



MINISTERSTWO EDUKACJI
NARODOWEJ



Ryszard Baliński

Charakteryzowanie obrabiarek skrawających 722[02].Z2.02

Poradnik dla ucznia

Wydawca

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

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

Recenzenci:

mgr inż. Igor Lange

mgr inż. Wiesław Wiejowski

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Paweł Krawczak

Konsultacja:

mgr Małgorzata Sienna

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 722[02].Z2.02 „Charakteryzowanie obrabiarek skrawających”, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu Operator obrabiarek skrawających.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	5
3. Cele kształcenia	6
4. Materiał nauczania	7
4.1. Klasyfikacja obrabiarek	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	10
4.1.3. Ćwiczenia	11
4.1.4. Sprawdzian postępów	11
4.2. Układ konstrukcyjny i kinematyczny obrabiarki	12
4.2.1. Materiał nauczania	12
4.2.2. Pytania sprawdzające	16
4.2.3. Ćwiczenia	17
4.2.4. Sprawdzian postępów	17
4.3. Napędy ruchów głównych i posuwowych	18
4.3.1. Materiał nauczania	18
4.3.2. Pytania sprawdzające	29
4.3.3. Ćwiczenia	29
4.3.4. Sprawdzian postępów	30
4.4. Zasady bazowania i mocowania przedmiotów obrabianych i narzędzi przy obróbce skrawaniem	31
4.4.1. Materiał nauczania	31
4.4.2. Pytania sprawdzające	37
4.4.3. Ćwiczenia	37
4.4.4. Sprawdzian postępów	38
4.5. Mechanizmy sterowania, nastawcze i pomiarowe oraz smarujące i chłodzące obrabiarek	39
4.5.1. Materiał nauczania	39
4.5.2. Pytania sprawdzające	49
4.5.3. Ćwiczenia	50
4.5.4. Sprawdzian postępów	50
4.6. Obrabiarki do obróbki skrawaniem	51
4.6.1. Materiał nauczania	51
4.6.2. Pytania sprawdzające	67
4.6.3. Ćwiczenia	67
4.6.4. Sprawdzian postępów	68
5. Sprawdzian osiągnięć	69
6. Literatura	74

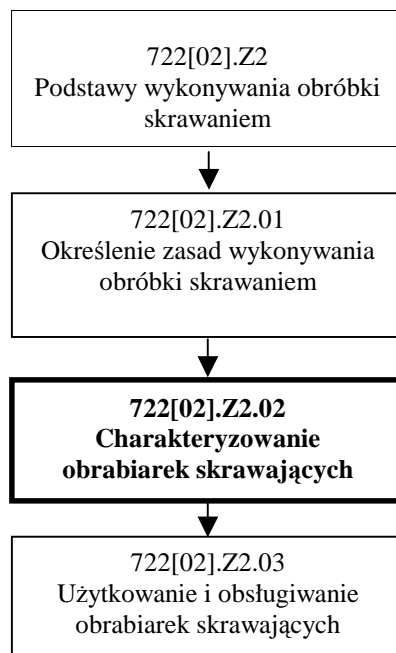
1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy dotyczącej zasad wykonywania obróbki skrawaniem.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne określające umiejętności, jakie powinieneś posiadać abyś mógł bez problemów rozpocząć pracę z poradnikiem,
- cele kształcenia czyli wykaz umiejętności, jakie opanujesz w wyniku realizacji programu jednostki modułowej,
- materiał nauczania, czyli wiadomości teoretyczne konieczne do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań sprawdzających,
- ćwiczenia zawierające polecenia, sposób wykonania oraz wyposażenie stanowiska pracy, które pozwolą Ci ukształtować określone umiejętności praktyczne,
- sprawdzian postępów pozwalający sprawdzić Twój poziom wiedzy po wykonaniu ćwiczeń,
- sprawdzian osiągnięć opracowany w postaci testu, który umożliwi sprawdzenie Twoich wiadomości i umiejętności opanowanych podczas realizacji programu jednostki modułowej,
- literaturę związaną z programem jednostki modułowej umożliwiającą pogłębienie Twojej wiedzy z zakresu programu tej jednostki.

Materiał nauczania został podzielony na sześć części. W pierwszej części znajdziesz informacje związane z klasyfikacją, normalizacją, typizacją i unifikacją obrabiarek. W części drugiej zawarte zostały podstawowe pojęcia związane z układami konstrukcyjnymi i kinematycznymi obrabiarek. Informacje na temat napędów ruchów głównych i posuwowych zawarte zostały w części trzeciej. Czwarta część poświęcona została zasadom bazowania i mocowania przedmiotów obrabianych i narzędzi przy obróbce skrawaniem. W piątej części zawarto materiał nauczania poświęcony mechanizmom sterowania, nastawczym i pomiarowym oraz smarującym i chłodzącym obrabiarek. Ostatnia część zawiera informacje na temat obrabiarek do obróbki skrawaniem.



Schemat układu jednostek modułowych

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- komunikować się i pracować w zespole,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- rozpoznawać rodzaje rysunków stosowanych w dokumentacji technicznej,
- odczytywać informacje podane na rysunku wykonawczym i złożeniowym,
- dobierać materiały konstrukcyjne,
- rozróżniać cechy obróbki cieplnej, cieplno-chemicznej, plastycznej i odlewnictwa,
- rozpoznawać części maszyn i mechanizmów,
- określać zasady obróbki skrawaniem,
- samodzielnie podejmować decyzje.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- określić znaczenie normalizacji i unifikacji w budowie maszyn,
- sklasyfikować obrabiarki,
- określić cel procesu roboczego obrabiarki,
- rozróżnić elementy układu konstrukcyjnego obrabiarki,
- scharakteryzować układ kinematyczny obrabiarki,
- scharakteryzować źródła napędu i zespoły napędowe,
- określić zespoły robocze obrabiarki,
- dokonać analizy schematów kinematycznych obrabiarek,
- wyjaśnić sterowanie przebiegiem pracy obrabiarek,
- rozpoznać podstawowe grupy obrabiarek oraz ich oprzyrządowanie,
- rozpoznać mechanizmy i elementy obrabiarek,
- wyjaśnić budowę i zasadę działania: tokarek, frezarek, wiertarek, szlifierek, wytaczarek, strugarek, przeciągarek i obrabiarek do uzębień,
- rozróżnić przyrządy i uchwyty stosowane w obróbce skrawaniem,
- określić cechy charakterystyczne obrabiarek zespołowych, zautomatyzowanych linii obróbkowych oraz elastycznych systemów obróbkowych,
- rozpoznać obrabiarki sterowane numerycznie,
- skorzystać z Dokumentacji Techniczno-Ruchowej obrabiarki.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Klasyfikacja obrabiarek

4.1.1. Materiał nauczania

Obrabiarki skrawające do metali, w stopniu większym niż inne maszyny produkcyjne, odznaczają się bogactwem rozwiązań konstrukcyjnych, wynikających z ich rozmaitego przeznaczenia i zastosowania. W związku z tym klasyfikację obrabiarek trudno oprzeć na jednolitych kryteriach podziału.

Klasyfikacja obejmuje łącznie obrabiarki ubytkowe (w których proces kształtowania przedmiotów powoduje ubytek materiału wyjściowego), a więc zarówno obrabiarki skrawające – pracujące za pomocą narzędzi skrawających, jak i obrabiarki pracujące innymi sposobami, np. elektroerozyjne, ultradźwiękowe, laserowe i in.

Rodzaje, odmiany i typy obrabiarek stosowane są w zależności od:

- kształtu przedmiotu obrabianego,
- wymiarów przedmiotu obrabianego,
- rodzaju materiału obrabianego,
- wielkości produkcji,
- wymaganej dokładności wymiarów,
- gładkości obrabianej powierzchni,
- wydajności,
- ekonomiczności produkcji.

Liczba obrabiarek do obróbki metali skrawaniem stosowanych we współczesnym przemyśle maszynowym jest bardzo duża; istnieje wiele setek typów obrabiarek ogólnego przeznaczenia i kilka tysięcy typów obrabiarek specjalizowanych i specjalnych branżowych. Liczba odmian i typów obrabiarek stale wzrasta.

Na skutek tego zaistniała konieczność przeprowadzenia klasyfikacji obrabiarek. Klasyfikacja taka ułatwia ustalenie założeń konstruktorowi i producentowi oraz pomaga użytkownikowi w sprecyzowaniu zamówienia potrzebnych mu obrabiarek.

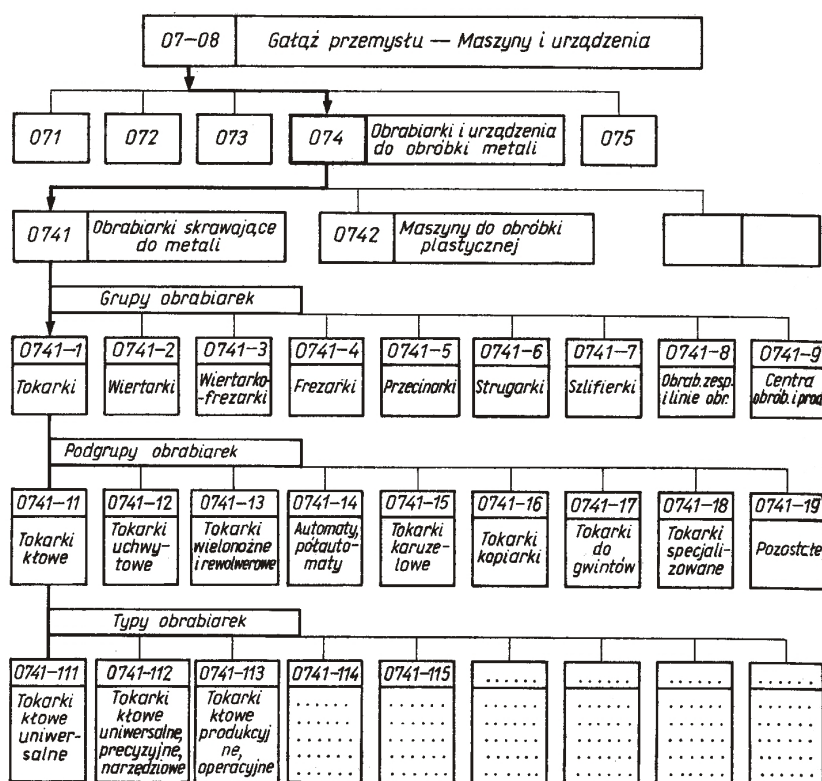
Klasyfikacja obrabiarek skrawających do metali stanowi jeden z działów klasyfikacji środków produkcji i została objęta normą państwową PN/M-02780 ustanowioną w 1952 r. Ponieważ norma ta obecnie już nie obowiązuje, a nowej nie ustanowiono, więc do celów statystycznych i handlowych wykorzystuje się klasyfikację obrabiarek podaną w systematycznym wykazie wyrobów (SWW) wydanym przez Główny Urząd Statystyczny (GUS).

W wykazie tym maszyny i urządzenia stanowią gałąź przemysłu oznaczoną symbolem 07-08, której częścią są obrabiarki i urządzenia do obróbki metali oznaczone symbolem 074, natomiast obrabiarki skrawające do metali stanowią dział oznaczony symbolem 0741 jak to podano na schemacie przed stawionym na rysunku 1.

W dziale obrabiarek wyróżniono 9 następujących grup:

- 0741-1 – tokarki,
- 0741-2 – wiertarki i gwinciarki,
- 0741-3 – wiertarko-frezarki i wytaczarki,
- 0741-4 – frezarki,
- 0741-5 – przecinarki, nakiełczarki, pilnikarki,
- 074 1-6 – strugarki, dłutownice, przeciągarki,

- 074 1-7 – szlifierki,
 - 0741-8 – linie, zespoły i jednostki obróbcze,
 - 074 1-9 centra obróbkowe, centra produkcyjne, zautomatyzowane zestawy produkcyjne.
- Poszczególne grupy obrabiarek dzieli się na podgrupy, np. podgrupę tokarek (0741-1) dzieli się na następujące podgrupy:
- 0741-11 – tokarki kłowe,
 - 0741-12 – tokarki uchwytywowe,
 - 0741-13 – tokarki wielonożowe i rewolwerowe,
 - 0741-14 – tokarki, automaty i półautomaty,
 - 0741-15 – tokarki karuzelowe,
 - 0741-16 – kopiarki,
 - 0741-17 – tokarki do gwintów i zataczarki,
 - 0741-18 – tokarki specjalizowane,
 - 0741-19 – tokarki pozostałe.



