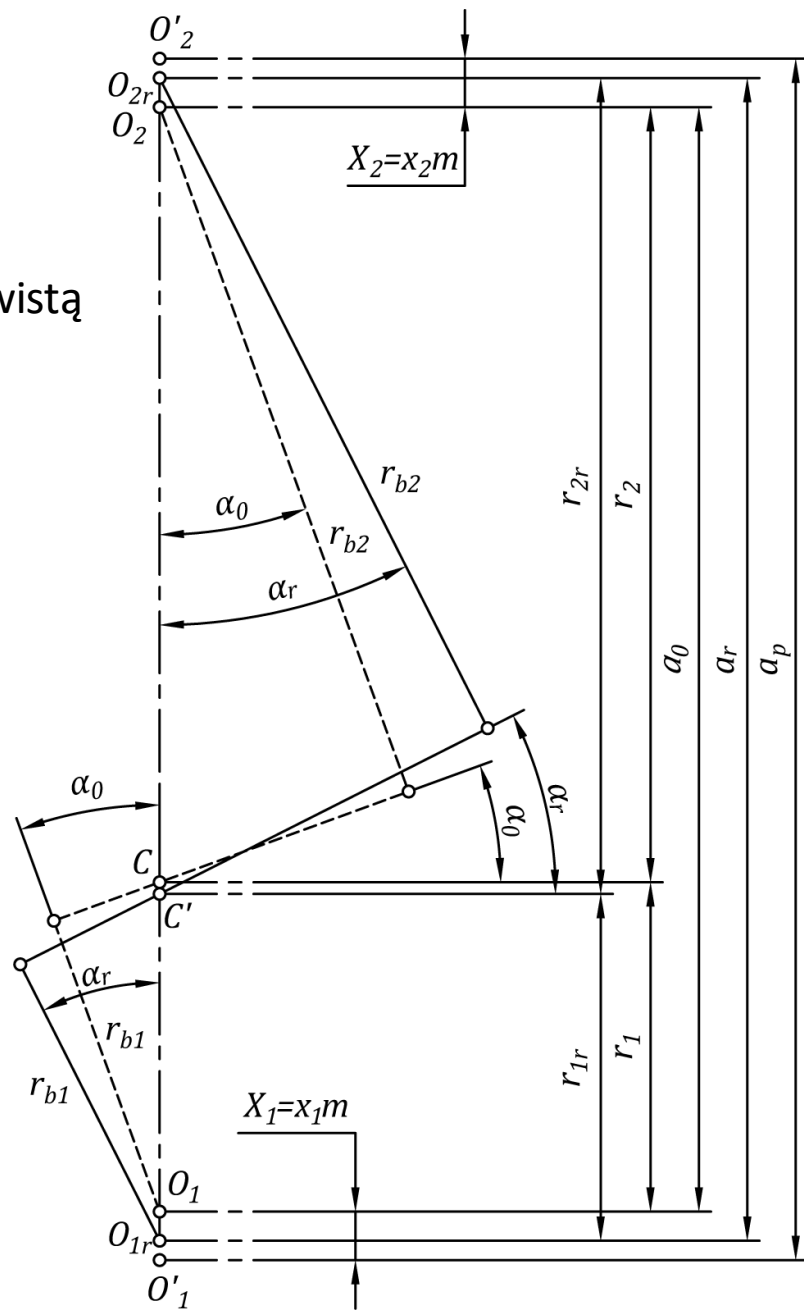
$$a_r \cos \alpha_r = r_{b1} + r_{b2}$$

Tym samym można zapisać zależność

$$a_0 \cos \alpha_0 = a_r \cos \alpha_r$$

z której wynika

$$a_r = a_0 \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_r} \quad (1)$$



Przekładnie walcowe o zębach prostych

Korekcja P (ze zmianą odległości osi)

