

G

Obrabiarki do kół zębatach i wielowypustów

Normowanie czasu obróbki kół zębatach modułowymi frezami krążkowymi	G-I
Normowanie czasu robót na frezarkach obwiedniowych do kół zębatach	G-II
Normowanie czasu robót na dłutownicach do kół zębatach (typu <i>Fellowsa</i> i typu <i>Maaga</i>)	G-III
Normowanie czasu robót na wiórkownicach krążkowych do kół zębatach	G-IV
Normowanie czasu robót na zaokrąglarkach do kół zębatach	G-V
Normowanie czasu robót na strugarkach do kół stożkowych o zębach prostych	G-VI
Normowanie czasu robót na frezarkach obwiedniowych do wielowypustów	G-VII
Normowanie czasu robót na frezarkach do kół stożkowych o zębach łukowych	G-VIII

I. Normowanie czasu obróbki kół zębatach modułowymi frezami krążkowymi

1. Uwagi ogólne

Frezowanie walcowych kół zębatach metodą podziałową za pomocą kształtowego freza krążkowego odbywa się na normalnych frezarkach poziomych lub uniwersalnych. W warunkach produkcji wielkoseryjnej do obróbki zgrubnej tą samą metodą spotkać się można ze specjalnymi frezarkami półautomatycznymi i z automatycznym podziałem i powrotem stołu. Na tych wyspecjalizowanych frezarkach można stosować większe posuwy od wykazywanych w tabl. G-2 ważnych dla obróbki na normalnych frezarkach wspornikowych stosowanych przy produkcji małoseryjnej i seryjnej.

Za pomocą kształtowego freza krążkowego (dobieranego nie tylko pod względem modułu m nacinanego uzębienia, ale i z uwzględnieniem ilości zębów obrabianego koła) można wykonywać na kołach walcowych:

- a) zęby proste — tabl. G-1 poz. 1,
- b) zęby śrubowe — tabl. G-1 poz. 2.

W drugim przypadku konieczne jest użycie frezarek uniwersalnych, umożliwiających skręt stołu i powiązanie ruchu obrotowego przedmiotu z posuwem wzdłużnym stołu.

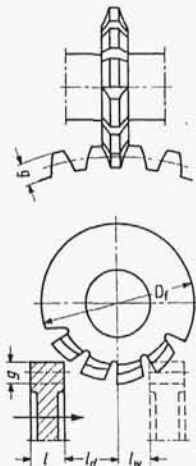
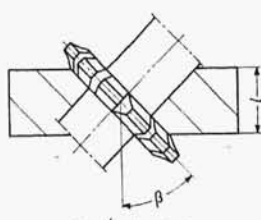
Dokładność uzębienia wykonanego metodą podziałową nie jest wysoka i dlatego stosuje się ją jedynie do drugorzędnych przekładni zębatach o małej szybkości obwodowej.

Czas uzupełniający t_u liczy się jako 12% czasu wykonania t_w .

**G**

2. Tablice wytycznych i normatywów dla normowania czasu frezowania kół zębatach na frezarkach poziomych metodą podziałową

Tablica G-1. Wytyczne do obliczania czasów głównych frezowania kół zębatach na frezarkach poziomych metodą podziałową

Lp.		Szkice	Wytyczne robocze																																																																											
			czas główny $t_g = \frac{L}{np}$		prędkość obrotowa $n = 318 \frac{v}{D_f}$ na minutę																																																																									
1		 <p>$L = l_d + l_w$</p> <p>D_f – średnica freza Dla obróbki wykańczającej (po zgrubnej) $l_d + l_w = 14 + 25$ zależnie od m</p>	<table> <tr> <th rowspan="2">Moduł m</th><th rowspan="2">D_f</th><th>I przejście</th><th>II przejście</th><th>III przejście</th></tr> <tr> <th colspan="3">$l_d + l_w$, mm</th></tr> <tr><td>1–1,25</td><td>50</td><td>14</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1,5–1,75</td><td>56</td><td>17</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2–2,5</td><td>63</td><td>21</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>70</td><td>23</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3,5–4</td><td>80</td><td>28</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4,25–5,5</td><td>90</td><td>35</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6–7</td><td>100</td><td>38</td><td>20</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>110</td><td>40</td><td>28</td><td></td></tr> <tr><td>9–10</td><td>125</td><td>42</td><td>35</td><td></td></tr> <tr><td>11–12</td><td>140</td><td>45</td><td>46</td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>150</td><td>48</td><td>48</td><td>25</td></tr> <tr><td>14–15</td><td>160</td><td>50</td><td>50</td><td>38</td></tr> <tr><td>16</td><td>180</td><td>50</td><td>50</td><td>45</td></tr> </table>	Moduł m	D_f	I przejście	II przejście	III przejście	$l_d + l_w$, mm			1–1,25	50	14			1,5–1,75	56	17			2–2,5	63	21			3	70	23			3,5–4	80	28			4,25–5,5	90	35			6–7	100	38	20		8	110	40	28		9–10	125	42	35		11–12	140	45	46		13	150	48	48	25	14–15	160	50	50	38	16	180	50	50	45	Posuw p , mm/obr freza	
Moduł m	D_f	I przejście	II przejście			III przejście																																																																								
		$l_d + l_w$, mm																																																																												
1–1,25	50	14																																																																												
1,5–1,75	56	17																																																																												
2–2,5	63	21																																																																												
3	70	23																																																																												
3,5–4	80	28																																																																												
4,25–5,5	90	35																																																																												
6–7	100	38	20																																																																											
8	110	40	28																																																																											
9–10	125	42	35																																																																											
11–12	140	45	46																																																																											
13	150	48	48	25																																																																										
14–15	160	50	50	38																																																																										
16	180	50	50	45																																																																										
		tablica G-4		Szybkość skrawania v , m/min																																																																										
		tablica G-4																																																																												
2		 <p>$L = \frac{l}{\cos \beta} + l_d + l_w + l_\beta$</p>	Dobieg i wybieg $l_d + l_w$ – jak poz. 1		Dodatkowy dobieg i wybieg l_β																																																																									
		Kąt pochylenia β	15°	30°	45°	55°	60°																																																																							
		l_β	1m	2m	3,5m	5m	6m																																																																							
		m – moduł normalny do linii śrubowej																																																																												
		Posuw p mm/obr i szybkość v m/min																																																																												
		tablica G-4																																																																												
Dobór ilości przejść	Rodzaj i ilość przejść		na gotowo	1 zgr. + 1 wyk.	2 zgr. + 1 wyk.	3 zgr. + 1 wyk.																																																																								
	obrabi- ny ma- teriał	stal żeliwo	zakres modu- łów	$m < 2,5$	$m < 6$	$m < 12$	$m > 12$																																																																							
				$m < 3$	$m < 7$	$m < 14$	$m > 14$																																																																							