Rys. 1. Schemat klasyfikacji obrabiarek zastosowany w systematycznym wykazie wyrobów (SWW) [6].

W poszczególnych podgrupach rozróżnia się typy obrabiarek; i tak np. w podgrupie tokarek kłowych rozróżnia się:

- 0741-111- tokarki kłowe uniwersalne,
- 0741-112 – tokarki kłowe uniwersalne precyzyjne, narzędziowe,
- 0741-113 – tokarki kłowe produkcyjne operacyjne,
- 0741-114 – tokarki kłowe produkcyjne zwykłe,
- – tokarki kłowe (nie podane),
- – tokarki kłowe (nie podane),
- 0741-117 – tokarki kłowe ze sterowaniem numerycznym odcinkowym,
- 0741-118 – tokarki kłowe ze sterowaniem numerycznym ciągłym,
- 0741-119 – kłowe pozostałe.

Podana w Systematycznym Wykazie Wyrobów klasyfikacja obrabiarek ma wiele wad, gdyż nie rozróżnia np. odmian i wielkości obrabiarek oraz w małym stopniu uwzględnia rodzaj sterowania i stopień automatyzacji. Jednakże dokonanie uniwersalnej klasyfikacji opartej na jednolitych kryteriach podziału nie jest sprawą łatwą, ze względu na olbrzymią różnorodność rozwiązań konstrukcyjnych obrabiarek.

W polskim przemyśle obrabiarkowym, podobnie jak w większości krajów, dla oznaczenia typów produkowanych obrabiarek stosuje się skrócone symbole literowo-cyfrowe. Symbole oparte na tym systemie są krótkie i dają się łatwo zapamiętać.

Na przykład dla oznaczenia tokarek kłowych używa się litery T, tokarki rewolwerowe mają symbol R, tokarki karuzelowe K, automaty tokarskie A itd. Na drugim miejscu ustawia się dużą literę oznaczającą podgrupę, na trzecim – wykonanie konstrukcyjne. Symbol jest uzupełniony na końcu liczbą określającą podstawową wielkość oznaczeniową obrabiarki. Np. TUB 32 oznacza tokarkę kłową (T), uniwersalną (U), wykonanie konstrukcyjne B, o maksymalnej średnicy toczenia nad łóżem 320 mm; RVL 63 – jest oznaczeniem tokarki rewolwerowej, z głowicą o pionowej osi obrotu (V), wykonanie konstrukcyjne L (lekkie), o prześwicie wrzeciona 63 mm. Symbolem AWA 10 Fabryka Automatów Tokarskich w Bydgoszczy oznaczyła automat tokarski wzdłużny, o największej średnicy obrabianego pręta wynoszącej 10 mm, który to automat wg SWW ma symbol 0741-141, a symbolem WFB 80A Dąbrowska Fabryka Obrabiarek oznaczyła wiertarko-frezarkę łóżową, o średnicy wrzeciona 80 mm, która w katalogu SWW ma symbol 0741-311

Ze względu na przeznaczenie produkcyjne rozróżnia się:

- obrabiarki ogólnego przeznaczenia – to typowe obrabiarki przeznaczone do wykonywania różnorodnych robót na różnych przedmiotach obrabianych. Dlatego też mają one znacznie rozbudowany mechanizm ruchu głównego i posuwowego. Na ogół nie mają złożonych mechanizmów hydraulicznych, pneumatycznych i elektrycznych. Stosowane są zazwyczaj w produkcji jednostkowej oraz mało- i średnioseryjnej, rzadziej w produkcji wielkoseryjnej i masowej. W tym przypadku przez wyposażenie ich w specjalne przyrządy są adaptowane do jakiejś specjalnej operacji. Wówczas pracują jak obrabiarki specjalne.
- obrabiarki specjalne branżowe służą do wykonywania jednej lub kilku różnych operacji, ale na określonym przedmiocie. Przeznaczone są dla poszczególnych przemysłów.
- obrabiarkami specjalizowanymi nazywa się obrabiarki przystosowane do wąskiego zakresu prac wykonywanych na różnych przedmiotach. Stosowane są one w różnych gałęziach przemysłu. Do tej klasy obrabiarek w grupie tokarek można zaliczyć tokarki-koparki, w grupie wiertarek – wiertarki współrzędnościowe itp.

Natomiast ze względu na możliwości obróbkowe rozróżnia się:

- obrabiarki uniwersalne – o dużej różnorodności wykonywanych zabiegów, stosowane głównie w produkcji jednostkowej i małoseryjnej,
- obrabiarki produkcyjne – o mniejszym zakresie wykonywanych zabiegów, ale o zwiększonej wydajności, stosowane głównie do produkcji seryjnej,
- obrabiarki uproszczone – o ograniczonym zakresie wykonywanych zabiegów.

Głównymi wielkościami charakterystycznymi obrabiarek są:

- maksymalne wymiary obrabianych przedmiotów, np. średnicy i długości toczenia w przypadku tokarek kłowych,
- maksymalne średnice narzędzi, np. maksymalna średnica wiercenia w przypadku wiertarek, maksymalne wymiary przestrzeni roboczej, np. maksymalna powierzchnia robocza i maksymalne przesuw stołu w przypadku frezarek,
- maksymalne obciążenie robocze, np. maksymalna siła skrawania w przypadku przeciągarek,
- wymiary elementów przyłączeniowych, np. końcówek wrzecion, rowków teowych.

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

W celu pełniejszego scharakteryzowania obrabiarki podaje się dodatkowe wielkości charakterystyczne, takie jak: wymiary gabarytowe, masa obrabiarki, moce silników, prędkości obrotowe wrzecion, wartości posuwów itp.

Normalizacja i unifikacja

W budowie obrabiarek oraz wszelkiego rodzaju maszyn i urządzeń stosuje się typizację, unifikację i normalizację części i zespołów.

Typizacja konstrukcji polega na racjonalnym zmniejszeniu części, podzespołów i węzłów konstrukcyjnych, a najszerzej wyrobów gotowych (finalnych), do liczby wystarczającej w danych warunkach i w danym okresie czasu. Najlepiej jest, jeśli typizacja obejmuje konstrukcje, które w wyniku praktycznego sprawdzenia okazały się najbardziej celowe i sprawne.

Właściwie pojmowana typizacja, przyczyniając się do zmniejszenia różnorodności rozwiązań konstrukcyjnych, przynosi korzyści ujawniające się w skróceniu czasu projektowania, zmniejszeniu kosztów produkcji (możliwość produkcji seryjnej) i polepszeniu jakości wyrobu (sprawdzone działanie, materiały, trwałość i niezawodność). Przykładami typizacji w dziedzinie obrabiarek są: rozwiązania konstrukcyjne węzłów łożyskowych, układy kinematyczne skrzynek przekładniowych, kształty prowadnic, listwy skalowe, listwy zderzakowe i in.

Unifikacja polega na konstruowaniu technicznie i ekonomicznie uzasadnionych, optymalnie zróżnicowanych zespołów i części w celu szerokiego i różnorodnego ich wykorzystania do budowy wyrobów złożonych różnych typów lub odmian, różniących się przeznaczeniem produkcyjnym (np. obrabiarki uniwersalne i produkcyjne), zakresem zastosowań (zawężenie lub rozszerzenie zadań obróbkowych) lub wielkością (np. tokarki o różnym rozstawie kłów). W dziedzinie obrabiarek unifikacja rozwinęła się tak dalece, że stała się jedną z najbardziej efektywnych współczesnych metod konstruowania.

Zmniejszając sumaryczną liczbę zespołów i elementów nowokonstruowanych, unifikacja – jeszcze bardziej niż typizacja – umożliwia zmniejszenie kosztów własnych produkcji, skrócenie cyklu produkcyjnego wyrobu oraz ułatwienie konserwacji i remontów.

Normalizacja polega na sprowadzeniu różnorodności w powtarzalnych postaciach do stanu optymalnego zróżnicowania, określonego i ustalonego jednoznacznie w drukowanych dokumentach techniczno-prawnych zwanych normami. Normalizacja jest poparta ugruntowanymi osiągnięciami nauki, techniki i praktyki. Postanowienia norm, utwierdzając jednolite i dostatecznie długotrwałe rozwiązanie określonego problemu normalizacyjnego, powinny równocześnie uwzględniać przyszły rozwój i postęp w określonej dziedzinie.

W dziedzinie konstrukcji normalizacja stawia do dyspozycji sprawdzony zbiór typowych elementów, parametrów i wymagań, pozwalając konstruktorowi skoncentrować się na rozwiązywaniu zagadnień istotnych, wymagających indywidualnego opracowania.

4.1.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jakie znasz rodzaje obrabiarek klasyfikując je ze względu na przeznaczenie produkcyjne?
2. Jaki jest ogólny podział obrabiarek?
3. Jakimi głównymi wielkościami charakteryzują się obrabiarki?
4. Co to jest typizacja i unifikacja?
5. Na czym polega normalizacja w budowie obrabiarek?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dokonaj przeglądu obrabiarek skrawających znajdujących się w pracowni obróbki mechanicznej. Z grupy obrabiarek zidentyfikuj obrabiarki uniwersalne, specjalizowane i specjalne.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienś:

- 1) dokonać przeglądu pracowni obróbki mechanicznej,
- 2) zidentyfikować obrabiarki uniwersalne, specjalizowane i specjalne,
- 3) przedstawić nauczycielowi swoje spostrzeżenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- obrabiarki,
- arkusze papieru,
- mazaki.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) rozróżnić rodzaje obrabiarek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) sklasyfikować obrabiarki ze względu na przeznaczenie produkcyjne?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) scharakteryzować poszczególne grupy obrabiarek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić, na czym polega typizacja w budowie obrabiarek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić korzyści z unifikacji i normalizacji w projektowaniu obrabiarek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2. Układ konstrukcyjny i kinematyczny obrabiarki

4.2.1. Materiał nauczania

Obrabiarka jako maszyna robocza technologiczna stanowi zespół mechanizmów, których konstrukcja i spełniane funkcje zależą od przeznaczenia produkcyjnego oraz od stopnia automatyzacji i wyposażenia obrabiarki.

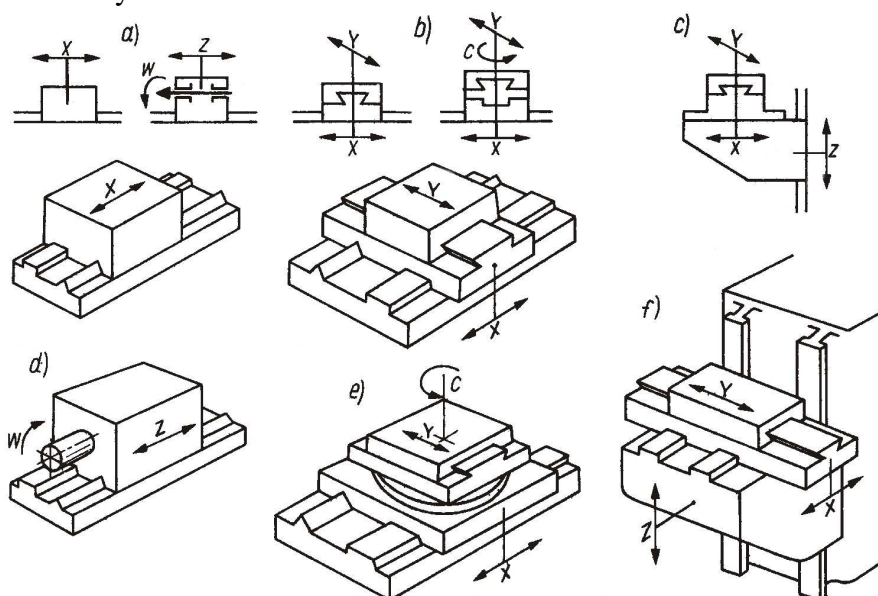
Pod względem funkcjonalnym można wyróżnić w obrabiarce szereg zespołów, które są przeznaczone do wykonywania określonych zadań w ramach procesu roboczego obrabiarki.

