



FREZY

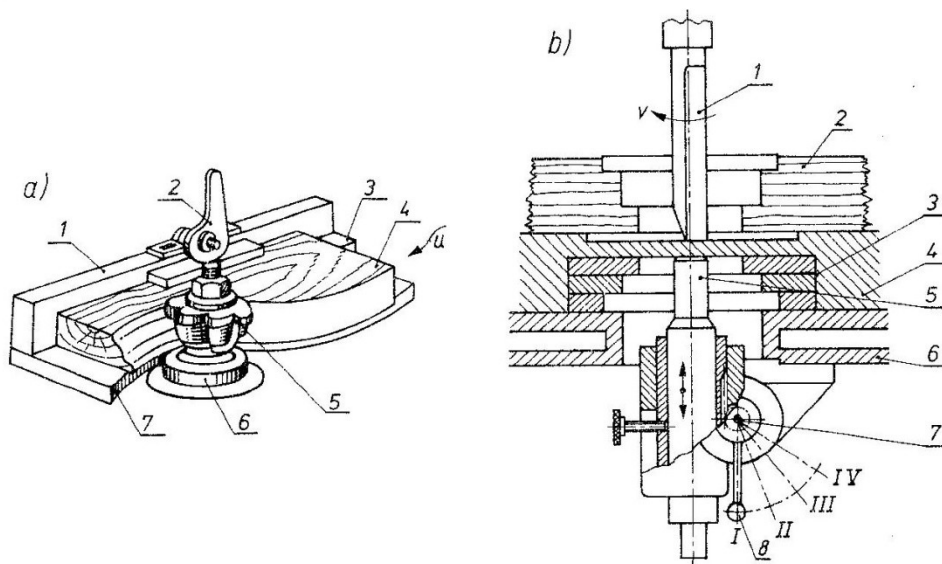
FREZARKI

CZOPIARKI

10. Narzędzia frezarskie i frezarki

10.1. Wprowadzenie

Obróbka frezowaniem charakteryzuje się obrotowym ruchem roboczym narzędzi frezarskich, których kształt łącznie z torem ruchów posuwowych decyduje o kształtach obrabianych powierzchni. Najczęściej frezowanie jest obróbką profilową *zewnętrzną* (rys. 10-1a) lub *wewnętrzną* dotyczącą wąskich i szerokich powierzchni obrabianych przedmiotów prostych lub krzywych oraz różnego kształtu zagłębień i otworów (rys. 10-1b). Profile uzyskane w wyniku frezowania mają zastosowanie zdobnicze, konstrukcyjne lub konstrukcyjno-zdobnicze. Dla konstrukcji narzędzi frezarskich, przygotowania ich do pracy i dla warunków obróbki istotne są przede wszystkim cechy profili przedstawione w tabl. 10-1. Jeśli profile mają zastosowanie konstrukcyjne, to wymagana jest większa dokładność ich wymiarów. Nazwy profili są podane w PN-76/D-54033.



Rys. 10-1. Frezowanie: a) na frezarce dolnowrzecionowej [1]

1 — przykładnia, 2 — zacisk mimośrodowy, 3 — ogranicznik, 4 — obrabiany przedmiot, 5 — frez, 6 — pierścień współosiowy z wrzecionem, 7 — wzornik

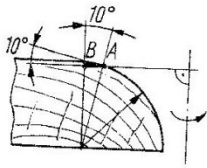
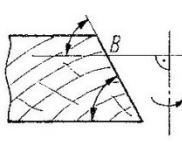
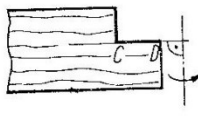
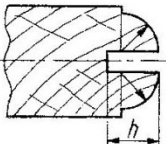
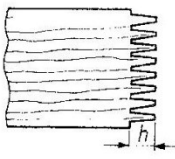
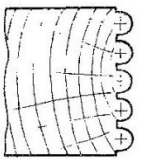
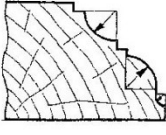
b) na frezarce gównowrzecionowej [14]

1 — frez trzpieniowy, 2 — obrabiany przedmiot, 3 — wzornik, 4 — płyta podstawowa, 5 — kołek kopiujący, 6 — stół, 7 — mechanizm zębatkowy, 8 — dźwignia

Rozróżnia się profile konstrukcyjne, zdobnicze i zdobniczo-konstrukcyjne (tabl. 10-1). Jeżeli głębokość profilu (na profilach D i E oznaczona h) nie przekracza 15 mm, to profil jest płytki; w przeciwnym razie byłby głęboki. Profil jest stromy, jeżeli choć jakiś jego fragment tworzy z prostą do osi obrotu narzędzia kąt mniejszy od 10° ; w profilu A decyduje o tym fragment AB , w profilu C — CD , w innych profilach takich fragmentów jest więcej i tylko profil B (ucios) jest profilem niestromym. Złożoność profilu decyduje o tym, czy do frezowania należy użyć freza pojedynczego, złożonego, czy kombinowanego, a stromość profilu — o tym, czy zęby freza powinny mieć pochYLENIE STYCZNE lub promieniowe, czy mogą go nie mieć.

Tablica 10-1

Cechy profili frezowanych

			
A. ĆWIERĆWAŁEK — profil zdobniczy jednostronny pojedynczy stromy	B. UCIOS — profil konstrukcyjny jednostronny pojedynczy niestromy	C. WRĘG PROSTY — profil konstrukcyjny jednostronny pojedynczy stromy	D. ĆWIERĆWAŁEK Z ODSADZENIEM i POŚREDNIM RÓWKIEM PROSTYM (profil siedmiodziałkowy) — profil zdobniczo-konstrukcyjny dwustronny symetryczny pojedynczy złożony (z odcinków prostych i krzywych) stromy
			
E. WCZEPY KLINOWE — profil konstrukcyjny dwustronny powtarzalny (wielokrotny) stromy	F. WIELOKROTNY PÓŁWAŁEK Z ROZSUNIĘCIEM — profil zdobniczy dwustronny powtarzalny (wielokrotny) stromy	G. PROFIL DZIESIĘCIO-ODCINKOWY — profil zdobniczy jednostronny pojedynczy złożony z odcinków prostych i krzywych) stromy	

10.2. Narzędzia frezarskie

10.2.1. Przegląd i zastosowanie

Ze względu na sposób zamocowania wszystkie narzędzia frezarskie, zwane krótko frezami, można podzielić na **frezy nasadzane** — z osiowym okrągłym otworem w środku, którym są nasadzane na wrzeciono (najczęściej frezarki dolnowrzecionowej — rys. 10-1a), i **frezy trzpieniowe** — mające chwyt w kształcie trzpienia, który jest mocowany w uchwycie wrzeciona (najczęściej frezarki górnoprzecionowej — rys. 10-1b).

Ze względu na budowę i materiał rozróżnia się **frezy całkowite**, których zęby tworzą niepodzielną całość z kadłubem, i **głowice frezowe**, których częściami roboczymi są wymienne noże mocowane w sposób rozłączny w kadłubie. Frezy całkowite mogą być jednolite — wykonane z jednego materiału albo niejednolite — z nakładkami ze stali szybko tnącej, węglików spiekanych, diamentu.

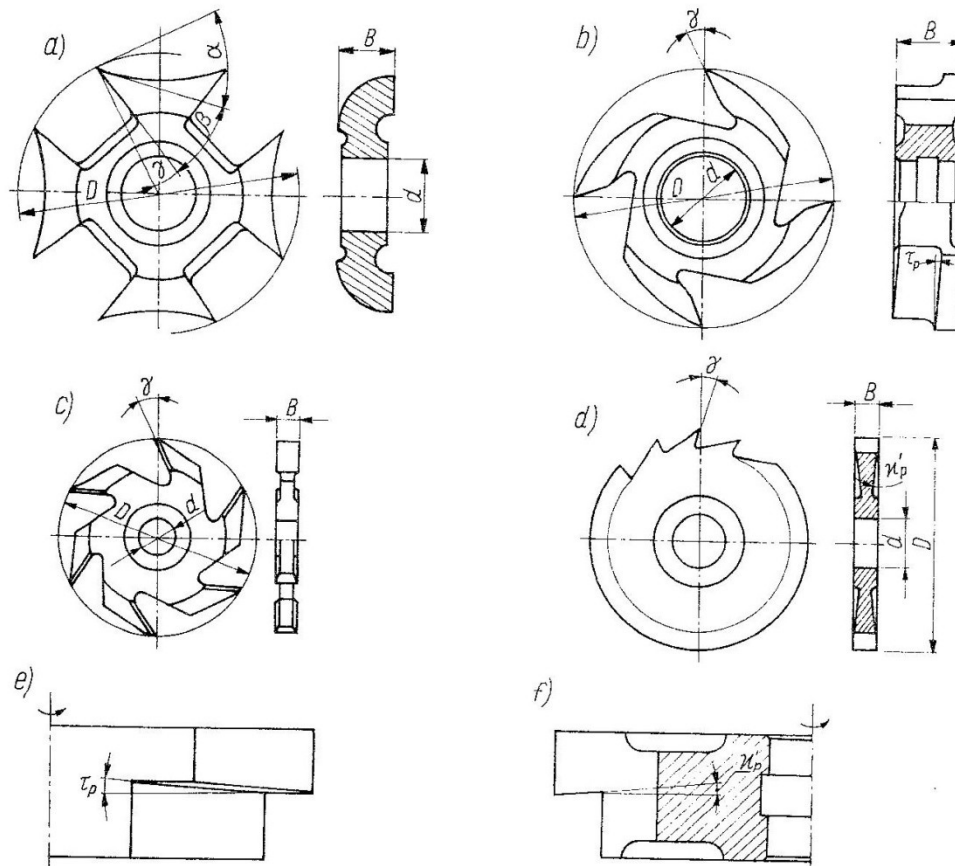
Rzut oka na profile wielokrotne E i F (tabl. 10-1) nasuwa myśl, że mogą być one obrabiane narzędziem frezarskim **złożonym** (krótko — frezem złożonym), składającym się z kilku czy kilkunastu **pojedynczych frezów** tego samego rodzaju, a w przypadku identycznych wymiarów powtarzalnego profilu — również frezów tych samych wymiarów. Profil złożony D w tabl. 10-1 ma rowek (wpust) będący profilem konstrukcyjnym, pozostałe jego fragmenty są zdobnicze. Zatem całość można obrabiać zestawem trzech pojedynczych frezów dwóch rodzajów; zestaw taki nazywa się narzędziem frezarskim kombinowanym lub krótko — **frezem kombinowanym**. Frez taki składałby się z dwóch frezów zataczanych do profilu zdobniczego i jednego freza ścinowego do profilu konstrukcyjnego (cechy tych frezów zostaną omówione w dalszej części rozdziału). Narzędzia kombinowane dają możliwość uzyskania różnych kombinacji przez wymianę każdego z frezów pojedynczych na inny profil lub inny wymiar.

Narzędzia frezarskie są najbardziej zróżnicowaną grupą narzędzi do maszynowej obróbki drewna, co wynika z mnogości profili oraz z faktu, że są to narzędzia stosowane również w strugarkach (trzystronnych i czterostronnych), czopiarkach, wczepiarkach wzorcarkach i obrabiarkach kombinowanych.

10.2.2. Frezy nasadzane całkowite pojedyncze

Ze względu na kształt całego freza i kształt zęba rozróżnia się wśród frezów nasadzanych całkowitych pojedynczych frezy gwiazdowe (koronowe) przystosowane do pracy przy obrotach w obu kierunkach oraz frezy jednokierunkowe: zataczane i ścinowe.

Frezy gwiazdowe (rys. 10-2a) są proste w budowie, łatwe w ostrzeniu i wygodne podczas obróbki krzywoliniowych boków elementów, kiedy to bez



Rys. 10-2. Frezy nasadzane całkowite pojedyncze: a) gwiazdowy, b) zataczany, c) ścinowy z nakładkami z węglików spiekanych, d) ścinowy jednolity piłowy, e) styczne pochylenie bocznej powierzchni zęba, f) dośrodkowe pochylenie krawędzi bocznej

możliwości zmiany kierunku obrotów następowałoby odłupywanie drewna skrawanego przy kierunku niezgodnym z układem włókien. Frezy te mają średnicę $D = 50 \div 180$ mm, szerokość $B = 3 \div 80$ mm, średnicę otworu $d = 16; 25; 30; 35$ mm; mają cztery lub pięć zębów. Profile tych frezów mają w większości charakter zdobniczy. Mały kąt natarcia ($\gamma = 10 \div 15^\circ$), występujący w tych frezach, wymaga dużej siły posuwu, daje jednak dobrą gładkość obróbki. Powierzchnia natarcia jest płaska i równoległa do osi obrotu narzędzia. Powierzchnia przyłożenia, na której jest ukształtowany profil, ma ogólny kształt lekko wklęsły (rzadziej prosty). Profil obróbki ulega pewnym zmianom w miarę zużywania się narzędzia (w wyniku ostrzenia wraz ze zmianą wymiarów zmieniają się i parametry katowe). Okres użytkowania jest ograniczony wytrzymałością podstawy zęba podcinanej z obu stron przy ostrzeniu.

Frezy zataczane (rys. 10-2b), w przeciwieństwie do gwiazdowych, zachowują niezmienny profil i mają znacznie dłuższy okres użytkowania. Niezmiennosc profilu wynika z zachowania stałych parametrów katowych, co jest możliwe dzięki temu, że powierzchnia przyłożenia freza jest po-

wierzchnią uzyskaną przez zatoczenie (por. rys. 3-24a); w każdym miejscu długości grzbietu kąt przyłożenia jest taki sam. Produkowane w kraju frezy zataczane czterozębowe mają wymiary: $D = 100 \div 250$; $B = 6 \div 56$; $d = 16$; 25; 30; 40; 60 mm; $\gamma = 20 \div 30^\circ$.

Profile frezów zataczanych mają charakter zdobniczy lub konstrukcyjny (wpusty, wypusty). Często jest stosowane skośne względem osi narzędzia usytuowanie płaszczyzny natarcia. We frezach z większą liczbą zębów ($z = 6$ lub 8), stosowanych do profilów dwustronnych, płaszczyzny natarcia kolejnych zębów są ustawione na przemian skośnie, a w przypadku profilów jednostronnych płaszczyzny natarcia są pochylone w jednym kierunku.

Frezy zataczane do wręgów i podobnych profilów stromych mają na stromych odcinkach profilu styczne pochylenie bocznej powierzchni zęba pod kątem $\tau_p = 2 \div 4^\circ$ (rys. 10-2e) lub promieniowe pochylenie krawędzi ostrza pod kątem κ'_p (czytaj kappa prim pe) równym $1 \div 2^\circ$ (rys. 10-2f), co zmniejsza tarcie bocznych ostrzy zębów o powierzchnię obrabianą, ale jednocześnie — w miarę zużywania się freza — wpływa na wymiary szerokości profilu.

