

gicznych, t_f (ok. 4% czasu t_{pz}), ale zgodnie z przyjętym w Polsce schematem obliczeń, dodatek ten zostaje uwzględniony sumarycznie w t_u liczonym względem t_w .

W wyniku obliczeń dla operacji określonej w instrukcji roboczej (rys. A/6) wypadną następujące wielkości norm czasowych

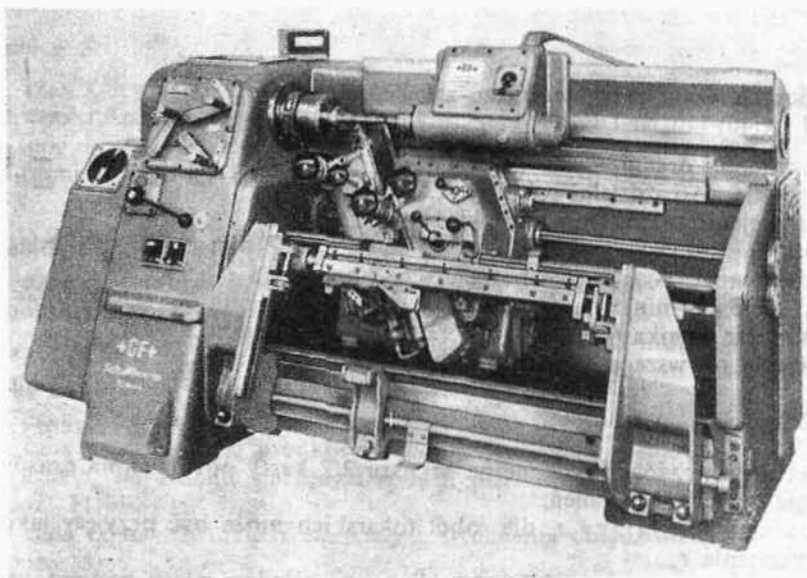
$$t_{pz} = 32 \text{ min}, \quad t_f = 24 \text{ min}$$

Dopiero po określeniu tych wielkości przez normistę może być ostatecznie wypełniona karta instrukcyjna, jeśli chodzi o warunki skrawania. Oczywiście całe przedstawione omówienie sposobu ustalenia warunków skrawania oraz wyznaczenia czasów t_p i t_{pz} miało na celu jedynie wyjaśnienie, na jakiej podstawie i przy pomocy jakiego rozumowania została wypełniona karta normowania czasu operacji na rys. A/7 a i b. W rzeczywistości całość obliczeń przeprowadza się bezpośrednio na karcie normowania czasów. Również do tej operacji należałoby wybrać tokarkę większej mocy np. typu TUB 32 produkowaną przez Z.M. Tarnów o mocy 6 kW i mającą wysokie prędkości obrotowe.

II. Normowanie czasu robót na tokarkach kopiowych

1. Uwagi ogólne

Tokarki kopiowe mają zazwyczaj hydrauliczne sterowanie suportu kopiowego. Taką konstrukcję mają polskie produkcyjne tokarki kopiowe TGC 8/12 oraz normalne tokarki uniwersalne i produkcyjne, wyposażone w kopiały hydrauliczne typu TKB 12. Poza najbardziej popularnymi specjalnymi tokarkami kopiowymi firmy szwajcarskiej G. Fischer typu KDM-7, 11, 18 i 28 (rys. A/8) można obecnie spotkać bardzo dużą ilość innych tokarek kopiowych o podobnej konstrukcji.



Rys. A/8. Tokarka kopiowa typu KDM 11/70 firmy Georg Fischer w Schaffhausen (Szwajcaria)

Na rys. A/9 pokazano zasadnicze dane charakterystyczne tokarek kopiowych typów KDM 11 i KDM 18 firmy *G. Fischer*. Na rys. A/10 podano dane charakterystyczne tokarek firmy *Oerlikon*. Znajomość tego rodzaju charakterystyki jest konieczna przy projektowaniu kopiału i procesu technologicznego dla tych obrabiarek.

Sterowanie elektryczne suportu kopiowego należy do rzadszych rozwiązań, choć jest bardziej uniwersalne.