Do zespołów funkcjonalnych obrabiarki należą:

- zespoły robocze, których zadaniem jest wykonywanie podstawowych ruchów obrabiarki,
- korpusy, których zadaniem jest usytuowanie przestrzenne zespołów roboczych i powiązanie ich w jedną całość konstrukcyjną,
- zespoły napędowe, których zadaniem jest przeniesienie ruchu ze źródła napędu do zespołów roboczych obrabiarki,
- silniki elektryczne, które stanowią źródło energii mechanicznej dla zespołów napędowych,
- uchwyty, które są przeznaczone do łączenia (mocowania) narzędzi oraz przedmiotów obrabianych z zespołami roboczymi,
- zespoły i elementy sterowania, które służą do ręcznego lub automatycznego sterowania pracą obrabiarki,
- mechanizmy i elementy nastawcze i pomiarowe, których zadaniem jest ustalanie i pomiar położenia narzędzi względem przedmiotu obrabianego, urządzenia smarujące, chłodzące, usuwające wióry itp.

Czynnikami, które decydująco wpływają na układ konstrukcyjny obrabiarki, są liczba i rodzaj ruchów podstawowych oraz kierunki i drogi przemieszczanych zespołów roboczych.

Każdą obrabiarkę, jako układ konstrukcyjny, można usytuować w układzie osi współrzędnych prostokątnych X, Y, Z, z którymi wiąże się kierunki ruchów prostoliniowych oraz osie ruchów obrotowych.

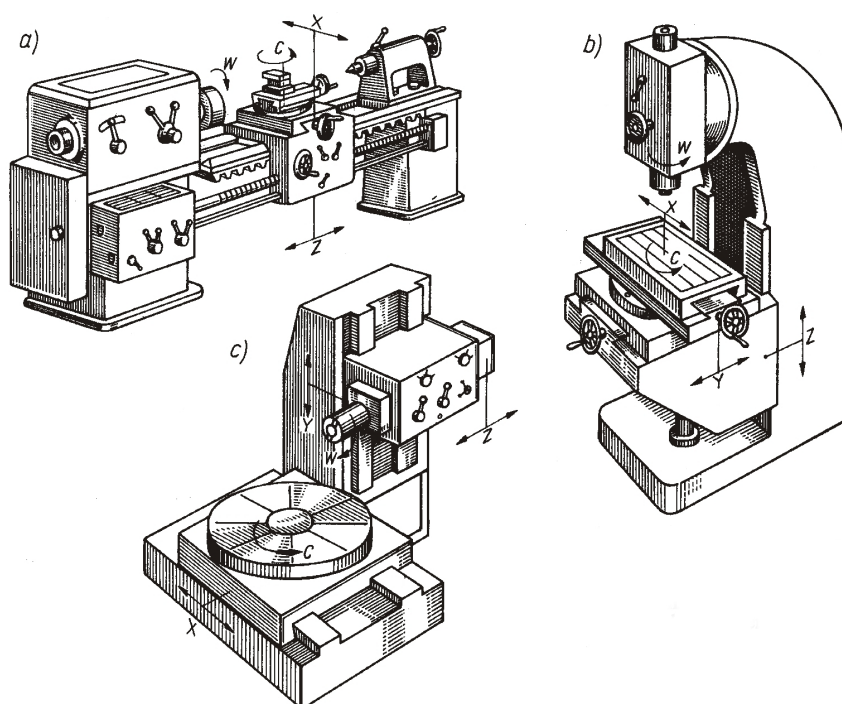


Rys. 2. Oznaczenia schematyczne i szkice przestrzenne zespołów roboczych; a) jednowspółrzędnościowego, b) dwuwspółrzędnościowego, c, f) trzywspółrzędnościowego, d) jednowspółrzędnościowego z wrzecionem roboczym, e) dwuwspółrzędnościowego z obrotową stołą [6].

Każda obrabiarka w zależności od jej przeznaczenia produkcyjnego jest wyposażona w zespoły robocze o niezbędnej dla nich liczbie ruchów prostoliniowych i obrotowych. Pod względem liczby ruchów prostoliniowych zespoły robocze mogą być jednowspółrzędnościowe, dwuwspółrzędnościowe (płaskie) i trzywspółrzędnościowe (przestrzenne). Zespołami jednowspółrzędnościowymi są np. suwaki strugarek lub dłutownic i niektóre jednostki obróbkowe, zespołami dwuwspółrzędnościowymi są np. stoły krzyżowe i suporty, a zespołami trzywspółrzędnościowymi są np. stoły frezarek wspornikowych. Przykłady takich zespołów roboczych podano na rysunku 2.

Zespoły robocze przystosowane do wykonywania ruchów obrotowych są wyposażone we wrzeciono do wykonywania ruchów głównych lub prowadnice obrotowe do wykonywania ruchów posuwowych lub nastawczych – jak to pokazano poglądowo na rysunku 2 d i e.

Układy konstrukcyjne trzech różnych obrabiarek z zaznaczonymi kierunkami, przemieszczeń zespołów roboczych w przyjętym układzie osi współrzędnych X, Y, Z oraz kierunkami ruchów obrotowych (głównych w i nastawczych C) przedstawiono na rysunku 3.



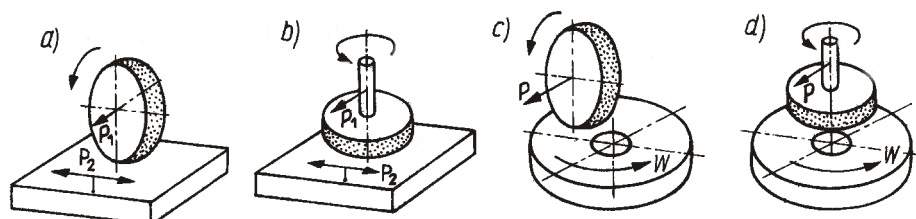
Rys. 3. Układy konstrukcyjne z za znaczonymi kierunkami przemieszczeń liniowych i kątowych: a) tokarki kłowej, b) frezarki wspornikowej pionowej, c) wytaczarko-frezarki z łóżem poprzecznym [6].

Kierunki ruchów prostoliniowych oraz osie obrotu zespołów roboczych ustala się na etapie projektowania obrabiarki, przyjmując najbardziej racjonalny pod względem użytkowym wariant konstrukcyjny, przy czym oś współrzędnych Z przyjmuje się jako oś wrzeciona roboczego.

W wielu przypadkach te same powierzchnie mogą być wykonane na obrabiarkach o odmiennych układach konstrukcyjnych, przy zastosowaniu różnych wariantów obróbki. Przykłady ilustrujące zastosowanie czterech różnych odmian konstrukcyjnych szlifierek do płaszczyzn oraz właściwych im sposobów obróbki przedstawiono na rysunek 4.

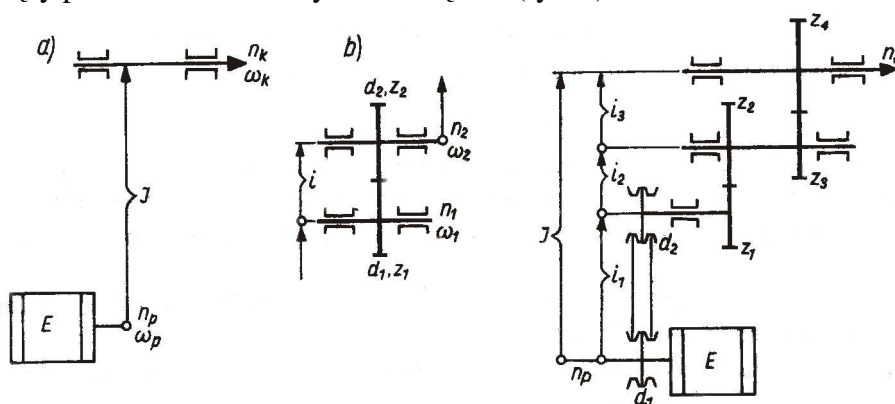
Układ kinematyczny obrabiarki stanowią mechanizmy służące do nadania zespołom roboczym obrabiarki ruchów niezbędnych do wykonania procesu roboczego. Mechanizmami, z których składa się układ kinematyczny obrabiarki, są najczęściej łańcuchy kinematyczne. Stanowią one zbiór powiązanych ze sobą spójnie par kinematycznych, utworzonych

zazwyczaj z przekładni zębatych i pasowych, a niekiedy także z przekładni śrubowych, krzywkowych, korbowych itp.



Rys. 4. Cztery warianty szlifowania płaszczyzny czołem lub obwodem ściernicy przy za stosowaniu: a, b) stołu przesuwne, c, d) stołu obrotowego [6].

W każdym łańcuchu kinematycznym można wyróżnić jego element początkowy (wejściowy), np. silnik, i element końcowy (wyjściowy), którym jest zazwyczaj człon roboczy niosący przedmiot obrabiany lub narzędzie (rys. 5).



Rys. 5. Szkice ilustrujące sposób oznaczania przełożeń: a) całego łańcucha, b) pojedynczej przekładni, c) łańcucha składającego się z przekładni pasowej i dwóch przekładni zębatych E – silnik elektryczny; ω_p, n_p – prędkość kątowa i obrotowa elementu początkowego (napędzającego); ω_k – prędkość kątowa i obrotowa elementu końcowego (napędzanego); d_1, d_2 – średnice kół pasowych; z_1, z_2, z_3, z_4 – liczby zębów kół zębatych; I – przełożenie całkowite łańcucha; i_1, i_2, i_3, i_4 – przełożenia poszczególnych przekładni [6].

Głównym parametrem kinematycznym łańcucha jest jego przełożenie, które oznaczane jest literą I i określane jako stosunek prędkości kątowej ω_k (lub obrotowej n_k) elementu końcowego (wyjściowego) do prędkości kątowej ω_p (lub obrotowej n_p) elementu początkowego (wejściowego)

$$I = \frac{\omega_k}{\omega_p} = \frac{n_k}{n_p}$$

Analogicznie do przełożenia łańcucha kinematycznego, nazywanego także przełożeniem całkowitym, określa się przełożenie pojedynczej przekładni i zapisuje się je jako stosunek:

$$i = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

w którym:

- ω_1, n_1 – prędkość kątowa lub obrotowa elementu wejściowego (napędzającego) przekładni,
- ω_2, n_2 – prędkość kątowa lub obrotowa elementu wyjściowego (napędzanego) przekładni.

W przypadku, gdy znana jest średnica kół przekładni (d_1, d_2) lub ich liczba zębów (z_1, z_2) przełożenie przekładni można wyrazić stosunkiem

$$i = \frac{d_1}{d_2} = \frac{z_1}{z_2}$$

gdyż

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1000v}{\pi \cdot d_2} : \frac{1000v}{\pi \cdot d_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{z_1}{z_2}$$

Ponieważ przełożenie całkowite łańcucha jest równe iloczynowi przełożeń jego poszczególnych przekładni, więc wartość liczbową tego przełożenia można wyznaczyć z zależności:

$$I = \frac{n_k}{n_p} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots$$

w której: $i_1, i_2, i_3 \dots$ przełożenia poszczególnych przekładni.

Z powyższej zależności wynika, że

$$n_k = n_p \cdot I = n_p \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots$$

co oznacza, że prędkość obrotowa końcowego elementu łańcucha (np. napędzanego wrzeciona) jest równa iloczynowi prędkości obrotowej elementu początkowego (np. napędzającego łańcuch silnika) i całkowitego przełożenia łańcucha.

Ze względu na spełniane w obrabiarce funkcje łańcuchy kinematyczne dzieli się na: napędowe i kształtowania.

