

4. Podzielnica uniwersalna

4.1. Budowa podzielnicy

Podzielnica jest przyrządem podziałowym, który stanowi specjalne wyposażenie frezarek uniwersalnych. Podstawowym zastosowaniem podzielnicy jest dokonywanie podziału kąтового. Jest możliwe również jej użycie do podziału liniowego, obróbki rowków śrubowych oraz krzywek o zarysie spirali Archimedesa.

Schemat kinematyczny podzielnicy uniwersalnej jednotarczowej pokazano na rys. 4.1. Podzielnica ta umożliwia dokonywanie podziału kąтового bezpośredniego lub pośredniego prostego (zwykłego) i złożonego (różnicowego).

Podział bezpośredni wykonuje się tarczą T osadzoną bezpośrednio na wrzecionie podzielnicy WR . W tym celu rozłącza się przekładnię ślimakową $1:40$ przez opuszczenie osi ślimaka (opadający ślimak). W czasie dokonywania podziału należy odblokować zacisk Z_1 , a po podziale z powrotem go naprowadzić w odpowiedni otwór wrębu tarczy T .

Tarcza podziałowa T do podziału bezpośredniego ma na obwodzie liczbę otworów $k = 24$ i umożliwia podział kątowy liczb podziału $z = 2, 3, 4, 6, 8, 12$.

W celu dokonania podziału pośredniego prostego należy obrócić korbkę K o kąt odmierzony na unieruchomionej tarczy podziałowej TP przez zacisk Z_2 . Korbka K obraca wrzeciono podzielnicy przez przekładnię ślimakową o przełożeniu $i = 1/40$.

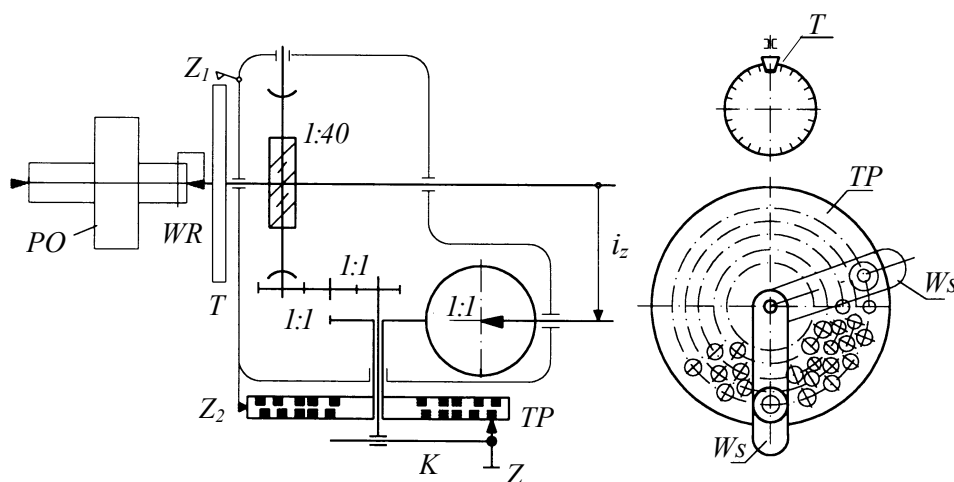
Aby umożliwić podział kątowy dla różnych wartości liczb podziału z , tarcza podziałowa TP ma wiele okręgów podziałowych z dokładnie rozmieszczonymi kątowno otworkami po jej obu stronach.

Liczby tych otworków wynoszą:

- pierwsza strona: 24, 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42, 43,

- druga strona: 46, 47, 49, 51, 53, 54, 58, 59, 62, 66.

Wymienione liczby otworków umożliwiają dokonanie podziału prostego dla wszystkich liczb podziału $z \leq 60$ oraz $z \geq 60$ nie będących liczbą pierwszą.



Rys. 4.1. Schemat kinematyczny podzielnicy uniwersalnej: *K* - korbka, *Z* - zatrząsk, *Z*₁, *Z*₂ - zaciski blokujące, *T* - tarcza podziałowa do podziału bezpośredniego, *TP* - tarcza podziałowa do podziału pośredniego, *Ws* - wskazówki do ustawiania kąta obrotu korbki

Gdy liczba podziału z jest liczbą pierwszą większą od 60, podział zwykły jest niemożliwy ze względu na brak w tarczy podziałowej odpowiedniej liczby otworków i wtedy należy zastosować podział różnicowy. Aby dokonać takiego podziału, należy odblokować tarczę podziałową *TP* zwolnieniem zacisku *Z*₂ oraz założyć na przekładni gitarowej koła zmianowe:

$$i_z = \frac{z_a}{z_b} \cdot \frac{z_c}{z_d}$$

Podzielnica ma następujący komplet kół zmianowych: $z = 24, 24, 28, 32, 40, 40, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 86$.

