

1. Tokarka pociągowa uniwersalna TUG-48

1.1. Charakterystyka techniczna

Tokarka pociągowa uniwersalna TUG-48 jest przeznaczona do obróbki zgrubnej i dokładnej przedmiotów stalowych, żeliwnych i ze stopów metali nieżelaznych. Oprócz wykonywania podstawowych operacji tokarskich jest przystosowana także do nacinania gwintów metrycznych, modułowych, calowych i diametral-pitch (*DP*).

1.1.1. Wielkości charakterystyczne

Największa średnica toczenia nad łożem	480 [mm]
Największa średnica toczenia nad suportem	240 [mm]
Największa średnica toczenia w wybraniu łoża	700 [mm]
Wznios kłów nad suportem	170 [mm]
Wznios kłów nad płaską prowadnicą łoża	230 [mm]
Rozstaw kłków	1500 [mm]
Końcówka wrzeciona z gwintem	M 85
Średnica otworu wrzeciona	50 [mm]
Gniazdo we wrzecionie	stożek Morse'a nr 5
Liczba stopni prędkości obrotowych wrzeciona	8
Zakres prędkości obrotowych wrzeciona	28÷710 [obr/min]
Liczba stopni posuwów suportu	63
Zakres posuwów suportu:	
- wzdłużnego	0.08÷3.5 [mm/obr]
- poprzecznego	0.04÷1.75 [mm/obr]

Zakres nacinanych gwintów:

- metrycznych zwykłych	$0.4 \div 7$ [mm]
- metrycznych stromych	$4 \div 28$ [mm]
- calowych zwykłych	$1 \div 28$ zw/1"
- calowych diametral-pitch	$1 \div 28$ zw/ π "
Skok śruby pociągowej	12 [mm]
Silnik napędu głównego	4.5 [kW]/1440 [obr/min]
Wymiary gabarytowe obrabiarki	$3600 \times 1100 \times 1330$ [mm]
Masa obrabiarki	2200 [kg]