Zadaniem łańcuchów kinematycznych napędowych jest doprowadzenie napędu od silnika do zespołów roboczych obrabiarki w celu nadania im wymaganej prędkości ruchów. Napędowymi łańcuchami kinematycznymi są:

- łańcuch ruchu głównego, który nadaje napędzanemu zespołowi roboczemu określoną prędkość skrawania v ,
- łańcuch (lub łańcuchy) ruchu posuwowego, który nadaje napędzanemu zespołowi roboczemu określoną prędkość posuwu v_p i związaną z nią wartość posuwu p .

Łańcuchy te stanowią układ napędowy obrabiarki, który decyduje o wydajności obróbki.

Zadaniem łańcuchów kinematycznych kształtowania (nazywanych także łańcuchami wewnętrznymi) jest sprzęganie ze sobą dwóch składowych ruchów kształtowania w celu uzyskania ruchu złożonego. Za pomocą tych łańcuchów uzyskuje się sprzężenia kinematyczne, które zapewniają ścisłą więź między przemieszczeniami zespołów roboczych wykonujących ruchy składowe. Ponieważ w procesie kształtowania nie jest istotna prędkość ruchu, tylko wartość wywołanego tym ruchem przemieszczenia, dlatego przełożenia tych łańcuchów najczęściej określa się jako stosunek przemieszczeń kątowych

$$I = \frac{\varphi_k}{\varphi_p} = \frac{\omega_k}{\omega_p} = \frac{n_k}{n_p}$$

w którym:

- φ_k, ω_k, n_k – przemieszczenie kątowe oraz prędkości kątowa i obrotowa końcowego elementu łańcucha,
- φ_p, ω_p, n_p – przemieszczenie kątowe oraz prędkości kątowa i obrotowa początkowego elementu łańcucha.

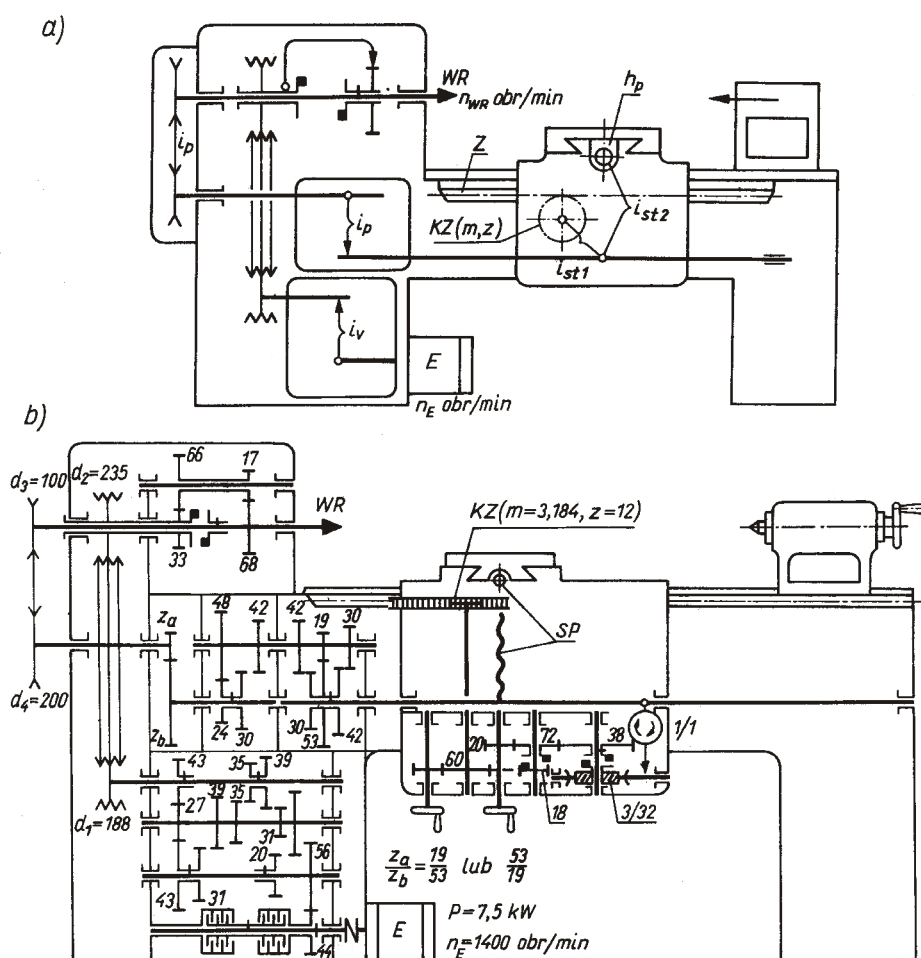
Ponieważ łańcuchy kinematyczne kształtowania nie obejmują źródła napędu, więc przy wyznaczaniu ich przełożeń przyjmuje się umownie jeden z ostatnich elementów łańcucha za początkowy (napędzający), a drugi za końcowy (napędzany). Rzeczywisty kierunek przeniesienia ruchu w łańcuchu kształtowania zależy od miejsca doprowadzenia do niego napędu. Nie wpływa to jednak na wartość przełożenia.

Układy kinematyczne obrabiarek przedstawia się rysunkowo w postaci schematów kinematycznych, na których ich poszczególne elementy są oznaczane za pomocą umownych symboli graficznych.

W zależności od przeznaczenia schematy kinematyczne obrabiarek są rysowane w postaci uproszczonej lub pełnej.

Uproszczony schemat kinematyczny podaje w sposób ogólny rozwiązania układu kształtowania i układu napędowego obrabiarki. Pełny schemat kinematyczny, na którym są podane liczby zębów kół zębatych, średnice kół pasowych, skoki śrub pociągowych, prędkości obrotowe silników itp., umożliwia dokonywanie obliczeń niezbędnych do projektowania i użytkowania obrabiarek.

Przykłady schematów kinematycznych tokarki – w postaci uproszczonej i pełnej – przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Schematy kinematyczne tokarki produkcyjnej: a) uproszczony, b) pełny [6].

4.2.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jakie znasz elementy układu konstrukcyjnego obrabiarki?
2. Jakie znasz zespoły robocze obrabiarek?
3. Co to jest układ kinematyczny obrabiarki?
4. Jak wylicza się przełożenie łańcucha kinematycznego?
5. Jaki jest podział łańcuchów kinematycznych?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Na podstawie dokumentacji technicznej, dokonaj analizy możliwych wariantów uzyskania różnych prędkości obrotowych wrzeciona tokarki.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zapoznać się ze schematem kinematycznym tokarki,
- 2) zidentyfikować tokarkę przedstawioną na schemacie w Twoim warsztacie,
- 3) zidentyfikować zespoły robocze przedstawionej tokarki,
- 4) przeanalizować różne warianty ruchów obrotowych wrzeciona,
- 5) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- schematy kinematyczne tokarek,
- tokarki,
- pisaki,
- kartki papieru.

Ćwiczenie 2

Na podstawie dokumentacji technicznej, dokonaj analizy możliwych wariantów uzyskania różnych prędkości posuwowych wskazanej frezarki.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zapoznać się ze schematem kinematycznym frezarki,
- 2) zidentyfikować frezarkę przedstawioną na schemacie w Twoim warsztacie,
- 3) zidentyfikować zespoły robocze przedstawionej frezarki,
- 4) przeanalizować różne warianty ruchów posuwowych narzędzia lub przedmiotu obrabianego,
- 5) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- schematy kinematyczne frezarek,
- frezarki,
- pisaki,
- kartki papieru.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) rozróżnić elementy układu konstrukcyjnego obrabiarki?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) scharakteryzować układ kinematyczny obrabiarki?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) scharakteryzować zespoły robocze obrabiarek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) zanalizować schemat kinematyczny obrabiarki?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) dobrać prędkość obrotową wrzeciona do obróbki danego przedmiotu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.3. Napędy ruchów głównych i posuwowych

4.3.1. Materiał nauczania

Każdy mechaniczny układ napędowy ruchu głównego składa się z silnika napędowego oraz mechanizmu przenoszącego napęd na wykonujący ruch główny przedmiot obrabiany lub narzędzie.

Silnikiem napędowym obrabiarki jest z reguły silnik elektryczny o stałej lub regulowanej prędkości obrotowej.

W przypadku najczęściej stosowanych silników o stałej prędkości obrotowej konieczne jest wyposażenie obrabiarki w mechanizmy napędowe umożliwiające uzyskanie żądanych rozpiętości i liczby prędkości obrotowych napędzanych zespołów roboczych.

Zastosowanie mechanizmów napędowych staje się również nieodzowne, gdy za pomocą silnika o regulowanej prędkości nie można uzyskać wymaganej rozpiętości lub liczby prędkości obrotowych napędzanych nimi zespołów roboczych.

W celu uzyskania żądanej prędkości ruchu głównego, tj. określonej prędkości skrawania, konieczna jest znajomość prędkości obrotowej silnika napędowego oraz wyznaczenie i nastawienie przełożenia mechanizmu napędowego. Ponieważ mechanizm napędowy stanowi łańcuch kinematyczny łączący wał silnika napędowego z końcowym obrotowym elementem tego łańcucha, więc jego przełożenie całkowite I w przypadku ruchu głównego obrotowego wynosi:

$$I_v = \frac{n_{WR}}{n_E} = \frac{1000v}{\pi \cdot d \cdot n_E}$$

$$\text{gd}y\dot{z}, n_{WR} = \frac{1000v}{\pi \cdot d}$$

gdzie:

- n_{WR} – prędkość obrotowa wrzeciona obrabiarki w obr/min,
- n_E – prędkość obrotowa silnika napędowego w obr/min,
- v – prędkość skrawania w m/min,
- d – średnica przedmiotu obrabianego lub narzędzia obrotowego w mm.

W przypadku napędu ruchu głównego prostoliniowego, końcowym obrotowym elementem łańcucha kinematycznego jest człon obrotowy pary kinematycznej przekształcającej ruch obrotowy w ruch prostoliniowy, przekazywany zespołowi roboczemu obrabiarki.

Ponieważ przełożenie całkowite z reguły jest uzyskiwane za pomocą przekładni stałych o przełożeniu $i_{st} = \text{const}$ oraz przekładni nastawialnych o zmiennym przełożeniu i_v , można więc napisać:

$$I_v = i_{st} \cdot i_v$$

Zmianę nastawianego przełożenia i_v w obrabiarkach konwencjonalnych uzyskuje się najczęściej za pomocą mechanizmów nazywanych skrzynkami prędkości, których podstawowymi elementami są zazwyczaj przełączalne przekładnie przesuwne lub sprzęgłowe.

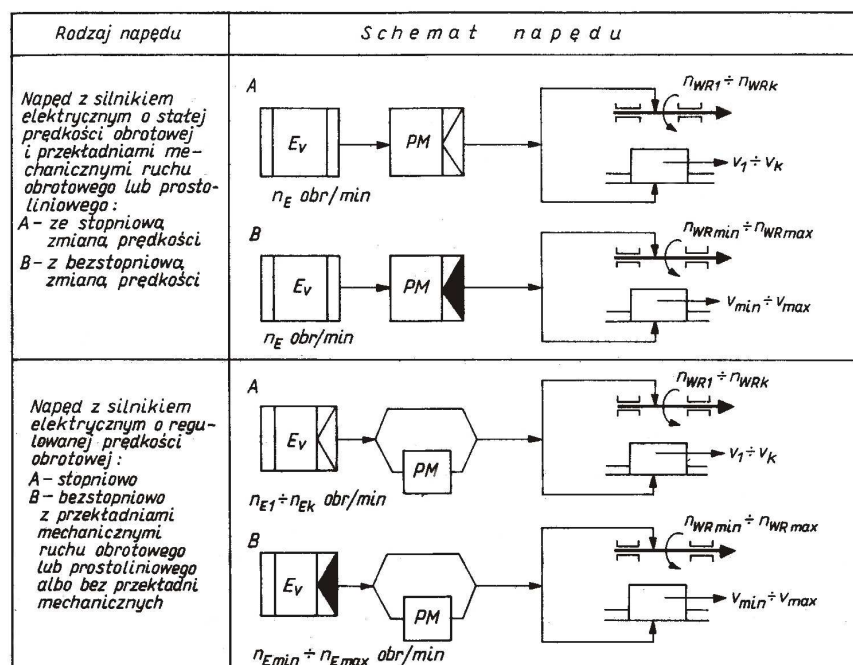
Zestawienie podstawowych rozwiązań napędów ruchu głównego stosowanych w obrabiarkach przedstawiono w uproszczeniu na rysunku 7.