4.2. Podział kątowy

4.2.1. Podział bezpośredni

Kąt obrotu tarczy T oblicza się według zależności: $T \rightarrow WR$

$$\varphi_T = \frac{24}{z} [\text{otworów}] \rightarrow \frac{1}{z} [\text{obr}] WR$$

4.2.2. Podział pośredni zwykły

Łańcuch kinematyczny napędu wrzeciona zapisuje się w postaci: $K \rightarrow WR$

$$\varphi_K [\text{obr}] \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{40} = \varphi_{WR} [\text{obr}] = \frac{1}{z}$$

stąd $\varphi_K = \frac{40}{z}$

gdzie: φ_K - kąt obrotu korbki,
 z - liczba podziału.

W celu dokonania podziału należy obliczyć kąt obrotu korbki φ_K w postaci ułamka zwyczajnego, którego licznik L określa liczbę otworów, o jaką należy obrócić korbkę, natomiast mianownik M określa liczbę otworków wybranego okręgu podziałowego tarczy TP , a mianowicie

$$\varphi_K = \frac{40}{z} = \frac{L}{M}$$

Na przykład dla dokonania podziału na $z = 52$ kąt obrotu korbki wyniesie:

$$\varphi_K = \frac{40}{z} = \frac{40}{52} = \frac{10}{13} = \frac{10}{13} \cdot \frac{3}{3} = \frac{30}{39}$$

stąd $L = 30, M = 39$

Jeżeli obliczona wartość φ_K będzie ułamkiem niewłaściwym ($L > M$), przed doбором L i M należy wydzielić liczbę całkowitą. Na przykład dla $z = 36$ otrzymuje się:

$$\varphi_K = \frac{40}{z} = \frac{40}{36} = 1 + \frac{4}{36} = 1 + \frac{1}{9} \cdot \frac{6}{6} = 1 + \frac{6}{54}$$

stąd $L = 6$, $M = 54$

Należy zatem wykonać korbką K jeden pełny obrót oraz dodatkowo jeszcze o 6 otworków na okręgu podziałowym z 54 otworkami.

4.2.3. Podział pośredni różnicowy

Podział różnicowy składa się z dwóch jednocześnie przebiegających obrotów korbki K i tarczy TP . Całkowity obrót korbki można rozpatrywać jako przemieszczenie sumaryczne:

$$\varphi_K = \varphi'_K + \varphi_T$$

gdzie: φ'_K - obrót korbki K względem nieruchomej tarczy TP (ruch względny),

φ_T - obrót tarczy TP względem nieruchomego korpusu (ruch unoszenia).

Dla tych ruchów można zapisać zatem następujące równania kinematyczne:

- Obrót wrzeciona podziałnicy: $K + TP \rightarrow WR$

$$(\varphi'_K + \varphi_T)[obr] \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{40} = \frac{1}{z}[obr]$$

stąd $\varphi'_K + \varphi_T = \frac{40}{z}$

Przyjmując $\varphi'_K = 40/z'$, gdzie z' jest przybliżoną liczbą podziału (bliską liczby z), dla której jest możliwe dokonanie podziału zwykłego, otrzymuje się:

$$\varphi_T = \frac{40}{z} - \frac{40}{z'}$$

- Obrót tarczy podziałowej: $WR \rightarrow TP$

$$\frac{1}{z}[obr] \cdot i_z \cdot \frac{1}{1} = \varphi_T[obr]$$

stąd $\varphi_T = \frac{i_z}{z}$

lub podstawiając wcześniejsze równanie, otrzymuje się:

$$\frac{i_z}{z} = \frac{40}{z} - \frac{40}{z'}$$

Po przekształceniu tego równania uzyskuje się zależność określającą przełożenie przekładni gitarowej podzielnicy:

$$i_z = \frac{40}{z'}(z' - z)$$

Jak z podanego wzoru wynika, przełożenie i_z może mieć znak plus lub minus, w zależności od przyjętej wartości liczby podziału z' .