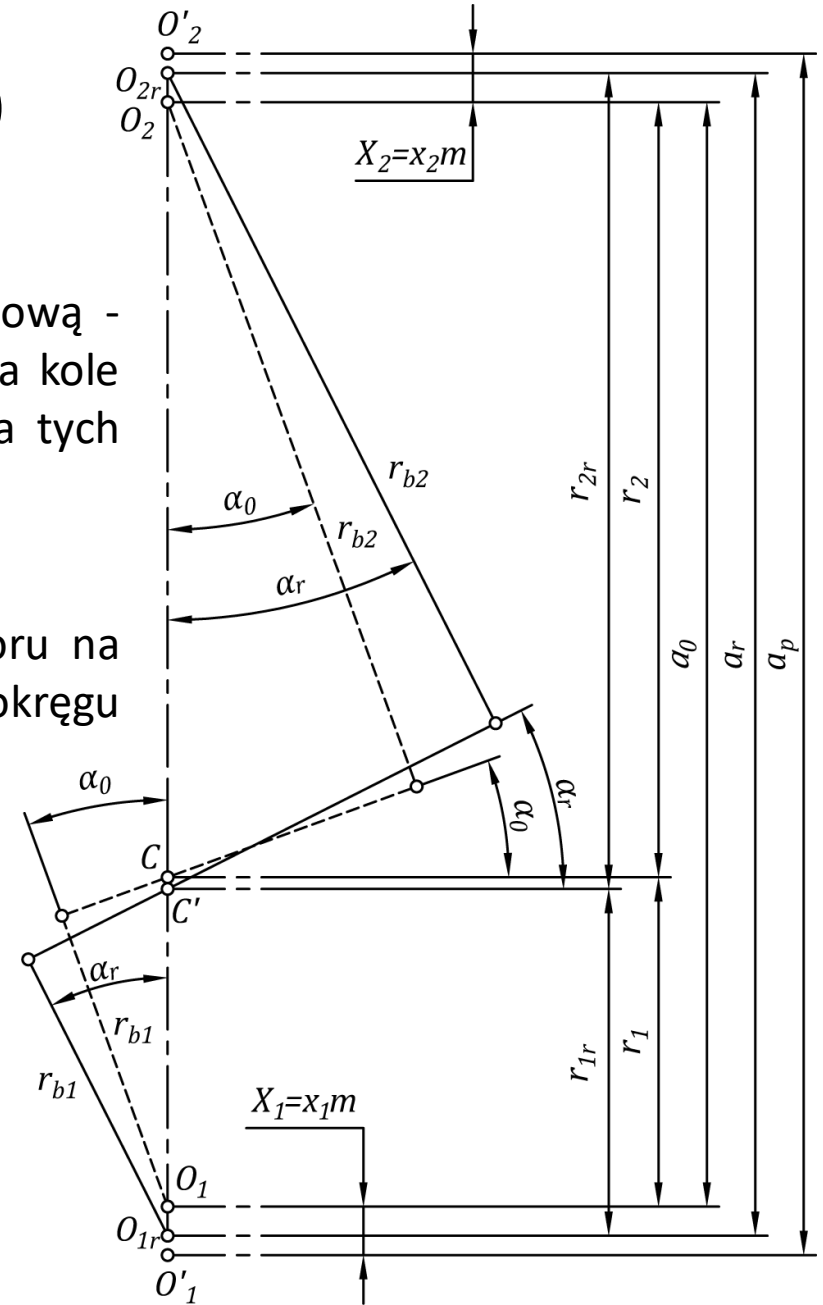
$$1) z_1 + z_2 < 2z_g$$

Na tym etapie zakłada się przekładnię bezluzową - brak luzu obwodowego. Wówczas podziałka na kole tocznym jest równa sumie grubości zębów na tych kołach, a więc

$$\widehat{p}_r = \widehat{s}_{1r} + \widehat{s}_{2r} = \pi m_r$$

gdzie m_r to moduł toczny. Korzystając ze wzoru na grubość zęba na dowolnej średnicy, dla okręgu tocznego otrzymuje się

$$\begin{aligned} \widehat{s}_r &= d_r \left(\frac{\frac{\pi m}{2} + 2x_m t g \alpha_0}{m z} + \text{inv} \alpha_0 - \text{inv} \alpha_r \right) = \\ &= m_r z \left(\frac{\frac{\pi}{2} + 2x t g \alpha_0}{z} + \text{inv} \alpha_0 - \text{inv} \alpha_r \right) \end{aligned}$$



