

C

Frezarki

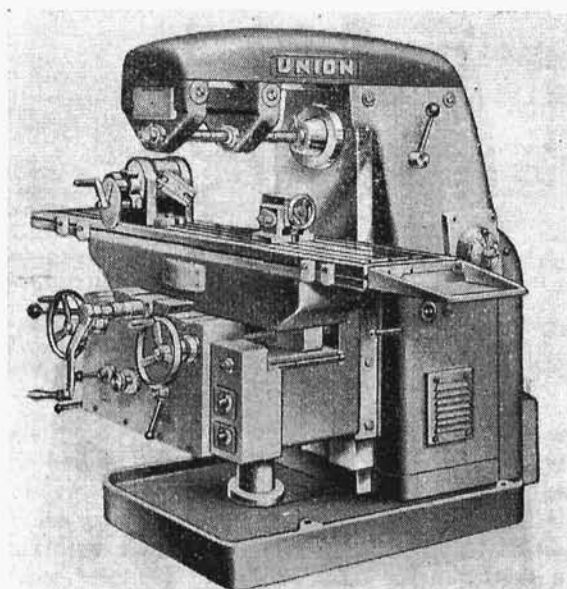
**Normowanie czasu robót na frezarkach wspornikowych
poziomych i pionowych C-I**

**Normowanie czasu robót na frezarkach podłużnych
i karuzelowych C-II**

I. Normowanie czasu robót na frezarkach wspornikowych poziomych i pionowych

1. Uwagi ogólne

W nowoczesnym parku obrabiarkowym frezarki stanowią obok tokarek i wiertarek trzecią najliczniejszą grupę. Frezarki o budowie wspornikowej są najpopularniejszym typem tych maszyn.



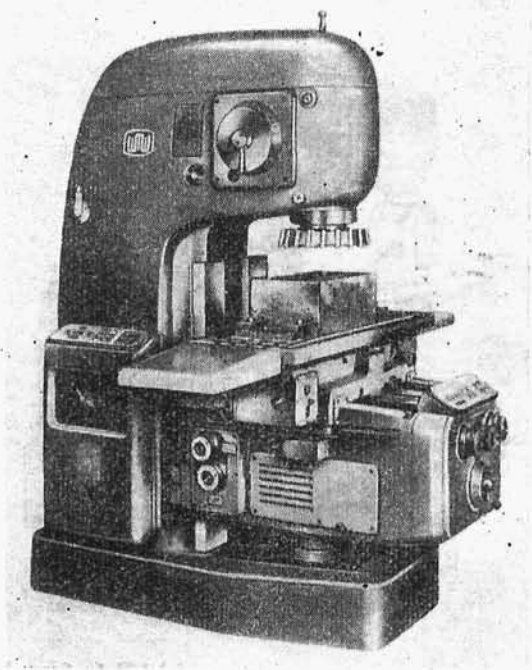
Rys. C/1. Frezarka wspornikowa pozioma model FH 5a firmy Union, NRF

Rozróżnia się następujące główne rodzaje frezarek wspornikowych:

- frezarki poziome (rys. C/1) o poziomej osi wrzeciona,
- frezarki pionowe (rys. C/2) o pionowej osi wrzeciona,
- frezarki uniwersalne o poziomej osi wrzeciona, różniące się od frezarek poziomych dodatkową możliwością poziomego skręcania stołu (rys. C/3),
- frezarki narzędziowe o skrzętnej osi wrzeciona i skrzętnym pionowo stole,
- frezarki do rowków wpustowych umożliwiające frezowanie rowków w wahadłowym cyklu automatycznym.

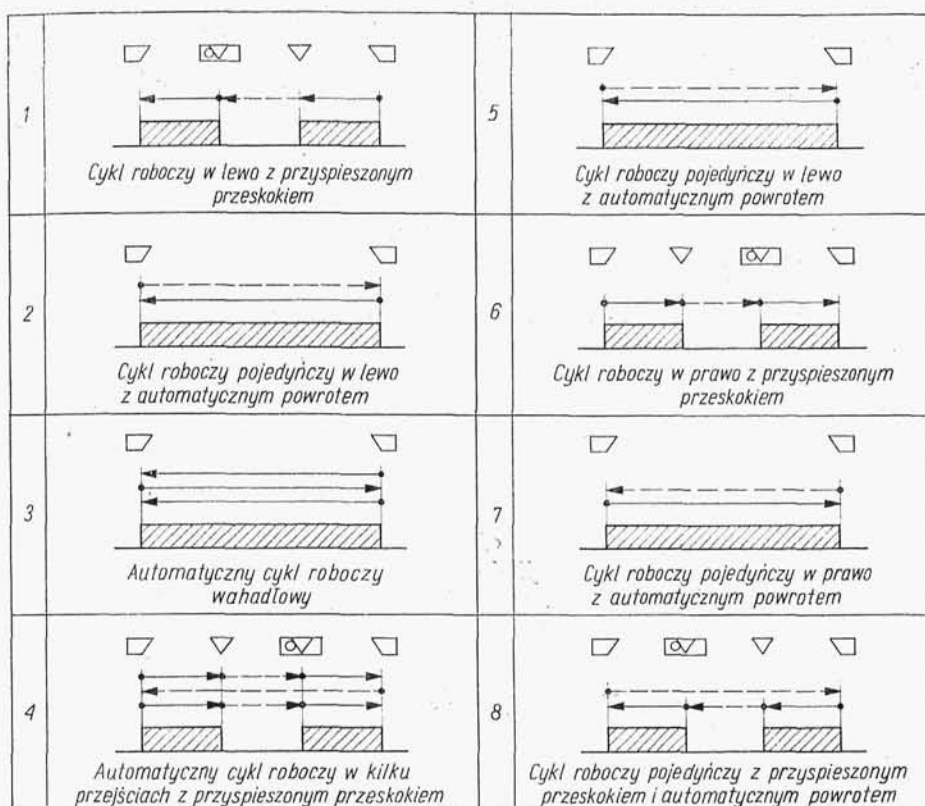
Typowymi robotami frezarskimi są:

- a) frezowanie płaszczyzn frezami walcowymi – tabl. C-1 poz. 1,
- b) frezowanie płaszczyzn frezami walcowo-czołowymi metodą czołową – tabl. C-1 poz. 2,
- c) frezowanie płaszczyzn głowicami frezarskimi – tabl. C-2,
- d) frezowanie płaszczyzn bocznych frezami tarczowymi – tabl. C-3 poz. 1,
- e) frezowanie rowków frezami tarczowymi – tabl. C-3 poz. 2,
- f) frezowanie płaszczyzn frezami trzpieniowymi metodą walcową – tabl. C-4 poz. 1,
- g) frezowanie rowków i płaszczyzn frezami trzpieniowymi metodą czołową – tabl. C-4 poz. 2,
- h) frezowanie rowków teowych frezami trzpieniowymi – tabl. C-5 poz. 1,
- i) frezowanie rowków wpustowych *Woodruffa* frezami trzpieniowymi – tabl. C-5 poz. 2,



Rys. C/2. Frezarka wspornikowa pionowa model FS 355 \times 1250 firmy VEB Fritz-Heckert, Karl-Marx-Stadt, NRD

- k) frezowanie rowków wpustowych frezami dwuostrzowymi – tabl. C-5 poz. 3,
- l) frezowanie powierzchni kształtowych frezami krążkowymi – tabl. C-6 poz. 1,
- m) frezowanie rowków frezami piłkowymi – tabl. C-6 poz. 2a,
- n) przecinanie frezami piłkowymi – tabl. C-6 poz. 2b,
- o) frezowanie zespołem frezów – tabl. C-7,
- p) frezowanie uzębienia kół zębatych frezami krążkowymi modułowymi (patrz rozdz. G. I.).