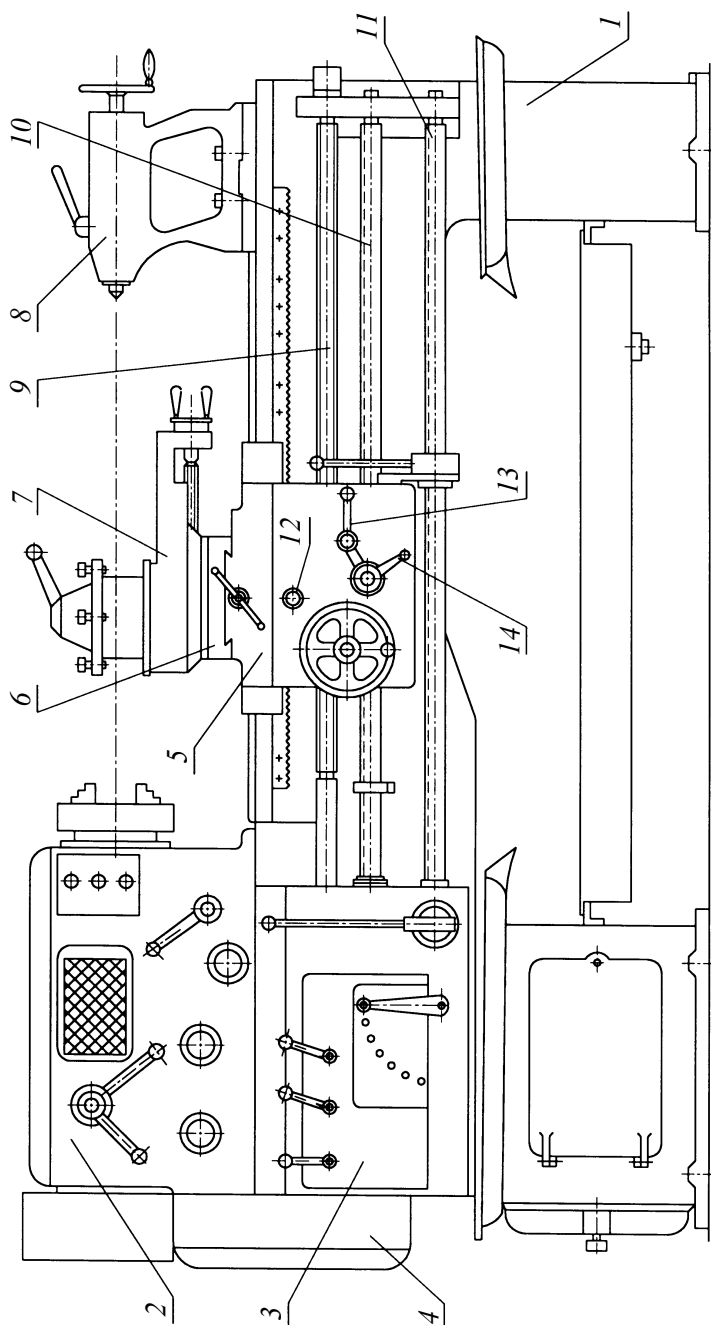
1.1.2. Widok ogólny tokarki

Widok ogólny tokarki przedstawiono na rys. 1.1. Na łożu 1 z lewej strony jest umiejscowiona skrzynka prędkości obrotowych wrzeciona 2, natomiast po stronie prawej znajduje się przesuwany konik 8. Skrzynka posuwów 3 znajduje się bezpośrednio pod skrzynką prędkości. Suport wzdłużny 5 jest napędzany od śruby pociągowej 9 lub wałka pociągowego 10. Suport poprzeczny 6 jest napędzany tylko od wałka pociągowego. Suport narzędziowy 7 ma wyłącznie napęd ręczny.

Konik 8 jest ustawiony na podstawie, która ma możliwość przesuwu wzdłuż łoża. Sam konik może być przesuwany poprzecznie w stosunku do osi kłków, co wykorzystuje się w procesie toczenia stożków długich o małej zbieżności.

1.1.3. Schemat kinematyczny i przebieg ruchów napędowych

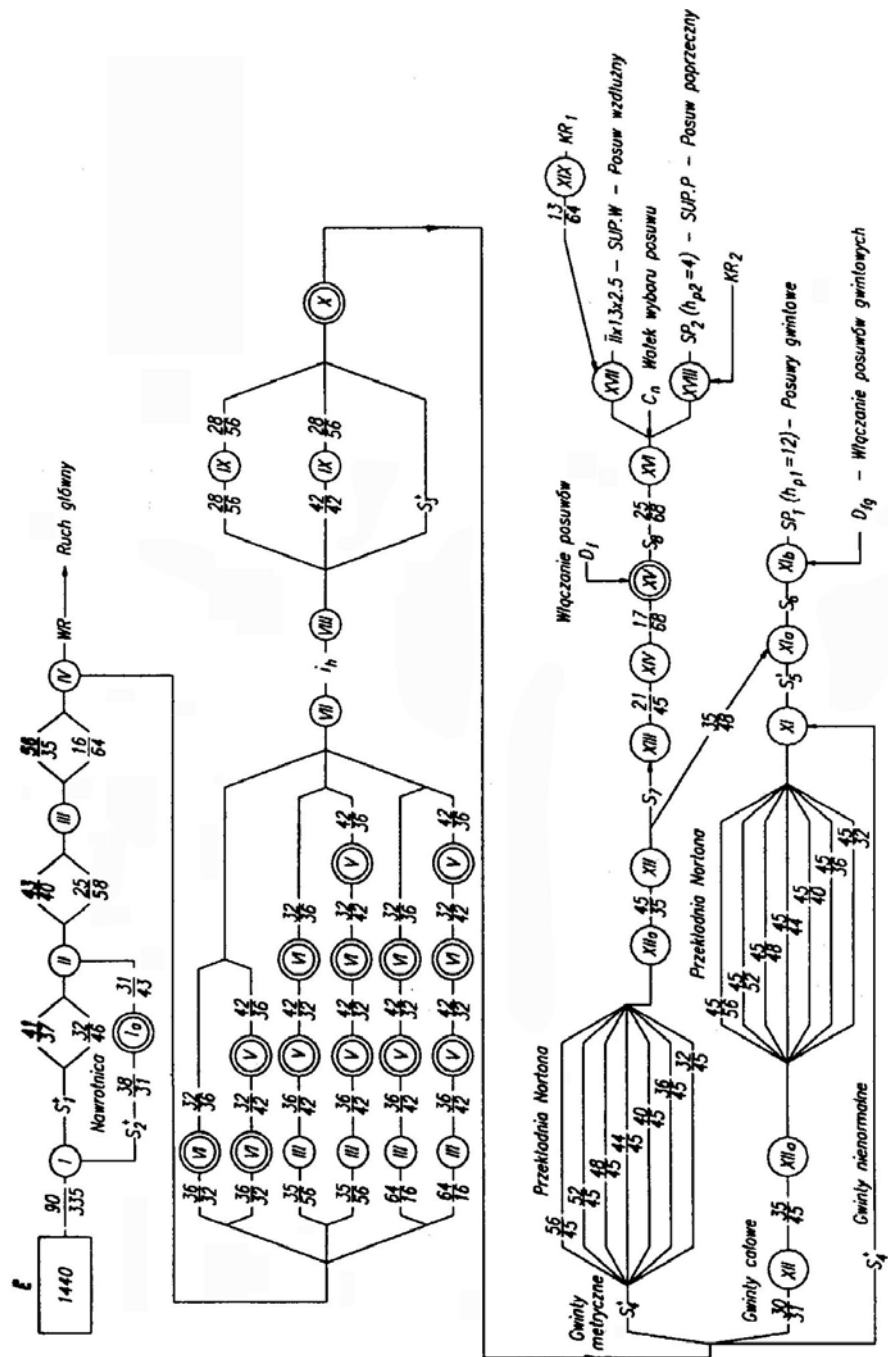
Schemat kinematyczny tokarki przedstawiono na rys. 1.2, natomiast przebieg ruchów napędowych obrazuje rys. 1.3. Przełożenia w skrzynce prędkości są zmieniane za pomocą dźwigni G, H, C , natomiast w skrzynce posuwów za pomocą dźwigni A, B, C, D, E . Przekładnia gitarowa ma koła wymienne, dobierane w zależności od rodzaju realizowanego posuwu (pkt 1.3.1). Włączanie obrotów wrzeciona jest realizowane sprzęgłami S_1 (obroty prawe) i S_2 (obroty lewe). Posuw gwintowy jest włączany przez zacisk dwudzielnej nakrętki dźwignią D_{fg} , natomiast posuwy robocze są włączane dźwignią D_f , która steruje sprzęgłem S_8 .