Typowymi robotami wykonywanymi na tokarkach kopiowych z hydraulicznym sterowaniem są:

- a) toczenie kopiowe podłużne zewnętrzne — tabl. A-47 poz. 1,
- b) toczenie kopiowe poprzeczne jednostronne — tabl. A-47 poz. 2,
- c) toczenie kopiowe poprzeczne, obustronne, przelotowe — tabl. A-48 poz. 1,
- d) wcinanie planujące odsadzenia z suportu poprzecznego — tabl. A-48 poz. 2,
- e) toczenie kopiowe zewnętrzne w kilku przejściach — tabl. A-49:
 - bez kopiału, z jednego suportu — rys. a (przejście 1 i 2),
 - z dwóch suportów, z których tylko jeden jest kopiującym — rys. b,
 - według dwóch kopiałów — rys. c,
- f) toczenie kopiowe wewnętrzne — tabl. A-50 poz. 1,
- g) toczenie kopiowe zewnętrzne szeregowe sprzężone (dwoma nożami — tabl. A-50 poz. 2),
- h) toczenie kopiowe wewnętrzne i zewnętrzne szeregowe sprzężone (dwoma nożami) — tabl. A-51 poz. 1,
- i) toczenie kopiowe szeregowe sprzężone wewnętrzne (wg dwóch wzorników) — tabl. A-51 poz. 2,
- k) toczenie kopiowe sprzężone, dwoma suportami — tabl. A-52,
- l) toczenie kopiowe programowe, tj. ze sterowaniem automatycznym cyklu operacyjnego — tabl. A-53.

Jeśli chodzi o toczenie kopiowe suportem elektrycznie, to rozróżnić należy w nim trzy zasadnicze typy robót (tabl. A-54):

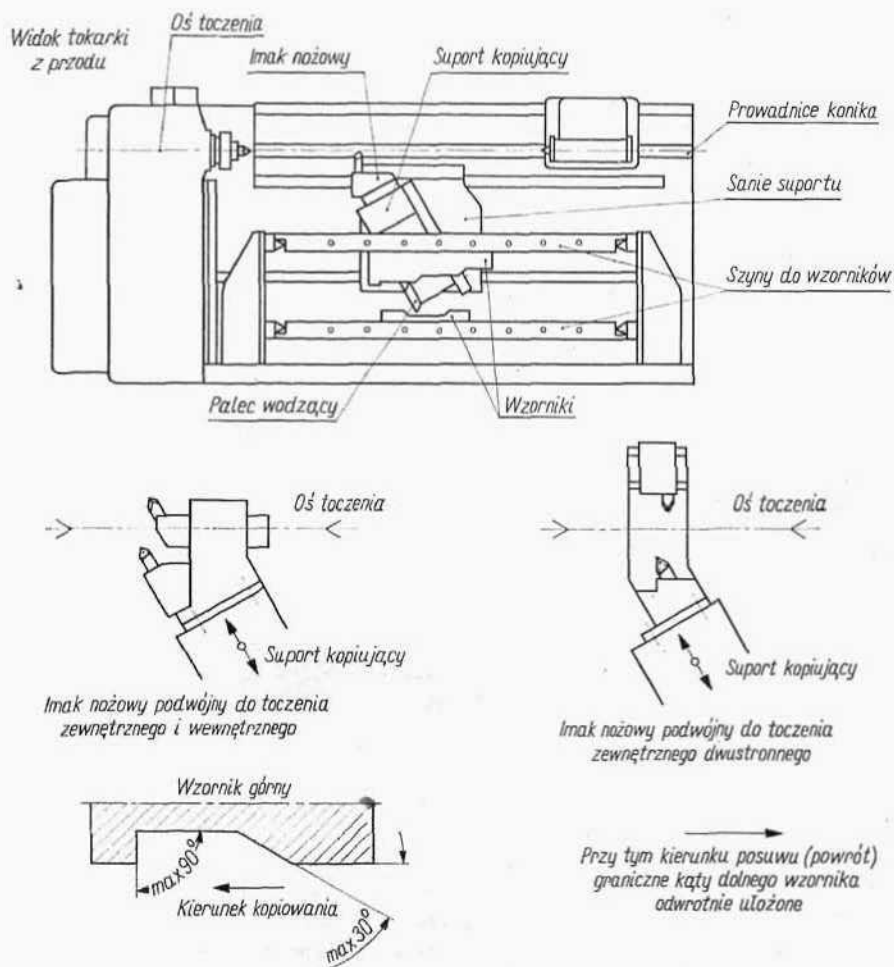
- toczenie kopiowe zewnętrzne, podłużne z prostopadłymi odsadzeniami stopniowanych średnic — rys. a,
- toczenie kopiowe zewnętrzne podłużne przy złożonym zarysie przedmiotu — rys. b,
- toczenie kopiowe poprzeczne — rys. c.