Oznaczenia: —→ Posuw roboczy; - - - - -→ Przyspieszony przesuw; □ □ □ Zderzaki sterujące

Rys. C/3. Schematy możliwej automatyzacji ruchów stołu z urządzeniami zderzakowymi

To zestawienie typowych robót frezarskich świadczy o rzeczywistości dużych możliwościach obróbkowych tej grupy obrabiarek. Jednakże wysoki koszt frezów i długi czas ich zmiany powodują, że obróbka na frezarkach staje się opłacalna dopiero w warunkach produkcji seryjnej.

Dobór warunków skrawania przebiega wg ogólnych zasad z tą różnicą, że przy obróbce zgrubnej istotny jest nie posuw p w mm/obr freza, a posuw p_z w mm przypadający na jeden ząb (mm/ząb).

Szttywność układu obrabiarka-narzędzie-przedmiot wywiera tak znaczny wpływ na okres użytkowania frezów, że dla obróbki zgrubnej określanej z punktu widzenia maksymalnej wydajności maszyny, wielkość posuwu p_z wyznacza się biorąc pod uwagę właśnie stopień sztywności tego układu.

Frezowanie zgrubne daje chropowatość powierzchni rzędu $\nabla 3 - \nabla 4$ klasy.

Powierzchnię o większej gładkości uzyskuje się praktycznie nie z posuwu p_z na ząb, a z posuwu p na obrót freza. Wynika to z faktu, że o gładkości powierzchni decyduje wielkość bicia ostrzy freza, a nie ich ilość. Szybkość skrawania v określa się wtedy dla posuwu w mm/ząb obliczonego ze wzoru $p_z = \frac{p}{z}$, gdzie p – nowo-
przyjęty posuw (w mm/obr).

Pod nazwą *obróbka wykańczająca* przy frezowaniu należy rozumieć obróbkę gładkościową z zachowaniem dużej trwałości dokładności wymiarowej freza. Dlatego dla tej obróbki dopuszcza się mniejsze stępienie ostrzy i wobec tego stosuje się szybkości skrawania v mniejsze o 20–30% od szybkości ustalonej dla danego posuwu p_z w warunkach frezowania zgrubnego, przy którym nie uwzględnia się trwałości wymiarów frezów.

Obróbka frezami walcowymi przy dużej szerokości frezowania (np. frezowanie frezami walcowo-czołowymi i głowicami frezarskimi) wiąże się zwykle z koniecznością sprawdzenia, czy moc skrawania przy danych parametrach skrawania nie przekroczy mocy N_s silnika.

Przy frezowaniu, w odróżnieniu od toczenia, własności mechaniczne (wytrzymałość R_m i twardość HB) mają tak nieznaczny wpływ na wielkość mocy skrawania N_e , że określa się ją jedynie dla całej grupy materiałowej: *stal, żeliwo, stopy aluminium czy brązy*.

W procesie frezowania ze wzrostem stępienia ostrzy bardzo znacznie wzrasta siła skrawania, co w rezultacie powoduje wzrost mocy skrawania. Dlatego też nie należy traktować wzorów na moc skrawania N_e jako ścisłych zależności, a jedynie jako orientacyjne. Są one także zbyt złożone, by stosować je w praktycznym użytkowaniu.

Przykładem niech będzie wzór na efektywną moc skrawania N_e w przypadku głowic frezarskich z ostrzami z węglików spiekanych.

a) Przy frezowaniu czołowym stali, dla posuwów $p_z \leq 0,12$ mm/ząb, przy $g \geq 3$ mm

$$N_e = 0,035 \frac{B^{1,2}}{D} g p_z^{1,42} v^{0,9} z^{0,93} \quad [C.1]$$

dla posuwów $p_z > 0,12$ mm/ząb

$$N_e = 0,01 \frac{B^{1,2}}{D} g p_z^{0,79} v^{0,9} z^{0,93} \quad [C.2]$$

b) Przy frezowaniu czołowym żeliwa

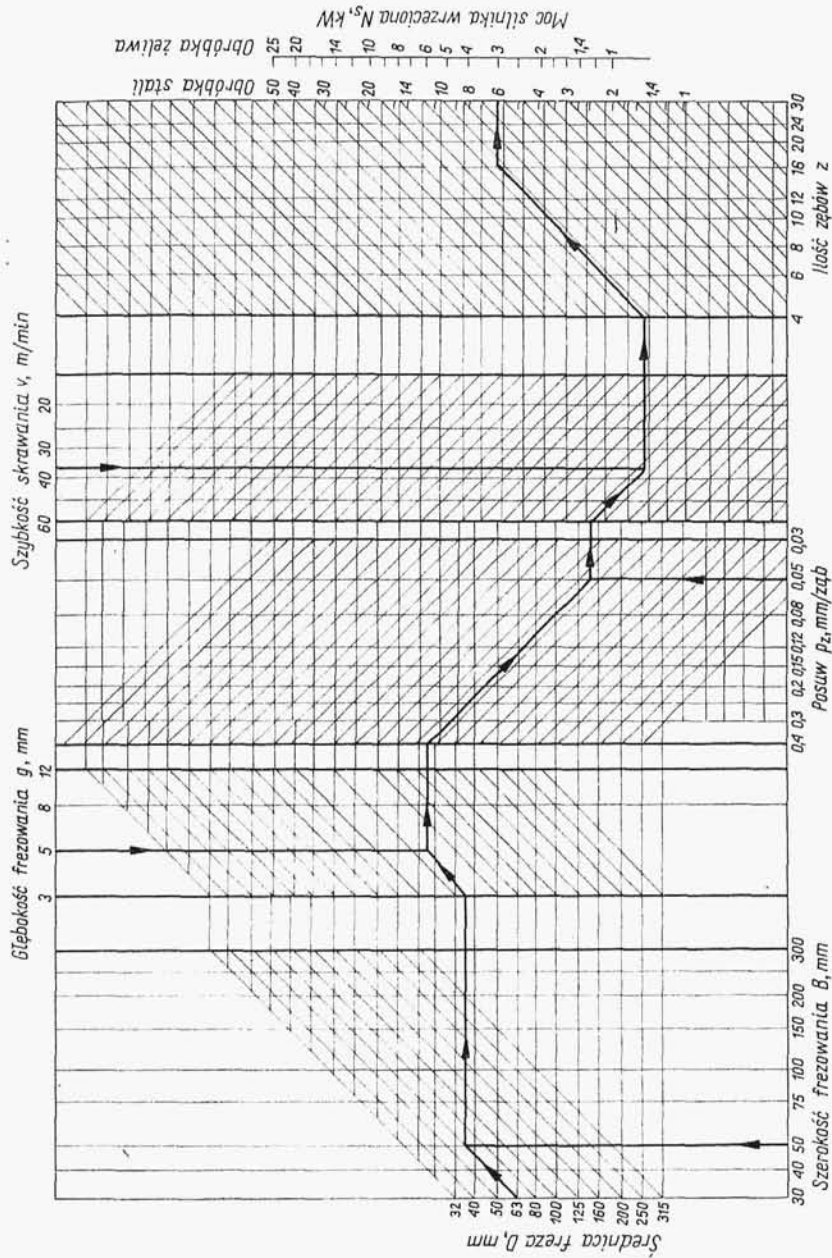
$$N_e = 0,0094 \frac{B^{1,14}}{D^{1,14}} g^{0,9} p_z^{0,72} v z \quad [C.3]$$