Tablica G-2. Warunki skrawania przy frezowaniu walcowych kół zębatach, krążkowymi frezami modułowymi ze stali szybko tnącej SW18 (trwałość ostrza $T = 300-600$ min)

Posuw p , mm/obrót						
w stali i tworzywach sztucznych			0,75-1,1		w żeliwie	
					1,5-2,0	
Szybkość skrawania v , m/min						
tworzywa sztuczne	stal węglowa o R_m kG/mm ²			żeliwo szare HB , kG/mm ²		
	60-70	70-80	80-90	160-180	180-200	200-220
25-30	20-25	14-18	10-12	20-22	18-20	16-18
Współczynniki poprawkowe K_β na posuw przy zębach śrubowych						
Kąt linii śrubowej β	35°-50°			50°-60°		
K_β	0,8			0,65		

Uwagi: 1) Niższą wartość posuwu wybierać w obróbce zgrubnej przy niedostatecznej sztywności obrabiarki (np. przy obróbce na frezarce wspornikowej) lub przy obróbce wykańczającej, a wyższą wartość przy obróbce, na specjalnych frezarkach produkcyjnych do kół zębatach.
2) Wyższe wartości szybkości dotyczą mniejszych modułów ($m < 3$), a niższe — dużych modułów ($m > 3$).
3) Dla obróbki wykańczającej po obróbce zgrubnej szybkość zwiększyć o 20%.

Tablica G-3. Czas przygotowawczo-zakończeniowy dla frezowania podziałowego walcowych kół zębatach na frezarkach poziomych

Lp.	Rodzaj czynności przygotowawczych	Wielkość frezarki — długość stołu mm	
		1250	2000
		Czas, min	
1	Czynności organizacyjne związane z przyjęciem i zdaniem roboty	12	
2	Uzbrojenie frezarki do pracy w kłach lub trzpieniu z podziałnicą	20	25
Dodatek czasu na:			
3	Założenie podtrzymki	2	3
4	Ustawienie kół zmianowych przy nacinaniu zębów śrubowych	4	5
5	Skręcenie stołu pod kątem	1	2
6	Kontrolę 1-szej sztuki	5	

Tablica G-4. Czas pomocniczy mocowania i zdejmowania przedmiotu oraz związany z przejściem roboczym przy podziałowej metodzie frezowania walcowych kół zębatach na frezarkach poziomych

Czas pomocniczy mocowania						
Lp.	Sposób mocowania	Ilość przedmiotów	Masa przedmiotu kg do:			
			3	8	16	30
			Czas, min			
1	W podzielnicy na trzpieniu z nakrętką	1	0,85	1,3	1,8	2,2
2		każdy następny	0,3	0,45	0,6	—
3	W podzielnicy w kłach z zabierakiem	1	0,45	0,65	0,80	1,0
Czas pomocniczy związany z nacięciem jednego zęba						
4	Wielkość	długość	1250 mm	0,25		
5	Frezarki	stołu	2000 mm	0,35		
Czasy dodatkowe na:						
6	pomiar suwmiarką do kół zębatach			0,5		
7	zmianę posuwu lub prędkości obrotowej			0,1		
8	nastawienie na głębokość obróbki wg skali			0,25		

3. Przykład obliczeniowy

Walcowe koło zębate o zębach prostych ze stali węglowej 45 ma następujące wymiary charakterystyczne: średnica podziałowa $D_p = 128$ mm, długość zęba $l = 40$ mm, ilość zębów $z = 32$, moduł $m = 4$. Masa koła wynosi ok. 4 kg. Uzębienie tego koła ma być obrabiane metodą podziałową za pomocą modułowego freza krążkowego o średnicy $D_f = 80$ mm. Do obróbki użyta jest frezarka pozioma 2FX o następującej charakterystyce:

- a) wymiary stołu 310×1350 ,
- b) 16 wielkości prędkości obrotowych wrzeciona n :
 $18 - 23 - 28 - 35 - 40 - 52 - 65 - 80 - 100 - 125 - 155 - 195 - 230 - 290 - 360 - 445$ obr/min
- c) 16 wielkości posuwów minutowych podłużnych p_m :
 $12 - 16 - 20 - 26 - 33 - 42 - 52 - 69 - 90 - 114 - 142 - 188 - 243 - 307 - 382$ 505 mm/min,

d) przyspieszony przesuw podłużny $v_f = 2500$ mm/min,

e) moc silnika napędowego $N_s = 5,5$ kW.

Stosownie do wytycznych doboru ilości przejść roboczych wg tabl. G-1 obróbka tego koła zębatego o $m = 4$ wymaga jednego przejścia zgrubnego i jednego wykańczającego. Obrabia się po 2 przedmioty na trzpieniu.

Obliczenie czasu głównego t_g wg wytycznych tabl. G-1 poz. 1 będzie miało następujący przebieg:

1) Frezowanie zgrubne:

a) droga L : dla $m = 4$, dobieg i wybieg, $l_d + l_w = 28$, a zatem $L = 2 \cdot 40 + 28 = 108$ mm,

b) posuw p (wg tabl. G-2): dla stali w warunkach obróbki na frezarce wspornikowej $p = 0,75$ mm/obr freza,

c) szybkość v (wg tabl. G-2): dla stali 45 ($R_m = 60 \div 70$ kG/mm) $v = 20 \div 25$, dla modułu $m = 4$ można przyjąć stosownie do uwagi 2) wartość $v = \text{ok. } 24$ m/min.

d) prędkość obrotowa freza $n = 318 \frac{24}{80} = 96$, przyjęto $n = 100$ obr/min,

e) posuw minutowy $p_m = 100 \cdot 0,75 = 75$, przyjęto $p_m = 65$ mm/min,

f) czas główny $t_g = \frac{108}{65} 32 = 53,2$ min.

