



MINISTERSTWO EDUKACJI  
NARODOWEJ



**Łukasz Styczyński**

## **Wykonywanie maszynowej obróbki drewna i tworzyw drzewnych 742[01].Z1.02**

**Poradnik dla ucznia**

**Wydawca**  
**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy**  
**Radom 2007**

**Recenzenci:**

mgr Anna Górska

mgr Sławomir Skorupa

**Opracowanie redakcyjne:**

mgr inż. Łukasz Styczyński

**Konsultacja:**

mgr Małgorzata Sołtysiak

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 742[01].Z1.02 „Wykonywanie maszynowej obróbki drewna i tworzyw drzewnych”, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu stolarz 742[01].

**Wydawca**

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

# SPIS TREŚCI

<b>1. Wprowadzenie</b>	4
<b>2. Wymagania wstępne</b>	6
<b>3. Cele kształcenia</b>	7
<b>4. Materiał nauczania</b>	8
<b>4.1. Podstawy mechaniki</b>	8
4.1.1. Materiał nauczania	8
4.1.2. Pytania sprawdzające	20
4.1.3. Ćwiczenia	20
4.1.4. Sprawdzian postępów	22
<b>4.2. Budowa maszyn</b>	23
4.2.1. Materiał nauczania	23
4.2.2. Pytania sprawdzające	32
4.2.3. Ćwiczenia	32
4.2.4. Sprawdzian postępów	33
<b>4.3. Silniki elektryczne i instalacje pneumatyczne</b>	34
4.3.1. Materiał nauczania	34
4.3.2. Pytania sprawdzające	41
4.3.3. Ćwiczenia	41
4.3.4. Sprawdzian postępów	41
<b>4.4. Maszynowa obróbka drewna – piłowanie</b>	42
4.4.1. Materiał nauczania	42
4.4.2. Pytania sprawdzające	60
4.4.3. Ćwiczenia	61
4.4.4. Sprawdzian postępów	63
<b>4.5. Struganie drewna</b>	64
4.5.1. Materiał nauczania	64
4.5.2. Pytania sprawdzające	72
4.5.3. Ćwiczenia	72
4.5.4. Sprawdzian postępów	73
<b>4.6. Frezowanie</b>	74
4.6.1. Materiał nauczania	74
4.6.2. Pytania sprawdzające	80
4.6.3. Ćwiczenia	80
4.6.4. Sprawdzian postępów	81
<b>4.7. Wiercenie</b>	82
4.7.1. Materiał nauczania	82
4.7.2. Pytania sprawdzające	86
4.7.3. Ćwiczenia	86
4.7.4. Sprawdzian postępów	87
<b>4.8. Szlifowanie</b>	88
4.8.1. Materiał nauczania	88
4.8.2. Pytania sprawdzające	94
4.8.3. Ćwiczenia	94
4.8.4. Sprawdzian postępów	95

<b>4.9. Toczenie</b>	96
4.9.1. Materiał nauczania	96
4.9.2. Pytania sprawdzające	101
4.9.3. Ćwiczenia	101
4.9.4. Sprawdzian postępów	102
<b>5. Sprawdzian osiągnięć</b>	103
<b>6. Literatura</b>	108

# 1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w nabywaniu umiejętności z zakresu metod maszynowej obróbki drewna i tworzyw drzewnych, rodzaju stosowanych narzędzi, a także klasyfikacji, budowy, zasady działania i obsługi obrabiarek do drewna.

Jednostka modułowa „Wykonywanie maszynowej obróbki drewna i tworzyw drzewnych” jest jedną z podstawowych jednostek dotyczących procesu technologicznego wytwarzania elementów.

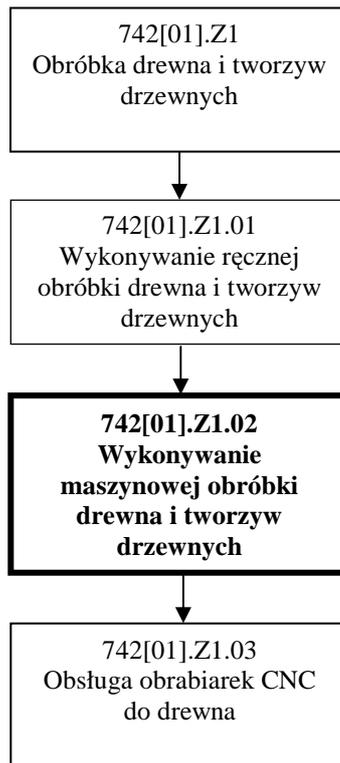
Poradnik zawiera:

- wymagania wstępne, czyli wykaz niezbędnych umiejętności, które powinieneś posiadać, aby przystąpić do realizacji tej jednostki modułowej,
- cele kształcenia jednostki modułowej, które określają umiejętności, jakie opanujesz w wyniku procesu kształcenia,
- materiał nauczania, który zawiera informacje niezbędne do realizacji zaplanowanych szczegółowych celów kształcenia, umożliwi samodzielne przygotowanie się do ćwiczeń i zaliczenia sprawdzianów. Wykorzystaj do poszerzenia wiedzy wskazaną literaturę oraz inne źródła informacji. Obejmuje on również:
  - pytania sprawdzające wiedzę niezbędną do wykonania ćwiczeń,
  - ćwiczenia z opisem sposobu ich wykonania oraz wyposażenia stanowiska pracy,
  - sprawdzian postępów, który umożliwi sprawdzenie poziomu Twojej wiedzy po wykonaniu ćwiczeń,
- sprawdzian osiągnięć w postaci zestawu pytań sprawdzających opanowanie umiejętności z zakresu całej jednostki. Zaliczenie jest dowodem zdobytych umiejętności określonych w tej jednostce modułowej,
- wykaz literatury dotyczącej programu jednostki modułowej.

Jeżeli masz trudności ze zrozumieniem tematu lub ćwiczenia, poproś nauczyciela lub instruktora o wyjaśnienie i ewentualne sprawdzenie, czy dobrze wykonujesz daną czynność. Po przyswojeniu materiału spróbuj zaliczyć sprawdzian z zakresu jednostki modułowej. Wykonując sprawdzian postępów powinieneś odpowiadać na pytania tak lub nie, co oznacza, że opanowałeś materiał lub nie.

## **Bezpieczeństwo i higiena pracy**

Przy obsłudze obrabiarek do maszynowej obróbki drewna musisz przestrzegać regulaminów, przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz szczegółowych instrukcji opracowanych dla każdego stanowiska. Ogólne przepisy bhp, ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony środowiska obowiązujące podczas pracy w zakładzie stolarskim zostały przedstawione w jednostce modułowej 742[01].O1.01.



Schemat układu jednostek modułowych

## 2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- wykonywać i odczytywać szkice, schematy i rysunki,
- posługiwać się dokumentacją techniczną,
- rozpoznawać gatunki drewna i rodzaje tworzyw drzewnych,
- wykonywać rysunki podstawowych konstrukcji geometrycznych,
- posługiwać się dokumentacją techniczną,
- organizować stanowisko pracy do obróbki drewna,
- posługiwać się przyrządami do trasowania,
- wykonywać ręczną obróbkę drewna i tworzyw drzewnych,
- posługiwać się przyrządami kontrolno-pomiarowymi,
- stosować racjonalną gospodarkę materiałami, narzędziami i energią,
- stosować przepisy ochrony przeciwpożarowej,
- określać wpływ szkodliwych czynników związanych z obróbką drewna i tworzyw drzewnych na środowisko.

### 3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- scharakteryzować ruchy robocze i posuwowe oraz ich prędkość podczas maszynowej obróbki drewna,
- rozpoznać podstawowe części maszyn i mechanizmów,
- rozpoznać zespoły i główne części obrabiarek,
- ocenić stan silników elektrycznych oraz elementów instalacji elektrycznej,
- wyjaśnić zasady działania instalacji pneumatycznych,
- wyjaśnić zasady działania podstawowych elementów sterowania w obrabiarkach,
- dokonać manipulacji oraz trasowania drewna i tworzyw drzewnych,
- dobrać narzędzia do maszynowej obróbki drewna i tworzyw drzewnych,
- ocenić stan techniczny oraz przygotować narzędzia do obróbki maszynowej,
- zamocować narzędzia w zespołach roboczych,
- scharakteryzować budowę podstawowych obrabiarek do drewna,
- rozróżnić maszyny tworzące linie i gniazda obróbkowe,
- dobrać obrabiarki do określonych operacji technologicznych,
- dobrać parametry obróbki: prędkość obrotową narzędzi, prędkość mechanicznego i ręcznego posuwu, grubość skrawanej warstwy,
- nastawić obrabiarki do wykonania określonych operacji technologicznych,
- obsłużyć obrabiarki do drewna,
- ocenić jakość wykonywanej pracy, usunąć ewentualne usterki,
- zamocować oraz dokonać regulacji urządzeń ochronnych i zabezpieczających obrabiarek,
- dobrać oprzyrządowanie obróbkowe do określonych operacji technologicznych,
- posłużyć się przyrządami pomiarowymi i sprawdzianami, zinterpretować wyniki pomiarów,
- dokonać oceny jakości obróbki,
- wykonać konserwację obrabiarek i urządzeń,
- posłużyć się przyrządami pomiarowo - kontrolnymi,
- zastosować urządzenia transportu wewnątrzzakładowego,
- określić zagrożenia związane z użytkowaniem obrabiarek i urządzeń,
- zastosować racjonalną gospodarkę materiałami, narzędziami i energią,
- zastosować zasady bezpiecznej obsługi maszyn, urządzeń produkcyjnych i transportowych,
- zastosować przepisy ochrony przeciwpożarowej.

## 4. MATERIAŁ NAUCZANIA

### 4.1. Podstawy mechaniki

#### 4.1.1. Materiał nauczania

##### Rodzaje części maszyn

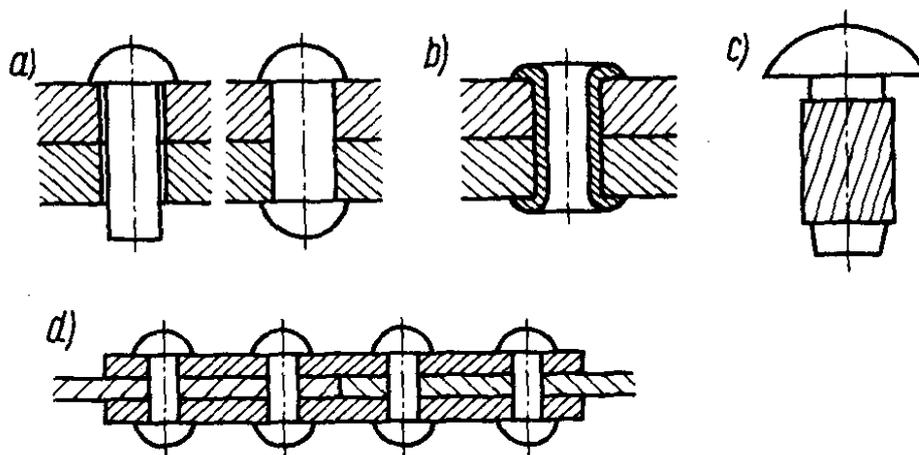
Nawet proste maszyny składają się z wielu części połączonych w zespoły czy mechanizmy. Sposób połączenia i możliwość zmiany wzajemnego położenia stanowi podstawę rozróżniania części spoczynkowych i ruchowych. Ze względu na funkcję pełnioną w maszynie można rozróżnić części przenoszące napęd, osłony, hamulce itd.

##### Połączenia

Połączenia wiążą ze sobą części maszyn lub innych konstrukcji czy wyrobów. Połączenia nierozłączne (nitowe, spawane, lutowane, zgrzewane, klejowe) przy próbie rozłączenia ulegają zniszczeniu. Połączenia rozłączne (gwintowe, wpustowe, wielowypustowe, klinowe, kołkowe, sworzniowe) można wielokrotnie rozłączać bez ich uszkodzania.

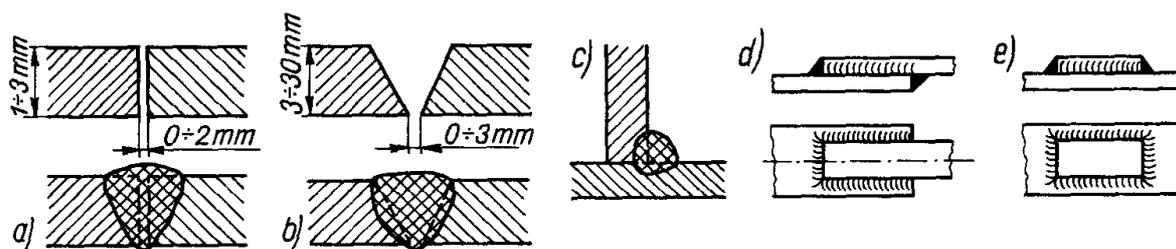
##### Połączenia nierozłączne

Połączenia nitowe są stosowane do łączenia ze sobą blach, ceowników, kątowników oraz ogniw łańcuchów płytkowych. W budowie maszyn i zbiorników nity normalne są zastępowane spawaniem. Rozszerza się stosowanie bardzo zróżnicowanych nitów specjalnych.



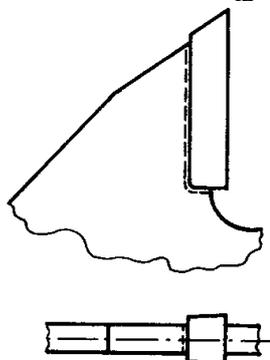
Rys. 1. Połączenia nitowe: a) nit normalny z łbem kulistym – przed i po zamknięciu, b) nit rurkowy, c) nitokołek radełkowany, d) połączenie nitowe nakładkowe dwustronne symetryczne [3, s. 22]

**Połączenia spawane** powstają w wyniku spawania gazowego lub elektrycznego polegającego na łączeniu metali (głównie blach) przez ich miejscowe stopienie. Grubość blach oraz ich wzajemne usytuowanie decydują o wstępnym przygotowaniu krawędzi blach do spawania. W budowie maszyn jest szeroko stosowane spawanie elektryczne w osłonie gazów ochronnych (argon Ar, dwutlenek węgla CO<sub>2</sub> lub ich mieszanki); proces jest często automatyzowany. [3, s. 22]



**Rys. 2.** Połączenia spawane: a) spoina czołowa bez wstępnego przygotowania krawędzi blach – przed i po spawaniu, b) spoina czołowa ukosowana na V, c) spoina pachwinowa z licem wypukłym, d) połączenie zakładkowe, e) połączenie przykładowe [3, s. 23]

**Połączenia lutowane** przenoszące większe obciążenia wymagają stosowania tzw. lutów twardych (mosiądz, srebro i stopy srebra z miedzią). Lutowanie jest szeroko stosowane do produkcji i regeneracji narzędzi z nakładkami z węglików spiekanych.



**Rys. 3.** Połączenie lutowane – nakładka z węglików spiekanych połączona z brzeszczotem piły; linia przerywaną oznaczono lutowinę [3, s. 23]

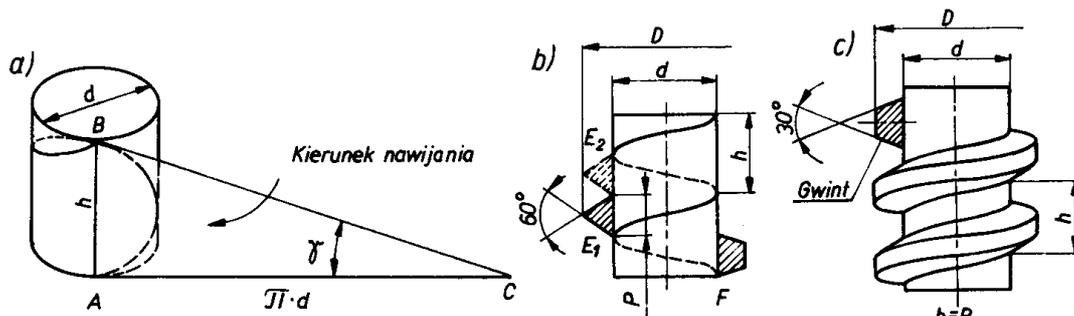
**Połączenia klejowe** są ostatnio coraz częściej stosowane dzięki rozwojowi chemii i technologii. Kleje zapewniają niekiedy wytrzymałość połączeń większą niż otrzymywaną innymi sposobami.

### Połączenia rozłączne

Połączenia gwintowe są najszerzej stosowanymi w budowie maszyn, bardzo różnorodnymi połączeniami rozłącznymi.

Linia śrubową rys. 4 nazywa się krzywą przestrzenną powstałą przez nawinięcie na walec o średnicy  $d$  przeciwprostokątnej  $BC$  trójkąta prostokątnego  $ABC$ , którego przyprostokątna  $AC$  jest równa obwodowi podstawy walca  $\pi * d$ , a druga przyprostokątna  $AB = h$  – jest wysokością walca. Kąt  $\gamma$  (gamma) jest kątem wzniosu linii śrubowej.

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{h}{\pi * d}$$



Rys. 4. Pojęcia podstawowe dotyczące gwintu: a) linia śrubowa prawoskrętną, b) powstawanie gwintu zewnętrznego, c) gwint zewnętrzny prawozwojny, jednokrotny, trapezowy, symetryczny [3, s. 24]

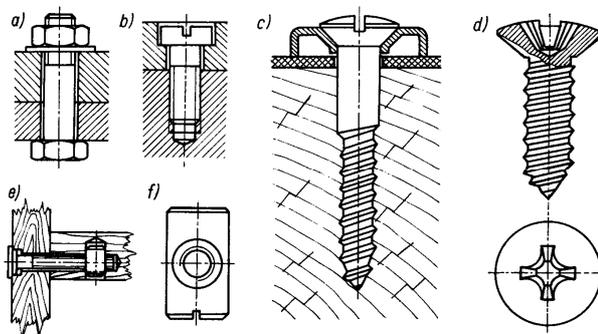
Wielkość  $h$  nazywa się skokiem linii śrubowej. Oznaczony na rys. 4 kierunek nawijania daje linię śrubową prawoskrętną, przeciwny – lewoskrętną. Jeśli nie ma oznaczenia gwintu lewoskrętnego LH, to należy rozumieć, że gwint jest prawoskrętny (nie oznacza się go żadnym symbolem).

Istotą połączeń śrubowych jest współpraca występów gwintu (grzbietów) ukształtowanych na zewnętrznej powierzchni walcowej (na śrubie) z wgłębieniami gwintu (bruzdami) ukształtowanymi na wewnętrznej powierzchni walcowej, tj. na ścianie okrągłego otworu (w nakrętce).

Jeżeli do tworzącej walca z linią śrubową przystawimy promieniowo (rys. 4b) trójkąt równoboczny  $E_1$  lub trapez  $F$  i przesuniemy tę figurę wzdłuż linii śrubowej, to opisze ona na walcu bryłę o zarysie trójkąta lub trapezu, zwaną gwintem. Wielkością charakterystyczną gwintu jest jego podziałka  $P$ ; jeśli skok linii śrubowej  $h = P$ , to gwint nazywa się pojedynczym; jeśli  $h = 2P$ , to gwint nazywa się dwukrotnym. Gwint dwukrotny uzyskalibyśmy wg rys. 4 przesuwając wzdłuż linii śrubowej dwa trójkąty  $E_1$  i  $E_2$ . Na rys. 4c pokazano gwint trapezowy symetryczny jednokrotny; oznacza się go symbolem  $Tr$ ; jeśli np.  $D = 40$  mm, a  $P = 6$ , to oznaczenie gwintu ma zapis  $Tr40 \times 6$ .

Gwinty są znormalizowane. Powszechnie są stosowane gwinty metryczne o zarysie trójkąta równobocznego, jednokrotne, prawoskrętne. Dla gwintu zwykłego, w którym np. średnicy zewnętrznej  $D = 20$  mm odpowiada jedna określona podziałka  $P = h = 2,5$  mm, oznaczenie gwintu ma zapis  $M20$ ; dla gwintu drobnozwojnego, np. dla  $P = 1,5$ , oznaczenie ma postać  $M20 \times 1,5$ .

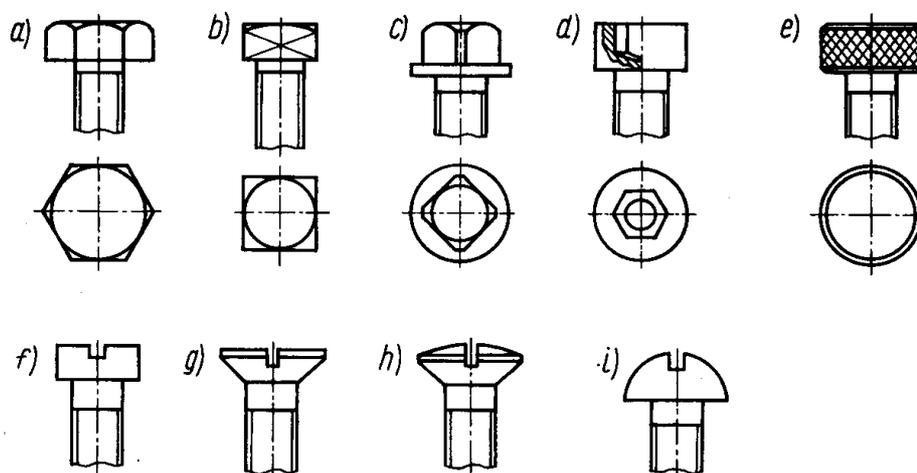
Gwinty trapezowe symetryczne są stosowane w połączeniach silnie obciążonych, jak np. śruby pociągowe obrabiarek. Śruba taka powoduje przesunięcie części połączonej z nią gwintem wewnętrznym – np. suportu tokarki – o 1 skok  $h$  na 1 obrót śruby. [3, s. 24]



Rys. 5. Przykłady połączeń gwintowych: a) śruba z łbem sześciokątnym, z gwintem krótkim; nakrętka sześciokątna; podkładka okrągła, b) wkręt z łbem walcowym, z gwintem długim, c) wkręt do drewna z łbem stożkowym soczewkowym, podkładka tapicerska, d) wkręt samogwintujący z łbem stożkowym soczewkowym z wgłębieniem krzyżowym, e) wkręt z łbem walcowym z gwintem długim, podkładka tapicerska; nakrętka walcowa, f) nakrętka walcowa [3, s. 25]

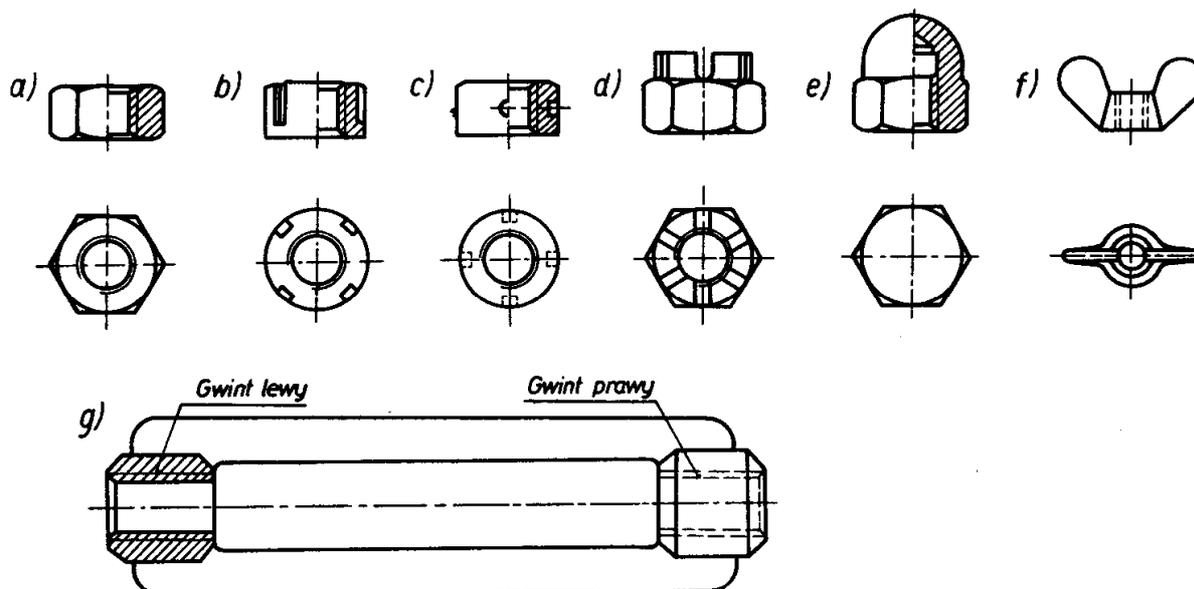
Odmienny zarys mają gwinty na wkrętach do drewna oraz śrubach i wkrętach samogwintujących (do blach, drewna i innych tworzyw), stosowanych w meblarstwie (rys. 5).

Części złączne (rys. 5), w których występuje gwint, to śruby, wkręty i nakrętki. Częściami pomocniczymi do śrub i wkrętów są różnego rodzaju podkładki i zawlecзки. Najczęściej spotykane kształty łbów śrub pokazano na rys. 6 a÷e, a wkrętów – na rys. 6 f÷i.



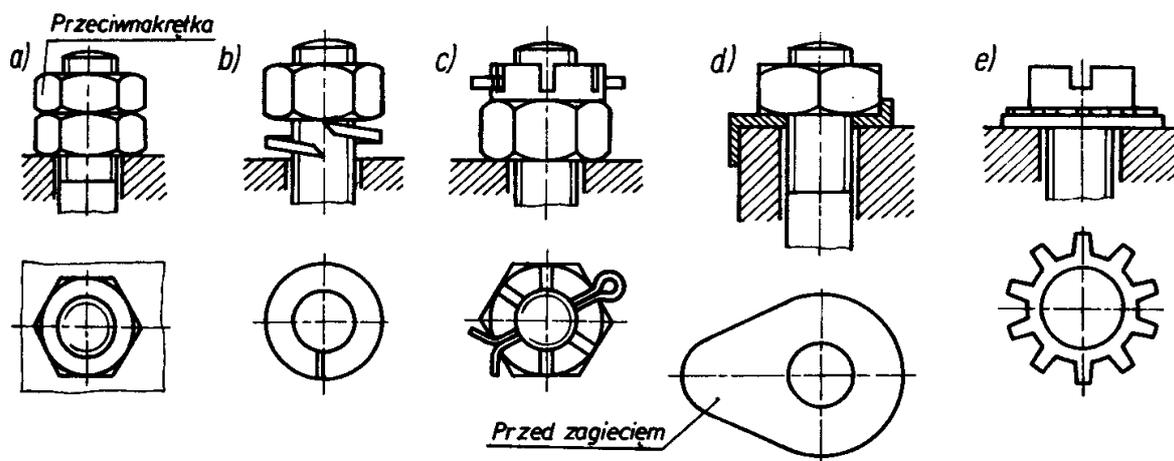
**Rys. 6.** Łby śrub: a) sześciokątny, b) czworokątny, c) czworokątny wieńcowy, d) walcowy z gniazdem sześciokątnym, e) radełkowany; łby wkrętów: f) walcowy, g) stożkowy płaski, h) stożkowy soczewkowy, i) kulisty [3, s. 25]

Spośród różnorodnych nakrętek najczęściej stosowane pokazano na rys. 7. Aby równomiernie rozłożyć nacisk śruby czy wkręta na większej powierzchni lub ochronić tę powierzchnię przed uszkodzeniem przy zakręcaniu i odkręcaniu, stosuje się różne podkładki.



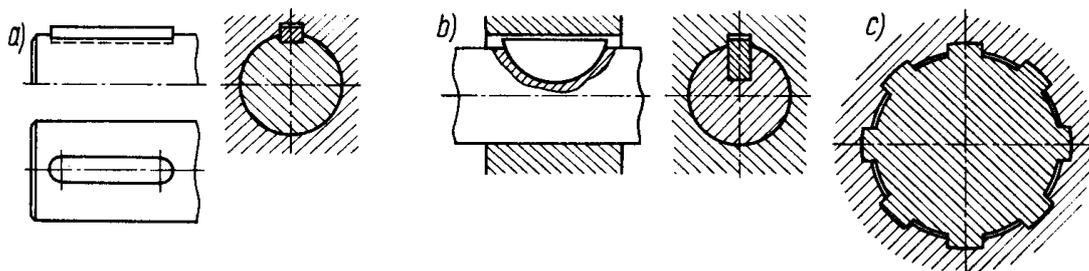
**Rys. 7.** Nakrętki: a) sześciokątna, b) okrągła rowkowa, c) okrągła otworowa, d) koronowa, e) kapturkowa, f) skrzydełkowa, g) napinająca – rzymska [3, s. 26]

Do zabezpieczenia łączników przed odkręcaniem się są stosowane rozwiązania pokazane przykładowo na rys. 8.



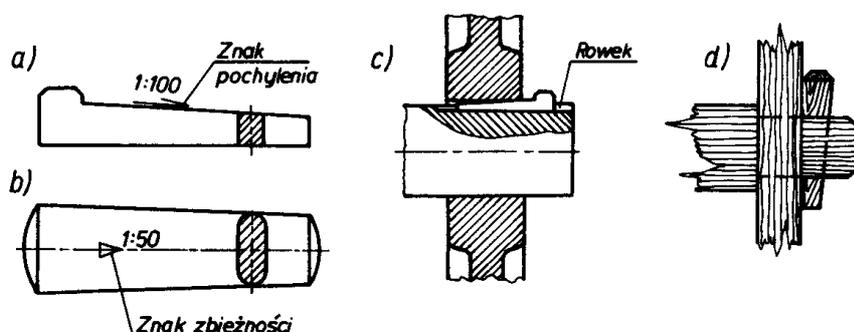
Rys. 8. Zabezpieczenia łączników przed odkręcaniem: a) przeciwnakrętka, b) podkładka sprężysta, c) zawleczka do nakrętki koronowej, d) podkładka odginana, e) podkładka sprężysta ząbkowana [3, s. 27]

Połączenia wpustowe i wielowypustowe są stosowane najczęściej do przenoszenia momentu obrotowego między kołem osadzonym na wale a tym wałem. Wpusty i wielowypusty przenoszą obciążenia powierzchnią boczną; pracują na ścinanie.



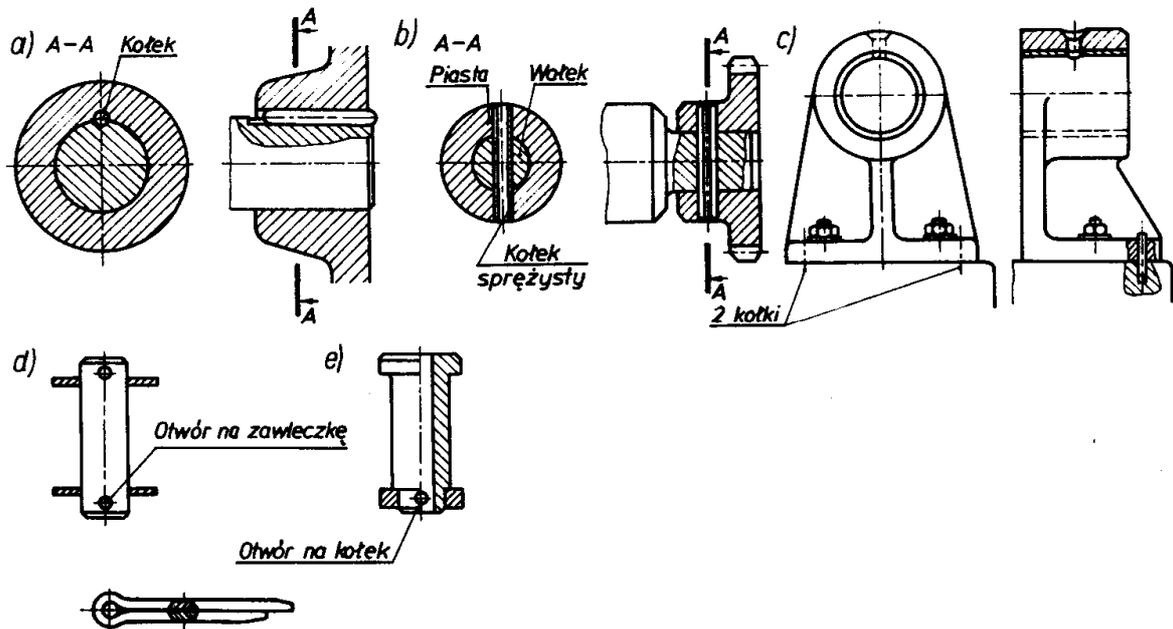
Rys. 9. Połączenia wpustowe i wielowypustowe: a) wpust pryzmatyczny, b) wpust czółenkowy, c) wielowypust [3, s. 27]

**Połączenia klinowe** mają klin, który jest technicznym zastosowaniem równi pochyłej jako maszyny prostej do mocowania części ze sobą albo do ich przesuwania względem siebie w celu zmiany położenia lub wywarcia potrzebnego docisku. Najistotniejszą wielkością charakterystyczną klina jest pochylenie, a w przypadku klina dwustronnego symetrycznego – zbieżność jego powierzchni roboczych.



Rys. 10. Połączenia klinowe: a) klin jednostronny z noskiem, b) klin dwustronny symetryczny, c) połączenie wzdłużne klinem wpuszczanym, d) połączenie poprzeczne klinem w konstrukcji stojaka stołu [3, s. 27]

Połączenia kołkowe i sworzniowe są najprostszym sposobem łączenia części maszyn – służą do ustalenia ich położenia lub przenoszenia obciążeń. [3, s. 28]



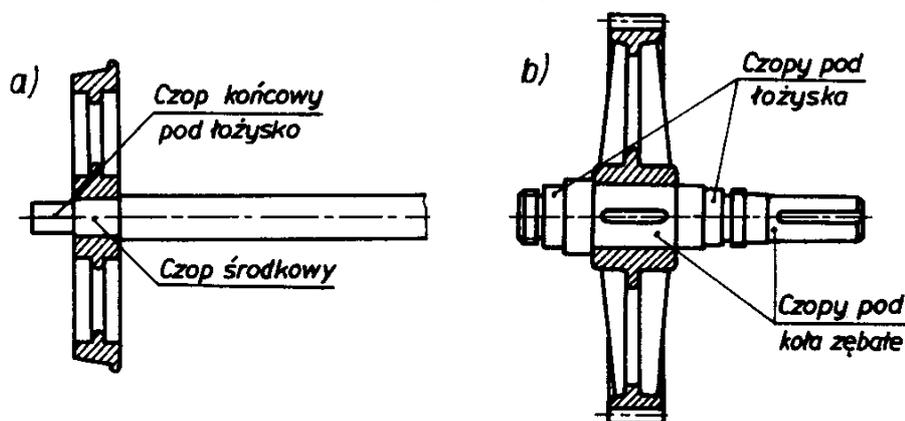
Rys. 11. Połączenia kołkowe (a-c) i sworzniowe (d, e): a) połączenie wzdłużne kołkiem walcowym gładkim, b) połączenie poprzeczne kołkiem sprężystym, c) zastosowanie kołków ustalających, d) sworzni gładki pełny z podkładkami okrągłymi i zawleczkami, e) sworzni kształtowy drażony z pierścieniem mocowanym kołkiem [3, s. 28]

### Połączenia sprężyste

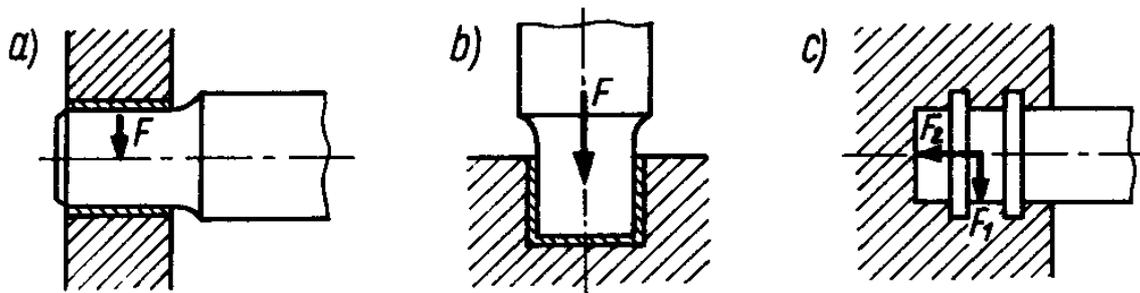
Połączenia sprężyste powstają dzięki wykorzystaniu kształtów i wymiarów części ze specjalnych gatunków stali, a w odniesieniu do materiałów takich, jak guma, tworzywa sztuczne – cechy ich dużej podatności. Połączenia sprężyste umożliwiają tłumienie drgań, izolację części drgających.

### Osie, wały, czopy

Walcowe części maszyn podparte w łożyskach i umożliwiające wykonywanie ruchu obrotowego to osie i wały. Wały są zawsze częściami obracającymi się i przenoszącymi obciążenia skręcające, odbierane lub przekazywane najczęściej za pośrednictwem różnych kół obracających się wraz z tymi wałami. Osie przenoszą tylko obciążenia zginające. Czopy to części osi i wałów, na których są osadzone obrotowo lub spoczynkowo różne koła albo którymi oś lub wał stykają się z łożyskiem [3, s. 29]



Rys. 12. Osie, wały, czopy: a) oś wózka szynowego, b) wał przekładni zębatej [3, s. 29]

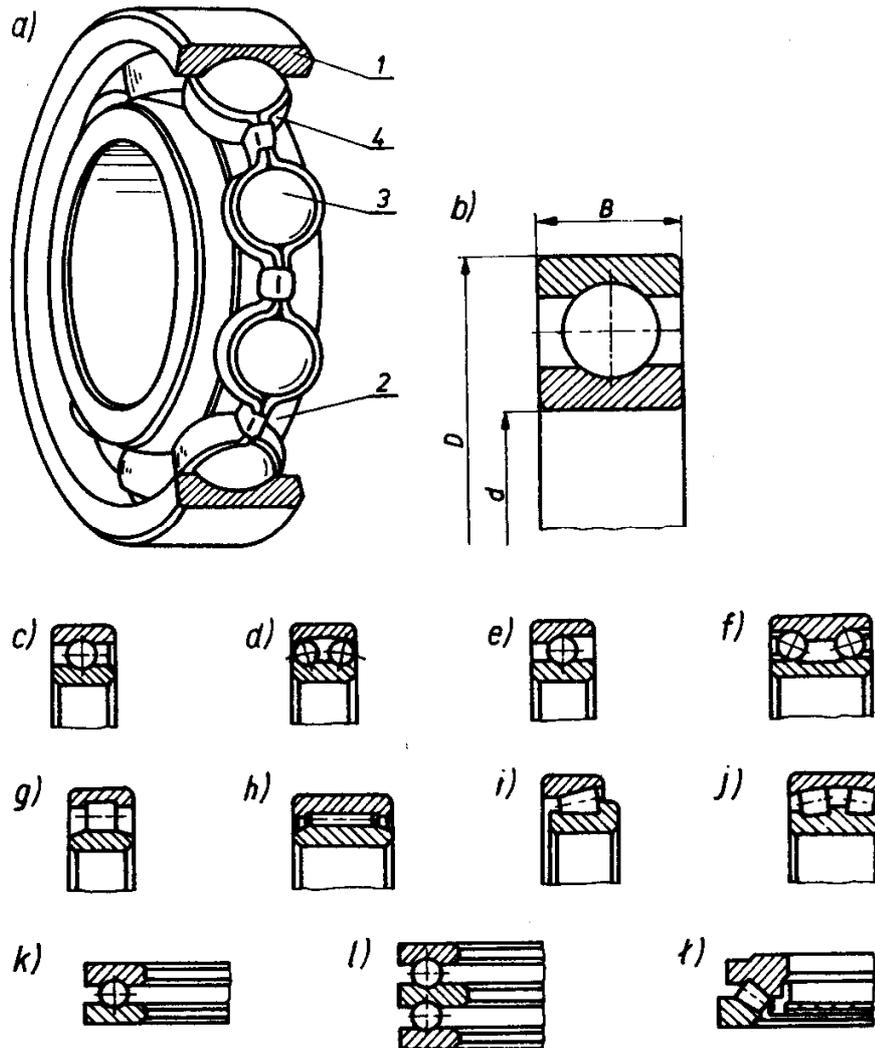


Rys. 13. Rodzaje czopów: a) czop poprzeczny, b) czop wzdłużny, c) czop poprzeczno-wzdłużny [3, s. 29]

## Łożyska

Czopy osi i wałów są podparte łożyskami. W zależności od kierunku przenoszonych obciążeń rozróżnia się łożyska poprzeczne, wzdłużne i poprzeczno-wzdłużne. Budowa łożyska powinna sprzyjać zmniejszaniu oporów ruchu. Ze względu na rodzaj tarcia rozróżnia się łożyska ślizgowe i toczne.

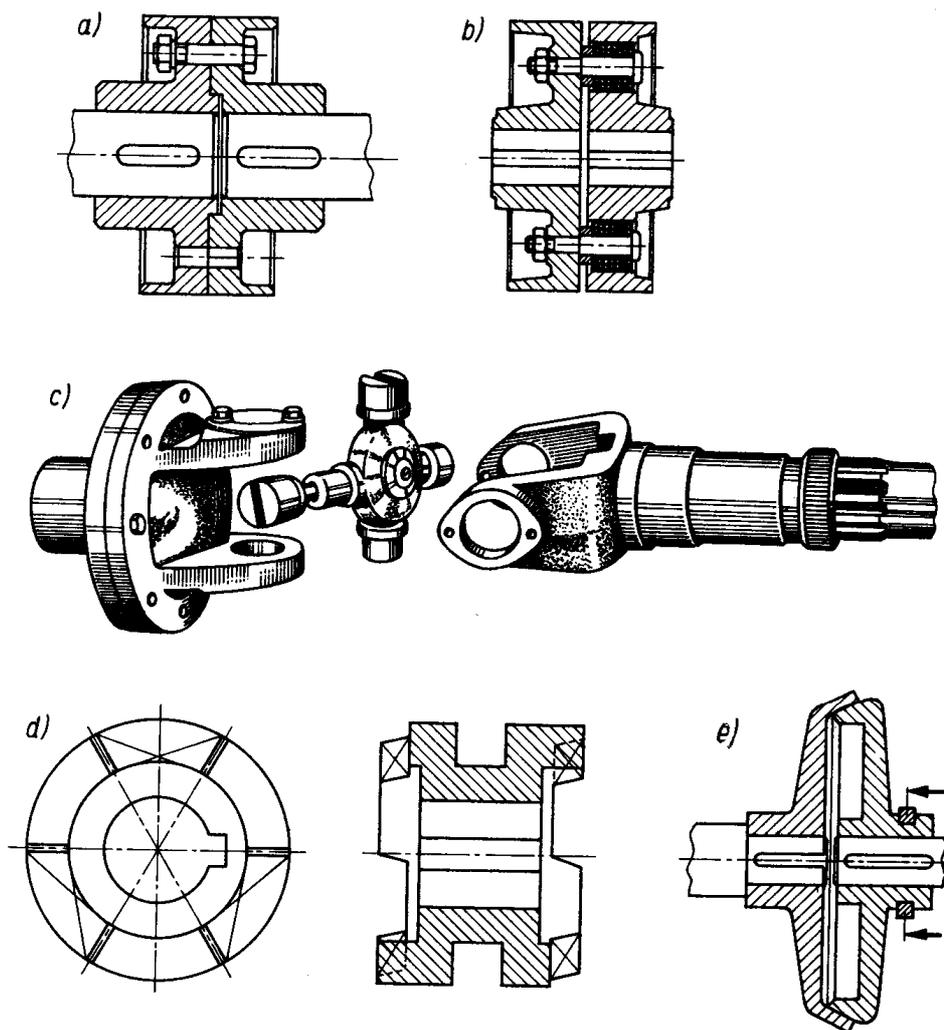
W budowie maszyn, zwłaszcza w odniesieniu do części szybkoobrotowych, są powszechnie stosowane łożyska toczne, które również dzieli się na poprzeczne, wzdłużne (jednokierunkowe i dwukierunkowe) i poprzeczno-wzdłużne, czyli skośne. Oprócz kulek jako elementy toczne są stosowane baryłki, stożki, walce i wałki małej średnicy, zwane igiełkami. Ze względu na możliwość odchylenia się pierścienia wewnętrznego względem zewnętrznego rozróżnia się łożyska wahliwe i zwykłe. Wymiary łożysk są znormalizowane. Głównymi zaletami łożysk tocznych są małe opory tarcia, proste smarowanie, łatwa wymiennność.