Rys. 1.1. Widok ogólny tokarki TUG-48: 1 - łożo, 2 - skrzynka prędkości, 3 - skrzynka posuwów, 4 - przekładnia gitarowa, 5 - suport wzdlużny, 6 - suport poprzeczny, 7 - suport narzedziowy, 8 - konik, 9 - śruba pociągowa, 10 - wałek pociągowy, 11 - wałek sterujący, 12 - wałek wyboru posuwu wzdlużnego lub poprzecznego, 13 - dźwignia włączania posuwów gwintowych, 14 - dźwignia włączania posuwów roboczych



Rys. 1.2. Schemat kinematyczny tokarki TUG-48



Rys. 1.3. Przebieg ruchów napędowych tokarki TUG-48

1.2. Dobór prędkości obrotowej wrzeciona

Przebieg napędu ruchu głównego można zapisać równaniem: $E \rightarrow WR$

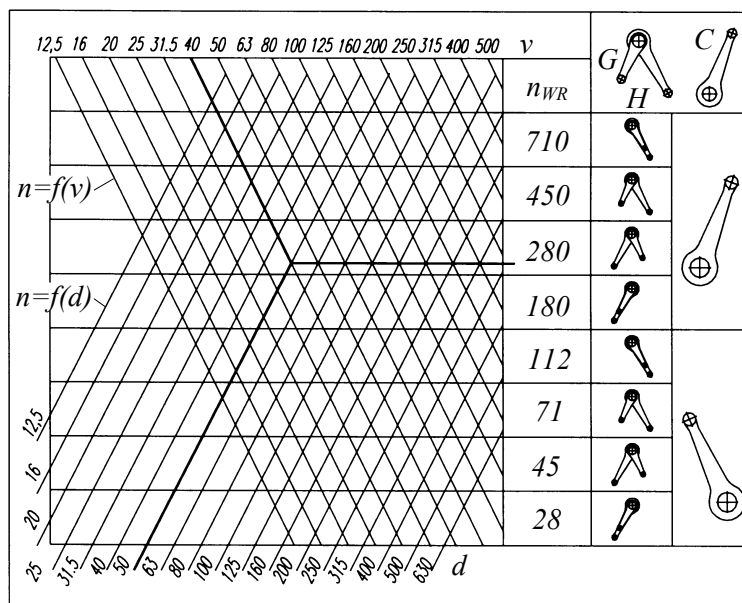
$$1440 \left[\frac{\text{obr}}{\text{min}} \right] \cdot \frac{90}{335} \cdot i_v = n_{WR} \left[\frac{\text{obr}}{\text{min}} \right] = \frac{1000 v}{\pi d}$$

stąd $i_v = C_1 \frac{v}{d}$, $C_1 = 0.82$

gdzie: v - prędkość skrawania, $[m/min]$,
 d - średnica obrabianego przedmiotu, $[mm]$.

W celu szybkiego doboru prędkości obrotowej wrzeciona na wrze-
 cienniku tokarki jest umieszczona tabliczka z wykresami $n = f(v)$ i $n = f(d)$
 (tab. 1.1). Prędkość obrotową wybiera się poprzez odpowiednie nastawie-
 nienie dźwigni C , G , H , którym odpowiadają przełożenia poszczegól-
 nych dwójek przesuwnych.