Przyjmując sprawność ogólną silnika napędowego $\eta = 0,7$ otrzymujemy

$$N_s = \frac{N_e}{\eta} = 1,43 N_e \quad [C.4]$$

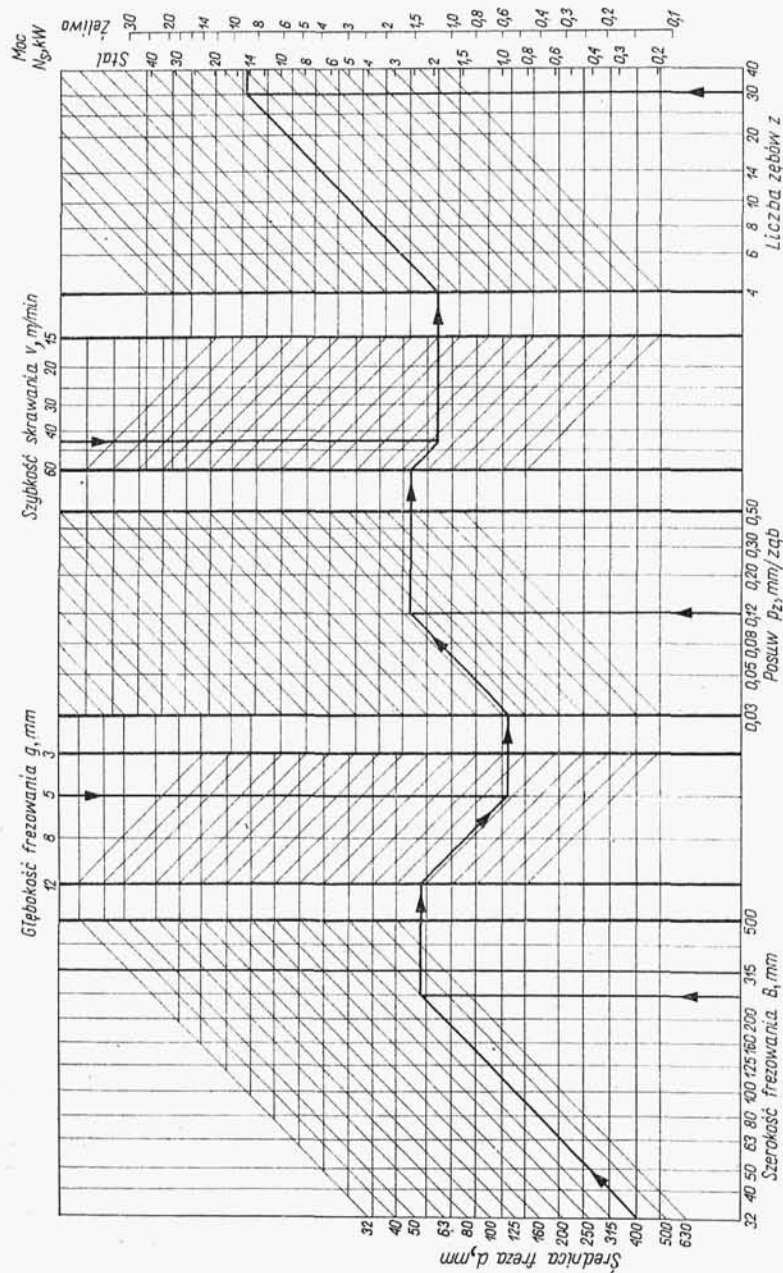
Według podobnych zależności zostały sporządzone wykresy na rys. C/4–C/7 pozwalające określać bez przeliczania potrzebną moc silnika N_s dla danych warunków obróbki.

Aczkolwiek sama obsługa frezarki w warunkach produkcji seryjnej nie jest skomplikowana, to jednak nowoczesne frezarki zaopatruje się w urządzenia do automatycznego sterowania ruchów stołu, przy czym specjalny układ zderzaków przymocowanych do stołu frezarki, pozwala uruchamiać urządzenie do elektrycznego sterowania ruchów stołu w różnym układzie cykli roboczych (rys. C/3). Ustawienie zderzaków w czasie uzbrajania maszyny przed daną operacją nie jest