Gdy $z' > z$, przełożenie ma znak dodatni i wtedy korbka K oraz tarcza TP obracają się w tym samym kierunku. Jeżeli $z' < z$, przełożenie i_z ma znak ujemny i kierunek obrotu korbki oraz tarczy jest przeciwny.

Na przykład, chcąc dokonać podziału na $z = 71$ części i przyjmując $z' = 72 > z$, otrzymuje się:

$$i_z = \frac{40}{72}(72 - 71) = \frac{40}{72} \quad \text{oraz} \quad \varphi'_K = \frac{40}{72} = \frac{5}{9} = \frac{30}{54}$$

stąd $L = 30, M = 54$

Natomiast przyjmując $z' = 70$, otrzymuje się:

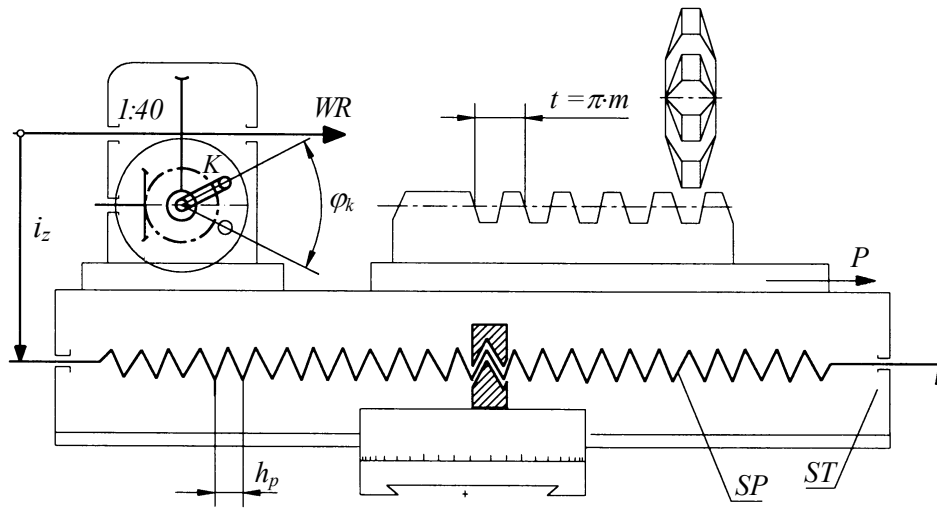
$$i_z = \frac{40}{70}(70 - 71) = -\frac{40}{70} \quad \text{oraz} \quad \varphi'_K = \frac{40}{70} = \frac{4}{7} = \frac{16}{28}$$

stąd $L = 16, M = 28$

Aby wyznaczyć kąt obrotu korbki φ'_k , należy wcześniej ustawić wskazówki na odpowiednią liczbę otworków L . W celu uzyskania przeciwnego obrotu tarczy TP w przekładni gitarowej należy założyć dodatkowe koło pośredniczące.

4.3. Podział liniowy

Podział ten stosuje się np. podczas frezowania zębatek. W tym przypadku przedmiot jest mocowany na stole frezarki, na którym jest również zamocowana podzielnica (rys. 4.2). W celu dokonania podziału łączy się wrzeciono robocze WR podzielnicy ze śrubą pociągową SP stołu za pośrednictwem przekładni gitarowej. Przesuwu stołu dokonuje się korbką K podzielnicy.



Rys. 4.2. Schemat układu kształtowania podczas frezowania zębátky

Równanie łańcucha kinematycznego ma zatem postać: $K \rightarrow ST$

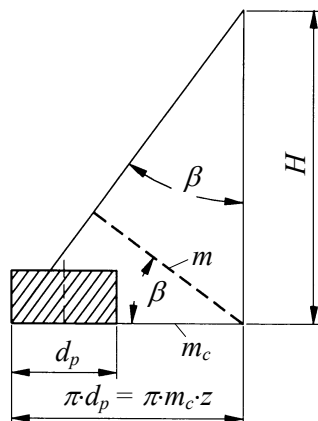
$$\varphi_K [\text{obr}] \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{40} \cdot i_z \cdot h_p \left[\frac{\text{mm}}{\text{obr}} \right] = t [\text{mm}]$$

stąd
$$i_z = \frac{40 \cdot t}{\varphi_K \cdot h_p}$$

gdzie: t - podziałka zębátky.