2) Frezowanie wykańczające:

a) droga L : przyjmując $l_d + l_w = 15$ wypadnie $L = 2 \cdot 40 + 15 = 95$ mm,

b) posuw p bez zmiany, tzn. $p = 0,75$ mm/obr,

c) szybkość v : dla obróbki wykańczającej po obróbce zgrubnej szybkość v powiększa się o 20% (patrz uwaga 3 pod tabl. G-2), zatem $v = 24 \cdot 1,2 = 29$ m/min,

d) prędkość obrotowa freza: $n = 318 \frac{29}{80} = 115$, przyjęto najbliższe $n = 125$ obr/min,

e) posuw minutowy $p_m = 125 \cdot 0,75 = 94$, przyjęto $p_m = 90$ mm/min,

f) czas główny $t_g = \frac{95}{90} 32 = 33,8$ min.

Na czas pomocniczy t_p złożą się wg tabl. G-4 następujące czynności:

a) mocowanie dwóch przedmiotów na trzpieniu dla pierwszego przedmiotu – poz. 1	– 1,30 min
dla drugiego przedmiotu – poz. 2	– 0,45 „
b) czynności związane z zabiegiem – poz. 4	
obróbka zgrubna $32 \cdot 0,25$ min	– 8,00 „
obróbka wykańczająca $32 \cdot 0,25$	– 8,00 „
c) pomiar kontrolny – poz. 6	– 0,50 „
d) dwukrotne nastawianie na głębokość – poz. 8	– 0,50 „
e) dwukrotna zmiana przesuwu i dwukrotna zmiana prędkości obrotowej – poz. 7	– 0,40 „
	<hr/>
Razem	19,15 min

Czas przygotowania t_{pz} wyniesie wg normatywów tabl. G-3:

a) czynności organizacyjne – poz. 1	– 12 min
b) uzbrojenie frezarki – poz. 2	– 20 „
c) założenie podtrzymki do wrzeciona – poz. 3	– 2 „
d) kontrola pierwszej sztuki – poz. 6	– 5 „
	<hr/>
razem	– 39 min
przyjęto	– 40 min

Czas wykonania* dwóch sztuk wyniesie $t_{w2} = \sum t_g + t_p = 53,2 + 33,8 + 19,15 = 106,15$ min

na jedną sztukę wypadnie $t_w = 1/2 \cdot 106,15 = 53,1$ min. Przy 12-procentowym dodatku na czas uzupełniający, normą czasu jednostkowego będzie $t_j = 1,12 \cdot 53,1 = 59,5$ min; przyjęto ostatecznie $t_j = 60$ min.



II. Normowanie czasu robót na frezarkach obwiedniowych do kół zębatach

1. Uwagi ogólne

Frezarki obwiedniowe (rys. G/1) odznaczają się większą wydajnością od frezarek modułowych, ustępują jednak pod tym względem strugarkom i dłutownicom. Frezowanie obwiedniowe frezami szlifowanymi daje dokładność użębienia, wystarczającą dla szybkobieżnych przekładni zębatach (do 8 m/s).

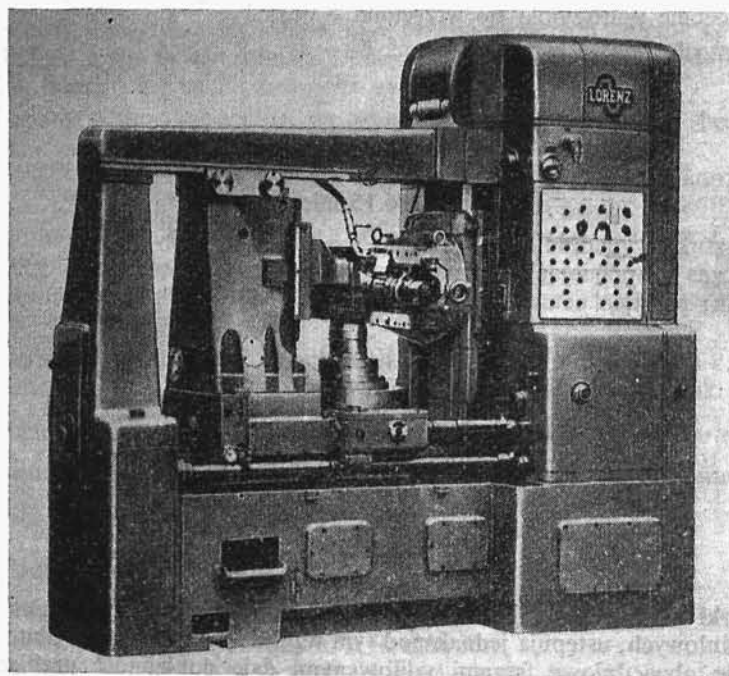
Typowymi rodzajami obróbki dla frezarek obwiedniowych są:

- frezowanie walcowych kół zębatach o zębach prostych – tabl. G-5,
- frezowanie walcowych kół zębatach o zębach śrubowych – tabl. G-6,
- frezowanie ślimacznicy frezami ślimakowymi metodą poprzeczną i styczną oraz frezem jednozębnym metodą styczną – tabl. G-7.

Sposób obliczania czasu głównego dla tych rodzajów obróbki podają wskazane tablice.

Dobór warunków skrawania, a przede wszystkim posuw i ilość przejść zależy od sztywności obrabiarki i całego układu „obrabarka – przedmiot – narzędzie”. W normalnych warunkach pracy posuw na jeden ząb freza powinien wynosić: $p_z = 0,08 \div 0,12$ mm/ząb. Zły stan maszyny i wynikające stąd drgania zmuszają często do obniżenia posuwu nawet o 50% w stosunku do zalecanych w normalnych warunkach produkcji.