**Rys. 14.** Łożyska toczne: a) budowa łożyska poprzecznego kulkowego jednorzędowego zwykłego, b) główne wymiary, c) łożysko kulkowe zwykłe z uszczelką gumową, d) łożysko kulkowe wahliwe, e) łożysko kulkowe skośne, f) łożysko kulkowe skośne dwurzędowe, g) łożysko walcowe, h) łożysko igiełkowe, i) łożysko stożkowe, j) łożysko baryłkowe dwurzędowe, k) łożysko kulkowe wzdłużne jednokierunkowe, l) łożysko kulkowe wzdłużne dwukierunkowe, t) łożysko baryłkowe wzdłużne, 1 – pierścień zewnętrzny, 2 – pierścień wewnętrzny, 3 – kulki, 4 – koszyk [3, s. 30]

## Sprzęgła

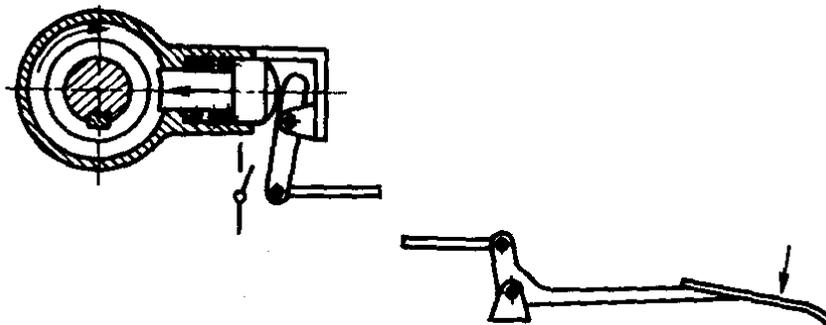
Sprzęgła umożliwiają łączenie wałów w celu przeniesienia napędu z jednego wału na drugi. Rozróżnia się sprzęgła mechaniczne, hydrauliczne, elektromagnetyczne. Sprzęgła nierozłączne (stałe) nie dają możliwości włączania i rozłączania w czasie napędzania; sprzęgła sterowane mają taką możliwość, w samoczynnych zaś połączenie lub rozłączenie następuje stosownie do osiągniętej prędkości obrotowej, obciążenia lub kierunku obrotów. Przykłady typowych sprzęgieł mechanicznych pokazano na rys. 15.



Rys. 15. Sprzęgła: a) nierozłączne sztywne kołnierzowe, b) nierozłączne podatne z wkładkami gumowymi, c) nierozłączne odchylne (Cardana), d) kłowe – przesuwna część środkowa sprzęgła dwustronnego, e) sterowane cierne stożkowe [3, s. 31]

### Hamulce

Hamulce są stosowane do podyktowanego głównie względami bezpieczeństwa szybkiego zatrzymywania obracających się części maszyn. W obrabiarkach do drewna najczęściej spotyka się hamulce cierne – klockowe lub stożkowe. [3, s. 32]



Rys. 16. Hamulec klockowy wrzeciona pilarki tarczowej [3, s. 32]

## Mechanizmy

Do napędu maszyn, nastawiania ich zespołów i wykonywania innych ruchów (kinematyka) służą części i zespoły o różnej złożoności. Najprostsze zestawienia dwóch części tworzą pary kinematyczne (obrotowe, przesuwne), bardziej złożone tworzą mechanizmy dźwigniowe, cierne, cięgnowe, zębate, krzywkowe, zapadkowe. Mechanizmami są sprzęgła, hamulce, przekładnie mechaniczne; częściami mechanizmów są osie, wały, łożyska.

Jeśli ruch obrotowy jest przenoszony z wału napędzającego (czynnego) mającego prędkość kątową  $\omega_1$  (omega jeden) na wał napędzany (bierny) w taki sposób, że wał napędzany ma prędkość kątową  $\omega_2$ , to stosunek prędkości nazywa się przełożeniem.

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

W praktyce posługujemy się nie prędkością kątową, lecz prędkością obrotową  $n$  i wówczas

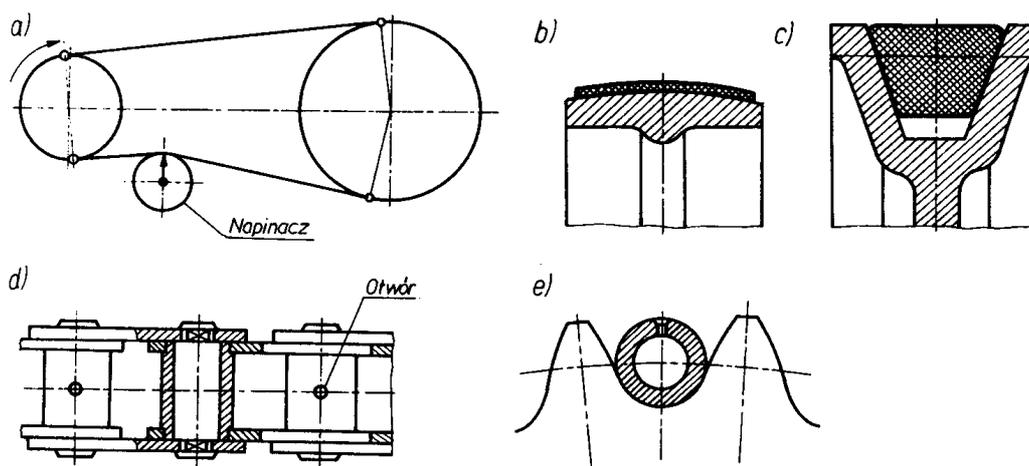
$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

Jeśli w omawianej przekładni występują koła pasowe lub cierne mające średnice  $D_1$  i  $D_2$  albo koła zębate o liczbach zębów  $z_1$  i  $z_2$ , to przełożenie wyrazi się stosunkiem:

$$i = \frac{D_2}{D_1} \quad i = \frac{z_2}{z_1}$$

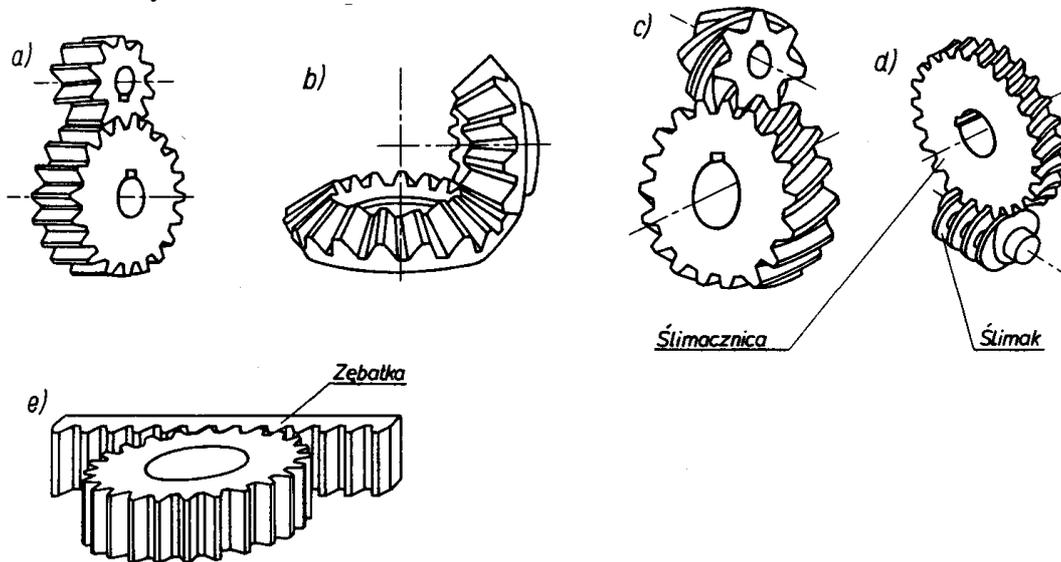
## Przekładnie

Spomiędzy przekładni cięgnowych w maszynach do drewna najczęściej są stosowane przekładnie pasowe i łańcuchowe. Omawiane wyżej przełożenia określają zależności teoretyczne; w przekładniach pasowych i ciernych występują poślizgi. W przekładni pasowej poślizg może być zmniejszony dzięki zastosowaniu napinacza pasa. Nie dają poślizgu przekładnie łańcuchowe – rys. 17d.



**Rys. 17.** Przekładnie cięgnowe: a) pasowa otwarta z napinaczem, b) koto pasowe z pasem płaskim, c) koło pasowe z pasem klinowym, d) łańcuch drabinkowy, e) fragment koła zębatego do łańcucha drabinkowego [3, s. 33]

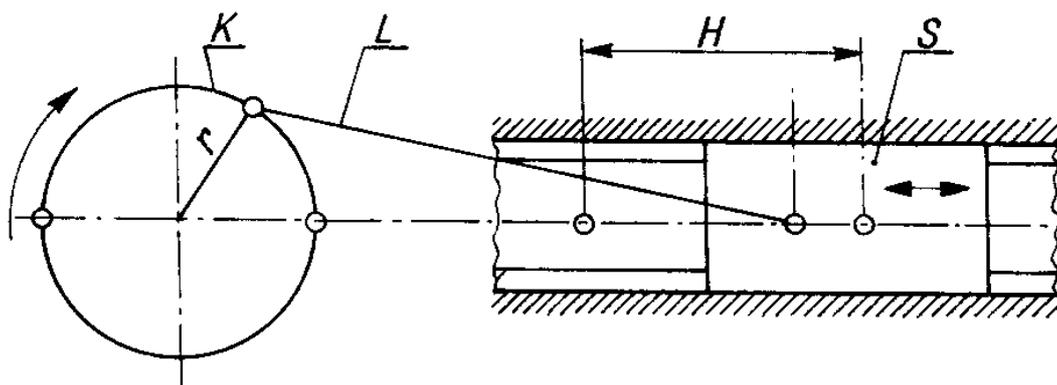
**Przekładnie zębate** to zespoły kół ze sobą współpracujących, mających zęby proste, skośne, łukowe lub daszkowe. Ze względu na ustawienie osi kół (zarazem osi czopów i wałów) rozróżnia się przekładnie równoległe, kątowe i wichrowate. Szczególnymi przekładniami zębatymi są przekładnie ślimakowe (ślimak napędza ślimacznice), których przełożenie sięga 90:1, oraz przekładnie zębatkowe o jednym z kół traktowanym jak koło o średnicy równej nieskończoności (prosty pręt zębaty, zwany zębatką), nie wykonującym ruchu obrotowego, lecz prostoliniowego.



Rys. 18. Przekładnie zębate zewnętrzne: a) równoległa, b) kąтова, c) wichrowata, d) ślimakowa, e) zębatkowa [3, s. 33]

### Mechanizm korbowy

Mechanizm korbowy składa się z koła korbowego K o stałym lub nastawnym promieniu  $r$ , które obracając się nadaje za pośrednictwem korbowodu L ruch prostoliniowy zwrotny o skoku  $H = 2r$  suwakowi S, suportowi lub innemu zespołowi.



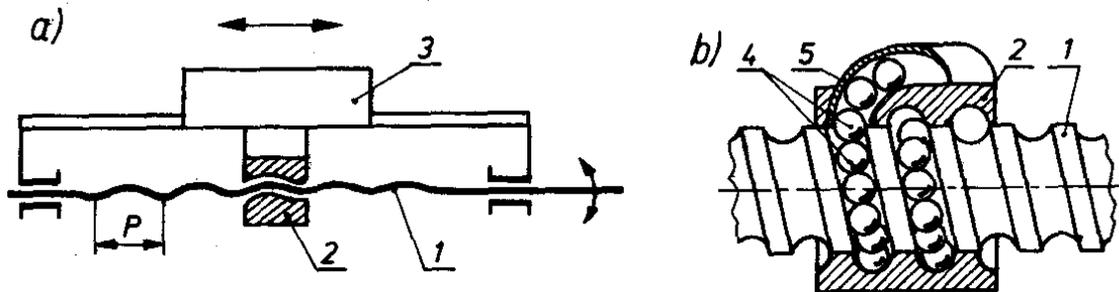
Rys. 19. Mechanizm korbowy [3, s. 34]

### Mechanizmy śrubowe

Mechanizmy śrubowe są stosowane w budowie maszyn do nastawiania suportów, sań, stojaków kadłubowych i innych zespołów lub do nadania im ruchu postępowo-zwrotnego (posuwowego, dosuwowego, odsuwowego).

Mechanizm śrubowy składa się ze śruby pociągowej I obracanej ręcznie za pomocą korby albo napędzanej za pośrednictwem skrzynki przekładniowej oraz współpracującej ze śrubą

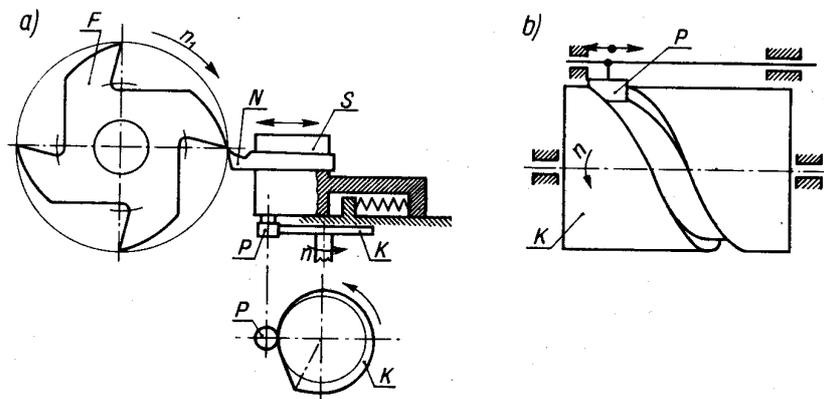
nakrętki 2 połączonej z przesuwным zespołem 3 (np. suportem). O wielkości lub prędkości przesunięcia decyduje podziałka gwintu  $P$  i kąt obrotu śruby lub prędkość obrotowa śruby. Ze względu na występujący w zwykłych połączeniach śrubowych luz gwintu w nowoczesnych obrabiarkach sterowanych numerycznie zwykły mechanizm śrubowy jest zastępowany przekładnią śrubowo-toczną, której zasadę działania ilustruje rys. 20b. Kanał 5, zwany obiegowym, zapewnia powrót kulek 4 do zwoju wejściowego po ich przetoczeniu się między śrubą i nakrętką.



Rys. 20. Mechanizmy śrubowe: a) zwykły, b) przekładnia śrubowa toczna [3, s. 34]: 1 – śruba, 2 – nakrętka, 3 – suport, 4 – kulki wypełniające co najmniej jeden zwoj gwintu, 5 – kanał obiegowy

### Mechanizmy krzywkowe i inne

W obrabiarkach automatycznych zachodzi potrzeba wykonywania cyklicznych ruchów według z góry ustalonego programu, np. suport ma rozpocząć ruch prostoliniowy po upływie  $1/6$  cyklu, poruszać się z prędkością zmienną od zera do maksimum w ciągu  $1/6$  cyklu, następnie z określoną prędkością stałą przesunąć się w ciągu  $2/6$  cyklu, po czym w ciągu  $1/6$  cyklu wykonać ruch powrotny z prędkością zmieniającą się od zera przez maksimum do zera i przez pozostałe  $1/6$  cyklu pozostawać w spoczynku.



Rys. 21. Mechanizmy krzywkowe: a) krzywka płaska tarczowa K z popychaczem krążkowym P w zastosowaniu do zataczania freza, b) krzywka przestrzenna walcowa dwustronna z popychaczem osiowym stosowana w podajnikach [3, s. 35]

Rysunek 21 przedstawia zastosowanie krzywki płaskiej do obróbki na zataczarce grzbietów zębów frezów zataczanych. Krzywka K wykonuje ruch obrotowy ze stałą prędkością  $n$  obr/min związaną z prędkością obrotową  $n_1$  zataczanego freza F. Stykając się obwodem bezpośrednio z popychaczem P sprzężonym z suportem S, krzywka steruje nożem N kształtującym zarys grzbietu zęba freza F w funkcji złożenia ruchów freza i suportu. Pokazana na rys. 21b krzywka przestrzenna K rowkiem ukształtowanym na pobocznicy walca wymusza prostoliniowo-zwrotny ruch popychacza P. [3, s. 35]

## 4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co nazywamy połączeniem?
2. Jakie połączenia zaliczamy do połączeń nierozłącznych?
3. Jakie połączenia zaliczamy do połączeń rozłącznych?
4. Gdzie mają zastosowanie połączenia lutowane?
5. Jakie obciążenia przenoszą osie?
6. Co to jest czop?
7. Jakie znasz rodzaje łożysk?
8. Jakie jest zastosowanie łożysk?
9. Jakie znasz rodzaje sprzęgieł?
10. Które mechanizmy mają zastosowanie w obrabiarkach do drewna?
11. Z jakich elementów składa się mechanizm korbowy?
12. Gdzie ma zastosowanie przekładnia zębatkowa?

## 4.1.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Określ zastosowanie poszczególnych połączeń.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą dotyczącą zastosowania połączeń,
- 2) zapoznać się z zasadami podziału połączeń,
- 3) określić rodzaj łączonych elementów i sposób połączenia,
- 4) zanotować wnioski,
- 5) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zestaw połączeń,
- foliogramy plansze z rodzajami połączeń,
- przybory do pisania,
- literatura z rozdziału 6.

### Ćwiczenie 2

Wykonaj połączenie nitowe.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przygotować narzędzia do nitowania,
- 2) zapoznać się z kolejnymi czynnościami podczas nitowania,
- 3) wykonać pomiar średnic otworów w łączonych elementach,
- 4) dobrać odpowiedniej średnicy nity,
- 5) wykonać nitowanie,
- 6) porównać wykonane kolejne połączenia,
- 7) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

- Wyposażenie stanowiska pracy:
- narzędzia do nitowania ręcznego,
  - nity,
  - stalowe blachy – elementy do łączenia,
  - zestaw przyrządów kontrolno-pomiarowych,
  - literatura z rozdziału 6.

### **Ćwiczenie 3**

Rozpoznaj mechanizmy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą na ten temat,
- 2) dokonać analizy modeli mechanizmów,
- 3) rozpoznać poszczególne mechanizmy,
- 4) zanotować zastosowanie poszczególnych mechanizmów w obrabiarkach i urządzeniach,
- 5) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia przedstawić uzasadnienie wyboru w formie opisowej.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- modele mechanizmów,
- plansze, foliogramy z zastosowaniem mechanizmów,
- przybory do pisania,
- literatura z rozdziału 6.

### **Ćwiczenie 4**

Rozpoznaj rodzaje łożysk.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą na ten temat,
- 2) rozpoznać zastosowane w łożyskach elementy toczne,
- 3) zanotować nazwy rozpoznanych łożysk,
- 4) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia przedstawić uzasadnienie wyboru w formie opisowej.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- łożyska toczne i ślizgowe,
- plansze, foliogramy z budową łożysk,
- przybory do pisania,
- literatura z rozdziału 6.

#### 4.1.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
<b>Czy potrafisz:</b>		
1) określić co nazywamy połączeniem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) scharakteryzować połączenia nierozłączne?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) scharakteryzować połączenia rozłączne?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić zastosowanie połączeń lutowanych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) scharakteryzować obciążenia jakie przenoszą osie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wyjaśnić co to jest czop?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) scharakteryzować rodzaje łożysk?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) scharakteryzować rodzaje sprzęgieł?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) określić zastosowanie mechanizmów w obrabiarkach do drewna?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) scharakteryzować budowę mechanizmu korbowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11) określić zastosowanie przekładni zębatkowej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.2. Budowa maszyn

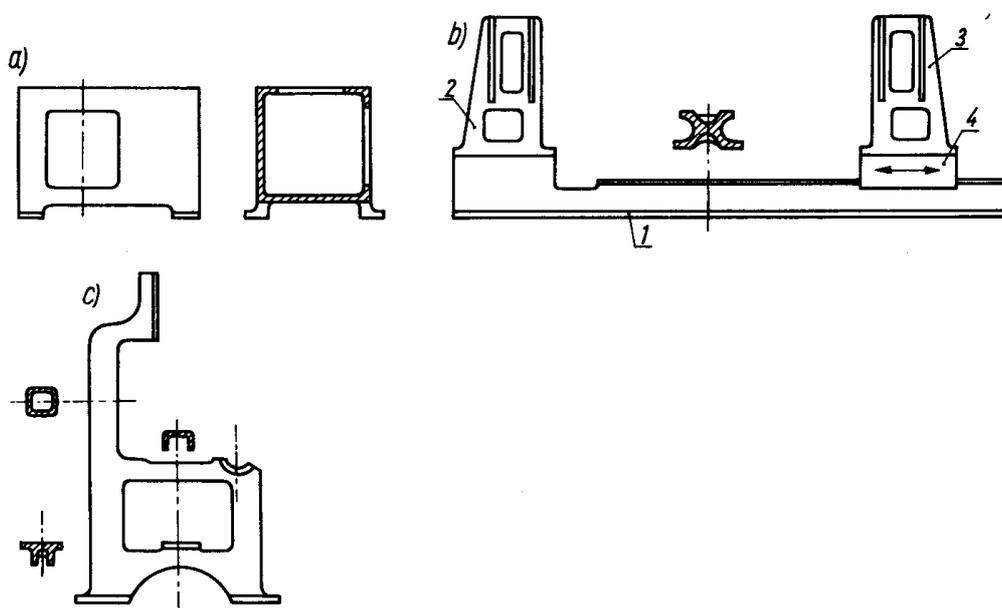
### 4.2.1. Materiał nauczania

#### Wprowadzenie i podział ogólny

Każda obrabiarka składa się z wielu części. Części te można grupować w zespoły np. według spełnianej przez nie funkcji. Na początku – dla uproszczenia – celowe jest tylko ogólne rozpatrzenie zespołów. Najczęściej występującymi częściami i zespołami są: kadłub, zespół roboczy i narzędzie tnące, zespół napędowy, zespół posuwowy, zespół prowadzący, zespół podpierający, zespół dociskowy, zespół zaciskowy, zespół podający, zespół odbierający, zespół nastawczy, zespół sterujący, osłony i urządzenia zwiększające bezpieczeństwo pracy, urządzenia smarujące.

#### Kadłub

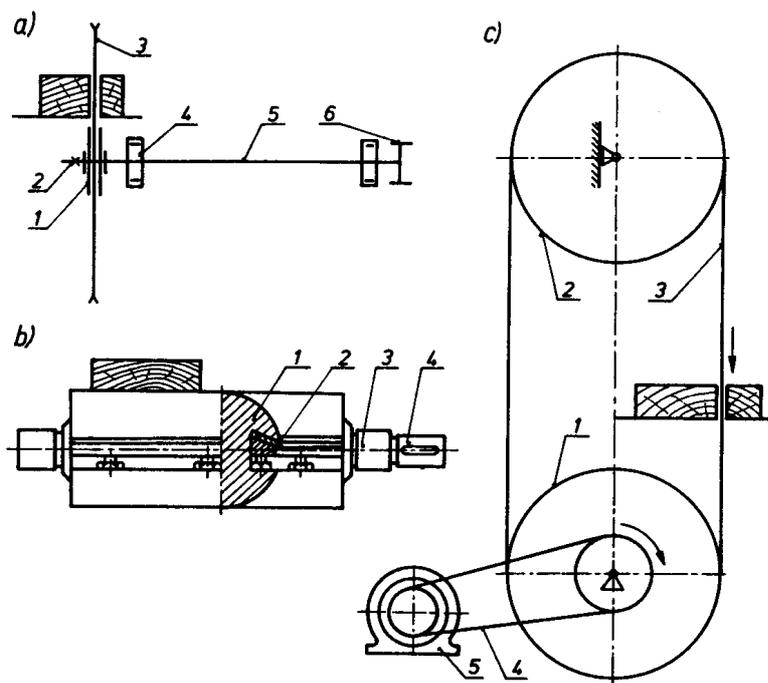
Kadłub stanowi szkielet obrabiarki, na którym pozostałe zespoły i części są rozmieszczone lub względem którego mogą się przesuwać w przestrzeni w sposób umożliwiający wykonanie zadania, dla którego obrabiarkę skonstruowano. Kadłub przejmuje na siebie siły i momenty wynikające z napędu i pracy obrabiarki; wiąże obrabiarkę z fundamentem. Ze względu na ogólny kształt kadłub całkowity lub składający się z części może mieć postać skrzynki, ramy, belki, płyty, wspornika, stojaka, łoża. Części kadłuba mogą być ze sobą połączone sztywno, przesuwnie lub obrotowo. Kadłuby są wykonywane jako odlewy (najczęściej żeliwne) lub konstrukcje spawane.



Rys. 22. Kadłuby obrabiarek: a) jednoczęściowy skrzynkowy, b) czteroczęściowy, c) jednoczęściowy – stojak 1 – łożo, 2 – stojak stały, 3 – stojak przesuwny, 4 – skrzynia podstawy [3, s. 64]

#### Zespół roboczy i narzędzie

Zespół roboczy służy do ustawiania i zamocowywania narzędzia (rzadziej – przedmiotu obrabianego) w obrabiarce i umożliwia wykonywanie ruchu roboczego. Zasadnicze części zespołu roboczego mogą mieć postać wału, wrzeciona, walca, wałka, tarczy, bębna, dwóch lub więcej kół, suportu, prowadnicy, skrzynki, wspornika, trzpienia, ramienia, belki, ramy.

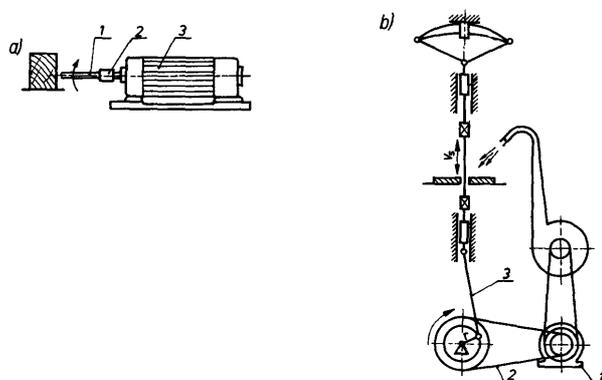


**Rys. 23.** Zespoły robocze obrabiarek: a) wrzeciono pilarki tarczowej, 1 – kołnierz dociskowy, 2 – nakrętka, 3 – piła tarczowa, 4 – łożysko, 5 – wrzeciono, 6 – koło pasowe; b) wał nożowy strugarki, 1 – wał, 2 – nóż, 3 – łożysko, czop; c) koła taśmowe pilarki taśmowej, 1 – koło napędzające, 2 – koło napędzane, 3 – taśma, 4 – pas napędzający, 5 – silnik [3, s. 65]

Narzędzie jest częścią obrabiarki (najczęściej zespołu roboczego) wykonującą bezpośrednio cięcie drewna, tj. oddzielanie z powierzchni drewna wiórów lub dzielenie drewna na części.

### Zespół napędowy

Zespół napędowy służy do wprawiania w ruch innych zespołów i części obrabiarki. Przeniesienie, napędu z silnika odbywa się bezpośrednio lub za pośrednictwem różnych mechanizmów i części pośrednich, takich jak sprzęgła (które służą do łączenia wałów lub umożliwiają włączanie i wyłączanie napędu), przekładnie (które umożliwiają przeniesienie napędu między sąsiednimi wałami, a przy tym pozwalają zmieniać prędkość ruchów), wreszcie mechanizmy, które pozwalają zmieniać charakter ruchu, jak np. mechanizm korbowy zmieniający ruch obrotowy na prostoliniowo-zwrotny.

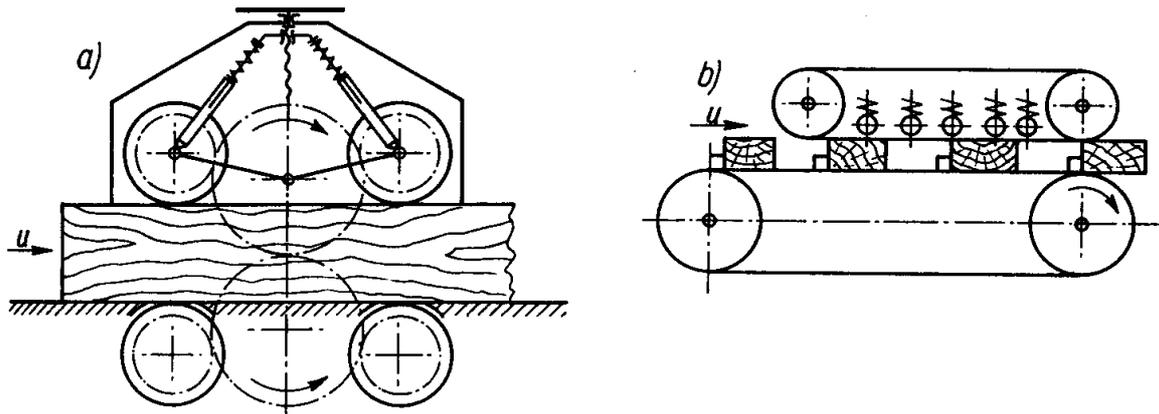


**Rys. 24.** Zespoły napędowe: a) napęd elektryczny bezpośredni, 1 – wrzeciono, 2 – sprzęgło, 3 – silnik; b) napęd przekładnią pasową i mechanizm korbowy, 1 – silnik, 2 – przekładnia pasowa, 3 – mechanizm korbowy [3, s. 66]

## Zespół posuwowy

Zespół posuwowy nadaje obrabianemu przedmiotowi (lub zespołowi roboczemu) ruch posuwowy, zapewniając odpowiednią prędkość, tor i kierunek. W przeciwieństwie do zespołów roboczych źródłem energii dla zespołu posuwowego – poza różnego rodzaju silnikami – może być siła mięśni ludzkich. W przypadku posuwu zmechanizowanego w skład zespołu posuwowego napędzanego osobnym silnikiem wchodzi również urządzenia, przekładnie i mechanizmy zmieniające prędkość, kierunek i charakter ruchu.

W obrabiarkach do drewna najczęściej są stosowane zespoły posuwowe walcowe, gaśienicowe, walcowo-gaśienicowe, łańcuchowe, tarczowe, taśmowe, wózkowe, dźwigniowe, ramieniowe.

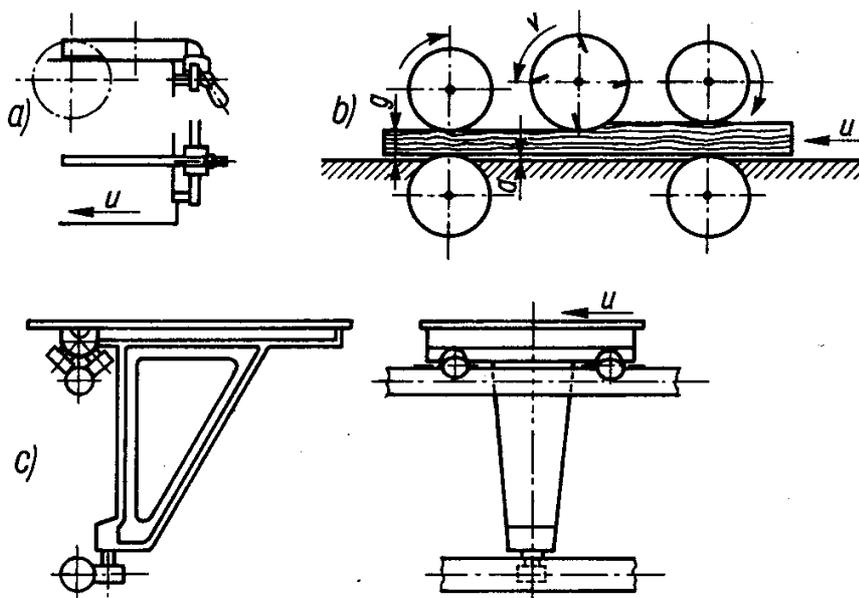


Rys. 25. Zespoły posuwowe: a) walcowy, b) łańcuchowy [3, s. 67]

## Zespół prowadzący

Zespół prowadzący decyduje o tym, czy ruch posuwowy przedmiotu obrabianego lub zespołu roboczego jest prostoliniowy, po łuku okręgu czy innym torze, od czego zależy uzyskiwany w wyniku obróbki kształt obrabianego przedmiotu. Funkcje zespołu prowadzącego są często łączone z funkcjami zespołu posuwowego. Zespół prowadzący ma najczęściej postać:

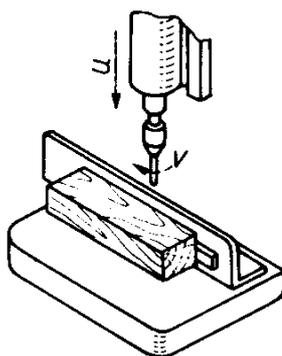
- 1) stołu (z nastawną prowadnicą obrabianego przedmiotu – lub bez niej), po którym przesuwają się obrabiany przedmiot,
- 2) stołu z wałkami tocznymi,
- 3) prowadnic, po których przesuwają się sanie zespołu roboczego lub suwak z obrabianym przedmiotem,
- 4) prowadnic, po których toczy się stół lub wózek z obrabianym przedmiotem,
- 5) wzornika (połączonego z obrabianym przedmiotem), którego kształt kopiuje ruchy posuwowe.



Rys. 26. Zespoły prowadzące: a) stół z prowadnicą, b) stół z walkami tocznymi, c) prowadnica z wózkiem [3, s. 67]

### Zespół podpierający

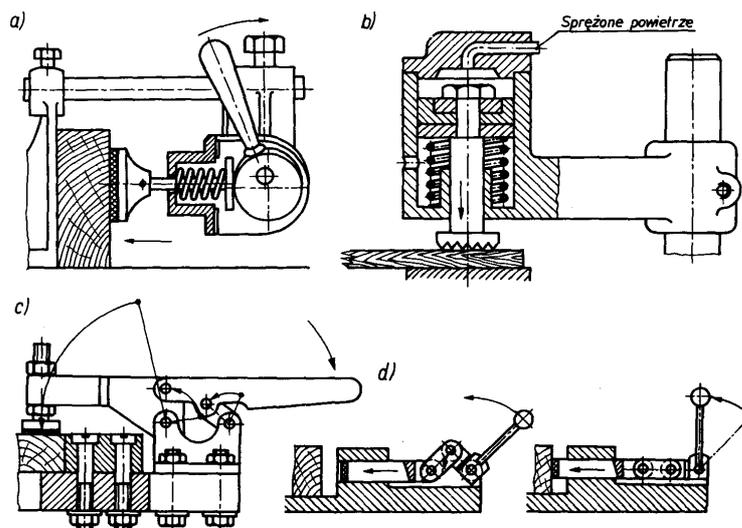
Zespół podpierający ustala nieruchome położenie obrabianego przedmiotu względem położenia i kierunku ruchu zespołu roboczego, co decyduje o miejscu wykonania obróbki. Przykładem zespołu podpierającego jest stół z przykładnią i nastawnym ogranicznikiem (rys. 27). Dolna, boczna i czołowa płaszczyzna przedmiotu stanowią bazy stykowe decydujące o tym, że oś wierconego otworu będzie prostopadła do płaszczyzny dolnej przedmiotu (stołu) i że będzie leżała w ustalonych odległościach od czoła (ogranicznik) i boku (przykładnią) tego przedmiotu. Tak ustawiony przedmiot jest ręcznie lub za pomocą zespołu zaciskowego unieruchomiany na czas obróbki. Od zespołu podpierającego wymaga się, by zapewniał jednakowe w nim ustawienie wszystkich przedmiotów obrabianych w danej serii.



Rys. 27. Zespół podpierający [3, s. 68]

### Zespół zaciskowy

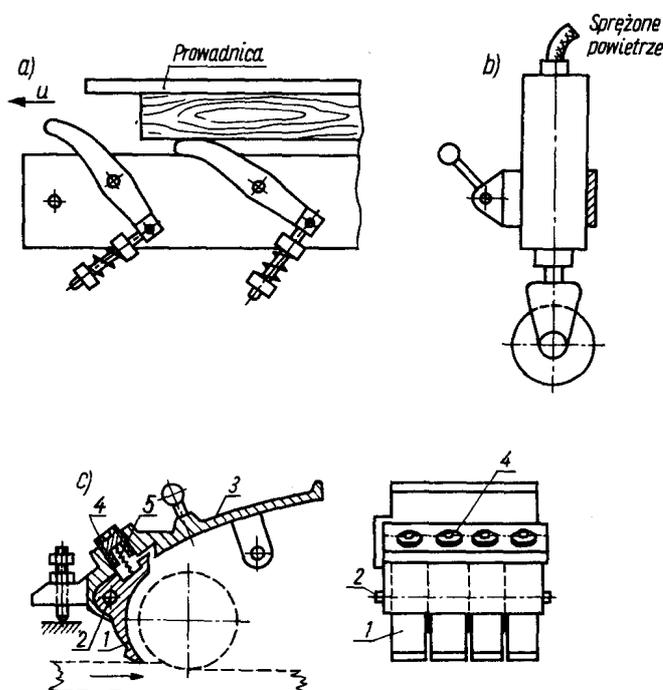
Zespół zaciskowy ma za zadanie unieruchomienie obrabianego przedmiotu w określonym położeniu względem innych części (np. zespołu podpierającego, przyrządu) przez wywarcie na ten przedmiot sił odpowiednio skierowanych. Ze względu na rodzaj użytej energii rozróżnia się zespoły zaciskowe (zaciski) ręczne, pneumatyczne, elektromagnetyczne, a spośród ręcznych – śrubowe, mimośrodowe, dźwigniowe (rys. 28).



Rys. 28. Zespoły zaciskowe; a) mimośrodowy, b) pneumatyczny, c) dźwigniowy górny, d) dźwigniowy boczny (z lewej pozycja wyjściowa) [3, s. 68]

### Zespół dociskowy

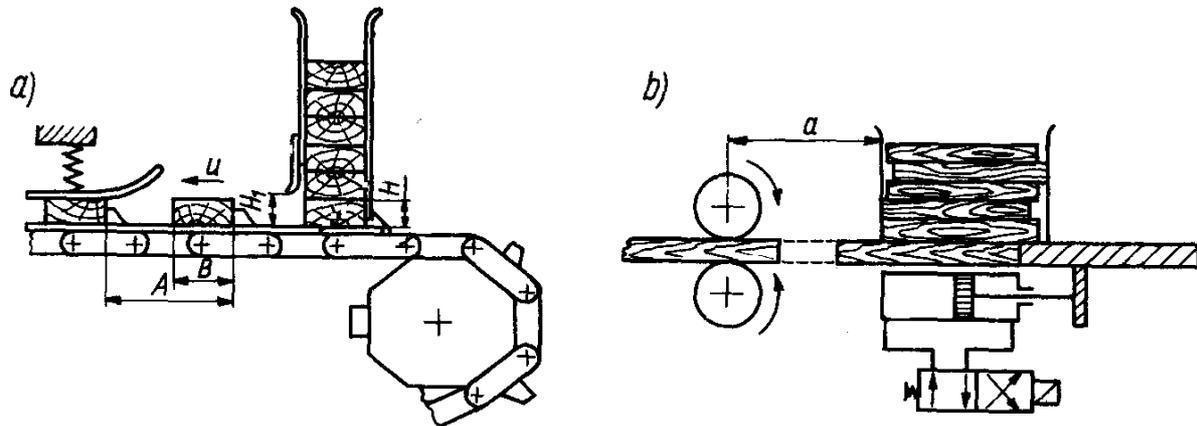
Ponieważ nacisk jest potrzebny w większości zespołów posuwowych oraz we wszystkich zespołach zaciskowych, należy wyjaśnić, że przez zespół dociskowy rozumie się zespół wywierający nacisk na obrabiany przedmiot w czasie, gdy przedmiot ten wykonuje ruch posuwowy. Zadaniem zespołu dociskowego jest zapewnienie przylegania obrabianego przedmiotu do stołu, prowadnicy lub innych części stanowiących bazę dla toru ruchu posuwowego przedmiotu; dodatkowym celem jest zapobieganie drganiom przedmiotu. Ze względu na rodzaj użytej energii rozróżnia się dociski sprężynowe, ciężarowe, pneumatyczne. Przykłady zespołów dociskowych pokazano na rys. 29.



Rys. 29. Zespoły dociskowe: a) sprężynowy boczny ślizgowy, b) pneumatyczny górny toczny, c) ciężarowo-sprężynowy, 1 – segment łukowy, 2 – wałek, 3 – belka dociskowa, 4 – śruba regulacyjna, 5 – sprężyna śrubowa [3, s. 69]

### Zespoły podające i odbierające

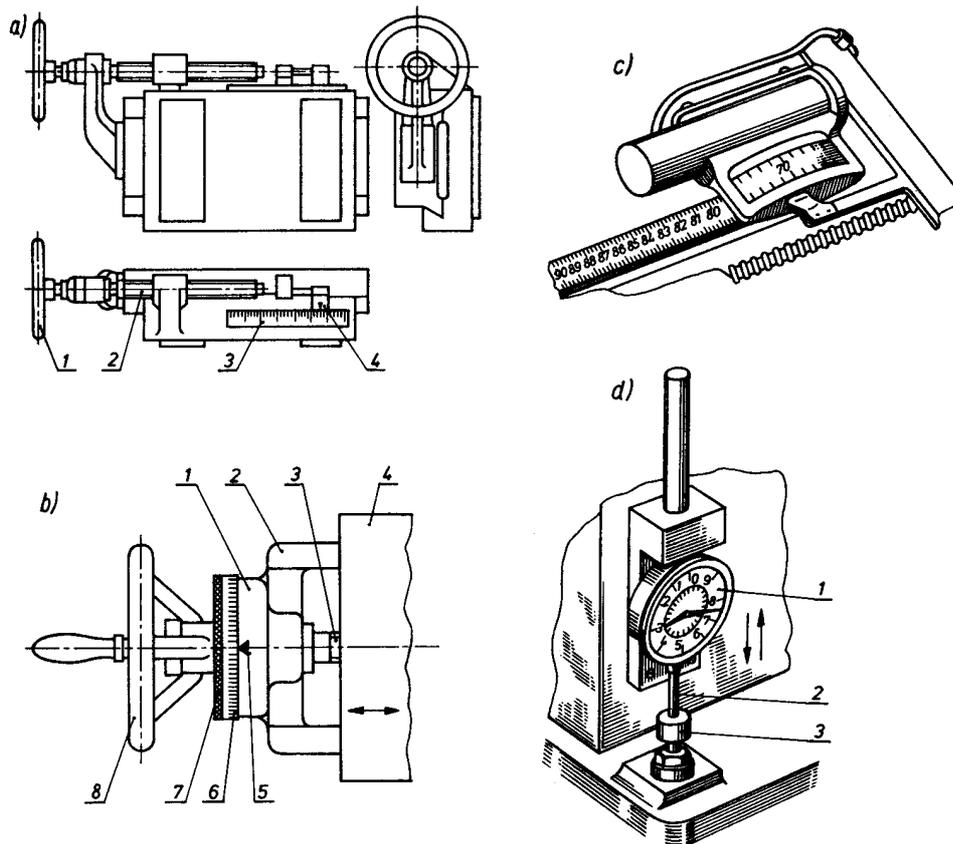
Mechanizacja i automatyzacja obrabiarek polega na wykonywaniu ruchów pomocniczych przez odpowiednie mechanizmy, a nie przez człowieka. Do tych ruchów należy ruch podawczy, w wyniku którego obrabiany przedmiot przechodzi z miejsca przy obrabiarce (np. ze stosu ułożonego na palecie) do miejsca wejściowego w obrabiarkę, w którym zaczyna się jego ruch posuwowy lub w którym przedmiot zostaje zaciśnięty. Analogicznie można opisać ruch odbiorczy i zespół do jego wykonywania. Przykłady prostych mechanizmów podających pokazano na rys. 30.