W obrabiarkach ruch główny jest niekiedy uzyskiwany za pomocą napędu hydraulicznego lub pneumatycznego.

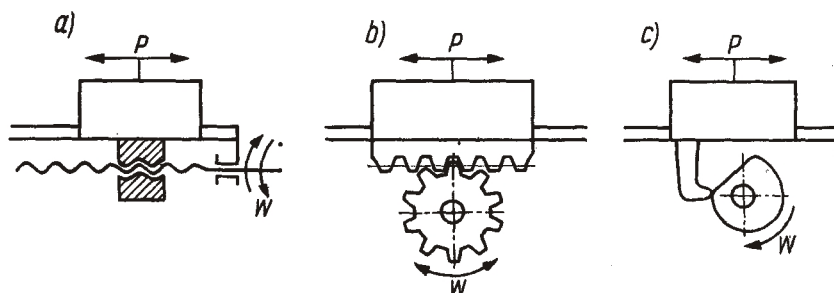
W obrabiarkach stosowane są dwa różne rozwiązania napędu ruchu posuwowego: napęd zależny oraz napęd niezależny. W przypadku napędu ruchu posuwowego zależnego elementem (lub mechanizmem) napędzającym jest element pary roboczej wykonujący ruch

główny, tj. wrzeciono, wykonujące ruch główny obrotowy, lub mechanizm wykonujący ruch główny prostoliniowy. Natomiast w przypadku ruchu posuwowego niezależnego źródłem napędu z reguły jest odrębny silnik.

Ruchy posuwowe są najczęściej ruchami prostoliniowymi, dlatego w skład łańcucha kinematycznego wchodzi parę kinematyczną (przekładnię) przekształcającą ruch obrotowy w ruch prostoliniowy. Są to zazwyczaj przekładnie śrubowe, zębatkowe lub krzywkowe, których schematy ilustrujące zasadę działania przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 7. Poglądowe schematy głównych odmian napędów ruchu głównego obrotowego i prostoliniowego z zastosowaniem silników elektrycznych (E_r) i przekładni mechanicznych (PM) [6].



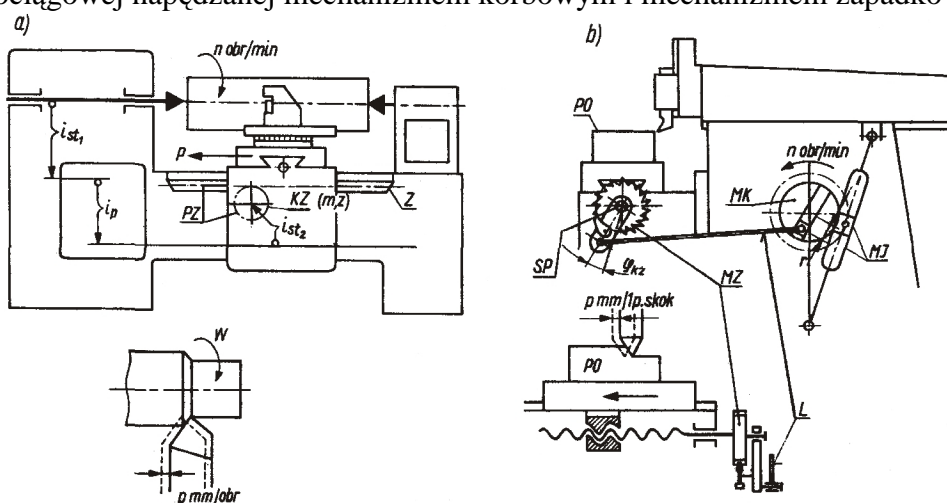
Rys. 8. Schematy przedstawiające zasadę działania przekładni (par kinematycznych) przekształcających ruch obrotowy W na ruch prostoliniowy P : a) przekładnia śrubowa, b) przekładnia zębatkowa, c) przekładnia krzywkowa [6].

Ruchy posuwowe są ruchami ciągłymi, gdy ruchem głównym jest ruch obrotowy. Natomiast, gdy ruchem głównym jest ruch prostoliniowy, ruchy posuwowe są często ruchami nieciągłymi (przerywanymi).

Napędy ruchu posuwowego zależnego są stosowane w tokarkach, wytaczarkach, wiertarkach, strugarkach, dłutownicach itp., tj. w obrabiarkach, w których posuw jest określany wartością liniowego przemieszczenia narzędzia lub przedmiotu obrabianego, przypadającego na jeden obrót lub podwójny skok elementu pary roboczej wykonującego ruch główny.

Dwa typowe przypadki zastosowania napędu ruchu posuwowego zależnego przedstawiono na rysunku 9. Pierwszy z nich (rys. 9 a) przedstawia schemat napędu ruchu

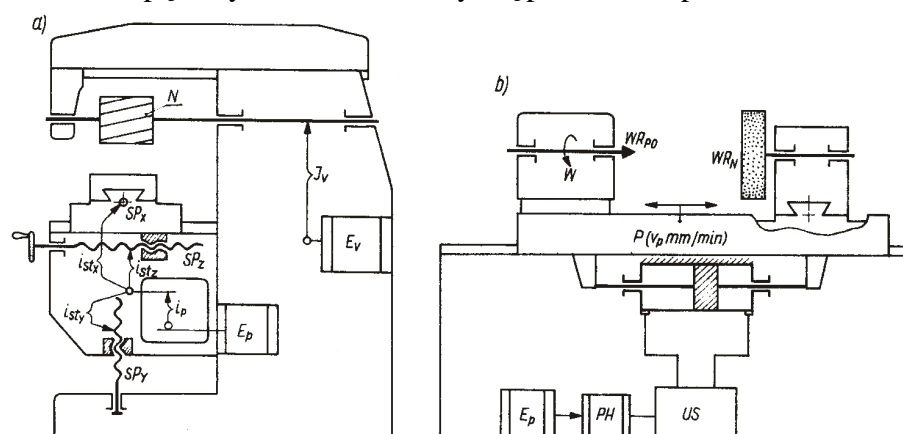
posuwu wzdłużnego w tokarce z zastosowaniem przekładni zębatkowej, natomiast drugi (rys. 9 b) – schemat napędu ruchu posuwowego stołu strugarki poprzecznej z zastosowaniem śruby pociągowej napędzanej mechanizmem korbowym i mechanizmem zapadkowym.



Rys. 9. Uprozczone schematy napędów ruchu posuwowego zależnego: a) napęd posuwu wzdłużnego (ciągłego) suportu tokarki, b) napęd posuwu poprzecznego (nieciągłego) stołu strugarki poprzecznej PZ przekładnia zębatkowa składająca się z koła zębatego KZ toczonego się po zębatce Z ; MK mechanizm korbowy o nastawianym promieniu korby r ; MZ — mechanizm zapadkowy składający się z koła zapadkowego i zapadki; MJ — mechanizm jarzmowy; L — dźwignia łącząca mechanizm korbowy z mechanizmem zapadkowym [6].

Napędy ruchów posuwowych niezależnych są stosowane głównie we frezarkach i szlifierkach, tj. w obrabiarkach pracujących obrotowymi narzędziami wieloostrowymi, a także w obrabiarkach wyposażonych w napęd hydrauliczny oraz w obrabiarkach sterowanych numerycznie.

Dwa typowe przypadki napędów ruchów posuwowych niezależnych przedstawiono w uproszczeniu na rys. 10. Mechaniczny napęd ruchów posuwowych frezarki poziomej z odrębnym silnikiem napędowym E oraz ze skrzynką posuwów o przełożeniu i .

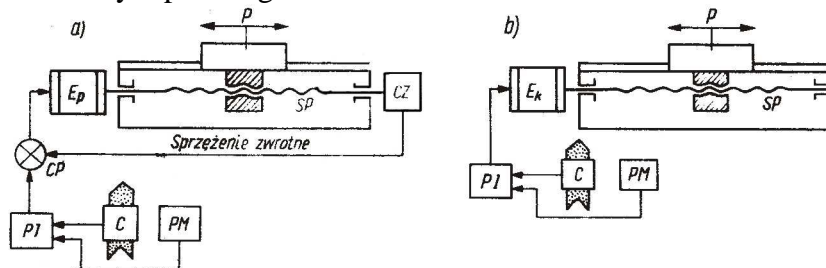


Rys. 10. Uprozczone schematy napędów ruchu posuwowego niezależnego: a) frezarki poziomej, b) szlifierki do wałków; E_p — silnik napędu ruchu posuwowego; i_p — przełożenie w skrzynce posuwów; SP_x , SP_y , SP_z , śruby pociągowe przesuwu wzdłużnego stołu, przesuwu pionowego wspornika i przesuwu poprzecznego stołu; i_{stx} , i_{sty} , i_{stz} — przełożenia stałe w łańcuchach przesuwu wzdłużnego, pionowego i poprzecznego; US — układ sterowania; PH — pompa [6].

W obrabiarce tej ruchy posuwowe stołu mogą się odbywać w kierunku każdej z trzech osi przestrzennego układu współrzędnych X , Y , Z — za pomocą śrub pociągowych stanowiących końcowe elementy obrotowe łańcuchów kinematycznych.

W napędach ruchów posuwowych obrabiarek sterowanych numerycznie stosuje się ciągłą (bezsstopniową) zmianę prędkości posuwu za pomocą serwonapędowych silników prądu stałego, a ostatnio także silników prądu przemiennego z regulacją częstotliwości, oraz ciągłą kontrolę położenia napędzanego zespołu.

Układ sterowania takich obrabiarek może być układem zamkniętym, tzn. mającym sprzężenie zwrotne przez układ pomiarowy, lub układem otwartym, w którym źródłem napędu jest silnik krokowy, tzn. silnik o określonym położeniu kątowym wirnika, zależnym od liczby impulsów zasilających. Dwa typowe układy napędu ruchów posuwowych stosowane w obrabiarkach sterowanych numerycznie przedstawiono w uproszczeniu na rysunku 11. W obrabiarkach takich prędkość posuwu jest zmieniana przez układ sterowania, zgodnie z zaprogramowanym przebiegiem obróbki.



Rys. 11. Uproszczone schematy napędów ruchów posuwowych w obrabiarkach sterowanych numerycznie: a) ze sprzężeniem zwrotnym, b) z zastosowaniem silnika krokowego C – czytnik programu, PI – przetwornik informacji, CP – człon porównujący, CZ – czujnik pomiarowy, E_k – silnik krokowy, PM – pamięć magnetyczna [6].

Do napędu obrabiarek stosowane są powszechnie silniki elektryczne. Silniki te przetwarzają energię elektryczną na energię mechaniczną niezbędną do napędzania mechanizmów roboczych obrabiarki.

Przyczyny powszechnego zastosowania silników elektrycznych do napędu obrabiarek to:

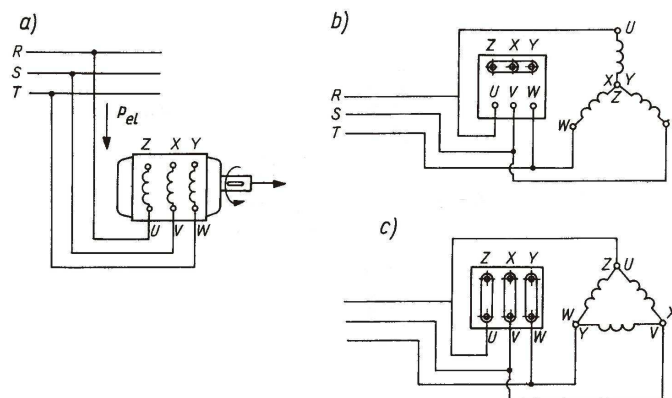
- stosunkowo prosta budowa i niski koszt wykonania,
- duża sprawność, trwałość i niezawodność, łatwość obsługi i konserwacji.