Przekładnie walcowe o zębach prostych

Korekcja P (ze zmianą odległości osi)

$$1) z_1 + z_2 < 2z_g$$

Następnie wykorzystując ten wzór we wzorze na podziałkę toczną, dla kół 1 i 2 otrzymuje się

$$\pi m_r = m_r z_1 \left(\frac{\frac{\pi}{2} + 2x_1 \operatorname{tg} \alpha_0}{z_1} + \operatorname{inv} \alpha_0 - \operatorname{inv} \alpha_r \right) + \\ + m_r z_2 \left(\frac{\frac{\pi}{2} + 2x_2 \operatorname{tg} \alpha_0}{z_2} + \operatorname{inv} \alpha_0 - \operatorname{inv} \alpha_r \right)$$

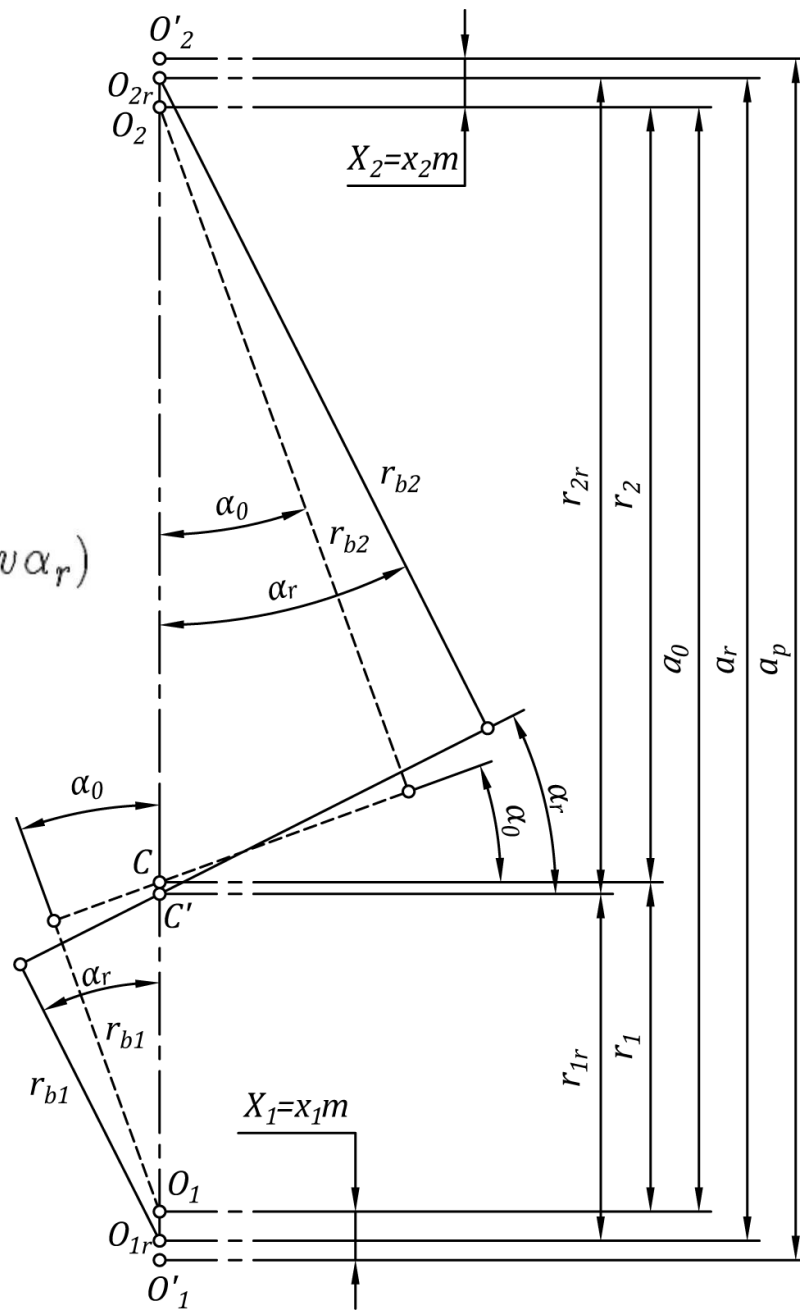
Po przekształceniu

$$\boxed{inv\alpha_r = inv\alpha_0 + \frac{2tg\alpha_0(x_1+x_2)}{z_1+z_2}} \quad (2)$$