Rys. 30. Zespoły podające: a) zasobnik współpracujący z łańcuchowym zespołem posuwowym, b) zasobnik współpracujący z walcowym zespołem posuwowym [3, s. 70]

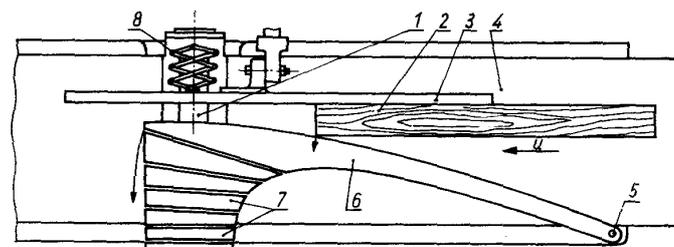
### Zespół nastawczy

Zadaniem zespołu nastawczego jest ustawienie innego zespołu lub jego części w położeniu dostosowanym do wymiarów obrabianego przedmiotu, do miejsca albo kierunku obróbki na tym przedmiocie wykonywanej, do wymiarów obróbki. Zadanie to jest wykonywane przez przesuwanie (również podnoszenie lub opuszczanie), wychylanie lub obrót zespołów i części współdecydujących o potrzebnym ustawieniu. Oprócz bezpośredniego nastawiania ręcznego (przy ręcznym napędzie) stosuje się mechanizmy śrubowe i dźwigniowe, a w nowoczesnych obrabiarkach nastawianie jest z reguły zmechanizowane (osobne silniki). Wobec znaczenia dokładności nastawiania dla dokładności obróbki – w zespołach nastawczych występują różne wskaźniki i podziałki, a nawet specjalne przyrządy pomiarowe do kontroli nastawienia.



**Rys. 31.** Zespoły nastawcze: a) zespół przesuwania mechanizmem śrubowym, b) także zespół z bębniem i podziałką do dokładniejszych odczytów, c) lupa ułatwiająca odczyt wskazań, d) zastosowanie czujnika zegarowego [3, s. 71]

Poza tymi zespołami w obrabiarkach można wyróżnić zespoły sterujące – do zmiany prędkości lub kierunku ruchu innych zespołów, zespoły uwłączające i wyłączające – do uruchomienia lub zatrzymania obrabiarki i poszczególnych jej zespołów. Ważną grupę części stanowią osłony i inne urządzenia zwiększające bezpieczeństwo pracy. Osłaniają one groźące obszudze urazem części ruchome, zapobiegają następstwom awaryjnego uszkodzenia (zerwania, pęknięcia) narzędzia, przypadkowemu uruchomieniu obrabiarki lub jakiegoś jej zespołu, chronią przed porażeniem prądem, zabezpieczają przed pożarem lub wybuchem. Często osłony pełnią jednocześnie funkcje ssaw odprowadzających wióry do rurociągu; w innych przypadkach ssawy są osobnymi urządzeniami. Dmuchawy, hamulce, lampy miejscowego oświetlenia, cieniowniki itp, urządzenia pomocnicze ułatwiają pracę na obrabiarce i zwiększają bezpieczeństwo pracy. Smarownice, pompki olejowe i inne urządzenia smarujące ułatwiają konserwację i zwiększają trwałość poszczególnych mechanizmów. [3, s. 71]



**Rys. 32.** Działanie osłony wału nożowego: 1) wał nożowy, 2) element, 3) prowadnica, 4) stół, 5) przegub, 6) ramię osłony, 7) osłona żaluzjowa, 8) osłona kratowa [3, s. 74]

## Zasady konserwacji i napraw obrabiarek

Wszystkie obrabiarki i urządzenia produkcyjne stopniowo zużywają się w czasie ich eksploatacji. Podstawowe zadania gospodarki konserwacyjno-naprawczej w każdym zakładzie przemysłowym polegają na zapobieganiu, zmniejszaniu tempa narastania i usuwaniu skutków zużywania się maszyn i urządzeń. Zagadnieniem tym zajmują się specjalnie utworzone zespoły wykwalifikowanych pracowników, podporządkowane zwykle działowi głównego mechanika.

W dobrze zorganizowanym zakładzie przemysłowym wszystkie czynności konserwacyjno-naprawcze odbywają się według określonego systemu. Podstawą takiego systemu są wyniki licznych badań przyczyn, charakteru i przebiegu zużywania się maszyn i ich części. Wyniki tych badań wykazują, że dla poszczególnych typów maszyn i ich podstawowych części można ustalić w przeciętnych warunkach eksploatacji dopuszczalne okresy ich użytkowania. Pozwala to na ustalenie dla każdej maszyny okresów między naprawczych i zakresów wykonywanych napraw, a więc na stworzenie planowej gospodarki konserwacyjno-naprawczej zwanej systemem napraw planowo zapobiegawczych. W systemie takim każde urządzenie techniczne znajdujące się w zakładzie przemysłowym jest poddawane okresowym czynnościom, związanym z należytą eksploatacją, konserwacją oraz naprawą.

Do czynności tych należą:

- bieżąca konserwacja maszyny,
- bieżąca obsługa międzynaprawcza,
- przegląd bieżący,
- naprawa bieżąca,
- naprawa średnia,
- naprawa główna.

Terminy przeglądów okresowych i wszystkich rodzajów napraw są planowane i dla określonego typu maszyny powstaje cykl naprawczy o swoistej strukturze. Cyklem naprawczym nazywa się okres między dwiema naprawami głównymi lub okres od zainstalowania nowej maszyny do pierwszej naprawy głównej. Na strukturę cyklu naprawczego składa się ustalona kolejność i częstotliwość przeglądów okresowych oraz napraw bieżących i średnich wykonywanych między naprawami głównymi. Czas trwania cyklu naprawczego i jego struktura zależą od stopnia złożoności konstrukcji maszyny. Im bardziej skomplikowana jest obrabiarka, tym dłuższy i bardziej złożony bywa jej cykl naprawczy.

Bieżąca konserwacja maszyn ma bardzo duże znaczenie i zasadniczy wpływ ma intensywność zużywania się obrabiarek i ich części. Prawidłowo i systematycznie wykonywane czynności konserwacyjne przedłużają okres eksploatacji obrabiarki i zmniejszają zakres i koszty jej naprawy. Czynności związane z konserwacją obrabiarek do drewna zależą w znacznym stopniu od konstrukcji obrabiarki. Ponieważ jednak większość obrabiarek do drewna jest zbudowana z typowych części maszyn, można sformułować ogólne zasady ich konserwacji.

Przed rozpoczęciem pracy na obrabiarce należy skontrolować zasadnicze jej zespoły, sprawdzając pewność i poprawność zamocowania osłon części ruchomych i osłon narzędzi, a także prawidłowość ustawienia i zamocowania zespołów prowadzących, podpierających lub mocujących obrabiane drewno. Zaleca się także skontrolowanie działania urządzeń posuwowych i nastawczych. Wymienione czynności kontrolne mają na celu wyeliminowanie ewentualnych awarii, jakie mogą powstać w wyniku uruchomienia obrabiarki nie przygotowanej do pracy.

Smarowanie obrabiarek należy do najważniejszych czynności konserwacyjnych. Prawidłowe smarowanie jest podstawowym warunkiem zmniejszenia intensywności zużycia obrabiarek, gdyż obniża tarcie na powierzchniach współpracujących ze sobą części maszyn.

Smarowanie nie tylko przedłuża okres eksploatacji obrabiarki, lecz także zmniejsza zużycie energii potrzebnej do napędu obrabiarki i ułatwia ustawienie obrabiarki do pracy. W dużych zakładach przemysłowych czynności smarownicze wykonują specjalnie do tego celu powołani konserwatorzy. Jeżeli w zakładzie nałożono na obsługę obowiązki smarowania obrabiarki, to czynność tę należy wykonywać przed rozpoczęciem pracy na niej. Smarowanie trzeba wykonywać zgodnie z instrukcją smarowania (planem smarowania), podaną w dokumentacji techniczno-ruchowej obrabiarki. Instrukcja taka określa miejsca smarowania, podaje ilości i rodzaje wymaganego smaru (oleju) oraz częstotliwość smarowania. W celu ułatwienia czynności smarowania instrukcja zawiera rysunek z oznaczonymi miejscami smarowania; miejsca te łatwo odszukać na obrabiarce, gdyż są pomalowane jaskrawym kolorem.

Większość obrabiarek do drewna jest smarowana indywidualnie, ręcznie olejarkami do smarów ciekłych lub właczarkami ręcznymi do smarów stałych. W niektórych obrabiarkach, o bardziej skomplikowanej konstrukcji lub pracujących w specyficznych warunkach, jest stosowane samoczynne smarowanie centralne smarami ciekłymi. W obrabiarkach ze smarowaniem centralnym lub mających obudowane przekładnie zębate lub ślimakowe należy okresowo kontrolować poziom oleju w zbiornikach zasilających układ smarowania i w obudowach przekładni. Wykonując czynności smarowania lub uzupełniania oleju w zbiornikach i skrzynkach przekładniowych, należy pamiętać o tym, że nie wolno mieszać ze sobą różnych rodzajów olejów.

Prawidłowa obsługa obrabiarki w czasie jej pracy i zastosowanie obrabiarki zgodne z jej przeznaczeniem to dalsze czynniki mające bezpośredni wpływ na przedłużenie okresu eksploatacji obrabiarki. Uważna obserwacja sposobu pracy poszczególnych zespołów obrabiarek oraz częsta kontrola jakości wykonanej obróbki mogą stanowić istotne wskaźniki stanu technicznego obrabiarki i pozwalają na usunięcie we właściwym czasie zbędnych luzów i usterek. Zwiększone opory ruchów posuwowych, spadek prędkości obrotowej wrzecion, wzrost drgań obrabiarki, nagrzewanie się silników lub łożysk powinny być sygnałem zobowiązującym obsługę obrabiarki do zaprzestania pracy na niej i skontrolowania jej stanu technicznego.

Po zakończeniu pracy na obrabiarce należy uporządkować całe stanowisko robocze i dokładnie oczyścić z pyłu, trocin i wiórów całą obrabiarkę oraz jej poszczególne zespoły. Przede wszystkim dokładnie należy oczyścić wszystkie śruby pociągowe zespołów nastawczych i wszystkie prowadnice suportów i części przesuwnych. Śruby pociągowe zaleca się po oczyszczeniu lekko zwilżyć olejem maszynowym. Zespoły prowadzące, podpierające lub mocujące, zanieczyszczone resztkami kleju lub żywicy, należy oczyścić w – zależności od potrzeby – bezpośrednio po zakończeniu pracy na obrabiarce lub w czasie przerw w jej pracy. Po takim zabiegu oczyszczone powierzchnie zaleca się zwilżyć kilkoma kroplami oleju maszynowego lub ropy naftowej.

Na zakończenie należy podkreślić, że w większości polskich zakładów przemysłu drzewnego istnieją wydzielone służby konserwacyjno-naprawcze, do obowiązków których należy dbałość o dobry stan techniczny obrabiarek i urządzeń. W zakładach takich do podstawowych obowiązków obsługujących poszczególne obrabiarki w zakresie ich konserwacji należą:

- praca na obrabiarce zgodnie z jej przeznaczeniem,
- utrzymanie obrabiarki w należytych porządku,
- informowanie przełożonych o zauważonych usterekach pracy obrabiarki. [1, s. 235]

## 4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie zespoły można wyróżnić w obrabiarkach?
2. Jaką konstrukcję mają kadłuby obrabiarek?
3. Do czego służy zespół roboczy?
4. Jakie są rodzaje zespołów posuwowych?
5. Do czego służy zespół napędowy?
6. W jakiej postaci występuje zespół prowadzący?
7. Na czym polega konserwacja obrabiarek?
8. Do czego służą zespoły nastawcze?

## 4.2.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Scharakteryzuj zespoły obrabiarki.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą dotyczącą zespołów obrabiarek,
- 2) rozpoznać zespoły,
- 3) określić zastosowanie rozpoznanych zespołów,
- 4) scharakteryzować budowę zespołów,
- 5) zanotować wnioski,
- 6) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- obrabiarki,
- przybory do pisania,
- literatura z rozdziału 6.

### Ćwiczenie 2

Przeprowadź konserwację obrabiarki.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą dotyczącą konserwacji maszyn i urządzeń,
- 2) zapoznać się z dokumentacją techniczno-ruchową obrabiarki,
- 3) dokonać kontroli i regulacji zespołów obrabiarki,
- 4) dokonać kontroli urządzeń nastawczych,
- 5) sprawdzić zamocowanie osłon,
- 6) wykonać smarowanie,
- 7) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- obrabiarki,
- dokumentacja techniczno-ruchowa obrabiarek,
- smary i oleje,

- zestaw narzędzi do smarowania,
- zestaw narzędzi,
- literatura z rozdziału 6.

### Ćwiczenie 3

Dokonaj ustawienia zespołu dociskowego w obrabiarce.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą na ten temat,
- 2) określić rodzaj wykonywanej obróbki,
- 3) dokonać wyboru zespołu dociskowego,
- 4) zamocować zespół,
- 5) dokonać sprawdzenia kontrolnego poprawności dociskania materiału przez zespół,
- 6) dokonać korekty mocowania (jeżeli jest taka potrzeba),
- 7) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- obrabiarki do drewna,
- przyrządy pomiarowe,
- zespoły dociskowe,
- elementy przeznaczone do obróbki,
- literatura z rozdziału 6.

#### 4.2.4. Sprawdzian postępów

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
<b>Czy potrafisz:</b>		
1) scharakteryzować zastosowane zespoły w poszczególnych obrabiarkach?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) scharakteryzować konstrukcje kadłubów w obrabiarkach?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić zastosowanie zespołów roboczych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) scharakteryzować rodzaje zespołów posuwowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić zastosowanie zespołów napędowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) scharakteryzować postać zespołów prowadzących?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) wykonać konserwacje obrabiarki?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) określić zastosowanie zespołów nastawczych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.3. Silniki elektryczne i instalacje pneumatyczne

### 4.3.1. Materiał nauczania

#### Silniki elektryczne

Silniki elektryczne, sprzęgła, przekładnie, hamulce i układy sterowania tworzą różne układy napędu. Ze względu na warunki zasilania rozróżnia się:

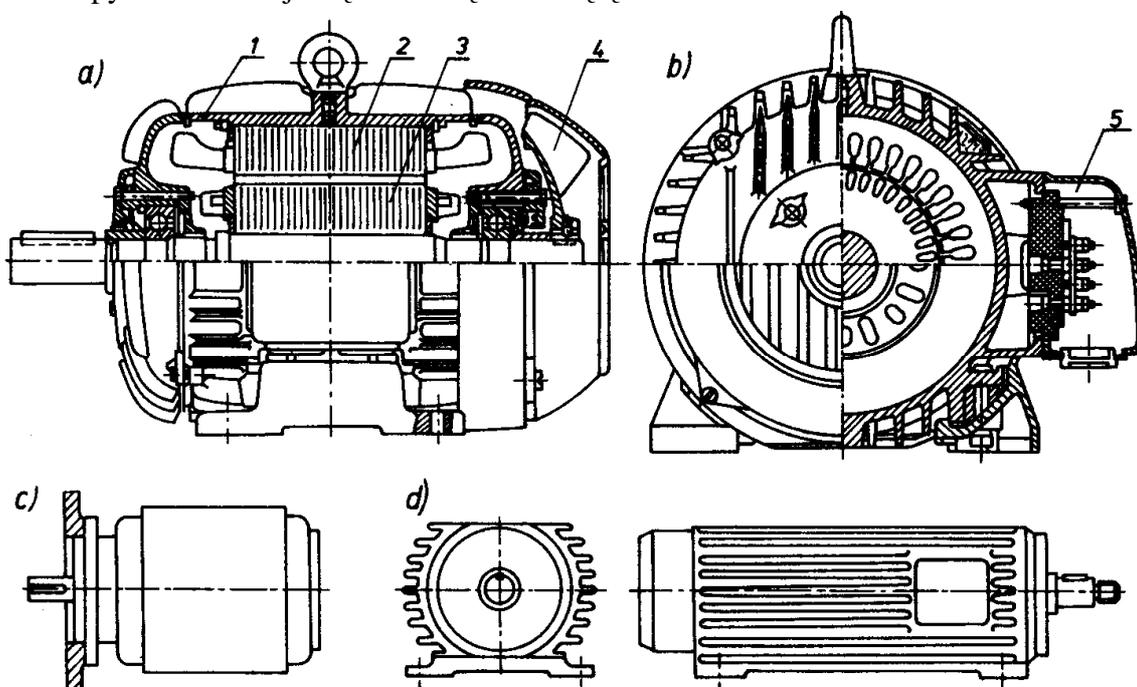
- 1) silniki prądu trójfazowego bezkomutatorowe asynchroniczne, zwarte i pierścieniowe oraz komutatorowe,
- 2) silniki prądu jednofazowego bezkomutatorowe: synchroniczne (bardzo małej mocy), asynchroniczne, zwarte oraz komutatorowe, repulsyjne,
- 3) silniki komutatorowe prądu stałego.

Najczęściej są stosowane silniki o ruchu obrotowym, na prąd przemienny trójfazowy 230/400 V, asynchroniczne, z wirnikiem zwartym.

Budowane silniki mają prędkości obrotowe o znormalizowanym stopniowaniu. Przy ich zasilaniu prądem częstotliwości 50 Hz prędkości synchroniczne wynoszą: 3000, 1500, 1000 lub 750 obr/min. Przy obciążeniu mocą znamionową prędkości dla podanych wyżej zakresów (stosownie do mocy) wynoszą: 2820÷2940; 1400÷1460; 920÷975; 695÷725 obr/min.

Większe lub zmieniane płynnie prędkości można osiągnąć stosując do zasilania przetwornice częstotliwości. Zmieniają skokowo prędkość obrotową (np. do napędu zespołów posuwowych) zapewniają silniki dwubiegowe.

Ze względu na sposób mocowania rozróżnia się silniki na łapach i kołnierzowe, do pracy z wałem poziomym i pionowym, z wyprowadzeniem wału z jednej lub z obu stron silnika. Ze względu na przystosowanie do warunków otoczenia rozróżnia się silniki z obudową chronioną, zamkniętą, wodoszczelne i przeciwwybuchowe. W obrabiarkach do drewna – z powodu pylenia – stosuje się obudowę zamkniętą.



Rys. 33. Odmiany konstrukcyjne silników asynchronicznych zwartych zamkniętych: a), b) pół-przekroje silnika na łapach, c) silnik kołnierzowy, d) silnik o wydłużonej budowie, 1 – obudowa, 2 – stojan, 3 – wirnik, 4 – wentylator, 5 – puszka przyłączeniowa [3, s. 44]

Specyficzną cechą budowy silników do bezpośredniego napędu zespołów roboczych niektórych obrabiarek (np. pilarek tarczowych, czopiarek) jest ich mała wysokość i duża długość; dzięki temu może być wykorzystana podczas obróbki duża część średnicy narzędzia mocowanego bezpośrednio na wale silnika, np. w pilarence tarczowej.

Do zmiany kierunku obrotów silników trójfazowych, co jest potrzebne np. we frezarkach dolnowrzecionowych, stosuje się przełącznik zmieniający na krzyż przyłączenia dwóch przewodów zasilających.

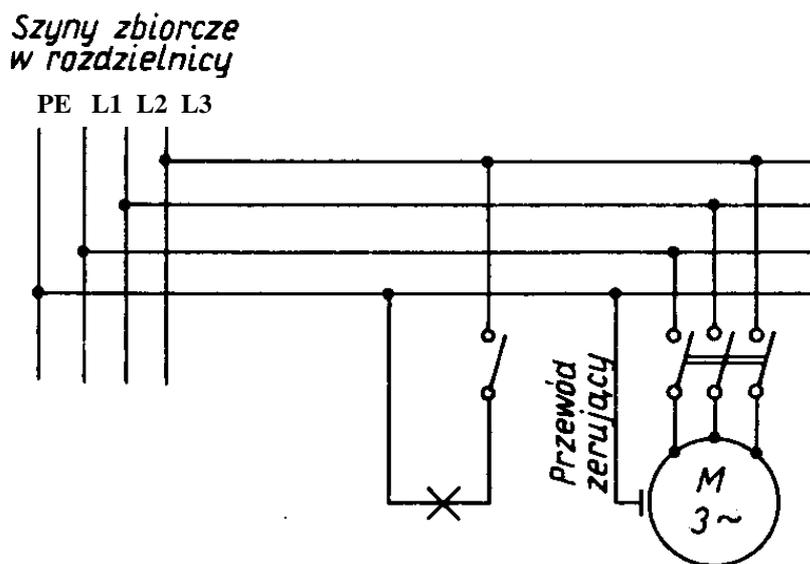
Do ograniczania dużego prądu rozruchu silników zwartych stosuje się w sieci 400/230 V silniki z przełącznikiem gwiazda-trójkąt; uzwojenie ich stojana jest w chwili rozruchu łączone w gwiazdę, a następnie przełączane w trójkąt; zmniejsza to trzykrotnie prąd rozruchu.

Nowoczesne silniki małej mocy stosowane np. w wiertarkach i innych obrabiarkach przenośnych mają elektronicznie – w dużym zakresie – regulowaną prędkość obrotową.

Silniki prądu stałego (wirnik z komutatorem, szczotki) dają możliwość łatwej i płynnej zmiany prędkości obrotowej w dużym zakresie. [3, s. 44]

### Przewody elektryczne i ich zabezpieczenie

Wytwarzana w elektrowniach energia elektryczna jest przesyłana do odbiorców siecią linii przesyłowych i rozdzielczych. Bezpośredni użytkownicy korzystają z sieci trójfazowej 400/230 V z uziemionym punktem zerowym. W skład sieci wchodzi transformatory rozdzielcze, aparatura łączeniowa, zabezpieczająca i pomiarowa – wszystko połączone odpowiednimi przewodami. Zwykle kilka odbiorników jest zasilanych z rozdzielnic oddziałowych osobnymi obwodami instalacyjnymi: odbiorniki trójfazowe – obwodami trójfazowymi czteroprzewodowymi, odbiorniki jednofazowe – jednofazowymi dwuprzewodowymi.



Rys. 34. Sposoby przyłączenia odbiorników do obwodu i zerowanie [3, s. 41]

### Zasady zerowania maszyn i urządzeń

Silniki, grzejniki i inne urządzenia z metalową obudową wymagają – oprócz izolacji obwodów – ochrony przeciwporażeniowej, co uzyskuje się zwykle przez tzw. zerowanie, czyli połączenie metalowej obudowy z przewodem zerowym (PE) obwodu instalacyjnego, lub zastosowanie wyłączników ochronnych różnicowo-prądowych. W przypadku uszkodzenia izolacji np. uzwojenia jednej fazy silnika kontakt tej fazy z zerowaną obudową powoduje zwarcie fazowe, a to z kolei – zadziałanie bezpiecznika topikowego lub innego

zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego i wyłączenie urządzenia spod napięcia. Zerowanie oraz inne rozwiązania ochronne mogą być wykonywane jedynie przez uprawnionych elektromonterów. Skuteczność ochrony powinna być okresowo sprawdzana. Nie wolno wzmacniać zabezpieczeń nadmiarowo-prądowych (np. bezpieczników topliwych za pomocą drutu). Nie wolno w przewodzie zerowym dawać jakichkolwiek bezpieczników lub łączników ułatwiających powstanie przerwy. Przewód zerowy powinien być dodatkowo uziemiony. [3, s. 45]

### **Przepisy bhp i przeciwpożarowe dotyczące urządzeń elektrycznych**

Bezpieczne użytkowanie maszyn, urządzeń oraz instalacji elektrycznych wymaga znajomości i przestrzegania zasad prawidłowej ich eksploatacji, dbałości o ich stan techniczny oraz o porządek w otoczeniu. Niedopuszczalna jest praca przy urządzeniach z uszkodzoną izolacją, naprawianie maszyny bez jej wyłączenia spod napięcia, „wzmacnianie” czy naprawianie przepalonych bezpieczników topikowych, przeróbki instalacji.

Ciepłe działanie prądu oraz iskrzenie w miejscu uszkodzenia izolacji czy na luźnych zaciskach przyłączeniowych stanowią zagrożenie pożarowe. Szczególne niebezpieczeństwo wybuchu i pożaru powstaje w pomieszczeniach zapyłonych pyłem drzewnym (mieszanka wybuchowa). W razie pożaru nie wolno polewać wodą urządzeń pozostających pod napięciem, grozi to porażeniem. Jeśli z jakiegoś powodu nie ma możliwości wyłączenia urządzenia spod napięcia, to do gaszenia należy użyć piasku lub specjalnej gaśnicy tetrowej.

### **Sprężarki, wentylatory i instalacje pneumatyczne**

Dzięki ściśliwości, właściwej wszystkim gazom, powietrze może być wtłaczane do mniejszej objętości niż ta, którą normalnie zajmuje i w ten sposób sprężane pod ciśnieniem. Gromadzona w nim energia może być następnie wykorzystywana do napędu maszyn i urządzeń, a także do sterowania układów automatycznych. Maszynami, które służą do sprężania powietrza, są sprężarki, dmuchawy i wentylatory. W sprężarkach otrzymuje się sprężone powietrze o ciśnieniu  $0,3 \div 10,0$  MPa. Dmuchawy sprężają powietrze do ciśnienia  $0,1 \div 0,3$  MPa, a wentylatory – do ciśnienia poniżej  $0,1$  MPa.

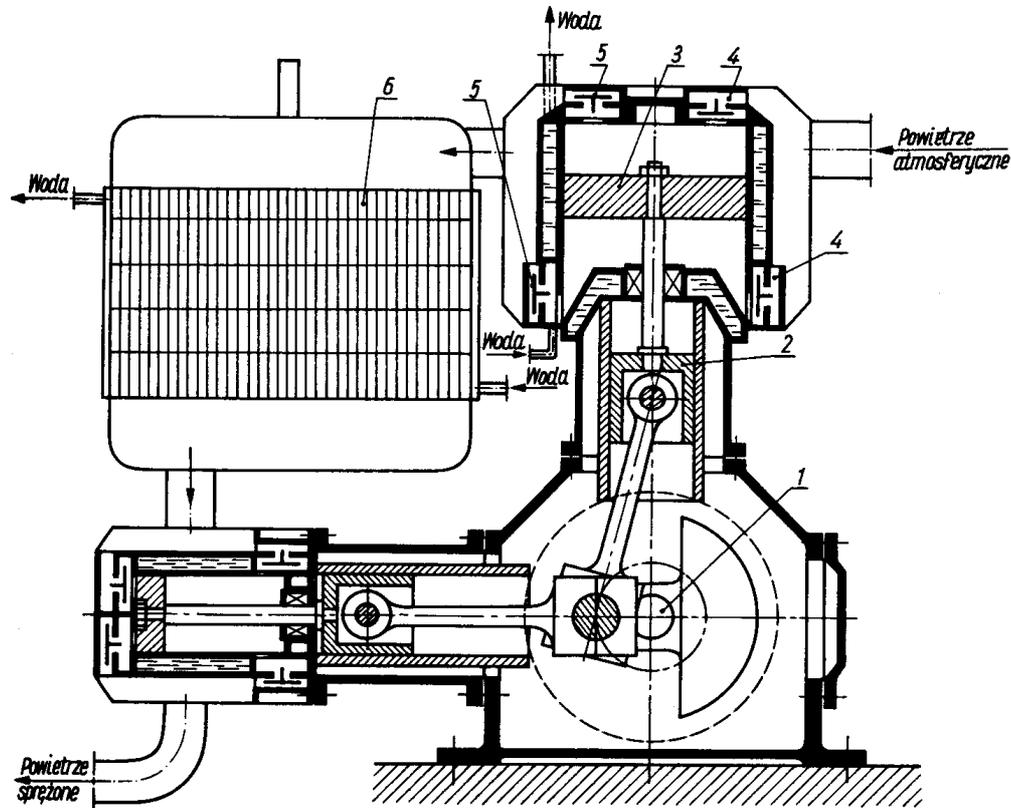
W przemyśle drzewnym często spotyka się przemysłowe instalacje sprężonego powietrza, zwykle o ciśnieniu  $0,7 \div 1,0$  MPa, zasilane przez sprężarki wyporowe, najczęściej tłokowe. Z takich instalacji czerpią energię pneumatyczne układy robocze zainstalowane w wielu obrabiarkach, urządzeniach produkcyjnych, montażowych i transportowych. Innym rodzajem instalacji powietrznych, typowych dla przemysłu drzewnego, są instalacje odpylania obrabiarek. W rurociągach tych instalacji w mieszaninie z powietrzem są transportowane wióry, trociny i pyły, powstałe podczas obróbki drewna cięciem. Źródłem ruchu powietrza w tych urządzeniach są wentylatory promieniowe. W suszarkach konwekcyjnych do drewna ruch powietrza – nośnika energii cieplnej – jest wymuszony przeważnie przez wentylatory osiowe.

Głównymi wielkościami, charakteryzującymi pracę sprężarek, dmuchaw i wentylatorów, są:

- 1) strumień masy (w kg/s) lub strumień objętościowy (w  $m^3/s$ ), zwany także, natężeniem przepływu czynnika przetłaczanego w jednostce czasu,
- 2) przyrost ciśnienia lub różnica ciśnień panujących w przekroju wlotowym i wylotowym sprężarki (spręż),
- 3) sprawność, wyrażająca stosunek zapotrzebowanej mocy maszyny w warunkach idealnych do mocy rzeczywiście pobieranej.

## Sprężarki

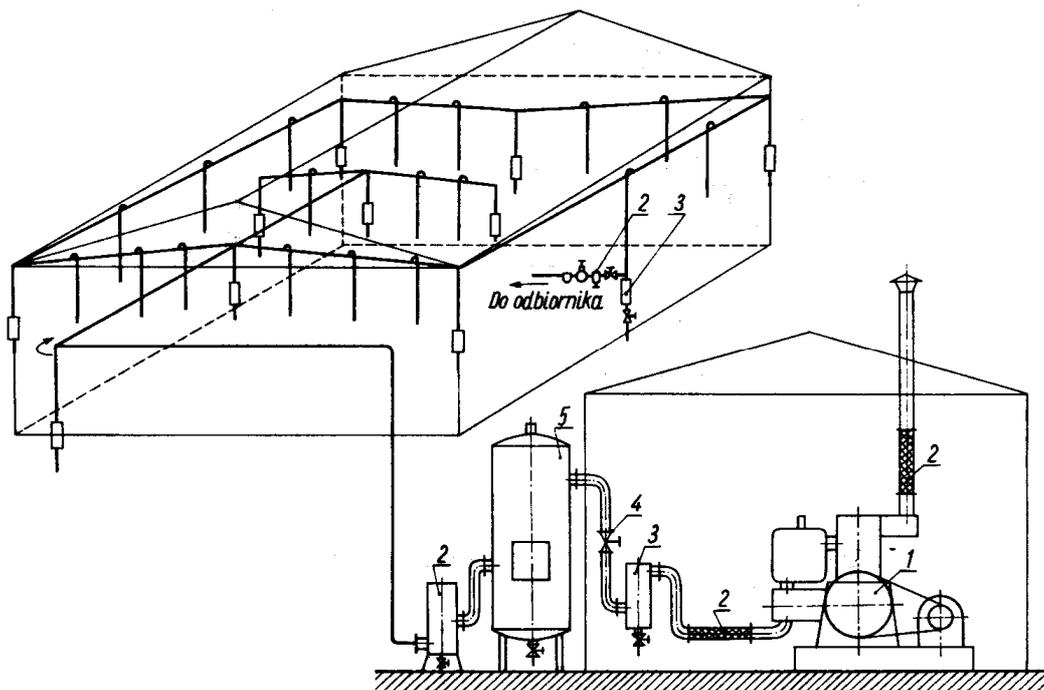
Sprężarka to maszyna robocza służąca do przetłaczania gazów. Uzyskane w niej spiętrzenie całkowite (przyrost ciśnienia) czynnika tłoczonego jest większe niż 0,3 MPa. Sprężarki są dwóch rodzajów: objętościowe (wyporowe) i przepływowe. Wśród objętościowych najczęściej spotykane to sprężarki tłokowe. [3, s. 48]



Rys. 35. Sprężarka tłokowa, dwustopniowa, z chłodzeniem wodnym: 1 – wał korbowy, 2 – wodzik, 3 – tłok, 4 – zawór ssawny, 5 – zawór tłoczny, 6 – chłodnica [3, s. 49]

## Przemysłowe instalacje sprężonego powietrza

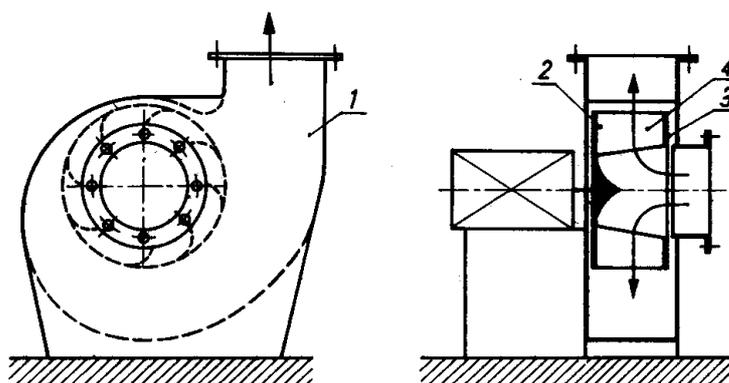
Instalacja składa się ze sprężarki (rys. 36), zbiornika ciśnieniowego – wyrównawczego, sieci przewodów oraz urządzeń do oczyszczania (głównie odwadniania) i przygotowania powietrza. Ponieważ ciśnienie robocze w instalacji wynosi zwykle 0,5÷0,7 MPa, sprężarka powinna tłoczyć powietrze pod większym ciśnieniem, wynoszącym 1,0 MPa. Wydajność sprężarki jest dostosowana do podłączonych do instalacji odbiorników, z uwzględnieniem jednoczesności ich pracy. Sprężarkę instaluje się w oddzielnym pomieszczeniu, wolnym od kurzu i pyłu, z dachem o lekkiej konstrukcji.



**Rys. 36.** Schemat instalacji sprężonego powietrza: 1 – sprężarka, 2 – filtr, 3 – odwadniacz i odolejacz, 4 – zawór główny, 5 – zbiornik wyrównawczy [3, s. 50]

## Wentylatory

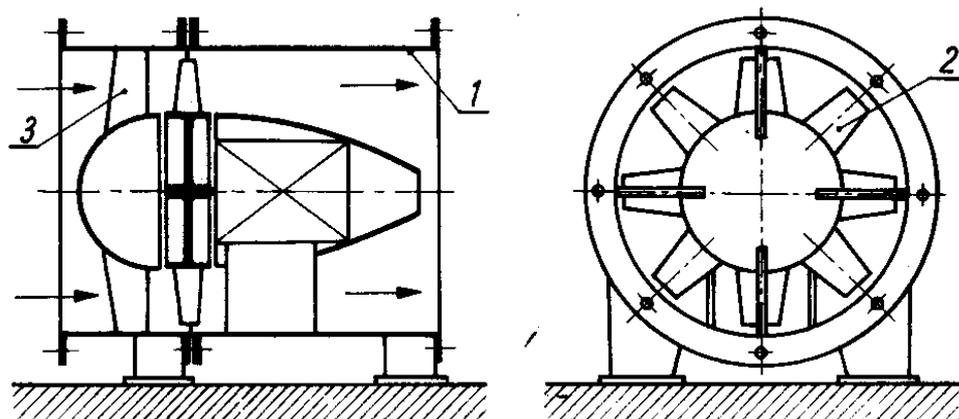
Rozróżnia się dwa rodzaje wentylatorów: promieniowe i osiowe. W przemyśle drzewnym wentylatory promieniowe są stosowane w instalacjach odwiórowywania (odpylania) obrabiarek i w przenośnikach pneumatycznych drewna rozdrobnionego; wentylatory osiowe – w suszarkach drewna, w suszarkach powłok lakierowych i instalacjach klimatyzacyjnych. W wentylatorze promieniowym, wewnątrz spiralnie ukształtowanej obudowy 1 (rys. 37), jest ułożony wirnik. Wirnik składa się z tarczy 2 osadzonej na wale, równoległego do niej pierścienia 3 i łopatek 4 przyspawanych zarówno do tarczy, jak i do pierścienia. Łopatki są ustawione zwykle pod pewnym kątem do promienia i mogą być wygięte (do przodu lub do tyłu).



**Rys. 37.** Wentylator promieniowy: 1 – obudowa, 2 – tarcza wirnika, 3 – pierścień, 4 – łopatki [3, s. 53]

Podczas ruchu obrotowego wału powietrze, które znajduje się między łopatkami 4 wirnika, pod wpływem siły odśrodkowej jest odrzucane ku brzegowi tarczy 2 i dalej kierowane wewnątrz spiralnej obudowy 1 do otworu wylotowego. Na skutek tego w części środkowej tarczy 2 wytwarza się podciśnienie, które powoduje zasysanie nowych partii powietrza przez otwór wlotowy wentylatora do przestrzeni między łopatkami.

W wentylatorze osiowym rys. 38 wirnik 2 jest umieszczony wewnątrz walcowej obudowy — przewodu 1 i osadzony na wale silnika. Ma on kształt koła, do wieńca którego są przytwierdzone płaskie ramiona, ukośnie ustawione względem płaszczyzny obrotu koła. Podczas ruchu obrotowego wirnika jego ramiona przecinają powietrze i przemieszczają je równoległe do osi wału. Działanie wirnika przypomina pracę śmigła lotniczego lub śruby okrętowej. W celu uniknięcia niepotrzebnych wirów powietrza w przewodzie obudowa zespołu napędowego wirnika ma kształt opływowy. Niekiedy przed i za wirnikiem są montowane dodatkowe kierownice powietrza. [3, s. 54]



Rys. 38. Wentylator osiowy; 1 – obudowa, 2 – wirnik, 3 – kierownice powietrza. [3, s. 54]

### Instalacje pneumatycznego odwiórowywania (odpylania) obrabiarek

Zadaniami instalacji pneumatycznego odwiórowywania są:

- wychwytywanie odpadowych wiórów, trocin i pyłów z przestrzeni roboczej pracujących w obrabiarkach narzędzi,
- transport tych drobnych cząstek drewna w mieszaninie z powietrzem, w szczelnym rurociągu,
- oddzielanie cząstek drewna od powietrza i gromadzenie ich w zbiorniku.

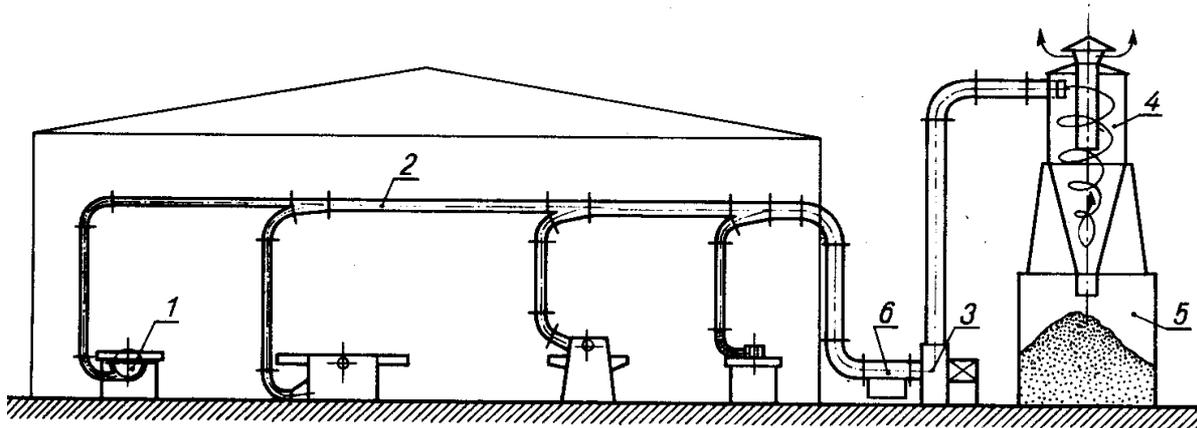
Typowa instalacja ssąco-tłocząca składa się z wentylatora promieniowego 3, cyklonu nadciśnieniowego 4, zbiornika odpadów 5, ssaw 1, przewodów 2 i chwytacza klocków 6.

Ssawy mają zwykle kształt blaszanych obudów części przestrzeni roboczej narzędzi, dostosowanych do tych narzędzi kształtem i wymiarami. Konstrukcja ssaw musi umożliwiać normalną pracę narzędzi. Ssawy znajdują się na końcach przewodów, które za pomocą trójników są podłączane do przewodu głównego, prowadzącego do wentylatora. Przed wentylatorem jest umieszczony chwytacz klocków. Wentylator jest ustawiany zwykle na zewnątrz hali, ze względu na hałas, jaki sprawia. Od wentylatora biegnie przewód do cyklonu, zamontowanego nad zbiornikiem odpadów.

Zasada działania instalacji oparta jest na zjawisku unoszenia drobnych cząstek drewna przez powietrze, które jest w ruchu z odpowiednią prędkością. Prędkość unoszenia cząstek drewna wynosi od kilku (dla pyłów) do kilkunastu metrów na sekundę (dla wiórów). Stosowana w instalacjach odwiórowywania obrabiarek prędkość powietrza wynosi 18÷30 m/s. Źródłem ruchu powietrza w instalacji jest wentylator promieniowy 3 (rys. 39). Za pomocą ssaw wysysa on powietrze wraz z powstałymi wiórami ze strefy obróbki i tłoczy tę mieszaninę dalej do cyklonu. Aby uchronić wirnik wentylatora przed uszkodzeniem, instaluje się w części ssącej przewodu tzw. chwytacz klocków 6. Jest to blaszana skrzynia, otwierana od dołu, która stanowi znaczne zwiększenie przekroju poprzecznego przewodu. W tym miejscu prędkość, z jaką płynie strumień powietrza, gwałtownie się zmniejsza, wskutek czego

większe kawałki drewna, które znalazły się w mieszaninie, spadają na dno skrzyni. Skrzynia jest okresowo i samoczynnie opróżniana.

Dalej mieszanina jest przetłaczana przez wirnik wentylatora do przewodu, który stycznie jest połączony z cyklonem 4. Wpadając do cyklonu strumień mieszaniny znacznie zmniejsza swą prędkość. Następnie wykonuje ruch wirowy (śrubowy) dookoła wewnętrznej, walcowej ściany. Pod wpływem siły odśrodkowej i tarcia cząstki drewna zostają wytrącone z mieszaniny, zsuwają się w dół ku otworowi wylotowemu i wypadają z cyklonu do zbiornika odpadów 5. Oddzielone powietrze wykonuje tzw. wtórny ruch śrubowy ku górze i środkowym przewodem, z niewielką prędkością, wydostaje się do atmosfery. Razem z tym powietrzem trafia do atmosfery część pyłów, których prędkość unoszenia jest bardzo mała.



Rys. 39. Instalacja odwiórowywania obrabiarek [3, s. 55]

Skuteczność rozdzielania mieszaniny w dobrze pracującym cyklonie wynosi 98÷99%. Aby dokładniej oczyścić powietrze z pyłów, kieruje się je następnie do filtrów tkaninowych, wchodzących w skład niektórych instalacji. [3, s. 55]

### Przepisy bhp dotyczące urządzeń ciśnieniowych

Użytkowanie sprężarek powietrza, które są urządzeniami ciśnieniowymi, a więc grożącymi wybuchem, określają szczegółowe przepisy, dotyczące m.in. pomieszczeń, w których sprężarki są instalowane, osłon i zabezpieczeń, warunków eksploatacji, nadzoru i obsługi.