Przy frezowaniu walcowych kół zębatach możliwe są dwie metody posuwów roboczych): najczęściej dotychczas stosowana metoda posuwu wzdłużnego (posiowego), tzn. wzdłuż linii zęba (tabl. G-5) poz. 1 i tabl. G-6 poz. 1) oraz metoda wcinowo-wzdłużna (patrz rysunki w tabl. G-5 poz. 2 i G-6 poz. 2), dająca znaczne oszczędności na czasie głównym obróbki. Oszczędność tę uzyskuje się dzięki zredukowaniu do minimum normalnie dość dużego dobiegu l_d narzędzia, jaki jest potrzebny przy metodzie wzdłużnej. Nowoczesne frezarki obwiedniowe (np. P250 firmy „Pfauter”) umożliwiają automatyzację tego dwukierunkowego cyklu roboczego.



Rys. G/1. Frezarka obwiedniowa dostosowana do programowego sterowania obróbki pół-automatycznej typ FN firmy Lorenz, Ettlingen, NRF

Poza tym postępową metodą frezowania obwiedniowego w produkcji seryjnej jest frezowanie z przesuwem freza wzdłuż własnej osi tj. stycznie do koła zębatego. Uzyskuje się wtedy równomierne zużycie wszystkich ostrzy freza, co daje wzrost trwałości narzędzia jako całości nawet ponad 10 razy. Możliwe są większe posuwy

wzdłużne p_o (mm/obr przedmiotu) bez pogarszania jakości obrabianych zębów, a także wyższe szybkości skrawania v (m/min). Poosiowe przesuwanie freza ślimakowego może być dokonywane:

- ręcznie skokowo za pomocą podkładek dystansowych po prze-frezowaniu pewnej partii kół zębatach,
- automatycznie skokowo za pomocą specjalnego urządzenia w czasie zatrzymania obrabiarki dla założenia nowego przedmiotu,
- automatycznie w sposób ciągły (tzw. frezowanie diagonalne) za pomocą mechanizmu różnicowego, ustawialnego kołami zmianowymi.

Stosunek samoczynnego posuwu wzdłużnego p_o do samoczynnego posuwu stycznego p_s (tj. poosiowego freza) należy do charakterystyki obrabiarki. Najczęściej stosunek ten występuje w zakresie od 3:1 do 1:1. Z tym stosunkiem jest związane ograniczenie maksymalnej drogi frezowania L , wyrażone wzorem

$$L = \frac{p_o}{p_s} (L_f - 10m) \quad [G.1]$$

gdzie L_f — długość freza ślimakowego, m — moduł zęba.

Przy obróbce podzielonej na przejścia zgrubne i przejścia wykańczające wskazane jest stosowanie do obróbki zgrubnej specjalnych frezów ślimakowych, tzw. zdzieraków, co jednak praktycznie stosuje się jedynie w warunkach produkcji co najmniej wielkoseryjnej. W każdym razie jednak nie jest wskazane stosowanie tego samego freza do obróbki zgrubnej, a potem wykańczającej.

Frezarki obwiedniowe mogą mieć różną wielkość i należy dla produkcji wybierać taką wielkość, by moduł najczęściej frezowany był równy $3/4$ największego modułu dopuszczalnego na tej obrabiarce.

Normatywy czasów przygotowawczo-zakończeniowych podano w tabl. G-12. Dla operacji wykańczających lub obejmujących wykończenie wskazane jest do czasu przygotowania obrabiarki wliczyć czas wykonania próbnej sztuki.

Czasy pomocnicze t_p składają się z dwóch grup czynności:

- a) mocowania i zdjecia przedmiotu — tabl. G-13,
- b) związanych z wykonaniem zabiegu — tabl. G-14.

Dodatek czasu na czynności obsługowe organizacyjno-techniczne i potrzeby fizjologiczne powinien wynosić ok. $10 \div 12\%$ czasu wykonania.



2. Tablice wytycznych i normatywów dla normowania czasu robót wykonywanych na frezarkach obwiedniowych do kół zębatach

Tablica G-5. Wytyczne do obliczania czasów głównych na frezarkach obwiedniowych do kół zębatach

Lp.

Szkice

Wytyczne robocze

czas główny $t_g = \frac{Lz}{n_f p_o w}$ prędkość obrotowa $n_f = 318 \frac{v}{D_f}$

1

Frezowanie obwiedniowe walcowych kół o zębach prostych

Dobieg l_d i wybieg l_w

Wysokość zęba $h_z = 2,17 \cdot m$

$L = l_d + l_w$

Dobór ilości przejęć

Rodzaj ilości przejęć	na go-towo	1 zgr + 1 wyk.	2 zgr + 1 wyk.
w stali	$m \leq 2$	$m \leq 7$	$m \leq 14$
w żeliwie	$m \leq 2,5$	$m \leq 8$	$m \leq 16$

2

Frezowanie obwiedniowe walcowych kół o zębach prostych metodą wcinowo-wzdłużną

Dobiega i wybiegi

$L_1 = l_d' + g$

$L_2 = l_d'' + l + l_w$

Schemat ruchu:

Ruch: — roboczy
— powrotny

$l_d' = 1$ mm $l_d'' = 2-3$ mm $l_w = 3-5$ mm

czas główny $t_g = \left(\frac{L_1}{p_{w0}} + \frac{L_2}{p_o} \right) \frac{z}{n_f w}$

Posuwy p_{w0} i p_o , mm/obr

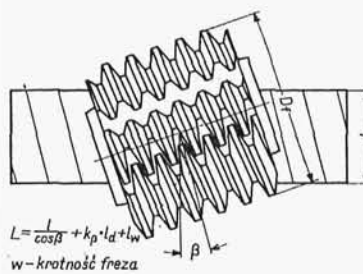
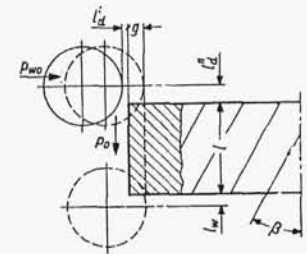

wcinowy $p_{w0} = (0,5 \div 0,75) p_o$

wzdłużny p_o — wg tabl. G-8

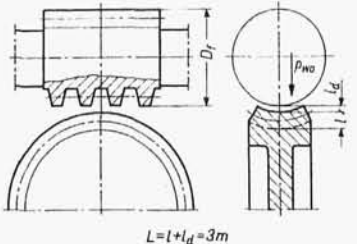
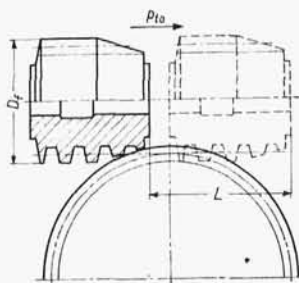
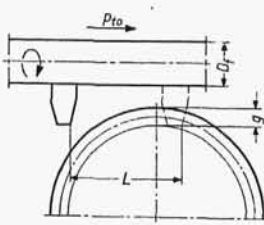
Szybkość v , m/min

tablica G-9

Tablica G-6. Wytyczne do obliczania czasów głównych na frezarkach obwiedniowych do kół zębatach