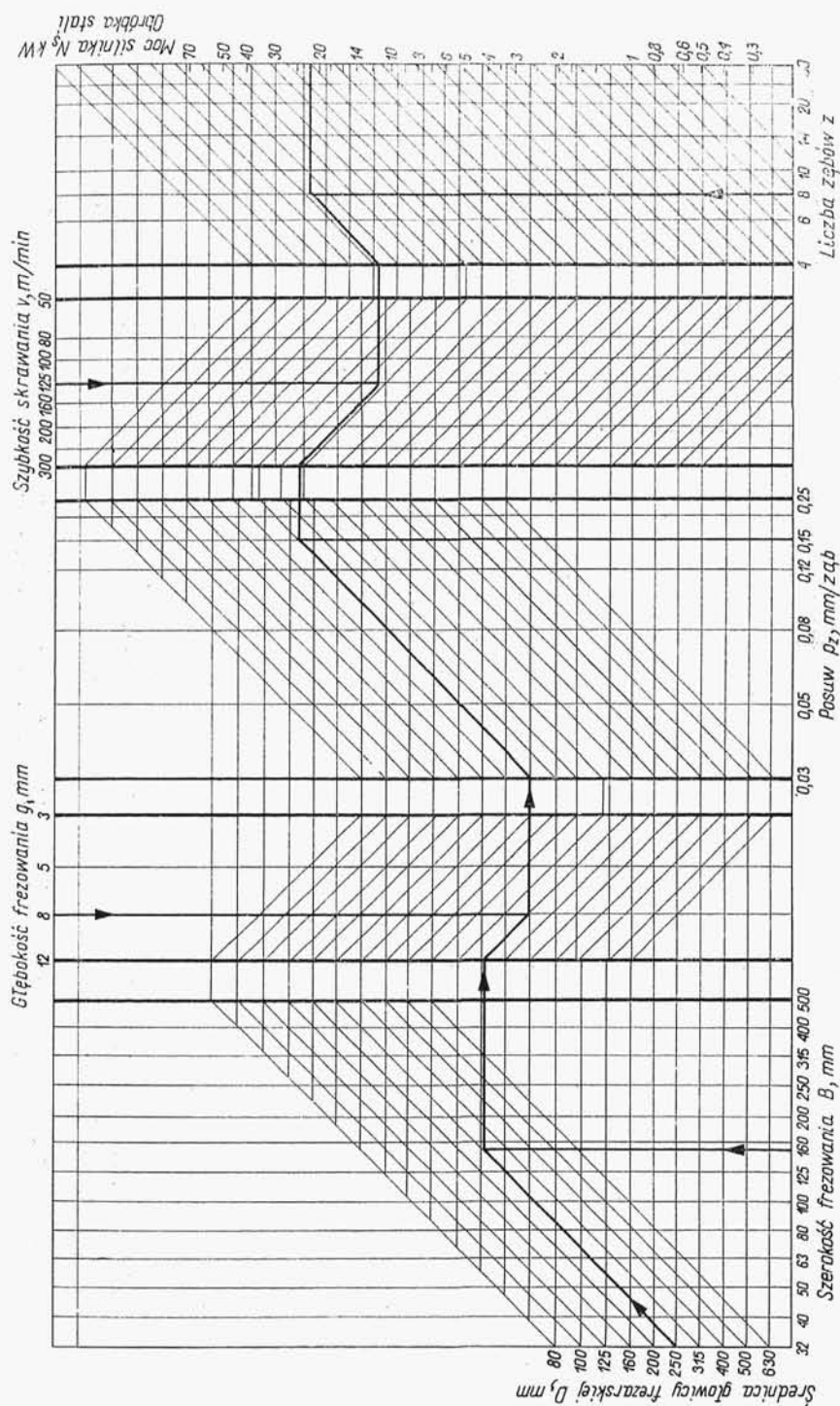


Rys. C/4. Nomogram dla określania potrzebnej mocy silnika N_s (kW) przy frezowaniu metodą walcową (Przykład. Dane: $D = 63$ mm, $B = 50$ mm, $g = 5$ mm, $p_z = 0,05$ mm/ząb, $v = 36$ m/min, $z = 16$ zębów. Wynik: $N_s = 6$ kW)



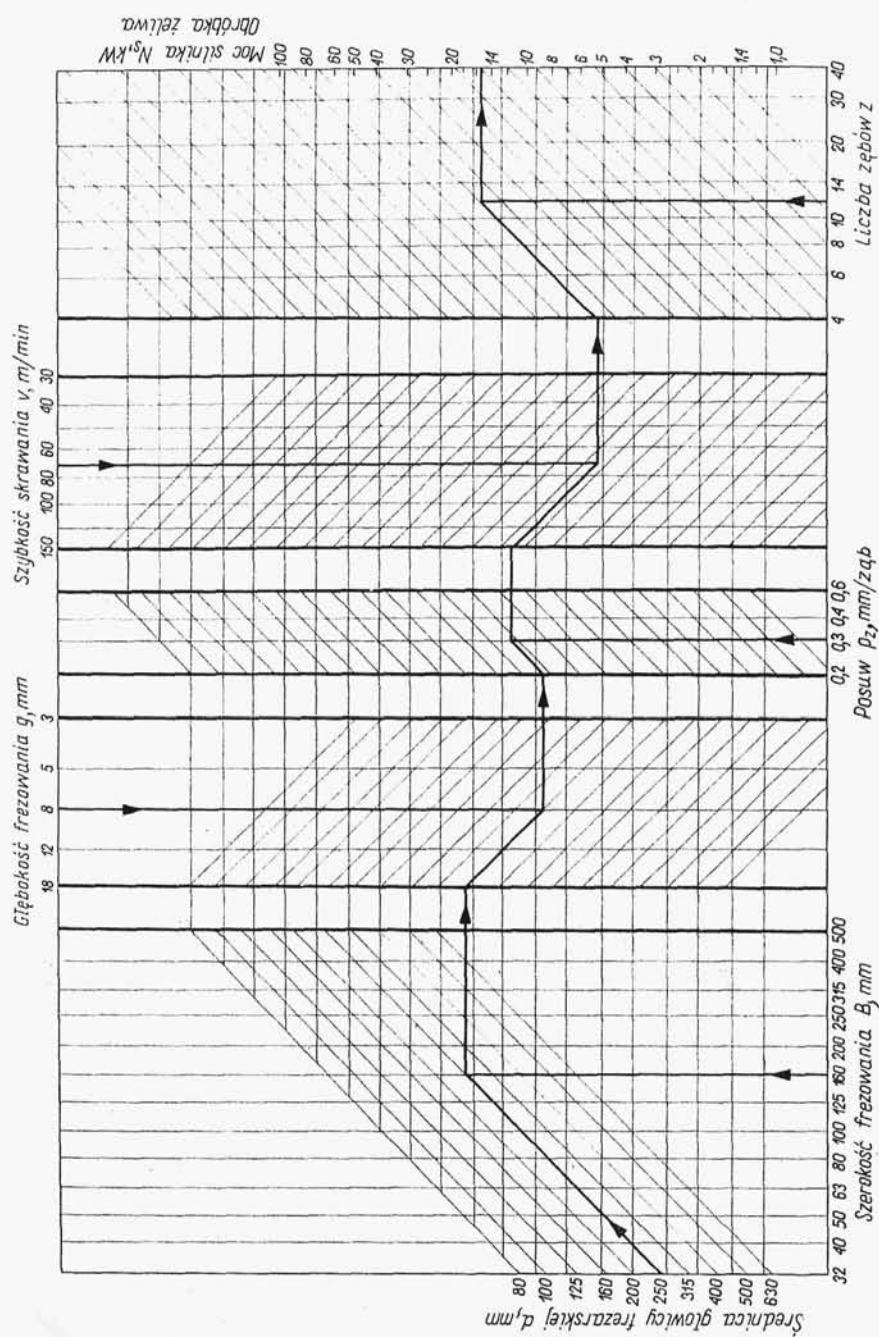


Rys. C/5. Nomogram dla określania potrzebnej mocy silnika N_s (kW) przy frezowaniu metodą czołową narzędziami ze stali szybko tnącej (Przykład: Dane wyjściowe: $D = 400$ mm, $B = 250$ mm, $g = 5$ mm, $p_z = 0,12$ mm/ząb, $v = 46$ m/min, $z = 30$ zębów. Wynik: $N_s = 14,5$ kW przy frezowaniu stali)



Rys. C/6. Nomogram dla określania potrzebnej mocy silnika N_s (kW) do napędu wrzeciona przy frezowaniu metodą czółową stali głowicami frezarskimi z ostrzami z węglików spiekanych

C



Rys. C/7. Nomogram dla określania potrzebnej mocy silnika N_s (kW) do napędu wrzeciona, przy frezowaniu metodą czółową żeliwa głowicami frezarskimi z ostrzami z węglików spiekanych

ani kłopotliwe, ani czasochłonne (czas ustawienia wynosi około 1 min dla 1 zderzaka) i dlatego automatyczne cykle robocze mogą być opłacalne również w produkcji średnioseryjnej.