Oto niektóre spośród przepisów:

- wysokość pomieszczenia sprężarkowni nie może być mniejsza niż 4 m. Szerokość i długość pomieszczenia powinny być takie, aby dookoła sprężarki, włączając ogrodzenia i zabezpieczenia, pozostawało wolne miejsce o szerokości co najmniej 1 m,
- drzwi i okna w pomieszczeniu powinny otwierać się na zewnątrz,
- podłogi i schody w pomieszczeniu sprężarek należy utrzymywać w czystości. Rozlane smary należy bezzwłocznie usuwać,
- wszystkie poruszające się części sprężarki powinny być należycie osłonięte,
- zabronione są wszelkie naprawy sprężarek będących w ruchu,
- do bezpośredniej obsługi sprężarek mogą być dopuszczone osoby w wieku powyżej 18 lat, przeszkolone i posiadające udokumentowane kwalifikacje. Osoby te powinny być poddane wstępnym badaniom lekarskim, a następnie badaniom okresowym co 6 miesięcy,
- osobom nieupoważnionym wstęp do pomieszczeń sprężarkowni jest zabroniony.

### 4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaki jest podział silników elektrycznych?
2. Z jakich elementów zbudowana jest sieć linii przesyłowej?
3. Jaki jest cel zerowania maszyn i urządzeń?
4. Jakie maszyny służą do sprężania powietrza?
5. Jakie wielkości charakteryzują pracę sprężarki?
6. Z jakich elementów zbudowana jest instalacja sprężonego powietrza w zakładzie przemysłowym?
7. Jakie znasz rodzaje wentylatorów?
8. Jakie zadania powinna spełniać instalacja odwiórowywania w zakładzie?

### 4.3.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Scharakteryzuj elementy budowy instalacji odwiórowywania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą dotyczącą instalacji odwiórowywania,
- 2) określić poszczególne elementy budowy instalacji,
- 3) ustalić zastosowanie poszczególnych elementów,
- 4) przedstawić wyniki pracy w formie opisowej,
- 5) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przybory do pisania,
- literatura z rozdziału 6.

### 4.3.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) scharakteryzować podział silników?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) omówić budowę sieci linii przesyłowej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić cel zerowania maszyn i urządzeń?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić maszyny służące do sprężania powietrza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) scharakteryzować parametry pracy sprężarki?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) scharakteryzować elementy instalacji sprężonego powietrza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) określić rodzaje wentylatorów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) określić zadanie instalacji odwiórowywania w zakładzie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.4. Maszynowa obróbka drewna - piłowanie

### 4.4.1. Materiał nauczania

#### Maszynowa obróbka cięciem - pojęcia podstawowe

Obróbkę cięciem drewna prowadzi się za pomocą narzędzi tnących w celu:

- podzielenia drewna na części,
- nadania przedmiotowi z drewna odpowiednich wymiarów,
- ukształtowania powierzchni przedmiotu z drewna lub z tworzywa drzewnego,
- nadania odpowiedniej gładkości powierzchniom obrabianego przedmiotu.

Jeśli odpowiednie wymiary przedmiotu i kształt oraz gładkość powierzchni uzyskujemy na skutek usunięcia części materiału wyjściowego w postaci skrawanych przez narzędzie wiórów, to mówimy o obróbce skrawaniem. Jest oczywiste, że podczas skrawania narzędzie tnące i obrabiany element muszą być względem siebie w ruchu. Ruch potrzebny do skrojenia jednego wióra nazywamy ruchem roboczym. Ruch niezbędny do skrojenia kolejnych wiórów nazywamy ruchem posuwowym.

Do obróbki materiałów stosowanych w stolarstwie stosuje się maszyny i urządzenia, w których ruch roboczy jest wykonywany dzięki energii silnika, natomiast ruch posuwowy może być wykonywany ręcznie. Różne sposoby obróbki cięciem można podzielić na trzy grupy;

1. Skrawanie oddzielające – obróbka cięciem, podczas której powstające wióry są traktowane jako odpad i usuwane.
2. Skrawanie dzielące – obróbka cięciem, w wyniku której powstają wióry stanowiące produkt docelowy.
3. Krajanie – obróbka cięciem, przy której wióry nie powstają.

Skrawanie oddzielające jest powszechnie stosowane w stolarstwie. Obejmuje ono:

- piłowanie za pomocą pil tarczowych, taśmowych i trakowych w celu dzielenia drewna na części i oddzielania z obrabianych elementów zbędnych części,
- struganie obrotowe za pomocą noży zamocowanych do wału wykonującego ruch obrotowy, wykonywane w celu wyrównania nierównych powierzchni po piłowaniu oraz w celu uzyskania jednakowej grubości lub jednakowego profilu na całej długości przedmiotu,
- frezowanie za pomocą frezów i noży do głowic frezarskich w celu uzyskiwania powierzchni profilowych na bokach, czołach, na szerokich płaszczyznach elementów oraz do wykonywania otworów i gniazd o różnorodnych kształtach i przekrojach, niezbędnych ze względów konstrukcyjnych lub estetycznych,
- wiercenie za pomocą wiertel w celu uzyskania otworów przeznaczonych na śruby, wkręty, kołki i czopy okrągłe,
- dłutowanie za pomocą dłut prostych i łańcuszkowych w celu uzyskania otworów i gniazd o przekroju poprzecznym prostokątnym, przeznaczonych do łączenia elementów,
- toczenie maszynowe za pomocą noży tokarskich w celu uzyskania brył obrotowych o ozdobnym profilu, brył o powierzchni śrubowej oraz – za pomocą obtaczania – drażków,
- szlifowanie za pomocą papierów i płócien ściernych w celu nadania obrabianej powierzchni dużej gładkości oraz uzyskania dokładnego wymiaru.

Skrawanie dzielące jest rodzajem obróbki cięciem charakterystycznym tylko dla obróbki drewna (nie ma odpowiednika w obróbce metali). Obejmuje ono:

- skrawanie płaskie, w celu podzielenia drewna na wióry użytkowe w postaci arkuszy, taśm i wstęp; w ten sposób są pozyskiwane okleiny, obłogi, deseczki, wełna drzewna; ruch roboczy jest wykonywany przez nóż o prostym ostrzu,
- skrawanie obwodowe, czyli łuszczenie w celu uzyskania arkuszy forniru; charakteryzuje się ono tym, że ruch roboczy obrotowy jest wykonywany przez skrawane drewno.

Krajanie, inaczej obróbka krajaniem, jest to obróbka cienkich warstw drewna, np. dzielenie arkuszy forniru na części (przekrawanie), zrównywanie krawędzi (okrawanie), usuwanie wadliwych miejsc (wykrawanie).

Podczas maszynowej obróbki skrawaniem narzędzie może wykonywać względem materiału poddanego obróbce następujące ruchy:

- prostoliniowe; może to być ruch oscylacyjny lub drgający (postępowo-zwrotny), np. piła w pilarnie wyrzynarce, wyrzynarce włosowej, w ramie traka, lub ruch obiegowy wzdłużny, np. piła taśmowa w pilarnie taśmowej, taśma szlifierska w szlifierce taśmowej, ostrza dłuta łańcuszkowego,
- obrotowe, np. piła tarczowa, frez, wiertło, nóż w wale nożowym strugarek.

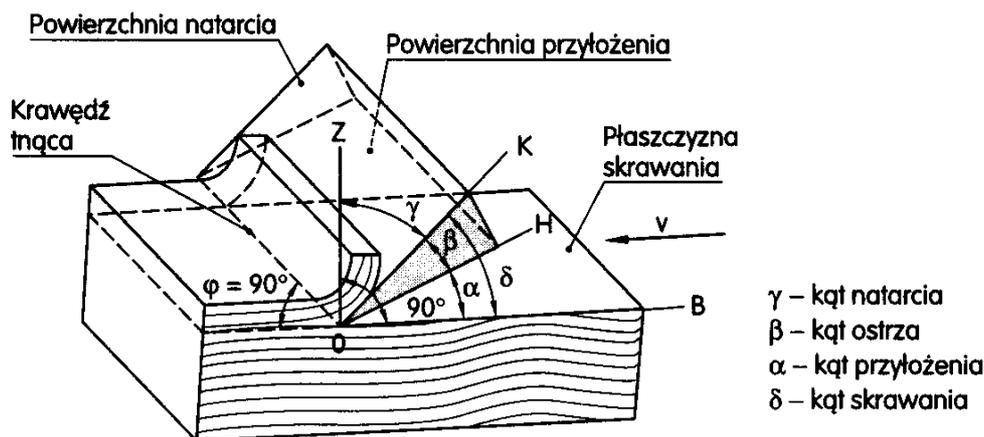
Te ruchy narzędzi mogą być sprzężone ze sobą.

Rozróżnia się też ruch roboczy (główny) i ruch posuwowy.

Ruch roboczy (główny) narzędzia lub przedmiotu obrabianego to jest ten podstawowy ruch, w wyniku którego powstają wióry. Prędkości tego ruchu, czyli prędkość skrawania, decyduje o wydajności procesu obróbki. Jest to prędkość liniowa przemieszczania się ostrza w m/s. Ruchem posuwowym nazywamy ruch (narzędzia lub przedmiotu obrabianego) niezbędny do usunięcia nadmiaru materiału z całej obrabianej powierzchni. Wielkość sił skrawania oraz jakość obrobionej powierzchni zależy od posuwu przypadającego na jeden obrót narzędzia (w przypadku narzędzi wieloostrowych – na jedno ostrze). Długość zestruganego wióra powstałego w wyniku cięcia jednym ostrzem jest nazywana posuwem na jedno ostrze lub posuwem na ząb. Prędkość posuwu na ząb określana jest w mm. [5, s. 127]

### **Charakterystyka procesu skrawania nożem elementarnym**

Skrawanie w obróbce cięciem można w pewnym uproszczeniu rozpatrywać jako skrawanie tzw. nożem elementarnym, czyli klinem, zasadniczym bowiem kształtem części roboczej każdego narzędzia do skrawania jest klin. Powierzchnię klina, po której przemieszcza się wiór, nazywamy powierzchnią natarcia, a kąt zawarty pomiędzy nią a płaszczyzną prostopadłą do kierunku ruchu narzędzia – kątem natarcia  $\gamma$ . Powierzchnię od strony obrabianego materiału nazywamy powierzchnią przyłożenia. Nie powinna się ona stykać z drewnem dla uniknięcia tarcia narzędzia o materiał. Kąt zawarty pomiędzy powierzchnią przyłożenia a powierzchnią materiału powstałą w wyniku obróbki (powierzchnią skrawania) nazywamy kątem przyłożenia  $\alpha$ . Powierzchnie natarcia i przyłożenia przecinają się wzdłuż prostej zwanej główną krawędzią tnącą. Wielkością charakteryzującą ostrze jest kąt rozwarcia klina, zawarty pomiędzy płaszczyznami natarcia i przyłożenia, zwany kątem ostrza  $\beta$ . Narzędzie o małym kącie ostrza łatwo pokonuje opory, jakie stawia obrabiane drewno, jednak bardzo szybko tępi się i zużywa. Do obróbki twardego drewna i płyt drewnopochodnych trzeba stosować narzędzia o większym kącie ostrza, bardziej odporne na duże obciążenia występujące podczas skrawania. Suma kątów przyłożenia i ostrza jest nazywana kątem skrawania  $\delta$ . Jest to ważna wielkość związana z narzędziem, tzn. możliwa do kontroli. Od wartości kąta  $\delta$  zależy nakład energii niezbędnej do skrawania, a więc koszty obróbki. Podczas ostrzenia narzędzi tnących szczególną uwagę należy zwracać na zachowanie prawidłowego kąta ostrza, aby narzędzie nie straciło swojego kształtu, a przez to właściwości i przydatności do pracy, do której było przeznaczone. [3, s. 129]

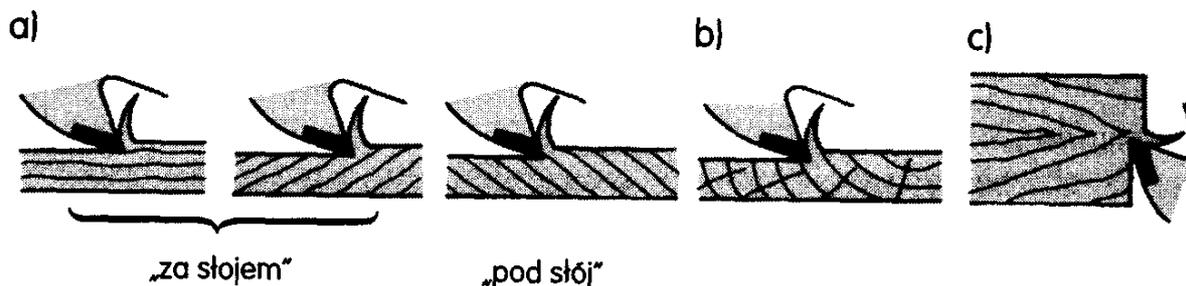


Rys. 40. Budowa noża elementarnego [5, s. 129]

### Czynniki wpływające na proces maszynowej obróbki skrawaniem

Różnice w budowie drewna wzdłuż i w poprzek włókien istotnie wpływają na obróbkę skrawaniem drewna litego.

Ze względu na usytuowanie (względem kierunku włókien w skrawanym elemencie) kierunku, w którym przemieszcza się ostrze narzędzia oraz kierunku krawędzi tnącej ostrza, wyróżnia się trzy podstawowe położenia skrawania: wzdłużne, poprzeczne i prostopadłe.



Rys. 41. Skrawanie: a) wzdłużne, b) poprzeczne, c) prostopadłe [5, s. 130]

Od położenia skrawania zależy kształt wióra, gładkość powierzchni obrabianego elementu i siła skrawania. Gładkość otrzymanej powierzchni i siła skrawania zależą też od innych czynników. Czynniki wpływające na gładkość powierzchni zostaną omówione w dalszej części podręcznika. Na wielkość siły skrawania, oprócz położenia skrawania, największy wpływ mają: gatunek drewna, wilgotność drewna, kąt skrawania, grubość wióra oraz stopień stępienia ostrza. Podatność gatunków drewna na skrawanie jest zróżnicowana. Znaczne różnice występują podczas skrawania miękkich gatunków drewna (lipa, osika, świerk, sosna, olcha, modrzew) i gatunków twardych (brzoza, buk, dąb, jesion). Dla gatunków twardych wartość siły skrawania może być nawet dwukrotnie większa od siły skrawania niezbędnej do obróbki drewna miękkiego. Wpływ wilgotności drewna na wartość siły skrawania nie jest znaczny i zależy od sposobu obróbki skrawaniem. Podczas piłowania, wiercenia, frezowania i dłutowania gniazd i otworów wraz ze wzrostem wilgotności drewna zwiększa się siła skrawania. Natomiast podczas obróbki struganiem i frezowaniem profili siła skrawania maleje wraz z przyrostem wilgotności drewna.

Kąt skrawania jest istotnym parametrem obróbki. Im jest on mniejszy, tym mniejszy jest opór, jaki stawia drewno, i mniejsza siła skrawania narzędzia. Jednak kąta skrawania nie można dowolnie zmniejszać ze względu na niebezpieczeństwo osłabienia ostrza i możliwość tarcia narzędzia o obrabiany materiał.

Grubość wióra ma znaczny wpływ na wielkość oporu występującego podczas skrawania. Im skrawany wiór jest cieńszy, tym większa jest siła skrawania.

Stępiona krawędź tnąca ostrza zgniata i zrywa włókna, które po przejściu krawędzi podnoszą się i powodują tarcie na powierzchni przyłożenia ostrza. Dla pokonania siły tarcia trzeba przyłożyć większą siłę skrawania. [5, s. 131]

### **Piłowanie maszynowe**

Piłowaniem maszynowym nazywamy obróbkę cięciem wykonywaną za pomocą różnego rodzaju narzędzi – pił – napędzanych silnikiem (elektrycznym). Jest to najczęściej wykonywany sposób obróbki cięciem drewna. Celem piłowania jest podzielenie drewna na elementy, oddzielenie zbędnych części od obrabianych elementów lub nadanie elementom nieskomplikowanych kształtów. Piła w czasie pracy wycina w materiale szczelinę, tzw. rżaz. Drewno skrawane i usuwane przez piłę ze szczeliny rżazu nazywamy trocinami.

Ze względu na kierunek ruchu posuwowego (narzędzia lub materiału) względem kierunku przebiegu włókien przy piłowaniu maszynowym wyróżniamy: piłowanie wzdłużne, poprzeczne i skośne.

Piłowanie nazywa się wzdłużnym, gdy kierunek szczeliny rżazu przebiega równoległe do kierunku przebiegu włókien w obrabianym elemencie. Piłowanie wzdłużne jest zawsze prostoliniowe i nazywa się też rozpiłowywaniem. Rozpiłowywanie wykonywane na pilarkach ramowych pionowych, zwanych trakami, nazywamy przecieraniem. Rozpiłowywanie wykonywane w celu podzielenia tarcicy nazywamy rozdzielaniem. Rozpiłowywanie wykonywane w celu uzyskania tarcicy o ostrych krawędziach lub z powodu konieczności usunięcia wadliwych miejsc poprzez usunięcie brzeżnej części tarcicy nazywamy obrzynaniem.

Piłowanie poprzeczne występuje wówczas, gdy w obrabianym elemencie kierunek szczeliny rżazu przebiega prostopadle do kierunku przebiegu włókien. Piłowanie poprzeczne jest zawsze prostoliniowe i jest też nazywane przepiłowywaniem.

Piłowanie skośne ma miejsce wtedy, gdy kierunek szczeliny rżazu jest nachylony do kierunku przebiegu włókien pod kątem zawartym między 0 i 90°. Piłowanie skośne może być prostoliniowe lub krzywoliniowe. Piłowanie skośne otwarte lub zamknięte, wykonywane wzdłuż linii krzywej albo łamanej, nazywa się wypiłowywaniem.

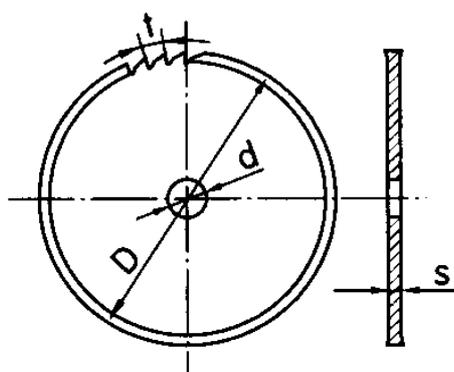
### **Piły do maszynowej obróbki drewna**

Do piłowania używa się pił o różnych kształtach. Są piły proste i tarczowe. Piły proste wykonują ruch roboczy prostoliniowo-zwrotny (np. piła w wyrzynarce) lub prostoliniowy obiegowy (np. piła taśmowa). Piły tarczowe (rys. 42) wykonują ruch obrotowy.

W każdej pile możemy wyróżnić część chwytową – brzeszczot, przeznaczony do zamocowania piły w obrabiarce, oraz część roboczą, skrawającą – uźębienie. Ze względu na rodzaj materiału użytego do wykonania brzeszczotu i uźębienia, piły można podzielić na jednolite i niejednolite. Piły jednolite są wykonane z jednego rodzaju stali. Piły niejednolite mają zęby wykonane z innego materiału niż brzeszczot, np. mają wkładki z węglików spiekanych, które są lutowane do brzeszczotu z użyciem lutów twardych. Węgliki spiekane są to stopy o wielkiej twardości (nieco mniejszej od diamentu), odporne na ścieranie i na uderzenia, powstają w wyniku sprasowania i spiekania sproszkowanego węglików wolframu i tytanu ze sproszkowanym metalicznym kobaltem i innymi metalami.

Nie ma piły uniwersalnej. Każda ma swoje określone przeznaczenie. Różnice dotyczą wymiarów: długości, średnicy, grubości, rodzaju uzębienia, podziałki, liczby i kształtu zębów; materiału, którego użyto do wykonania brzeszczotu i zębów; konstrukcji samego brzeszczotu. Różnice te określają możliwości zastosowania pił do piłowania tworzyw drzewnych oraz różnych gatunków drewna wzdłuż lub w poprzek włókien.

Piła tarczowa jest metalową tarczą, na której obwodzie znajduje się część tnąca – uzębienie. Wewnętrzna część tarczy – brzeszczot służy do mocowania piły na wrzecionie pilarki. Brzeszczot może być wykonany z jednego rodzaju stali bądź łączony (sklejany lub zgrzewany) z kilku różnych warstw w celu zmniejszenia hałasu, którego przyczyną jest pracująca piła. Charakterystyczne wymiary pił tarczowych to: średnica zewnętrzna (wraz z uzębieniem) –  $D$ , grubość  $s$ , średnica otworu  $d$ . Dobór odpowiedniej średnicy zewnętrznej i grubości piły zależy od grubości materiału, średnicy kołnierzy zaciskowych, od konstrukcji pilarki. Piła powinna wystawać ponad powierzchnię piłowanych elementów na wysokość zębów. Piły cienkie, których stosowanie jest korzystne ze względu na oszczędność drewna, są stosowane do piłowania z posuwem ręcznym, a piły grubsze – do pracy z posuwem maszynowym.



Rys. 42. Piła tarczowa jednolita płaska [5, s. 134]

Piły tarczowe jednolite znajdują zastosowanie w pracach stolarskich, ale przeznaczone są przede wszystkim do wstępnego rozpiłowywania materiału na mniejsze części. Piły te mają różnorodne kształty zębów. Najczęściej są stosowane piły płaskie, których zęby i brzeszczot są tej samej grubości. W piłach tego rodzaju należy poszerzać uzębienie, tzn. rozwierać lub zgniać zęby.

W piłach tarczowych niejednorodnych zęby są wykonane z twardego materiału, najczęściej z węglików spiekanych. Takie ostrze jest zawsze grubsze od brzeszczotu. Trwałość piły niejednorodnej oraz gładką powierzchnię otrzymanego rządu uzyskuje się wtedy, gdy są przestrzegane zasady doboru właściwego rodzaju zębów do rodzaju piłowanego materiału. [5, s. 133]

### Zasady doboru pił do pracy

Przy piłowaniu istotną rolę odgrywają: kształt i liczba zębów oraz stan ich naostrzenia, ogólnie określane jako geometria krawędzi tnącej zębów.

O możliwości wtargnięcia zębów w materiał decyduje dobrany, w zależności od materiału piłowanego, odpowiedni kąt ostrza i kąt natarcia oraz kąt przyłożenia.

Dodatni kąt przyłożenia zmniejsza tarcie zęba o skrawany materiał. Na zmniejszenie tarcia wpływa również odpowiedni kształt przestrzeni międzyzębnej, umożliwiający zupełne oczyszczenie tej przestrzeni z trocin.

Przy piłowaniu drewna wzdłuż włókien, gdy najważniejsza jest wydajność, a nie ma szczególnych wymagań dotyczących jakości powierzchni rzazu, np. w tartakach, właściwa jest piła z taką liczbą zębów, aby odległości między ich wierzchołkami (podziałka) wynosiły ok. 50 mm, a kąt natarcia – 25 do 30°. Kąt natarcia 20° i podziałka ok. 25 mm są stosowane do piłowania wzdłużnego w pracach stolarskich.

Przy piłowaniu drewna w poprzek włókien lub cięciu płyt wiórowych, gdy wymagana jest większa gładkość powierzchni rzazu, używa się pił o podziałce 10–19 mm, z większą liczbą zębów, kąt natarcia wynosi od 5 do 10°.

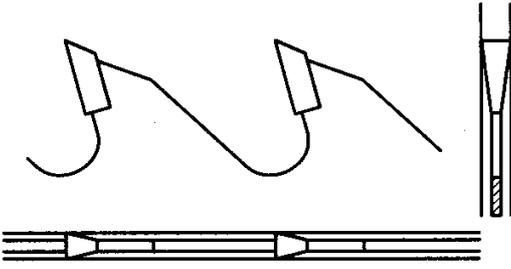
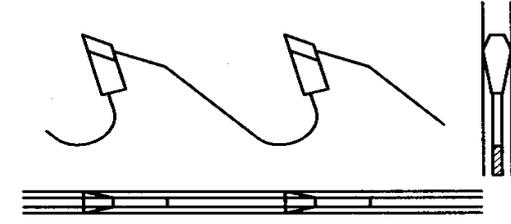
Piły z zębami prostymi są używane do piłowania wzdłużnego drewna twardego i miękkiego. W pewnych typach tych pił między zębami albo na grzbietach zębów ukształtowano tzw. ogranicznik posuwu. Zmniejszenie wielkości posuwu stosuje się w obrabiarkach z posuwem ręcznym w celu zapobieżenia odrzutowi piłowanego materiału, a więc dla podniesienia bezpieczeństwa pracy.

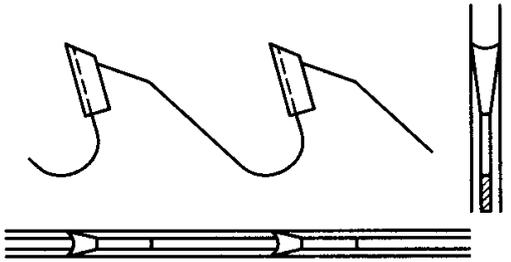
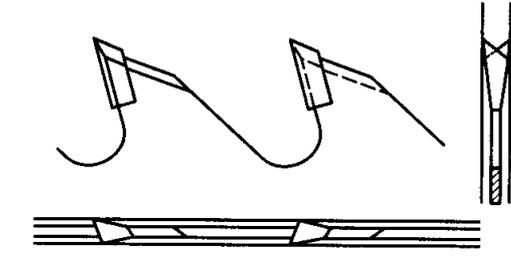
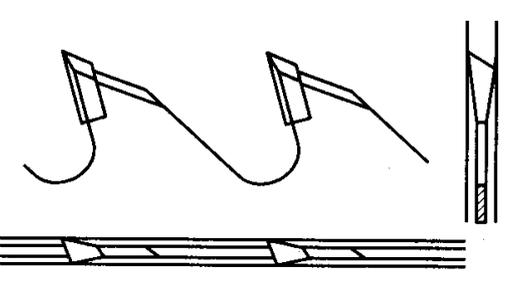
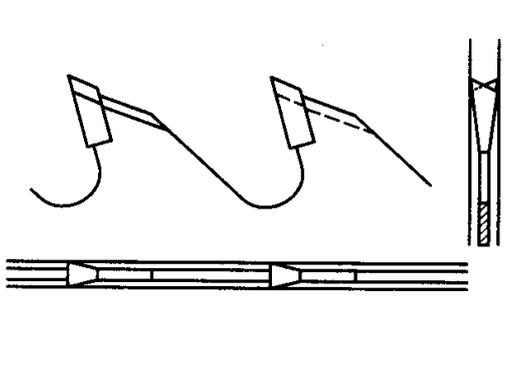
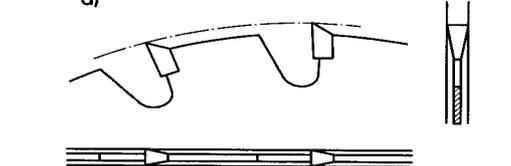
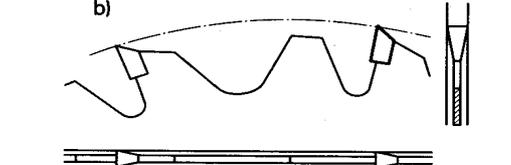
Zęby na przemian skośne mają uniwersalne zastosowanie do piłowania wzdłuż i w poprzek włókien gatunków drewna miękkiego i twardego oraz wszystkich tworzyw drzewnych. Główna krawędź tnąca jest prostoliniowa, na przemian skośna względem osi obrotu piły. Powierzchnie natarcia i przyłożenia są ukośne na przemian względem osi obrotu piły. Umożliwia to otrzymanie bardzo gładkiej powierzchni rzazu, co jest szczególnie ważne przy piłowaniu płyt laminowanych i okleinowanych.

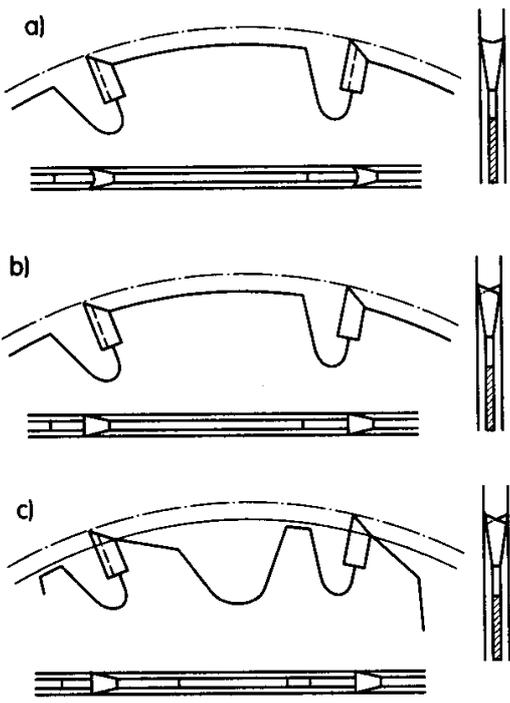
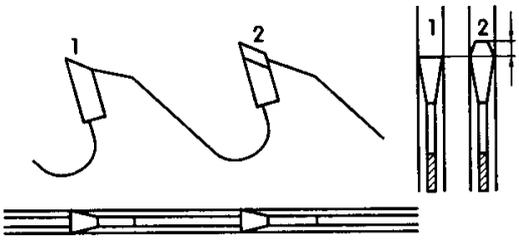
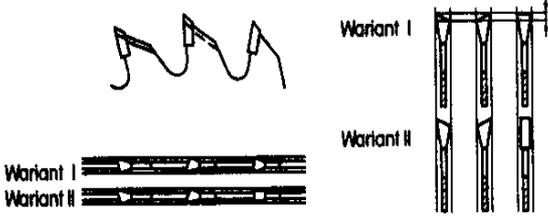
Bardzo gładką powierzchnię rzazu można uzyskać używając uzębienia wklęsłego. Wklęsłe uformowanie powierzchni natarcia umożliwia otrzymanie gładkiej, pozbawionej rys powierzchni cięcia.

Piły z uzębieniem trapezowym, w którym zęby mają ścięte wierzchołki, są stosowane do piłowania bardzo twardych materiałów, np. tworzyw drzewnych pokrytych warstwą laminatu z metalem. Charakterystykę uzębienia pił tarczowych z nakładkami z węglików spiekanych przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Uzębienie pił tarczowych z nakładkami z węglików spiekanych [5. s. 148]

	Widok uzębienia	Charakterystyka i zastosowanie
1		<p>główna krawędź tnąca jest równoległa do osi obrotu piły</p> <p>do piłowania drewna wzdłuż i w poprzek włókien do wstępnego formatyzowania i przyrzynania materiałów drzewnych do stosowania przy małych wymaganiach dotyczących chropowatości powierzchni rzazu i stanu krawędzi do pilarek z posuwem mechanicznym</p>
2		<p>główna krawędź tnąca w kształcie trapezu</p> <p>do piłowania materiałów płytowych z tworzyw drzewnych dobra jakość rzazu przy piłowaniu materiałów okleinowanych lub laminowanych</p>

3		<p>główna krawędź tnąca o kształcie łukowym (wkłęśła powierzchnia natarcia)</p> <p>do piłowania drewna wzdłuż i w poprzek włókien bardzo dobra jakość rządu przy piłowaniu tworzyw drzewnych obłogowanych</p>
4		<p>główna krawędź tnąca prostoliniowa na przemian skośna względem osi obrotu piły</p> <p>do piłowania drewna wzdłuż i w poprzek włókien do tworzyw drzewnych obłogowanych do pilarek z posuwem ręcznym</p>
5		<p>główna krawędź tnąca prostoliniowa na przemian skośna względem osi obrotu piły</p> <p>do piłowania drewna wzdłuż i w poprzek włókien bardzo dobra jakość rządu do pilarek z posuwem ręcznym</p>
6		<p>główna krawędź tnąca prostoliniowa, skośna względem osi obrotu piły uzębienie niesymetryczne piły wykonywane są jako lewe i prawe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- do formatyzowania materiałów płytowych z tworzyw drzewnych i drewna</li> <li>- uzyskuje się bardzo dobry stan krawędzi od strony formatyzowanego materiału</li> </ul>
7	<p>a)</p>  <p>b)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- uzębienie z ograniczoną wielkością posuwu na ząb</li> <li>- główna krawędź tnąca prostoliniowa, równoległa od osi obrotu piły</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- a) do obrabiarek z posuwem ręcznym</li> <li>- b) do pilarek wielopiłowych z posuwem mechanicznym</li> </ul>

8		<ul style="list-style-type: none"> <li>- uzębienie z ograniczoną wielkością posuwu na ząb, do pilarek z posuwem ręcznym</li> <li>- a) główna krawędź tnąca o kształcie łukowym</li> <li>- b i c) główna krawędź tnąca prostoliniowa na przemian skośna względem osi obrotu piły</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bardzo dobra jakość rzazu</li> </ul>
9		<ul style="list-style-type: none"> <li>- uzębienie grupowe: 1 – ząb strugający, 2 – ząb nacinający.</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bardzo dobra jakość rzazu</li> <li>- do piłowania materiałów drewnianych o dużym działaniu tępiącym (lignofol, sklejka z arkuszami metalu, tworzywa drzewne laminowane)</li> </ul>
10		<ul style="list-style-type: none"> <li>- uzębienie grupowe z ograniczoną wielkością posuwu do pilarek z posuwem ręcznym</li> <li>- ząb strugający o mniejszej szerokości lub mniejszej wysokości</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bardzo dobra jakość rzazu i stan krawędzi</li> </ul>

## **Przygotowanie pił do pracy**

Przygotowanie do pracy pił jednolitych wymaga wykonania większej liczby czynności niż przygotowanie pił niejednolitych. Przygotowanie pił jednolitych do pracy obejmuje następujące zabiegi: prostowanie, wstępne napinanie, poszerzanie uzębienia, ostrzenie, ustawianie i mocowanie oraz czyszczenie.

### **Prostowanie**

Brzeczot piły powinien być płaski. Nierówności można wykryć przykładając liniał wzdłuż promienia piły. W brzeczocie mogą powstać wypukłości trwałe – niesprężyste, lub sprężyste wiotkie albo sztywne. Odkształcenia te są zauważalne po lekkim wygięciu brzeczotu piły. Wypukłość niesprężysta pojawia się zawsze po tej samej stronie piły, niezależnie od kierunku wygięcia brzeczotu. Odkształcenia sprężyste wiotkie pod wpływem niewielkiej siły przechodzą na zewnątrz wygiętego brzeczotu. Odkształcenia sprężyste sztywne pojawiają się na wygiętym brzeczocie jako wypukłość od strony wklęsłej. Do prostowania pił tarczowych używa się młotka i kowadła, ale jest to czynność bardzo trudna i wymaga sporego doświadczenia. Odchylenia pił od płaskości powstają pod wpływem przegrzania brzeczotu w czasie pracy, uderzeń podczas transportu, przechowywania w niewłaściwej pozycji.

### **Wstępne naprężanie pił**

Piła podczas pracy nagrzewa się. Pod wpływem ciepła część brzeczotu bliższa uzębieniu wydłuża się i faluje, brzeczot traci sztywność. Wstępne naprężanie wykonuje się w celu zminimalizowania tych odkształceń. Fabrycznie piły są naprężane przez walcowanie brzeczotu. Stan naprężenia należy sprawdzać co kilka ostrzeń. Do lekko wygiętej piły opartej uzębieniem o powierzchnię stołu należy przyłożyć wzdłuż średnicy liniał i ustalić odchylenie brzeczotu piły od liniału.

### **Poszerzanie uzębienia**

Poszerzanie uzębienia, operacja konieczna dla pił płaskich, jest wykonywana w celu znacznego zmniejszenia ocierania brzeczotu o powierzchnię rzazu. Największe rozwarście zębów wykonuje się dla pił przeznaczonych do piłowania wzdłużnego drewna miękkiego, wilgotnego, żywicznego. Zęby są rozwierane na przemian na prawą i lewą stronę brzeczotu.

### **Ostrzenie**

Piły tarczowe jednolite powinny być ostrzone maszynowo na ostrzarkach ze zmechanizowanym posuwem. Bardzo ważne jest zachowanie pierwotnego kształtu zębów i uzębienia.

### **Ustawianie i mocowanie**

Piła tarczowa powinna być tak dobrana, aby średnica jej wewnętrznego otworu była równa średnicy wrzeciona. Ustawienie piły jest prawidłowe, gdy oś obrotu piły pokrywa się z osią obrotu wrzeciona, a płaszczyzna piły jest prostopadła do osi wrzeciona. Mocowanie piły polega na jej zaciśnięciu między kołnierzami: stałym i zdejmowanym, za pomocą nakrętki z lewym gwintem.

### **Czyszczenie pił**

Piła po pracy powinna mieć oczyszczone boczne powierzchnie z przyklejonego pyłu i żywicy. Czyszczenie wykonuje się terpentyną, ropą lub wodą z dodatkiem detergentów. Przygotowanie do pracy pił z nakładkami z węglików spiekanych wymaga większej staranności w przenoszeniu i przekładaniu pił ze względu na kruchość nakładek. Nie jest

zalecane uderzanie młotkiem, brzeszczoty należy poddawać walcowaniu. Ustawianie pił do pracy powinno być szczególnie dokładne ze względu na większą dokładność wykonania narzędzi. [5, s. 153]

### **Pilarki do drewna i tworzyw drzewnych**

Pilarki, czyli obrabiarki, w których obróbka cięciem jest wykonywana za pomocą rozmaitych rodzajów pił (napędzanych silnikami), stanowią najbardziej rozpowszechnioną grupę obrabiarek w przemyśle drzewnym.

Maszynowa obróbka drewna wymaga używania rozmaitych rodzajów pilarek. W tartakach do piłowania wzdłużnego są stosowane pilarki o postępowym i o obrotowym ruchu piły.

**Pilarki ramowe** (nazywane trakami) pionowe i poziome są przeznaczone do rozpiłowywania (przecierania) kłód na tarcice nieobrzynaną lub na przyzmy i tarcice nieobrzynaną.

**Pilarki taśmowe** do kłód służą do dzielenia kłód na różne sortymenty, np. deski, bale lub przyzmy. Stosuje się je w tartakach i zakładach produkujących okleiny. Szczególnie przydatne są do przecierania drewna gatunków liściastych, ponieważ podczas odpilowywania zostaje odsłonięte wnętrze kłody, co umożliwia podjęcie decyzji o przeznaczeniu pozyskiwanego materiału.

**Pilarki tarczowe wzdłużne do kłód** są przeznaczone do rozpiłowywania kłód lub przyzm na tarcicę. Posuw drewna w tych pilarkach jest zmechanizowany. Dla zwiększenia bezpieczeństwa pilarki te są wyposażane w hamulec wrzeciona, osłony ruchomych podzespołów, np. przenośników, oraz zapadki przeciwozrzutowe umieszczone przed wrzecionem nad stołem obrabiarki. Pilarki tarczowe wzdłużne dolnowrzecionowe z bocznym dociskiem obrabianego elementu muszą być wyposażone w klin rozszczepiający rzaz. Wszystkie pilarki wyposaża się w ssawy umożliwiające ich podłączenie do instalacji pneumatycznego odprowadzania trocin.

**Pilarki tarczowe poprzeczne do kłód** są stosowane do dzielenia dłużyc na krótsze elementy. Charakteryzują się tym, że ruch roboczy i ruch posuwowy wykonuje narzędzie, a element pozostaje nieruchomy. Zakres ruchu wrzeciona z piłą jest ograniczony, stosowane są rozwiązania konstrukcyjne umożliwiające samoczynny ruch powrotny wrzeciona.

W dużych fabrykach mebli lub stolarki budowlanej, w działach obróbki wstępnej, używa się podobnych typów pilarek co w tartakach. Istotne różnice, widoczne w konstrukcji, wynikają ze specyfiki zastosowania. Pilarki tarczowe wzdłużne, stosowane do obróbki wstępnej, służą do dzielenia szerokiej tarcicy na wąskie elementy: listwy,łaty, graniaki, fryzy. Szczególnym przykładem pilarki tej grupy jest obrzynarka dwustronna przeznaczona do oddzielania z nieobrzynanej tarcicy iglastej bocznych części – zrzynów. Na dwóch wrzecionach tej pilarki można zamocować dwie lub cztery i więcej pił dla pozyskania tarcicy obrzynanej lub listew. Posuw materiału jest zmechanizowany.

**Pilarki tarczowe poprzeczne do tarcicy i tworzyw drzewnych** są przeznaczone do pozyskiwania półfabrykatów lub elementów o dokładnie ustalonych wymiarach. Ruch roboczy i posuwowy jest wykonywany przez umieszczoną na przegubowo osadzonym ramieniu lub podporcie piłę wraz z silnikiem.

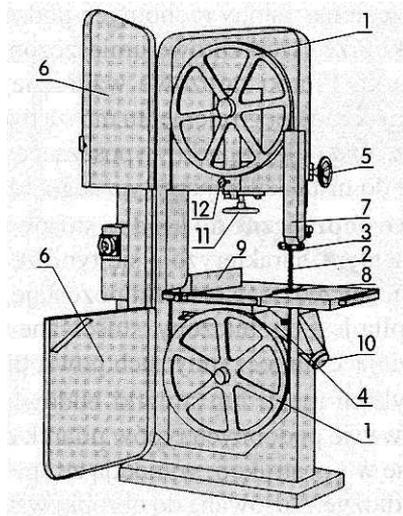
**Pilarka tarczowa** jest jedną z najważniejszych, ale równocześnie najbardziej niebezpiecznych obrabiarek w stolarni, ponieważ osłonięcie wirującego narzędzia jest często niemożliwe.

W zakładach stolarskich do podstawowego wyposażenia należą: pilarka taśmowa stolarska i pilarka tarczowa stolarska. Ponadto stosowane są pilarki o jednym, specjalnym zastosowaniu, jak na przykład: pilarka tarczowa formatowa jedno- lub dwupiłowa do elementów płytowych z tarcicy lub tworzyw drzewnych oraz pilarka formatowa do płyt. [5, s. 135]

## Ciecie pilarkami taśmowymi

Pilarki taśmowe stolarskie mogą być stacjonarne i przenośne. Są one stosowane do piłowania krzywoliniowego i prostoliniowego. Można je stosować do przycinania na długość, obrzynania krawędzi, rozpiłowywania na grubość, wykonywania widlic, wypiłowywania profilowego obrzeży elementów deskowych.

Pilarka taśmowa pracuje piłą taśmową napiętą na dwóch kołach. Napęd z silnika jest przekazywany na koło napędowe (dolne). Górne koło napinające taśmę piły jest zawieszane elastycznie. W celu zdjęcia i założenia piły górne koło taśmowe może być odchylane i w wybranym położeniu ustalane nakrętką. W celu naprężenia piły może być opuszczane i podnoszone mechanizmem wprowadzającym w ruch i blokowanym ręcznie. Naprężenie piły powinno być minimalne, a jednocześnie umożliwiające właściwą pracę piły. Dobrze założona i naprężona piła nie zbiega z kół podczas piłowania. Prędkość ruchu taśmy wynosi od 19 do 35 m/s. Lekko wypukły, baryłkowany kształt kół, na których jest rozpięta piła taśmowa, oraz opaska z miękkiego materiału na środku ich szerokości zapewniają bezpieczny, spokojny bieg taśmy i samorzutne wyrównywanie jej biegu. Obrabiany materiał jest przesuwany ręcznie po stole obrabiarki.



**Rys. 43.** Pilarka taśmowa stolarska [5, s. 136]: 1 – kota napędowe – górne i dolne, 2 – piła taśmowa, 3 – prowadnik górny, 4 – prowadnik dolny, 5 – pokrętło do regulacji położenia górnego prowadnika piły, 6 – osłony (tu otwarte) kół napinających, 7 – osłona piły, 8 – szczelina na piłę w stole, 9 – prowadnica materiału obrabianego, 10 – ssawa instalacji odciągania wiórów, 11 – pokrętło do regulacji napięcia piły, 12 – podziałka do odczytywania siły napięcia piły

Przygotowanie pilarki taśmowej do pracy, oprócz naostrzenia i odpowiedniego założenia piły, wymaga ustawienia położenia prowadników. W pilarkach taśmowych o średnicy kół większej niż 315 mm położenie górnego prowadnika piły można regulować. Należy ustawić go tak nisko, jak tylko grubość materiału piłowanego na to pozwala. Rolki prowadnika przeciwdziałają wyboczeniu i przesuwaniu się piły na kołach napinających, szczelina między rolką a brzeszczotem piły nie powinna być większa niż 0,1–0,15 mm. Płaski krążek podpira grzbiet piły.