Oprócz wymienionych robót na tokarkach z kopiałem hydraulicznym może być wykonane toczenie gwintu z dużą szybkością skrawania, przy czym wzornik jest wykorzystany jako element umożliwiający szybkie wycofanie noża przy wybiegu (patrz tabl. A-7 poz. 4c — rys. b).

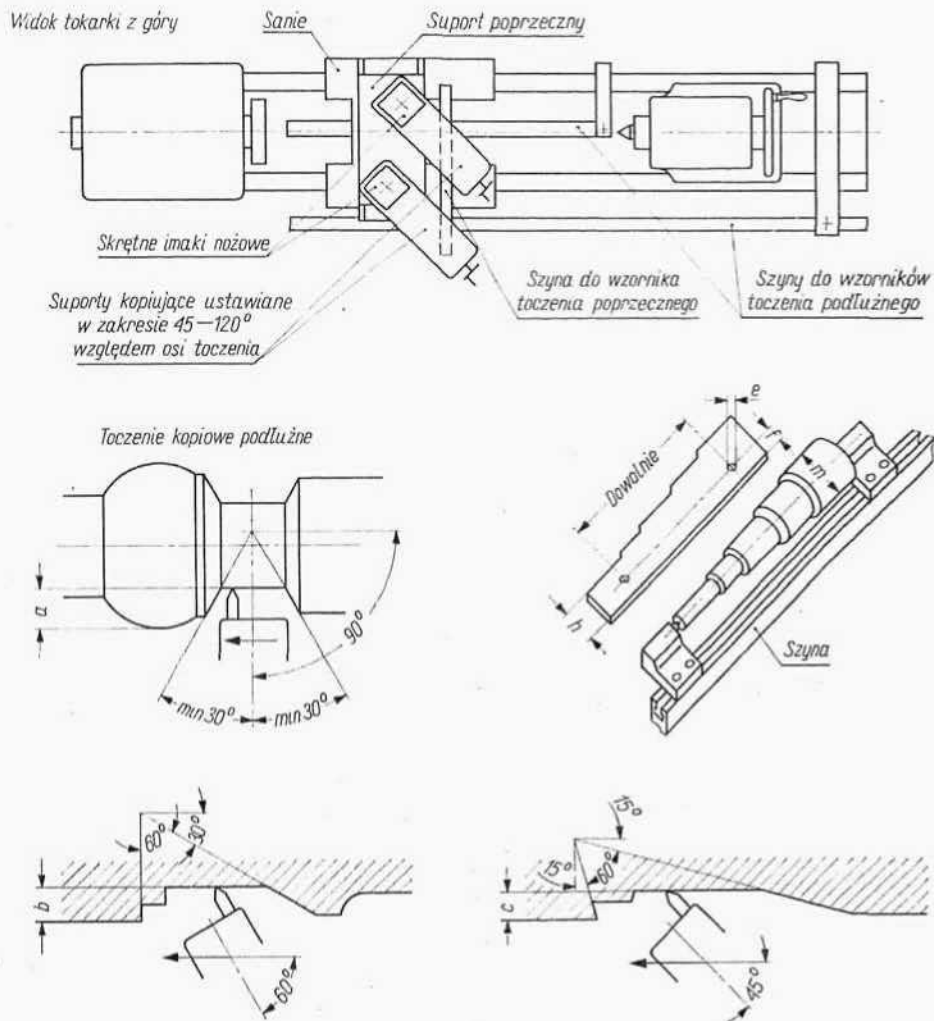
Do toczenia kopiowego stosuje się jedynie noże z ostrzami z węglików spiekanych, przy czym kąt wierchołkowy ostrza wynosi zwykle $\varepsilon = 50 \div 58^\circ$ (patrz rysunek w tabl. A-47), a kąt przystawienia $\alpha = 90 \div 100^\circ$. To powoduje, że szybkości skrawania są o około 30 ÷ 25% mniejsze od wartości zalecanych dla noży zdzieraków o kącie przystawienia $\alpha = 45^\circ$.