Lp.	Szkice	Wytyczne robocze												
		czas główny $t_g = \frac{Lz}{n_f p_o w}$												
		prędkość obrotowa $n_f = 318 \frac{v}{D_f}$												
1	<p>Frezowanie obwiedniowe walcowych kół o zębach śrubowych metodą wzdłużną</p>  <p>$L = \frac{l}{\cos \beta} + k_p \cdot l_d + l_w$ w - krotność freza</p>	<p>Dobieg i wybieg l_d i l_w</p> <p>dla modułu normalnego wg tabl. G-5 poz. 1 powiększając dobieg l_d współczynnikiem k_β</p> <table><tr><td>kąt pochylenia linii śrubowej β</td><td>15°</td><td>30°</td><td>45°</td><td>55°</td><td>60°</td></tr><tr><td>k_β</td><td>1,07</td><td>1,2</td><td>1,5</td><td>2</td><td>2,25</td></tr></table> <p>Posuw p_o, mm/obr przedmiotu</p> <p>wg tabl. G-8 uwzględniając wpływ kąta β</p> <p>Szybkość skrawania v, m/min</p> <p>tablica G-9</p> <p>Ilość przejść — wg wytycznych w tabl. G-5 poz. 1</p>	kąt pochylenia linii śrubowej β	15°	30°	45°	55°	60°	k_β	1,07	1,2	1,5	2	2,25
kąt pochylenia linii śrubowej β	15°	30°	45°	55°	60°									
k_β	1,07	1,2	1,5	2	2,25									
2	<p>Frezowanie obwiedniowe walcowych kół o zębach śrubowych metodą wcinowo-wzdłużną</p>  <p>Dla ruchu wcinania: $L_1 = g + l_d$ Dla ruchu wzdłużnego: $L_2 = \frac{l}{\cos \beta} + l_d + l_w$ Schemat ruchu:  Ruch: —> roboczy - - -> powrotny</p>	<p>Dobiegi i wybiegi</p> <table><tr><td>$l'_d = 1 \text{ mm}$</td><td>$l''_d = 2 \div 3 \text{ mm}$</td><td>$l_w = 3 \div 5 \text{ mm}$</td></tr></table> <p>Czas główny</p> $t_g = \left(\frac{L_1}{p_{wo}} + \frac{L_2}{p_o} \right) \frac{z}{n_f w}$ <p>z — ilość zębów na kole</p> <p>Posuwy p_{wo} i p_o, mm/obr koła</p> <p>wcinowy $p_{wo} = (0,5 \div 0,75) p_o$</p> <p>wzdłużny p_o wg tabl. G-8 uwzględniając wpływ kąta β</p> <p>Szybkość skrawania v, m/min</p> <p>tablica G-9</p> <p>Ilość przejść — wg wytycznych w tabl. G-5 poz. 1</p>	$l'_d = 1 \text{ mm}$	$l''_d = 2 \div 3 \text{ mm}$	$l_w = 3 \div 5 \text{ mm}$									
$l'_d = 1 \text{ mm}$	$l''_d = 2 \div 3 \text{ mm}$	$l_w = 3 \div 5 \text{ mm}$												

Tablica G-7. Wytyczne na obliczanie czasów głównych na frezarkach obwiedniowych do kół zębatach

Lp.	Szkice	Wytyczne robocze Prędkość obrotowa freza $n_f = 318 \frac{v}{D_f}$
1	<p>Frezowanie ślimacnic frezem ślimakowym metodą promieniową</p>  <p>$L = l + l_d = 3m$</p>	<p>Czas główny $t_g = \frac{Lz}{n_f p_{w0} w}$, min</p> <p>$w$ — wielozwojność freza z — ilość zębów na ślimacnicy</p> <p>Posuw p_{w0} mm/obr przedmiotu i szybkość skrawania v m/min</p> <p style="text-align: right;">tablica G-10</p>
2	<p>Frezowanie ślimacnic frezem ślimakowym metodą styczną</p>  <p>$L = 3m\sqrt{Z}$</p>	<p>Czas główny $t_g = \frac{Lz}{n_f p_{t0} w}$, min</p> <p>(obróbkę wykonuje się w 2-ch przejściach) Posuw styczny p_{t0} mm/obr przedmiotu i szybkość skrawania v m/min</p> <p style="text-align: right;">tablica G-10</p>
3	<p>Frezowanie ślimacnic frezem jednozębnym metodą styczną</p>  <p>Obróbka w 2-ch przejściach: $L_1 \approx (1,2\sqrt{Z} + 3)m$ przy $g = 1,4m$ $L_2 \approx (1,5\sqrt{Z} + 3)m$ przy $g = 2,2m$</p>	<p>Czas główny $t_g = \frac{Lz}{n_f p_{t0} w} \cdot i$</p> <p>Posuw styczny p_{t0} mm/obr przedmiotu i prędkość obrotowa freza jednozębnego n_f obr/min</p> <p style="text-align: right;">tablica G-11</p> <p>Przy ślimacnicach w-zwojnych zabieg powtarza się $i = w$ razy przesuwając frez po każdym zabiegu o wielkość podziałki $t = \pi m$</p>

Tablica G-8. Posuwy p_o (mm/obr przedmiotu) przy frezowaniu obwiedniowym walcowych kół zębatych ślimakowymi frezami modułowymi