Do piłowania krzywoliniowego stosuje się wąskie, dobrze naostrzone piły. Od szerokości piły zależy minimalny promień krzywizny i straty materiału na rżaz. Na elemencie rysuje się ołówkiem stolarskim linie piłowania. Wypiłowywanie krzywizn wymaga czasem cofania elementu. Przesuwająca się z dużą prędkością taśma piły, przemieszczana wzdłuż rżazu, może łatwo zaczepić o materiał, co może spowodować, że piła zsunie się z kół i zerwie się. Aby tego uniknąć, nie należy wycofywać piły wzdłuż rżazu, ale wykonać w części odpadowej

materiału, poprzecznie do rzazu, możliwie krótkie i proste dodatkowe nacięcia – drogi wyjścia dla piły.

Piłowanie prostoliniowe wykonujemy szeroką piłą taśmową z użyciem prowadnicy wzdłużnej. Prowadnicę należy zamocować w odpowiednim miejscu przed uruchomieniem pilarki. Aby właściwie prowadzić materiał, zwłaszcza gdy jest wąski lub krótki, pomagamy sobie drewnianymi popychaczami: jednym dociskamy element do prowadnicy, drugim nadajemy elementowi ruch posuwowy.

Piła taśmowa to jedyne narzędzie, które nawet jeśli pęknie, to nie wytrąca materiału z ręki, nie powoduje odrzutu materiału. Ze względu na możliwość zerwania się piły ta jej część, która znajduje się poza obszarem skrawania, musi być zakryta. Umożliwia to odpowiednia budowa korpusu pilarki oraz ruchoma osłona zakrywająca uzębienie. Jej położenie ustala się ręcznie pokrętle. Po wyłączeniu lub zahamowaniu pilarki hamulce spowodują zatrzymanie ruchu taśmy po upływie ok. 10 sekund. [5, s. 138]

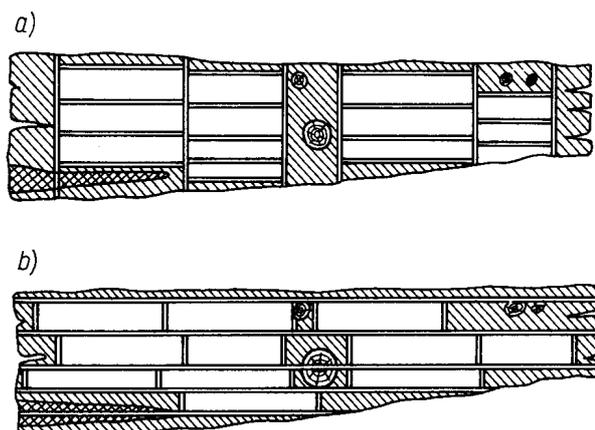
### **Warunki bezpiecznej pracy podczas ciecia pilarkami taśmowymi**

1. Część piły taśmowej nie zakrytą przez piłowany element należy osłaniać.
2. Piłowanie elementów nie spoczywających w równowadze na stole, o przekroju np. owalnym, można prowadzić po uprzednim solidnym ich zamocowaniu.
3. Podczas ruchu piły ręce należy trzymać zawsze w bezpiecznej odległości od piły.
4. Krótkie elementy należy podczas piłowania przemieszczać z użyciem popychacza, a przy piłowaniu na grubość należy stosować popychacz kątowy.
5. Powstałe trociny można usuwać dopiero po zatrzymaniu piły.
6. Przed dłuższą przerwą (np. w końcu tygodnia) należy piłę odprężyć, tzn. zwolnić naprężenie przez nieznaczne opuszczenie górnego koła.

### **Przecinanie drewna na pilarce tarczowej do cięcia poprzecznego**

Poprzeczne cięcie tarcicy ma na celu pozyskanie odcinków desek, z których następnie można pozyskać elementy bez niedopuszczalnych wad. Pozyskiwanie elementów surowych z drewna litego jest połączone z przewidywaniem rozmieszczenia elementów na tarcicy. Rysowanie na materiale linii przyszłych cięć, stanowiących obrys elementów z nadmiarami na dalszą obróbkę, nazywa się trasowaniem indywidualnym. W warunkach produkcji przemysłowej zaleca się stosować tę metodę jedynie do trasowania cenniejszych gatunków drewna. Należy jednak pamiętać, że dobrze przeprowadzone trasowanie, choć pracochłonne, jednak zawsze powoduje zwiększenie wydajności materiałów tartych. W przemysłowych warunkach produkcji powszechnie stosowana jest metoda polegająca na manipulacji tarcicy bez uprzedniego rysowania rozmieszczenia elementów na materiale.

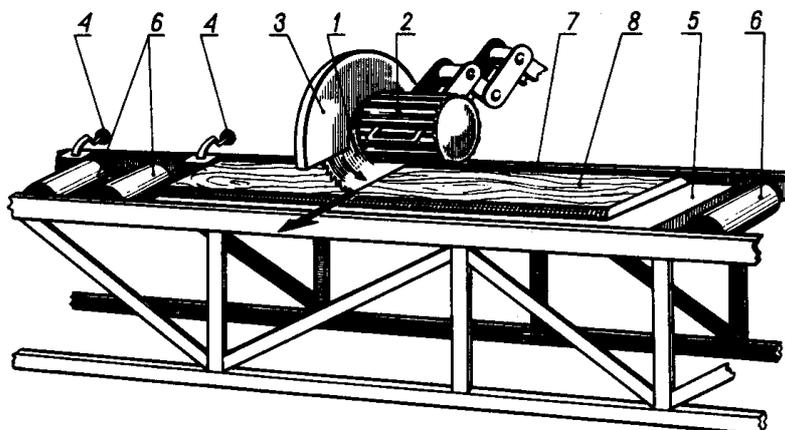
Dlatego piłowanie drewna powinno być połączone z jego manipulacją. Na rysunku 44 przedstawiono dwa sposoby manipulacji. W pierwszym sposobie najpierw wykonuje się cięcie poprzeczne, a następnie wzdłużne. Drugi sposób polega na pozyskaniu piłowaniem wzdłużnym łąt, które następnie przecina się poprzecznie. Podczas tych czynności powstają odpady, tj. obrzynki desek najczęściej z wadami niedopuszczalnymi w danej produkcji. Mogą również powstawać odpady bez wad lub z wadami dopuszczalnymi. Są to odpady użytkowe. Można z nich wykonywać inne elementy. Zagospodarowanie, tzn. wykorzystanie, odpadów do produkcji innych wyrobów jest bardzo ważne, ponieważ przynosi oszczędność materiałów drzewnych.



**Rys. 44.** Sposoby dzielenia tarcicy na elementy surowe: a) wykrawanie wyrzynków i ich cięcie wzdłużne, b) wykrawanie listew i ich cięcie poprzeczne [7, s. 106]

Podczas piłowania na pilarence do cięcia poprzecznego tarcica leży nieruchomo na stole pilarki, a piła – wykonując ruch obrotowy – jest przesuwana ku przodowi i przecina leżącą deskę. Należy przy tym uważać, by rżaz był możliwie prostopadły do długości deski. W produkcji masowej, gdy długości wycinków desek powtarzają się wielokrotnie, stosuje się listwę oporową z ogranicznikami, zamocowaną wzdłuż stołu obrabiarki. Odległości ograniczników od tarczy piły odpowiadają pożądanym długościom wycinków. W ten sposób pracownik obsługujący pilarkę orientuje się, w którym miejscu należy wykonać cięcie, pomimo że na desce nie narysowano miejsc rżazów. Rysowanie ołówkiem linii rżazów, nazywane trasowaniem, jest bardzo pracochłonne i stosowane jedynie w zakładach rzemieślniczych, gdzie wytwarza się jednorazowo niewielką liczbę wyrobów. Stół pilarki jest wydłużony i zaopatrzone w rolki (wałki), po których łatwo jest przesuwac przecinaną tarcicę.

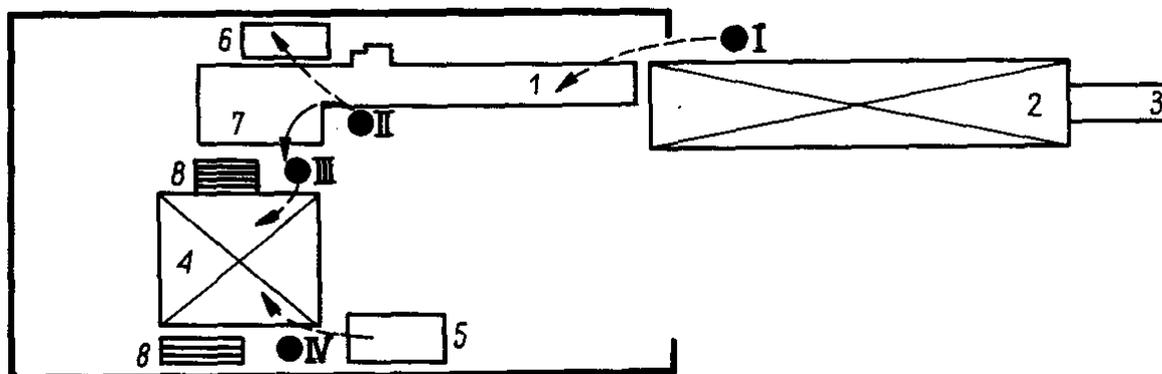
W pilarence do cięcia poprzecznego narzędziem skrawającym jest piła tarczowa płaska z uzębieniem do cięcia poprzecznego. Przed użyciem piły należy sprawdzić, czy średnica otworu piły odpowiada średnicy wrzeczona pilarki. Jeśli jest ona większa, to stosuje się pierścień wypełniający. Trzeba również sprawdzić prawidłowość rozwarcia zębów piły, ostrość ich krawędzi tnących, kształty zębów, które powinny być dostosowane do rodzaju cięcia. Nie wolno używać i zakładać piły pękniętej, choćby pęknięcie było nawet niewielkie.



**Rys. 45.** Piłowanie poprzeczne na pilarence do cięcia poprzecznego [7, s. 107]: 1 – piła tarczowa, 2 – silnik, 3 – osłona piły, 4 – ograniczniki, 5 – stół pilarki, 6 – walki ułatwiające przesuwanie tarcicy po stole obrabiarki, 7 – deska oporowa, 8 – deska pilowana

Przygotowanie obrabiarki do pracy polega na zamocowaniu piły i sprawdzeniu prawidłowości ustawienia osłony. Trzeba również zwrócić uwagę, by zęby piły przy jej największym wysunięciu do przodu nie wystawały poza krawędź stołu.

Na wydajność pracy ma wpływ nie tylko sprawność obrabiarki i narzędzia skrawającego, lecz także rozmieszczenie na stanowisku jego składowych elementów. Prawidłową organizację stanowiska pracy pilarki do piłowania poprzecznego przedstawiono na rys. 46. [7, s. 108]



**Rys. 46.** Prawidłowa organizacja stanowiska do poprzecznego cięcia drewna [7, s. 108]: 1 – pilarka tarczowa wahadłowa, 2 – tarcica długa przed manipulacją (na wózku), 3 – tor wózka, 4 – stos tarcicy wymanipulowanej, 5 – przekładki na wózku, 6 – skrzynia na odpady, 7 – poszerzenie stołu piły, 8 – ruchome schodki, I II, III, IV – robotnicy obsługujący stanowisko

Podczas cięcia nie należy stać naprzeciwko linii rzazu. Lewą ręką przytrzymuje się przecinaną deskę, a prawą – przeciąga piłę do przodu dokonując cięcia. Droga piły nie powinna się nigdy krzyżować z drogą ręki przesuwającej i podtrzymującej deskę. Powstałych odpadów nie należy zrzucać ze stołu obrabiarki pod nogi obsługi pilarki. Porozrzucane odpady mogą być przyczyną nieszczęśliwego wypadku.

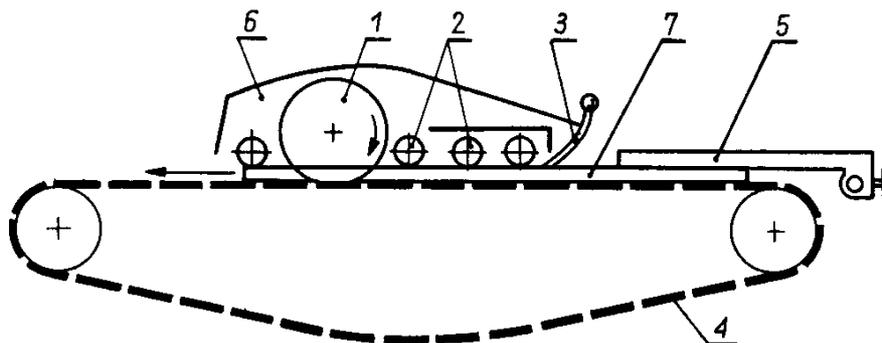
Odpady nieużyteczne należy wrzucać do skrzyni, a użyteczne składać na palecie transportowej. Wycinki desek przeznaczone do produkcji układa się na paletach transportowych, wtedy gdy manipuluje się tarcicą suszoną. Jeśli wycinki tarcicy przeznacza się do suszenia, to układa się je na wózkach suszarnianych, przedzielając warstwy desek przekładkami. Robi to najczęściej pomocnik stolarza.

Podczas piłowania tarcicy dłuższej lub grubej i ciężkiej wskazana jest trzyosobowa obsługa pilarki, wówczas pilarz z jednym pomocnikiem układają deski na stole obrabiarki, a drugi pomocnik odbiera wycięte już wyrzynki.

Główną wadą poprzecznego piłowania drewna jest duże odchylenie rzazu od kąta prostego w stosunku do podłużnej osi deski, ma to duży wpływ na wydajność materiałów tartych.

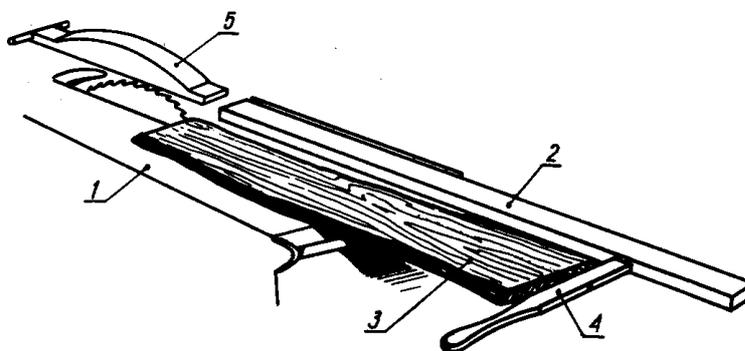
### **Cięcie wzdłużne drewna na pilarkach tarczowych**

Cięcie wzdłużne drewna może odbywać się za pomocą pilarek tarczowych specjalistycznych, najczęściej z mechanicznym posuwem, lub za pomocą pilarek tarczowych stolarskich. W obydwu wypadkach narzędziem tnącym jest piła tarczowa do cięcia wzdłużnego. Schemat działania pilarki tarczowej z mechanicznym posuwem pokazano na rys. 47. Pierwszy rzaz, tzn. odcięcie bocznej płaszczyzny deski nieobrzynanej, jest wykonywany bez użycia przykładni.



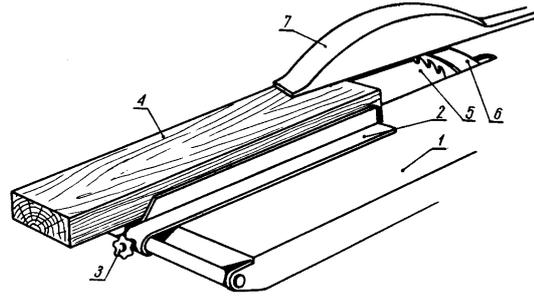
**Rys. 47.** Schemat działania pilarki tarczowej z mechanicznym posuwem do cięcia wzdłużnego: 1 – piła tarczowa, 2 – walce posuwowe, 3 – urządzenie zabezpieczające przed odrzuceniem obrabianego drewna, 4 – gąsienica, 5 – przykładnia nastawna do ustalenia szerokości piłowanejłaty, 6 – osłona piły i walców dociskowych, 7 – piłowane drewno [7, s. 110]

Deska zakleszczona przez zespół dociskowy i przenośnik płytkowy przesuwają się po linii prostej. Gdy jedno obrzeże deski jest już równe, przykładnie należy ustawić w takiej odległości od linii rzazu, by uzyskać żądaną szerokość elementu. Uzyskane uprzednio obrzeże deski podczas cięcia wzdłużnego przylega do przykładni. W dużych lub specjalistycznych zakładach produkcyjnych do cięcia wzdłużnego stosuje się również pilarki wielotarczowe, w których piły są mocowane na jednym wspólnym wrzecionie. Wówczas szerokości ciętych elementów zależą od odległości pił tarczowych od siebie. Odległość tę uzyskuje się przez stosowanie krążków dystansowych zakładanych na wrzeciono między tarcze pił.



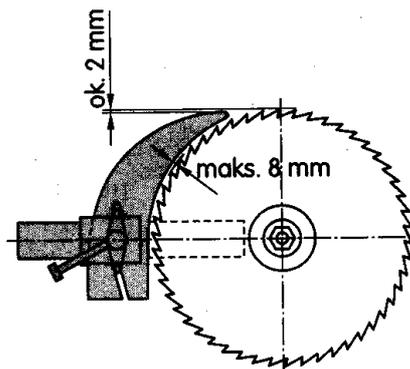
**Rys.48.** Wykonywanie pilarką tarczową pierwszego rzazu na desce nie obrzynanej: 1 – stół maszyny, 2 – przedłużona prowadnica, 3 – piłowana deska, 4 – popychacz, 5 – osłona [7, s. 110]

W pilarce tarczowej stolarskiej zawsze stosuje się ręczny posuw materiału obrabianego. Pierwszy rzaz w desce nie obrzynanej wykonuje się w sposób pokazany na rys. 48. Przedłużoną przykładnie można zamocować w odległości równej szerokości planowanych elementów. W ten sposób po pierwszym rzazie wykonanym za pomocą specjalnego popychacza 4, wykonuje się następne cięcia bez konieczności przestawiania przykładni. Cięcia materiałów tartych obrzynanych wykonuje się w sposób pokazany na rys. 49.



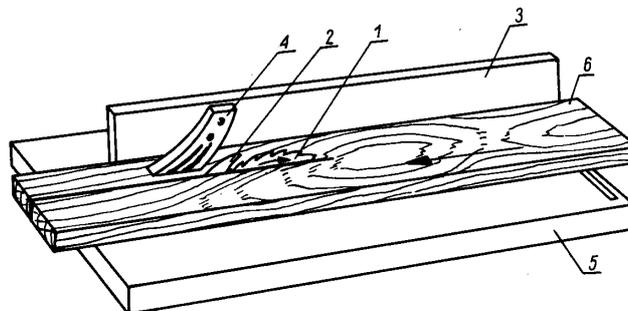
**Rys. 49.** Piłowanie drewna z zastosowaniem prowadnicy: 1 – stół maszyny, 2 – prowadnica, 3 – pokrętko mocujące prowadnicę, 4 – przecinana deska, 5 – piła, 6 – klin rozszczepiający, 7 – osłona [7, s. 111]

Podczas wzdłużnego cięcia zostaje zachwiana równowaga naprężeń istniejących w drewnie. Końce naciętej deski zbliżają się do siebie i w ten sposób rżaz staje się bardziej wąski niż rozwarcie zębów piły. Powoduje to zakleszczenie piły w drewnie, a w następstwie tego niebezpieczne odrzucenie przecinanego materiału w kierunku pilarza przesuwającego drewno. Aby temu zapobiec, stosuje się klin rozszczepiający grubości nieznacznie większej od grubości rżazu. Z tych powodów pilarz podający deski do pilarki powinien stać zawsze z boku pilarki, a nigdy na wprost linii rżazu. [7, s. 111]



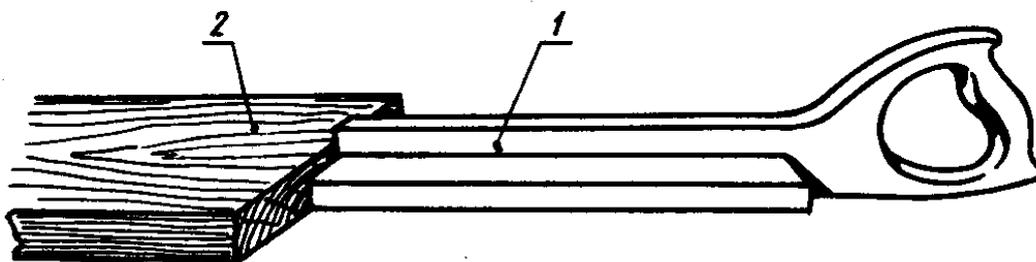
**Rys. 50.** Prawidłowe ustawienia klina rozszczepiającego rżaz [5, s. 142]

Podczas piłowania drewna na listwy istnieje konieczność zabezpieczenia listwy przed odrzutem, szczególnie w ostatnim stadium cięcia. Można tego dokonać przyciskając do stołu listwę ręką poza zasięgiem piły. Jednak korzystniej jest stosować grzebień dociskowy zamocowany do przykładni; każdy stolarz może go wykonać we własnym zakresie z drewna bukowego lub ze sklejki.



**Rys. 51.** Zastosowanie grzebienia dociskowego podczas piłowania wzdłużnego: 1 – piła tarczowa, 2 – klin rozszczepiający, 3 – prowadnica, 4 – grzebień dociskowy, 5 – stół pilarki tarczowej, 6 – materiał obrabiany [7, s. 112]

Podczas cięcia wzdłużnego pilarz, przesuując obrabiany materiał, zbliża rękę do piły na niebezpieczną odległość. Zagrożenie wypadkowe jest szczególnie duże, gdy cięte elementy mają niewielką szerokość. W takich sytuacjach należy stosować popychacz.

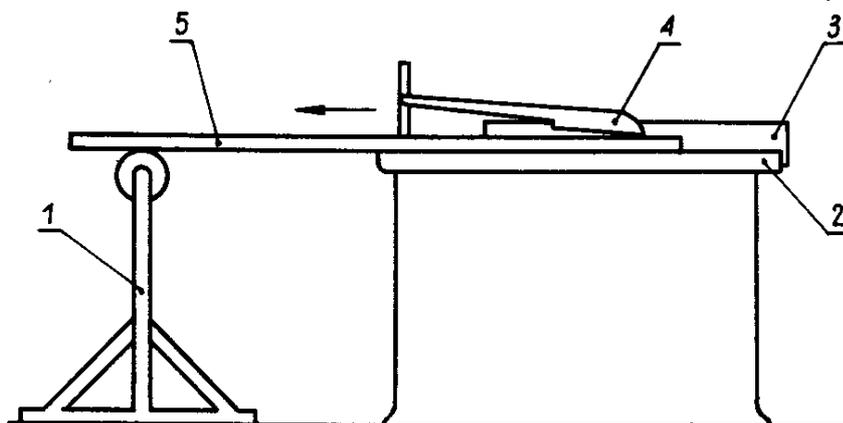


Rys. 52. Popychacz stosowany podczas piłowania pilarką tarczową:  
1 – popychacz, 2 – piłowane drewno [7, s. 113]

Oprócz wymienionych warunków obsługi pilarki tarczowej należy przestrzegać następujących zasad:

- piła może wystawać ponad przecinany materiał nie więcej niż  $5 \div 10$  mm,
- klin rozszczepiający powinien się znajdować w prawidłowej odległości od zębów piły (2 mm),
- prowadnica musi być ustawiona równoległe do tarczy piły,
- wszystkie elementy pilarki wykonujące ruch obrotowy oraz piła tarczowa muszą być wyposażone w osłony.

Dobry stan pilarki i piły zapewniają dużą wydajność jedynie wtedy, gdy stanowisko robocze jest prawidłowo zorganizowane. Deski przeznaczone do piłowania wzdłużnego powinny być ułożone na platformie transportowej w taki sposób, by ich długość była równoległa do rzazu. Podczas cięcia wzdłużnego długiej tarcicy pilarkę powinno obsługiwać dwóch pracowników. W razie obsługi pilarki przez jednego pracownika stosuje się podpórę z rolką. [7, s. 113]

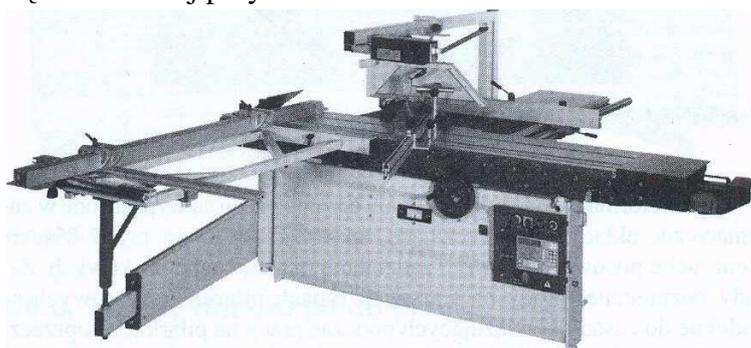


Rys. 53. Piłowanie wzdłużne długich elementów przy obsłudze jednoosobowej [7, s. 113]:  
1 – podpora rolkowa, 2 – pilarka tarczowa, 3 – przykładnia, 4 – osłona piły,  
5 – obrabiany materiał

### Pilarki tarczowe do formatowania

Pilarki tarczowe do formatowania (inaczej formatowe) mają rozległe i wielostronne zastosowanie. Przydatne są do drewna litego, np. do obcinania brzegów tarcicy nie obrzynanej, do precyzyjnego formatowania tarcicy, do produkcji listewek i do formatowania tworzyw drzewnych.

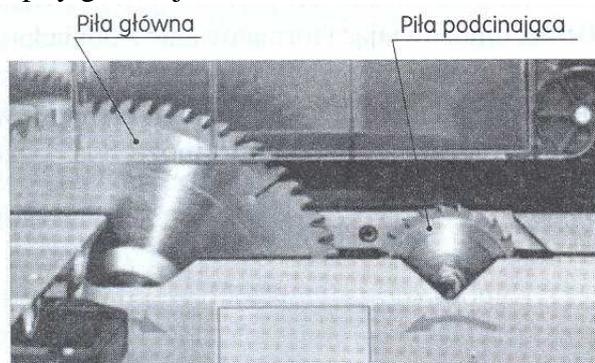
Pilarka tarczowa do formatowania jednopiłowa służy do przycinania lub formatowania drewna albo płyt z tworzyw drzewnych. Ma ona duży stół roboczy przesuwający się po równoległych kątowych prowadnicach. Można na niej przycinać elementy pod kątem prostym, ale można też wykorzystać nastawny opór ukośny i przycinać pod kątem. Pilarki o najnowszych rozwiązaniach konstrukcyjnych są zautomatyzowane. Ich obsługa jest wygodna, odpowiednie ustawienie prowadnic i przykładni uzyskuje się nastawiając żądane wielkości przyciskami znajdującymi się w łatwo dostępnym, ponad powierzchnią stołu obrabiarki, panelu sterowania. Do formatowania dużych płyt służy wysuwana prowadnica długości do 3200 mm, umożliwiająca formatowanie z dokładnością do 1 mm. Pneumatyczny docisk elementów wielkowymiarowych do stołu pozwala na ich precyzyjne przycinanie. Cięcie pod kątem elementów, trudniejsze ze względu na niebezpieczeństwo odrzutu, może być wykonane dzięki nastawnej przykładni.



**Rys. 54.** Pilarka tarczowa do formatowania jednopiłowa [5, s. 143]

Po prawej stronie piły znajduje się prowadnica. Ustawienie odległości między prowadnicą a piłą, czyli ustawienie pilarki do cięcia na określony wymiar, jest w najnowszych typach pilarek dokonywane automatycznie. Na klawiaturze sterownika ustawia się zadany wymiar, a prowadnica przesuwa się po naciśnięciu przycisku uruchamiającego jej napęd na zadane miejsce. Do cięcia ukośnego tarcicy i do cięcia dużych płyt nie stosuje się prowadnicy.

W pilarkach przeznaczonych do cięcia płyt wiórowych laminowanych może zostać wbudowane specjalne wrzeciono. Na tym wrzecionie jest mocowana piła podcinająca materiał od spodu. Umożliwia to jednoczesne obustronne – od wierzchu i spodu – cięcie materiału. Piła podcinająca wchodzi w materiał na głębokość 2 mm. Piła główna i piła podcinająca muszą pracować w jednej płaszczyźnie, a rżaz piły podcinającej powinien być nieco szerszy od rżazu piły głównej.



**Rys. 55.** Piła główna i piła podcinająca [5, s. 144]

Pilarki formatowe o dużym stopniu automatyzacji są wyposażone w automatyczne układy zabezpieczające, np. układ chroniący przed włączeniem ruchu posuwowego przed

zadziałaniem urządzeń dociskowych. Zasady bezpiecznej pracy na starszych typach pilarek formatowych są podobne do zasad obowiązujących podczas pracy na pilarkach poprzeczno-wzdłużnych.

Pilarka tarczowa do formatowania dwupiłowa służy do formatowania ram drewnianych i przycinania z dwu stron lub formatowania płyt z tworzyw drzewnych. Pilarka jest wyposażona w duży stół roboczy przemieszczający się na stałych, równoległych, przyrządowych prowadnicach. Można na niej przycinać elementy pod kątem prostym, ale można także wykorzystać nastawny opór ukośny i piłować pod kątem. Wrzeczona wraz z piłami można rozsuwać na odpowiednią szerokość. Dla zapewnienia gładkiej powierzchni rzazu pilarki są wyposażone we wrzeczona z piłami podcinającymi. Dzięki zastosowaniu pneumatycznego docisku elementu do stołu można precyzyjnie przycinać elementy wielkowymiarowe. Stół wraz z elementem jest przemieszczany w stronę pił automatycznie, za pomocą siłownika, lub popychany ręcznie. Po wykonaniu cięcia następuje samoczynne wyłączenie zacisków pneumatycznych. [5, s. 145]

### **Przepisy bhp dotyczące pracy na pilarkach**

Oprócz omówionych powyżej zabezpieczeń pilarek i osłon pił duży wpływ na bezpieczeństwo podczas pracy na pilarkach ma właściwy wybór narzędzia, jego dobry stan techniczny, właściwe przygotowanie do pracy oraz pewne ustawienie i zamocowanie. Piła we właściwym stanie technicznym nie ma pęknięć, ma wszystkie zęby i nakładki oraz płaski naprężony brzeszczot. Należy bezwzględnie przestrzegać stosowania dozwolonych prędkości obrotowych dla określonych średnic pił. Dotyczy to zwłaszcza pił tarczowych z nakładkami z węglików spiekanych, gdyż przekroczenie dopuszczalnej liczby obrotów na minutę, oznaczonej przez producenta na pile, grozi oderwaniem nakładek od brzeszczotu, co może być przyczyną poważnego wypadku.

Na wrzeczonych można mocować piły tarczowe o średnicach nie przekraczających maksymalnej średnicy określonej przez producenta pilarki. Klin rozszczepiający rzaz musi mieć właściwie do piły dobrane wymiary i być prawidłowo ustawiony w stosunku do narzędzia. Klin zapobiega zaciśnięciu się odpiłowanego elementu na zębach tylnej części piły, które mają tendencje do podrywania elementu do góry i odrzucania go w kierunku obsługującego. Osoba obsługująca pilarkę nie powinna stać w linii odrzutu elementu. Należy przestrzegać używania odpowiedniej odzieży roboczej oraz noszenia okularów ochronnych.

### **4.4.2. Pytania sprawdzające**

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaki jest cel maszynowej obróbki drewna i tworzyw drzewnych?
2. Jaka jest różnica pomiędzy obróbką oddzielającą a dzielącą?
3. Jakie czynniki wpływają na proces maszynowej obróbki skrawaniem?
4. Co jest celem piłowania?
5. Jakie są rodzaje pił do maszynowej obróbki drewna i tworzyw drzewnych?
6. Jakie czynności obejmuje przygotowanie pił do pracy?
7. Jakie urządzenie ochronne są stosowane na pilarkach?
8. Co to jest rzaz?
9. Na czym polega ustawienie klina rozszczepiającego?
10. Do jakich prac służą pilarki formatowe?
11. Jaka rolę pełni piła podcinająca?
12. Na czym polega przygotowanie pilarki taśmowej do pracy?

### 4.4.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Wykonaj przecięcie elementów z drewna litego pilarką poprzeczną.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą dotyczącą zasad obsługi i bezpiecznej pracy oraz instrukcja obsługi i zasadami bhp pilarki poprzecznej,
- 2) dokonać analizy rysunku elementu do wykonania,
- 3) określić kolejność wykonywanych czynności,
- 4) dokonać wyboru piły do wykonywanej operacji,
- 5) zamocować piłę,
- 6) ustalić wielkość naddatku,
- 7) ustawić ograniczniki i urządzenia ochronne,
- 8) wykonać cięcie,
- 9) sprawdzić czy wymiary przeciętego elementu są zgodne z wymiarami na rysunku,
- 10) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- pilarka tarczowa poprzeczna,
- zestaw pił,
- materiał do obróbki,
- zestaw narzędzi pomiarowych,
- literatura z rozdziału 6.

#### Ćwiczenie 2

Wykonaj wycinanie elementów krzywoliniowych na pilarcie taśmowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą dotyczącą zasad obsługi i bezpiecznej pracy oraz instrukcja obsługi i zasadami bhp pilarki taśmowej,
- 2) dokonać analizy rysunku elementu do wykonania,
- 3) określić kolejność wykonywanych czynności,
- 4) dokonać wyboru piły taśmowej do wykonywanej operacji,
- 5) zamocować piłę,
- 6) wykonać trasowanie elementu od szablonu,
- 7) ustawić położenie górnego prowadnika rolkowego piły i osłony,
- 8) sprawdzić czy wymiary i kształt wykonanego elementu są zgodne z wymiarami na rysunku,
- 9) wykonać cięcie,
- 10) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zestaw pił taśmowych,
- pilarka taśmowa,
- materiał do obróbki,

- szablon,
- literatura z rozdziału 6.

### Ćwiczenie 3

Wykonaj cięcie płyty wiórowej laminowanej na określone elementy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą dotyczącą zasad obsługi i bezpiecznej pracy na pilarkę tarczową do formowania,
- 2) dokonać analizy rysunku elementu do wykonania,
- 3) określić kolejność wykonywanych czynności,
- 4) dokonać wyboru pił tarczowych,
- 5) zamocować piły,
- 6) ustawić położenie pił podcinających,
- 7) ustawić na odpowiedni wymiar prowadnicę,
- 8) wykonać cięcie próbne,
- 9) sprawdzić czy piła podcinająca nie jest przesunięta w stosunku do piły głównej,
- 10) wykonać cięcie właściwe,
- 11) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- pilarka tarczowa do formatowania,
- zestaw pił,
- płyta wiórowa laminowana,
- zestaw narzędzi pomiarowych,
- literatura z rozdziału 6.

### Ćwiczenie 4

Wykonaj cięcie wzdłużne tarcicy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą dotyczącą zasad obsługi i bezpiecznej pracy pilarki tarczowej,
- 2) dokonać analizy rysunku elementu do wykonania,
- 3) określić kolejność wykonywanych czynności,
- 4) dokonać wyboru piły,
- 5) zamocować piłę,
- 6) ustawić położenie klina rozszczepiającego i osłony kapturowej,
- 7) ustawić prowadnicę,
- 8) wykonać nacięcie próbne,
- 9) sprawdzić czy piłowany wymiar jest zgodny z wymiarem na rysunku,
- 10) wykonać przecięcie tarcicy,
- 11) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- pilarka tarczowa stolarska,
- zestaw pił tarczowych,

- zestaw narzędzi pomiarowych,
- popychacz,
- literatura z rozdziału 6.

#### 4.4.4. Sprawdzian postępów

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
<b>Czy potrafisz:</b>		
1) określić cel maszynowej obróbki drewna i tworzyw drzewnych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) dokonać podziału pił?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) scharakteryzować obróbkę dzielącą i oddzielającą?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) scharakteryzować czynniki wpływające na obróbkę drewna i tworzyw drzewnych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić cel piłowania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) scharakteryzować rodzaje pił do maszynowej obróbki drewna i tworzyw drzewnych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) określić kolejne czynności podczas przygotowania pił do pracy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) scharakteryzować urządzenia ochronne stosowane w pilarkach?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) wyjaśnić pojęcie rzazu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) dokonać ustawienia klina rozszczepiającego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11) określić prace wykonywane na pilarkach formatowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12) określić rolę piły podcinającej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13) określić czynności podczas przygotowania pilarki taśmowej do pracy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## **4.5. Struganie drewna**

### **4.5.1. Materiał nauczania**

#### **Struganie obrotowe drewna**

Piłowanie drewna umożliwia podział materiału na części, ale nie jest wystarczające do uzyskania właściwego kształtu elementu. Powierzchnia drewna po piłowaniu jest chropowata, widoczne są rysy po zębach piły.

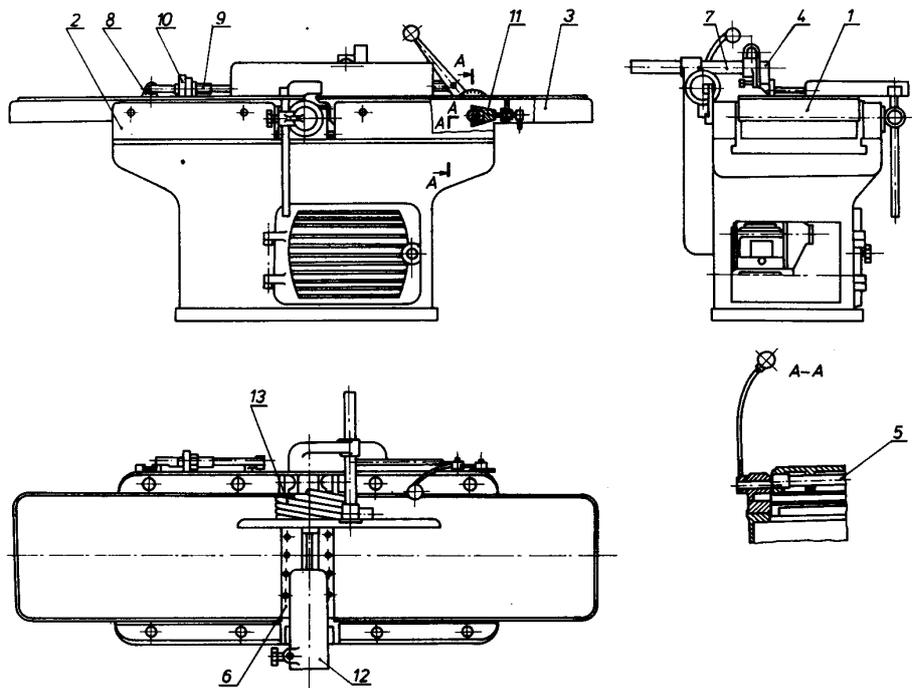
Przetarte elementy ulegają spaczeniu na skutek wysychania drewna. Jeśli drewno jest przeznaczone na wyroby składające się z elementów i podzespołów o wymiarach ściśle określonych, np. meble, to konieczne jest uzyskanie płaskich powierzchni, tzw. powierzchni bazowych, które podczas dalszej obróbki maszynowej będą się stykały z powierzchnią stołów, prowadnic, wzorników. W tym celu, po obróbce piłowaniem, stosuje się wyrównywanie i wygładzanie jednej, a jeszcze częściej dwu powierzchni elementu za pomocą strugarek wyrówniarek i ustalanie jednakowej grubości elementu za pomocą strugarek grubościowych. W tych obrabiarkach ruch roboczy wykonują obracające się wały z osadzonymi nożami. Obrabiany element wykonuje ruch posuwowy. Jest przemieszczany ręcznie lub przez zespół posuwowy strugarki grubościowej. W wyniku strugania obrotowego na powierzchni skrawanej powstają drobne faliste ślady pracy kolejnych noży wału.

#### **Struganie obrotowe wyrównujące**

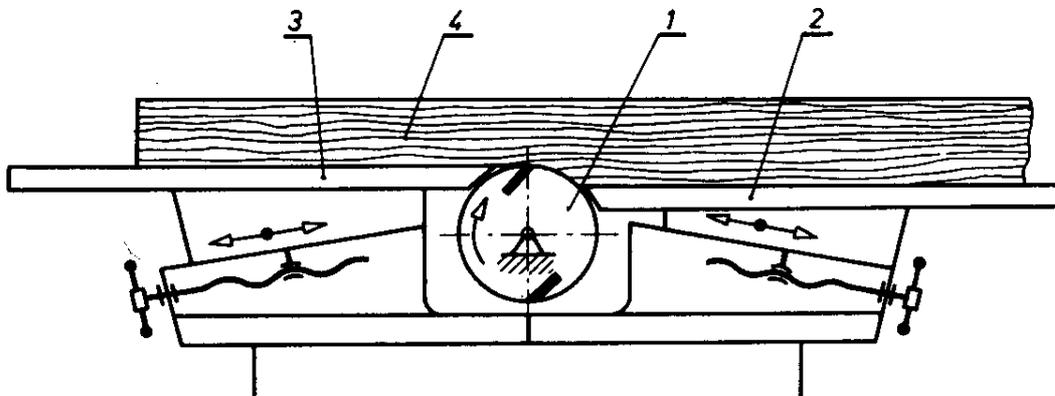
W celu ukształtowania powierzchni bazowych elementu niezbędna jest obróbka na strugarce wyrówniarce dwu prostopadłych do siebie powierzchni elementu drewnianego. Dokładność wykonania powierzchni bazowych, czyli uzyskanie odpowiedniej płaskości i gładkości powierzchni oraz zachowanie odpowiedniego kąta między nimi, ma istotny wpływ na jakość dalszej obróbki i, w efekcie końcowym, przydatność elementu.

#### **Budowa strugarki wyrówniarki**

W żeliwnym kadłubie (tłumiącym drgania) jest osadzony wał nożowy. Część stołu przed wałem to stół podawczy, za wałem – stół odbiorczy. Stół podawczy jest ustawiony względem wału nożowego i stołu odbiorczego niżej o grubość skrawanej warstwy. Średnice wałów nożowych w strugarkach wyrówniarkach wynoszą od 80 do 140 mm. Prędkość obrotowa wału zależy od jego średnicy i wynosi od 2500 do 9000 obr/min. Liczba noży mocowanych w wale może wynosić 2, 3, lub 4. Jeżeli noże w wale są bardzo dokładnie ustawione, to im większa liczba noży i im większa średnica wału nożowego, tym większa jest gładkość struganego elementu. Jakość ostruganych powierzchni zależy też od płaskości i wzajemnej równoległości obu powierzchni stołu. [5, s. 156]

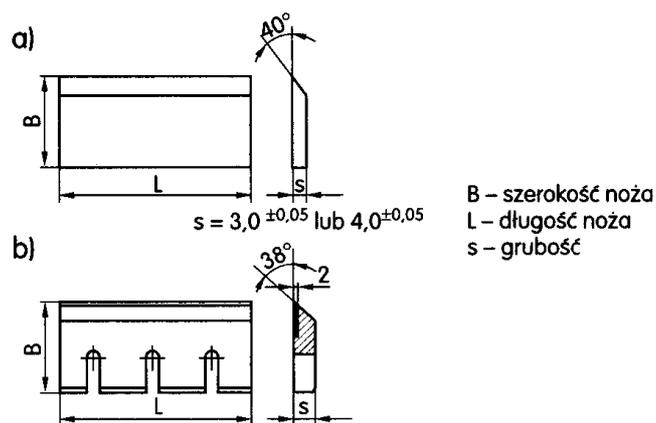


**Rys. 56.** Strugarka wyrówniarka; 1 – wał nożowy, 2 – łoża stołów, 3 – stół, 4 – przykładnia, 5 – wałek mimośrodowy, 6 – nakładki, 7 – prowadnica, 8 – dźwignia, 9 – ciągnio, 10 – nakrętka, 11 – klocek hamulcowy, 12 – osłona korytkowa, 13 – osłona żaluzjowa [1, s. 77]



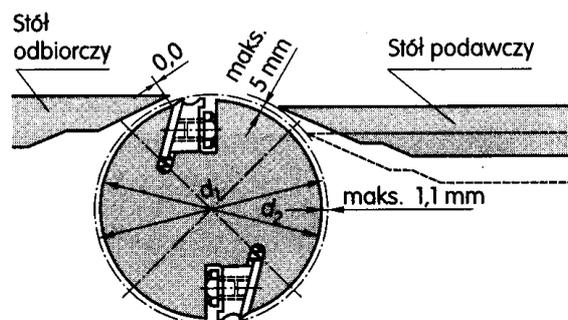
**Rys. 57.** Zasada działania strugarki wyrówniarki; 1 – wał nożowy, 2 – stół przedni, 3 – stół tylny, 4 – obrabiany element [1, s. 77]

Noże mogą być jednolite, tj. wykonane z jednego materiału, np. stali narzędziowej lub niejednolite. W nożach niejednolitych do stalowego kadłuba noża jest przylutowana nakładka z węglików spiekanych, stanowiąca ostrze. Szerokość noży wynosi 30 lub 35 mm, minimalna dopuszczalna szerokość noży zależy od sposobu mocowania noża w wale. Grubość noży wynosi 3, 4 lub 5 mm i – ze względu na wkładki stosowane do ich mocowania – nie może być zmniejszana. Kąt ostrza wynosi 38 lub 40°. Ze względu na bezpieczeństwo obsługi obrabiarki oraz jakość uzyskiwanej w wyniku obróbki powierzchni bardzo ważne jest prawidłowe mocowanie noży do wału.