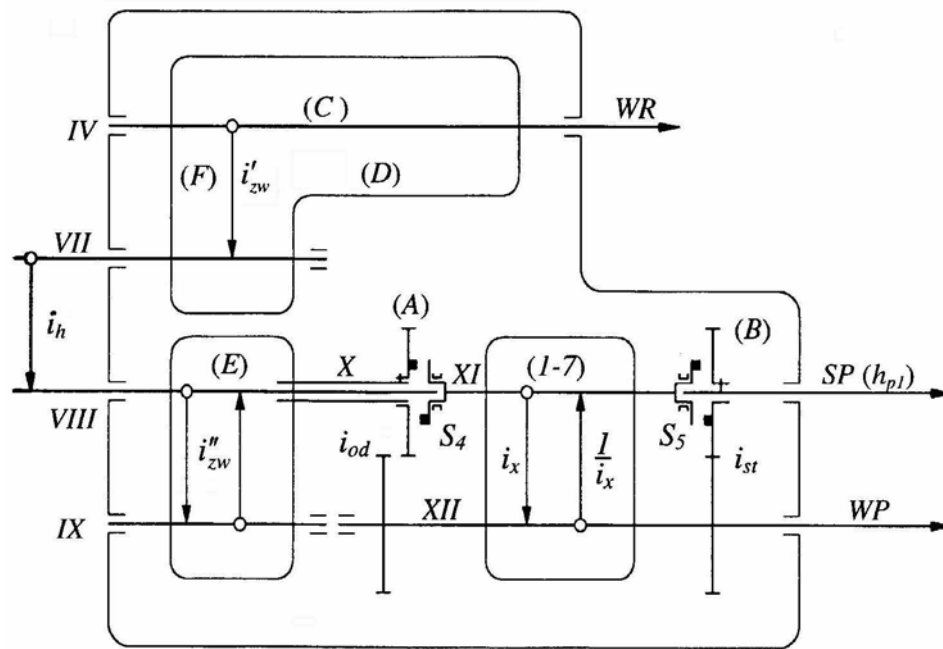
Tabela 1.1. Prędkości obrotowe wrzeciona



1.3. Dobór posuwów

1.3.1. Łącuch napędowy posuwów

Schemat blokowy poszczególnych przekładni tworzących łańcuch napędowy posuwów przedstawiono na rys. 1.4.



Rys. 1.4. Schemat blokowy łańcucha napędowego posuwów

W łańcuchu napędowym posuwów ze względów funkcjonalnych wyróżnia się następujące przekładnie:

- przekładnię zwielokrotniającą i'_{zw} (część pierwsza) - dźwignie sterujące C, D ,
- nawrotnicę służącą do zmiany kierunku posuwu suportu (gwinty prawozwojne i lewozwojne) - dźwignia sterująca F ,
- przekładnię gitarową i_h realizującą liczbę π - wymiana kół zębatych,
- przekładnię zwielokrotniającą i''_{zw} (część druga) - dźwignia sterująca E ,

- przekładnię odwracającą i_{od} służącą do odwrócenia kierunku napędu w przekładni podstawowej - dźwignia sterująca A ,
- przekładnię podstawową i_x (Nortona) składającą się z siedmiu przełożeń stopniowanych według ciągu arytmetycznego, która realizuje siedem wyrazów podstawowych,
- przekładnię o przełożeniu stałym i_{st} - dźwignia sterująca B .

Zgodnie z rys. 1.2 przekładnie te mają następujące przełożenia:

- przekładnia zwielokrotniająca i'_{zw} (pierwsza część):

$$i'_{zw1} = \frac{36}{32} \cdot \frac{32}{36} = 1$$

$$i'_{zw2} = \frac{64}{16} \cdot \frac{36}{42} \cdot \frac{42}{32} \cdot \frac{32}{36} = 4$$

$$i'_{zw3} = \frac{35}{56} \cdot \frac{36}{42} \cdot \frac{42}{32} \cdot \frac{32}{36} = \frac{1}{1.6}$$

- przekładnia gitarowa i_h :

$$i_{h1} = \frac{32}{96} \cdot \frac{96}{64} = \frac{1}{2} \quad \text{- stosowana do posuwów gwintowych całowych, metrycznych i posuwów roboczych,}$$

$$i_{h2} = \frac{64}{48} \cdot \frac{86}{73} = \frac{\pi}{2} \quad \text{- stosowana do posuwów gwintowych modułowych i diametral-pitch,}$$

$$i_{h3} = \frac{32}{100} \cdot \frac{60}{96} = \frac{2}{10} \quad \text{- stosowana do posuwów gwintowych drobno-zwojnych,}$$

- przekładnia zwielokrotniająca i''_{zw} (druga część):

$$i''_{zw1} = \frac{28}{56} \cdot \frac{28}{56} = \frac{1}{4}$$

$$i''_{zw2} = \frac{42}{42} \cdot \frac{28}{56} = \frac{1}{2}$$

$$i''_{zw3} = 1$$

- przekładnia odwracająca i_{od} :

$$i_{od} = \frac{30}{31}$$

- przekładnia podstawowa i_x :

$$i_x = \frac{32}{35} \div \frac{56}{35} \quad (1 \div 7)$$

- przekładnia o przełożeniu stałym i_{st} :

$$i_{st} = \frac{35}{48}$$

Kombinacje przełożeń przekładni zwielokrotniających, części pierwszej i'_{zw} oraz części drugiej i''_{zw} , umożliwiają uzyskanie 5 różnych zwielokrotnień $i_{zw} = \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1, 2, 4$, które pomnożone przez 7 przełożeń przekładni podstawowej dają 35 różnych posuwów gwintowych. Przełożenie i'_{zw3} stosuje się wyłącznie do posuwów roboczych.