Sprawa obróbki prostopadłych odsadzeń z naddatkami powyżej 1 mm wymaga dodatkowego wyjaśnienia. Otóż normalnie tocząc z posuwem podłużnym



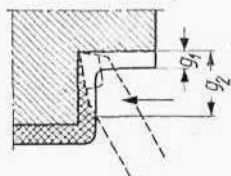


Rys. A/9. Charakterystyka tokarki kopiowej typu KDM 11 z rys. A/8.

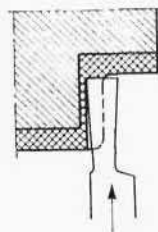


Rys. A/10. Charakterystyka tokarki kopiowej firmy Oerlikon (Szwajcaria) z urządzeniem kopiującym „HK-vv”

nie można obrabiać samego odsadzenia, jak to wskazano na rys. A/11, gdyż głębokość skrawania g_2 w miejscu odsadzenia jest często kilkakrotnie większa od normalnej głębokości g_1 . Przewyższa ona często długość krawędzi ostrza noża albo też powoduje taki wzrost przekroju warstwy skrawanej f , że powoduje to przekroczenie rozporządzalnej mocy obrabiarki. W tych warunkach stosuje się różne rozwiązania. Najczęściej przy dużych odsadzeniach stosuje się wstępny zabieg planowania czoła z dodatkowego suportu poprzecznego, pozostawiając naddatek rzędu $0,5 \div 1$ mm (rys. A/12), i następnie toczy się normalnie przedmiot wg wzornika. Przekrój warstwy skrawanej f przy toczeniu samego czoła wskutek małego nadatku wzrasta nieznacznie (rys. A/13). Pewne rodzaje tokarek kopiowych (np. tokarki VDF-Unicop IV produkcji NRF) umożliwiają specjalne toczenie kopiowe programowe, gdzie ustawia się specjalne samoczynne przełączanie posuwów po-

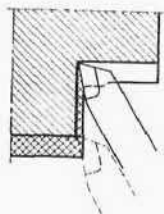


Rys. A/11. Położenie ostrza noża przy toczeniu wysokich odsadzeń przy posuwie wzdłużnym

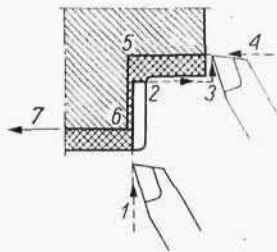


Rys. A/12. Wstępne planowanie wcinowe odsadzeń w celu zdjęcia nadatku materiałowego

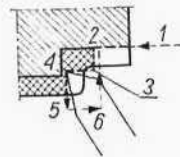
dłużnych i poprzecznych. Nóż wykonuje wówczas drogę 1-2-3-4-5-6-7 (rys. A/14). Jednakże tego rodzaju rozwiązanie nie daje wydawniejszej obróbki niż przy zastosowaniu sposobu zilustrowanego na rys. A/12 i A/13, a stosowanego między innymi w najpopularniejszych tokarkach kopiowych firmy G. Fischera.



Rys. A/13. Planowanie odsadzenia przy posuwie wzdłużnym przy małym nadatku materiałowym



Rys. A/14. Przykład toczenia kopiowego programowanego odsadzeń z przełączaniem posuwów wzdłużnych i poprzecznych



Rys. A/15. Toczenie odsadzeń z ręcznym sterowaniem odsuwania noża

Przy nieznacznych odsadzeniach można zastosować jeszcze inną metodę, która nie wymaga dodatkowego suportu poprzecznego. Nóż kopiujący dochodząc do położenia 2 (rys. A/15) zostaje ręcznie cofnięty w położenie 3. Dalsze toczenie

z posuwem podłużnym odbywa się aż do położenia 4, po czym ręcznie nóż wprowadza się w położenie 5÷6 i dosuwa się go z powrotem do przedmiotu w celu kontynuowania normalnego już toczenia kopiowego pozostałości przy odsadzeniu oraz dalszych części zarysu przedmiotu.

Sterowanie programowe ruchów suportu kopiowego oraz zmian warunków skrawania znajduje coraz częstsze zastosowanie. Do tego celu służą specjalne bębny i szyny zderzakowe. Łatwe nastawianie zderzaków (często zaopatrzonych w skale) czyni półautomatyczną obróbkę na tokarkach kopiowych opłacalną nawet w warunkach produkcji średnioseryjnej. Tokarki z urządzeniami kopiowymi jak i ze sterowaniem programowym należą do najnowszych obecnie rodzajów obrabiarek, których rozwój konstrukcyjny trwa nadal.