Rys. 58. Noże do strugarek: a) jednolite cienkie, b) niejednolite grube [5, s. 157]

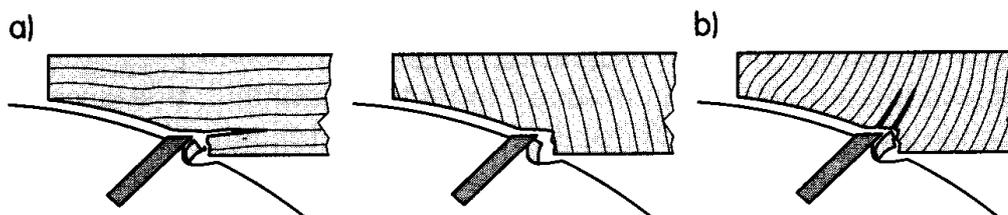
W prawidłowo zamocowanym nożu ścin ostrza kończy się w miejscu, w którym zaczyna się walcowa powierzchnia wału, a krawędź tnąca jest idealnie równoległa do osi obrotu wału.



Rys. 59. Prawidłowe zamocowanie noża w wale strugarki [5, s. 158]

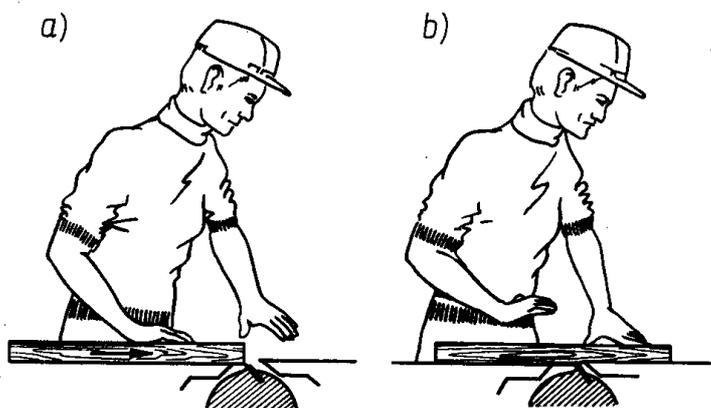
### Technika wyrównywania na strugarce wyrówniarce

Struganiu wyrównującemu poddaje się elementy wykonane tylko z drewna litego. Przedmiot należy położyć na stole wyrówniarki stroną lewą, często wklęsłą, oraz tak, aby struganie odbywało się „za słojem”. Dokonując obróbki w celu wyeliminowania wady kształtu trzeba uważać, aby po struganiu korygującym nie otrzymać elementu zbyt cienkiego. Nie należy wyrównywać powierzchni tarcicy za jednym przejściem. Jeżeli nadmiary na obróbkę są niewielkie, to trzeba kilkakrotnie strugać powierzchnię, zbierając za każdym razem jak najmniejsze grubości materiału. Maksymalnie za jednym przejściem można zmniejszyć grubość materiału o 2–3 mm. Przedmiot jest posuwany ręcznie lub za pomocą dostawnego mechanizmu posuwowego. Prowadnica ustawiona pod kątem 90° (lub innym) względem stołu umożliwia wyrównanie wąskiej powierzchni elementu – boku.



Rys. 60. Struganie: a) „za słojem”, b) „pod słojem” [5, s. 158]

Zaczynając struganie trzeba naprowadzić element na wał nożowy, dociskając drewno obręcz do stołu podawczego. W czasie strugania nie wolno dociskać materiału w miejscu nad wirującym wałem. Natomiast trzeba docisnąć element do stołu za wałem tak szybko, jak tylko ze względu na bezpieczeństwo jest to możliwe, aby zapewnić właściwe przyleganie powierzchni już ostruganej do tylnej części stołu. Można się tu posługiwać popychaczami. Prowadzenie ręczne elementu podczas strugania musi być ciągłe. Chwilowe zatrzymanie elementu powoduje typową wadę strugania – cylindryczne wgłębienie. [5, s. 159]



Rys. 61. Docisk elementu podczas wyrównywania: a) pozycja pierwsza, b) pozycja druga [7, s. 124]

### Ocena jakości powierzchni elementu struganego na strugarce wyrówniarce

- Odchylenia od płaskości powierzchni można szybko ocenić składając dwie deski stronami ostruganymi do siebie. Widoczne szczeliny świadczą o wadzie, wymiar szczeliny jest dwa razy większy od odchyłki płaskości jednej z desek.
- Powierzchnia drewna po obróbce struganiem obrotowym jest falista. Jeżeli długość fal jest mniejsza od 1 mm, to uważa się, że powierzchnia jest bardzo dobrze obrobiona. Co do głębokości fal, to jako materiał przydatny do produkcji mebli przyjmuje się taki, na którym głębokość fal jest mniejsza od 0,005 mm.
- Wada strugania polegająca na przypaleniu powierzchni obrabianej powstaje na skutek strugania tępymi nożami albo jest spowodowana chwilowym zatrzymaniem posuwu lub zmniejszeniem prędkości posuwu.
- Nadmierne wyblyszczzenie na całej powierzchni struganego elementu, widoczne zwłaszcza w drewnie późnym sosny, świadczy o stępieniu noży.
- Szorstkość powierzchni – mechowatość, włochatość – powstaje z powodu stępienia noży.
- Występujące w sąsiedztwie sęków i zawojów wyrwy i odkupy powstają z różnych przyczyn, jak np. stępienie noży, zbyt duża prędkość posuwu elementu, zbyt gruba jednorazowo zestrugana warstwa materiału, zbyt szeroka szczelina między stołem podawczym a wirującym wałem.

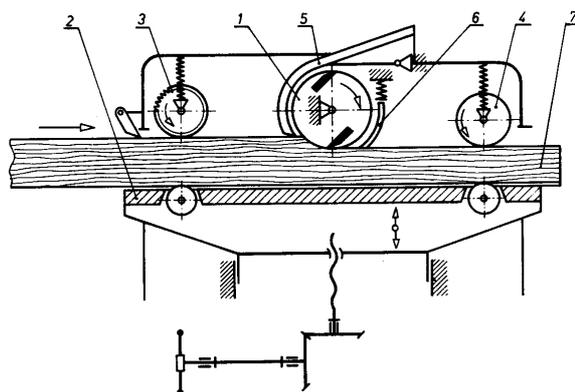
### Zalecenia warunkujące bezpieczną pracę na strugarce wyrówniarce

- Przed przystąpieniem do pracy należy się upewnić, czy noże, prowadnica i osłony są prawidłowo zamocowane i przygotowane do pracy, a następnie ustalić położenie stołu podawczego.
- Części wału nożowego, które podczas obróbki nie są zakryte przez strugany element, muszą być osłonięte. Część niepracująca wału (poza prowadnicą) musi być zasłonięta przesłoną nieprzesuwną, a część pracująca wału – osłoną samoczynnie nastawialną, np. żaluzjową.
- Osłonięcia wymaga także układ napędowy strugarki i mechanizm nastawiania stołu.

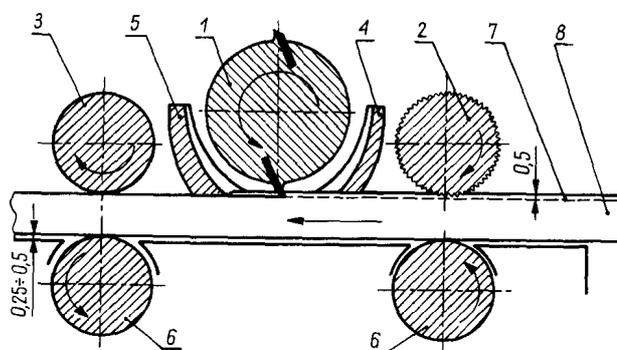
- Podczas strugania krótszych elementów należy używać odpowiedniego oprzyrządowania do ich przesuwania. Dłonie osoby pracującej na strugarce wyrówniarce powinny zawsze dociskać element przed lub za wałem nożowym, nigdy nad wałem.
- Przy pracy na wyrówniarce należy przesuwac element po stole, stojąc z boku obrabiarki, wzdłuż obrabianego przedmiotu.
- Noże w wale muszą być mocowane starannie, z jednakowym wysunięciem z wału, wszystkimi śrubami mocującymi. Wszystkie noże muszą być ostre, w dobrym stanie technicznym i wyrównoważone (o przygotowaniu noży do pracy – patrz w dalszej części podręcznika).
- Pracownik obsługujący obrabiarkę nie może oddalać się od niej, dopóki wał nożowy jest w ruchu. [5, s. 160]

### Struganie drewna na strugarce grubościowej

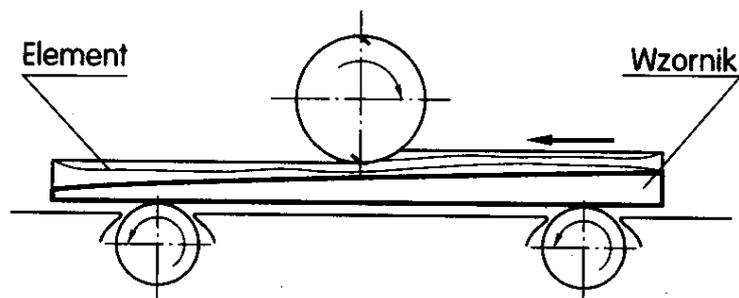
Struganie na strugarce grubościowej jest następnym etapem procesu technologicznego – po struganiu na strugarce wyrówniarce. W wyniku obróbki otrzymuje się elementy o określonej grubości i odpowiedniej gładkości obrabianej powierzchni. Strugane na grubość mogą być deski, łąty, listwy, belki, ale też gotowe ramy i inne płaskie podzespoły konstrukcji stolarskich wykonane z drewna litego. Można, stosując odpowiednie oprzyrządowanie, strugać elementy zbieżne lub kształtowe. Wąskie boki cienkich listew należy strugać jednocześnie, umieszczając je razem w odpowiedniej skrzynce. W celu uzyskania gładkiej powierzchni elementy do strugania należy podawać odpowiednim końcem tak, aby struganie odbywało się „za słojem”.



**Rys. 62.** Zasada działania strugarci grubiarci: 1 – wał nożowy, 2 – stół, 3 – przedni walec posuwowy, 4 – tylny walec posuwowy, 5 – przednia listwa naciskowa, 6 – tylna listwa naciskowa, 7 – obrabiany element [1, s. 79]



**Rys. 63.** Schemat ustawienia strugarci grubościowej: 1 – wał nożowy, 2 – walec posuwowy rowkowany, 3 – walec posuwowy gładki, 4 – łamacz wiórów, 5 – listwa dociskowa, 6 – wałki prowadnicze, 7 – stykna do koła zataczanego przez noże, 8 – element strugany [7, s. 126]



**Rys. 64.** Struganie kształtowe (elementów zbieżnych) za pomocą strugarki grubościowej [5, s. 161]

Maksymalna szerokość i grubość struganych elementów zależy od typu obrabiarki. Największa szerokość strugania może wynosić 400, 500, 630 lub 800 mm. Grubość elementów nie może być większa niż 200 lub 250 mm, i nie mniejsza niż 3 do 5 mm. Ze względu na bezpieczeństwo, minimalna długość elementu powinna być o 50 mm większa od odległości między osiami walców posuwowych, która wynosi ok. 400 mm, ale dla każdego typu obrabiarki należy ją odczytać z dokumentacji techniczno-ruchowej lub dokładnie ustalić. Średnice wałów nożowych montowanych w strugarkach grubościowych są nieco większe od średnic wałów nożowych w strugarkach wyrówniarkach i wynoszą od 110 do 160 mm. Najczęściej stosuje się 4 noże. Ustawianie wysokości stołu, czyli ustalanie grubości skrawanej warstwy, jest mechaniczne i może być dokonywane z dokładnością 0,1 mm. Należy jednak często sprawdzać poprawność ustawienia wysokości stołu, strugając element próbny.

Obrobiony na strugarce wyrówniarce przedmiot należy gładką stroną położyć na stole strugarki grubościowej i ręcznie podsuwać aż do chwili, gdy czoło przedmiotu odchyli luźno zawieszona zapadki przeciwozdrutowe i wsunie się pod przedni rowkowany wał posuwowy. Dalszy ruch przedmiotu jest w obrabiarce zmechanizowany. Tarcie powierzchni przedmiotu o powierzchnię stołu jest zmniejszone, bo toczy się on także po dwóch wałkach tocnych wystających ponad powierzchnie stołu. Posuwany mechanicznie przedmiot unosi belkę dociskową przednią i trafia pod wał nożowy. Belka dociskowa przednia powinna wywierać nacisk możliwie blisko wirującego wału z nożami, ponieważ odgrywa ona też rolę łamacza wiórów. O grubości, jaką będzie miał element po ostruganiu, decyduje ustawienie wysokości stołu podawczego względem wału nożowego. Za wałem nożowym element dostaje się pod belkę dociskową tylną (tzw. anty wibrator), tłumiącą powstałe w nim pod wpływem udarowego działania noży drgania, i pod tylny gładki wałek posuwowy. [5, s. 162]

### **Przygotowanie noży do pracy**

Dla zapewnienia bezpiecznej pracy i uzyskania gładkiej powierzchni obrabianej istotny jest stan techniczny wału i jego ułożyskowania. Wał bez noży musi być wyważony dynamicznie (przez producenta obrabiarki), listwy dociskowe ze śrubami i rowki w wale powinny być oznakowane, aby zawsze tworzyły parę. Stan techniczny wału i łożysk nie może budzić zastrzeżeń. Wał nie może być uszkodzony, np. wyszczerbiony. Kontrole i ewentualne smarowanie łożysk należy wykonywać co pół roku.

Przygotowanie noży do pracy obejmuje szereg niżej opisanych czynności:

1. Wyjęcie noży z wału. W tym celu należy odkręcić śruby mocujące listwy zaciskowe. Najpierw trzeba lekko zluźnić śruby w każdej listwie, następnie średnio zluźnić śruby i wreszcie je odkręcić. Luźnowanie i odkręcanie śrub na jednej listwie zawsze wykonuje się w tej samej kolejności – najpierw śruba środkowa, druga – to śruba najbliższa środkowej po prawej stronie, potem najbliższa środkowej po lewej stronie, czwarta śruba – to druga od środka po prawej stronie itd.
2. Ostrzenie noży. Stosuje się je, gdy stępienie ostrza, oglądane pod 10 krotnym powiększeniem, osiąga wielkość 0,1 mm. Przed ostrzeniem noże należy oczyścić

- z przyklepionych i spieczonych cząstek drewna i innych. Noże niejednolite ostrzy się na mokro, jednolite – można na sucho.
3. Wygładzenie ostrza. Bezpośrednio po ostrzeniu krawędź tnąca jest chropowata. Wygładzenie przedłuża trwałość ostrza. Wykonuje się ręcznie, prostokątnym pilnikiem diamentowym.
  4. Wyważanie noży. Każdy nóż powinien mieć na całej długości taką samą szerokość, która na skutek ostrzenia może się zmienić. Sprawdzenia wyważenia wszystkich noży z kompletu dokonuje się co trzecie ostrzenie.
  5. Ważenie noży. Para noży mocowana w wale naprzeciw siebie powinna mieć jednakową masę. Jeżeli wał jest trzynożowy lub pięcionożowy, to wszystkie noże muszą mieć jednakową masę. Usunięcia nadwyżki masy dokonuje się przez zeszlifowanie warstwy materiału z korpusu noża na całej jego długości.
  6. Ustawienie noży w wale. Jest to czynność wymagająca staranności i znajomości zagadnienia. Wszystkie noże z kompletu powinny być w wale zamocowane jednakowo i tak, aby krawędź tnąca każdego noża była równoległa do powierzchni stołu tylnego. Sprawdzenia poprawności ustawienia noży dokonuje się za pomocą czujnika zegarowego, lub odpowiedniego do średnicy wału ustawiaaka albo liniału.
  7. Mocowanie noży. Noże, po kolei, dociska się najpierw małą, następnie średnią, wreszcie końcową siłą zacisku. Mocowanie każdego noża zaczyna się od śruby w środku długości wału (podobnie jak podczas zdejmowania noży).
  8. Korygowanie ustawienia noży w niektórych strugarkach. Na stole mocowane jest urządzenie z oselką, które powoli przemieszcza się wzdłuż obracającego się wału. Na nożach powstaje ścin. Jeśli jego szerokość jest nie większa niż 0,2 mm, oznacza to, że wszystkie noże są prawidłowo zamocowane i mają zapewniony jednakowy udział w struganiu.

### **Zagrożenia występujące podczas pracy na strugarce grubościowej**

Zagrożenia wynikające z niewłaściwego zamocowania noży w wale nożowym i ze złego stanu technicznego wału nożowego są podobne jak zagrożenia dotyczące strugarki wyrówniarki. Dodatkowa grupa zagrożeń jest związana ze zmechanizowanym posuwem elementu i mechanicznym ustawianiem wysokości stołu. Podczas ruchu elementu w kierunku wału nożowego najbardziej niebezpieczny jest moment zetknięcia się czoła elementu z krawędzią tnącą wału nożowego, ponieważ może wystąpić zjawisko tzw. odrzutu, czyli gwałtownego wypchnięcia z dużą energią elementu w stronę osoby podającej. W celu zapobieżenia odrzutowi lub zminimalizowania skutków odrzutu trzeba przestrzegać następujących zasad:

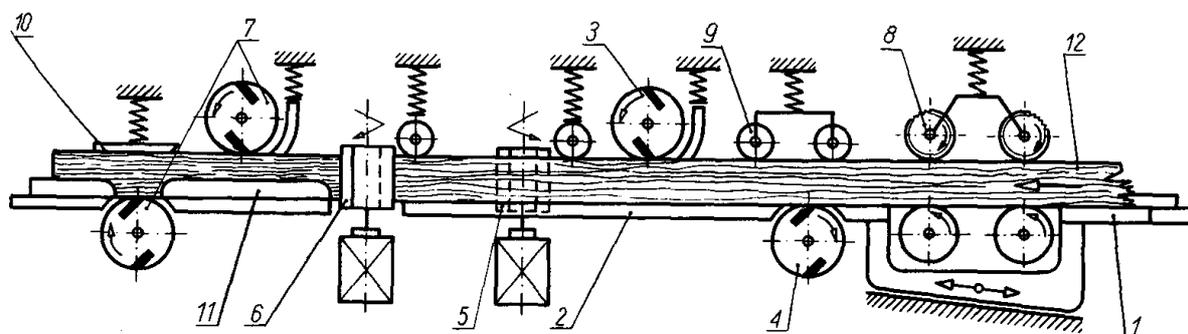
1. Elementy poddawane struganiu muszą być dłuższe od odległości między osiami walców posuwowych przynajmniej o 50 mm i nie krótsze niż 400 mm.
2. Jednocześnie struganiu można poddawać elementy o jednakowej grubości początkowej. Elementy o różnych grubościach wstępnych można strugać równocześnie tylko wtedy, gdy przedni walec posuwowy ma specjalną konstrukcję sekcijną, albo wtedy, gdy walec ten ma możliwość wychylania się. W tym drugim przypadku jednocześnie można strugać tylko elementy wąskie, maksymalnie je od siebie oddalając.
3. Nie wolno przyspieszać ruchu, popychać elementów przesuwanych mechanicznie przez obrabiarkę.
4. Podczas strugania należy stawać zawsze przy dłuższym boku strugarki.
5. Należy dbać o systematyczne czyszczenie walca posuwowego przedniego i o dobry stan techniczny zapadek przeciwozrutowych.
6. Elementy elektrycznej blokady uniemożliwiającej włączenie napędu bez uprzedniego zamknięcia powinny być włączone.

7. Nie wolno włączać mechanizmu opuszczania stołu podczas wirowania wału nożowego, ponieważ ewentualnie uwięziony w strugarce element może podczas takiej operacji ulec odrzutowi.
8. Przed włączeniem mechanizmu podnoszenia stołu należy upewnić się, czy ruch stołu nie spowoduje zmiążdżenia ręki lub zgniecenia nieumyślnie pozostawionego przedmiotu, np. przyrządu pomiarowego. [5, s. 165]

### Strugarki czterostronne

Strugarki czterostronne są przeznaczone do strugania desek, bali, fryzów i listew jednocześnie z czterech stron w celu nadania im wymaganego kształtu i dokładnych wymiarów przekroju poprzecznego. Strugarki te mogą mieć od 4 do 7 zespołów roboczych, zazwyczaj dwa wrzeciona pionowe i 2÷5 wrzecion poziomych. Kolejność ustawienia wrzecion w korpusie może być różna i zależy od przeznaczenia strugarki.

Do najczęściej stosowanych należą strugarki żłobiarki, na których można obrabiać elementy z czterech stron z jednoczesnym nadawaniem im bokom wymaganego profilu. Strugarki czterostronne są stosowane w zakładach stolarki budowlanej oraz w fabrykach mebli, wagonów, domków letniskowych, maszyn rolniczych itp.



**Rys. 65.** Zasada działania strugarki czterostronnej: 1 – stół przedni, 2 – stół tylny, 3 – poziome wrzeciono górne, 4 – poziome wrzeciono dolne, 5 – prawe wrzeciono pionowe, 6 – lewe wrzeciono pionowe, 7 – dodatkowe wrzeciona poziome, 8 – zespół posuwowy, 9 – krążkowe urządzenia dociskowe, 10 – trzewikowe urządzenia dociskowe, 11 – listwa prowadząca, 12 – obrabiany element [1, s. 85]

Obrabiany element jest przesuwany za pomocą czterowalcowego mechanizmu posuwowego 1 po stole 2 wzdłuż pionowej listwy prowadzącej 3, do której jest dociskany zespołem poziomych rolkowych urządzeń dociskowych 4. Element jest dociskany do stołów poziomych krążkowymi i trzewikowymi urządzeniami dociskowymi 5. Pierwsze wrzeciono poziome dolne 6 struga dolny bok elementu, natomiast wrzeciono poziome górne 7 obrabia górny bok elementu, zestrugując wstępnie nadmiar jego grubości. Następnie pionowe wrzeciono prawe wyrównuje prawy bok elementu, a pionowe wrzeciono lewe 8 zestruguje nadmiar szerokości elementu. Za wrzecionami pionowymi element jest prowadzony dwustronnie między nastawnymi listwami prowadzącymi 9. W razie potrzeby wykorzystuje się dwa ostatnie wrzeciona. Górne wrzeciono poziome 10 najczęściej jest stosowane do profilowania górnej płaszczyzny elementu lub końcowego strugania na grubość, natomiast dolne wrzeciono poziome 11 może służyć do profilowania dolnej płaszczyzny elementu lub rozpiłowywania, zestawem kilku pił tarczowych, szerokich elementów na listwy. [1, s. 85]

## 4.5.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co jest celem strugania wyrównującego?
2. Ile wynosi prędkość obrotowa wału nożowego w strugarce wyrówniarce?
3. Ile wynosi maksymalnie grubość jednorazowo struganej warstwy?
4. Na czym polega bezpieczna obsługa strugarki wyrówniarki?
5. Co jest celem strugania drewna na grubość?
6. Jakie urządzenia ochronne są stosowane w strugarkach?
7. Jakiej najmniejszej długości elementy można strugać na strugarce grubościowej?
8. Na czym polega przygotowanie strugarek do pracy?
9. Na czym polega przygotowanie noży strugarskich do pracy?
10. Jakie są zagrożenia podczas pracy na strugarce wyrówniarce?
11. Gdzie mają zastosowanie strugarki czterostronne?

## 4.5.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Wykonaj struganie tarcicy na strugarce wyrówniarce.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą i instrukcją dotyczącą zasad obsługi i bezpiecznej pracy strugarki wyrówniarki,
- 2) określić kolejność wykonywanych czynności,
- 3) dokonać oceny stanu technicznego noży w wale nożowym,
- 4) dokonać ustawienia grubości struganej warstwy,
- 5) dokonać ustawienia prowadnicy,
- 6) dokonać ustawienia osłon,
- 7) wybrać płaszczyznę (wkłesłą) od której rozpoczniemy struganie,
- 8) wykonać struganie,
- 9) sprawdzić jakość strugania,
- 10) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- strugarka wyrówniarka,
- tarcica,
- literatura z rozdziału 6.

### Ćwiczenie 2

Wykonaj struganie elementów na grubość.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą i instrukcją dotyczącą zasad obsługi i bezpiecznej pracy strugarki grubiarce,
- 2) określić kolejność wykonywanych czynności,
- 3) dokonać sprawdzenia stanu technicznego noży w wale nożowym,

- 4) ustawić stół na odpowiednia wysokość,
- 5) wykonać struganie próbne,
- 6) dokonać regulacji stołu,
- 7) wykonać struganie,
- 8) sprawdzić czy wymiar wystruganego elementu jest zgodny z wymiarami na rysunku,
- 9) dokonać oceny jakości strugania,
- 10) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- strugarka grubościowa,
- materiał do obróbki,
- zestaw narzędzi pomiarowych,
- literatura z rozdziału 6.

### Ćwiczenie 3

Ustaw noże w strugarce wyrówniarce.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zapoznać się z literaturą na ten temat,
- 2) dokonać mocowania noży w wale nożowym,
- 3) dokonać wstępnego ustawienia noży,
- 4) dokonać regulacji ustawienia noży za pomocą czujnika,
- 5) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- strugarka wyrówniarka,
- noże strugarskie,
- liniał,
- czujnik zegarowy,
- zestaw narzędzi (klucze),
- literatura z rozdziału 6.

#### 4.5.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

- |   | Tak                      | Nie                      |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) określić cel strugania wyrównującego?                                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) określić prędkość obrotowa wału nożowego strugarki wyrówniarki?          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) określić grubość jednorazowa struganej warstwy drewna?                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) scharakteryzować urządzenia ochronne w strugarkach?                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) określić cel strugania na grubość?                                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) omówić bezpieczną obsługę strugarki wyrówniarki?                         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7) scharakteryzować długość elementów przeznaczone do strugania na grubość? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8) określić, na czym polega przygotowanie noży strugarskich do pracy?       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9) określić zagrożenia podczas pracy na strugarce wyrówniarce?              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10) wskazać zastosowanie strugarek czterostronnych?                         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## 4.6. Frezowanie

### 4.6.1. Materiał nauczania

#### Klasyfikacja narzędzi frezarskich

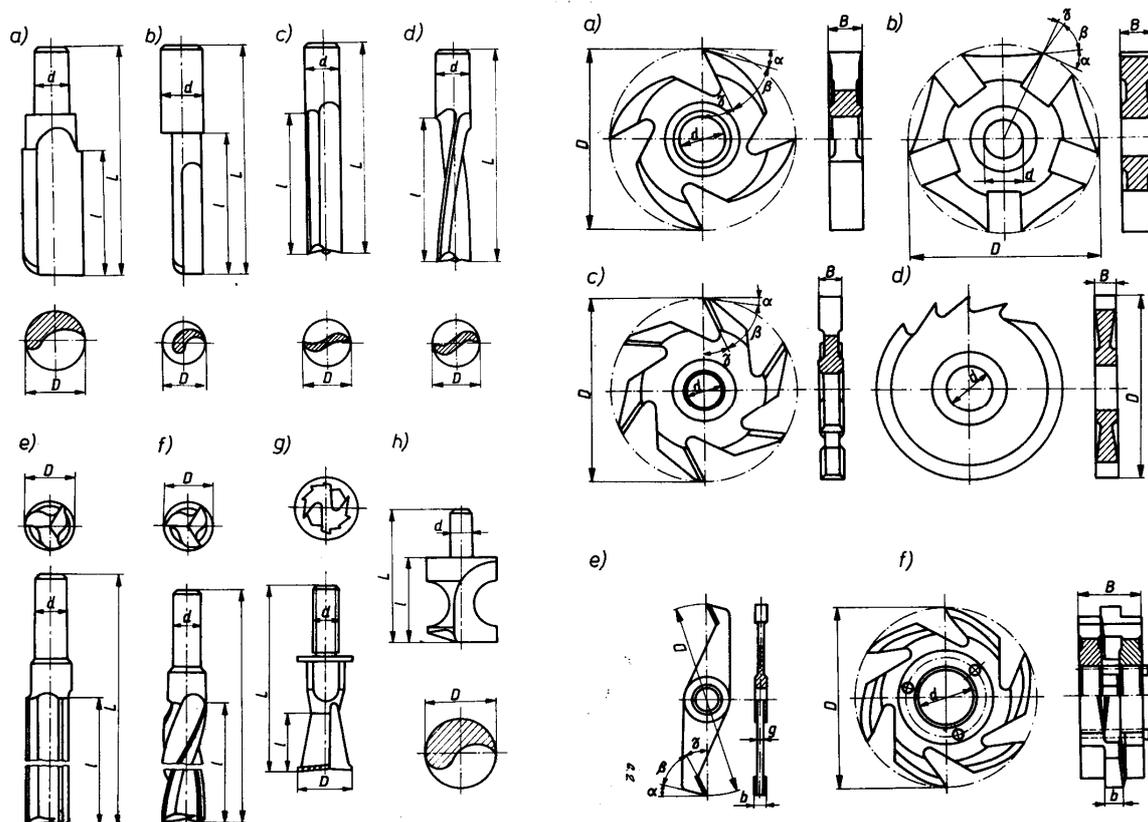
Do narzędzi frezarskich zalicza się frezy i głowice frezowe.

Ze względu na sposób ich zamocowania w obrabiarce wyróżnia się:

- narzędzia frezarskie nasadzone z otworem środkowym, służącym do ich nasadzania na wrzeciono,
- narzędzia frezarskie trzpieniowe wyposażone w chwyt trzpieniowy, którym są mocowane na uchwytych.

Ze względu na rozmieszczenie krawędzi tnących rozróżnia się:

- narzędzia frezarskie promieniowe – o krawędziach tnących położonych na poboczniczy korpusu, w zasadzie równoległe do osi obrotu,
- narzędzia frezarskie promieniowo-czołowe – o krawędziach tnących umieszczonych na poboczniczy korpusu i na jego powierzchni prostopadłej (lub skośnej) do osi obrotu,
- narzędzia frezarskie czołowe – bardzo rzadko stosowane.

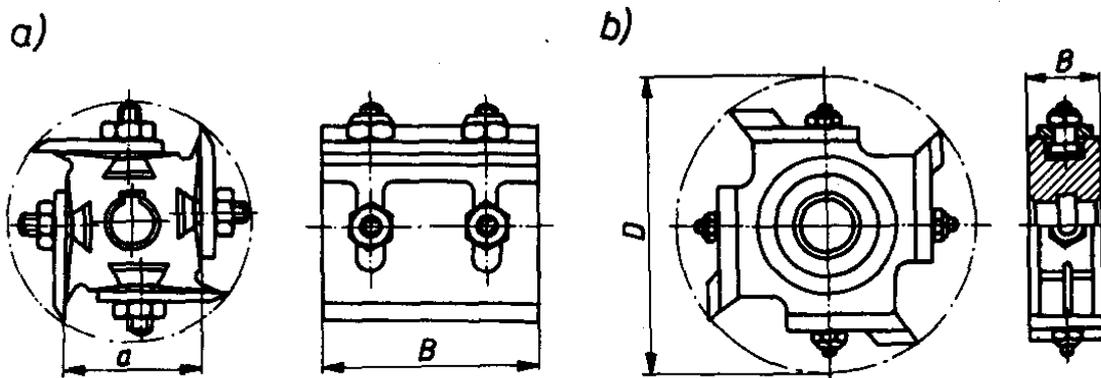


**Rys. 66.** Frezy trzpieniowe: a) mocowany nieśrodkowo, b) zataczany jednoostrzowy o ostrzu prostym, c) dwuostrzowy o ostrzach prostych, d) dwuostrzowy o ostrzach skośnych, e) trzyostrzowy o ostrzach prostych, f) trzyostrzowy o ostrzach skośnych, g) stożkowy, h) profilowy jednoostrzowy [1, s. 95]

**Rys. 67.** Frezy nasadzone: a) zataczany, b) gwiazdowy, c) ścinowy do rowków, d) ścinowy piłowy (tarczowy), e) do widlic, f) złożony zataczany [1, s. 97]

## Głowice frezowe nasadzone

Głowice frezowe nasadzone stanowią bardzo licznie reprezentowaną grupę narzędzi frezarskich, zróżnicowaną zarówno pod względem konstrukcji korpusu, jak i kształtu stosowanych do nich noży. Podstawowymi zaletami omawianych głowic jest prostota kształtu i łatwość wykonania noży oraz łatwy i tani sposób wykonania potrzebnego profilu. [1, s. 100]

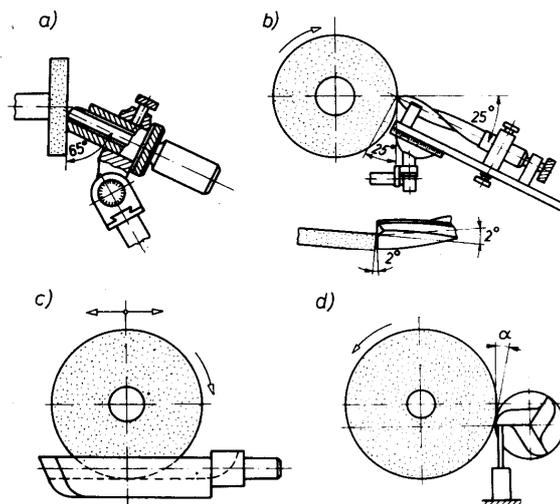


Rys. 68. Głowice frezowe nasadzone czworokątne: a) z rowkami równoległymi do osi obrotu, b) z rowkami prostopadłymi do osi obrotu [1, s. 100]

## Ostrzenie frezów

Ostrzenie frezów powinno odbywać się na ostrzarkach narzędziowych lub uniwersalnych, wyposażonych w specjalne uchwyty lub podstawki do mocowania lub podpierania ostrzonego freza. Zapewnia to stałe i prawidłowe położenie ostrzonego freza względem ściernicy, dzięki czemu można uzyskać niezmiennność profilu freza i położenie wszystkich krawędzi tnących na wspólnym obwodzie skrawania. Ogólne zasady i warunki ostrzenia frezów są takie same jak przy ostrzeniu noży strugarskich.

Frezy trzpieniowe to na ogół narzędzia promieniowo-czołowe i z tego powodu ostrzy się w nich osobno promieniowe i czołowe krawędzie tnące. [1, s. 104]



Rys. 69. Sposoby ostrzenia frezów trzpieniowych: a) ostrzenie krawędzi czołowych freza walcowego, b) ostrzenie krawędzi czołowych freza o ostrzach środkowych, c) ostrzenie krawędzi promieniowych frezów o ostrzach prostych, d) ostrzenie krawędzi promieniowych frezów o ostrzach skośnych [1, s.105]

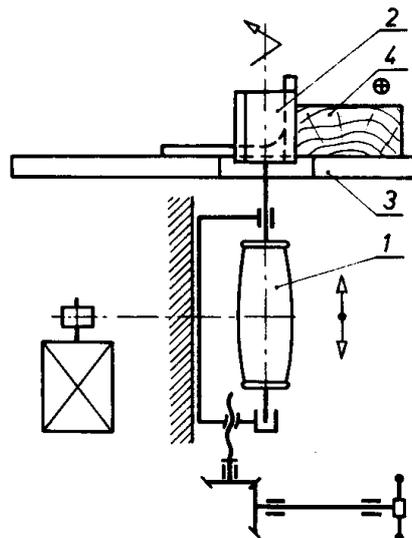
## Frezarki

Frezarki należą do najczęściej spotykanych obrabiarek w zakładach przemysłu meblarskiego ze względu na bardzo szeroki zakres zastosowania obróbki frezowaniem. Frezowanie, z uwagi na dużą różnorodność kształtu i wymiarów narzędzi frezarskich i możliwość wykonywania przez narzędzie i element złożonych ruchów posuwowych, jest stosowane do nadawania obrabianemu drewnu ostatecznych, zazwyczaj złożonych, kształtów. Oprócz płaskiej obróbki powierzchni lub płaszczyzn frezowanie jest stosowane do profilowania elementów prostych lub krzywoliniowych na bokach, czołach i całych obwodach. W dowolnych miejscach elementu można frezować otwory, rowki, gniazda i wgłębienia o różnych kształtach. Frezowanie stanowi w wielu przypadkach ostateczną obróbkę skrawaniem elementu, gdyż jego złożony kształt wyklucza możliwość dalszej maszynowej obróbki np. szlifowaniem. Z tego względu obróbka frezowaniem powinna być wykonana bardzo dokładnie i dawać dużą gładkość obrobionej powierzchni. [1, s. 110]

### Frezarki dolnowrzecionowe

Frezarki dolnowrzecionowe są przeznaczone do płaskiego lub profilowego frezowania prostoliniowych lub krzywoliniowych elementów z drewna litego. Na obrabiarkach tych można wykonywać profile zdobnicze na długich bokach elementów oraz profile połączeniowe, takie jak wczepy, czopy, widlice, wpusty, wręgi.

Zasadę działania frezarki dolnowrzecionowej wyjaśnia rysunek 70. Obrabiany element jest przesuwany ręcznie po stole obrabiarki, przy czym jego prowadzenie ułatwiają różnego rodzaju urządzenia prowadzące i mocujące drewno. Narzędzie skrawające jest zamocowane na wystającym ponad stół trzpieniu frezarskim.



Rys. 70. Zasada działania frezarki dolnowrzecionowej: 1 – wrzeciono, 2 – frez, 3 – stół, 4 – obrabiany element nasadzanych [1, s.110]

W korpusie obrabiarki jest umieszczony pionowo silnik elektryczny, napędzany pasem płaskim pionowe wrzeciono osadzone w pionowo przesuwany suporcie. Suport jest przesuwany śrubą pociągową, obracaną pokrętelem, i ustalany w wymaganym położeniu zaciskiem. W żeliwnym stole obrabiarki jest wykonany otwór o znacznej średnicy, przez który przechodzi trzpień frezarski. Otwór ten jest przykrywany pierścieniami o zmniejszającej się średnicy. W trakcie mocowania trzpienia we wrzecionie lub freza na trzpieniu wrzeciono unieruchamia się za pomocą zatrasku, wprowadzonego w otwór we wrzecionie. Do szybkiego zatrzymania wrzeciona służy hamulec szczękowy, uruchamiany pedałem.

Do urządzeń pomocniczych zalicza się: wspornik trzpienia frezarskiego, hamulec i stolik pomocniczy.

## Przygotowanie frezarki do pracy

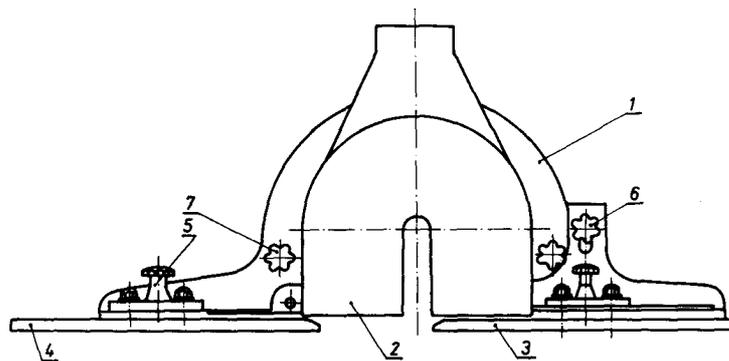
Przygotowanie frezarki do pracy może mieć różny przebieg – zależnie od rodzaju wykonywanego frezowania. W najbardziej typowym przypadku rozpoczyna się je od zamocowania narzędzia na trzpieniu frezarskim. Ponieważ na trzpieniach można mocować tylko frezy o średnicy otworu odpowiadającej średnicy trzpienia, zachodzi więc często konieczność wymiany trzpienia frezarskiego na odpowiadający średnicy otworu freza, wybranego do wykonania określonego rodzaju frezowania. Wymiany trzpienia wstawnego dokonuje się po unieruchomieniu wrzeciona zatraskiem i odkręceniu nakrętki różnicowej oraz wykręceniu poluzowanego trzpienia z nakrętki. Nowy trzpień należy umieścić w gnieździe wrzeciona, wkręcając go jednocześnie w nakrętkę różnicową, którą następnie dokręca się kluczem.

Frez umieszcza się na trzpieniu możliwie najbliżej nakrętki różnicowej i mocuje na nim za pomocą nakrętki trzpienia i pierścieni dystansujących. W celu ułatwienia wymiany trzpienia należy wyjąć pierścienie przykrywające otwór w stole frezarki. Po zamocowaniu freza na trzpieniu otwór w stole przykrywa się taką liczbą pierścieni, aby średnica otworu była nieznacznie większa od średnicy skrawania freza. Następnie reguluje się odległość freza od stołu, zależną od rodzaju i wymiarów frezowanego profilu, oraz ustala położenie wrzeciona.

W przypadku frezowania elementów o znacznej wysokości, zwłaszcza ciężkimi narzędziami frezarskimi lub przy frezowaniu frezami zamocowanymi na trzpieniu w znacznej odległości od wrzeciona, górny koniec trzpienia należy koniecznie umieścić w łożysku wspornika.