Odpowiedni układ pulpitu do ręcznego sterowania ruchem stołu z oznaczeniami na przyciskach guzikowych upraszcza znacznie czynności sterowania, co jest specjalnie ważne w przypadku pracy z różnymi prędkościami i przy różnych kierunkach ruchu stołu (zachodzi to np. przy frezowaniu powierzchni na obwodzie przedmiotu). Przez zainstalowanie odpowiednich szyn zderzakowych możliwe jest zautomatyzowanie takiego cyklu roboczego. Frezarki sterowane programowo sekwencyjnie są dalszym stopniem automatyzacji kolejnych ruchów posuwowych stołu.

W przypadku półautomatycznego cyklu roboczego czas wykonania t_w będzie składał się z czasu zakładania i zdejmowania przedmiotu łącznie z włączeniem ruchu automatycznego (czas t_p) i z czasu maszynowego (t_m)

$$t_w = t_p + t_m \quad [C.5]$$

gdzie czas maszynowy t_m będzie wynikiem sumy czasu głównego t_g i maszynowego czasu pomocniczego $(t_p)_m$

$$t_m = t_g + (t_p)_m \quad [C.6]$$

Na czas pomocniczy maszynowy $(t_p)_m$ złożą się przyspieszone przesuwu stołu o szybkości $p_{mj} = 2000 \div 2500$ mm/min w płaszczyźnie poziomej i ruchy stołu w kierunku pionowym o szybkości $p_{mj} = 800 \div 1250$ mm/min. Czas ten oblicza się wg zależności

$$(t_p)_m = \frac{L_j}{p_{mj}} \quad [C.7]$$

gdzie L_j – długość przesuwu stołu w mm.

Normatywy ręcznych czasów pomocniczych podane są w tabl. C-48 ÷ C-50 i są podzielone na następujące grupy czynności:

- a) mocowanie i zdjęcie przedmiotu – tabl. C-48,
- b) czynności związane z roboczym przejściem stołu – tabl. C-49,
- c) zmiany warunków obróbki w czasie operacji – tabl. C-50.

Czasy przygotowawczo-zakończeniowe t_{pz} podane są w tabl. C-47 i podzielone są na trzy grupy czynności:

- a) czynności organizacyjne – poz. 1,
- b) czynności typowego uzbrajania frezarki – poz. 2–9,
- c) czynności dodatkowe mogące zachodzić w specjalnych przypadkach – poz. 10–19.

Czas uzupełniający na techniczno-organizacyjną obsługę stanowiska i potrzeby fizjologiczne robotnika określić można dla frezarek $t_u = 12\%$ czasu wykonania t_w .

2. Tablice wytycznych i normatywów dla normowania czasu robót na frezarkach
wspornikowych poziomych, pionowych i uniwersalnych

Tablica C-1. Wytyczne do obliczania czasów głównych na frezarkach

Lp.	Szkice	Wytyczne robocze $t_g = \frac{L}{p_m} = \frac{L}{np}$	$n = 318 \frac{v}{D}$
-----	--------	---	-----------------------

1	<p>Frezowanie płaszczyzn frezami walcowymi</p> <p>Dobieg l_d i wybieg l_w</p> <p>tablica C-8</p> <p>Posuw p, mm/obr</p> <p>$p = p_z z$</p> <p>ilość zębów z tabl. C-10</p> <p>dla obróbki zgrubnej p_z, mm/ząb — tabl. C-10</p> <p>wykańcz. p, mm/obr — tabl. C-11</p> <p>Szybkość skrawania v, m/min</p> <p>dla stali, żeliwa ciągliwego i stopów aluminium i miedzi — tabl. C-12</p> <p>dla żeliwa szarego — tabl. C-13</p> <p>Współczynnik poprawkowy K_B dla różnych szerokości B frezowania</p> <table> <tr> <th>Szerokość B</th><th>12</th><th>24</th><th>36</th><th>60</th><th>90</th><th>150</th><th>240</th></tr> <tr> <td>obr. stali K_B</td><td>1,17</td><td>1,09</td><td>1,05</td><td>1,0</td><td>0,96</td><td>0,91</td><td>0,87</td></tr> <tr> <td>żeliwa szarego</td><td>1,62</td><td>1,33</td><td>1,16</td><td>1,0</td><td>0,89</td><td>0,76</td><td>0,66</td></tr> </table> <p>Dla obróbki wykańczającej szybkość v zmniejszać współczynnikiem $K_w = 0,7$. Sprawdzenie ze względu na moc silnika N_s wg nomogramu na rys. C/4</p>	Szerokość B	12	24	36	60	90	150	240	obr. stali K_B	1,17	1,09	1,05	1,0	0,96	0,91	0,87	żeliwa szarego	1,62	1,33	1,16	1,0	0,89	0,76	0,66	
Szerokość B	12	24	36	60	90	150	240																			
obr. stali K_B	1,17	1,09	1,05	1,0	0,96	0,91	0,87																			
żeliwa szarego	1,62	1,33	1,16	1,0	0,89	0,76	0,66																			
2	<p>Frezowanie płaszczyzn frezami walcowo-czołowymi</p> <p>Dobieg l_d i wybieg l_w</p> <p>dobieg $l_d = 1 \div 3$ mm</p> <p>wybieg a) wg tabl. C-9, gdzie $B_w = B$</p> <p>$l_w =$ b) $1 \div 6$ mm, wg tabl. C-8</p> <p>c) $D + (1 \div 6)$ zależnie od D — patrz tabl. C-8 dla l_w</p> <p>Posuw p, mm/obr</p> <p>$p = p_z z$</p> <p>ilość zębów z tabl. C-14</p> <p>dla obróbki zgrubnej p_z, mm/ząb — tabl. C-14</p> <p>wykańczającej p, mm/obr — tabl. C-15</p> <p>Szybkość skrawania v, m/min</p> <p>dla stali, żeliwa ciągliwego i stopów aluminium i miedzi — tabl. C-16</p> <p>dla żeliwa szarego — tabl. C-17</p> <p>Współczynnik poprawkowy K_B dla różnych szerokości B frezowania</p> <table> <tr> <th>Szerokość B</th><th>10</th><th>20</th><th>30</th><th>50</th><th>100</th></tr> <tr> <td>obr. stali K_B</td><td>1,27</td><td>1,15</td><td>1,08</td><td>1,0</td><td>0,9</td></tr> <tr> <td>żeliwa</td><td>1,17</td><td>1,09</td><td>1,05</td><td>1,0</td><td>0,93</td></tr> </table> <p>Dla obróbki wykańczającej szybkość v zmniejszać współczynnikiem $K_w = 0,8$</p> <p>Sprawdzenie ze względu na moc silnika N_s wg nomogramu na rys. C/5</p>	Szerokość B	10	20	30	50	100	obr. stali K_B	1,27	1,15	1,08	1,0	0,9	żeliwa	1,17	1,09	1,05	1,0	0,93							
Szerokość B	10	20	30	50	100																					
obr. stali K_B	1,27	1,15	1,08	1,0	0,9																					
żeliwa	1,17	1,09	1,05	1,0	0,93																					