Dobór warunków skrawania przy toczeniu kopiowym polega głównie na właściwym wyborze wielkości posuwu. Jak już wskazano w rozdziale 0.III.2 toczenie kopiowe charakteryzuje się zmiennością wielkości posuwu, zależnie od zarysu toczzonego przedmiotu. Przy kopiach hydraulicznych decyduje tu kąt α ustawienia suportu oraz kąt β pochylenia zarysu. Natomiast przy kopiarkach elektrycznych czynnikiem decydującym jest stosunek szybkości posuwów poprzecznego do podłużnego.

Z wymienionych względów wielkość posuwu suportu kopiowego ustala się w zależności od zakresu zmian pochylenia zarysu przedmiotu, przy czym w przypadku obróbki zgrubnej konieczne jest ponadto uwzględnienie sztywności przedmiotu (tabl. A-55), wytrzymałości płytki z węglików spiekanych (tabl. A-57) i mocy obrabiarki (tabl. A-58). W obróbce wykańczającej ponadto należy uwzględnić pochylenie zarysu drogi noża w poszczególnych miejscach, mające wpływ na wielkość chropowatości przedmiotu (tabl. A-59).

Obróbka nożami sprzężonymi znajduje coraz częstsze zastosowanie i w tym przypadku szybkości skrawania są odpowiednio zmniejszane, by uzyskać zwiększenie potrzebnej trwałości ostrzy. Jeśli noże sprzężone obrabiają jednocześnie, wtedy posuw dobiera się wg tabl. A-62.

Toczenie kopiowe głębokich otworów wymaga stosowania specjalnych noży oprawkowych osadzanych w drągach wytaczarskich. Mała sztywność tych drągów zmusza do przyjmowania posuwów mniejszych niż przy toczeniu zewnętrznym (tabl. A-63).

Czas przygotowawczo-zakończeniowy t_{pz} (tabl. A-64) zależy głównie od tego, czy chodzi tu o normalną tokarkę, na którą zakłada się suport hydrauliczny, czy też przygotowanie obrabiarki sprowadza się do założenia odpowiedniego wzornika i ustawienia noży. Inne elementy czynności przygotowawczo-zakończeniowych są takie jak dla innych obrabiarek.

Czasy pomocnicze t_p podano w czterech tablicach wg przyjętego podziału:

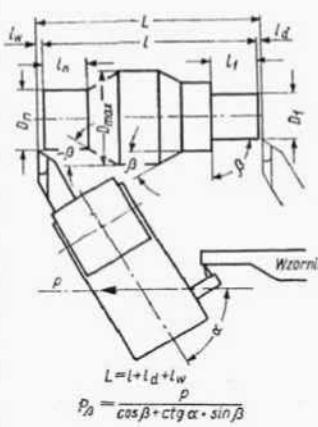
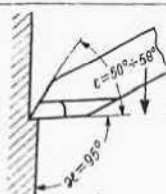
- 1) czasy mocowania i zdjęcia przedmiotu — tabl. A-65,
- 2) czasy czynności związanych z zabiegiem — tabl. A-66,
- 3) czasy czynności związanych ze zmianą warunków pracy — tabl. A-67,
- 4) czasy czynności mierzenia — tabl. A-68.

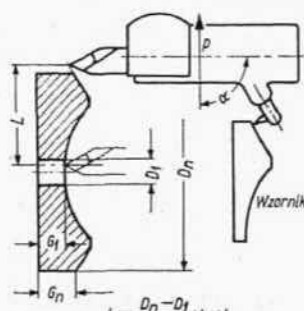
Czynności mierzenia przy robotach zgrubnych oraz w klasie 11÷12 bez obróbki z próbnymi wiórami są wykonywane przeciętnie co 5 sztuk.