Spośród różnych rodzajów silników elektrycznych do napędu obrabiarek stosowane są te, które mają:

- sztywną charakterystykę mechaniczną,
- odpowiedni do napędu moment rozruchowy, dostateczną przeciążalność,
- możliwość zmiany kierunku obrotu, odpowiednie własności dynamiczne.

W napędach obrabiarek najczęściej są stosowane silniki asynchroniczne prądu przemiennego, trójfazowe. W silniku takim, wewnątrz nieruchomego stojana, są nawinięte trzy fazy uzwojenia połączone ze sobą w gwiazdę lub w trójkąt w zależności od napięcia przewodowego sieci, wynoszącego 400 V lub 230 V (rys. 12). W żłobkach wykonanego z blach wirnika jest ułożone uzwojenie, którym w przypadku silników klatkowych są pręty aluminiowe zwarte na swoich końcach pierścieniami prostopadłymi do osi wirnika. W stosowanych niekiedy silnikach pierścieniowych wirnik jest uzwojony trójfazowo, podobnie jak stojan, a uzwojenie jest wyprowadzone poprzez pierścień i szczotki.

Najczęściej stosuje się silniki w obudowie zamkniętej, chroniącej silnik od zanieczyszczeń. Obudowa silnika ma od zewnątrz uźebrowanie ułatwiające chłodzenie silnika powietrzem, które jest tłoczone przez wentylator łopatkowy osadzony na wale silnika.



Rys. 12. Połączenie uzwojeń stojana silnika indukcyjnego asynchronicznego z siecią prądu trójfazowego: a) schemat ogólny, b) połączenie w gwiazdę – przy napięciu przewodowym $U = 400V$, c) połączenie w trójkąt – przy napięciu przewodowym $U = 230V$ [6].

Prędkość obrotową silnika indukcyjnego asynchronicznego określa zależność:

$$n_s = \frac{60f}{p}$$

Stąd wniosek, iż zmianę prędkości obrotowej silnika można uzyskać przez:

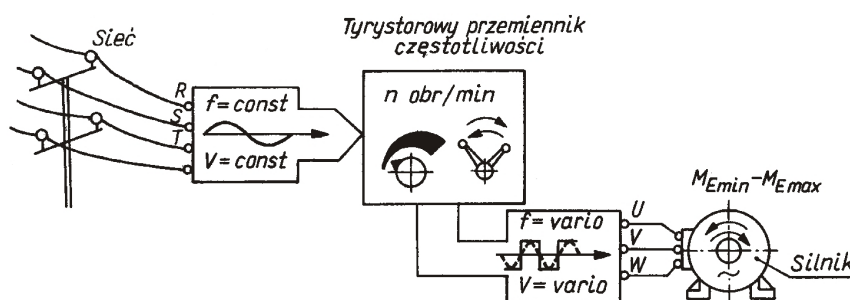
- zmianę liczby par biegunów p ,
- zmianę częstotliwości f prądu zasilającego silnik.

Zmieniając liczbę par biegunów można uzyskać zaledwie kilka wartości prędkości obrotowej silnika, stopniowanych zazwyczaj według ciągu geometrycznego o ilorazie $\varphi = 2$. Silniki takie mają kilka uzwojeń o różnej liczbie par biegunów. Prędkość obrotowa silnika zależy od tego, do którego uzwojenia podłączy się prąd zasilający. Najczęściej stosuje się silniki wielobiegowe o prędkościach synchronicznych wynoszących: 3000/1500; 1500/750 oraz 3000/1500/750 obr/min.

Zmiana prędkości obrotowej silnika indukcyjnego za pomocą zmiany częstotliwości prądu zasilającego wymaga zastosowania odrębnego regulowanego źródła zasilania silnika.

Obecnie do zasilania silników asynchronicznych klatkowych prądem o regulowanej częstotliwości i regulowanym napięciu coraz częściej są stosowane tyrystorowe przemienniki częstotliwości (statyczne przetworniki częstotliwości przedstawiony na rysunku 13).

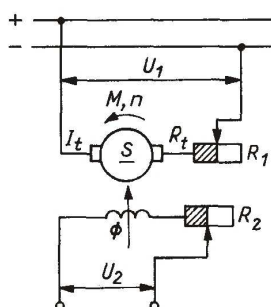
Tyrystorowe przemienniki częstotliwości są urządzeniami przekształcającymi trójfazowe napięcie sieci zasilającej w napięcie o regulowanej częstotliwości i regulowanej wartości, które jest podawane na zaciski silnika napędzającego obrabiarkę. Znajdujący się w przemienniku częstotliwości elektroniczny układ sterujący samoczynnie dostosowuje częstotliwość i napięcie prądu zasilającego silnik do ustawionej pokrętką prędkości obrotowej i wybranego kierunku obrotu.



Rys. 13. Poglądowy schemat zasilania indukcyjnego silnika asynchronicznego klatkowego z zastosowaniem tyrystorowego przemiennika częstotliwości [6].

Silniki prądu stałego są stosowane w obrabiarkach ze względu na możliwość uzyskania bezstopniowej regulacji prędkości obrotowej wirnika. Spośród wielu odmian silników prądu stałego w obrabiarkach są stosowane silniki bocznikowe obcowzbudne, gdyż odznaczają się one wystarczająco sztywną charakterystyką mechaniczną, dużym momentem rozruchowym oraz płynną zmianą prędkości obrotowej.

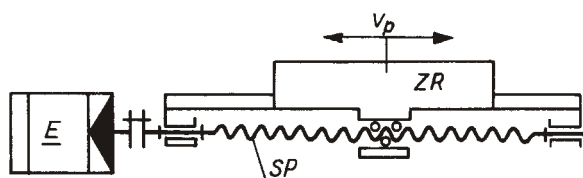
W silniku obcowzbudnym ze wzbudzeniem elektromagnetycznym (rys. 14) strumień magnetyczny Φ – wytwarzany przez prąd płynący w uzwojeniu stojana przyłączonym do sieci prądu stałego o napięciu U_2 – oddziałuje na przewody umieszczone w żłobkach wirnika, przez które płynie prąd ze źródła o napięciu U_1 . Regulowany opór R_1 umożliwia zmianę napięcia U_1 zasilającego twornik silnika, natomiast regulowany opór R_2 służy do regulowania napięcia U_2 zasilającego obwód wzbudzenia silnika.



Rys. 14. Schemat zasilania silnika obcowzbudnego prądu stałego [6].

Silniki serwomechanizmowe są silnikami elektrycznymi prądu stałego do stosowanymi do napędu zespołów roboczych obrabiarek sterowanych numerycznie. W porównaniu z innymi silnikami prądu stałego silniki serwomechanizmowe mają znacznie lepsze własności dynamiczne, tzn. duży moment szczytowy (duża przeciążalność momentowa silnika) oraz małe stałe czasowe elektryczną i mechaniczną.

Najczęściej stosowanymi w obrabiarkach silnikami serwomechanizmowymi są silniki wolnoobrotowe ($n_{\max} = 2000$ obr/min) o stałym wzbudzeniu wytwarzanym przez magnesy trwałe. W stojanie takiego silnika są umieszczone segmenty magnesów trwałych, tworzących bieguny silnika. Magnesy trwałe są wykonywane z materiałów magnetycznych o budowie izotropowej (np. ze spieków ceramicznych tlenków żelaza z dodatkiem strontu i baru). Takie magnesy umożliwiają znaczne przeciążanie prądowe silnika, dzięki czemu moment rozruchowy może być 10–15 razy większy od momentu znamionowego. Ponieważ magnesy trwałe wytwarzają stały strumień magnetyczny, więc moment obrotowy silnika jest stały, niezależnie od jego prędkości obrotowej. W takich silnikach liczba biegunów magnetycznych może być duża (do 12), co umożliwia uzyskanie na wale silnika małej prędkości i dużego momentu obrotowego. Jest to bardzo korzystne w przypadku napędów ruchów posuwowych, gdyż pozwala na bezpośrednie łączenie wału silnika ze śrubą pociągową napędzanego zespołu roboczego, jak to pokazano przykładowo na rys. 15.

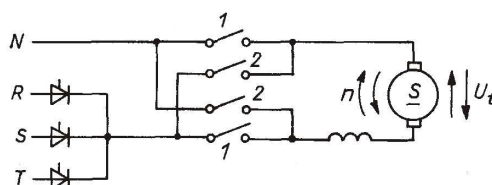


Rys. 15. Schemat napędu ze społu roboczego obrabiarki z zastosowaniem silnika prądu stałego połączonego bezpośrednio z przekładnią śrubową toczną E – silnik, SP – śruba pociągowa, ZR – zespół roboczy [6].

Zastosowanie do napędu zespołów roboczych obrabiarek silników prądu stałego pociąga za sobą konieczność zastosowania dodatkowych maszyn i urządzeń elektrycznych, służących do zasilania i regulacji silnika. Zespół takich maszyn i urządzeń nosi nazwę układu napędowego. W obrabiarkach są stosowane dwa rozwiązania układów napędowych:

- W stosowanym od dawna układzie Ward-Leonarda następuje maszynowe przetwarzanie prądu przemiennego w prąd stały. Rozwiązanie takie jest stosowane w napędach ruchów głównych wymagających częstej zmiany kierunku ruchu (np. w strugarkach wzdłużnych).

Maszyny elektryczne M , P i G mają wały połączone ze sobą mechanicznie i znajdują się obok obrabiarki. Silnik prądu stałego S służy do bezpośredniego napędu zespołu roboczego. W układzie tym do zmiany napięcia U zasilania silnika prądu stałego S (co odpowiada regulacji prędkości obrotowej silnika przy $M = \text{const}$) służy regulowany opornik R_G . Do zmiany strumienia wzbudzenia silnika S (co odpowiada regulacji prędkości obrotowej silnika przy $P = \text{const}$) służy regulowany opornik R_S natomiast do zmiany kierunku obrotu silnika służy przełącznik Z . Za pomocą układu napędowego Ward-Leonarda można zmieniać bezstopniowo prędkość obrotową silnika w zakresie $n_{\max} : n_{\min} = 10\text{--}15$.

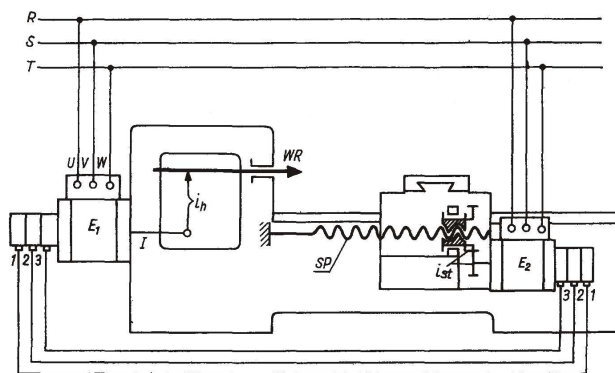


Układy napędowe prostownikowe pozwalają na wyeliminowanie z układu napędowego maszyn elektrycznych służących do przetwarzania prądu przemiennego w prąd stały.

W takich napędach prąd stały, potrzebny do zasilania silnika, otrzymuje się za pomocą prostownika tyrystorowego podłączonego do sieci prądu trójfazowego, jak to przedstawiono na rysunku 17.

Wał elektryczny jest to układ napędowy, w którym wirniki dwóch zasilanych z tego samego źródła silników elektrycznych mają identyczne prędkości kątowe. Rozwiązanie takie stosuje się w obrabiarkach, w których uzyskanie takiego sprzężenia sposobem mechanicznym jest kłopotliwe ze względu na duże odległości.

Wał elektryczny składa się z dwóch podłączonych do sieci prądu trójfazowego silników asynchronicznych pierścieniowych, których wirniki są połączone poprzez pierścienie i przewody 1, 2, 3, jak to pokazano na rysunku 18, przedstawiającym napęd ruchu głównego wrzeciona i sprzężonego z nim ruchu prostoliniowego suportu tokarki.