Tablica C-2. Wytyczne do obliczania czasów głównych na frezarkach

Szkice

Wytyczne robocze

$$t_g = \frac{L}{p_m} = \frac{L}{np} \quad n = 318 \frac{v}{D}$$

Frezowanie płaszczyzn głowicami frezarskimi (czołowo)

a) zgrubnie

$L = l + l_d + l_w$

Dobieg l_d i wybieg l_w

dobieg $l_d = 2 \div 3$ mm

wybieg	a)	wg tabl. C-9 przyjmując $B_w = B$
l_w	b)	$3 \div 6$ mm
wykańcz.	c)	$D + (3 \div 6)$

Posuw p , mm/obr

$$p = p_z z$$

Ilość zębów z	dla głowic z ostrzami	ze stali szybko- krotn. tabl. C-18 z węglików spiek. tabl. C-21
p_z dla obróbki zgrubnej	głowicą SS WSP	tabl. C-18 tabl. C-21
p dla obróbki wykańczającej	głowicą SS WSP	tabl. C-15 tabl. C-22

Szybkość skrawania v , m/min

A. Głowicą z nożami ze stali szybko tnącej	
dla stali, żeliwa ciągliwego i stopów aluminium i miedzi	dla żeliwa szarego
tabl. C-19	tabl. C-20

Współczynnik poprawkowy K_B dla różnych szerokości B frezowania

$B =$	20	40	60	100	150	200	300	500
obróbka stali K_B	1,27	1,15	1,08	1,0	0,95	0,9	0,86	0,79
żeliwa K_B	1,17	1,09	1,05	1,0	0,96	0,93	0,89	0,85

dla obróbki wykańczającej szybkość v zmniejszać współczynnikiem $K_w = 0,8$

Sprawdzenie ze względu na moc silnika N_s wg nomogramu na rys. C/5

B. Głowicą z nożami o ostrzach z węglików spiekanych

dla stali	dla żeliwa	dla stali hartowanej
tabl. C-23	tabl. C-24	tabl. C-25

Współczynnik poprawkowy K_B dla różnych szerokości B frezowania

Szerokość B	20	40	65	100	150	200	300	500
obróbka stali i żeliwa K_B	1,3	1,1	1,0	0,9	0,85	0,8	0,75	0,62
stali hartow. K_B	1,4	1,15	1,0	0,9	0,82	—	—	—

Sprawdzenie ze względu na moc silnika N_s

wg nomogramu dla stali rys. C/6
dla żeliwa rys. C/7

b) wykańczająco

$L = l + l_d + l_w$

c) przy powierzchniach przerywanych

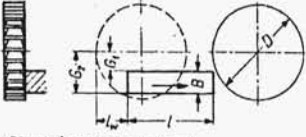
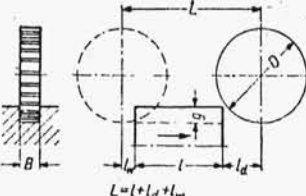
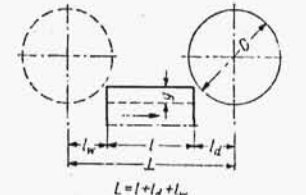
$L = l + l_d + l_w$

Szybkość skrawania określa się wg średniej szerokości

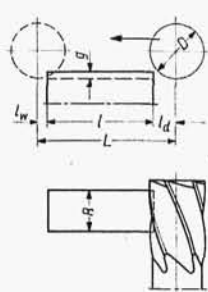
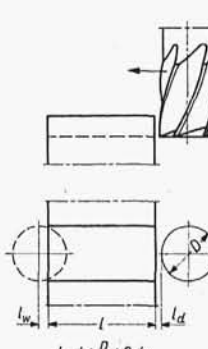
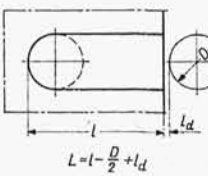
$$B_{sr} = \frac{\sum F}{L}$$

gdzie $\sum F$ — suma poszczególnych powierzchni

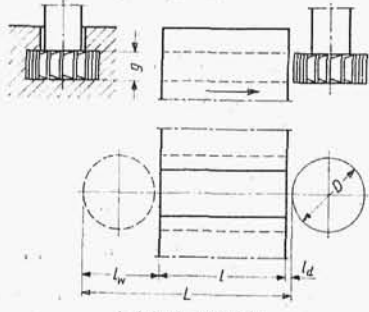
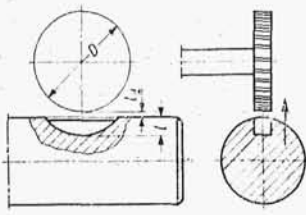
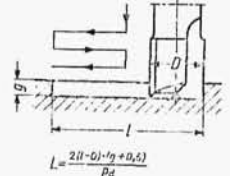
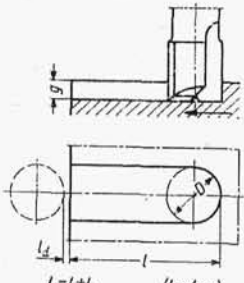
Tablica C-3. Wytyczne do obliczania czasów głównych na frezarkach

Lp.	Szkice	Wytyczne robocze	
		$t_g = \frac{L}{p_m} = \frac{L}{np}$	$n = 318 \frac{v}{D}$
1	 <p>Na obróbki zgrubnej: $L = l + l_w$ gdzie $l_w = (l_w)_{G_1} - (l_w)_{G_2}$ Dla obróbki wykańczającej: $L = l + D - 2(l_w)_{G_1}$</p>	Frezowanie płaszczyzn bocznych frezami tarczowymi	
		Wybieg $(l_w)_G$	
		wg tablicy C-9 przyjmując kolejno jako $B_w = 2G_1$ i $B_w = 2G_2$	
		Posuw p , mm/obr	
		$p = p_z z$	
		ilość zębów z — tabl. C-26	
		dla zgrubnej p_z , mm/ząb — tabl. C-26	
		dla obróbki wykańcz. p , mm/obr — tabl. C-27	
		Szybkość skrawania v , m/min	
		dla stali, żeliwa ciągliwego, stopów aluminium i miedzi — tabl. C-28	dla żeliwa szarego — tabl. C-29
2	<p>a) zgrubne</p>  <p>$L = l + l_d + l_w$</p> <p>b) wykańczająco</p>  <p>$L = l + l_d + l_w$</p>	Frezowanie rowków frezami tarczowymi	
		Dobieg l_d i wybieg l_w	
		obróbka zgrubna wg tabl. C-8	
		wykańczająca $l_w + l_d = 2l_d$ wg tabl. C-8	
		Posuw p , mm/obr	
		$p = p_z z$	
		ilość zębów z i posuwów p_z — tabl. C-30	
		Szybkość skrawania v , m/min	
		dla stali, żeliwa ciągliwego i stopów aluminium i miedzi — tabl. C-31	dla żeliwa szarego — tabl. C-32