Frezy ścinowe (rys. 10-2c) znajdują zastosowanie tylko przy frezowaniu profilów konstrukcyjnych (rowki, wypusty, wręgi, wczepy proste). Przy prostej budowie frezy te mają jednak takie wady, jak krótszy okres użytkowania, zmiana parametrów katowych w wyniku kolejnych ostrzeń. W kraju są produkowane frezy ścinowe do wręgów i rowków w następujących wymiarach: $D = 50 \div 200$; $B = 4 \div 25$; $d = 16, 25, 40$ mm; o liczbie zębów $z = 4 \div 12$. Podzielna przez 3 liczba zębów we frezach do rowków wynika ze stosowania uzębienia grupowego, w którym po dwóch zębach nacinających (jeden z lewej, drugi z prawej) następuje ząb skrawający. Pozy tym we frezach ścinowych występuje w budowie zęba odsadzenie powierzchni przyłożenia lub powierzchni natarcia. Zgrubienie to (szerokości $2 \div 3$ mm) ma boczne płaszczyzny pochylone do tyłu (stycznie) pod kątem $\tau_p = 4 \div 6^\circ$ lub do środka freza (promieniowo) $\kappa'_p = 2 \div 4^\circ$.

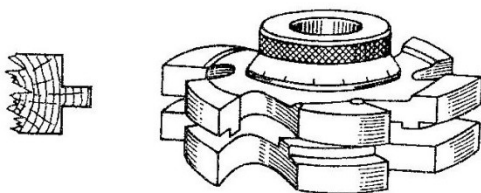
Stosowane do obróbki drewna twardego i tworzyw drzewnych frezy ścinowe mają nakładki ze stali szybko tnącej lub z węglików spiekanych (rys. 10-2c), co zwiększa parokrotnie trwałość narzędzia.

Odmianę frezów ścinowych stanowią *frezy ścinowe piłowe* (rys. 10-2d). Są to narzędzia o kształcie zbliżonym do pił tarczowych dośrodkowo zbieżnych, lecz grubsze od pił takiej samej średnicy. Frezy ścinowe piłowe najczęściej są stosowane do wykonywania rowków i widlic. Ze względu na szerokość (grubość) B i sposób mocowania rozróżnia się dwa rodzaje frezów ścinowych piłowych. Do pierwszego należą frezy mocowane prostopadłe do osi obrotów wrzeciona ($D = 63 \div 250$; $B = 3 \div 20$ mm; $z = 12 \div 30$). Mają one zbieżność dośrodkową, zmniejszającą ocieranie o ściany frezowanego rowka i dają szerokość rowka równą wymiarowi B . W przypadku obróbki drugim rodzajem frezów ścinowych piłowych o szerokości rowka współdecyduje kąt odchylenia od normalnego położenia prostopadłego względem osi wrzeciona, uzyskiwany dzięki zastosowaniu odpowiedniej głowicy (stąd potoczna

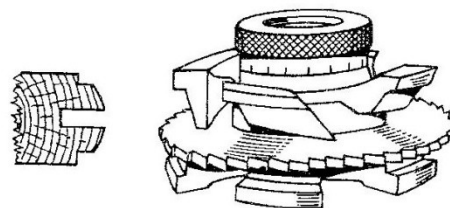
nazwa — piły wahliwe). Rowek wykonany takim narzędziem ma dno lekko wklęsłe; jego ściany i dno nie są gładkie. Dla freza piłowego średnicy $D = 250$, szerokości $B = 4$ mm, odchylonego o kąt 10° — szerokość rowka wypadnie około 47 mm. Należy podkreślić, że zęby freza ustawionego pod takim kątem powinny mieć boczne powierzchnie pochylone pod kątem τ_p co najmniej o 2° większym ($10^\circ + 2^\circ = 12^\circ$).

10.2.3. Frezy nasadzane złożone i kombinowane

Do obróbki przedmiotów o profilach podobnych, lecz różniących się szerokością (wpusty albo wypusty w deskach podłogowych, szalunkowych, ramiaki drzwi płycinowych) są stosowane frezy złożone z dwóch lub trzech frezów pojedynczych całkowitych tego samego rodzaju, a więc np. dwóch frezów zataczanych. Istotne znaczenie ma sposób złożenia frezów pojedynczych i w zależności od tego rozróżnia się następujące rodzaje frezów złożonych: frezy z wymiennymi pierścieniami dystansowymi, których wymiar decyduje o odległości frezów, a zatem o szerokości profilu; frezy z tuleją nastawczą (rys. 10-3), którą wkreca się w gwintowany otwór jednego z frezów i dzięki temu ustala jego odległość od drugiego; frezy z samoregulacją, które — niezależnie od stopnia zużycia — zachowują stałą odległość między sobą, gwarantując tym samym niezmienną szerokość wpustu czy wypustu przez cały czas ich użytkowania.



Rys. 10-3. Frez złożony z tuleją nastawczą



Rys. 10-4. Frez kombinowany z dwóch zataczanych i ścinowego piłowego

Frezy kombinowane są stosowane do obróbki profili złożonych. Są to narzędzia frezarskie złożone z co najmniej dwóch frezów różnego rodzaju, np. z freza zataczanego i ścinowego. W przypadku profilu z głębokim rowkiem celowe jest stosowanie freza kombinowanego z freza ścinowego piłowego i dwóch frezów zataczanych (rys. 10-4).

10.2.4. Głowice frezowe nasadzane i noże do głowic

Różnorodność głowic wyraża się kształtami ogólnymi, a w szczególności kształtami kadłuba (wielokątne, walcowe, tarczowe, kołnierzowe, skrzydełkowe, ramieniowe, stożkowe, profilowane), kształtami noży (płaskie, łukowe, hakowe, kabłąkowe, kielichowe, krążkowe), sposobem ich mocowania, usytuowaniem noży względem bryły kadłuba, usytuowaniem profilu wzglę-

dem bryły noża i wreszcie różnorodnością profili; oprócz noży skrawających występują noże nacinające (nacinaki).

Podobnie jak frezy całkowite, również głowice są łączone — po dwie, trzy lub więcej — w **głowice złożone**. W tablicy 10-2 pokazano najszerzej stosowane typy **głowic nasadzanych**, a w tabl. 10-3 — noże do głowic.

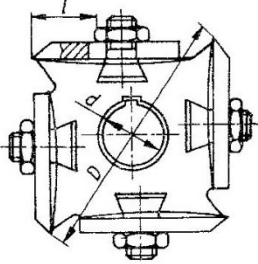
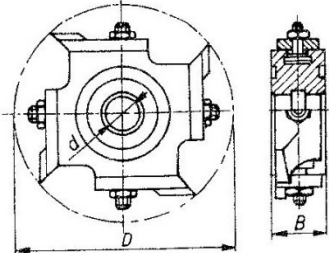
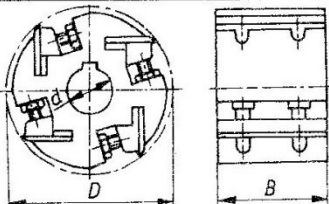
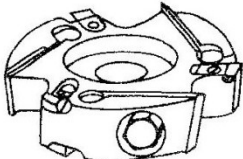
Głowice wielokątne, najczęściej kwadratowe — *A* (tabl. 10-2) pracują nożami płaskimi grubymi (patrz rys. 9-1*b*) przykręcanymi do płaszczyzn kadłuba śrubami przechodzącymi przez wręby lub wydłużone otwory w nożach. Odległość *l* od miejsca zamocowania do miejsca obciążenia noża siłą skrawania stanowi ramię momentu zginającego nóż; powoduje to drgania i pogarsza jakość obróbki. Jest to prosty, ale stary typ głowicy stosowany w strugarkach trzysronnych i frezarkach dolnowrzecionowych (również do płytkich profili, jak nóż *a* — tabl. 10-3). Wadą jest zwiększony hałas i gorsze warunki bezpieczeństwa.

Głowica kwadratowa *B* pracuje nożami prostymi *b* (tabl. 10-3) przykręcanymi śrubami, których łby tkwią w rowku kadłuba. Profil noża jest ukształtowany na powierzchni przyłożenia, co ułatwia płaskie ostrzenie od powierzchni natarcia. Pozostałe cechy są takie, jak głowicy *A*.

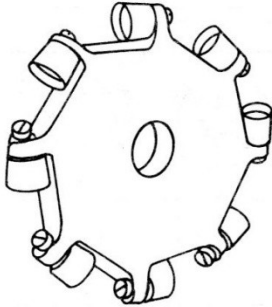
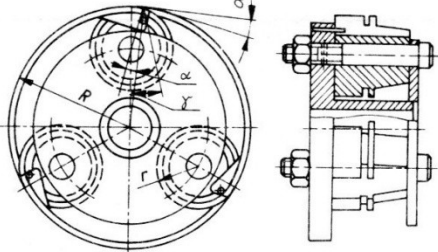
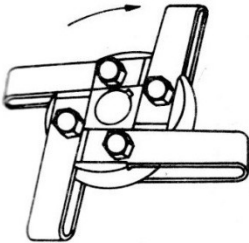
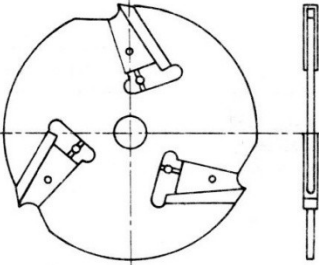
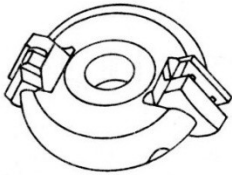
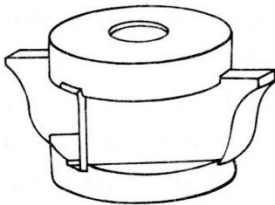
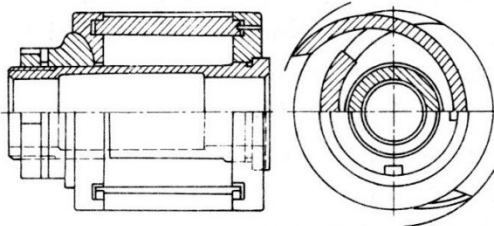
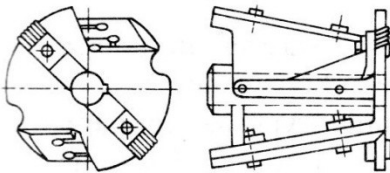
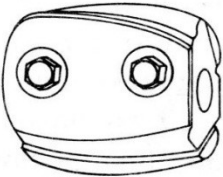
Głowica walcowa *C* pracuje nożami płaskimi cienkimi o prostym ostrzu (patrz rys. 9-1*a*), mocowanymi w sposób opisany w p. 9.2; nie ma wad głowic kwadratowych; jest stosowana we wszystkich typach strugarek, we frezarkach dolnowrzecionowych, czopiarkach i wzorcarkach bryłowych wzdłużnych.

Tablica 10-2

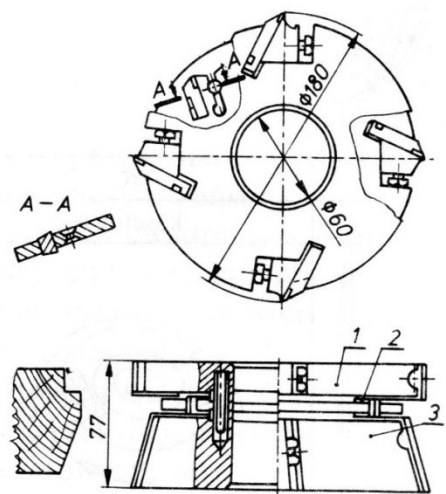
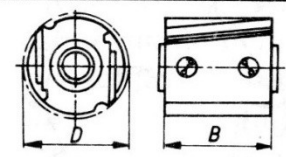
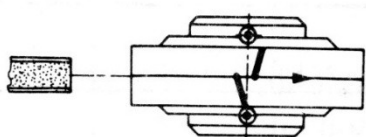
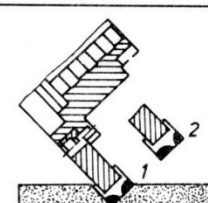
Głowice frezowe nasadzane

Głowice kwadratowe	
<i>A</i>	<i>B</i>
	
Głowice walcowe	
<i>C</i>	<i>D</i>
	

cd. tablicy 10-2

Główce tarczowe		
<i>E</i>	<i>F</i>	
do noży kielichowych	do noży krążkowych	
		
<i>G</i>	<i>H</i>	<i>K</i>
do noży kabłąkowych	szczelinowa	kasetowa
		
Główce kołnierzowe		
<i>M</i>	<i>N</i>	
z nożami płaskimi	z nożami łukowymi i tuleją	
		
Głowica skrzydełkowa	Głowica baryłkowa	
<i>P</i>	<i>R</i>	
		

cd. tablicy 10-2

Przykłady innych głowic	
Głowica złożona z głowicy walcowej, tarczowej szczelinowej i stożkowej	Głowica z nakładkami — walcowa
<i>S</i>	<i>T</i>
	
	Głowica złożona (z 2 głowic walcowych)
	<i>U</i>
	
	Głowica do płyt wiórowych — walcowa
	<i>W</i>
	

Głowica walcowa *D* ma noże płaskie zaciskane płaszczynowo, ustawione skośnie względem osi głowicy, co daje lepszą gładkość obróbki, ale utrudnia ostrzenie. Nacinaki *k* (tabl. 10-3) na obu czołach czynią tę głowicę przydatną zwłaszcza do poprzecznego frezowania rowków szerokości równej szerokości głowicy. Nadaje się ona również do wręgów i do swobodnego frezowania wąskich i szerokich powierzchni. Jest stosowana we frezarkach dolno-wrzecionowych, czopiarkach oraz frezarkach specjalistycznych w produkcji stolarki budowlanej.

Głowica tarczowa *E* (tabl. 10-2) pracuje nożami kielichowymi przykręcanymi *c* (tabl. 10-3). Jest typowym narzędziem wzorcarek bryłowych poprzecznych. Łatwe do ostrzenia (szlifowanie na okrągło) noże kielichowe po obroceniu dookoła własnej osi o kąt $45 \div 60^\circ$ mogą pracować kolejnym odcinkiem łuku ostrej krawędzi tnącej ($8 \div 6$ razy).