1.3.2. Dobór posuwów gwintowych

Na tokarce można toczyć następujące rodzaje gwintów, których skok oblicza się według zależności:

- gwinty metryczne

$$h = a \text{ [mm]}, \quad \text{gdzie: } a - \text{wartość skoku,}$$

- gwinty calowe

$$h = \frac{25.4}{j_c} \text{ [mm]}, \quad \text{gdzie: } j_c - \text{liczba zwojów na długości } l[\text{cala}] = \\ = 25.4 \text{ [mm]},$$

- gwinty modułowe

$$h = \pi \cdot m_o \text{ [mm]}, \quad \text{gdzie: } m_o - \text{moduł osiowy,}$$

- gwinty diametral-pitch (DP)

$$h = \frac{\pi \cdot 25.4}{j_{DP}} [mm], \text{ gdzie: } j_{DP} - \text{liczba zwojów na długości } \pi [cali] = \pi \cdot 25.4 [mm].$$

Wyrazy podstawowe oraz odpowiadające im przełożenia i_x przekładni podstawowej dla kolejnych położen dźwigni 1-7 pokazano w tab. 1.2.

Tabela 1.2. Wyrazy ciągu podstawowego gwintów

Położenie dźwigni 1-7	1	2	3	4	5	6	7
Wyraz podstawowy x	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
Odpowiadające przełożenie i_x	$\frac{32}{35}$	$\frac{36}{35}$	$\frac{40}{35}$	$\frac{44}{35}$	$\frac{48}{35}$	$\frac{52}{35}$	$\frac{56}{35}$

Wyrazy pochodne y tworzy się z wyrazów ciągu podstawowego x i zwielokrotnienia w zgodnie z zależnością:

$$y = x \cdot w$$

gdzie: $x = 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, w = \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1, 2, 4$.

W zależności od rodzaju i wartości parametru danego gwintu:

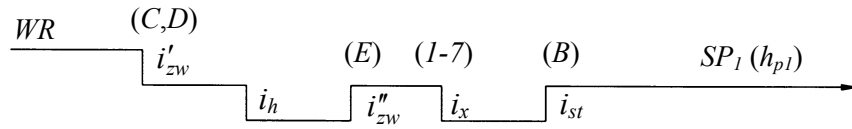
- dla gwintu metrycznego - wartości skoku,
- dla gwintu calowego - liczby zwojów na długości 1 [cala],
- dla gwintu modułowego - wartości modułu gwintu m_o ,
- dla gwintu diametral-pitch - liczby zwojów na długości π [cali],

wyboru wartości przełożeń poszczególnych przekładni wchodzących w skład łańcucha posuwów gwintowych dokonuje się odpowiednim ustawieniem dźwigni sterujących A, B, C, D, E, 1-7, według tab. 1.3.

W tabeli tej można wyróżnić wyrazy podstawowe (kolumny pogrubione) oraz wyrazy pochodne od tego ciągu.

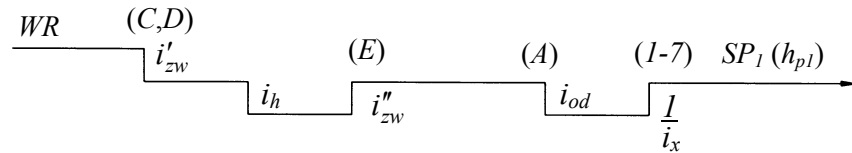
W zależności od rodzaju nacinanego gwintu napęd ruchu posuwów gwintowych przebiega następująco (rys. 1.4):

- gwinty metryczne: $WR \rightarrow SUP.W$



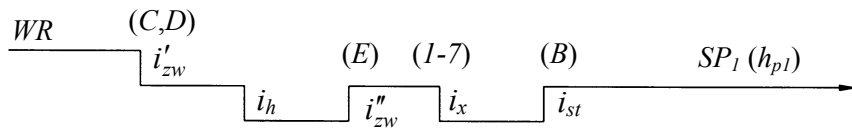
$$l[obr] \cdot i'_{zw} \cdot i_h \cdot i''_{zw} \cdot i_x \cdot i_{st} \cdot h_{pl} \left[\frac{mm}{obr} \right] = h[mm]$$

- gwinty calowe: $WR \rightarrow SUP.W$



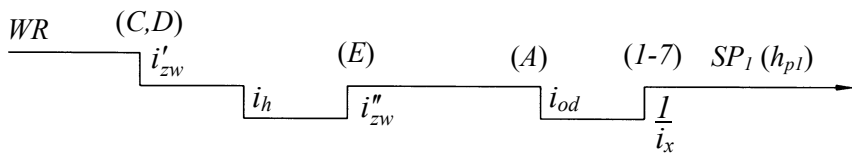
$$l[obr] \cdot i'_{zw} \cdot i_h \cdot i''_{zw} \cdot i_{od} \cdot \frac{1}{i_x} \cdot h_{pl} \left[\frac{mm}{obr} \right] = h = \frac{25.4}{j_c} [mm]$$