2. Tablice wytycznych i normatywów dla normowania czasu robót wykonywanych na tokarkach kopiowych

Tablica A-47. Wytyczne do obliczania czasów głównych na tokarkach kopiowych

Lp.	Szkice	Wytyczne robocze $n = \frac{1000 v k_D}{\pi D_{max}}$																										
1	<p>Toczenie kopiowe podłużne zewnętrzne</p> $t_g = \frac{1}{np} [L + k_\alpha (D_n - D_1)]$  <p>$L = l_d + l_w$ $p_D = \frac{p}{\cos \beta + \cot \alpha \cdot \sin \beta}$</p>	<table> <tr> <th>Kąt skreśu suportu α</th><td>30°</td><td>45°</td><td>55°</td><td>60°</td><td>90°</td></tr> <tr> <th>współczynnik k_α</th><td>0,875</td><td>0,5</td><td>0,35</td><td>0,3</td><td>0</td></tr> </table> <p>Dobieg l_d i wybieg l_w $l_d + l_w = 1-2 \text{ mm}$</p> <p>Posuw p, mm/obr</p> <p>Obróbka zgrubna</p> <table> <tr> <td>z uwagi na sztywność przedmiotu</td><td>tabl. A-55</td></tr> <tr> <td>moc tokarki</td><td>tabl. A-58</td></tr> <tr> <td>wytrzymałość ostrza noża</td><td>tabl. A-57</td></tr> </table> <p>Obróbka wykańczająca</p> <p>z uwagi na klasę chropowatości powierzchni tabl. A-59</p> <p>Szybkość skrawania v, m/min tablica A-60</p>  <p>nóż specjalny do toczenia kopiowego</p> <p>przy stałych obrotach $n = \frac{1000 v k_D}{\pi D_{max}}$</p> <table> <tr> <td>stosunek średnicy średniej modalnej (zastępczej) do średnicy maksymalnej $\frac{D_s}{D_{max}}$</td><td><0,6</td><td>0,6-0,9</td><td>>0,9</td></tr> <tr> <td>współczynnik k_D</td><td>1,2</td><td>1,1</td><td>1,0</td></tr> </table>	Kąt skreśu suportu α	30°	45°	55°	60°	90°	współczynnik k_α	0,875	0,5	0,35	0,3	0	z uwagi na sztywność przedmiotu	tabl. A-55	moc tokarki	tabl. A-58	wytrzymałość ostrza noża	tabl. A-57	stosunek średnicy średniej modalnej (zastępczej) do średnicy maksymalnej $\frac{D_s}{D_{max}}$	<0,6	0,6-0,9	>0,9	współczynnik k_D	1,2	1,1	1,0
Kąt skreśu suportu α	30°	45°	55°	60°	90°																							
współczynnik k_α	0,875	0,5	0,35	0,3	0																							
z uwagi na sztywność przedmiotu	tabl. A-55																											
moc tokarki	tabl. A-58																											
wytrzymałość ostrza noża	tabl. A-57																											
stosunek średnicy średniej modalnej (zastępczej) do średnicy maksymalnej $\frac{D_s}{D_{max}}$	<0,6	0,6-0,9	>0,9																									
współczynnik k_D	1,2	1,1	1,0																									

2	<p>Toczenie kopiowe poprzeczne jednostronne</p> $t_g = \frac{1}{np} [L + 2 k_\alpha (G_n - G_1)]$  <p>$L = \frac{D_n - D_1}{2} + l_d + l_w$</p>	<table> <tr> <td>k_α</td><td>$l_d + l_w$</td><td>posuw p</td></tr> <tr> <td colspan="3">jak przy toczeniu podłużnym</td></tr> <tr> <td colspan="3">Szybkość skrawania v, m/min tablica A-60</td></tr> <tr> <td>stosunek $\frac{D_1}{D_n}$</td><td>>0,5</td><td>0,5</td><td>0,25</td><td>0,12</td><td><0,05</td></tr> <tr> <td>współcz. k_D</td><td>1,0</td><td>1,05</td><td>1,15</td><td>1,25</td><td>1,4</td></tr> </table>	k_α	$l_d + l_w$	posuw p	jak przy toczeniu podłużnym			Szybkość skrawania v , m/min tablica A-60			stosunek $\frac{D_1}{D_n}$	>0,5	0,5	0,25	0,12	<0,05	współcz. k_D	1,0	1,05	1,15	1,25	1,4
k_α	$l_d + l_w$	posuw p																					
jak przy toczeniu podłużnym																							
Szybkość skrawania v , m/min tablica A-60																							
stosunek $\frac{D_1}{D_n}$	>0,5	0,5	0,25	0,12	<0,05																		
współcz. k_D	1,0	1,05	1,15	1,25	1,4																		

Tablica A-48. Wytyczne do obliczania czasów głównych na tokarkach kopiowych

Lp.

Szkice

Wytyczne robocze

1

**Toczenie kopiowe poprzeczne obustronne przelotowe
(ze zmianą kierunku obrotów)**

$$t_g \approx \frac{L_1 + L_2}{n_1 p} + \frac{D_m}{n_2 p}$$

$$n_1 = \frac{1000 v k_D}{\pi D_z} \quad n_2 = \frac{1000 v k_D}{\pi D_m}$$

n_1 i n_2 – różne prędkości obrotowe zmieniane na jałowych odcinkach drogi noża.