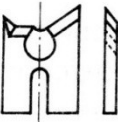
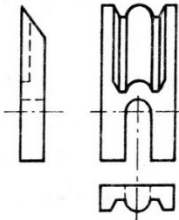
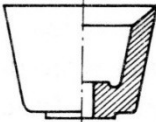
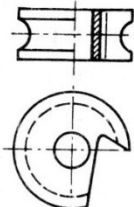
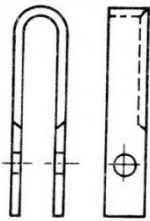
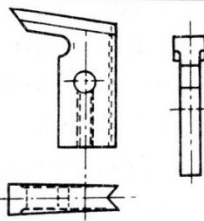
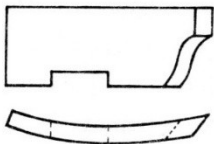
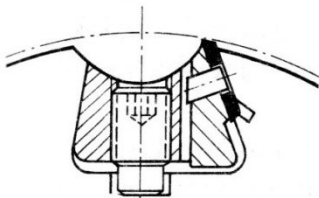
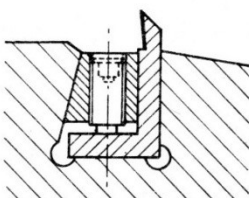
Głowica tarczowa *F* z nożami krążkowymi *d*, skręcanymi między dwiema tarczami, jest przykładem rozwiązania prostego konstrukcyjnie i technologicznie. Głowicę taką można wykonać w skromnie wyposażonej narzędziowni. Jej zaletą polega na możliwości stosowania w tym samym kadłubie kompletów noży o różnych profilach, a ponadto noże krążkowe są łatwe do wykonania i mogą być wielokrotnie ostrzone.

Głowica tarczowa *G* z nożami przykręcanymi kabłąkowymi *e* jest stosowana we wzorcarkach bryłowych poprzecznych. Sposób mocowania i kształt noży nie sprzyjają spokojnej pracy; noże — choć łatwe do wykonania, z płaskownika — nie są łatwe do ostrzenia. Głowica ta jest zdecydowanie gorsza od głowicy *E* z nożami kielichowymi.

Głowica tarczowa szczelinowa *H* do noży prostych jest głowicą typową do frezowania widlic na czopiarkach. Oprócz zaciskanych klinowo noży prostych o prostym ostrzu mogą być w głowicach tego typu stosowane noże hakowe *f* i to profilowe (z profilem ukształtowanym na grzbiecie), ostrzone płasko od piersi.

Tablica 10-3

Noże do głowic frezowych

Noże proste		Nóż kielichowy	Nóż krążkowy
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
			
Nóż kabłąkowy		Nóż hakowy	Nóż łukowy
<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	
			
Nóż 2-krotnego użycia	Nóż kątownikowy	Nacinak prosty	
<i>h</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	
			
		Nacinak kwadratowy	
		<i>m</i>	
			

Głowica tarczowa kasetowa *K* pracuje nożami płaskimi cienkimi o prostym ostrzu, zaciskanyymi płaszczyznowo w sposób podobny do pokazanego na rys. *h* w tabl. 10-3 (nóż jest ustawiony i zamocowany nie w kadłubie, jak na rys. *h*, lecz w kasecie, która względem kadłuba może być obracana, dając ustawienie noża do frezowania wąskich płaszczyzn pod kątem $+45^\circ$ – -45°). Głowica kasetowa jest przydatna do obróbki małych serii elementów na frezarce dolnowrzecionowej.

Głowica kołnierkowa *M* jest prostej konstrukcji głowicą do noży płaskich grubych, zaciskanych bocznie, lub do noży łukowych *g*. Profil ukształtowany na grzbiecie i ostrzony od grzbietu nie jest łatwy do ostrzenia. Warunki mocowania noży i głowicy na wrzecionie frezarki dolnowrzecionowej nie zapewniają bezpieczeństwa.

Głowica kołnierkowa *N* z tuleją, do noży łukowych, ma wyraźną przewagę nad głowicą *M*. Płytki profil jest ukształtowany na grzbiecie noża; nóż ostrzy się płasko od piersi. Tuleja, podkładka kulista i nakrętka zdecydowanie poprawiają warunki mocowania noży w głowicy i skompletowanej głowicy — na wrzecionie.

Głowica skrzydełkowa *P* jest stosowana w czopiarkach. Skośne ustawienie noży grubych z dwoma wrębami na śruby, dociskanych bezpośrednio śrubami, zapewnia lepszą gładkość, choć utrudnia ostrzenie. Nacinaki (z reguły tylko na jednym czole) ułatwiają poprawne kształtowanie prostokątnego naroża między czopem a odsadzeniem.

Głowica profilowana baryłkowa *R* jest przykładem zgodności profilu obróbki z profilem kadłuba, dzięki czemu warunki zamocowania płaskich noży cienkich są poprawne na całej długości. Profil kadłuba ogranicza możliwość stosowania noży o innym profilu, a więc stosowanie głowic profilowanych jest uzasadnione ekonomicznie w obróbce wielkoseryjnej.

Głowica złożona trzyczęściowa *S* składa się z głowicy walcowej *1*, tarczowej szczelinowej *2* i stożkowej *3*. Jest przykładem zalet składania narzędzi pojedynczych. Z rysunku widać, że wszystkie noże są z nakładkami z węglików spiekanych.

Głowica walcowa *T* z nakładkami zaciskanyymi płaszczyznowo pracuje nożami płaskimi ustawionymi skośnie. Dzięki skośnemu ustawieniu noży uzyskuje się gładką powierzchnię obrobioną.

Głowica złożona *U* nadaje się do obróbki wąskich płaszczyzn płyt oklejanych (zwłaszcza laminowanych), ponieważ składa się z dwóch głowic walcowych z nożami ustawionymi skośnie w przeciwnych kierunkach. Dzięki temu pionowa składowa siły skrawania noży głowicy górnej dociska laminat do płyty od góry, a głowicy dolnej — od dołu.

Głowica walcowa *W* jest głowicą do frezowania rowków w płytach wiórowych oklejanych i laminowanych. Na rysunku pokazano rowki potrzebne do sklemania szuflad i skrzynek na ucios (metodą „folding”). Noże kątownikowe *j* mają nakładki diamentowe przyklejone na nożach nieparzystych w układzie odwrotnym niż na parzystych, co wiąże się z wymiarami diamentów syn-

tetycznych ciętych na płytki, dzielone następnie na połówki i ćwiartki. Głowice te charakteryzują się bardzo dużą trwałością (160 km, tj. około 60 razy większą niż frezy z nakładkami z węglików spiekanych), ale ich cena jest wysoka, a ponadto konieczne jest odsyłanie narzędzi do specjalistycznego ostrzenia.

Oprócz frezów z nakładkami i noży niejednorodnych w głowicach frezowych są stosowane noże skrawające h i nacinaki m , wykonane w całości z węglików spiekanych lub ze stali szybko tnącej. Noże te nie są przewidziane do ostrzenia. Nacinak m obraca się po stępieniu o 90° i wykorzystuje kolejno cztery ostrza kwadratowej płytki. Nóż skrawający dwukrotnego użycia h jest płytką grubości 1,1; 1,5 lub 2,2 mm, szerokości 12 i długości do 120 mm, z jednym lub dwoma otworami służącymi do zabezpieczenia kołkiem przed awaryjnym wysunięciem z głowicy.

10.2.5. Frezy i głowice frezowe trzpieniowe

Ze względu na ogólny kształt można wśród frezów całkowitych rozróżnić frezy trzpieniowe walcowe, stożkowe, profilowe i drażone (a wśród drażonych — takie same odmiany kształtów). Podobnie jak w nasadzanych, w grupie tej występują **frezy ścinowe** i **zataczane**, ale nie ma gwiazdowych. Również frezy trzpieniowe mają odmiany jednolite i niejednolite, ale ze względu na mniejsze średnice (od 3 do 50 mm) w małych frezach — zamiast nakładek — całe części robocze są wykonane z węglików spiekanych (zgrzewane z trzpieniem chwytu wykonanego ze stali konstrukcyjnej). We frezach trzpieniowych występuje cecha szczególnie związana z usytuowaniem osi freza względem osi obrotów: oprócz większości frezów ustawianych współosiowo (współśrodkowo) są frezy jednoostrzowe ustawiane i mocowane nieśrodkowo.

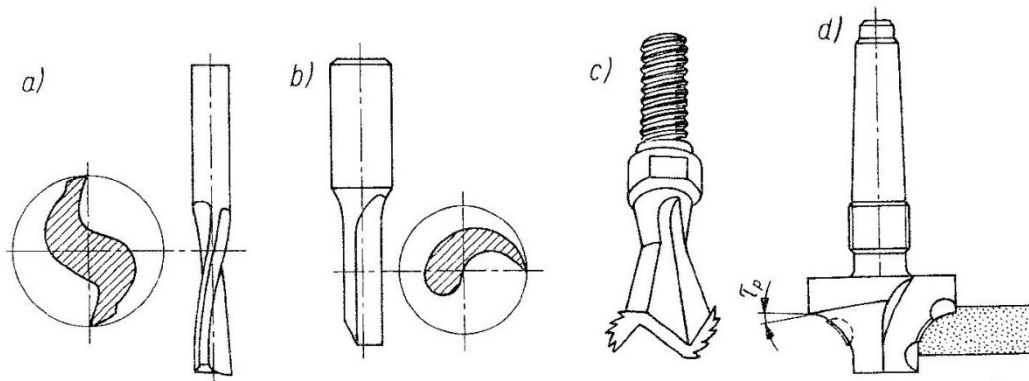
Jak w przypadku frezów nasadzanych, wśród frezów trzpieniowych występują odmiany ze wstawianymi, wymiennymi częściami roboczymi, tzn. głowice frezowe trzpieniowe, lecz z mniejszą liczbą noży.

Frez walcowy dwuostrzowy (rys. 10-5a) ma dwa ostrza boczne skośne (śrubowe) ścinowe i dwa czołowe. Służy do frezowania gniazd, otworów i rowków. Skośne ostrza ułatwiają odprowadzanie wiórów z głębokich otworów i dają dobrą gładkość obróbki.

Frez walcowy jednoostrzowy z ostrzem prostym zataczany (rys. 10-5b) ma zastosowanie takie, jak frez z rys. 10-5a, lecz do mniejszych głębokości. Proste ostrze można łatwo ostrzyć.

Frez stożkowy (kąt wierzchołkowy zwykle 20°), dwuostrzowy, zataczany, z nacinakami i z chwytem gwintowanym pokazano na rys. 10-5c. Służy on do frezowania zapletwień i wykonywania wczepów. Tego rodzaju frezy są również trzyostrzowe, mają chwyt walcowy; w niektórych odmianach nie występują nacinaki.

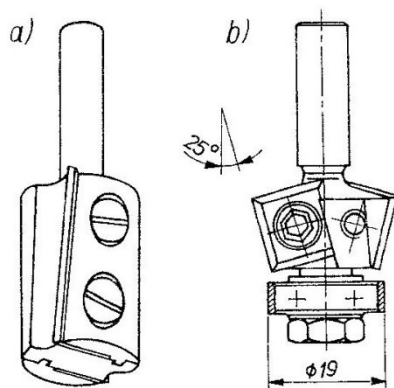
Frez na rys. 10-5d jest frezem profilowym do ćwierćwałków z jednostron-



Rys. 10-5. Frezy trzpieniowe: a) walcowy dwuostrzowy, b) walcowy jednoostrzowy, c) stożkowy dwuostrzowy, d) profilowy

nym odsadzeniem i choć ma dwa ostrza, pracuje jak jednoostrzowy, ponieważ nakładki diamentowe są ustawione na przemian. Warto zwrócić uwagę na kąt τ_p , zastosowany ze względu na stromość profilu. Frez ma chwyt stożkowy wciągany gwintem nakrętki różnicowej, o czym będzie mowa w p. 10.2.6.

Na rysunku 10-6a przedstawiono głowicę trzpieniową walcową z dwoma zaciskowymi płaszczyznowo nożami o skośnych ostrzach. Głowica ta pracuje tylko bokiem, nie ma nacinaków, a więc nadaje się do prostego swobodnego frezowania boków elementów prostych i krzywych.



Rys. 10-6. Głowice frezowe trzpieniowe: a) walcowa, b) stożkowa

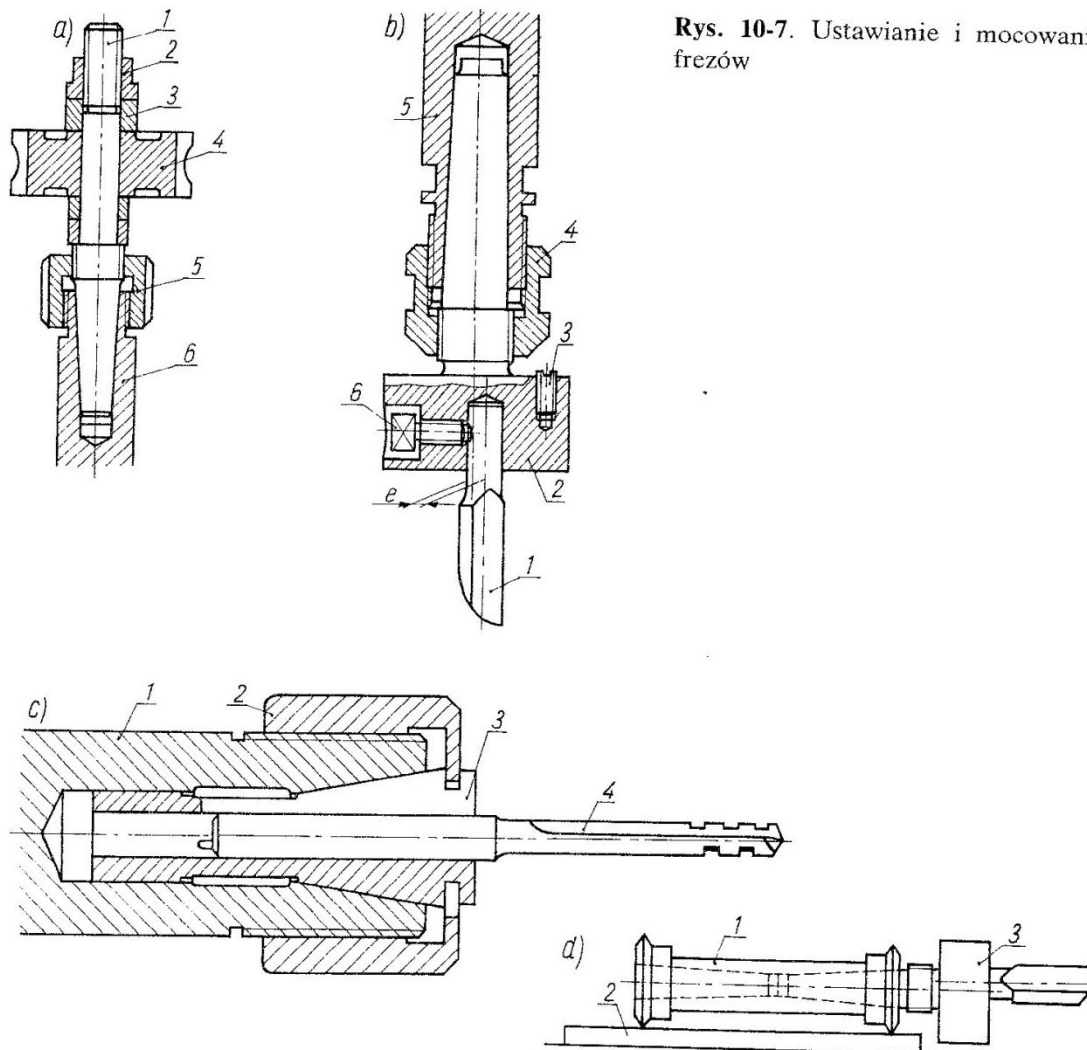
Głowica na rys. 10-6b jest głowicą stożkową; ma noże w postaci płytek kwadratowych (obracanych po stępieniu). Na przedłużeniu części roboczej znajduje się czop z pierścieniem $\varnothing 19$ (pokazany w przekroju), osadzonym na łożysku kulowym. Umożliwia to frezowanie według wzornika, który wraz z zamocowanym w przyrządzie przedmiotem obrabianym jest prowadzony po pierścieniu.