- gwinty modułowe: $WR \rightarrow SUP.W$



$$l[obr] \cdot i'_{zw} \cdot i_h \cdot i''_{zw} \cdot i_x \cdot i_{st} \cdot h_{pl} \left[\frac{mm}{obr} \right] = h = \pi \cdot m_o [mm]$$

- gwinty diametral-pitch: $WR \rightarrow SUP.W$



$$l[obr] \cdot i'_{zw} \cdot i_h \cdot i''_{zw} \cdot i_{od} \cdot \frac{1}{i_x} \cdot h_{pl} \left[\frac{mm}{obr} \right] = h = \frac{\pi \cdot 25.4}{j_{DP}} [mm]$$

1.3.3. Dobór posuwów roboczych

Posuwy robocze są realizowane za pomocą wałka pociągowego *WP* (rys. 1.4).

Przebieg napędu ruchu posuwów roboczych: $WR \rightarrow SUP.W, SUP.P$

$$I[obr] \cdot i'_{zw} \cdot i_h \cdot i''_{zw} \cdot i_x \cdot i_s \begin{cases} \pi m z \left[\frac{mm}{obr} \right] = f_w[mm] - \text{posuwy wzdłużne} \\ h_{p2} \left[\frac{mm}{obr} \right] = f_p[mm] - \text{posuwy poprzeczne} \end{cases}$$

gdzie: i_s - przełożenie przekładni stałych w skrzynce suportowej,
 $\pi m z$ - przełożenie przekładni zębatkowej w skrzynce suportowej,
 h_{p2} - przełożenie przekładni śrubowej w skrzynce suportowej.

Położenia dźwigni sterujących przekładniami skrzynki posuwów dla poszczególnych wartości posuwów wzdłużnych pokazano w tab. 1.3.

Posuwy poprzeczne są dwa razy mniejsze od wzdłużnych, ponieważ wspólny napęd tych posuwów rozgałęzia się na wałku *XVI* i przełożenie między nimi wynika z równania: $SUP.W \rightarrow SUP.P$

$$f_w[mm] \cdot \frac{1}{\pi \cdot 2.5 \cdot 13} \left[\frac{obr}{mm} \right] \cdot \frac{68}{17} \cdot \frac{68}{21} \cdot 4 \left[\frac{mm}{obr} \right] = f_p[mm]$$

$$\text{stąd} \quad \frac{f_w}{f_p} = \frac{17}{68} \cdot \frac{21}{68} \cdot \frac{\pi \cdot 2.5 \cdot 13}{4} \cong 2$$

1.4. Przykłady nastawiania parametrów kinematycznych

1.4.1. Nastawianie prędkości obrotowej wrzeciona

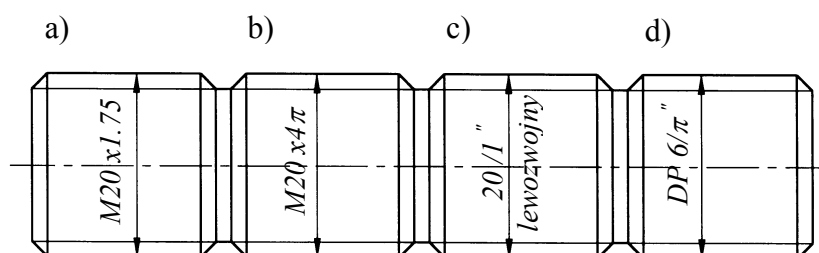
Przykład: dobrać prędkość obrotową wrzeciona w procesie toczenia wałka o średnicy $d = 50 [mm]$ z prędkością skrawania $v = 40 [m/min]$.

Na podstawie tab. 1.1 dla $d = 50$ [mm] i $v = 40$ [m/min] punkt przecięcia się prostych $n = f(d)$ i $n = f(v_c)$ znajduje się w zakresie prędkości $n = 280$ [obr/min]. Dla tej prędkości dobiera się odpowiednie położenia dźwigni C, G, H i uzyskuje się następujący przebieg napędu: $E \rightarrow WR$

$$1440 \left[\frac{\text{obr}}{\text{min}} \right] \cdot \frac{90}{335} \cdot \frac{41}{37} \cdot \frac{25}{58} \cdot \frac{56}{35} \cong 280 \left[\frac{\text{obr}}{\text{min}} \right]$$

1.4.2. Nastawianie posuwów gwintowych

Przykład: dobrać odpowiednie przełożenia poszczególnych przekładni w celu wykonania następujących rodzajów gwintów (rys. 1.5):



Rys. 1.5. Wałek z różnymi rodzajami gwintów: a) gwint metryczny, b) gwint modułowy, c) gwint calowy, d) gwint diametral-pitch

a) Gwintu metrycznego (*lewozwojnego*): $h = 1.75$ [mm].