Obróbka zgrubna

Obrabiany przedmiot

Moduł m

3-4

5-6

7-8

10-12

14-16

Frezarki obwiedniowe $m = 6-8$ $N_s = 2,5$ kW

Stal węglowa	$R_m < 70$ kG/mm ²	2,0-2,4	1,7-2,2	1,3-1,5		
	$R_m 70-80$	1,8-2,1	1,5-2,0	1,1-1,3		
Stal stopowa	$R_m < 70$	1,6-1,9	1,4-1,8	1,1-1,3		
	$R_m 70-90$ kG/mm ²	1,3-1,5	1,1-1,4	0,9-1,0		
	$R_m > 90$	1,1-1,3	1,0-1,2	0,8-0,9		
Żeliwo szare	$HB < 200$ kG/mm ²	2,5-2,7	2,3-2,5	1,8-2,0		
	$HB > 200$	2,2-2,4	2,0-2,2	1,6-1,8		

Frezarki obwiedniowe $m = 8-10$ $N_s = 3,5$ kW

Stal węglowa	$R_m < 70$ kG/mm ²	2,5-3,0	2,0-2,5	1,8-2,0		
	$R_m 70-80$	2,2-2,7	1,8-2,2	1,6-1,8		
Stal stopowa	$R_m < 70$	2,0-2,4	1,5-2,0	1,4-1,6		
	$R_m 70-90$ kG/mm ²	1,6-1,9	1,2-1,6	1,1-1,3		
	$R_m > 90$	1,4-1,7	1,0-1,4	1,0-1,1		
Żeliwo szare	$HB < 200$ kG/mm ²	2,7-3,0	2,6-2,8	2,0-2,4		
	$HB > 200$	2,4-2,7	2,3-2,5	1,8-2,1		

Frezarki obwiedniowe $m = 10$ $N_s = 6$ kW

Stal węglowa	$R_m < 70$ kG/mm ²	2,5-2,8	2,5-2,8	2,0-2,5	1,9-2,2	1,8-2,0
	$R_m 70-80$	2,2-2,5	2,2-2,5	1,8-2,2	1,7-2,0	1,6-1,8
Stal stopowa	$R_m < 70$	2,4-2,8	2,0-2,3	1,6-2,0	1,5-1,8	1,3-1,6
	$R_m 70-90$ kG/mm ²	1,8-2,2	1,6-1,8	1,3-1,6	1,2-1,4	1,0-1,3
	$R_m > 90$	1,6-1,9	1,4-1,6	1,1-1,4	1,0-1,2	0,9-1,1
Żeliwo szare	$HB < 200$ kG/mm ²	2,8-3,0	2,8-3,0	2,7-3,0	2,4-2,7	2,2-2,6
	$HB > 200$	2,5-2,8	2,5-2,7	2,4-2,7	2,1-2,4	2,0-2,3

Obróbka na gotowo

Obróbka wykańczająca

Obrabiany materiał

Moduł m

do 2

2,5-3

3,5-6

> 6

Stal	0,3-0,7	0,6-0,9	0,7-0,9	0,6-0,75
Żeliwo	0,6-1,0	0,8-1,4	0,8-1,4	0,8-1,4

Współczynniki poprawkowe K_β przy zębach śrubowych

Kąt linii śrubowej β	15°	30°	45°	60°
K_β	0,8	0,7	0,6	0,5

Uwagi: 1) Wyższe wartości posuwów dotyczą obróbki kół z większą ilością zębów ($z > 40$), a niższe — z małą ilością zębów ($z = 25$).

2) Przy frezowaniu pod wiórkowanie posuwy wykańczające zmniejszyć o 30%.

3) Przy frezowaniu metodą diagonalną posuwy zwiększyć o 30%.

Tablica G-10. Warunki skrawania przy obwiedniowym frezowaniu ślimacznic ślimakowymi frezami ze stali szybko tnącej SW18 (trwałość ostrza $T = 600$ min)

Rodzaj posuwu p_{wo} i p_{to}	Moduł m										
	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	
	Posuw p , mm/obr										
Frezarki obwiedniowe $m = 6-8$, $N_s = 2,5$ kW											
Promieniowy p_{wo}	0,75	0,7	0,65	0,6	0,57	0,55	0,5				
Styczny p_{to}	1,5	1,45	1,35	1,25	1,20	1,10	1,0				
Frezarki obwiedniowe $m = 8-10$, $N_s = 3,5$ kW											
Promieniowy p_{wo}	—	0,9	0,85	0,80	0,75	0,68	0,64	0,60	0,50	0,48	
Styczny p_{to}	—	1,6	1,50	1,35	1,30	1,20	1,10	1,05	1,0	0,85	
Frezarki obwiedniowe $m = 10$, $N_s = 6$ kW											
Promieniowy p_{wo}	—	—	0,95	0,90	0,85	0,78	0,74	0,70	0,65	0,55	
Styczny p_{to}	—	—	1,55	1,45	1,40	1,30	1,25	1,20	1,10	0,95	
Szybkość skrawania v , m/min											
Żeliwo szare	ZI14	35	33	30,5	29	29	28	25,5	25,5	24,5	24,5
	ZI18	31,5	30	27,5	26	26	25	23	23	22	22
	ZI22	28	26,5	24,5	23	23	22,5	20,5	20,5	19,5	19,5
	ZI26	25	24	22	20,5	20,5	20	18,5	18,5	17,5	17,5
Brąz H_B	80	33	31,5	29,5	27,5	27,5	27	24,5	24,5	23	23
	100	30,5	29	27	25	25	25	22,5	22,5	21,5	21,5
	120	28	26,5	24,5	23	23	22,5	20,5	20,5	19,5	19,5
	140	25	24	22	20,5	20,5	20	18,5	18,5	17,5	17,5

Uwagi: 1) Przy frezowaniu ślimacznic wielozwojnych wielkości posuwów zmniejszać proporcjonalnie do wielozwojności, nie zmieniając wielkości szybkości skrawania.
2) Przy frezowaniu metodą styczną na gotowo w jednym przejściu stosuje się w praktyce warsztatowej posuwy ok. 30–50% mniejsze.