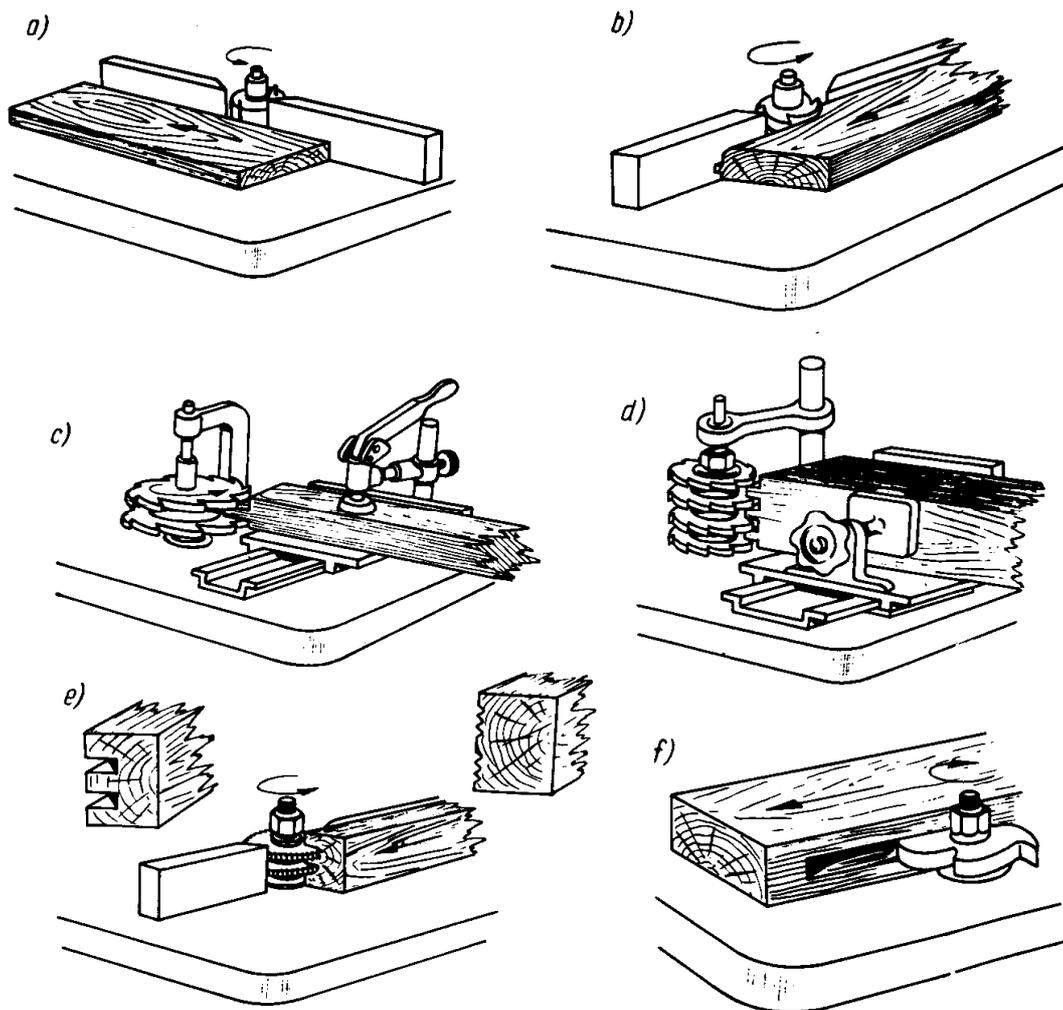
Do frezowania prostoliniowego stosuje się przekładnię rysunek 71, mocowaną w rowkach stołu śrubami zaciskowymi w takim położeniu, aby tylna płyta prowadząca była styczna do okręgu skrawania freza.

Przy frezowaniu profilowym płyta przykładni powinna być styczna do najmniejszej średnicy skrawania freza profilowego. Przednią płytę należy przesunąć względem płyty tylnej w stronę freza o grubość warstwy frezowanej. Obie płyty należy zsunąć do siebie możliwie najbliżej freza. Przed uruchomieniem frezarki należy odciągnąć zatrask blokujący wrzeciono, a frez – przykryć osłoną ochronną. [1, s. 114]



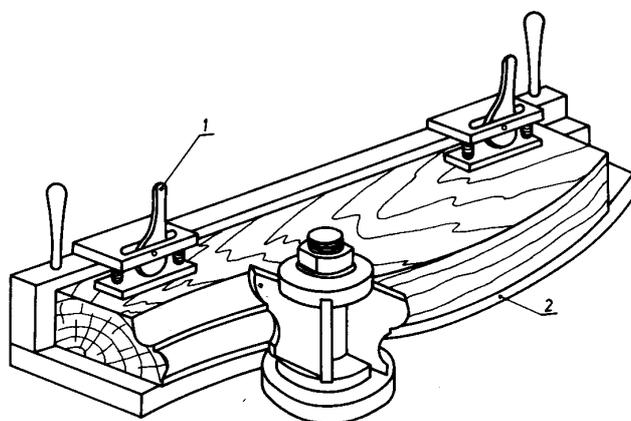
**Rys. 71.** Przekładnia frezarki dolnowrzecionowej: 1 – korpus, 2 – ssawa, 3 – płyta przednia, 4 – płyta tylna, 5 i 6 – śruby ustawcze, 7 – śruba zaciskowa nasadzanych [1, s. 112]

Frezowane drewno prowadzi się wzdłuż przykładni, dociskając je jednocześnie do przykładni i do stołu. W przypadku frezowania elementów prostych i o regularnym kształcie zaleca się stosowanie sprężynowych urządzeń dociskowych.



**Rys. 72.** Najczęstsze stosowane rodzaje frezowania: a) wyrównywanie, b) profilowanie, c) czopowanie, d) wczepowanie, e) rowkowanie, f) głębienie nasadzanych [7, s. 130]

Do płaskiego lub profilowanego frezowania elementów krzywoliniowych stosuje się wzorniki i pierścienie prowadzące. Obrabiane drewno mocuje się mimośrodowymi zaciskami do wzornika o kształcie odpowiadającym krzywiznie elementu. Na wrzecionie poniżej freza mocuje się pierścień oporowy, który może stanowić łożysko kulkowe. Wzornik wraz z elementem dosuwa się do pierścienia oporowego i przesuwają tak, aby stale stykał się z pierścieniem.



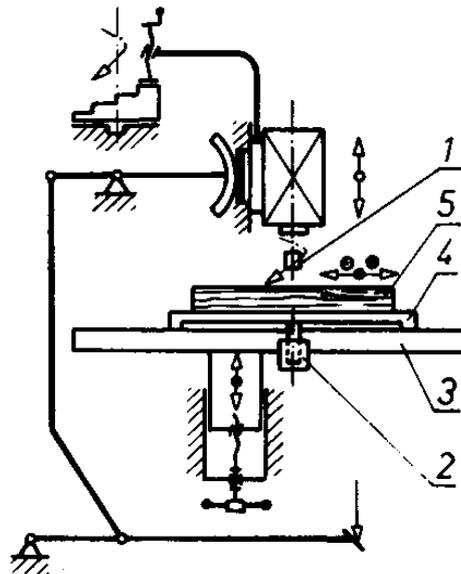
**Rys. 73.** Frezowanie profilowe elementów krzywoliniowych: 1 – zacisk mimośrodowy, 2 – wzornik [1, s. 115]

## Frezarki górnwrzecionowe

Frezarki górnwrzecionowe są stosowane w zakładach stolarki budowlanej, fabrykach mebli i wagonów, w modelarniach oraz zakładach produkujących drobną galanterię i zabawki z drewna.

Rozróżnia się kilka typów frezarek górnwrzecionowych; działają one na tej samej zasadzie, lecz różnią się znacznie konstrukcją zespołów prowadzących i podpierających obrabiane drewno.

Frezarki górnwrzecionowe (rysunek 74) ze stałym stołem (zwane także zwykłymi) służą do wykonywania rowków, otworów, gniazd i wgłębień w drewnie litym i w płytowych elementach z tworzyw drzewnych. Na obrabiarkach tych można profilować wąskie boki elementów prostych i krzywych, a także wykonywać drobne przedmioty o złożonym kształcie. [1, s. 115]



Rys. 74. Zasada działania frezarki górnwrzecionowej zwykłej: 1 – wrzeciono, 2 – kołek prowadzący, 3 – stół, 4 – wzornik, 5 – obrabiany element w nasadzanych [1, s. 116]

Żeliwny korpus frezarki ma kształt zbliżony do litery G. W dolnej jego części znajduje się pionowa prowadnica walcowa, na której spoczywa stół frezarki, przesuwany w kierunku pionowym pokręteł. W stole frezarki jest osadzony kołek prowadzący, wysuwany ponad powierzchnię stołu za pomocą rękojeści. W górnej części korpusu na pionowych prowadnicach jest osadzony silnik elektryczny, napędzający frez. Do przesuwania silnika służy układ dźwigni, umieszczony wewnątrz korpusu, który uruchamia się pedałem. Głowica rewolwerowa i śruba ograniczająca służą do regulowania skoku silnika. W skrajnym górnym położeniu silnik zatrzymuje się za pomocą zatrasku.

We frezarkach są stosowane silniki elektryczne, zasilane z wbudowanych w obrabiarkę przetwornic częstotliwości. Ze względu na małe średnice frezów trzpieniowych w celu zwiększenia ich prędkości skrawania stosuje się prędkości obrotowe silników 18000÷24000 obr/min. Końcówka wirnika silnika ma stożkowe gniazdo, w którym osadza się i mocuje za pomocą nakrętki różnicowej wymienne oprawki mimośrodkowe lub uchwyty do frezów trzpieniowych. [1, s. 117]

Frezarki wyposaża się w komplet uchwytów frezarskich i kołków prowadzących. Do prowadzenia obrabianego drewna stosuje się różnego rodzaju wzorniki wykonywane zwykle przez użytkownika frezarki, stosownie do rodzaju obróbki. Do frezowania elementów prostoliniowych używa się listew prowadzących lub przykładni mocowanych na stole.

W czasie pracy na frezarce narzędzie powinno być osłonięte. Obrabiany element należy mocować na wzorniku po uniesieniu wrzeciona w górne położenie.

## **Przygotowanie frezarki do pracy**

Wyjściowym punktem w przygotowaniu frezarek do pracy jest umocowanie freza na wrzecionie (bezpośrednio lub za pomocą uchwytu). Najczęściej do tego celu używa się uchwytów mimośrodowych z uchwytem stożkowym. Uchwyt ten wraz z frezem umocowuje się na wrzecionie za pomocą nakrętki. Frez musi być tak umocowany, aby podczas obrotów wrzeciona nie wywołał drgań. Dopuszczalne bicie promieniowe freza umocowanego współosiowo z wrzecionem nie może przekraczać 0,05 mm. Po umocowaniu narzędzia ustawia się stół w określonej odległości od freza. Następnie za pomocą głowicy zderzakowej ustala się skok wrzeciona.

W zależności od sposobu prowadzenia materiału podczas frezowania umocowuje się na stole obrabiarki dodatkowe urządzenia. Jeżeli frezowanie przebiega w prostej, wtedy używa się prowadnicy materiału, którą do stołu umocowuje się na grubość skrawanego wióra. Najczęściej jednak do obróbki elementów na frezarkach zwykłych używa się wzorników. W związku z tym ze środka stołu wyjmuje się pierścień wstawny i umieszcza kołek, po którym będzie prowadzony wzornik. Przy umieszczaniu kołka w stole należy zwrócić uwagę na współosiowość kołka z wrzecionem. Do sprawdzania współosiowości można użyć pręta stalowego ostro zakończonego, o średnicy zbliżonej do średnicy gniazda wrzeciona. Po dokładnym umocowaniu pręta we wrzecionie i stwierdzeniu, że nie wykazuje on bicia, opuszcza się suport aż do zetknięcia się ostrego końca pręta z powierzchnią czołową kołka. Punkt zetknięcia powinien wypaść w środku kołka.

Dolna część wzornika zaopatrzona jest w płyty z różnymi wycięciami. Wycięcia w płytach stanowią negatyw wycięć w obrabianym elemencie. Po brzegach tych wycięć prowadzony jest kołek. Średnica kołka dobrana jest do średnicy freza. Jeżeli frezowanie ma się odbywać przy skośnym położeniu freza, wrzeciono ustawia się pod żądanym kątem za pomocą podziałki obrotnicy.

Ostatnią czynnością w przygotowaniu frezarki do pracy jest sprawdzenie smarowania oraz zaopatrzenie narzędzia w osłonę. Na osłony najlepiej używać grubego plexiglasu oprawionego w metalową ramkę.

### **4.6.2. Pytania sprawdzające**

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Do jakich prac stosowane są frezarki?
2. Jaka jest klasyfikacja frezarek?
3. Jakie elementy wchodzi w skład zespołu roboczego?
4. Jakie urządzenia pomocnicze są stosowane podczas pracy na frezarkach?
5. Jakie urządzenie ochronne są stosowane na frezarkach?
6. Na czym polega przygotowanie frezarek do pracy?

### **4.6.3. Ćwiczenia**

#### **Ćwiczenie 1**

Wykonaj frezowanie wręgu na frezarce dolnowrzecionowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą i instrukcją dotyczącą zasad obsługi i bezpiecznej pracy,
- 2) dokonać analizy rysunku profilu do wykonania,
- 3) określić kolejność wykonywanych czynności,

- 4) dokonać wyboru narzędzia do wykonywanej operacji,
- 5) ustalić parametry skrawania,
- 6) zamocować frez na wrzecionie,
- 7) dokonać regulacji odległości freza od stołu,
- 8) ustawić prowadnice i urządzenia ochronne,
- 9) wykonać frezowanie próbne,
- 10) sprawdzić czy wymiary wykonanego profilu są zgodne z wymiarami na rysunku,
- 11) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zestaw frezów nasadzanych,
- frezarka dolnowrzecionowa,
- materiał do obróbki,
- zestaw narzędzi,
- literatura z rozdziału 6.

## Ćwiczenie 2

Wykonaj frezowanie profilu na frezarce górnwrzecionowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą dotyczącą zasad obsługi i bezpiecznej pracy,
- 2) dokonać analizy rysunku profilu do wykonania,
- 3) określić kolejność wykonywanych czynności,
- 4) dokonać wyboru narzędzia do wykonywanej operacji,
- 5) dokonać wyboru wzornika,
- 6) ustalić parametry skrawania,
- 7) zamocować frez na wrzecionie,
- 8) ustawić prowadnice i urządzenia ochronne,
- 9) wykonać frezowanie próbne,
- 10) sprawdzić czy wymiary wykonanego profilu są zgodne z wymiarami na rysunku,
- 11) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zestaw frezów trzpieniowych,
- frezarka górnwrzecionowa,
- materiał do obróbki,
- zestaw narzędzi,
- wzorniki,
- literatura z rozdziału 6.

### 4.6.4. Sprawdzian postępów

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
<b>Czy potrafisz:</b>		
1) określić rodzaj prac wykonywanych na frezarkach?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) dokonać klasyfikacji frezarek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) scharakteryzować elementy budowy frezarek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) scharakteryzować urządzenia pomocnicze stosowane na frezarkach?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) omówić urządzenia ochronne stosowane na frezarkach?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) określić kolejne czynności podczas przygotowania frezarek do pracy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.7. Wiercenie

### 4.7.1. Materiał nauczania

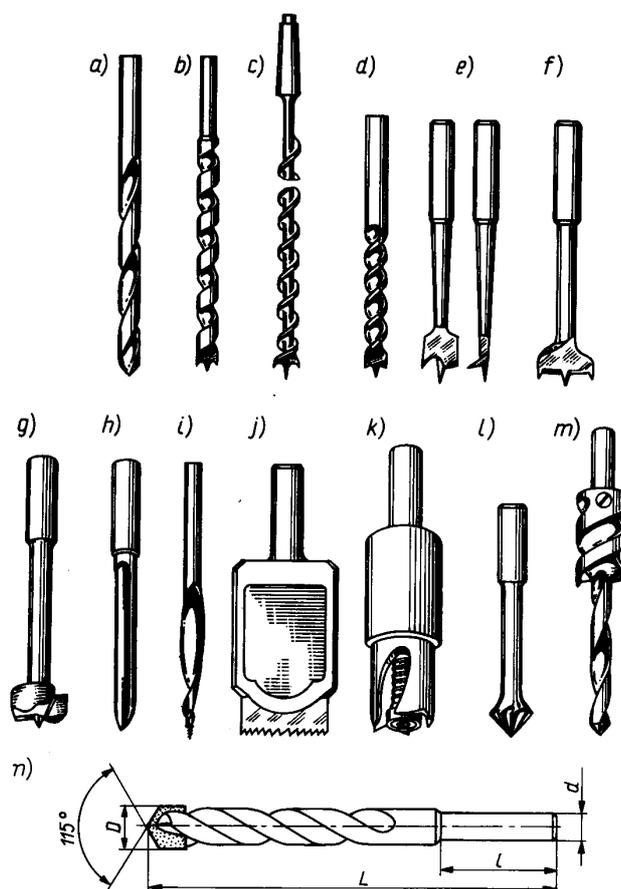
#### Klasyfikacja wiertel

Wiertłami wykonuje się najczęściej otwory przelotowe i gniazda walcowe nieprzelotowe, wykorzystywane do łączenia elementów drewnianych ze sobą lub do przytwierdzania doń różnych okuć. Narzędziami tymi wywierca się także wadliwe miejsca w elementach oraz wykonuje korki i zatyczki.

Pogłębiaki służą do zmiany kształtu i wymiaru wylotu otworu okrągłego w wyniku jego stożkowego lub walcowego pogłębienia.

Jako podstawę podziału wiertel przyjmuje się przede wszystkim konstrukcję części roboczej wiertel. W normie PN-64/D-55000 wyróżniono następujące główne typy wiertel do maszynowej obróbki drewna:

- wiertła łyżkowe i ślimakowe,
- wiertła kręte,
- wiertła śrubowe,
- wiertła środkowce,
- wiertła bębnekowe,
- wiertła cylindryczne,
- pogłębiaki walcowe,
- pogłębiaki stożkowe.



**Rys. 75.** Wiertła i pogłębiaki: a) wiertło śrubowe, b) wiertło kręte jednozwojowe taśmowe, c) wiertło kręte jednozwojowe z rdzeniem, d) wiertło kręte dwuzwojowe, e) środkowiec płaski, f) środkowiec kręty dwustrzowy, g) środkowiec walcowy dwustrzowy, h) wiertło łyżkowe, i) wiertło ślimakowe, j) wiertło cylindryczne piłkowe, k) wiertło cylindryczne z wypychaczem, l) pogłębiak stożkowy samoistny, m) pogłębiak walcowy nasadzany na wiertło śrubowe, n) wiertło kręte z płytkami z węglików spiekanych nasadzanych [3, s. 190]

Szczegółowy podział wiertel na rodzaje jest dokonywany na podstawie kształtu zakończenia części roboczej wiertła i kształtu chwytu wiertła. Za względu na kształt zakończenia części roboczej wiertła rozróżnia się dwie odmiany wiertel – do wiercenia wzdłuż i w poprzek włókien. Wiertła do wiercenia w poprzek włókien charakteryzują się prostopadłym do osi obrotu ustawieniem głównych (czołowych) krawędzi tnących, a ponadto – kolcem środkującym i krajakami. Wiertła do wiercenia wzdłuż włókien nie mają kolców środkujących ani krajaków, a ich krawędzie tnące tworzą z osią obrotu kąt mniejszy od prostego.

Wiertła śrubowe służą do wiercenia otworów lub gniazd. Głębokość gniazd zależy od aktualnej długości wiertła, ale nie może być większa od średnicy wiertła pomnożonej przez 10.

Wiertła kręte jednozwojowe taśmowe są przeznaczone do wiercenia otworów i gniazd bardzo głębokich ze względu na dużą pojemność żłobka na wióry. Głębokość wykonywanych tymi wiertłami otworów i gniazd zależy od ich całkowitej długości  $L$  pomniejszonej o długość chwytu  $l_1$ .

Wiertła środkowce znajdują zastosowanie do wiercenia płytkich otworów i gniazd w poprzek włókien drzewnych. Dla osiągnięcia dużej gładkości ścian wierconego otworu lub gniazda należy używać środkowca walcowego dwuostrzowego. Środkowce są używane przede wszystkim do wywiercania wad drewna które następnie są zaprawiane wstawkami.

Wiertłami łyżkowymi i ślimakowymi są wiercone otwory i gniazda wzdłuż włókien drzewnych. Ponadto wiertło ślimakowe jest używane do nawiercania gniazd na wkręty.

Wiertła cylindryczne całkowite ze śrubowymi krawędziami bocznymi z płaską otwartą częścią przejściową są stosowane do wywiercania korków do zaprawy miejsc wadliwych.

Wiertła cylindryczne piłkowe, zewnętrzne z płaską otwartą częścią przejściową służą do wywiercania otworów lub gniazd o średnicach 25–63 mm i gładkich ścianach bocznych. Niedogodnością w użytkowaniu tych wiertel cylindrycznych są trudności w usuwaniu z wiertła powstałego korka. Wada ta nie występuje podczas pracy wiertłem cylindrycznym z popychaczem.

Pogłębiarki służą do wykonywania wgłębień na łby stożkowe i soczewkowe wkrętów.

Wiertła mogą mieć różne chwyt. Najczęściej jest stosowany chwyt walcowy lub stożkowy ze stożkiem Morse'a nr 1 i 2, a przy wiertłach dużych średnie – ze stożkiem nr 3. Niektóre wiertła mają chwyt gwintowane. Chwyty stożkowe dają najbardziej pewne i dokładne zamocowanie wiertła.

Głównymi wielkościami charakteryzującymi wiertła są średnica wiertła  $D$ , średnica chwytu  $d$ , długość całkowita wiertła  $L$ , długość części roboczej  $l$  oraz kąt przyłożenia  $\alpha$ , kąt ostrza  $\beta$  i kąt natarcia  $\gamma$ ; w niektórych rodzajach wiertel także: wysunięcie krajaka  $h_1$  i kolca środkującego  $h_2$  przed główną krawędź tnącą, kąt nachylenia krawędzi tnącej do osi obrotu  $\varepsilon$  oraz kąt pochylenia rowka  $\omega$ . [1, s. 140]

## Wiertarki

Wiertarki są obrabiarkami przeznaczonymi do wiercenia w elementach z drewna litego i tworzyw drzewnych otworów okrągłych przelotowych i nieprzelotowych. Kształt i wymiary otworu są zależne od kształtu i wymiarów użytego wiertła.

Różnorodność konstrukcji wiertarek jest bardzo duża. Ze względu na liczbę wrzecion rozróżnia się wiertarki: jedno-, dwu-, trzy- i wielowrzecionowe, a w zależności od położenia wrzecion – wiertarki pionowe i poziome. Ze względu na liczbę jednocześnie obrabianych boków elementu wiertarki dzieli się na: jednostronne, dwustronne, czterostronne i sześciostonne.

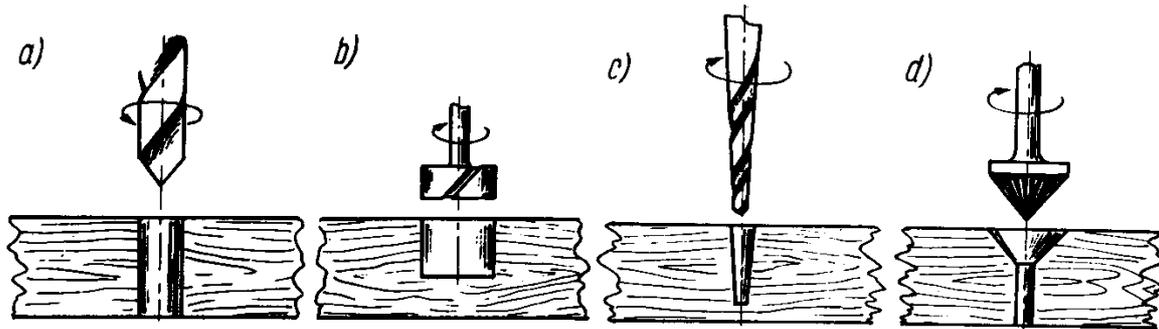
Do obróbki wierceniem powszechnie stosowanych w meblarstwie elementów płytowych są używane wielowrzecionowe wiertarki jedno- lub wielostronne. Główną zaletą wiertarek

wielwrzcionowych jest możliwość jednoczesnego wiercenia na nich wszystkich potrzebnych w elemencie otworów – w jednej operacji i z jednakową dla wszystkich elementów dokładnością rozmieszczenia otworów.

Zalet takich nie mają zwykle wiertarki jednowrzecionowe i z tego względu ich zastosowanie ogranicza się do wykonywania otworów pojedynczych.

W wiertarkach wielwrzecionowych, zależnie od potrzeb, można wykorzystywać wszystkie lub tylko niektóre zespoły robocze.

Do wykonywania otworów podłużnych (gniazd) używa się specjalnych obrabiarek, zwanych wiertarko-frezarkami. [1, s. 151]



Rys. 76. Sposoby maszynowego wiercenia drewna: a) przewiercanie, b) wywiercanie, c) nawiercanie, d) pogłębianie [3, s. 189]

### Wiertarki jednowrzecionowe

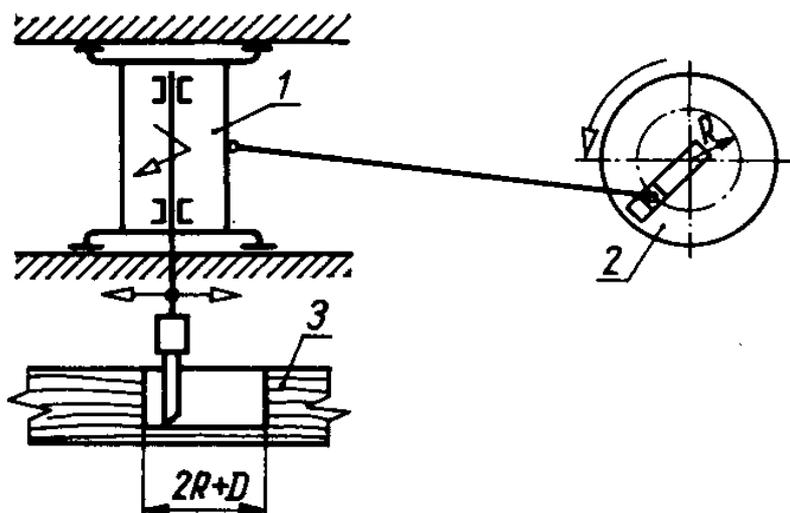
Wiertarki jednowrzecionowe są powszechnie stosowane w dużych i małych zakładach drzewnych. Wiertarki wielwrzecionowe znajdują najczęściej zastosowanie w fabrykach mebli i stolarki budowlanej.

### Wiertarka jednowrzecionowa pionowa

W górnej części kolumnowego korpusu jest ułożyskowane wrzeciono, napędzane pasem płaskim od silnika elektrycznego. Wrzeciono to można przesuwac poosiowo za pomocą dźwigni dwustronnej, zrównoważonej przeciwcieżarem. Dźwignia jest połączona z wrzecionem za pośrednictwem wahliwego pierścienia. Poziomy stół wiertarki może być przesuwany w kierunku pionowym za pomocą pokręła. Element mocuje się na stole śrubą zaciskową. [1, s. 151]

### Wiertarko-frezarki

Wiertarko-frezarki są obrabiarkami stosowanymi do wykonywania podłużnych gniazd w elementach z drewna litego. Gniazda takie mogą służyć do umieszczania w nich okuć i zamków, najczęściej jednak stanowią element konstrukcyjny kąтового połączenia dwóch ramiaków na czop zaokrąglony. Gniazda wykonywane na wiertarko-frezarce mają dużą dokładność, co ma istotny wpływ na wytrzymałość połączenia czopowego. [1, s. 157]



Rys. 77. Zasada działania wiertarko-frezarki: 1 – suport, 2 – mechanizm oscylacji wrzeciona, 3 – obrabiany element. nasadzanych [1, s. 157]

### Wiertarki wielowrzecionowe

Służą one do wiercenia otworów na kołki w czołach i szerokich bokach elementów płytowych. Otwory mogą być wywierane również w powierzchniach skośnych (uciosowych) elementów łączonych pod kątem prostym. Rozstaw wrzecion i wymiary otworów są stałe.

Zespół roboczy wiertarki składa się z płyty roboczej, przesuwanej pokrętle wzdłuż pionowych prowadnic w korpusie. Z płytą tą jest połączona zawiasowo druga płyta z prowadnicami dla sanek belki wrzecionowej. Sanki są przesuwane wzdłuż płyty za pomocą cylindra pneumatycznego. Na belce wrzecionowej jest ułożyskowanych 25 wrzecion, napędzanych kołami zębatymi od silnika elektrycznego. Liczba wierconych otworów jest zależna od liczby wiertel wkręconych we wrzeciona.

Obrabiany element układa się na stole przy odpowiednio ustawionych listwach oporowych bocznych i czołowej. Listwy czołowej używa się tylko do wiercenia otworów w wąskich bokach elementu. Do takiego wiercenia płytę z sankami wrzecionowymi należy wychylić od położenia poziomego i pokrętle ustawić osie wrzecion odpowiednio do wymaganego rozmieszczenia otworów na grubości elementu. Płyta z sankami jest wychylana osobnym cylindrem pneumatycznym znajdującym się pod płytą. Głębokość otworów reguluje się za pomocą ogranicznika, który ogranicza długość skoku tłoka przesuwającego sanki. Jednocześnie z uruchomieniem ruchu posuwowego wrzecion następuje włączenie ich napędu i zaciśnięcie elementu zaciskami pneumatycznymi. Zaciski te mogą być ustawione w wymaganych miejscach nad stołem i w potrzebnej od niego odległości – zależnie od wymiarów obrabianego elementu.

### Praca na wiertarkach

Czynności poprzedzające wiercenie są następujące:

- dobór i zamocowanie narzędzia,
- trasowanie otworów lub przygotowanie oprzyrządowania ułatwiającego wykonanieżądanego rozmieszczenia otworów,
- unieruchomienie obrabianego materiału w wiertarce.

Ze względu na jakościowe wyniki wiercenia należy starannie dobrać średnicę długość wiertła. Średnica wiertła powinna być równa żądanej średnicy otworu, a długość części roboczej powinna być większa od głębokości otworów ok. 10–20 mm. Narzędzie należy

osadzić w uchwycie wiertarki na całą długość chwytu w taki sposób, aby nie mogło się ono obracać w szczękach uchwytu. Oś wiertła powinna leżeć dokładnie w osi wiercenia. Wchylenie osi wiertła od osi wiercenia, nazwane biciem wiertła nie może przekraczać 0,03–0,05 mm dla wiertel o średnicy 6–25 mm. Kontrole prawidłowości zamocowania wiertła przeprowadza się za pomocą czujnika z płaską stopą, wspartego statywem o stół wiertarki.

#### 4.7.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Do jakich prac stosowane są wiertła?
2. Jaka jest klasyfikacja wiertel?
3. Jakie czynności obejmują przygotowanie wiertel do pracy?
4. Według jakich kryteriów można podzielić wiertarki?
5. Jakie wielkości technologiczne charakteryzują wiercenie drewna?
6. Na czym polega przygotowanie wiertarek do pracy?
7. Do jakich prac stosuje się wiertarko-frezarki?
8. Jakie są przyczyny powstawania wad podczas wiercenia?

#### 4.7.3. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Wykonaj wiercenie otworów na kołki w elementach płytowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą i instrukcją dotyczącą zasad obsługi i bezpiecznej pracy,
- 2) dokonać analizy rysunku,
- 3) określić kolejność wykonywanych czynności,
- 4) dokonać wyboru wiertel do wykonywanej operacji,
- 5) zamocować wiertła na wrzecionach,
- 6) ustawić prowadnice i urządzenia dociskowe,
- 7) wykonać wiercenie próbne,
- 8) dokonać pomiaru i ewentualnej korekty ustawienia elementu,
- 9) sprawdzić czy wymiary wykonanego profilu są zgodne z wymiarami na rysunku,
- 10) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zestaw wiertel,
- instrukcje i plansze obsługi stanowiska,
- wiertarka wielowrzecionowa,
- materiał do obróbki,
- zestaw narzędzi,
- literatura z rozdziału 6.

## Ćwiczenie 2

Wykonaj gniazdo w elemencie z drewna litego z zastosowaniem wiertarko-frezarki.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą na ten temat,
- 2) dokonać analizy rysunku,
- 3) określić wielkość wykonywanego gniazda,
- 4) dobrać średnice freza do wykonania gniazda,
- 5) ustawić wielkość skoku sanek wrzeciona,
- 6) zamocować element na stole,
- 7) ustawić wysokość położenia stołu,
- 8) wykonać wiercenie próbne,
- 9) dokonać korekty ustawienia,
- 10) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zestaw frezów trzpieniowych,
- instrukcje i plansze obsługi stanowiska,
- wiertarko-frezarka,
- materiał do obróbki,
- zestaw narzędzi,
- literatura z rozdziału 6.

### 4.7.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
<b>Czy potrafisz:</b>		
1) określić rodzaj prac do jakich stosuje się wiertła?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) dokonać klasyfikacji wiertel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić kolejne czynności podczas przygotowania wiertel do pracy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) scharakteryzować kryteria podziału wiertarek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić wielkości technologiczne charakteryzujące wiercenie drewna?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) określić kolejne czynności podczas przygotowania wiertarek do pracy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) określić rodzaj prac wykonywanych na wiertarko-frezarkach?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) określić przyczyny powstawania wad podczas wiercenia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.8. Szlifowanie

### 4.8.1. Materiał nauczania

Do maszynowego szlifowania drewna i tworzyw drzewnych stosuje się narzędzia ścierne składające się z podłoża w postaci papieru lub tkaniny, do którego spoiwem są przymocowane ziarna ścierne. Właściwości narzędzi ściernych zależą od takich czynników, jak rodzaj zastosowanego materiału ściernego, jego ziarnistości, rodzaj podłoża i spoiwa. Na narzędzia ścierne nasypowe używa się materiałów ściernych sztucznych lub naturalnych, które po rozdrobnieniu na ziarna określonej wielkości tworzą tzw. ścierniwo cechujące się licznymi, ostrymi krawędziami przełomu. Papier ścierny składa się z podłoża papierowego i nasypu. Zamiast papieru na podłożu stosuje się również płótno lub papier wzmocniony tkaniną (płótnowany). Najważniejsze cechy narzędzi ściernych to: wielkość ziaren oznaczona liczbą, twardość materiału z którego wytworzono ziarna, gęstość nasypu ziaren ściernych, rodzaj podłoża i rodzaj spoiwa. Spoiwem wiążącym nasyp z podłożem jest klej skórny, klej z tworzywa sztucznego i inne. Nasyp składa się z ziaren elektrokorundu, węgla krzemowego, krzemienia, szkła itp. Ziarna te uzyskuje się drogą przesiewania i segregacji na sitach rozdrobnionego materiału. W stolarstwie ze względu na konstrukcję obrabiarek, najczęściej są używane narzędzia ścierne w postaci taśmy.

#### Klasyfikacja szlifierek

Szlifierki są przeznaczone do wyrównywania i wygładzania surowych powierzchni drewna litego i tworzyw drzewnych lub powierzchni wstępnie powleczonych różnymi materiałami do obróbki wykończeniowej. Szlifierki stosuje się również do oczyszczania powierzchni zapyłonych lub pokrytych substancjami ochronnymi. Niektóre odmiany szlifierek są przystosowane do szlifowania elementów na dokładną grubość.

Ze względu na kształt zespołu roboczego szlifierki można podzielić na: taśmowe, tarczowe, wałkowe, walcowe, bębnowe, szczotkowe i kombinowane. Poszczególne typy szlifierek są dostosowane do szlifowania elementów o określonych kształtach i wymiarach.

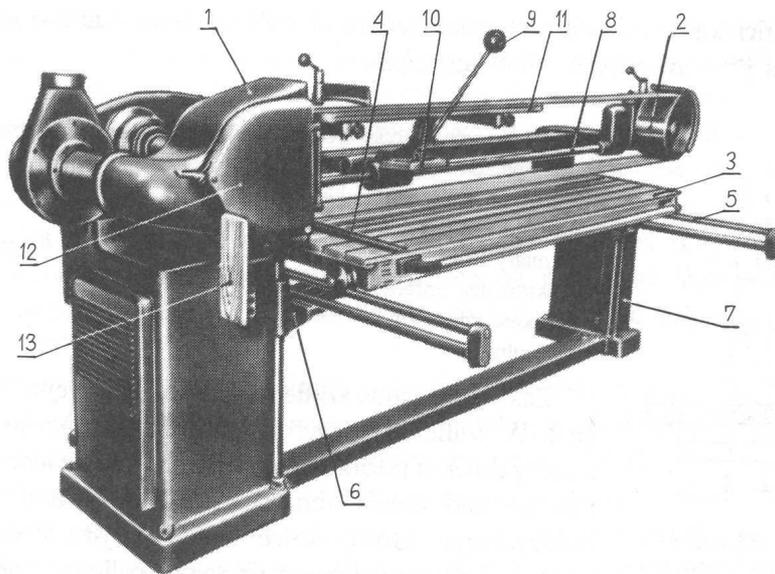
Wszystkie wymienione szlifierki mogą być stosowane w fabrykach mebli i stolarki budowlanej jako obrabiarki pojedyncze lub jako zespoły robocze w obrabiarkach złożonych. Niektóre typy szlifierek znajdują zastosowanie w zakładach płyt wiórowych i fabrykach sklejek (szlifierki walcowe), w wytwórniach sprzętu sportowego (szlifierki taśmowe, tarczowe i wałkowe), w zakładach produkujących drobną galanterię drzewną i zabawki (szlifierki taśmowe, tarczowe, wałkowe, bębnowe).

Do najbardziej rozpowszechnionych należą szlifierki taśmowe, które w porównaniu z innymi mają znacznie większą trwałość narzędzia, tj. taśmy ścierniej. Szlifierki te są budowane w kilku odmianach. [1, s. 190]

#### Szlifierki taśmowe

Szlifierka taśmowa z ruchomym stołem jest przystosowana do szlifowania dużych powierzchni elementów płytowych. Pracuje długą i stosunkowo wąską taśmą szlifierską, napiętą na dwóch kołach taśmowych. Koło napędzające taśmę jest zakryte osłoną, stanowiącą zazwyczaj ssawę pneumatycznego wyciągu pyłu. Koło napinające taśmę jest ułożyskowane na płycie suportu, który umożliwia zmianę odległości między obu kołami, co jest wykorzystywane do napinania taśmy. Suport koła jest podparty sprężyną śrubową, która zapewnia stały nacisk taśmy. Regulacja położenia taśmy na kołach i zapobieganie zsuwaniu taśmy z kół jest możliwa dzięki temu, że oś koła napinającego może być wychylana w płaszczyźnie poziomej.

Obrabiany element jest układany na stole, na którym spoczywa własnym ciężarem. Przesuwaniu się elementu w kierunku ruchu taśmy zapobiega listwa oporowa. Stół szlifierki ma cztery profilowane rolki, którymi toczy się po walcowych prowadnicach. Prowadnice te są przymocowane do sanek, przesuwanych ręcznie wzdłuż stojaków. Ruch sanek ma na celu dostosowanie odległości płyty stołu i taśmy do grubości obrabianego elementu. Prześwit między taśmą a stołem powinien być o kilka milimetrów większy od grubości szlifowanego drewna. [1, s. 191]



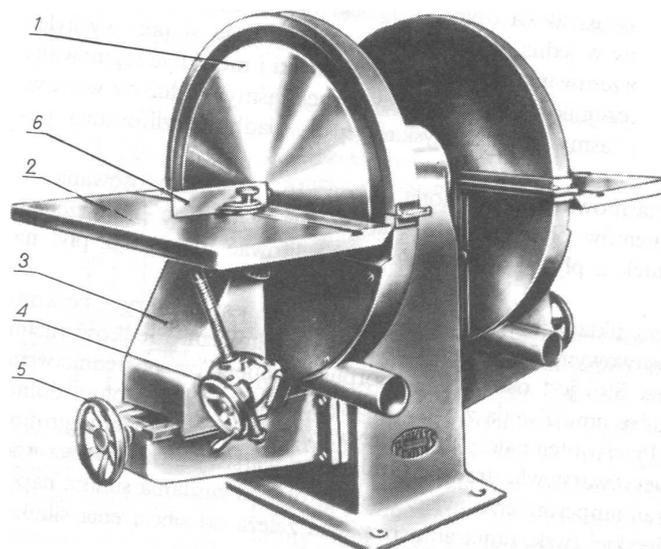
**Rys. 78.** Szlifierka taśmowa z ruchomym stołem: 1 – osłona, 2 – koło napinające, 3 – stół, 4 – listwa oporowa, 5 – prowadnica stołu, 6 – sanki stołu, 7 – stojaki, 8 – prowadnica trzewika, 9 – dźwignia trzewika, 10 – trzewik, 11 – stół dodatkowy, 12 – pokrywa, 13 – stolik [1, s. 191]

### Szlifierki tarczowe

Szlifierki tarczowe są przystosowane do obróbki płaskich powierzchni elementów, prostych. Można na nich szlifować także wypukłe powierzchnie nieprofilowanych elementów krzywoliniowych.

Rysunek 79 przedstawia dwutarczową szlifierkę pionową. W jej korpusie jest ułożony poziomy wał, napędzany silnikiem elektrycznym umieszczonym wewnątrz korpusu obrabiarki. Na obu końcach wału są zaklinowane dwie pionowe tarcze 1, częściowo zakryte uchylnymi osłonami. Obok każdej tarczy znajduje się poziomy stół 2, połączony przegubem z podstawą stołu 3. Pokrętko 4 służy do wychylania stołu z położenia poziomego. Podstawa stołu spoczywa na poziomych prowadnicach i za pomocą pokrętki 5 może być przesuwana do i od tarczy.

Obrabiany element układa się na stole i dociska ręcznie do tarczy. Przy szlifowaniu czoł należy posługiwać się listwą oporową 6. Do szlifowania boków wzajemnie prostopadłych stół musi być ustawiony poziomo. Skośne ustawienie stołu stosuje się przy szlifowaniu boków, tworzących naroże o kącie rozwartym. Element należy przykładać do tej strony tarczy, która wykonuje ruch do dołu. Krawędź wewnętrzna stołu powinna znajdować się możliwie najbliżej tarczy. [1, s. 194]



**Rys. 79.** Szlifierka dwutarczowa [1, s. 194]: 1 – tarcza szlifierska, 2 – stół, 3 – podstawa stołu, 4 i 5 – pokrętko do przesuwania stołu, 6 – listwa oporowa

### **Szlifierki wałkowe**

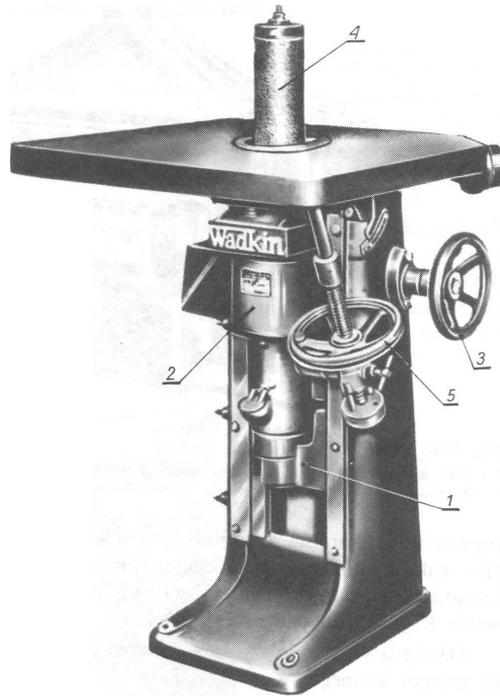
Szlifierki wałkowe są przystosowane do szlifowania prostych i krzywoliniowych elementów płaskich, a także do szlifowania wewnętrznych powierzchni profilów zamkniętych i otworów o dużych średnicach. W niektórych przypadkach szlifierka może być używana do szlifowania elementów profilowanych.

Rysunek 80 przedstawia pionową szlifierkę wałkową z wychylnym stołem.

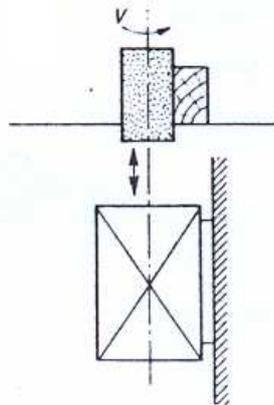
Korpus szlifierki ma pionowe prowadnice, w których jest osadzona pionowa płyta 1 z silnikiem elektrycznym 2. Do przesuwania płyty w kierunku pionowym służy pokrętko 3. Na wydłużonej końcówce wału silnika można mocować różne rodzaje wałków szlifierskich 4. Do szlifowania płaskich powierzchni stosuje się sztywne wałki. Elementy profilowane mogą być szlifowane odpowiednio profilowanymi wałkami sztywnymi lub wałkami podatnymi. Te ostatnie mają zwykle szczelne płaszcze gumowe, które po nałożeniu papieru ściernego napompowuje się powietrzem. Ze względu na ograniczoną podatność wałków za ich pomocą mogą być szlifowane tylko profile płytkie o łagodnych przejściach.

Stół szlifierki jest wychylany z położenia poziomego pokrętkiem 5. Skośne ustawienie stołu ułatwia szlifowanie powierzchni położonych skośnie w stosunku do płaszczyzny bazowej elementu. Obrabiany element jest prowadzony ręcznie po stole szlifierki.