10.2.6. Ustawianie i mocowanie narzędzi frezarskich

Wykonywane przez stolarza czynności wchodzące w zakres przygotowania stanowiska roboczego do pracy obejmują ustawianie i mocowanie frezów. Przez ustawienie rozumie się ogólnie nadanie narzędziu wymaganego

położenia, a przez zamocowanie — połączenie narzędzia z zespołem roboczym w sposób zapewniający przeniesienie sił potrzebnych w procesie obróbki.

Frezy i głowice nasadzane mocuje się bezpośrednio na wrzecionach obrabiarek lub — jak w przypadku frezarek dolnowrzecionowych — na wymienionych trzpieniach wstawnych (rys. 10-7a). Trzpień 1 ma chwyt stożkowy Morse'a nr 3, 4 lub 5, pasujący do stożkowego gniazda we wrzecionie 6. Trzpień wstawia się we wrzeciono i wciska za pomocą nakrętki różnicowej 5. Ponieważ skok gwintu na wrzecionie jest większy niż na trzpieniu, przy obracaniu nakrętki w prawo następuje wciskanie trzpienia w gniazdo (przy obrocie w przeciwną stronę — luzowanie). Położenie freza 4 na długości trzpienia można ustalić (niezależnie od nastawności wrzeciona lub stołu frezarki) zakładając pod frez i nad frez odpowiednio dobrane pierścienie 3, które łącznie z frezem zaciska się na trzpieniu nakrętką 2. Średnica robocza trzpienia powinna być dopasowana do średnicy otworu we frezie (suwliwie). Wszystkie powierzchnie mocujące powinny być czyste i nie uszkodzone.



Rys. 10-7. Ustawianie i mocowanie frezów

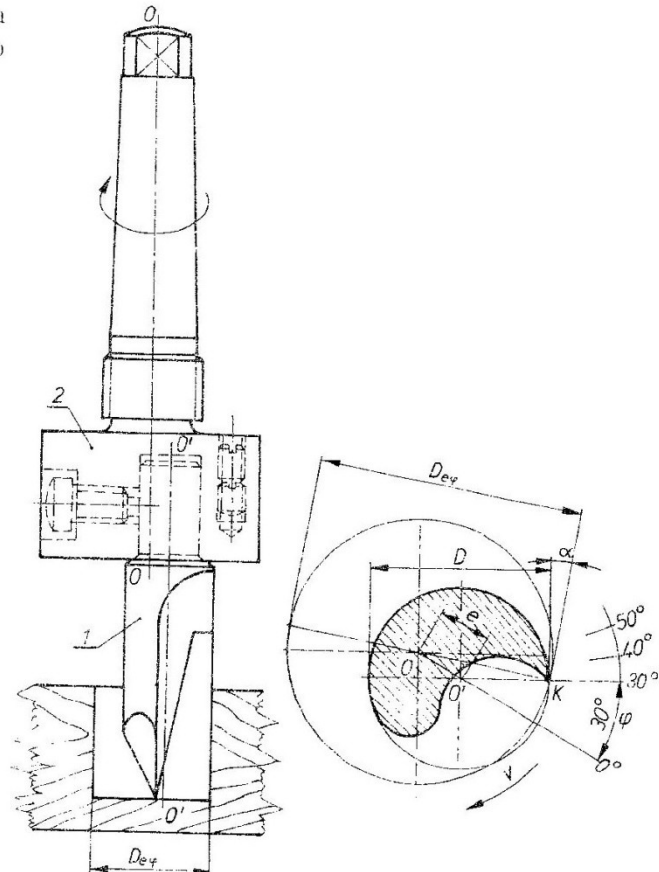
Frezy trzpieniowe mocowane środkowo ustawia się i mocuje za pomocą uchwytów szczękowych, podobnie jak wiertła (por. rozdział 12.3), lub za pomocą uchwytu tulejowego (rys. 10-7c). W uchwycie tym elementem mocującym jest rozprężna tuleja stożkowa 3 z trzema przecięciami, umożliwiającymi jej sprężyste zaciskanie się na chwycie freza 4. Tuleję wciska się w stożkowe gniazdo przez nakręcanie nakrętki kapturowej 2 na gwintowaną końcówkę wrzeciona 1.

Frezy trzpieniowe mocowane nieśrodkowo (rys. 10-7b) wymagają stosowania odpowiednich uchwytów z chwytem stożkowym Morse’a, mocowanych we wrzecionie 5 nakrętką różnicową 4 (jak trzpień wstawny we wrzecionie frezarki dolnowrzecionowej). Każdy uchwyt ma charakterystyczną dla niego mimośrodowość e , współdecydującą o średnicy okręgu skrawania D_{eq} . Frez 1 mocuje się w uchwycie 2 śrubą dociskową 6, przy czym należy zwrócić uwagę na prawidłowe ustawienie freza (por. rys. 10-8 i dalszy opis). Ponieważ nieśrodkowe usytuowanie freza narusza symetrię rozmieszczenia mas, a frezy te pracują przy prędkości do 24 000 obr/min, szczególnie ważne staje się wyważanie narzędzia. Każda zmiana freza lub zmiana jego ustawienia pociąga za sobą konieczność ponownego wyważenia. Uchwyt jest przystosowany do częstego wyważania w taki sposób, że można w nim wymieniać, ujmować lub dodawać wkręty do wyważenia 3 (rys. 10-7b). Wyważenie bada się za pomocą przyrządu pokazanego na rys. 10-7d. Jeżeli narzędzie jest dobrze wyważone, to przyrząd 1 z osadzonym w nim uchwytem z frezem 3 w każdym położeniu na płaskiej płycie poziomej 2 będzie zachowywał równowagę obojętną.

Bliższego omówienia wymaga ustawianie frezów mocowanych nieśrodkowo (rys. 10-8). Powierzchnia przyłożenia freza trzpieniowego 1 jest powierzchnią walca średnicy D , którego oś $0'$ pokrywa się z osią walcowego chwytu freza i z osią gniazda w uchwycie 2, którego osią obrotu jest oś 0 . Gdyby taki frez został ustawiony w oprawce współosiowo ($e = 0$), obracałby się dokoła osi własnej i całą powierzchnią przyłożenia ocierałby się o ścianę frezowanego gniazda, którego średnica wynosiłaby D ; kąt przyłożenia byłby $\alpha = 0^\circ$. Dlatego oś $0'$ gniazda w uchwycie jest przesunięta względem osi obrotu uchwytu 0 o wielkość e . Ponadto poprawne ustawienie wymaga — niezależnie od mimośrodowości — obrócenia freza dokoła osi własnej tak, aby uzyskać potrzebny kąt przyłożenia. Na powiększonym przekroju pokazano frez w położeniu po obróceniu go o kąt $\varphi = 30^\circ$. Kątowi $\varphi = 0^\circ$ odpowiada położenie, przy którym krawędź ostrza K leżałaby na przedłużeniu linii $00'$ przechodzącej przez oś oprawki i oś freza. W pokazanym ustawieniu frez pracuje z oznaczonym kątem α i frezuje gniazdo średnicy D_{eq} , odpowiadającej temu ustawieniu. Obróciwszy frez o kąt $\varphi = 40^\circ$, uzyskalibyśmy większy kąt α i mniejszą średnicę D_{eq} . Praktycznie ustawianie odbywa się w zakresie $\varphi = 30 \div 53^\circ$. Średnicę okręgu skrawania można wyliczyć z zależności:

$$D_{eq} = \sqrt{D^2 + (2 \cdot e)^2 + 4D \cdot e \cdot \cos \varphi} \text{ mm.}$$

Rys. 10-8. Schemat ustawiania freza trzpieniowego mocowanego nieśrodkowo



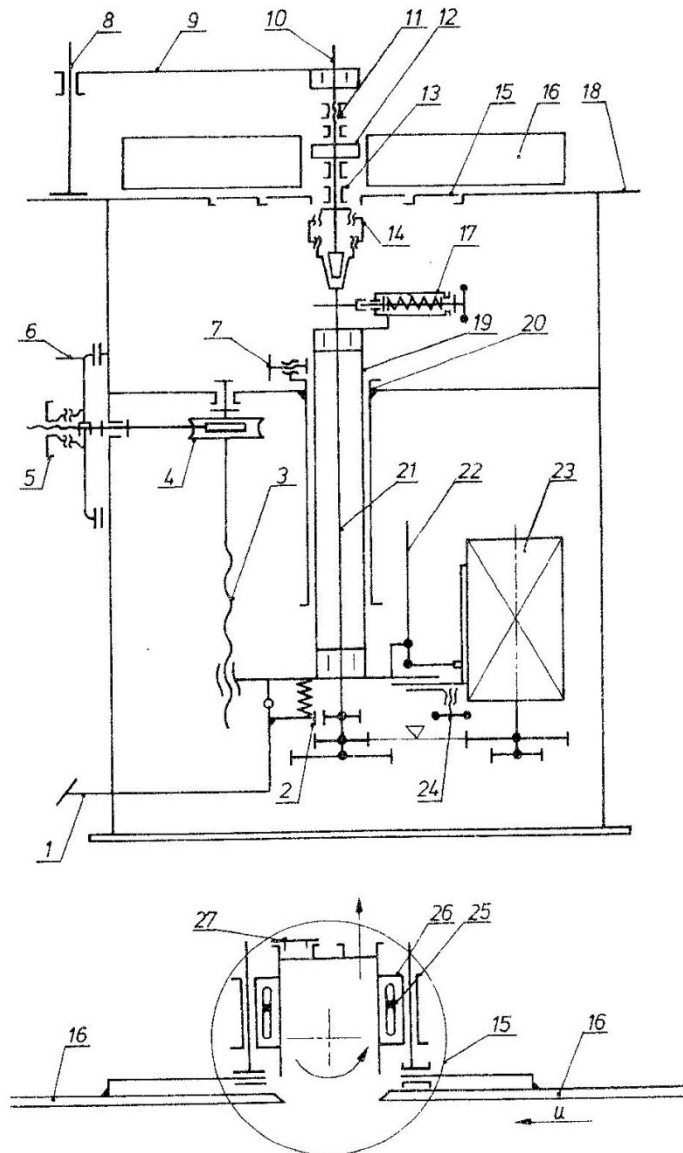
Mimośrodkowość e uchwyty jest kluczem do oznaczania ich wielkości charakterystycznej, zwanej numerem: numerowi 2,5 odpowiada $e = 1,25$ mm; nr 4 ma $e = 2$ mm itd. Numer i kąty $\varphi = 0^\circ, 30^\circ$ i 50° są trwale oznaczone na kadłubie uchwyty. Uchwyty od nr 0,5 do nr 3 są przewidziane dla mniejszych frezów, których średnica chwytu $d = 9,5$ mm, a od nr 4 do nr 11 — dla większych ($d = 12$ mm). W katalogach narzędzi lub tabliczkach informacyjnych na frezarkach są podawane zależności wyliczone wg przytoczonego wzoru.

10.3. Frezarki dolnowrzecionowe

Zasadę pracy frezarki dolnowrzecionowej ilustruje rys. 10-1a. Frez 5 zamocowany na wrzecionie wykonuje ruch roboczy obrotowy. Obrabiany przedmiot 4, zamocowany w przyrządzie obróbkowym zaciskiem mimośrodkowym 2, opiera się dolną płaszczyzną na płycie 7 (jej bok pełni funkcję wzornika), boczną — na przykładni 1, a tylną — na kostce ogranicznika 3. Przyrząd z przedmiotem jest przesuwany ręcznie po stole ruchem posuwowym, którego tor wynika z prowadzenia wzornika 7 po pierścieniu 6 współosiowym z wrzecionem.

Działanie poszczególnych zespołów frezarki zostanie omówione na podstawie schematu kinematycznego przedstawionego na rys. 10-9.

Rys. 10-9. Schemat kinematyczny
frezarki dolnowrzecionowej [14]



Wrzeciono 21 łożyskowane w tulei 19 jest napędzane silnikiem 23 za pośrednictwem dwustopniowej przekładni pasowej; odpowiednie napięcie pasków uzyskuje się dźwignią 22, odsuwając silnik wzdłuż prowadnicy i zaciągając we właściwym położeniu śrubą 24. Frez 12 osadza się na trzpieniu wstawnym długim 10, mocując nakrętką 11, a trzpień — we wrzecionie, nakrętką różnicową 14, w sposób opisany w rozdz. 10.2.6 (rys. 10-7a). Na czas mocowania freza wrzeciono unieruchamia się zatrząskiem 17. Długi trzpień potrzebny do freza szerokiego lub ustawionego wysoko wymaga usztywnienia; na gładki górny czop trzpienia nasadza się łożysko toczne z ramieniem 9 mocowanym na stojaku 8; taka wspornikowa konstrukcja usztywnia trzpień.