Tablica G-11. Warunki skrawania przy nacinaniu uzębienia metodą styczną ślimacznic jednym nożem modułowym ze stali szybko tnącej SW18 (trwałość $T = 600$ min)

Ilość zębów ślimacznicy	Moduł m									
	2	3	4	5	6	8	10	14	18	25
	Posuw p_{to} , mm/obr przedmiotu									
$z > 40$	0,6	0,55	0,50	0,48	0,44	0,42	0,40	0,34	0,31	0,26
$z \leq 40$	0,5	0,45	0,42	0,40	0,38	0,36	0,34	0,29	0,26	0,22
Prędkość obrotowa wrzeciona n obr/min										
	50			42		37		30	25	19
Współczynniki poprawkowe materiałowe K_M do obrotów										
Materiał	Żeliwo szare				Brązy HB , kg/mm^2					
	ZI14	ZI18	ZI22	ZI26	80	100	120	140		
K_M	1,25	1,1	1,0	0,9	1,2	1,1	1,0	0,9		

Uwagi: 1) Obróbkę przeprowadza się w 2-ch przejściach.
2) Przy ślimacznicach wielozwojnych o liczbie zębów nie będących wielokrotnością wielozwojności posuwy zmniejsza się proporcjonalnie do tej wielozwojności.
3) Przy frezowaniu na gotowo w jednym przejściu stosuje się w praktyce warsztatowej posuwy ok. 1/3-1/2 wskazanych wielkości.

Tablica G-12. Czasy przygotowawczo-zakończeniowe dla robót na frezarkach obwiedniowych do kół zębatach

Lp.	Rodzaj czynności przygotowania	Wielkość frezarki max frezowany moduł	
		do 6	do 12
		Czas, min	
1	Czynności organizacyjne związane z przyjęciem i zdaniem roboty	12	
2	Uzbrojenie obrabiaarki do pracy: na trzpieniu w stożku stołu	17	22
3	na trzpieniu z górną podpórką	20	25
Dodatek czasu na:			
4	przygotowanie do nacinania zębów spiralnych	4	5
5	przygotowanie do nacinania ślimacznic lub frezowania metodą diagonalną wg instrukcji	6	10
6	zmianę głowicy frezowej	8	12
7	próbą sztukę serii	czas $t_g + 3$	
8	kontrolę 1-szej sztuki	3	

Tablica G-13. Czasy pomocnicze mocowania i zdjęcia przedmiotu na frezarkach obwiedniowych

Lp.	Sposób mocowania i czynności dodatkowe		Ilość przedmiotów	Masa przedmiotu w kg do:			
				3	8	16	30
				Czas, min			
1	na trzpieniu	bez wycentrowania	1	0,85	1,20	1,45	1,85
2			każdy następny	0,30	0,45	0,60	—
3	na trzpieniu z górną podpórką	bez wycentrowania	1	1,30	1,65	1,95	2,40
4			każdy następny	0,30	0,45	0,60	—
5	Dodatek czasu na wycentrowanie czujnikiem			1,20	1,50	1,50	2,00
6	Dodatek czasu do ustawienia wg zęba			0,50	0,60	1,00	1,50
7	Dodatek czasu na poosiowy przesuw freza			5			

Tablica G-14. Czasy czynności pomocniczych związanych z wykonaniem zabiegu na frezarkach obwiedniowych

Lp.	Rodzaj zabiegu i czynności dodatkowych				Czas min
1	Frezowanie walcowych kół do 50 mm				0,35
2	zębatach z ręcznym odsuwaniem (bez czasu cofania) z odsuwaniem stołu do 100 mm				0,45
3	Frezowanie walcowych kół zębatach z automatycznym powrotem suportu				0,25
4	Frezowanie ślimacznic metodą	poprzeczną	odsuw i powrót suportu	ręczny	0,20
5				automatyczny	0,15
6		styczną		ręczny	0,45
7				automatyczny	0,25
Dodatek czasu na:					
8	100 mm				0,25
9	200 mm				0,50
10	ręczny ruch powrotny suportu narzędziowego	na wysokość		300 mm	0,80
11				400 mm	1,10
12				500 mm	1,40
13				włączenie mechanicznego przyspieszonego ruchu powrotnego	
14	mierzeniem mikromierzem				0,30
15	mierzeniem wałeczkami				0,60
16	zmianę posuwu dwiema rączkami lub gałkami				0,10
17	zaciśnięcie lub zluźnianie stołu				0,05

3. Przykład obliczeniowy

Koło zębate o zębach prostych ma następujące wymiary: $m = 4$, $z = 25$, szerokość wieńca $l = 30$ mm. Masa sztuki ok. 1,5 kg. Materiał koła: stal węglowa 45. Koło to ma być frezowane zgrubnie z nadładkiem 1 mm pod dalsze wykończenie na frezarce obwiedniowej „Original-Pfauter” RS2V o następującej charakterystyce:

- a) największy nacinany moduł $m = 10$,
 b) 8 wielkości prędkości obrotowych freza n_f :

35–45–56–71–90–112–140–180 obr/min,

c) 3×9 wielkości posuwów wzdłużnych nastawianych kołami zmianowymi w zakresie 0,32–5 mm/obr stołu,

d) 3×9 wielkości posuwów poprzecznych nastawianych kołami zmianowymi w zakresie 0,08–1,25 mm/obr stołu (4-krotnie mniejszy posuw od wzdłużnego przy tych samych kołach zmianowych i przy tym samym położeniu gałki posuwowej).

e) 3×9 wielkości posuwów stycznych w zakresie 0,1–1,6 mm/obr,

f) moc napędu $N_e = 6,3$ kW.

Operację frezowania planuje się wykonać frezem ślimakowym 1-zwojnym o średnicy $D_f = 80$ mm, metodą wcinowo-wzdłużną po 2 sztuki podczas jednego mocowania. Sposób obliczenia czasu głównego t_g podano w tabl. G-5 poz. 2.