Wyznaczając α_r ze wzoru (2) można obliczyć a_r ze wzoru (1). W wyniku zsunęcia osi kół na odległość rzeczywistą a_r , skróceniu ulega głowa zęba koła o wielkość k_m .

$$km = a_p - a_r$$

$$d_a = d + 2m(y + x - k)$$



Przekładnie walcowe o zębach prostych

Korekcja P (ze zmianą odległości osi)

2) $a_0 \neq a_{PN}$

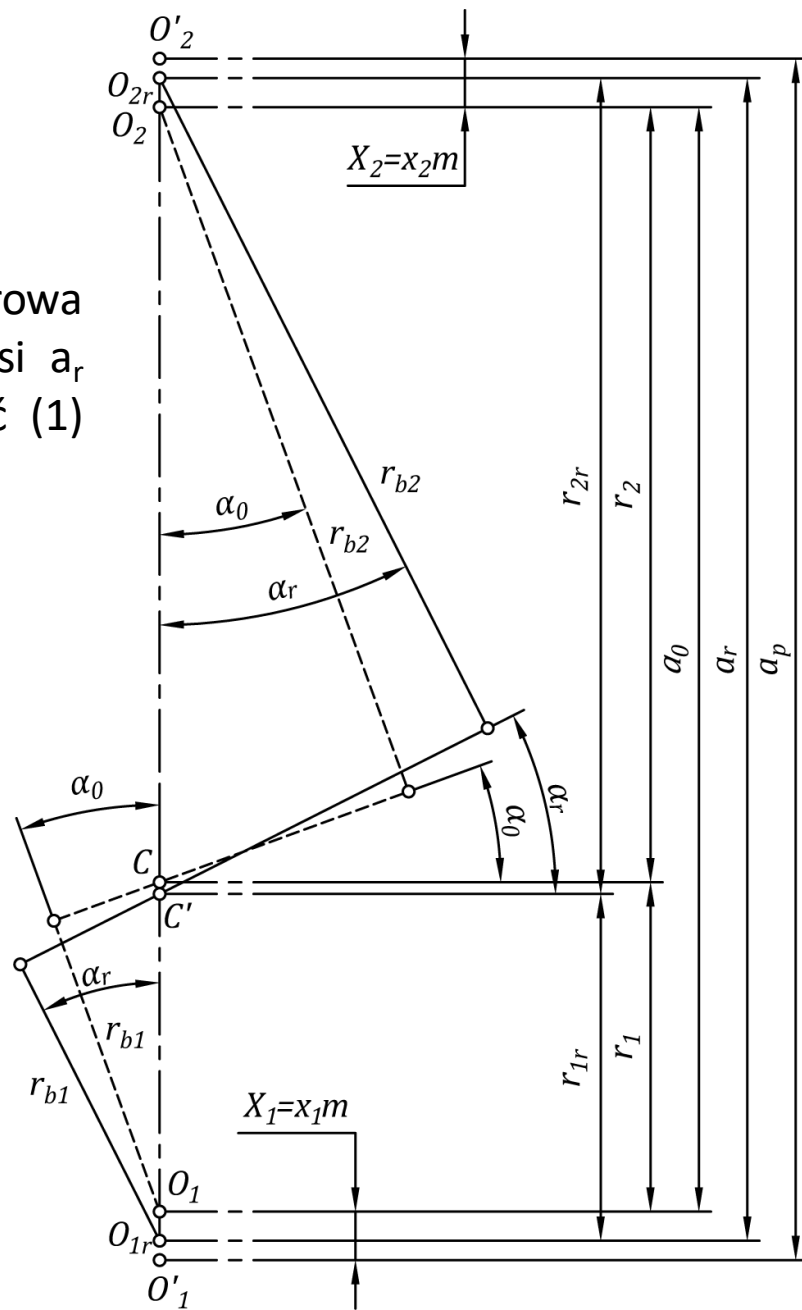
W tym przypadku znany jest kąt przyporu α_0 , zerowa odległość osi a_0 oraz rzeczywista odległość osi a_r którą należy uzyskać. Przekształcając zależność (1) otrzymuje się

$$\cos \alpha_r = \frac{a_0}{a_r} \cos \alpha_0 \quad (3)$$

Ze wzoru (2) natomiast otrzymać można

$$x_1 + x_2 = \frac{(z_1 + z_2)(\text{inv}\alpha_r - \text{inv}\alpha_0)}{2tg\alpha_0} \quad (4)$$