Elementy proste frezuje się prowadząc je po stole 18 wzdłuż prowadnicy 16, której dwie płyty należy ustawić względem freza według zasad podanych dla stołu wyrówniarki (rozdz. 9.4.2). Każda z płyt prowadnicy da się nast-

wieć stosownie do średnicy freza i grubości warstwy frezowanej i w nastawionym położeniu unieruchomić względem kadłuba 26 mocowanego śrubami 25 do pierścienia zewnętrznego 15, osadzonego współosiowo z wrzecionem w stole 18. Pierścienie takie (różnej średnicy wewnętrznej — stosownie do średnicy freza) są przydatne, gdy zachodzi potrzeba ustawienia freza częściowo poniżej stołu. Skrzynkowy kadłub prowadnicy 26 (uzupełniony od góry blaszaną pokrywą) stanowi osłonę freza i ponadto ssawę odciągu wiórów. Przy prawym — jak na rysunku — kierunku obrotów freza (kierunek określa się patrząc od strony napędu) łączy się z rurociągiem prawy króciec ssawy (strzałką oznaczono kierunek ssania powietrza), a lewy zamyka się pokrywą 27.

Nastawienie wysokości, na jakiej ma być frezowany jakiś profil (np. położenie rowka względem dolnej płaszczyzny elementu), odbywa się wstępnie przy ustawianiu freza na trzpieniu (liczba i wysokość pierścieni 13), a dokładnie — przez podnoszenie wrzeciona. Cały zespół roboczy i napędowy dają się przesunąć w kierunku pionowym mechanizmem śrubowym 3, uruchamianym kółkiem ręcznym 6 przez przekładnię ślimakową 4. W nastawionym położeniu blokuje się mechanizm nakrętką 5 i śrubą zaciskową 7, działającą na prowadzeniu tulei 19 w cylindrycznej prowadnicy kadłuba 20. Wyłączania napędu i hamowania dokonuje się hamulcem ciernym 2, uruchamianym pedałem 1. Do urządzeń ochronnych należą montowane na prowadnicy 16 osłony dobrane do kształtu i wymiarów frezowanego przedmiotu, przesuwadła, dociski sprężynowe. Bezpieczeństwo pracy zwiększa stosowanie przyrządów obróbkowych (zwłaszcza dla małych przedmiotów) — jak na rys. 10-1a.

Przykładowe wielkości charakteryzujące frezarkę dolnowrzecionową średniej wielkości produkcji krajowej: prędkość obrotowa wrzeciona 3000; 4500; 6000 i 9000 obr/min; moc silnika dwubiegowego 3/3,8 kW.

Spośród innych rozwiązań w budowie frezarek dolnowrzecionowych można wspomnieć, że do frezowania długich serii przedmiotów prostych stosuje się dostawne zespoły posuwowe walcowe. Mechanizacja posuwu przy frezowaniu przedmiotów innego kształtu (np. ram siedzeniowych krzeseł giętych) jest rozwiązywana przez zastosowanie przyrządu obróbkowego posuwanego napędzanym kołem zębatym łańcuchowym ustawionym współosiowo z wrzecionem; koło to styka się z łańcuchem płytkowym opasującym płytę podstawową przyrządu. Stosuje się (również w konstrukcji krajowej) wychylność wrzeciona, co zwiększa możliwość *obróbki profilowej*.

Frezarki do *obróbki końców długich przedmiotów* są wyposażone w przesuwny stół podpierający, z nastawną przykładnią i zaciskiem frezowanego przedmiotu. Frezarki dwuwrzecionowe są stosowane do frezowania *krzywych przedmiotów*, kiedy zachodzi potrzeba obróbki poszczególnych fragmentów długości przy przeciwnych kierunkach obrotów. Frezarki dwuwrzecionowe są również stosowane do *obróbki dwustronnej*. Mają stały rozstaw wrzecion lub rozstaw zmieniany wzornikiem działającym na pierścienie prowadzące, ustawione na obu wrzecionach.

10.4. Frezarki górnwrzecionowe

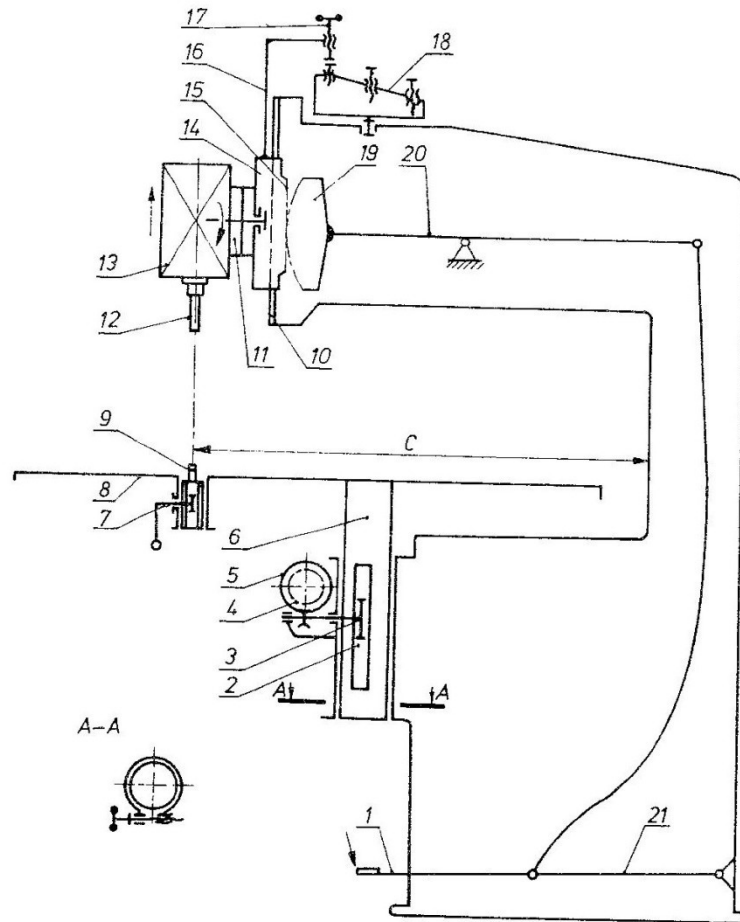
10.4.1. Wiadomości ogólne

Frezarki górnwrzecionowe są zróżnicowaną grupą maszyn o różnorodnym zastosowaniu. Tradycyjny podział na frezarki zwykłe — kopiarki (ze stołem nie wykonującym ruchu posuwowego), ze stołem obrotowym (karuzelowe) i ze stołem uniwersalnym (wykonującym różne ruchy posuwowe) porządkuje tylko szerzej stosowane, starsze i prostsze konstrukcje frezarek górnwrzecionowych. Rozwój frezarek górnwrzecionowych idzie w kierunku zwiększania liczby zespołów roboczych, łączenia obróbki frezowaniem z innymi sposobami obróbki (szlifowanie, wiercenie, piłowanie), w kierunku mechanizacji i automatyzacji z zastosowaniem techniki komputerowej.

10.4.2. Frezarka zwykła kopiarka

Zasadę pracy frezarki kopiarki ilustruje rys. 10-1b. Pracuje ona frezem trzpieniowym 1, a obrabiany przedmiot 2 jest zamocowany w przyrządzie obróbkowym, którego płyta podstawowa 4 przesuwana się po stole 6. Istotnym zespołem przyrządu jest wzornik 3 (na rysunku trzystopniowy). Przyrząd z obrabianym przedmiotem może wykonywać po stole ruchy posuwowe płaskie w takim zakresie (kształt i wymiary), jak to wynika z kontaktu wzornika z kołkiem kopiującym 5. Kołek jest osadzony w stole na osi obrotów freza w sposób umożliwiający wysunięcie kołka na różną wysokość za pomocą mechanizmu zębatkowego 7, uruchamianego dźwignią 8. Analogicznie — istnieje możliwość ustawienia freza na kilku wysokościach względem obrabianego przedmiotu. Na rysunku kołek jest w położeniu najwyższym, przy którym współpracuje z najwyższą umieszczoną płytką wzornika. Opuściwszy kołek niżej (położenia II i III), można korzystać z dwóch pozostałych płytek wzornika; można również (położenie IV) schować kołek niżej płaszczyzny stołu. Rysunek przedstawia *frezowanie wewnętrzne* (np. otwór okrągły o bokach schodkowych). Analogicznie dokonuje się *obróbki zewnętrznej*, przy czym można stosować również frezy profilowe. Działanie frezarki zostanie omówione na podstawie schematu kinematycznego przedstawionego na rys. 10-10.

Przed założeniem przyrządu z przedmiotem na stół 8 i kołek kopiujący 9 należy pedałem 1 (za pośrednictwem układu dźwigni 20, 21, segmentu zębatego 19 i połączonej z suportem 14 zębatki 15) podnieść suport po prowadnicach 10 w górne położenie. Opuszczenie suportu następuje pod jego ciężarem do poziomu regulowanego zetknięciem śruby 17 osadzonej we wsporniku 16, z jedną z podstawionych śrub głowicy rewolwerowej 18 (dla uproszczenia pokazano głowicę z trzema śrubami — w nawiązaniu do trzech pozycji frezowania odpowiadających trzem płytkom wzornika). Dźwignią i mechanizmem zębatkowym 7 nastawia się kołek kopiujący 9 na potrzebny po-



Rys. 10-10. Schemat kinematyczny frezarki górnwrzecionowej zwykłej kopiarki [14]

ziom. Stosownie do wysokości obrabianego przedmiotu stół 8 nastawia się na odpowiednią wysokość kółkiem ręcznym 5 przez przekładnię ślimakową 4 i zębatką 3 (zębatka 2 jest połączona z kolumną 6 stanowiącą podstawę stołu). Stół unieruchamia się w wymaganym położeniu zaciskiem śrubowym pokazanym w przekroju A—A. Do frezowania prostoliniowego (bez kołka kopiującego) można na stole zamocować prowadnicę, przy czym frez walcowy 12 może być użyty do frezowania uciosu, jeśli zespół roboczy 13 wychyli się wokół czopa 11, a prowadnicę ustawi powierzchnią roboczą w płaszczyźnie rysunku. Poza tym wychylenie daje takie same możliwości, jak w przypadku frezarki dolnwrzecionowej.

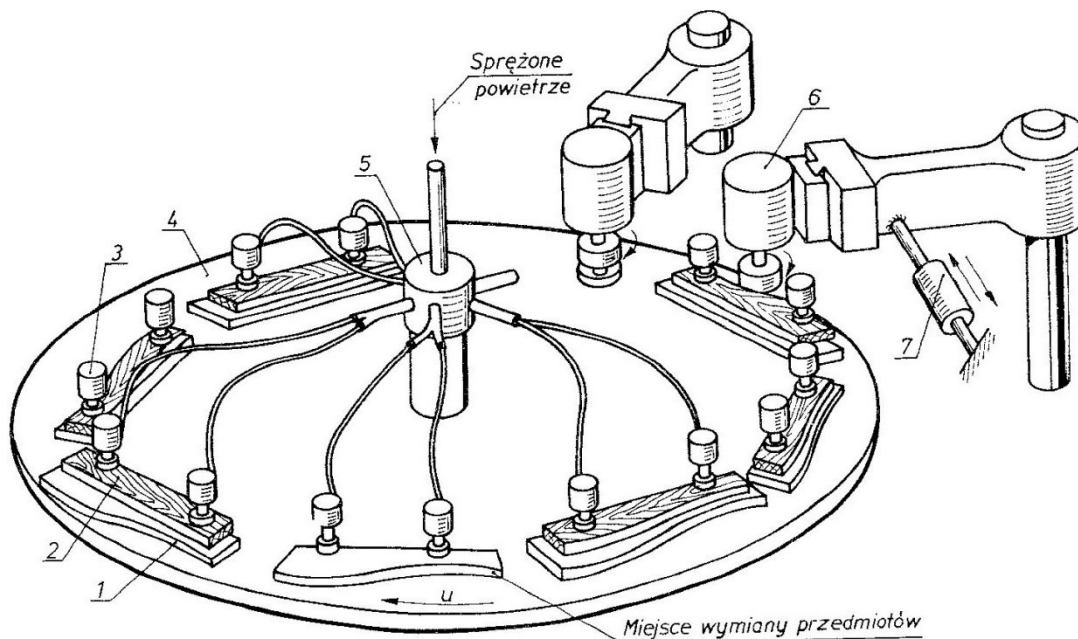
Względy bezpieczeństwa wymagają, by przy ręcznym posuwie przyrządu z przedmiotem obrabianym nie wywierać zbyt dużych sił bocznych na frez trzpieniowy; szybki posuw grozi złamaniem freza, zwłaszcza małej średnicy. Obróbka złożonych niekiedy kształtów wymaga obserwacji wzrokowej; należy pamiętać o stosowaniu osłon (np. siatkowych koszyków) i o używaniu okularów ochronnych. Cykl obróbki jednego przedmiotu wymaga niekiedy kilkakrotnej zmiany położenia przyrządu z przedmiotem tak, by kołek kopiujący wszedł w kolejny otwór wzornika. Wyłączanie napędu za każdym

razem nie jest w takich okolicznościach praktykowane, natomiast należy korzystać z zatrasku (na schemacie nie pokazanego), który blokuje w górnym położeniu suport zespołu roboczego podniesionego na czas, kiedy kołek kopiujący zostanie opuszczony i ponownie podniesiony po odpowiednim przesunięciu wzornika.

Wielkościami charakterystycznymi dla takiej frezarki są: największa wysokość przedmiotu obrabianego 280 mm, przesuw pionowy wrzeciona 130 mm, wysięg wrzeciona $c = 620$ mm, prędkość obrotowa wrzeciona 17 900 i 23 800 obr/min (silnik zasilany przez dwustopniową przetwornicę częstotliwości), moc silnika 1,7/2,1 kW. Podczas obróbki szerokich przedmiotów płaskich stół właściwy uzupełnia się przykręcanymi z boków płytami.

10.4.3. Frezarka ze stołem obrotowym

Przy brzegu okrągłego stołu 4 frezarki, pokazanej na rys. 10-11, są zamocowane przyrządy obróbkowe w postaci wzorników 1 o płaskich kształtach: stosownie do wielkości obrabianych przedmiotów można zamocować 2÷8 przyrządów (z reguły identycznych). Przedmiot 2 jest mocowany zaciskami pneumatycznymi 3, zasilanymi giętkimi przewodami z rozdzielacza 5. Zmechanizowany ruch posuwowy stołu jest ruchem obrotowym o prędkości kątowej dającej się regulować bezstopniowo (najczęściej w przedziale 0,2÷4 obr/min). W wyniku ruchu posuwowego przedmiot zbliża się do zespołu roboczego 6, który ma współosiowy z frezem luźno obracający się krążek kopiujący. Zespół roboczy zamocowany na końcu ramienia, wychylanego dokoła pionowej kolumny siłownikiem pneumatycznym 7, jest dociskany do przy-



Rys. 10-11. Schemat techniczny frezarki górnoprzecionowej ze stołem obrotowym [9]

rzędu i przedmiotu i kopiuje w obróbce kształt wzornika *I* stykającego się z krążkiem kopiującym. Po zakończeniu obróbki pneumatyczny zacisk przedmiotu zostaje samoczynnie zwolniony i przedmiot obrobiony można zdjąć, a na jego miejsce ustawić w przyrządzie kolejny przedmiot do obróbki.