G

a) Długości L_1 i L_2 : dla modułu $m = 4$, głębokość zęba $h_z = 2,2m = 2,2 \cdot 4 = 8,8$ mm, głębokość wcinania $g = h_z - 1$ mm $= 8,8 - 1 = 7,8$ mm, dobiegi $l_d' = 1$ mm i $l_d'' = 2$, wybieg $l_w = 4$ mm, zatem

$$L_1 = 1 + 7,8 = 8,8 \text{ mm}, \quad L_2 = 2 + 2 \times 30 + 4 = 66 \text{ mm}$$

b) Posuw p_o (wg tabl. G-8): dla stali węglowej $R_m \leq 70$ kG/mm² i modułu $m = 3 \div 4$ na frezarce $N_s = 6$ kW posuw $p_o = 2,5 \div 2,8$ mm/obr, ze względu na mniejszą ilość zębów przedmiotu ($z = 25$) trzeba wybrać posuw bliższy niższej granicy, uwzględniając więc dodatkowo charakterystykę frezarki przyjmuje się posuw $p_o = 2,5$ mm/obr.

c) Posuw poprzeczny p_{wo} : należałoby wybrać co najmniej $p_{wo} = 0,5p_o$, ale uwzględniając jedyną możliwość przełączania wielkości posuwu w czasie pracy przy pomocy wciskania lub wyciągania gałki posuwowej, należy przyjąć najbliższy dający się osiągnąć przy tych samych kołach zmianowych posuw $p_{wo} = 1,0$ mm/obr (taką dokładną analizę można przeprowadzać mając pełną charakterystykę danej frezarki).

d) Szybkość skrawania v (wg tabl. G-9): dla obróbki zgrubnej w stali $R_m = 60 \div 70$ kG/mm² przy $p_o = 2,5$ mm/obr i $m = 3 \div 4$ wypada $v = 22 \div 18$; przyjmując dla $m = 4$ mniejszą szybkość graniczną oraz dla stali węglowej 45 współczynnik materiałowy $K_M = 1,0$ otrzymamy $v = 18$ m/min.

e) Prędkość obrotowa freza

$$n_f = 318 \frac{18}{80} = 72, \quad \text{przyjęte z charakterystyki } n = 71 \text{ obr/min.}$$

f) Czas główny

$$t_g = \left(\frac{8,8}{1,0} + \frac{66}{2,5} \right) \frac{25}{17 \cdot 1} = 12,4 \text{ min}$$

g) Sprawdzenie opłacalności czasu przy metodzie wcinowo-wzdłużnej: dla metody wzdłużnej dobieg dla $m = 4$ i głębokości $g = h_z - 1$ mm wynosi $l_d = 25$ mm, zatem przy $l_w = 4$ mm wypadnie $L = 2 \times 30 + 25 + 4 = 89$ mm i odpowiednio czas główny

$$t_g = \frac{89 \cdot 25}{71 \cdot 2,5 \cdot 1} = 12,6 \text{ min}$$

czyli stosowanie tu metody wcinowo-wzdłużnej nie jest opłacalne, gdyż korzyści czasowe, jakie daje ta metoda, są zniweczone brakiem możliwości bezpośredniego przełączenia posuwu wzdłużnego na właściwą racjonalną wielkość posuwu poprzecznego.

Przyjmując ostatecznie normalną metodę frezowania wzdłużnego, czas pomocniczy obróbki można określić następująco:

a) zamocowanie przedmiotu o masie < 3 kg na trzpieniu z podpórką bez wycentrowania – tabl. G-13 poz. 3	– 1,30 min
dodatek czasu na drugi przedmiot poz. 4	– 0,30 „
b) czynności związane z zabiegiem tabl. G-14 poz. 1	– 0,35 „
c) ręczny ruch powrotny suportu narzędziowego – tabl. G-14 poz. 8	– 0,25 min
	<hr/>
razem	– 2,20 min

Na czas przygotowawczo-zakończeniowy t_{pz} złożą się następujące czasy (tabl. G-12):

a) na czynności organizacyjne — poz. 1	— 12 min
b) na uzbrojenie frezarki do pracy na trzpieniu z podpórką — poz. 3	— 20 „
c) na kontrolę pierwszej sztuki — poz. 8	— 3 „
razem	35min

Uwzględniając 12-procentowy dodatek czasu uzupełniającego t_u do czasu wykonania otrzymamy czas jednostkowy $t_j = 1,12(12,6 + 2,2) = 16,6$ min.

III. Normowanie czasu robót na dłutownicach do kół zębatach (typu *Fellowsa* i typu *Maaga*)

1. Uwagi ogólne

Dłutownice do kół zębatach typu *Fellowsa* (rys. G/2) pracujące krążkowymi nożami zębatymi są obok frezarek obwiedniowych szeroko stosowanymi obrabiarzami do wykonania uzębienia w kołach zębatych. Wydajność tego typu dłutownic jest w stosunku do frezowania obwiedniowego znacznie większa. Zaletą wydajności ujawnia się szczególnie przy małych długościach zębów, co widać z rys. G/3.

Normalna wielkość noża krążkowego stosowana na dłutownicach typu *Fellowsa* wyrażana zwykle w calach jest uzależniona od wielkości dłutownicy. Wielkość tę wyznacza średnica wrzeciona narzędziowego, która musi być mniejsza od średnicy podstaw uzębienia narzędzia. Z drugiej strony nie jest wskazane stosowanie większych narzędzi ze względu na wzrost niekorzystnego działania sił zginających na narzędzie i wrzeciono. Na ogół można przyjmować:

noże $1\frac{1}{2}''$ — $2''$	dla dłutownic o module $m \leq 1$
noże $3''$	dla dłutownic o module $m \leq 4$
noże $4''$	dla dłutownic o module $m \leq 6-8$.

Dla dłutownic do zębatek stosuje się noże krążkowe $5''$, a dla dłutownic do uzębienia wewnętrznego — o średnicy mniejszej od połowy średnicy uzębienia w otworze. Przy nacinaniu kół zębatach o małych średnicach D należy unikać zbyt dużych średnic noży krążkowych D_N . Stosunek $\frac{D_N}{D}$ nie powinien być większy od $5 \div 6$, gdyż powstaje wtedy niekorzystny stosunek kątów skreślenia narzędzia i przedmiotu.

Typowymi robotami na dłutownicach obwiedniowych są:

- dłutowanie kół zębatach o zębach prostych,
- dłutowanie kół zębatach o zębach śrubowych.

Sposób obliczenia czasu głównego do zażębienia wewnętrznego i zewnętrznego podano w tabl. G-15.

Porównanie czasu frezowania obwiedniowego i dłutowania podano na rys. G/3.