W niektórych szlifierkach wałkowych wałek wykonuje osiowy ruch oscylacyjny, stosowany dla zwiększenia gładkości obróbki. Przy szlifowaniu elementów profilowanych ruch ten należy wyłączyć. [1, s. 195]



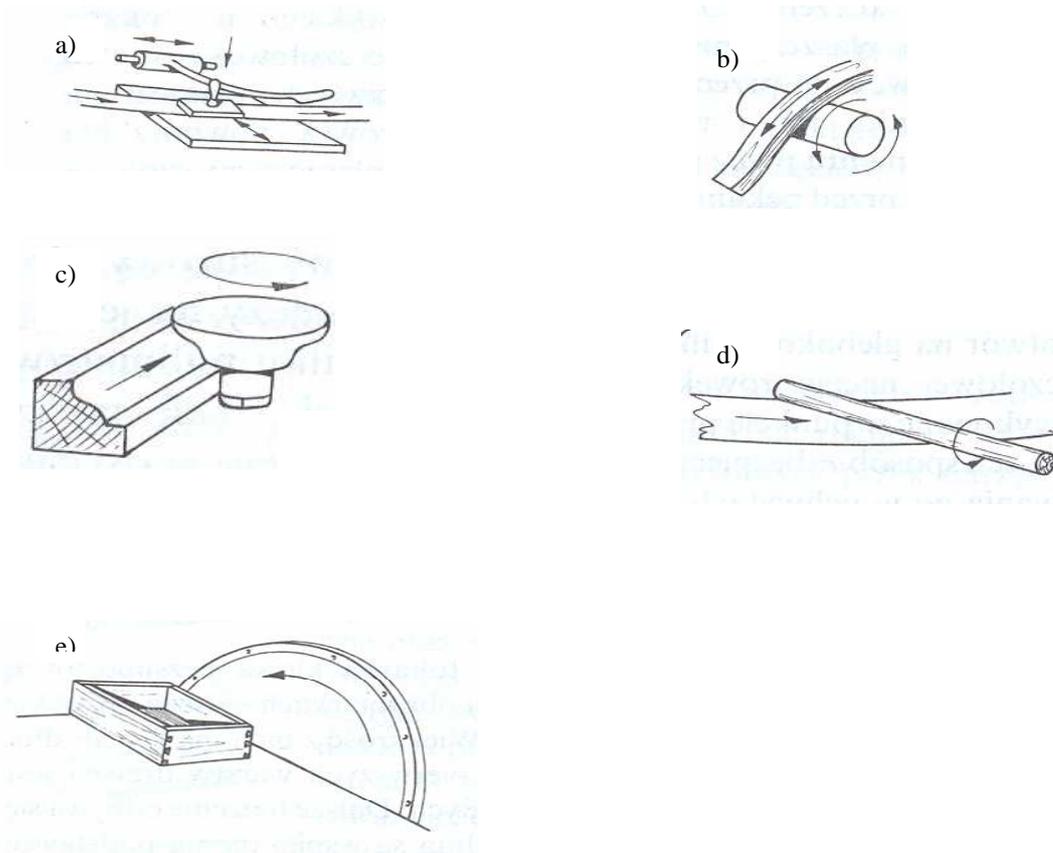
**Rys. 80.** Szlifierka wałkowa [1, s. 195]: 1 – płyta silnikowa, 2 – silnik elektryczny, 3 – pokrętko do pionowego przesuwania wrzeciona, 4 – wałek szlifierski, 5 – pokrętko do wychylania stołu



**Rys. 81.** Schemat technologiczny szlifierki wałkowej [3, str. 196]

### **Zasady obróbki drewna i tworzyw drzewnych na szlifierkach**

Ze względu na kształt szlifowanych elementów rozróżnia się szlifowanie płaskie proste, krzywoliniowe, profilowe, na okrągło i bryłowe.



**Rys. 82.** Odmiany szlifowania drewna: a) płaskie, b) krzywoliniowe, c) profilowe, d) na okrągło, e) bryłowe

Szlifowanie płaskie jest wykonywane szlifierkami taśmowymi i walcowymi. Podczas szlifowania powierzchni szlifierkami taśmowymi element umieszcza się na stole szlifierskim, aby jedną stroną przylegał do listwy oporowej zamocowanej do stołu. Znajdująca się w ruchu taśma szlifierska jest przyciskana stopką do elementu, z równoczesnym przesuwaniem stopki wzdłuż szlifowanej powierzchni. Równocześnie drugą ręką jest przesuwany stół z materiałem, tak że szlifowana jest cała powierzchnia. Szczególnie ostrożnie należy szlifować powierzchnie okleinowane, ponieważ może nastąpić przeszlifowanie okleiny, przy czym należy szlifować je zawsze wzdłuż włókien drzewnych. Drobne elementy można szlifować przykładając je do taśmy przesuwającej się po górnym nieruchomym stoliku szlifierki. Szlifowania powierzchni bocznych elementów płytowych można dokonać na szlifierce taśmowej stosując specjalne uchwyty zamocowane do stołu obrabiarki. Umożliwiają one prostopadłe ustawienie elementu w stosunku do taśmy szlifierskiej. Można również stosować specjalnie do tego celu skonstruowaną szlifierkę taśmową, w której osie kół napinających taśmę są ustawione prostopadle w stosunku do stołu obrabiarki. Szlifowaniem na szlifierkach walcowych uzyskuje się powierzchnie równe i gładkie, jednak większe, wklęsłe nierówności zostają niedoszlifowane, a zdarzające się wypukłości przeszlifowane. Jest to niedopuszczalne w elementach okleinowanych. Z tych powodów elementy okleinowane nie są szlifowane na szlifierkach walcowych.

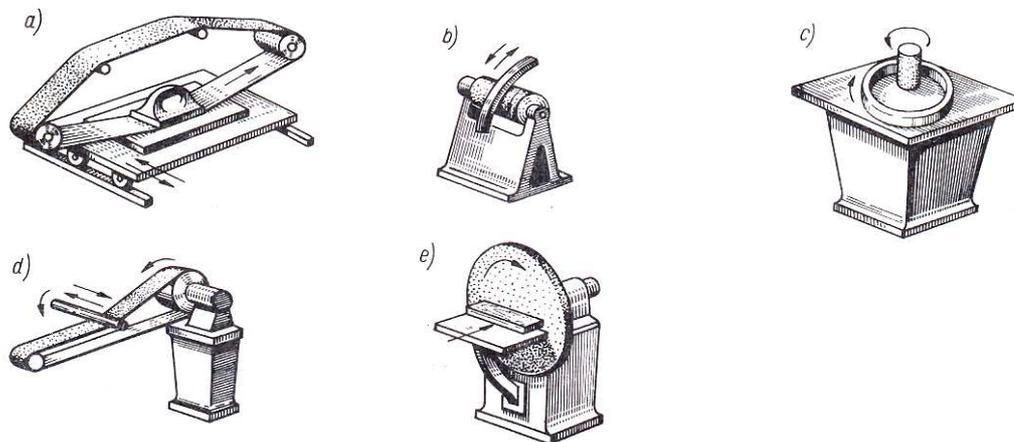
Najczęściej w produkcji mebli okleinowanych obrabiarki te są stosowane do wyrównywania powierzchni i ujednoczenia grubości płyt wiórowych czy paździerzowych przed ich oklejaniem oraz w celu zrównania drewnianych doklejek z powierzchnią płyt. Stosowanie szlifierek dwu lub trójwalcowych umożliwia równoczesne szlifowanie zgrubne

i wykończające, przy czym na każdy walec zakłada się papier ścierny o różnej ziarnistości. Szlifierki te mają posuw mechaniczny.

Szlifowanie proste krzywoliniowe można wykonywać na szlifierkach jednowalcowych i szlifierkach taśmowych bez stołu oraz szlifierkach wałkowych. Podczas obróbki za pomocą szlifierek jednowalcowych i taśmowych bez stołu elementy szlifowane trzymane w rękach są dociskane do narzędzia szlifierskiego. Dlatego nadanie elementom prawidłowych kształtów wymaga od wykonującego tę czynność dużej uwagi i wprawy.

Element szlifowany na szlifierce wałkowej jest bazowany na stole obrabiarki i ręcznie dociskany do wałka szlifierskiego.

Szlifowanie profilowe przeprowadza się na szlifierkach wałkowych lub szczotkowych. Profil wałka szlifierskiego w szlifierkach wałkowych musi być dostosowany do szlifowanych profili. W szlifierkach szczotkowych wirujące szczotki dociskają do elementu obrabianego taśmy papieru ściernego, którego końce są poprzecinane na wąskie pasma. Szlifierki tego typu znajdują zastosowanie do szlifowania elementów obrotowych o zmiennym profilu, o kształtach przestrzennie zmiennych oraz elementów prostych i krzywych o złożonym poprzecznym profilu. Posuw elementów w zależności od konstrukcji obrabiarki może być ręczny lub mechaniczny.



**Rys. 83.** Schematy szlifierek: a) taśmowa, b) jednowalcowa do szlifowania elementów krzywoliniowych, wałkowa, d) taśmowa, e) tarczowa [7, str. 152]

Szlifowanie na okrągło to szlifowanie różnego rodzaju drążków i nóg do mebli o przekroju kołowym lub nieznacznie owalnym. Szlifowanie takie może odbywać się na szlifierce taśmowej bez stołu lub też na specjalnej szlifierce do drążków. Podczas szlifowania na szlifierce bez stołu elementy muszą być ręcznie obracane wokół swej osi. Wymaga to dużej wprawy i uwagi. Specjalne szlifierki do drążków są wyposażone w taśmę posuwową nastawioną skośnie względem taśmy szlifierskiej, co wywołuje ruch postępowy i obrotowy elementu, umieszczonego na stole między taśmami. Podczas tych ruchów następuje szlifowanie elementów. Odległość taśm od siebie można dowolnie regulować w zależności od średnicy elementów. Na szlifierkach tego typu można obrabiać elementy o średnicach 60 mm. Najmniejsza długość elementów wynosi 300 mm, a w razie zastosowania specjalnego urządzenia 75 mm.

Szlifowanie bryłowe odbywa się na szlifierkach tarczowych. Podczas szlifowania element układa się na stole obrabiarki i dociska ręcznie do wirującej tarczy szlifierskiej. W produkcji mebli obrabiarki tego typu służą do wyrównywania powierzchni czołowych elementów litych oraz do wyrównywania połączeń narożnikowych przelotowych i ółprzelotowych w różnego rodzaju ramach i szufladach.

## 4.8.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaki jest cel szlifowania drewna i tworzyw drzewnych?
2. Jakie rodzaje szlifierek stosuje się w stolarstwie ze względu na kształt zespołu roboczego?
3. Jakie jest przeznaczenie poszczególnych szlifierek?
4. Jakie części budowy posiadają poszczególne szlifierki?
5. Na jakich zasadach działają poszczególne szlifierki?
6. Jakie znasz odmiany szlifowania drewna?
7. Jakie zasady pracy obowiązują podczas szlifowania na szlifierkach taśmowych?
8. Jakie wady powstają podczas szlifowania?
9. Na czym polega praca na szlifierkach tarczowych?
10. Na czym polega praca na szlifierkach wałkowych?

## 4.8.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Wykonaj operację szlifowania elementów okleinowych okleiną naturalną na szlifierce taśmowej z ruchomym stołem.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą na temat szlifowania drewna oraz instrukcją bhp,
- 2) zapoznać się z instrukcją stanowiskową,
- 3) przygotować materiał do szlifowania,
- 4) wykonać operację szlifowania przygotowanych elementów,
- 5) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- szlifierka taśmowa z zamocowanym w zespole roboczym materiałem ściernym,
- wózki transportowe przeznaczone na elementy przed i po szlifowaniu,
- elementy przeznaczone do szlifowania,
- instrukcja stanowiskowa,
- dokumentacja techniczno-ruchowa szlifierki taśmowej,
- literatura z rozdziału 6.

### Ćwiczenie 2

Wykonaj operację szlifowania elementów z wykorzystaniem szlifierki tarczowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą na temat szlifowania z wykorzystaniem szlifierki tarczowej oraz instrukcją,
- 2) zapoznać się z instrukcją stanowiskową,
- 3) przygotować materiał do szlifowania,
- 4) wykonać operację szlifowania,
- 5) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- szlifierka tarczowa,
- wózki transportowe,
- elementy przeznaczone do szlifowania,
- instrukcja stanowiskowa,
- dokumentacja techniczno-ruchowa szlifierek,
- literatura z rozdziału 6.

### Ćwiczenie 3

Wykonaj operację szlifowania elementów z wykorzystaniem szlifierki wałkowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zapoznać się z literaturą na temat szlifowania z wykorzystaniem szlifierki wałkowej,
- 2) zapoznać się z instrukcją stanowiskową,
- 3) przygotować materiał do szlifowania,
- 4) wykonać operację szlifowania,
- 5) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- szlifierka wałkowa,
- wózki transportowe,
- elementy przeznaczone do szlifowania,
- instrukcja stanowiskowa,
- dokumentacja techniczno-ruchowa szlifierek,
- literatura z rozdziału 6.

#### 4.8.4. Sprawdzian postępów

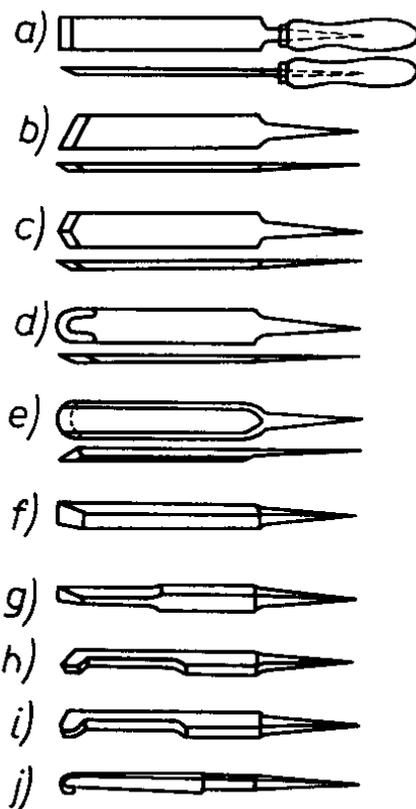
	Tak	Nie
<b>Czy potrafisz:</b>		
1) określić cel szlifowania drewna i tworzyw drzewnych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) wymienić rodzaje szlifierek ze względu na kształt zespołu roboczego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić przeznaczenie poszczególnych szlifierek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić poszczególne części budowy szlifierek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić zasady działania szlifierek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) określić odmiany szlifowania drewna?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) przedstawić obowiązujące zasady pracy podczas szlifowania szlifierkami taśmowymi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) określić przyczyny powstawania wad podczas szlifowania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) określić zasady pracy na szlifierce tarczowej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) określić zasady pracy na szlifierkach wałkowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.9. Toczenie

### 4.9.1. Materiał nauczania

#### Noże do tokarek, ręczne

Noże tokarskie ręczne to narzędzia do obróbki toczeniem na tokarkach bezsuportowych. Nóż taki opiera się na podpórkach i w czasie obróbki trzyma w rękach, wykonując nim ruchy posuwowe, decydujące o kształcie gotowego elementu. Aby ułatwić manipulowanie nożem, jest on zaopatrzony w drewniany trzonek.



**Rys. 84.** Noże do tokarek ręczne: a) płaski prosty, b) płaski skośny, c) płaski dwustronnie skośny, d) płaski półokrągły, e) żłobkowy, f) wyżłobiak, g) przecinak, h) wytaczak prosty, i) wytaczak półokrągły, j) wytaczak haczykowy [1, s. 176]

Na rysunku 84 pokazano najczęściej stosowane odmiany ręcznych noży tokarskich. Noże oznaczone literami od a do g są nożami do toczenia zewnętrznego.

Kolejno są to:

- a) nóż płaski prosty, do gładkiego toczenia powierzchni walcowych lub stożkowych;
- b) nóż płaski skośny, do gładkiego toczenia powierzchni stożkowych i walcowych przy jednokierunkowym posuwie noża, równoległym do osi obrotu elementu;
- c) nóż płaski dwustronnie skośny, do gładkiego toczenia powierzchni stożkowych i walcowych przy dwukierunkowym posuwie noża, równoległym do osi obrotu elementu;
- d) nóż płaski półokrągły, do gładkiego toczenia powierzchni walcowych i stożkowych oraz powierzchni o tworzących krzywoliniowych;
- e) nóż żłobkowy (zdzierak), do wstępnego, zgrubnego toczenia;
- f) nóż wyżłobiak prosty, do toczenia wąskich rowków i wgłębień prostokątnych;
- g) nóż przecinak, do odcinania obrobionej, gotowej części.

Pozostałe trzy odmiany noży oznaczone na rys. 84 literami od h do j są nożami do toczenia wewnętrznego. Są to:

- h) nóż płaski prosty, do gładkiego toczenia wewnętrznych powierzchni walcowych i stożkowych;
- i) nóż płaski półokrągły do toczenia gładkiego wewnętrznych powierzchni walcowych, stożkowych i o zarysie krzywoliniowym;
- j) nóż haczykowy półokrągły, do zgrubnego wytaczania wewnętrznych powierzchni prosto- i krzywoliniowych.

Kształt tych noży, a zwłaszcza usytuowanie samych ostrzy względem szyjki noża i pozostałej części jego korpusu, wskazują na ich przystosowanie do toczenia od wewnątrz i to nawet w otworach niewielkiej średnicy. [1, s. 176]

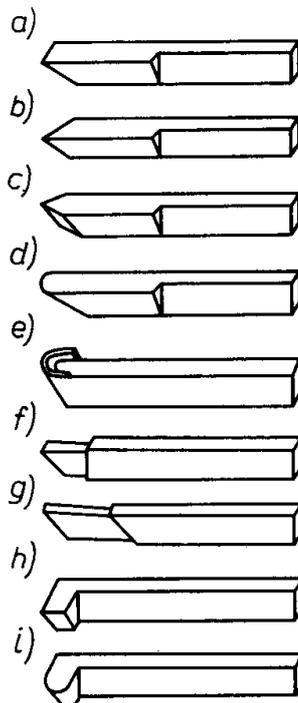
### Noże do tokarek imakowe

Noże imakowe swą budową przypominają noże tokarskie do metali. Mają kwadratowe lub prostokątne trzony o wymiarach 10 x 10÷20 x 20 mm, którymi są mocowane w imakach lub suportach nożowych tokarek.

Noże imakowe po ich zamocowaniu nie zmieniają swego położenia względem suportu, lecz są wraz z nimi przesuwane względem drewna śrubami pociągowymi – ręcznie lub mechanicznie.

Części robocze noży imakowych mają różne kształty – w zależności od tego, czy nóż jest przeznaczony do toczenia zewnętrznego, czy też wewnętrznego.

Na rysunku 85 pokazano typowe noże imakowe. Porównując kształt ich części roboczych z kształtem części roboczych noży tokarskich ręcznych, można określić ich nazwę i przeznaczenie.



**Rys. 85.** Noże do tokarek imakowe: a) płaski prosty, h) płaski skośny, c) płaski dwustronnie skośny, d) płaski półokrągły, e) zdzierak, f) wyźłobiak prosty, g) przecinak, h) wytaczak prosty, i) wyźłobiak półokrągły [1. s. 177]

## Zasady przygotowywania narzędzi tokarskich do pracy

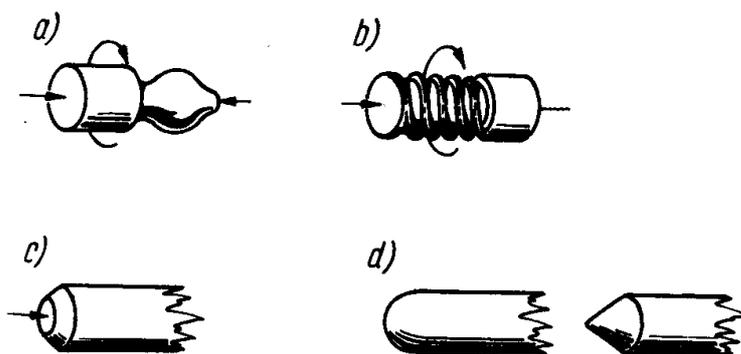
Przygotowanie do pracy noży tokarskich ręcznych polega na ich naostrzeniu. Ostrzy się je jednostronnie od strony płaszczyzny przyłożenia. Ostrzenie to odbywa się najczęściej na ostrzarkach zwykłych, a ostrzone narzędzia trzyma się w rękach. Zabieg ten należy wykonywać tak, aby kształt krawędzi tnącej i kąt ostrza noża nie ulegały zasadniczym zmianom. Grubość szlifowanej warstewki powinna być niewielka, nie powodująca przegrzewania się noża. Po ostrzeniu krawędzie tnące przygotowuje się ostatecznie przez obciążenie droбноziarnistą osełką.

Noże imakowe ostrzy się w taki sam sposób, jak noże ręczne, tj. na ostrzarkach zwykłych. W trakcie ostrzenia należy tak ukształtować powierzchnie przyłożenia i natarcia noży, aby kąt przyłożenia i kąt natarcia uzyskały właściwe wartości. W obróbce drewna toczeniem przyjmuje się zwykle kąt przyłożenia nie przekraczający  $20^\circ$ , kąt ostrza noży do toczenia miękkich gatunków drewna  $20\div 30^\circ$ , a dla drewna twardego –  $30\div 40^\circ$ . Noże imakowe mocuje się w szczelinie znajdującego się na suporcie zacisku, za pomocą śrub dociskowych. Nóż w suporcie należy zacisnąć w takim położeniu, aby jego główna krawędź tnąca zajmowała wymagane położenie względem osi obrotu elementu i znajdowała się na wysokości jego osi obrotu.

Noże do głowic obtaczarek ostrzy się podobnie jak noże do głowic frezarskich. Mocowanie tych noży w głowicach należy wykonywać z wykorzystaniem wzornika określonej średnicy, wykonanego z twardego drewna. Wzornik ten wprowadza się do otworu w głowicy i do jego powierzchni dosuwa krawędzie tnące noży, które mocuje się w tym położeniu śrubami zaciskowymi. Po zamocowaniu noży należy wykonać próbne obtoczenie łaty na obtaczarce i skontrolować suwmiarką średnicę uzyskanego drążka czy czopa. [1, s. 178]

## Toczenie drewna

Celem toczenia drewna jest pozyskanie elementów lub wyrobów o kolistym przekroju poprzecznym. W produkcji stolarskiej ten rodzaj obróbki nie jest stosowany powszechnie. Częściej występuje on podczas wytwarzania mebli giętych i galanterii drzewnej. Wyróżniamy toczenie zwykłe, śrubowe, obtaczanie drążków i czopów, zaokrąglanie i zaostrzanie końców. Wspólną cechą toczenia zwykłego i śrubowego jest obrót obrabianego materiału wokół swej osi. Podczas pozostałych sposobów toczenia element jest unieruchamiany lub wykonuje ruch posuwowy wzdłuż swojej osi.



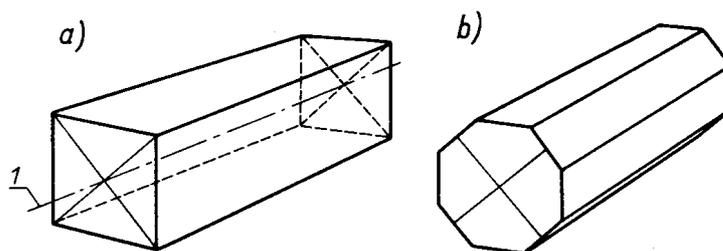
**Rys. 86.** Kształty elementów z drewna otrzymywane w wyniku toczenia: a) zwykłego, b) śrubowego, c) obtaczania drążków, d) zaokrąglania i zaostrzania końców [7, s. 149]

Do toczenia najlepsze jest drewno twarde o jednolitej strukturze, takie jak: buk, grusza, grab, orzech, oraz drewno gatunków bardziej miękkich; klon, brzoza i lipa.

Drewno toczy się na tokarkach i obtaczarkach. Narzędziami skrawającymi w tokarkach są noże tokarskie imakowe mocowane w suporcie. W starszych typach tokarek noże tokarskie podczas toczenia trzymane są w rękach i wspierane na podstawce nożowej.

Noże takie są podobne do dłut i są nazywane również dłutami tokarskimi. Podczas obtaczania stosuje się głowice do obtaczarek z wymiennymi nożami.

Drewno przeznaczone do toczenia trzeba uformować w graniastosłup o podstawie ośmioboku, po uprzednim oznaczeniu miejsc, przez które przechodzi oś wzdłużna elementu. Dotyczy to szczególnie graniaków o większych przekrojach poprzecznych. Tak uformowany graniak mocuje się w tokarce za pomocą uchwytów umieszczonych we wrzecionie i koniku. Podczas toczenia brył obrotowych o złożonych kształtach najpierw pozyskuje się walec o powierzchni nierównej. Jeśli stosuje się noże tokarskie sterowane ręcznie, to walce wykonuje się za pomocą noża zdzieraka o półokrągłym kształcie krawędzi tnącej.



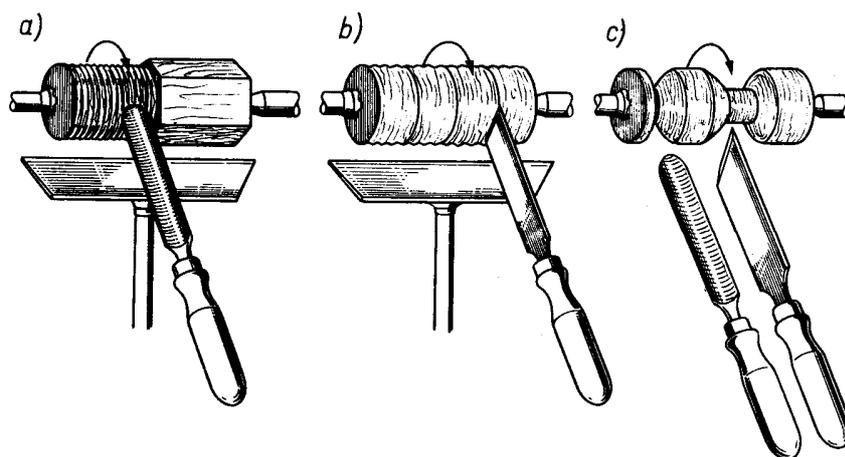
**Rys. 87.** Przygotowanie drewna do toczenia: a) graniastosłup o podstawie kwadratu, b) graniastosłup o podstawie ośmioboku: 1 – oś wzdłużna graniastosłupa i sposób jej wyznaczania [7, s. 150]

Na walcu tym oznacza się nożem płaskim prostym wgłębienia, a następnie formuje się pożądaną bryłę obrotową. Średnice elementu w różnych punktach jego długości można sprawdzać za pomocą macek tokarskich lub wzornika przykładanego do wirującego materiału.

W produkcji masowej stosuje się tokarki automatyczne lub tokarki-kopiarki, w których ruchy noży osadzonych w suporcie są wykonywane samoczynnie, zgodnie z kształtami wymiennego wzornika.

Obrotowy ruch materiału stwarza zagrożenie wypadkowe, które występuje zwłaszcza podczas trzymania i wodzenia noży rękami. Szczególnie w pierwszej fazie formowania walca istnieje niebezpieczeństwo wyrwania noża z dłoni. W celu zredukowania takiej możliwości do minimum należy przysunąć podstawkę nożową najbliżej obrabianego materiału, a nóż trzymać mocno w dłoniach – ustawiony pod kątem zbliżonym do kąta prostego w stosunku do wzdłużnej osi toczzonego elementu.

Dużo bezpieczniejsza jest obsługa tokarki suportowej. Obsługujący tokarkę powinien mieć ściśle opięte rękawy powyżej nadgarstka, a z szyi czy bluzy roboczej nie może zwisać szalik ani płat tkaniny, z której ubranie jest sporządzone. [7, s. 151]



**Rys. 88.** Etapy toczenia: a) obtaczanie graniastosłupa, b) oznaczanie granic wgłębień i wypukłości, c) toczenie ostateczne i wygładzanie nożem (dłutem) płaskim [7, s. 151]

## Tokarki

Tokarki są stosowane do produkcji przedmiotów o kształcie brył obrotowych, tj. takich, których przekrój ma kształt kołowy. Typowymi wyrobami wykonywanymi na tokarkach są: trzonki i rękojeści do różnych narzędzi, szpule dla przemysłu włókienniczego, słupki i szczebliny do balustrad, zabawki, różne przedmioty użytku domowego, sprzęt sportowy, modele odlewnicze itp.

Ze względu na sposób zamocowania obrabianego elementu tokarki dzieli się na: kłowe, tarczowe i kłowo-tarczowe, a w zależności od sposobu zamocowania narzędzia – na tokarki bezsuportowe (zwykłe) i suportowe.

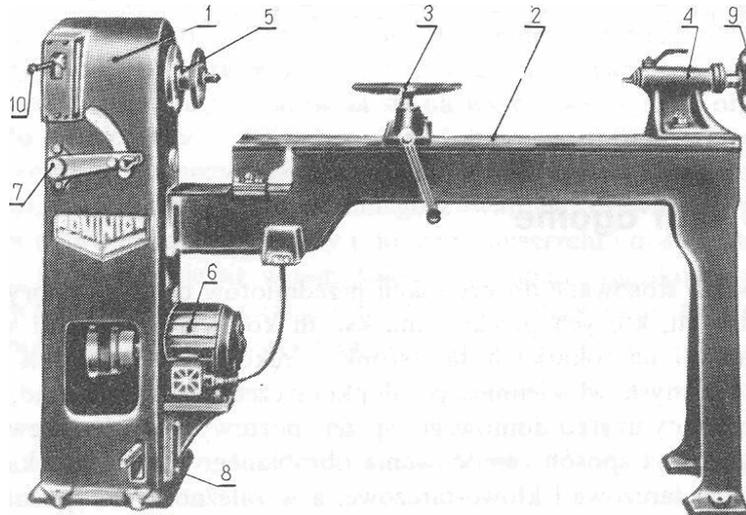
Obtaczarki stanowią oddzielną grupę obrabiarek przystosowanych do masowej produkcji drążków lub do obtaczania końców elementów. Na obtaczarkach produkuje się drążki przeznaczone do wyrobu mebli giętych, trzonki do rękojeści do narzędzi, kołki do połączeń kołkowych itp. W zależności od konstrukcji obtaczarki i narzędzia na obtaczarkach można wykonywać proste lub krzywe drążki o stałej lub zmiennej średnicy.

## Tokarki kłowe

Tokarka kłowa bezsuportowa jest przeznaczona do toczenia przedmiotów o wydłużonym kształcie, odznaczających się małą średnicą w porównaniu z długością. Tokarka taka składa się z wrzeciennika 1, łoży 2, podstawki nożowej 3 i konika 4. We wrzecienniku jest ułożyskowane wrzeciono 5, napędzane od silnika elektrycznego 6 za pośrednictwem kilkustopniowej przekładni pasowej, umożliwiającej dostosowywanie prędkości obrotowej wrzeciona do średnicy obrabianego elementu. Prędkość obrotową wrzeciona zmienia się dźwignią 7 przy jednoczesnym uniesieniu płyty silnikowej pedałem 8. Wrzeciono tokarki ma gwintowaną końcówkę i stożkowe gniazdo. W celu zamocowania elementu na końcówkę wrzeciona – w zależności od potrzeby – można nakręcać uchwyty szczełkowe lub tarcze zabierakowe albo też osadzać w gnieździe wrzeciona różne rodzaje kłów i zabieraków. Zarówno podstawa nożowa, jak i konik są przesuwane wzdłuż łoża i ustalane na nim śrubami zaciskowymi w położeniu dostosowanym do długości elementu. Podstawa nożowa może być przesuwana również w kierunku prostopadłym do łoża, co umożliwia dostosowanie jej położenia do średnicy toczzonego drewna. Przy toczeniu elementów zbieżnych lub obróbce powierzchni czołowych elementów podstawkę ustawia się równoległe do obrabianej powierzchni, obracając ją dokoła osi pionowej. W stożkowym gnieździe konika osadza się kiel stały lub obrotowy, którym element mocuje się w tokarce

przez wciśnięcie kła w drewno za pośrednictwem pokręta 9. Do szybkiego zatrzymywania wrzeciona lub unieruchamiania go w celu wymiany uchwytu służy hamulec 10.

W trakcie toczenia narzędzie jest trzymane w rękach i przesuwane wzdłuż podstawki nożowej, którą należy ustawiać bezpośrednio przy obrabianej powierzchni. Wysokość ustawienia podstawki musi być dobrana tak, aby krawędź tnąca noża tokarskiego znajdowała się w płaszczyźnie poziomej, przechodzącej przez oś obrotu elementu. Ze względu na małą wydajność i dokładność obróbki tokarki bezsupportowe są stosowane jedynie w produkcji jednostkowej. [1, s. 180]



**Rys. 89.** Tokarka kłowa bezsupportowa [1, s. 180]: 1 – wrzeciennik, 2 – łożo, 3 – podstawa nożowa, 4 – konik, 5 – wrzeciono, 6 – silnik elektryczny, 7 – dźwignia do zmiany prędkości obrotowej wrzeciona, 8 – pedał do wychylenia silnika, 9 – pokrętło konika, 10 – hamulec

#### 4.9.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Do jakich prac stosowane są tokarki?
2. Jaka jest klasyfikacja tokarek?
3. Jakie są kolejne etapy toczenia drewna?
4. Jak można podzielić noże stosowane do tokarek?
5. Na czym polega przygotowanie noży tokarskich do pracy?
6. Na czym polega przygotowanie drewna do toczenia?
7. Jakie gatunki drewna są stosowane do toczenia?

#### 4.9.3. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Wykonaj toczenie nogi do stołu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą i instrukcją dotyczącą zasad obsługi i bezpiecznej pracy,
- 2) dokonać analizy rysunku profilu do wykonania,
- 3) określić kolejność wykonywanych czynności,

- 4) dokonać wyboru noża do wykonywanej operacji,
- 5) ustalić parametry skrawania,
- 6) zamocować nóż w imaku,
- 7) przygotować element,
- 8) zamocować element w tokarce,
- 9) wykonać toczenie,
- 10) sprawdzić czy wymiary wykonanego profilu są zgodne z wymiarami na rysunku,
- 11) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zestaw noży imakowych,
- tokarka kłowa suportowa,
- materiał do obróbki,
- zestaw narzędzi pomiarowych,
- literatura z rozdziału 6.

## Ćwiczenie 2

Wykonaj toczenie elementów meblowych z wykorzystaniem tokarki bezsuportowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z literaturą i instrukcją dotyczącą zasad obsługi i bezpiecznej pracy,
- 2) dokonać analizy rysunku profilu do wykonania,
- 3) określić kolejność wykonywanych czynności,
- 4) dokonać wyboru dłuta tokarskiego do wykonywanej operacji,
- 5) przygotować element,
- 6) zamocować element w tokarce,
- 7) ustawić podstawkę nożowa,
- 8) wykonać toczenie,
- 9) sprawdzić czy wymiary wykonanego profilu są zgodne z wymiarami na rysunku,
- 10) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zestaw dłut tokarskich,
- tokarka kłowa bezsuportowa,
- materiał do obróbki,
- zestaw narzędzi pomiarowych,
- literatura z rozdziału 6.

### 4.9.4. Sprawdzian postępów

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
<b>Czy potrafisz:</b>		
1) określić rodzaj prac wykonywanych na tokarkach?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) dokonać klasyfikacji tokarek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) scharakteryzować etapy toczenia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) scharakteryzować noże tokarskie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić kolejne czynności podczas przygotowania tokarek do pracy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) określić kolejne czynności podczas przygotowania materiału do toczenia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) scharakteryzować gatunki drewna przeznaczone do toczenia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

### INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

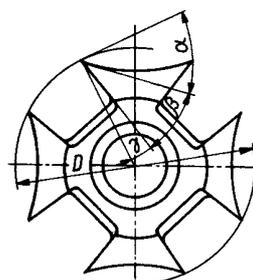
1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 20 zadań o różnym stopniu trudności. Każde zadanie zawiera cztery odpowiedzi, z których tylko jedna jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi, stawiając w odpowiedniej rubryce znak X. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową.
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
7. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie sprawiało Ci trudność, odłóż jego rozwiązanie na później i wróć, gdy zostanie czas wolny.
8. Na rozwiązanie testu masz 45 minut.

Powodzenia!

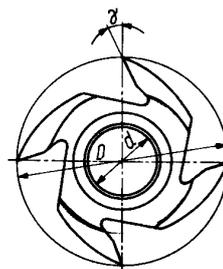
### ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Do połączeń rozłącznych należy połączenie
  - a) lutowane.
  - b) spawane.
  - c) nitowe.
  - d) gwintowe.
2. Sprzęgła służą do
  - a) zmniejszania tarcia.
  - b) łączenia wałów w sposób umożliwiający przenoszenie napędu z jednego na drugi.
  - c) zwiększania prędkości obrotowej.
  - d) tłumienia drgań.

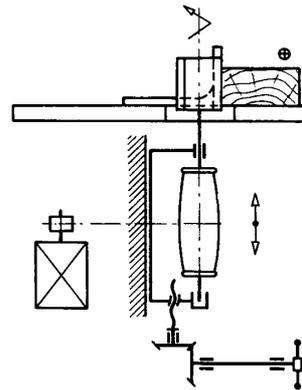
3. Rysunek przedstawia frez nasadzany
  - a) gwiazdowy.
  - b) ścinowy.
  - c) zataczany.
  - d) złożony.



4. Rysunek przedstawia frez nasadzany
  - a) gwiazdowy.
  - b) ścinowy.
  - c) zataczany.
  - d) złożony.

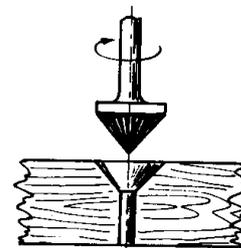


5. Rysunek przedstawia schemat budowy
- frezarki górnwrzecionowej.
  - frezarki dolnwrzecionowej.
  - czopiarki.
  - wzorczarki.

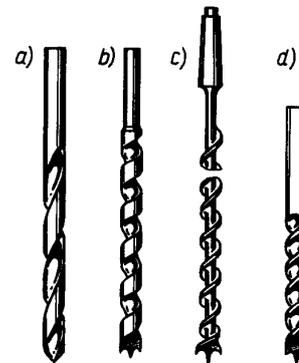


6. W frezarkach dolnwrzecionowych stosuje się prędkości obrotowe wrzeciona
- 1000/2000.
  - 3000/6000.
  - 6000/10000.
  - 12000/18000.

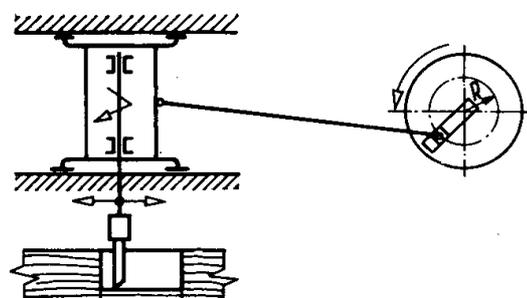
7. Na rysunku przedstawiono następujący sposób maszynowego wiercenia drewna
- przewiercanie.
  - wywiercanie.
  - nawiercanie.
  - pogłębianie.



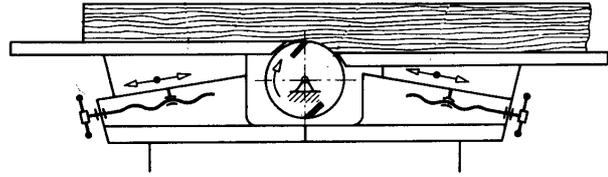
8. Wiertło kręte dwuzwojowe przedstawia rysunek
- a.
  - b.
  - c.
  - d.



9. Rysunek przedstawia schemat
- frezarki górnwrzecionowej.
  - wiertarko-frezarki.
  - dłutarki.
  - wczepiarki.



10. Rysunek przedstawia schemat
- frezarki górnwrzecionowej.
  - strugarki grubiaraki.
  - dłutarki.
  - strugarki wyrówniarki.



11. Rysunek przedstawia łożysko
- kulkowe.
  - igielkowe.
  - baryłkowe.
  - stożkowe.



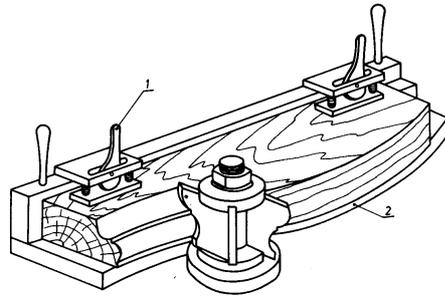
12. Szlifierki są przeznaczone do
- nadania profili.
  - nadania odpowiednich kształtów i wymiarów.
  - wyrównania i wygładzenia powierzchni.
  - wyrównania powierzchni elementów wykonanych z płyty wiórowej laminowanej.
13. W szlifierkach szczotkowych część roboczą stanowi
- tarcza ścierna.
  - taśma bez końca.
  - wałek szlifierski.
  - wałek składający się z szeregu szczotek.
14. Szlifierka taśmowa z ruchomym stołem przystosowana jest do szlifowania
- elementów profilowanych.
  - dużych powierzchni elementów płytowych.
  - drażków.
  - na grubość.
15. Celem piłowania drewna jest
- podzielenie drewna na elementy.
  - nadanie gładkości.
  - wykonanie profilu.
  - nadanie chropowatości.
16. Urządzeniami pomocniczymi w frezarce są
- stolik.
  - wrzeciono.
  - trzcień frezarski.
  - pas płaski.
17. Zespół zaciskowy ma na celu
- wprawiać w ruch inne zespoły.
  - nadawać obrabianemu przedmiotowi posuw.
  - unieruchomienie obrabianego przedmiotu.
  - wywierać nacisk na obrabiany przedmiot, gdy przedmiot ten wykonuje ruch posuwowy.

18. Klin rozszczepiający powinien być zamocowany

- a) równo z piłą.
- b) powyżej piły 2 mm.
- c) poniżej piły 2 mm.
- d) poniżej piły 10 mm.

19. Na rysunku przedstawiono frezowanie przy użyciu frezarki dolnowrzecionowej z wykorzystaniem

- a) sprężynowego urządzenia dociskowego.
- b) dostawnego zespołu posuwowego.
- c) wzornika i pierścienia prowadzącego.
- d) stolika pomocniczego.



20. Prędkość powietrza instalacji odwirowywania wynosi

- a)  $5 \div 10$  m/s.
- b)  $10 \div 12$  m/s.
- c)  $18 \div 30$  m/s.
- d)  $30 \div 40$  m/s.

## KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko .....

### Wykonywanie maszynowej obróbki drewna i tworzyw drzewnych

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
16	a	b	c	d	
17	a	b	c	d	
18	a	b	c	d	
19	a	b	c	d	
20	a	b	c	d	
<b>Razem:</b>					

## 6. LITERATURA

1. Bajkowski J.: Maszyny i urządzenia do obróbki drewna. Część 1. WSiP, Warszawa 1997
2. Bieniek S.: Maszyny i urządzenia do obróbki drewna. Część 2. WSiP, Warszawa 1990
3. Bieniek S., Duchnowski K.: Obrabiarki i urządzenia w stolarstwie. WSiP, Warszawa 1992
4. Deyda B., Beilschmidt L., Blotz G.: Technologia drewna. Część 2. REA, Warszawa 2002
5. Nowak H.: Stolarstwo – Technologia i materiałoznawstwo. Część 2, WSiP, Warszawa 2000
6. Prządka W., Szczuka J.: Technologia meblarstwa. Część II. WSiP, Warszawa 1996
7. Prządka W., Szczuka J.: Stolarstwo. Część II. WSiP, Warszawa 1995
8. Siemiński R.: Obrabiarki do drewna. PWN, Warszawa 1991
9. Katalog urządzeń do obróbki drewna
10. [www.faba.pl](http://www.faba.pl)
11. [www.leitz.pl](http://www.leitz.pl)

### Czasopisma

- Gazeta Przemysłu Drzewnego: Wydawnictwo Inwestor sp. z o.o.
- Meblarstwo – pismo dla producentów i odbiorców mebli: Wydawnictwo Inwestor sp. z o.o.
- Przemysł Drzewny: Wydawnictwo Świat sp. z o.o.