Ze wzoru (3) należy wyznaczyć toczny kąt przyporu, następnie ze wzoru (4) oblicza się sumę współczynników przesunięcia zarysów. W dalszej kolejności sumę tą rozdziela się na poszczególne koła.



Przekładnie walcowe o zębach prostych

Korekcja P (ze zmianą odległości osi)

2) $a_0 \neq a_{PN}$

Istnieje kilka wariantów rozdziału sumy współczynników:

Wariant 1:

$x_1 = x_1 + x_2$, $x_2 = 0$

W tym przypadku należy zawsze sprawdzić grubość zęba u wierzchołka.

Wariant 2:

Maksymalny ze względu na zaostrenie zęba współczynnik na koło małe, pozostała część sumy na koło duże.

Wariant 3:

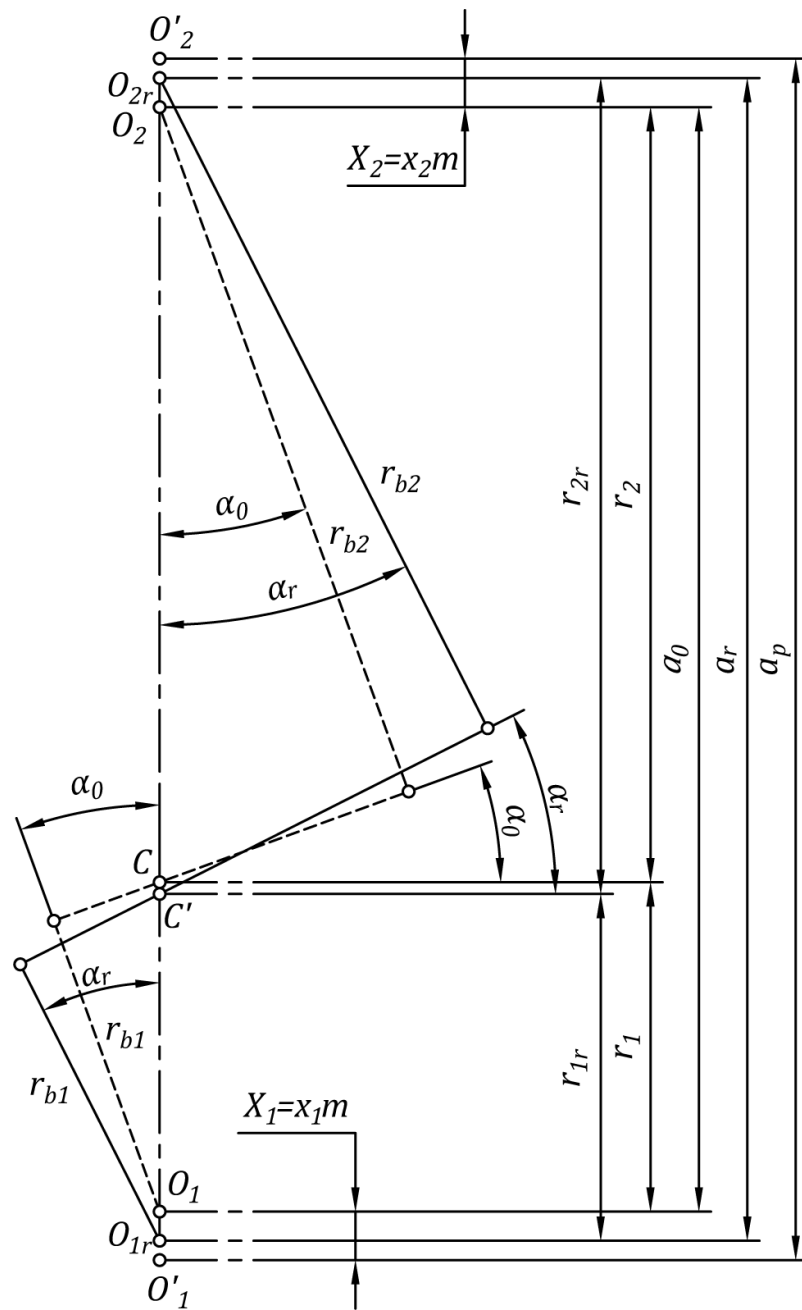
Sumę rozdziela się po połowie.