Na schemacie pokazano dwa zespoły robocze. Można je wykorzystać dwojako: albo (przy większych nadmiarach na obróbkę) pierwszy będzie sfrezowywał część nadmiaru, a drugi frezował na czysto, albo (przy głębszych lub bardziej złożonych profilach) każdy z zespołów będzie kształtował część głębokości lub część szerokości profilu.

Może być regulowana prędkość posuwu przy obróbce poszczególnych fragmentów każdego przedmiotu (zmniejszenie prędkości posuwu na krzywiznach o mniejszym promieniu). Do regulacji chwilowych prędkości posuwu wykorzystuje się w starszych konstrukcjach rozwiązania mechaniczno-elektryczne, np. przymocowane do obrzeża stołu odpowiedniego kształtu i wymiarów krzywki, działające (w uproszczeniu) na zakończoną toczącym się po krzywce krążkiem dźwignię, która jako sterownik oddziałuje na elektryczny nastawnik prędkości posuwu. Osiem takich krzywek, przymocowanych na stole w miejscach odpowiadających momentowi frezowania wklęsłego fragmentu przedmiotu, spowoduje za każdym razem zwolnienie prędkości posuwu, gdy ten fragment będzie obrabiany.

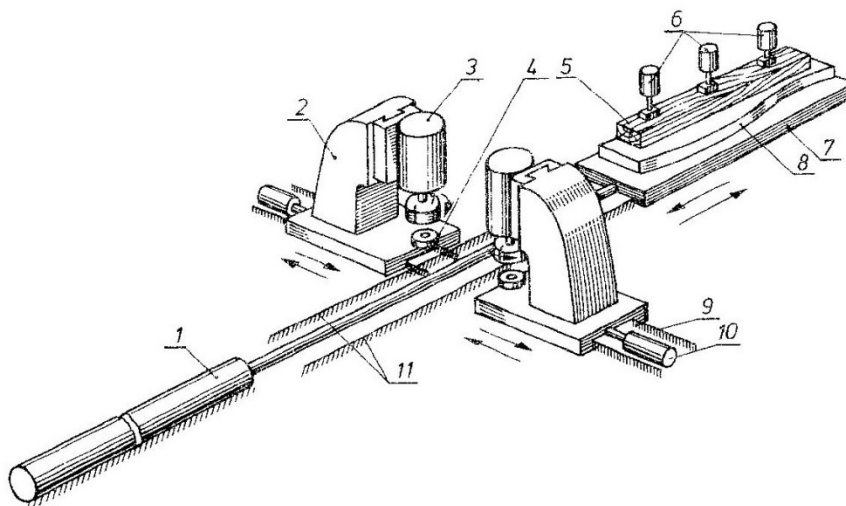
Również siłownik pneumatyczny *7* jest sterowany (dosuwanie i odsuwanie od obrabianego przedmiotu w nastawionym momencie, zwiększanie siły docisku w miejscach większych nadadatków na obróbkę). W nowoczesnych obrabiarkach sterowanie to jest skomputeryzowane.

Frezarki ze stołem obrotowym do *frezowania zewnętrznego na całym obwodzie* jednego przedmiotu (np. okrągłej lub prostokątnej płyty stołu) mają środkowy obrotowy zacisk na osobnym ramieniu, a frezarki do *frezowania wewnętrznego* — zaciski przedmiotu obrabianego zasilane przewodami od obwodu stołu, sam zaś stół ma niekiedy kształt pierścienia kołowego.

Frezarki ze stołem obrotowym są obrabiarkami wymuszającymi rytm pracy przez ustalony ruchem obrotowym czas obróbki każdego przedmiotu. Cykliczność obróbki wymaga wyjęcia przedmiotu obrobionego i dokładnego ustawienia w jego miejsce w przyrządzie przedmiotu do obróbki — w czasie, gdy zaciski są otwarte. Bezpieczeństwo pracy wiąże się w tym przypadku z jej rytmicznością i systematycznością.

10.4.4. Frezarka dwustronna z przesuwным stołem

Do *jednoczesnej obróbki obu boków dłuższych przedmiotów* są stosowane frezarki górnoprzecionowe dwuzespołowe z przesuwным stołem (rys. 10-12). Przedmiot obrabiany *5* spoczywa w przyrządzie z wzornikiem *8* i jest dociskany do stołu *7* zaciskami pneumatycznymi *6*, zasilanymi giętkimi przewodami podwieszonymi nad frezarką. Siłownik hydrauliczny *1* (na rysunku skrócono cylinder przez przerwanie) łączy się tłoczyskiem ze stołem *6*, które-



Rys. 10-12. Schemat technologiczny frezarki górnwrzecionowej dwustronnej z przesuwным stołem [9]

mu nadaje ruch posuwowy po prowadnicach 11. Na poprzecznych prowadnicach 9 suwają się suporty 2 dwóch zespołów roboczych napędzanych bezpośrednio silnikami 3. Zespoły robocze są indywidualnie nastawne w kierunku pionowym. Porównując oznaczony kierunek obrotów wrzecion z kierunkiem posuwu stołu pokazanego w pozycji wyjściowej, stwierdzamy, że ma w tym przypadku miejsce frezowanie współbieżne, co zapewnia większą gładkość obróbki. Docisk zespołów roboczych do obrabianego przedmiotu zapewniają siłowniki pneumatyczne 10. O kształcie obrabianego elementu decyduje wzornik 8, na roboczych powierzchniach którego opierają się krążki 4, usytuowane współosiowo z głowicami frezowymi.

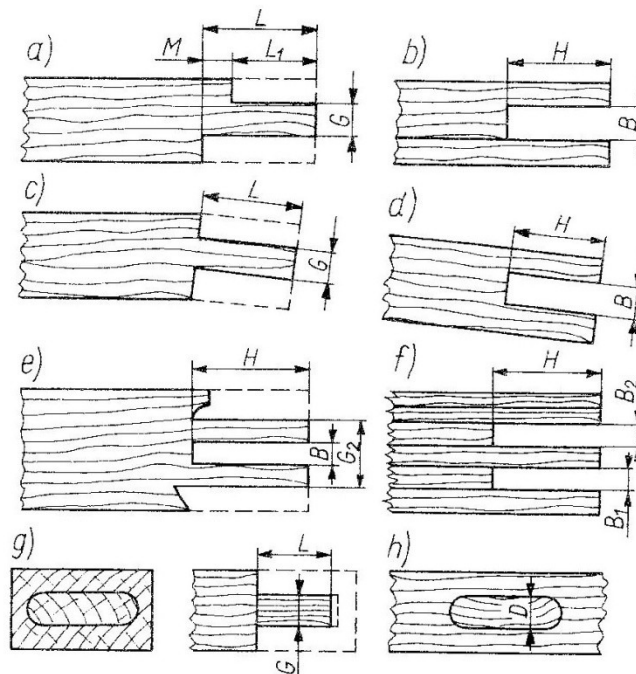
Po zakończeniu obróbki stół wycofuje się (ze zwiększoną prędkością ruchu powrotnego) do położenia wyjściowego, zaciski luzują się i wyjęcie przedmiotu obrobionego kończy cykl obróbki. Prędkość posuwu może być regulowana analogicznie jak we frezarce ze stołem obrotowym; sprzyja temu napęd hydrauliczny.

11. Czopiarki i wczepiarki

11.1. Czopy, widlice i sposoby ich obróbki

Czopy i widlice stanowią profile konstrukcyjne końców elementów umożliwiające łączenie tych elementów w ramy. Tak więc czopiarki służą do *obróbki końców ramiaków*. Na rysunku 11-1 pokazano przykłady czopów i widlic. Czop *c* jest czopem skośnym, jego szerokie płaszczyzny są skośne względem osi ramiaka; czopy *a*, *c* i *g* mają odsadzenia proste; w czopie *e* górne odsadzenie jest profilowe, dolne — skośne; w czopie *a* odsadzenia są przesunięte o wielkość M , dlatego czop ma inną długość na górze L_1 i na dole L . Grubość czopów pojedynczych oznaczono G , a czopa podwójnego G_2 .

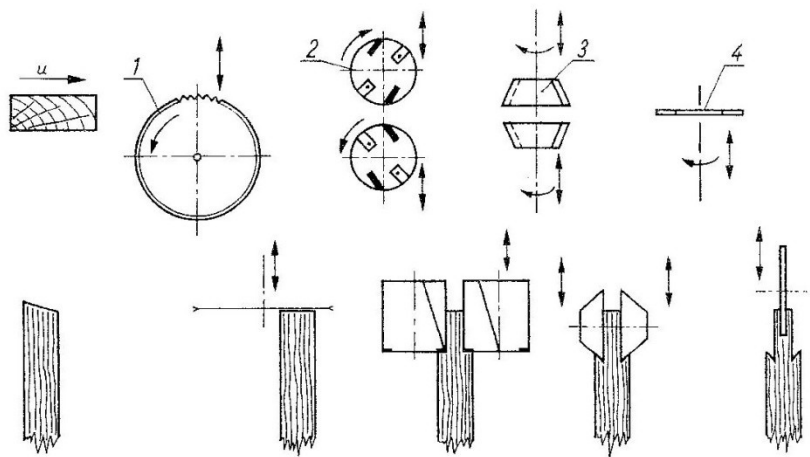
Wszystkie widlice — *b*, *d*, *f* — pokazano jako odpowiadające czopom przedstawionym obok widlic, a na rysunkach czopów pokazano linią przerywaną widok ramiaka z odpowiednią widlicą w pozycji połączonej z czopem.



Rys. 11-1. Przykłady czopów i widlic

Szerokość widlic oznaczono B lub B_1 i B_2 ; widać, że czop podwójny e mający grubość G_2 to jakby dwa czopy pojedyncze przedzielone widlicą szerokości B . Czop g jest czopem zaokrąglonym; o nim i o gnieździe h na taki czop będzie mowa w rozdz. 11.4 i 12.1.

Rysunek 11-2 przedstawia schemat technologiczny czopiarki jednostronnej sześciowrzecionowej. Obrabiany przedmiot wykonuje ruch posuwowy prostoliniowy w kierunku prostopadłym do jego długości. Zespół pracujący piłą tarczową 1 przycina ramiak na dokładną długość. Wrzeciona poziome 2 pracujące głowicami frezowymi skrzydełkowymi kształtują czop z prostymi odsadzeniami. Wrzeciona pionowe 3 kształtują skośne lub profilowe odsadzenia. Wrzeciono pionowe 4 kształtuje widlicę. Oznaczono nastawność poszczególnych zespołów roboczych; z wyjątkiem wrzeciona poziomego dolnego, które kształtuje odsadzenie dolne stanowiące bazę dla pozostałych wymiarów długości, wszystkie pozostałe zespoły są nastawne dwukierunkowo. Z przeglądu zespołów widać, że czopiarka jest obrabiarką do obróbki złożonej (piłowanie i frezowanie).

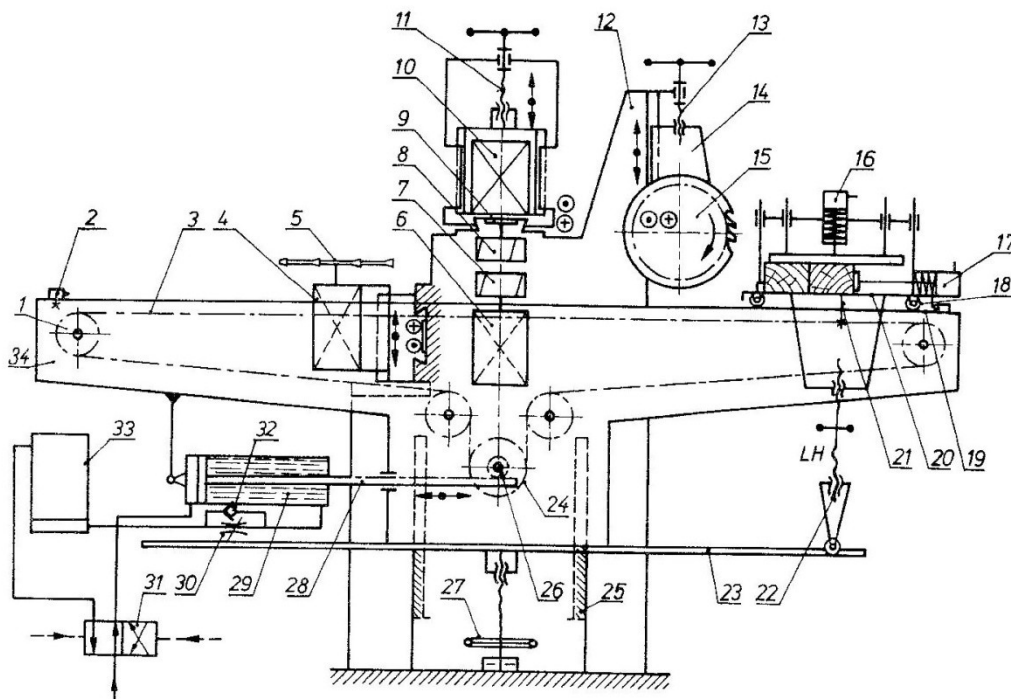


Rys. 11-2. Schemat technologiczny czopiarki jednostronnej sześciowrzecionowej (u dołu — ramiak w położeniu obróconym dookoła osi własnej o 90° — w kształcie po obróbce kolejnym zespołem roboczym)

W różnych typach czopiarzek liczba zespołów roboczych i ich kolejność może być różna. Do wykonania pojedynczego czopa z odsadzeniami prostymi z ramiaka przyciętego na dokładną długość wystarczą dwa wrzeciona poziome. Podwójną widlicę wykonuje się jednym wrzecionem 4, ustawiając na nim dwie głowice frezowe tarczowe szczelinowe. Wrzeciona pionowe 3 mogą zastąpić — po założeniu na nie głowic walcowych — wrzeciona poziome 2 przy frezowaniu czopów z odsadzeniami prostymi. Czopy i widlice skośne uzyskuje się częściej przez wychylenie stołu, na którym spoczywa obrabiany przedmiot, niż przez wychylenie zespołów roboczych.