Przy różnicy G między wejściem i wyjściem noża:

$$t_g = \frac{L_1 + L_2 + \text{ctg } \alpha \cdot G}{n_1 p} + \frac{D_m}{n_2 p}$$

Kąt skreślenia suportu hydraulicznego α	30°	45°	60°	90°
wartość $\text{ctg } \alpha$	1,75	1,0	0,6	0

Dobieg l_d i wybieg l_w

$$l_d = 1 \text{ mm} \quad l_w = 1 \text{ mm}$$

Posuw p , mm/obr

zgrubny: tabl. A-55, A-57, A-58

wykańczający: tabl. A-59

Szybkość skrawania v , m/min

tablica A-60					
Stosunek $\frac{D_m}{D_z}; \frac{D_0}{D_m}$	> 0,5	0,5	0,25	0,12	≤ 0,05
współczynnik k_D	1,0	1,05	1,15	1,25	1,4

2

Wcinanie planujące, wstępne

$$t_g = \frac{L}{np} \quad n = \frac{1000 v k_w k_D}{\pi D_z}$$

Dobieg l_d i wybieg l_w

$$l_d = 2 \text{ mm}; l_d + l_w = 3-4 \text{ mm}$$

Posuw p , mm/obr

tablica A-61

Szybkość skrawania v , m/min

tablica A-60					
Stosunek $\frac{D_m}{D_z}$	> 0,5	0,5	0,25	0,12	≤ 0,05
współczynnik k_D	1,0	1,05	1,15	1,25	1,4

Ilość noży pracujących jednocześnie

1

2

4

Współczynnik zmniejszenia k_w szybkości skrawania

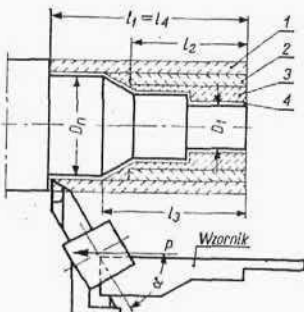
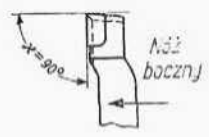
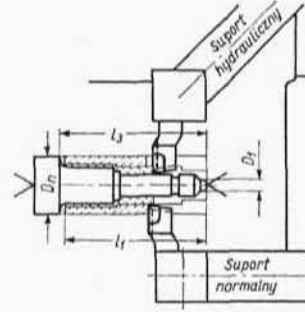
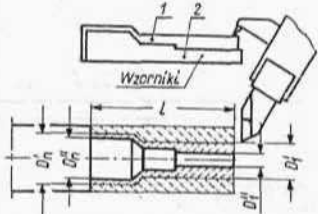
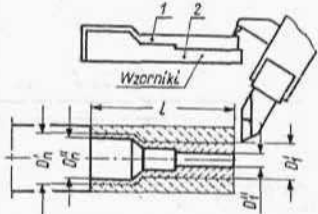
1

0,87

0,76

A

Tablica A-49. Wytyczne do obliczania czasów głównych na tokarkach kopiowych

Szkic	Wytyczne robocze
Toczenie kopiowe zewnętrzne	
a) w kilku przejściach	przejście 1 i 2 — bez wzornika, z normalnego suportu (rys. a)
	$t_{g1} = \frac{L_1}{n_1 p_1} \quad t_{g2} = \frac{L_2}{n_2 p_2}$
	Dobieg l_d
	$l_d = 1-2 \text{ mm}$
	Posuw p , mm/obr
	tablica A-56
	sprawdzać wg tabl. A-57 i A-58
	Szybkość skrawania v , m/min
b) kolejne z 2-ch suportów	tablica A-60
	
	Współczynnik rodzaju noża $k_N = 1,1$
c) kolejne wg dwóch wzorników	przejście 3 — wg części długości wzornika, zgrubnie (rys. a)
	$t_{g3} = \frac{1}{n_3 p_3} [L_3 + k_N (D_n - D_1)]$
	parametry robocze ustala się wg wytycznych: tabl. A-47 pkt 1 dla obróbki zgrubnej
	przejście 4 wg pełnej długości wzornika wykańczająco (rys. a)
	$t_{g4} = \frac{1}{n_4 p_4} [L_4 + k_N (D_n - D_1)]$
	parametry robocze ustala się wg wytycznych: tabl. A-47 pkt 1 — dla obróbki wykańczającej
	Toczenie kopiowe kolejne (rys. c) wg dwóch wzorników
	$t'_g = \frac{1}{n p} [L + k_N (D_n' - D_1')]$
	parametry robocze ustala się wg wytycznych tabl. A-47 pkt 1

Tablica A-50. Wytyczne do obliczania czasów głównych na tokarkach kopiowych

Lp.