Tablica C-4. Wytyczne do obliczania czasów głównych na frezarkach

Lp.	Szkice	Wytyczne robocze																															
		$t_g = \frac{L}{p_m} = \frac{L}{np} \quad n = 318 \frac{v}{D}$																															
1	<p>Frezowanie płaszczyzn frezami trzpieniowymi (walcowo)</p>  <p>$L = l_d + l_w$</p>	<p>Dobieg l_d i wybieg l_w</p> <p>wg tablicy C-8</p> <p>Posuw p, mm/obr</p> <p>$p = p_z z$</p> <p>ilość zębów z i posuw p_z — tabl. C-33</p> <p>Szybkość skrawania v, m/min</p> <table> <tr> <td>dla stali, żeliwa ciągliwego i stopów aluminium i miedzi</td><td>dla żeliwa szarego</td></tr> <tr> <td>tabl. C-34</td><td>tabl. C-35</td></tr> </table> <p>Współczynnik poprawkowy K_B dla różnych szerokości B frezowania</p> <table> <tr> <th colspan="2">szerokość B</th><th>10</th><th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>40</th><th>60</th></tr> <tr> <td rowspan="2">ob- róbka</td><td>stali</td><td>1,07</td><td>1,03</td><td>1,0</td><td>1,0</td><td>0,97</td><td>0,93</td><td>0,89</td></tr> <tr> <td>żeliwa</td><td>1,2</td><td>1,70</td><td>1,0</td><td>0,94</td><td>0,89</td><td>0,81</td><td>0,72</td></tr> </table> <p>dla obróbki wykańczającej dokładnej szybkość zmniejszyć współczynnikiem $K_w = 0,7$</p>		dla stali, żeliwa ciągliwego i stopów aluminium i miedzi	dla żeliwa szarego	tabl. C-34	tabl. C-35	szerokość B		10	15	20	25	30	40	60	ob- róbka	stali	1,07	1,03	1,0	1,0	0,97	0,93	0,89	żeliwa	1,2	1,70	1,0	0,94	0,89	0,81	0,72
dla stali, żeliwa ciągliwego i stopów aluminium i miedzi	dla żeliwa szarego																																
tabl. C-34	tabl. C-35																																
szerokość B		10	15	20	25	30	40	60																									
ob- róbka	stali	1,07	1,03	1,0	1,0	0,97	0,93	0,89																									
	żeliwa	1,2	1,70	1,0	0,94	0,89	0,81	0,72																									
2	<p>Frezowanie rowków i płaszczyzn frezami trzpieniowymi (czołowo)</p> <p>a) rowki przelotowe</p>  <p>$L = l_d + l_w$</p>	<p>Dobieg l_d i wybieg l_w</p> <p>$l_d = 1 \div 2 \text{ mm}$</p> <p>Posuw p, mm/obr</p> <p>$p = p_z z$</p> <p>Ilość zębów z i posuw p_z — tabl. C-36</p> <p>Szybkość skrawania v, m/min</p> <table> <tr> <td>dla stali, żeliwa ciągliwego i stopów aluminium i miedzi</td><td>dla żeliwa szarego</td></tr> <tr> <td>tabl. C-37</td><td>tabl. C-38</td></tr> </table>		dla stali, żeliwa ciągliwego i stopów aluminium i miedzi	dla żeliwa szarego	tabl. C-37	tabl. C-38																										
dla stali, żeliwa ciągliwego i stopów aluminium i miedzi	dla żeliwa szarego																																
tabl. C-37	tabl. C-38																																
	<p>b) rowki nieprzelotowe</p>  <p>$L = l - \frac{D}{2} + l_d$</p>																																

Tablica C-5. Wytyczne do obliczania czasów głównych na frezarkach

Lp.	Szkice	Wytyczne robocze $t_g = \frac{L}{p_m} = \frac{L}{np} \quad n = 318 \frac{v}{D}$						
1	<p>Frezowanie rowków teowych frezami trzpieniowymi</p>  <p>$L = l + l_d + l_w = l + D + 2l_d$</p>	<p>Dobieg l_d</p> <p>$l_d = 1 \div 3 \text{ mm}$</p> <p>Posuw p, mm/obr</p> <p>$p = p_z z$</p> <p>ilość zębów z i posuw p_z — tabl. C-39</p> <p>Szybkość skrawania v, m/min</p> <table border="1"> <tr> <td>obróbka</td> <td>stali</td> <td>tabl. C-37</td> </tr> <tr> <td></td> <td>żeliwa</td> <td>tabl. C-38</td> </tr> </table> <p>dla frezów z chwytem stożkowym stosuje się współczynnik $K_N = 0,75$</p>	obróbka	stali	tabl. C-37		żeliwa	tabl. C-38
obróbka	stali	tabl. C-37						
	żeliwa	tabl. C-38						
2	<p>Frezowanie rowków wpustowych Woodruffa</p>  <p>$L = l + l_d$</p>	<p>dobieg $l_d = 0,5-1 \text{ mm}$</p> <p>Posuw p, mm/obr</p> <p>$p = p_z z$</p> <p>ilość zębów z i posuw p_z — tabl. C-40</p> <p>Szybkość skrawania v m/min</p> <p>dla stali — tabl. C-37</p> <p>dla frezów z chwytem cylindrycznym stosować współczynnik $K_N = 0,75$</p>						
3	<p>Frezowanie rowków wpustowych frezami dwupiórkowymi</p> <p>a) przy cyklu automatycznym</p>  <p>$L = \frac{2(l - D) + l_g + D + l_d}{p_d}$</p> <p>b) w jednym przejściu</p>  <p>$L = l + l_d \quad (l_d = l \text{ mm})$</p>	<p>a) przy cyklu automatycznym</p> <p>Dosuw p_d, mm/skok podw.</p> <p>tablica C-41</p> <p>Posuw p_m, mm/min</p> <p>tablica C-41</p> <p>b) w jednym przejściu z wcinaniem się</p> <p>czas główny $t_g = \frac{(g+0,5)}{np_g} + \frac{L}{np}$</p> <p>posuw wcinowy p_g i obroty n — tabl. C-41</p> <p>c) w jednym przejściu bez wcinania się</p> <p>posuw p i prędkość obrotowa n — tabl. C-41</p>						