11.2. Czopiarka jednostronna

Czopiarka krajowej produkcji, której schemat pokazano na rys. 11-3, jest czopiarką czterowrzecionową z wychylnym stołem, pracującą w cyklu półautomatycznym; wymagane jest tylko ręczne ustawienie przedmiotu, zdjęcie go po obróbce i włączenie cyklu. Przedmiot (na rysunku dwa węższe ramiaki razem) kładzie się na stole 20; włączenie cyklu przesterowuje rozdzielacz 31 w położenie jak na rysunku, dzięki czemu sprężone powietrze (z sieci lub z osobnej sprężarki) dostaje się do komory powietrznej siłownika pneumatyczno-hydraulicznego 29 i powoduje ruch tłoka. Olej wyciskany z komory hydraulicznej siłownika zapewnia płynność ruchu posuwowego, przepływając przez zawór dławiący 30, którego nastawienie reguluje prędkość posuwu, do zbiornika ciśnieniowego 33. Tłoczek 28 mechanizmu zębatkowego 26 wprawia w ruch koło zębate łańcuchowe 24, które ciągnie łańcuch 3, opasujący cztery koła napinające (oznaczono tylko jedno — 1) i powiązany z nim zaczepem 21 stół 20. Z chwilą rozpoczęcia ruchu posuwowego zacisk pneumatyczny poziomy 17 dociska przedmiot do przykładni, a zacisk 16 — do stołu. Stół toczy się krążkami 18 po prowadnicach — górnej 19 i dolnej 23. Kolejne zespoły robocze, których funkcje omówiono w p. 11.1 (por. rys. 11-2), dokonują obróbki i stół dochodzi do wyłącznika krańcowego 2, który przesterowuje rozdzielacz 31 w położenie, przy którym



Rys. 11-3. Schemat kinematyczny czopiarki jednostronnej czterowrzecionowej [14]

sprężone powietrze dochodzi do górnej przestrzeni zbiornika 33 i wypycha olej dolnym przewodem przez zawór zwrotny 32 do hydraulicznej komory siłownika 29, co powoduje ruch powrotny tłoka, zębarki, łańcucha i stołu (komora pneumatyczna jest w tej fazie połączona z atmosferą). Cofnięcie stołu aż do zderzaka krańcowego zamyka cykl — następuje wyłączenie posuwu. Nieco wcześniej luzują się po drodze zaciski 16 i 17.

Przygotowanie czopiarki do pracy obejmuje zadania związane z nastawieniem poszczególnych zespołów (por. rys. 11-2). W opisywanej konstrukcji dolna walcowa głowica frezowa 7, napędzana silnikiem 6, jest nienastawna. Względem niej należy więc nastawić wszystkie pozostałe zespoły. Najpierw nastawia się przykładnię stołu, ogranicznik długości oraz zaciski 16 i 17 — stosownie do wymiarów ramiaka. Potem nastawia się stół na wysokość. Mechanizm śrubowy 27 służy do przesuwania po pionowych prowadnicach 25 podstawy stołu 34 (łącznie z prowadnicą górną 19, dolną 23 i napędem posuwu). Następnie mechanizmem śrubowym 13 nastawia się na prowadnicy stojaka 12 suport 14 tak, by piła 15 przecinała pełną grubość ramiaka. Dalej nastawia się wrzeciennik piły tarczowej 15 w kierunku poziomym w położenie decydujące o długości czopa po jego stronie dolnej (na rys. 11-1a — wymiar L). Nastawienia dokonuje się mechanizmem śrubowym nie pokazanym na schemacie (znaki podane w kółkach oznaczają: kropka — ruch w kierunku patrzącego na rysunek, krzyżyk — w kierunku przeciwnym). Kolejne nastawienia dotyczą górnej głowicy frezowej 8. Mechanizm śrubowy 11 daje możliwość nastawienia grubości czopa G (rys. 11-1a) przez przesunięcie suportu z silnikiem 10 po pionowych prowadnicach kadłuba. Poziome prowadnice 9 i analogiczny mechanizm śrubowy umożliwiają nastawienie długości czopa po jego stronie górnej (na rys. 11-1a — wymiar L_1). Jeśli ma być wykonany czop podwójny, to — wykorzystując analogiczne mechanizmy — należy nastawić w kierunku poziomym, a następnie pionowym głowicę tarczową szczelinową 5, osadzoną na wale silnika 4.

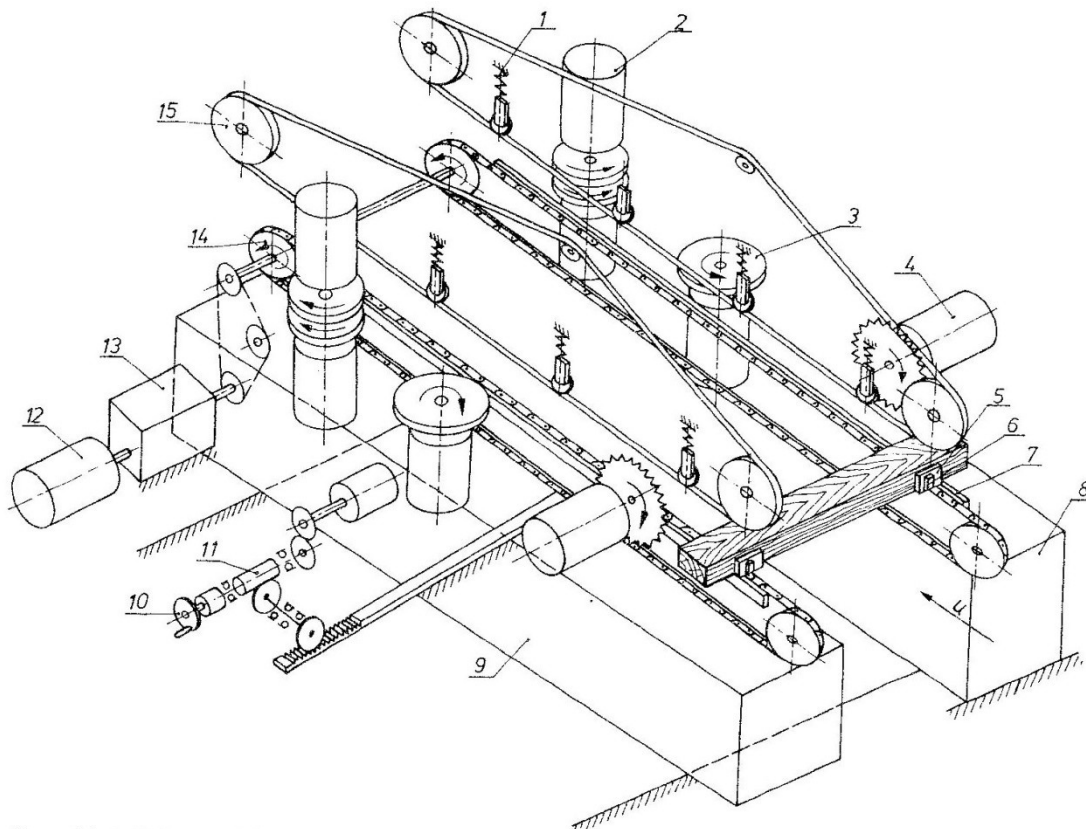
Przy obróbce czopów skośnych nastawianie zaczyna się od wychylenia stołu pod kątem określonym na rysunku czopa. Mechanizm do wychylania stołu składa się ze śruby rzymskiej 22, obracanej kółkiem ręcznym; jej dolna część ma gwint lewy (LH), górna — prawy. Śruba ta stanowi skośne, zastrzałowe podparcie końca stołu 20 na prowadnicy dolnej 23. Obracając śrubę, zbliżamy lub oddalamy od siebie części, które ona łączy, co powoduje wychylenie stołu.

Nastawianie najlepiej wykonać wstępnie według wskazań podziałek liniowych i podziałki kątowej, a następnie obrobić element próbny, zmierzyć uzyskane wymiary i wprowadzić korekty.

Wielkości charakteryzujące omawianą czopiarkę są następujące: największa długość czopa 120 mm; największa długość obrabianych elementów 2000 mm; wychylność stołu 20°; skok stołu w ruchu posuwowym 1500 mm; moc i prędkość obrotowa wszystkich wrzecion 2,4 kW, 3000 obr/min; największa prędkość ruchu posuwowego 20 m/min, powrotnego 25 m/min.

11.3. Czopiarka dwustronna

Z uproszczonego schematu kinematycznego (rys. 11-4) widać, że czopiarka dwustronna ma odmienne ustawienie zespołu do wykonywania widlic 3; jest on ustawiony po zespole do przycinania długości 4 i przed zespołami do wykonywania czopów 2. Czopiarka ma dwa symetryczne bloki zespołów: prawy 8 — stały i lewy 9 — nastawny (względem bloku stałego) po prowadnicach poziomych stanowiących łożo kadłuba. Do zmechanizowanego przesuwania bloku lewego służy silnik, przekładnia ślimakowa 11 i zębatkowa (dokładne nastawienie — kółkiem ręcznym 10, sprzęganym z wałkiem ślimaka). Ramiaki są podawane z zasobnika pokazanego na rys. 7-9a. Zespół posuwowy łańcuchowy jest napędzany silnikiem 12 przez reduktor 13 oraz wał z kołami zębatymi i łańcuchowymi 14. Ramiak 6 jest prowadzony dolną płaszczyzną po prowadnicach 7, a zabierany bokiem przez zabierak 5. Na obu łańcuchach ustawia się zabieraki tak, by wyznaczały płaszczyznę prostopadłą do kierunku posuwu. Aby zmniejszyć powstawanie odłupów na wyjściu pracujących przeciwbieżnie głowic 3 do frezowania widlic, do zabieraków przykręca się jednakowej grubości kostki drewniane podpierające ramiak z tyłu w strefie obróbki. Zespół dociskowy składa się z pasków klinowych napiętych na kołach nienapędzanych 15; sprężynowe dociski krążkowe dociskają pasek do posuwanych ramiaków.



Rys. 11-4. Schemat kinematyczny czopiarki dwustronnej czterowrzecionowej [9]

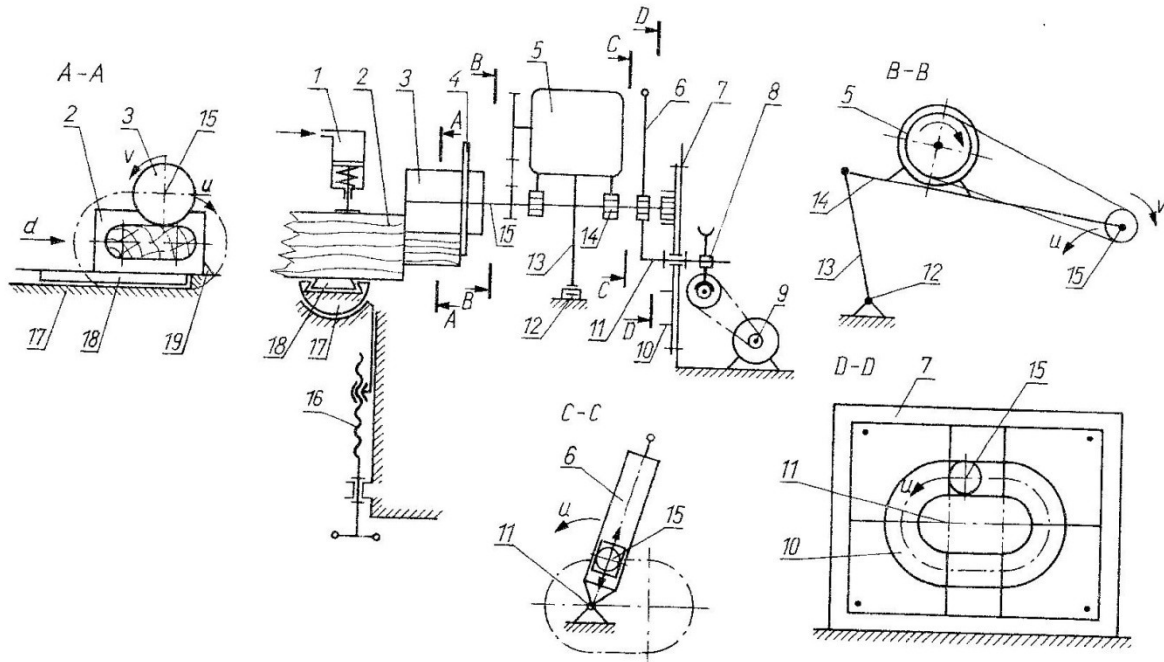
Oprócz wielkości analogicznych, jak dla czopiarek jednostronnych, dla dwustronnych charakterystyczna jest najmniejsza — $125 \div 230$ mm — i największa — $1850 \div 3400$ mm — długość czopowanych elementów. W ich skład wchodzi łącznie do 12 zespołów roboczych. Jeśli zaś mają kadłub konstrukcji bramowej z poziomą belką na całą szerokość czopiarki i na tej belce dodatkowe zespoły robocze, np. do frezowania rowków na górnej powierzchni lub do wiercenia otworów (bez zatrzymywania posuwu), to liczba wrzecion sięga 18, a łączna moc silników 70 kW.

11.4. Czopiarka obwiedniowa

Czop zaokrąglony (rys. 11-1g) pasuje do gniazda h wyfrezowanego frezem trzpieniowym. Czopy tego kształtu wykonuje się na czopiarce obwiedniowej, której nazwa nawiązuje do kinematyki ruchu posuwowego (obwiedzenie czopa głowicą frezową walcową wykonującą ruch roboczy obrotowy).

Schemat kinematyczny czopiarki obwiedniowej pokazano na rys. 11-5. Narzędziem jest głowica frezowa walcowa 3 z zamocowanym na niej frezem ścinowym piłowym 4, który odcina nadmiar długości ramiaka, decydując tym samym o długości czopa. Wrzeciono 15 jest napędzane silnikiem 5 za pośrednictwem przekładni pasowej. Z przekroju $B-B$ widać, że silnik spoczywa na dźwigni 14 połączonej przegubowo z dźwignią 13; ta z kolei może się wychylać wokół przegubu 12 połączonego z kadłubem czopiarki. Tor ruchu posuwowego u wykonywanego przez wrzeciono 15 decyduje o kształcie i wymiarach przekroju poprzecznego czopa. Przeciwnie do głowicy koniec wrzeciona jest zaopatrzony w krążek łożyskowy toczny; krążek ten (a więc i wrzeciono 15) porusza się po torze wyznaczonym przez wzornik 10, pokazany na przekroju $D-D$. Wzornik składa się z czterech płytek narożnikowych dających tor ruchu po ćwiartce okręgu i dwóch płytek środkowych dających tor ruchu po prostej. Zestawiwszy wzornik tylko z płytek narożnikowych uzyska się czop okrągły (walcowy); po zastąpieniu pokazanych płytek środkowych szerszymi — uzyska się czop szerszy, a po wstawieniu dodatkowych płytek na poziomych stykach płytek narożnikowych uzyska się czop prostokątny z zaokrąglonymi narożnikami. Wybrany komplet płytek wzornika montuje się na pionowej płycie 7.