Wariant 4:

Sumę rozdziela się odwrotnie proporcjonalnie do przełożenia.

Wariant 5:

Sumę rozdziela się wg innych kryteriów np.: ze względów wytrzymałościowych.

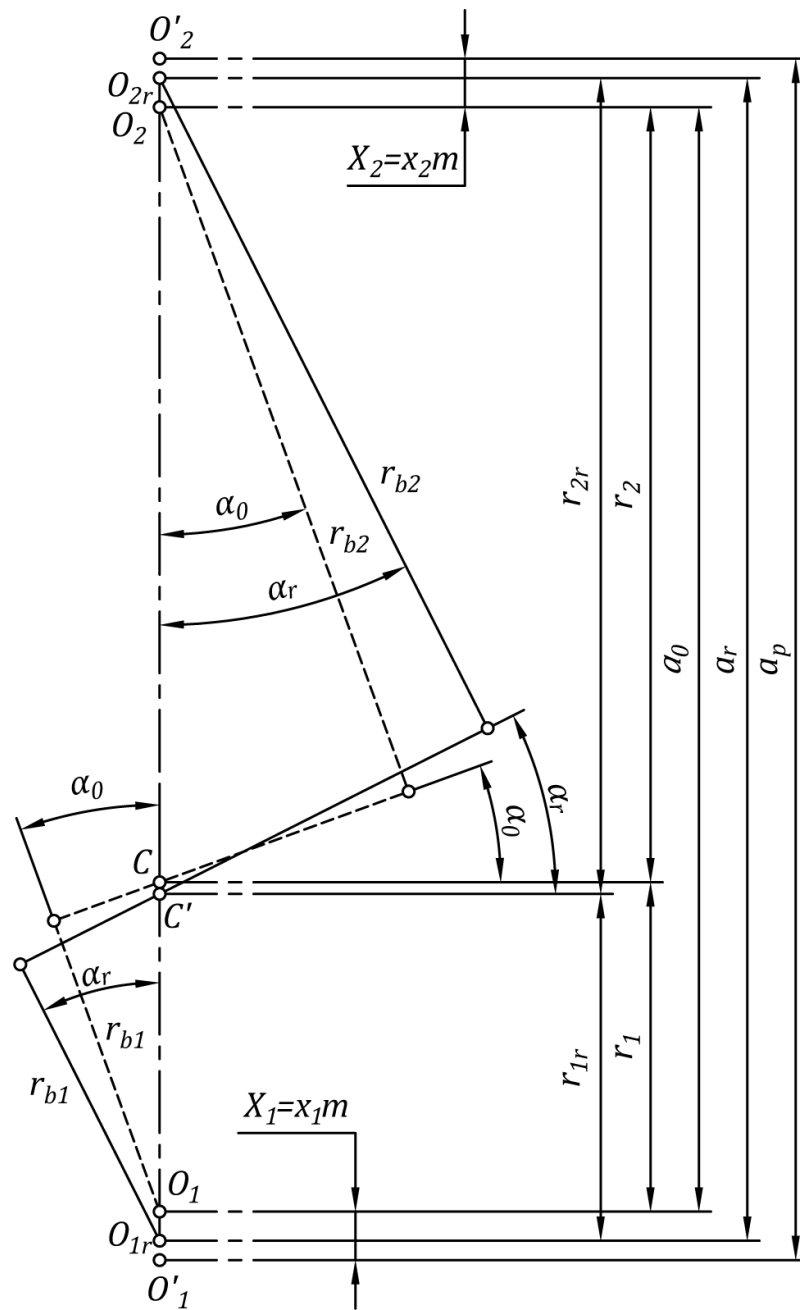


Przekładnie walcowe o zębach prostych

Korekcja P (ze zmianą odległości osi)

3) Współczynniki zarysu określane "z góry"

W tym przypadku tok obliczeń jest taki jak dla przypadku 1, przy czym przyjmuje się od razu narzucone wartości współczynników przesunięcia zarysu np.: $x_1=x_2=0,5$. Istnieją wykresy pozwalające na dobór sumy x_1+x_2 ze względu na dużą wytrzymałość na naciski i zginanie, duży wskaźnik przyporu czy wyrównanie własności zazębienia.