Rys. 18. Schemat napędu z zastosowaniem wału elektrycznego, służącego do sprzęgania przemieszczenia kąтового wrzeciona z przemieszczeniem liniowym suportu [6].

Wirnik silnika E_1 jest połączony z wałkiem I , a poprzez przekładnię i_h – z wrzecionem WR obrabiarki. Natomiast wirnik silnika E_2 jest połączony przez przekładnię i_{st} z obrotową nakrętką śruby pociągowej SP .

Wał elektryczny spełnia więc w sprzężeniach kinematycznych obrabiarek zadanie członu o przełożeniu stałym, równym 1.

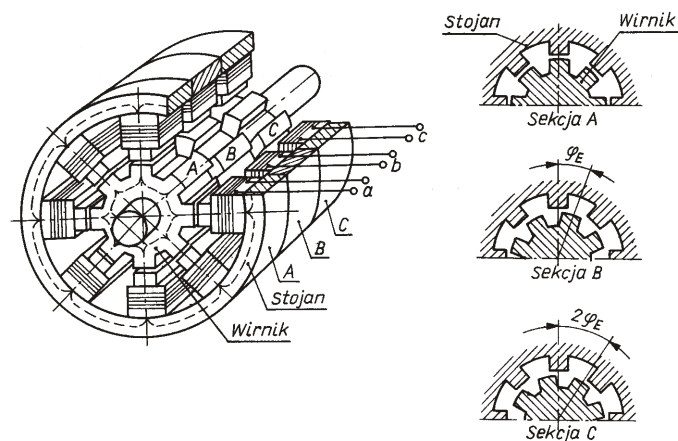
Sprzężenie analogiczne jak w przypadku wału elektrycznego można uzyskać za pomocą małych silników asynchronicznych (zazwyczaj jedno fazowych), zwanych selsynami. Selsyny mają niewielkie moce, dlatego są stosowane w układach pomiarowych i w układach sterowania do przekazywania na odległość przemieszczeń kątowych.

Selsyny pracują zawsze parami tworząc łącznie selsynowe, w którym jeden z selsynów jest nadajnikiem sygnału elektrycznego, drugi odbiornikiem tego sygnału. Z sieci prądu przemiennego są zasilane uzwojenia wzbudzające obu selsynów, tzn. w nadajniku – uzwojenia stojana, a w odbiorniku – uzwojenia wirnika.

Obrócenie wirnika selsyna nadajnika wywołuje natychmiastowy obrót wirnika drugiego selsyna, aż do zrównania się ich kątów obrotu, gdyż indukowana w uzwojeniach selsyna siła elektromotoryczna wywołuje moment obrotowy na wirniku selsyna odbiorczego, proporcjonalny do różnicy kątów położenia obu wirników.

W obrabiarkach sterowanych numerycznie, do napędu mechanizmów o niewielkich oporach ruchu stosowane są silniki krokowe. W przypadku większych obciążeń silniki takie są stosowane w połączeniu ze wzmacniaczami momentu obrotowego. W taki sposób tworzy się zespoły napędowe stosowane w układach sterowania numerycznego otwartego, tj. bez sprzężenia zwrotnego.

Silnik krokowy składa się z 2–5 sekcji, które są odrębnie zasilane elektrycznymi impulsami napięcia. Poglądowy szkic silnika krokowego 3-sekcyjnego przedstawiono na rysunku 19.



Rys. 19. Silnik krokowy: a) poglądowy szkic wyjaśniający budowę wirnika i stojana, b) wzajemne ustawienie sekcji stojana [6].

W korpusie silnika są umieszczone sekcje stojana, mające kształt pierścieni z wystającymi do wewnątrz biegunami (o przekroju prostokątnym), na których jest nawinięte uzwojenie. Szerokość bieguna jest równa szerokości rowków oddzielających poszczególne bieguny. Każda z sekcji stojana ma oddzielne uzwojenie z wyprowadzonymi na zewnątrz przewodami *a*, *b* i *c*. Bieguny wirnika również są podzielone na trzy sekcje *A*, *B*, *C*, które są przesunięte względem siebie o $\frac{1}{3}$ podziałki kątowej biegunów (rys. 19 b).

Napięcie zasilające jest doprowadzane kolejno do poszczególnych sekcji stojana. Każdemu włączeniu napięcia, tj. jednemu impulsowi sterującemu, towarzyszy obrót wirnika do położenia, w którym obwód zasilanej sekcji ma najmniejszy opór magnetyczny, tj. do położenia, w którym bieguny stojana i wirnika znajdują się naprzeciwko siebie. Znając liczbę biegunów silnika z_b oraz liczbę jego sekcji s , można obliczyć jednostkowy kąt obrotu wirnika φ_E , odpowiadający jednemu impulsowi sterującemu. Kąt ten wyznacza się z zależności:

$$\varphi_E = \frac{360^\circ}{z_b \cdot s}$$

Zmianę kierunku obrotu silnika uzyskuje się przez zmianę kolejności podłączania sekcji stojana.

W obrabiarkach często wykorzystuje się napędy hydrauliczne. Mają one szerokie zastosowanie ze względu na takie zalety, jak:

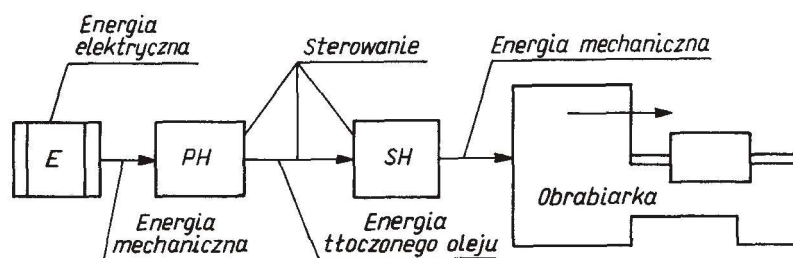
- łatwość uzyskania zmiany prędkości ruchu i łagodnej zmiany jego kierunku,
- spokojny i równomierny ruch napędzanych zespołów roboczych,
- stosunkowo małe wymiary urządzeń napędowych,
- łatwość obsługi i automatyzacji,
- znaczna swoboda w rozmieszczaniu urządzeń hydraulicznych w różnych miejscach obrabiarki.

Wadami napędów hydraulicznych są:

- zależność prędkości napędzanych zespołów od temperatury oleju i działających obciążeń,
- trudności w uzyskaniu dokładnego sprzężenia między ruchami elementów, konieczność bardzo dokładnego wykonawstwa pomp, silników, elementów sterowania itp.

W hydraulicznych napędach obrabiarek jako czynnik roboczy stosowany jest olej mineralny, którego właściwości użytkowe określają: gęstość, ściśliwość, lepkość oraz odporność na czynniki chemiczne i mechaniczne.

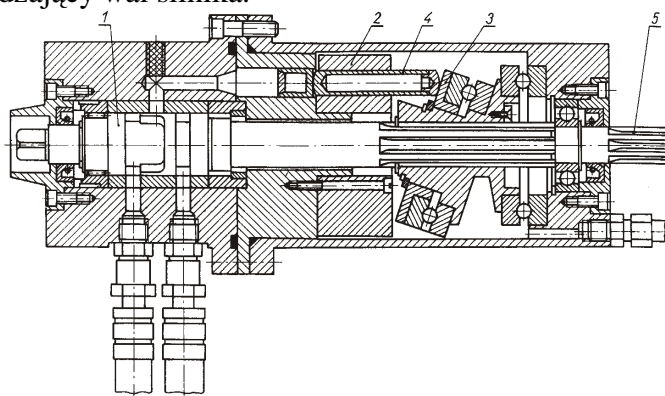
W obrabiarkach stosuje się napędy hydrauliczne hydrostatyczne, gdyż napędzane nimi mechanizmy poruszane są siłą wywieraną przez statyczne ciśnienie oleju, natomiast ciśnienie dynamiczne jest pomijalnie małe ze względu na niewielkie prędkości przepływu oleju.



Rys. 20. Schemat blokowy napędu hydraulicznego obrabiarki *E* – silnik elektryczny, *PH* – pompa hydrauliczna, *SH* – silnik hydrauliczny [6].

W napędzie hydraulicznym, którego schemat blokowy przedstawiono na rys. 20, energia elektryczna silnika napędowego jest przekształcana w energię mechaniczną służącą do napędu pompy, w pompie zaś jest ona przekształcana w energię tłoczzonego do silnika oleju. W silniku energia ta jest z powrotem przekształcana w energię mechaniczną służącą do napędu zespołu roboczego obrabiarki.

Silnik hydrauliczny obrotowy przetwarza ciśnienie doprowadzonego do niego oleju na moment obrotowy napędzający wał silnika.



Rys. 21. Przekrój silnika obrotowego wielotłoczkowego osiowego (CBKO-Pruszków) 1 – rozdzielacz obrotowy, 2 – nieruchomy blok z tłoczkami, 3 – obracana tłoczkami tarcza, 4 – tłoczek, 5 – wał napędowy silnika [6].

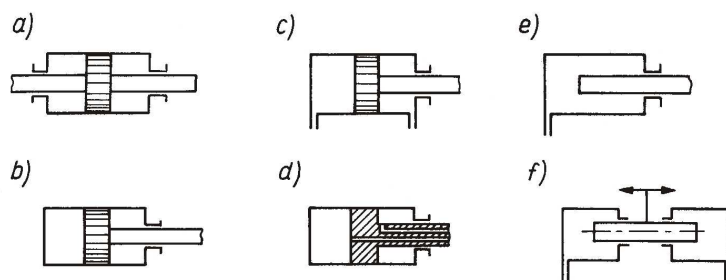
Wielkościami charakteryzującymi silnik hydrauliczny obrotowy są: chłonność silnika i moment obrotowy. Chłonnością silnika nazywa się objętość oleju tłoczzonego do silnika podczas jednego obrotu jego wału. Przykład silnika wielotłoczkowego osiowego, opracowanego w CBKO-Pruszków, przedstawiono na rys. 21. Jest to silnik z nieruchomym zespołem tłoczków. Połączony z wałem silnika obrotowy rozdzielacz hydrauliczny kieruje dopływem oleju do tłoczków napierających na pochyloną pod kątem 25° tarczę napędzającą wał silnika.

Zaletą silników hydraulicznych obrotowych jest kilkakrotnie większy, w porównaniu z silnikami elektrycznymi, stosunek momentu obrotowego do momentu bezwładności, dzięki czemu czas ich rozruchu jest bardzo mały.

Silniki hydrauliczne prostoliniowe, których podstawowymi elementami są cylinder oraz tłok z tłoczyskiem, często są nazywane siłownikami tłokowymi lub cylindrami tłokowymi.

Stosowane są dwie zasadnicze odmiany cylindrów (rys. 22 a, b):

- z tłoczyskiem dwustronnym,
- z tłoczyskiem jednostronnym.

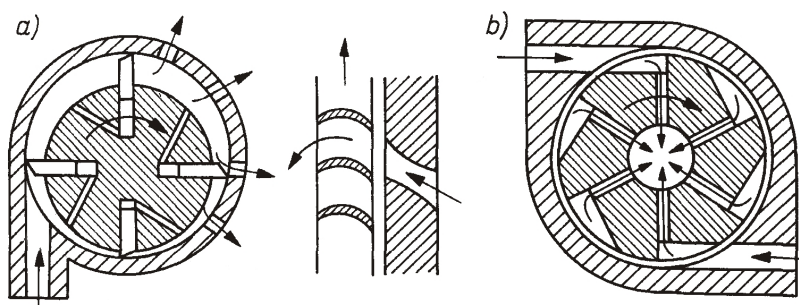


Rys. 22. Schematy najczęściej stosowanych odmian cylindrów: a) cylinder z tłoczyskiem dwustronnym, b) cylinder z tłoczyskiem jednostronnym, c) cylinder z zasilaniem zewnętrznym, d) cylinder z zasilaniem wewnętrznym (przez tłoczysko), e) cylinder z tłokiem nurnikowym (jednostronnego działania), f) dwa cylindry z tłokiem nurnikowym [6].