Można zapisać, że $h = x \cdot w$, gdzie: x - wyraz podstawowy (kolumna wyróżniona tab. 1.2), w - zwielokrotnienie. Szuka się więc takiego x i w , aby iloczyn tych dwóch liczb był równy skokowi gwintu h . Jest to spełnione dla $x = 7$ i $w = \frac{1}{4}$ (tab. 1.3). Wyrazowi podstawowemu $x = 7$ odpowiada przełożenie $i_x = \frac{56}{35}$, a zwielokrotnieniu $w = \frac{1}{4}$ iloczyn przełożeń i'_{zw} oraz i''_{zw} .

Stąd otrzymuje się przełożenia:

$$i_x = \frac{56}{45} \cdot \frac{45}{35}, \quad i'_{zw} = 1 = \frac{36}{32} \cdot \frac{32}{36}, \quad i''_{zw} = \frac{1}{4} = \frac{28}{56} \cdot \frac{28}{56}, \quad i_h = \frac{1}{2} = \frac{32}{96} \cdot \frac{96}{64}$$

oraz równanie kinematyczne:

$$l[obr] \cdot \frac{36}{32} \cdot \frac{32}{36} \cdot \frac{32}{96} \cdot \frac{96}{64} \cdot \frac{28}{56} \cdot \frac{28}{56} \cdot \frac{56}{45} \cdot \frac{45}{35} \cdot \frac{35}{48} \cdot 12 \left[\frac{mm}{obr} \right] = 1.75 [mm]$$

b) Gwintu modułowego: $m_o = 4 [mm]$, dwukrotnego ($k = 2$).

Dla gwintu wielokrotnego skok gwintu h_k określa się zależnością:

$$h_k = k \cdot h = k \cdot \pi \cdot m_o$$

gdzie: h - skok gwintu jednokrotnego,

k - krotność gwintu.

Dla $m_o = 4$ i $k = 2$ uzyskuje się: $h_k = 8\pi = \pi \cdot x \cdot w = \pi \cdot 4 \cdot 2$. Wyrazowi podstawowemu $x = 4$ odpowiada przełożenie $i_x = \frac{32}{35}$, a zwielokrotnieniu $w = 2$ iloczyn przełożeń i'_{zw} oraz i''_{zw} .

Stąd otrzymuje się przełożenia:

$$i_x = \frac{32}{35}, \quad i'_{zw} = 4 = \frac{64}{16}, \quad i''_{zw} = \frac{1}{2} = \frac{42}{42} \cdot \frac{28}{56}, \quad i_h = \frac{\pi}{2} = \frac{64}{48} \cdot \frac{86}{73}$$

oraz równanie kinematyczne:

$$l[obr] \cdot \frac{64}{16} \cdot \frac{36}{42} \cdot \frac{42}{32} \cdot \frac{32}{42} \cdot \frac{42}{36} \cdot \frac{64}{48} \cdot \frac{86}{73} \cdot \frac{42}{42} \cdot \frac{28}{56} \cdot \frac{32}{45} \cdot \frac{45}{35} \cdot \frac{35}{48} \cdot 12 \left[\frac{mm}{obr} \right] = 8\pi [mm]$$

c) Gwintu całowego: $j_c = 20 \text{ zw}/1''$ (lewozwojnego).

Można zapisać, że $h = \frac{25.4}{20} [\text{mm}] = \frac{25.4}{x} \cdot w = \frac{25.4}{5} \cdot \frac{1}{4}$. Wyrazowi podstawowemu $x = 5$ odpowiada przełożenie $\frac{1}{i_x} = \frac{35}{45} \cdot \frac{45}{40}$, a zwielokrotnieniu $w = \frac{1}{4}$ iloczyn przełożeń i'_{zw} oraz i''_{zw} .

Stąd otrzymuje się przełożenia:

$$i'_{zw} = 1 = \frac{36}{32} \cdot \frac{32}{36}, \quad i''_{zw} = \frac{1}{4} = \frac{28}{56} \cdot \frac{28}{56}, \quad i_{od} = \frac{30}{31}, \quad i_h = \frac{1}{2} = \frac{32}{96} \cdot \frac{96}{64}$$

oraz równanie kinematyczne:

$$l[\text{obr}] \cdot \frac{36}{32} \cdot \frac{32}{36} \cdot \frac{32}{96} \cdot \frac{96}{64} \cdot \frac{28}{56} \cdot \frac{28}{56} \cdot \frac{30}{31} \cdot \frac{35}{45} \cdot \frac{45}{40} \cdot 12 \left[\frac{\text{mm}}{\text{obr}} \right] = \frac{25.4}{20} [\text{mm}]$$

d) Gwintu diamentral-pitch: $j_{DP} = 6 \text{ zw}/\pi''$.