Przekładnie walcowe o zębach prostych

Przykłady korekcji P

Przykład 1: Reduktor współosiowy

Dane:

- nominalny kąt przyporu $\alpha_0=20^\circ$,
- zęby normalne $y=1$,
- moduł: $m_{12}=3$, $m_{34}=3,5$

Na podstawie znanych zależności oblicza się zerowe odległości osi:

$$a_{012}=78\text{mm},$$

$$a_{034}=77\text{mm}.$$

Korygujemy zatem parę z_3z_4 na odległość osi $a_r=78\text{mm}$ ($a_0=77\text{mm}$).

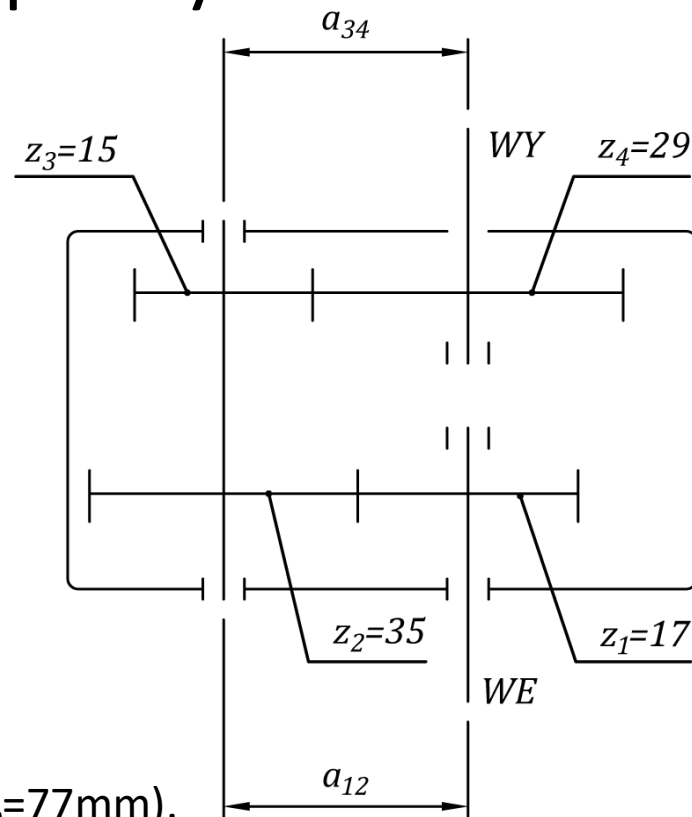
Korzystając ze wzoru (3) uzyskujemy wartość tocznego kąta przyporu: $\alpha_r=21,9293^\circ$

Następnie ze wzoru (4): $x_3+x_4=0,299$

Pozorna odległość osi: $a_p=78,0469\text{mm}$, wobec czego skrócenie głowy zęba $k_m=0,0496\text{mm}$. Dzieląc przez moduł, współczynnik skrócenia głowy zęba $k=0,0134$.

Współczynnik k jest mniejszy od współczynnika luzu wierzchołkowego

$c=(0,2-0,25)m$. Rzeczywisty luz wierzchołkowy w przekładni $(0,2-0,013)m=0,187m$ jest dostatecznie duży, więc nie trzeba skracać głowy zęba.



Przekładnie walcowe o zębach prostych

Przykłady korekcji P

Przykład 2: Znormalizowana odległość osi

Czasami zachodzi konieczność zachowania znormalizowanej odległości osi, lub dopasowania odległości osi do istniejącej konstrukcji. Jako przykład rozpatrzmy przekładnię walcową o następujących danych:

- $z_1=27$,
- $z_2=35$,
- $\alpha_0=20^\circ$,
- $\gamma=1$,
- $m=4\text{mm}$.