Tablica C-6. Wytyczne do obliczania czasów głównych na frezarkach

L.p.	Szkice	Wytyczne robocze	
		$t_g = \frac{L}{p_m} = \frac{L}{np}$	$n = 318 \frac{v}{D}$
1	<p>Frezowanie powierzchni kształtowych frezami krążkowymi</p>	Dobieg l_d i wybieg l_w	
		dobieg l_d wg tabl. C-8	
		wybieg $l_w = 2 \div 5$ mm	
		Posuw p , mm/obr	
		$p = p_z z$	
2	<p>Frezowanie frezami piłkowymi</p> <p>a) frezowanie rowków</p> <p>b) przecinanie</p>	Dobieg l_d i wybieg l_w	
		frezowanie rowków — tabl. C-8	
		1) przecinanie przelotowe	wg tabl. C-9 przyjmując $B_w = 2G_1$ i $B_w = 2G_2$
		2) przecinanie czołowe □	$l_d = 1 \div 3$ mm l_w — tabl. C-9
		3) przecinanie czołowe ∅	$l_d + l_w = 3 \div 5$ mm
		Posuw p , mm/obr	
		$p = p_z z$	
		ilość zębów z i posuw p_z — tabl. C-44 różniąc rodzaj uzębienia freza	
		Szybkość skrawania v , m/min	
		dla stali, żeliwa ciągliwego i stopów aluminium i miedzi	dla żeliwa szarego
		tabl. C-45	tabl. C-46
		współczynnik poprawkowy K_B na grubość B	
		Grubość B	0,3 0,5 1 2 4 6
		Współczynnik K_B	1,35 1,2 1,1 1,0 0,9 0,8

Tablica C-7. Wytyczne do obliczania czasów głównych na frezarkach

Szkice i wytyczne robocze

$$\text{czas główny } t_g = \frac{L_w}{n_w p} \quad n = 318 \frac{v}{D}$$

Frezowanie zespołem frezów

a) frezy jednakowe pod względem rodzaju, średnicy i warunków pracy

Wykładniki potęgowe s dla frezów

Obrabiany materiał	Stal, żeliwo ciągliwe, stopy Al i Cu	Żeliwo szare
frezy walcowe	3	4
„ kształtowe		
frezy walc.-czoł.	5	6,67
„ tarczowe		
„ piłkowe		

Współczynniki K_w

$s \backslash i_N$	2	3	4	5	6
3	0,81	0,72	0,66	0,62	0,58
4	0,84	0,76	0,71	0,67	0,64
5	0,87	0,80	0,76	0,72	0,70
6,67	0,90	0,85	0,81	0,79	0,77

1. Wielkości L , p_z , v i n określa się jak dla pojedynczo pracującego freza.

2. Prędkość obrotowa n_w dla zespołu i_N frezów:

$$n_w = \frac{n}{\sqrt{i_N}} = K_w n$$

K_w — z tabeli obok dla danych i_N i s .

b) frezy o niejednakowych warunkach pracy

1. Wielkość L_w wg największej wartości L_i określonej dla poszczególnego freza.
2. Posuw p wg narzędzia ograniczającego ze szczególnym uwzględnieniem sztywności całego układu.
3. Wg wybranego p określa się posuwy p_z dla poszczególnych frezów i następnie szybkości v_i , tak jak gdyby każdy frez pracował oddzielnie.
4. Dla obliczonych n_i poszczególnych frezów określa się wartości

$$W_i = \left(\frac{1000}{n_i} \right)^s$$

posługując się tabl. A-72 lub A-73.
W przypadku niejednakowych wykładników s obliczać W_i wg mniejszego wykładnika s .

5. Dla znalezionej sumy

$$W_w = \sum W_i$$

z pomocą tabl. A-72 lub A-73 określa się prędkość obrotową n_w dla zespołu frezów przyjmując sumę W_w jako wartość w odpowiedniej kolumnie wartości W (dla przyjętego najmniejszego s).

6. Koniecznie sprawdzić warunki obróbki ze względu na moc silnika N_s .

Tablica C-10. Posuwy p_z (mm/ząb) przy frezowaniu płaszczyzn frezami walcowymi

Sztwność obrabiarki	Sztwność układu „przedmiot-uchwyt”	Frez grubozębne		Frez drobnózębne					
		Posuw p_z (mm/ząb) przy obróbce:							
		stali i stopów lekkich	żeliwa i stopów miedzi	stali i stopów lekkich	żeliwa i stopów miedzi				
średnia	duża	0,20–0,30	0,25–0,40	0,10–0,15	0,12–0,20				
	średnia	0,12–0,20	0,06–0,10	0,06–0,10	0,10–0,15				
	mała	0,10–0,15	0,12–0,20	0,06–0,08	0,08–0,12				
mała	średnia	0,10–0,15	0,12–0,20	0,05–0,08	0,06–0,12				
	mała	0,06–0,10	0,10–0,15	0,03–0,06	0,05–0,10				
Zastosowanie		a) do frezowania zgrubnego przy $g = 3-8$ mm b) do frezowania na gotowo bez obróbki zgrubnej u przedmiotów sztywnych przy $g = 3-4$ mm		a) do frezowania wykańczającego na gotowo przy $g \leq 3$ mm b) do frezowania zgrubnego przedmiotów niesztwnych przy $g = 3 \div 5$ mm					
		Przeciętna ilość zębów z u frezów:							
Średnica freza D mm		50	63	80	90	100	110	125	140
Frez grubozębne		6	6	6	8	8	10	10	10
Frez drobnózębne		14	16	18	20	20	24	24	24
Uwaga. Większe wielkości graniczne posuwów odpowiadają mniejszym głębokościom i szerokościom frezowania a większym średnicom freza, natomiast mniejsze posuwy — dużym głębokościom i szerokościom a małym średnicom frezów.									

Tablica C-11. Zalecane posuwy p (mm/obr) dla uzyskania określonej klasy chropowatości przy frezowaniu frezami walcowymi

Klasa chropowatości wg PN	Obrabiany materiał					
	stal 25	stal 45	stal 15HA	stal NE000125	żeliwo szare	brąz
▽ 5	1,3–1,9	1,4–2,0	1,5–2,1	1,1–1,7	1,1–1,7	1,5–1
▽ 6	0,6–1,2	0,7–1,3	0,6–1,3	0,6–0,9	0,5–1,0	0,8–1
▽ 7	0,2–0,65	0,25–0,7	0,3–0,6	0,15–0,4	0,15–0,4	0,4–0

Uwaga: Dla frezów $D = 50-80$ posuwy przyjmować o 25–30% mniejsze.

Tablica C-12. Szybkości skrawania v (m/min) przy frezowaniu stali węglowej $R_m = 65$ kG/mm² z chłodzeniem, frezami walcowymi ze stali szybko tnącej SW18. Szerokość frezowania $B = 60$ mm

A. Frezy walcowe drobnózębne						
Głębokość g mm do:	Posuw p_z , mm/ząb					Szybkość v , m/min
	0,02	0,03	0,05	0,08	0,12	
	Szybkość v , m/min					
3	61	57	50	47	42	
5	52	49	43	40	35	
8	45	42	38	34	31	
Średnie okresy trwałości ostrzy T min przy podanych szybkościach v						
Średnica freza D , mm	50	63	80	90	110	140
Trwałość T , min	90	120	180	240	300	360