Można zapisać, że $h = \frac{\pi \cdot 25.4}{6} [\text{mm}] = \frac{\pi \cdot 25.4}{x} \cdot w = \frac{\pi \cdot 25.4}{6} \cdot 1$. Wyrazowi podstawowemu $x = 6$ odpowiada przełożenie $\frac{1}{i_x} = \frac{35}{45} \cdot \frac{45}{48}$, a zwielokrotnieniu $w = 1$ iloczyn przełożeń i'_{zw} oraz i''_{zw} .

Stąd otrzymuje się przełożenia:

$$i'_{zw} = 1 = \frac{36}{32} \cdot \frac{32}{36}, \quad i''_{zw} = 1, \quad i_{od} = \frac{30}{31}, \quad i_h = \frac{\pi}{2} = \frac{64}{48} \cdot \frac{86}{73}$$

oraz równanie kinematyczne

$$l[\text{obr}] \cdot \frac{36}{32} \cdot \frac{32}{42} \cdot \frac{42}{36} \cdot \frac{64}{48} \cdot \frac{86}{73} \cdot \frac{30}{31} \cdot \frac{35}{45} \cdot \frac{45}{48} \cdot 12 \left[\frac{\text{mm}}{\text{obr}} \right] = \frac{\pi \cdot 25.4}{6} [\text{mm}]$$

1.4.3. Nastawianie posuwów roboczych

Przykład: dobrać odpowiednie przełożenia do realizacji posuwu suportu wzdłużnego $f_w = 0.25 [mm/obr]$.

Zgodnie z tab. 1.3 dla wartości posuwu 0.25 dobiera się odpowiednie położenia dźwigni, przy których uzyskuje się następujące wartości przełożeń:

- całkowite zwielokrotnienie $i_{zw} = \frac{I}{2}$, szuka się więc takich przełożeń i'_{zw}

oraz i''_{zw} , aby ich iloczyn był równy $\frac{I}{2}$, co jest spełnione, gdy

$$i'_{zw} = I = \frac{36}{32} \cdot \frac{32}{36}, \quad i''_{zw} = \frac{I}{2} = \frac{42}{42} \cdot \frac{28}{56}$$

- przełożenie przekładni podstawowej:

$$i_x = \frac{32}{35}$$

- przełożenie przekładni gitarowej:

$$i_h = \frac{I}{2} = \frac{32}{96} \cdot \frac{96}{64}$$

Łańcuch kinematyczny przebiega więc następująco: $WR \rightarrow SUP.W$

$$I [obr] \cdot \frac{36}{32} \cdot \frac{32}{36} \cdot \frac{32}{96} \cdot \frac{96}{64} \cdot \frac{42}{42} \cdot \frac{28}{56} \cdot \frac{32}{45} \cdot \frac{45}{35} \cdot \frac{21}{45} \cdot \frac{17}{68} \cdot \frac{25}{68} \cdot \frac{17}{68} \cdot \pi \cdot 2.5 \cdot 13 \left[\frac{mm}{obr} \right] = 0.25 [mm]$$

Przykład: dobrać odpowiednie przełożenia do realizacji posuwu poprzecznego $f_p = 0.05 [mm/obr]$.

Aby zapisać łańcuch kinematyczny dla posuwu $f_p = 0.05$, w tab. 1.3 odszukuje się wartość posuwu 2-krotnie większą od zadanej, a więc 0.1 , dla której uzyskuje się następujące przełożenia:

- całkowite zwielokrotnienie $i_{zw} = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{1.6}$, szuka się więc takich przełożeń i'_{zw} oraz i''_{zw} , aby ich iloczyn $i_{zw} = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{1.6}$, co jest spełnione dla:

$$i'_{zw} = \frac{1}{1.6} = \frac{35}{56} \quad \text{oraz} \quad i''_{zw} = \frac{1}{4} = \frac{28}{56} \cdot \frac{28}{56}$$

- przełożenie przekładni podstawowej:

$$i_x = \frac{40}{45}$$

- przełożenie przekładni gitarowej:

$$i_h = \frac{1}{2} = \frac{32}{96} \cdot \frac{96}{64}$$

Łańcuch kinematyczny przebiega więc następująco: $WR \rightarrow SUP.P$

$$I [obr] \cdot \frac{35}{56} \cdot \frac{36}{42} \cdot \frac{42}{32} \cdot \frac{32}{36} \cdot \frac{32}{96} \cdot \frac{96}{64} \cdot \frac{28}{56} \cdot \frac{28}{56} \cdot \frac{40}{45} \cdot \frac{45}{35} \cdot \frac{21}{45} \cdot \frac{17}{68} \cdot \frac{25}{68} \cdot \frac{68}{21} \cdot 4 \left[\frac{mm}{obr} \right] = 0.05 [mm]$$