Posuw jest zmechanizowany. Silnik 9 napędza przekładnię ślimakową 8. dzięki czemu wałek 11 (przekrój $C-C$) ślimacznicy wprawia w ruch jarzmo 6, poruszające się jak wskazówka zegara. To właśnie ruch jarzma wymusza obwiedniowy ruch posuwowy wrzeciona, ponieważ prowadnice jarzma cisną w kierunku posuwu u na kostkę, w której jest łożyskowane wrzeciono 15. a kostka i wraz z nią wrzeciono mogą się poruszać tylko po torze określonym przez wzornik. W pozycji pokazanej na przekroju $C-C$ kostka przesuwa się w jarzmie ku dołowi, gdy wrzeciono zacznie opisywać łuk koła, ruch kostki względem jarzma ustanie, by zacząć się w przeciwnym kierunku w mo-



Rys. 11-5. Schemat kinematyczny czopiarki obwiedniowej

mencie, w którym wrzeciono wyjdzie we wzorniku na odcinek prosty. Dla uproszczenia pominięto na schemacie sprzęgło sterowane cierne na wałku 11, umożliwiające włączenie i wyłączenie posuwu.

Ramiak do czopowania 2 kładzie się na stole 18 przy przykładni 19. Ręcznie wykonuje się ruch dosuwowy w kierunku d , wykorzystując przesuwność stołu 18 po prowadnicy 17. Z chwilą rozpoczęcia ruchu dosuwowego samoczynnie włącza się zacisk pneumatyczny 1 i w stanie zaciśniętym ramiak wchodzi w strefę obróbki, włączając sprzęgło posuwu w chwili zakończenia ruchu dosuwowego. Cykl obróbki przebiega automatycznie i napęd wyłącza się samoczynnie po zakończeniu cyklu.

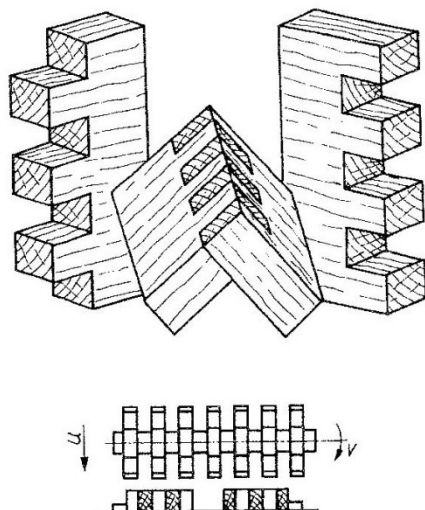
Wychylność stołu 18 wraz z prowadnicą łukową 17 umożliwia wykonywanie czopów skośnych, a mechanizm śrubowy 16 umożliwia nastawienie stołu na wysokość, co decyduje o położeniu czopa na grubości ramiaka. Nierównoległe do osi wrzeciona ustawienie przykładni 19 na stole daje możliwość wykonywania czopów skośnych w płaszczyźnie stołu, a łącznie z wychylnością stołu — skośnych w dwóch płaszczyznach. Przykładowa charakterystyka czopiarki obwiedniowej: największe wymiary czopa — długość 90, grubość 40, szerokość 180 mm; prędkość obrotowa głowicy 5700 obr/min; moc $2,5 + 0,25$ kW.

Inne konstrukcje czopiarek obwiedniowych charakteryzują się mechanizacją ruchu dosuwowego, przy czym dla zwiększenia wydajności stosuje się stoły bliźniacze (dwie przykładowie ustawione symetrycznie, dwa zaciski sterowane na przemian), dzięki czemu ruch dosuwowy dla przedmiotu założonego do obróbki jest dla przedmiotu obrobionego ruchem odsuwowym.

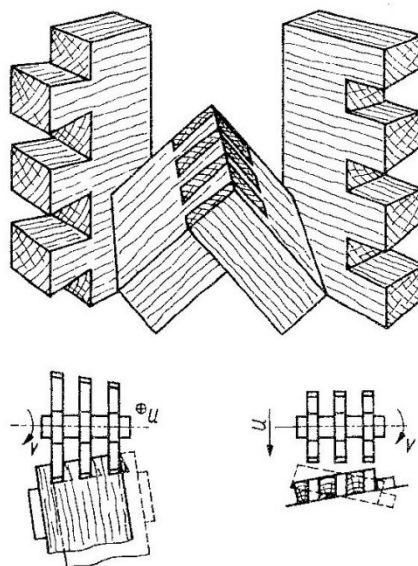
11.5. Wczepy i sposoby ich obróbki

Wczepy stanowią profile konstrukcyjne brzegów (czoł) elementów z drewna litego łączonych w naroża skrzynkowe szafek, szuflad i innych zespołów i wyrobów meblowych, galanterijnych i opakowaniowych. Czopy występują najczęściej jako pojedyncze, natomiast wczepy — jako wielokrotne (kilka do kilkudziesięciu). Spośród dużej liczby odmian połączeń na wczepy najczęściej są stosowane wczepy płaskościennie prostokątne (rys. 11-6), płaskościennie trapezowe (rys. 11-7) i zaokrąglone trapezowe (rys. 11-8). Tylko wczepy zaokrąglone wymagają zastosowania do ich obróbki frezów trzpieniowych, pozostałe mogą być obrabiane frezami nasadzonymi i trzpieniowymi.

Dwa elementy stanowiące złącze pokazane na rys. 11-8 różnią się między sobą najbardziej: kształty wykonane w elemencie prawym nazwijmy gniazdami, w lewym — wczepami. Widać, że zaokrąglenie dna gniazda jest wynikiem kształtu freza, a zaokrąglenie boku wczepu — wynikiem ruchu posuwowego po łuku koła. Wzajemne położenie na wysokość obu elementów obrabianych jednocześnie decyduje o tym, czy połączenie jest półkryte, jak na rysunku, czy odkryte. Przesunięcie obu elementów względem siebie o pół podziałki umożliwia jednoczesną obróbkę obu elementów ustawionych pod kątem prostym.

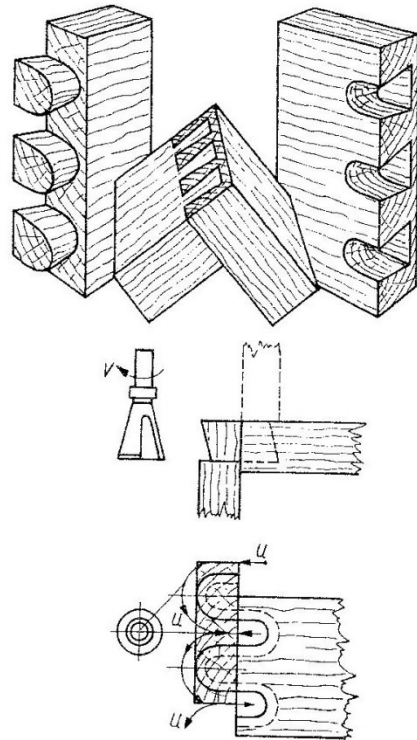


Rys. 11-6. Wczepy płaskościennie prostokątne i sposób ich obróbki



Rys. 11-7. Wczepy płaskościennie trapezowe i sposoby ich obróbki

Rys. 11-8. Wczepy zaokrąglone trapezowe i sposób ich obróbki

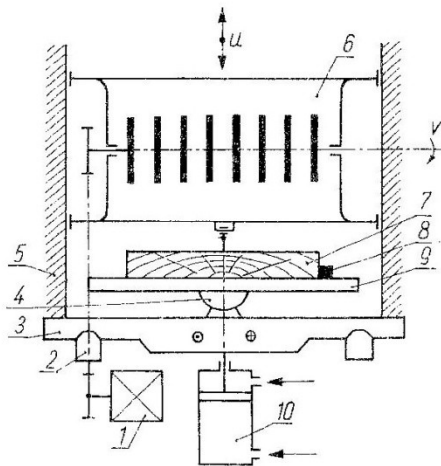


Do obróbki elementów z wczepami pokazanych na rys. 11-7 potrzebny jest frez złożony ze stożkowego kompletu frezów nasadzanych stożkowych i pierścieni dystansowych, które współdecydują o dokładności wymiarów obróbki. Aby uzyskać wczepy, ten sam element trzeba obrabiać dwukrotnie, ustawiając go za każdym razem przy innej przykładni na stole. W celu uzyskania gniazd trzeba obróbkę powtórzyć przy dwóch położeniach wychylnego stołu.

Para elementów połączonych wczepami płaskościennymi prostokątnymi (rys. 11-6) może być obrobiona jednocześnie w ustawieniu określonym dwiema przykładniami na stole.

11.6. Wczepiarka pozioma jednowrzecionowa z zestawem frezów nasadzanych

Wczepiarka, której uproszczony schemat kinematyczny pokazano na rys. 11-9, pracuje zestawem frezów zamocowanych na wrzecionie ułożyskowanym na suporcie 6. Suport wykonuje ruch posuwowy po prowadnicach 5. Mechanizację posuwu zapewnia siłownik hydrauliczny 10 (zasilany i sterowany zespołami nie pokazanymi na rysunku). Napęd ruchu roboczego daje przez przekładnię pasową silnik 1, zamocowany na wychylnym ramieniu, dzięki czemu napięcie pasków klinowych jest odpowiednie w każdym położeniu suportu.



Rys. 11-9. Schemat kinematyczny wczepiarki poziomej jednowrzecionowej [2]

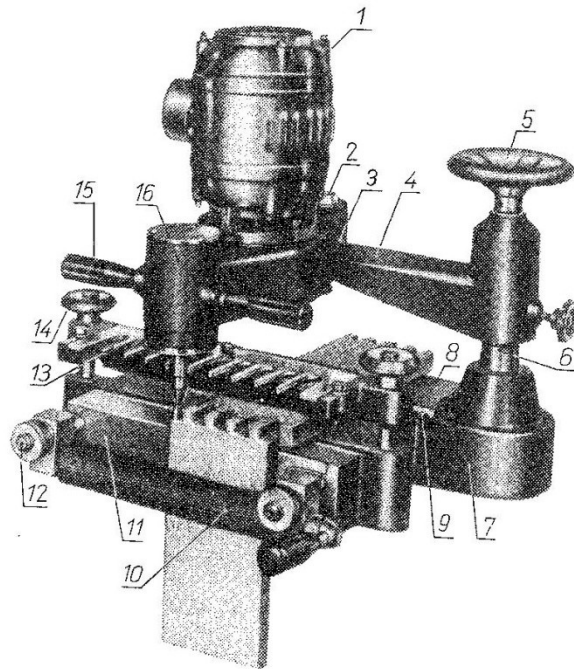
Przygotowanie wczepiarki do pracy polega na ułożeniu obrabianego przedmiotu na stole 9 przy przykładni 8 ustawionej stosownie do potrzebnej odległości pierwszego prawego gniazda od boku przedmiotu. Głębokość gniazd nastawia się przesuwając podstawę stołu 3 po prowadnicach 2 w kierunku zespołu roboczego. Frezowanie gniazd trapezowych wymaga najpierw wychylenia stołu z prowadnikiem łukowym 4, a następnie ustawienia przykładni. Przedmiotem obrabianym jest z reguły pakiet złożony z kilku (kilkunastu) jednakowych desek, dlatego zacisk do ich mocowania na stole jest nastawny na wysokość.

Wczepiarka pracuje cyklicznie (ruch posuwowy i powrotny zespołu roboczego) po każdorazowym włączeniu napędu posuwu. Urządzeniem ochronnym jest przezroczysta osłona nad zespołem roboczym i przednią częścią stołu. Wielkościami charakterystycznymi są: szerokość robocza stołu 420÷750 mm; największa grubość pakietu 300 mm; regulowana bezstopniowo prędkość posuwu 0÷8,5 m/min; moc silnika zespołu roboczego 4÷7 kW, posuwowego — 1 kW.

11.7. Wczepiarka pionowa z frezem trzpieniowym

Przygotowanie wczepiarki do wykonywania wczepów zaokrąglonych półkrytych (por. rozdział 11.5 i rys. 11-8) zaczyna się od ustawienia i zamocowania freza we wrzecionie oraz ustawienia kółkiem ręcznym 5 (rys. 11-10) układu dźwigni 4 i 3 na kolumnie 6 na wysokości, która decyduje o tym, że połączenie jest półkryte. Potem nastawia się przykładnię 9 na poziomej części stołu 8. Nastawiając później przykładnię na pionowej części stołu 11, należy pamiętać o tym, że te przykładnie powinny być przesunięte względem siebie o pół podziałki wczepów. Z pary elementów szerokości nie przekraczającej 250 mm najpierw ustawia się element poziomy, zaciskając go dwiema nakrętkami 14 działającymi na belkę, do której jest przykręcony wzornik 13. Element pionowy ustawia się i mocuje zaciskiem mimośrodowym 10, regulowa-

Rys. 11-10. Wczepiarka pionowa pracująca frezem trzpieniowym



nym stosownie do grubości obrabianych elementów śrubami 12. Po uruchomieniu silnika 1 (0,4 kW, 2800 obr/min), który przekładnią pasową napędza wrzeciono (10 000 obr/min) ułożyskowane we wrzecienniku 16, wykonuje się rękojeściami 15 ruchy posuwowe prowadząc wrzeciono według wzornika 13, co jest możliwe dzięki połączeniu przegubem walcowym 2 dźwigni 3 i 4. Opisana lekka wczepiarka (60 kg) jest ustawiana podstawą 7 na postumencie lub zwykłym stole.

Na innej zasadzie działają wczepiarki wielowrzecionowe pionowe dolnowrzecionowe, w których 24 wrzeciona (napędzane dwoma silnikami po 3,5 kW na sekcję liczącą 12 wrzecion) mogą obrabiać jednocześnie na szerokości 650 mm. Wczepiarki te mają ręczne (mimośrodowe), hydrauliczne lub pneumatyczne zaciski, a zmechanizowany posuw zapewniają mechanizmy krzywkowe, korbowe, dźwigniowe albo hydrauliczne (z zastosowaniem pojedynczego wzornika lub bez). Złożona budowa tych maszyn, a więc i wysoka cena, oraz kłopotliwa eksploatacja nie sprzyjają ich rozpowszechnieniu.

Literatura:

S. Bieniek, K. Duchnowski „Obrabiarki i Urządzenia w Stolarstwie” str. 130-163