Kąt obrotu korbki φ_K przyjmuje się tak, aby $i_z < 4$ ze względu na możliwość założenia kół zmianowych przekładni gitarowej.

Dla linii śrubowej koła zębatego (rys. 4.4) skok H oblicza się z następujących zależności:



$$\frac{\pi \cdot d_p}{H} = \operatorname{tg} \beta$$

$$d_p = m_c \cdot z = \frac{m}{\cos \beta} \cdot z$$

$$\frac{m}{m_c} = \cos \beta, \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \beta}{\cos \beta}$$

Rys. 4.4. Rozwinięcie linii śrubowej koła zębatego

stąd
$$H = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{\sin \beta}$$

gdzie: z - liczba zębów,
 m - moduł normalny,
 m_c - moduł czołowy,
 β - kąt pochylenia linii śrubowej (linii zęba).

Po wykonaniu każdego rowka śrubowego (wrębu międzyzębnego) następuje ruch podziałowy.

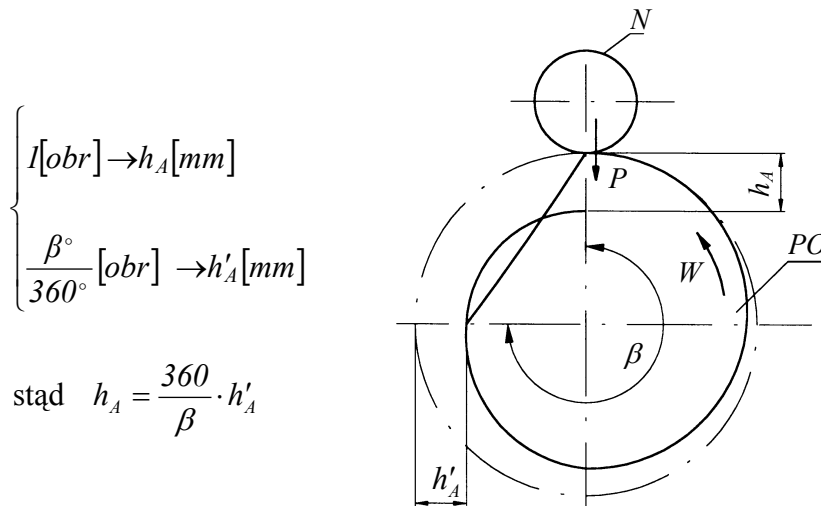
4.5. Frezowanie krzywek o zarysie spirali Archimedesesa

Spirala Archimedesesa powstaje przez złożenie ruchu obrotowego W przedmiotu i ruchu posuwowego wglębnego P narzędzia (rys. 4.5) według zależności: $PO \rightarrow N$

$$I[\text{obr}] \rightarrow h_A[\text{mm}]$$

gdzie: h_A - skok spirali.

Spiralę wykonuje się najczęściej na części obwodu krzywki określonej przez kąt β (β - kąt wzniosu spirali), który odpowiada wzniosowi krzywki h'_A .



Rys. 4.5. Kształtowanie spirali Archimedesesa

W rzeczywistym układzie kształtowania krzywki na frezarce nie występuje ruch wglębny, lecz ruch poziomy P stołu ST (rys. 4.6).

Aby uzyskać ruch wglębny o h_A [mm], stół powinien przemieścić się o wartość:

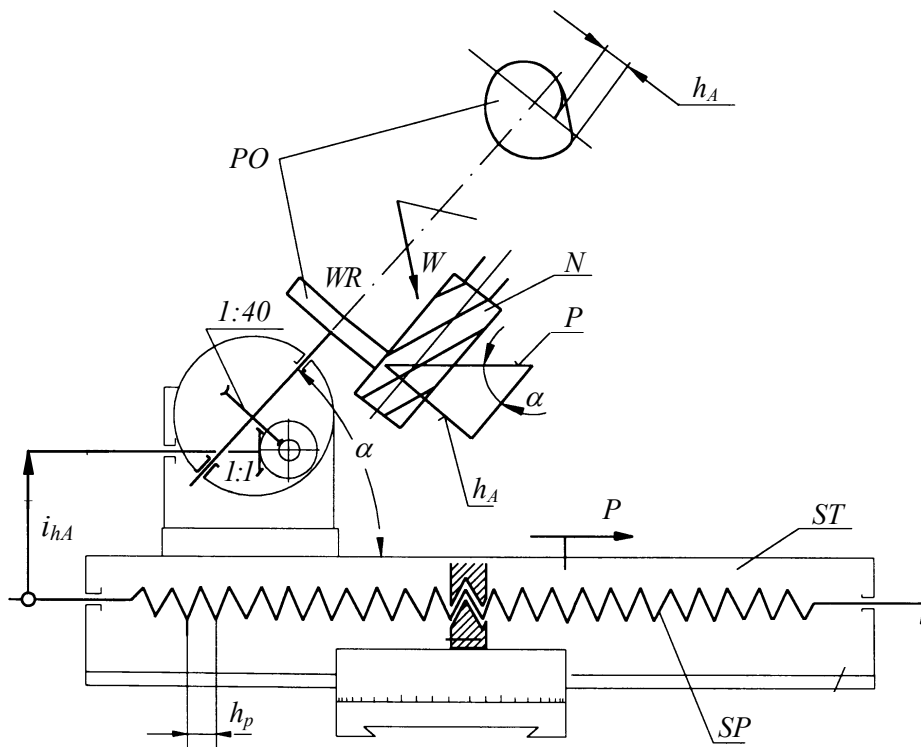
$$P = h_A / \sin \alpha \text{ [mm]}, \quad \left(\frac{h_A}{P} = \sin \alpha \right)$$

gdzie: α - kąt skreńczenia wrzeciona podziałnicy.

Skreńczenie wrzeciona podziałnicy o kąt α ułatwia dobór przełożenia przekładni gitarowej i_{h_A} , zwłaszcza przy małych wartościach h_A . Skreńczenie to wymaga jednoczesnego skreńczenia osi freza o taki sam kąt. W tym przypadku należy obliczyć wymaganą długość części skrawającej freza według zależności:

$$l_F = \frac{h_A}{\tan \alpha} + b$$

gdzie: b - grubość krzywki.



Rys. 4.6. Schemat układu kształtowania podczas frezowania krzywek o zarysie spirali Archimedesesa

Wrzeciono podzielnicy otrzymuje napęd mechaniczny od śruby pociągowej SP stołu zgodnie z równaniem kinematycznym: $ST \rightarrow WR$

$$h_A / \sin \alpha [\text{mm}] \cdot \frac{l}{h_p} \left[\frac{\text{obr}}{\text{mm}} \right] \cdot i_{hA} \cdot \frac{l}{l} \cdot \frac{l}{40} = l [\text{obr}]$$

stąd
$$i_{hA} = \frac{40 \cdot h_p \cdot \sin \alpha}{h_A}$$

4.6. Przykłady nastawiania podzielnicy uniwersalnej

- **Podział bezpośredni**

Przykład: dokonać obliczeń dla podziału kąowego na $z = 4$ części.

$$\varphi_T = \frac{k}{z} = \frac{24}{4} = 6[\text{otworów}]$$

- **Podział pośredni zwykły**

Przykład: dokonać obliczeń dla podziału kąowego na $z = 55$ części.

$$\varphi_K = \frac{40}{z} = \frac{40}{55} = \frac{8}{11} = \frac{48}{66} = \frac{L}{M}, \quad L = 48, \quad M = 66$$

Należy obrócić korbką o 48 otworków na obwodzie okręgu podziałowego z 66 otworkami.

- **Podział pośredni różnicowy**

Przykład: dokonać obliczeń dla podziału kąowego na $z = 83$ części.

a) Przełożenie przekładni gitarowej dla $z' = 84$ wynosi:

$$i_z = \frac{40}{z'}(z' - z) = \frac{40}{84}(84 - 83) = \frac{40}{84} = \frac{5}{6} \cdot \frac{8}{14} = \frac{40}{48} \cdot \frac{32}{56} = \frac{z_a}{z_b} \cdot \frac{z_c}{z_d}$$

stąd $z_a = 40, z_b = 48, z_c = 32, z_d = 56$

b) Przemieszczenie kąowe korbki

$$\varphi'_k = \frac{40}{z'} = \frac{40}{84} = \frac{20}{42} = \frac{L}{M}, \quad L = 20, \quad M = 42$$

Należy obrócić korbką o 20 otworków na okręgu z 42 otworkami.