Zerowa odległość osi: $a_0=124\text{mm}$.

Należy uzyskać odległość osi znormalizowaną: $a_{pN}=a_r=125\text{mm}$.

Ze wzoru (3): $\alpha_r=21,2236^\circ$

Stosując wzór (4) mamy: $x_1+x_2=0,2574$

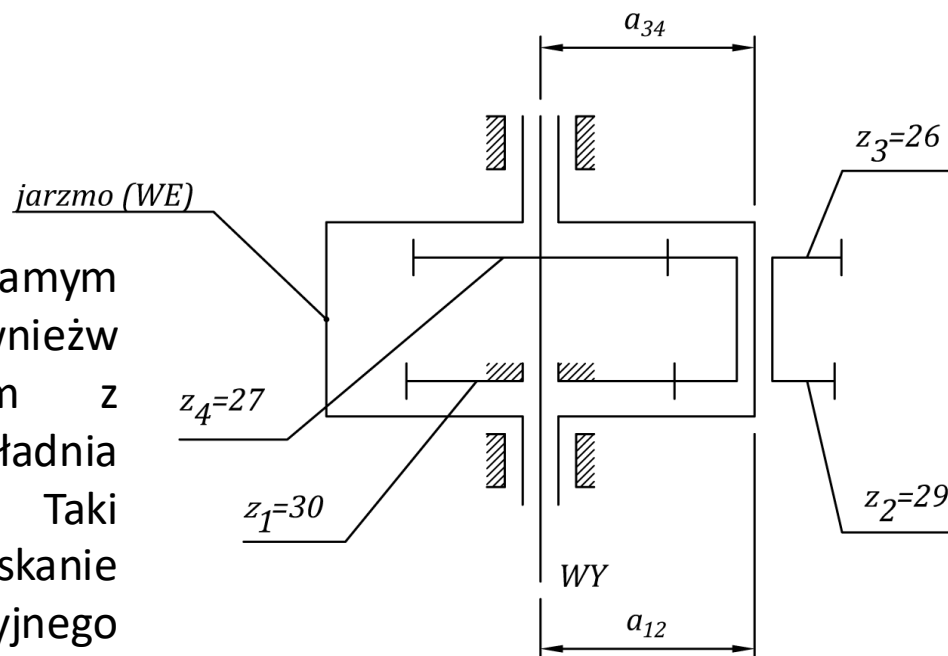
W tym przypadku współczynnik skrócenia głowy zęba $k=0,0074$ również jest niewielki i nie zachodzi konieczność skracania głowy zębów.

Przekładnie walcowe o zębach prostych

Przykłady korekcji P

Przykład 3: Reduktor obiegowy

Konieczność zachowania takich samych odległości osi występuje również w przekładniach obiegowych. Jednym z przykładów może być przekładnia przedstawiona schematycznie poniżej. Taki układ kinematyczny pozwala na uzyskanie stosunkowo dużego przełożenia redukcyjnego na jednym stopniu przekładni.



W obliczeniach przyjęto: Oblicza się zerowe odległości osi: $a_{034}=92,75\text{mm}$, $a_{012}=88,5\text{mm}$.
- $\alpha_0=20^\circ$, Korygujemy parę zębatą z_1z_2 na odległość osi $92,75\text{mm}$, zatem
- $\gamma=1$, $a_{r12}=a_r=a_{034}=92,75\text{mm}$.
- $m_{12}=3\text{mm}$, Podobnie jak w poprzednich przykładach uzyskuje się
- $m_{34}=3,5\text{mm}$. $\alpha_r=26,2809^\circ$, $x_1+x_2=1,6391$, $k=0,1907$.

W tym przypadku współczynnik skrócenia głowy zęba przyjmuje znaczną wartość - porównywalną ze współczynnikiem luzu wierzchołkowego, wobec czego konieczne jest skrócenie głowy zęba.



**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



**WYDZIAŁ
BUDOWY MASZYN
I LOTNICTWA**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

Dziękuję za uwagę!

dr inż. Michał Batsch