Szkice

Wytyczne robocze

1

Toczenie kopiowe wewnętrzne (ze stałym posuwem)

$$t_g = \frac{1}{np} [L + k_\alpha (D_n - D_1)]$$

Kąt skreśu suportu kopiowego α	30°	45°	60°	90°
współczynnik k_α	0,875	0,5	0,3	0

Dobieg l_d i wybieg l_w :

$$l_d + l_w = 1-2 \text{ mm}$$

Posuw p , mm/obr

dla otworów płytkich — tabl. A-57 wg przekroju trzonka noża oprawkowego

dla otworów głębokich $l > 5 d_N$ — wg tabl. A-63

przy obróbce wykańczającej — wg tabl. A-59

Szybkość skrawania v , m/min

tablica A-60

przy stałych prędkościach obrotowych $n = \frac{1000 v k_D}{\pi D_{max}}$

Średnica otworu D_{max}	<75	75-500
współczynnik k_D	0,8	0,9

2

Toczenie kopiowe zewnętrzne szeregowe sprzężone (dwoma nożami)

$$t_g = \frac{1}{np} [L + 2k_\alpha G]$$

współczynnik k_α — jak dla zwykłego toczenia kopiowego

wielkości L i G z projektu wzornika

Posuw p , mm/obr

obróbka zgrubna — tabl. A-55
sprawdzony wg tabl. A-57 i A-58

obróbka wykańczająca — tabl. A-59

Szybkość skrawania v , m/min

tablica A-60

przy zalecanej trwałości $T = 150 \text{ min}$ — współczynnik do szybkości $k_T = 0,9$

$$n = \frac{1000 v k_T}{\pi D_{max}}$$

A

Tablica A-51. Wytyczne do obliczania czasów głównych na tokarkach kopiowych

Lp.

Szkice

Wytyczne robocze

1

Toczenie kopiowe szeregowe sprzężone wewnętrzne i zewnętrzne

β - punkt początkowy kopiowania
 K - punkt końcowy kopiowania

$$t_g = \frac{1}{np} [L + 2 k_\alpha G]$$

Kąt skreślenia suportu α	30°	45°	60°	90°
współczynnik $2 k_\alpha$	1,75	1,0	0,6	0

L i G - z projektu wzornika

Posuw p , mm/obr

dla obróbki zgrubnej

przy płytkich otworach - wg tabl. A-57

przy głębokich otworach - wg tabl. A-63

dla obróbki wykańczającej - wg tabl. A-59

Szybkość skrawania v , m/min

tablica A-60

przy stałych obrotach i przy zalecanej trwałości ostrzy
 $T \approx 150$ min.

$$n = (n_{dop})_{min}$$

przy toczeniu zewnętrznym

$$(n_{dop})_{min} = \frac{1000 v k_T}{\pi (D_z)_{max}}$$

$$k_T = 0,9$$

przy toczeniu wewnętrznym

$$(n_{dop})_{min} = \frac{1000 v k_D}{\pi (D_w)_{max}}$$

Średnica otworu $(D_w)_{max}$	< 75	75-500
współczynnik k_D	0,7	0,8

2

Toczenie kopiowe szeregowe sprzężone wewnętrzne

α - kąt pochylecia suportu kopiowego

$$t_g = \frac{1}{np} [L_I + L_{II} + 2 k_\alpha (G_{II} - G_I)]$$

$$\text{gdy } G_{II} = G_I \quad t_g = \frac{L_I + L_{II}}{np}$$

$2 k_\alpha$, L i G - jak powyżej

Posuw p , mm/obr

jak przy otworach

Szybkość skrawania v , m/min.

tablica A-60

Średnica otworu $(D_w)_{max}$	< 75	150	> 250
współczynnik k_D	0,65	0,7	0,8

$$n = \frac{1000 v k_D}{\pi (D_w)_{max}}$$