• Frezowanie zębatki o zębach prostych

Przykład: dokonać obliczeń w celu wykonania zębatki o module $m = 3[mm]$.

a) Minimalna wartość φ_{Kmin} , dla której $i_z \leq 4$, wynosi:

$$\varphi_{Kmin} = \frac{40 \cdot t}{h_p \cdot i_{zmax}} = \frac{40 \cdot \pi \cdot 3}{6 \cdot 4} = 5 \cdot \pi \cong 15.708$$

Do obliczeń i_z przyjmuje się $\varphi_K = 6\pi [obr]$.

b) Przełożenie przekładni gitarowej podzielnicy

$$i_z = \frac{40 \cdot t}{\varphi_K \cdot h_p} = \frac{40 \cdot \pi \cdot 3}{6 \cdot 6 \cdot \pi} = \frac{120}{36} = \frac{12}{6} \cdot \frac{10}{6} = \frac{56}{28} \cdot \frac{40}{24} = \frac{z_a}{z_b} \cdot \frac{z_c}{z_d}$$

stąd $z_a = 56$, $z_b = 28$, $z_c = 40$, $z_d = 24$

c) Kąt obrotu korbki

$$\varphi_K = 6\pi \cong 18.8496 \cong 18 \frac{49}{58}$$

Aby dokonać podziału liniowego o wartość podziałki $t = 3\pi [mm]$, należy obrócić korbką o 18 obrotów i 49 otworków na okręgu z 58 otworkami przy kołach zmianowych gitary dobranych jak wcześniej.

• Frezowanie koła zębatego o zębach śrubowych

Przykład: dokonać obliczeń w celu wykonania koła zębatego o danych:

- moduł $m = 3 [mm]$,

- liczba zębów $z = 20$,

- kąt pochylenia linii zęba $\beta = 30^\circ$

a) Dobór przełożenia przekładni gitarowej

$$i_H = \frac{40 \cdot h_p \cdot \sin \beta}{\pi \cdot m \cdot z} = \frac{40 \cdot 6 \cdot 0.5}{\pi \cdot 3 \cdot 20} = \frac{2}{\pi}$$

Przyjmując przybliżoną wartość liczby $\pi \cong \frac{32 \cdot 27}{25 \cdot 11}$, otrzymuje się:

$$i_H = \frac{2 \cdot 25 \cdot 11}{32 \cdot 27} = \frac{22}{32} \cdot \frac{25}{27} = \frac{22}{32} \cdot \frac{25}{27} \cdot \frac{2}{2} \cong \frac{44}{32} \cdot \frac{28}{56} = \frac{z_a}{z_b} \cdot \frac{z_c}{z_d}$$

stąd $z_a = 44$, $z_b = 32$, $z_c = 28$, $z_d = 56$

b) Obliczenie kąta obrotu korbki

$$\varphi_K = \frac{40}{z} = \frac{40}{20} = 2[\text{obr}]$$

c) Kąt skreślenia stołu frezarki $\beta = 30^\circ$

• **Frezowanie krzywki o zarysie spirali Archimedesesa**

Przykład: dokonać obliczeń w celu wykonania krzywki o danych:

- wznios krzywki $h'_A = 30$ [mm],
- kąt wzniosu krzywki $\beta = 270^\circ$,
- grubość krzywki $b = 10$ [mm].

a) Obliczenie skoku spirali

$$h_A = \frac{360}{\beta} \cdot h'_A = \frac{360}{270} \cdot 30 = 40[\text{mm}]$$

b) Obliczenie przełożenia przekładni gitarowej

Jeśli kąt skreślenia wrzeciona podzielnicy $\alpha = 30^\circ$, otrzymuje się:

$$i_{hA} = \frac{40 \cdot h_p \cdot \sin \alpha}{h_A} = \frac{40 \cdot 6 \cdot 0.5}{40} = 3 = \frac{3}{1} = \frac{72}{28} \cdot \frac{28}{24} = \frac{z_a}{z_b} \cdot \frac{z_b}{z_c}$$

stąd $z_a = 72$, $z_b = 28$, $z_c = 24$

c) Obliczenie minimalnej długości części skrawającej freza

$$l_F = \frac{h_A}{\operatorname{tg} \alpha} + b = \frac{40}{\operatorname{tg} 30^\circ} + 10 = \frac{40}{0.577} + 10 \cong 80[\text{mm}]$$

Gdy nie dysponuje się frezem palcowym o części roboczej takiej długości, można zwiększyć kąt skęcenia osi freza α , pamiętając jednak, aby przełożenie $i_{hA} \leq 4$.