Wiele cech wspólnych z napędami hydraulicznymi wykazują napędy pneumatyczne obrabiarek. Do zalet napędów pneumatycznych należy zaliczyć:

- prostotę konstrukcji stosowanych urządzeń,
- łatwość automatyzacji i łatwość konserwacji
- dużą szybkość działania.

Natomiast przeszkodą ograniczającą ich szersze zastosowanie w obrabiarkach jest ściśliwość powietrza, utrudniająca uzyskanie równomiernego ruchu napędzanych zespołów. Źródłem energii napędów pneumatycznych jest sprężone powietrze, dostarczane do sieci zasilającej przez sprężarki.



Rys. 23. Zasada działania silników pneumatycznych: a) łopatkowego, b) turbinowego z zasilaniem bocznym i obwodowym [6].

Jako silniki pneumatyczne ruchu obrotowego (wirnikowe) są stosowane silniki łopatkowe lub turbinowe (turbiny pneumatyczne). W silnikach łopatkowych (rys. 23 a) obrót wirnika jest wymuszany przez powietrze rozprężające się w komorach o zmiennej objętości, natomiast w silnikach turbinowych (rys. 23 b) wirnik jest obracany dzięki energii kinetycznej wypływającego z dyszy strumienia powietrza. Silniki wirnikowe są stosowane do napędu szybkoobrotowych szlifierek lub wiertarek o mocy nie przekraczającej 1 kW.

Jako silniki pneumatyczne ruchu prostoliniowego stosuje się siłowniki tłokowe lub przeponowe. Silniki te są zazwyczaj stosowane do napędu urządzeń podających lub mocujących (np. uchwytów pneumatycznych), a także do napędu urządzeń sterujących.

Częste zastosowanie znalazły napędy hydropneumatyczne. Uzyskuje się je przez połączenie elementów napędu hydraulicznego z napędem pneumatycznym, tak aby uniknąć niekorzystnego wpływu ściśliwości powietrza. Ponieważ stosowane w takich napędach ciśnienie powietrza nie przekracza zwykle 0,6 MPa, więc moc napędu i uzyskiwane siły użyteczne są niewielkie.

4.3.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jakie znasz rodzaje przekładni (par kinematycznych) przekształcających ruch obrotowy na ruch prostoliniowy?
2. Jakie znasz zależności pomiędzy ruchem głównym a ruchem prostoliniowym?
3. Jakie znasz sposoby zasilania silników asynchronicznych klatkowych stosowanych w napędach obrabiarek?
4. Co to jest wał elektryczny?
5. Na czym polega zasada działania silnika krokowego?
6. Jaka jest zasada działania silników hydraulicznych obrotowych?
7. Jak działają silniki hydrauliczne prostoliniowe?
8. Jak działają silniki pneumatyczne ruchu obrotowego?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Scharakteryzuj zespoły ruchów głównych i posuwowych w obrabiarkach występujących w Twoim warsztacie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dokonać identyfikacji zespołów ruchów głównych i posuwowych w poszczególnych obrabiarkach,
- 2) rozpoznać rodzaje napędów w poszczególnych zespołach,
- 3) przedstawić swoje ustalenia nauczycielowi.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- dokumentacja zadania,
- obrabiarki,
- dokumentacje techniczne poszczególnych obrabiarek,
- pisaki,
- kartki papieru.

Ćwiczenie 2

Scharakteryzuj zespoły napędowe w obrabiarkach występujących w Twoim warsztacie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dokonać identyfikacji zespołów napędowych w poszczególnych obrabiarkach,
- 2) przedstawić swoje ustalenia nauczycielowi.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- dokumentacja zadania,
- obrabiarki,
- dokumentacje DTR obrabiarek,
- pisaki,
- kartki papieru.

4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) scharakteryzować źródła napędu i zespoły napędowe?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) porównać zespoły napędowe?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić różnicę między napędem zależnym i niezależnym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić, jaki rodzaj napędów ruchów posuwowych stosuje się w obrabiarkach sterowanych numerycznie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić zalety i wady napędów hydraulicznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) określić zalety i wady napędów pneumatycznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.4. Zasady bazowania i mocowania przedmiotów obrabianych i narzędzi przy obróbce skrawaniem

4.4.1. Materiał nauczania

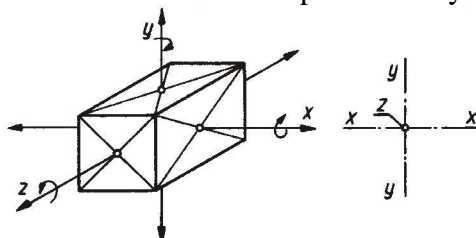
Przed wykonywaniem zabiegów w danej operacji część obrabiana musi być odpowiednio ustawiona w stosunku do zespołów roboczych obrabiarki, a następnie zamocowana.

Ustawieniem przedmiotu w uchwycie nazywa się nadanie mu określonego położenia w tych kierunkach, które mają wpływ na wynik obróbki. Ustawienie obejmuje ustalenie przedmiotu pracy (części obrabianej) oraz zetknięcie go z elementami oporowymi przyrządu.

Przez ustalenie rozumie się bazowanie polegające na zetknięciu baz stykowych przedmiotu pracy z odpowiednimi elementami przyrządu lub obrabiarki.

Punkty, linie lub powierzchnie, względem których rozpatruje się położenie innego punktu, linii lub powierzchni, nazywamy bazami.

Bazowaniem nazywa się nadanie przedmiotowi pracy określonego położenia do wykonywania operacji technologicznej poprzez odebranie mu koniecznej liczby stopni swobody. Każdy przedmiot jako ciało stałe ma sześć stopni swobody (rys. 24).



Rys. 24. Sześć stopni swobody przedmiotu w przestrzeni [2].

Oznacza to, że w przestrzeni może ono poruszać się wzdłuż wzajemnie prostopadłych osi x , y i z (lub w dowolnym kierunku wypadkowym) oraz obracać dokoła tych osi (lub dokoła dowolnej osi wypadkowej).

Baza konstrukcyjna jest to baza przyjęta przy konstruowaniu wyrobu w celu określenia położenia w przedmiocie, wchodzącym w skład tego wyrobu, jakiegoś punktu, linii lub powierzchni w sposób uwarunkowany prawidłowością współpracy tego przedmiotu z innymi przedmiotami w wyrobie.

Baza produkcyjna jest to baza przyjęta w procesie produkcyjnym przedmiotu w celu określenia położenia w przedmiocie jakiegoś punktu, linii lub powierzchni w sposób uwarunkowany przebiegiem procesu wytwarzania przedmiotu i całego wyrobu w skład, którego on wchodzi.

Bazy do pierwszych operacji, nazywane również bazami zgrubnymi, mogą być uprzednio obrabiane lub nie. Ustalanie części względem tych baz ma na celu zagwarantowanie właściwych naddatków. Przy użyciu innej bazy, ze względu na mało dokładne wykonanie surówki, naddatki mogłyby się okazać niedostateczne.

Bazą do pierwszej operacji powinna być powierzchnia, która w ogóle nie będzie obrabiana, najdokładniej wykonana oraz mająca najmniejsze przesunięcia w stosunku do innych powierzchni surówki. W przypadku części całkowicie obrabianych za bazę zgrubną przyjmuje się tę powierzchnię, która ma najmniejsze naddatki. Przyjęcie takiej bazy zapewnia najmniejszą zmianę położenia innych powierzchni w stosunku do powierzchni przyjętych za bazę, a więc i uzyskanie żądanego kształtu oraz wymiarów części w granicach istniejącego naddatku na obróbkę. Ustalając wymiary surówki, przewidujemy większe naddatki dla tych powierzchni, których dokładność kształtu lub wymiaru trudno uzyskać.

Bazy do dalszych operacji obróbki części, o ile to możliwe, powinny pokrywać się z bazami konstrukcyjnymi. W operacjach obróbki wykańczającej przyjęcie bazy obróbkowej pokrywającej się z bazą konstrukcyjną zapewnia pozostawienie największych pól tolerancji wykonania poszczególnych wymiarów tej części oraz uzyskanie najdokładniejszych kształtów i wzajemnego położenia poszczególnych powierzchni. Za bazę do dalszych operacji przyjmuje się powierzchnie obrobione w pierwszej operacji lub powierzchnie obrobione w jednej z pierwszych operacji. Obróbka powierzchni wzajemnie zależnych powinna być wykonywana z użyciem tych samych baz w celu uzyskania dokładności określonych rysunkiem konstrukcyjnym.

Powierzchnie części obrabianej, za pomocą których ustalamy ją względem wrzeciona obrabiarki, wykonuje się z określonymi tolerancjami. Błędy wykonania tych powierzchni powodują błędy ustalenia obrabianej części względem wrzeciona obrabiarki. Niedokładność wykonania powierzchni uchwytu lub obrabiarki, na których jest ustalona część obrabiana, również wpływa na zwiększenie błędu wykonania części. Należy więc tak dobierać położenia punktów styku powierzchni ustalających obrabianej części z powierzchniami uchwytu bądź obrabiarki, aby błędy ich wykonania miały jak najmniejszy wpływ na błąd wykonania danej operacji.

Aby błędy wykonania powierzchni ustalających i ustalanych miały jak najmniejszy wpływ na dokładność obróbki części, miejsca ich styku powinny mieć jak najmniejsze pola i powinny być możliwie jak najdalej od siebie położone. W niektórych przypadkach można wyeliminować błędy wykonania powierzchni ustalających uchwytu oraz ich położenia w stosunku do osi wrzeciona obrabiarki. Na przykład wykonanie powierzchni obrotowej współosiowej z powierzchnią obrotową wykonaną w poprzedniej operacji wymaga wyeliminowania błędów mechanizmu przesuwającego szczęki uchwytu samocentrującego. Błędy te można wyeliminować przez przetoczenie szczęk na średnicę D równą średnicy d danej części, obrobionej w poprzednio wykonanej operacji. Powierzchnie szczęk uchwytu przetoczone na obrabiarce, na której ma być wykonywana dana operacja, będą współosiowe z osią obrotu wrzeciona, a więc i powierzchnie obrabiane będą współosiowe z powierzchnią ustaloną przetoczonymi szczękami. W podobnych jak ten przypadkach obsługujący obrabiarkę nie będzie miał wpływu na dokładność ustalenia obrabianej części. Obsługujący obrabiarkę w niektórych przypadkach może mieć wpływ na dokładność ustalenia części.

Zależnie od wymiarów, masy i liczby obrabianych części stosuje się następujące sposoby ich ustalania:

- bezpośrednio na obrabiarce, gdy poprawność ustalenia sprawdza się jedynie wzrokowo,
- bezpośrednio na obrabiarce wg uprzednio naniesionych rys traserskich,
- w uchwycie wg uprzednio naniesionych rys traserskich,
- w uchwycie wg obrysu części na przezroczystych wzornikach, których położenie jest ustalone w stosunku do osi wrzeciona obrabiarki,
- w uchwycie z samoczynnym ustalaniem części powierzchniami brył geometrycznych stanowiących jej fragmenty.

Najmniej dokładny jest sposób ustalania bezpośrednio na obrabiarce. Jest on stosowany w produkcji jednostkowej, ewentualnie małoseryjnej, części o dużej masie. Dokładność ustalenia tym sposobem zależy przede wszystkim od kwalifikacji pracownika i od przyjętej metody sprawdzania położenia obrabianej części w stosunku do osi wrzeciona obrabiarki. Ponadto wadą tego sposobu jest długi czas ustalania części.

Ustalanie części bezpośrednio na obrabiarce wg rys traserskich jest stosowane do części dużych i o kształtach złożonych. Celem trasowania jest zapewnienie dostatecznych naddatków na obróbkę przy użyciu surówek wykonanych ze stosunkowo małą dokładnością. Sposób ten jest stosowany w przypadku obróbki odlewów lub odkuwek o złożonych

kształtach, gdy prawidłowe ustalenie podstawowych powierzchni i osi jest trudne i łatwo mogą nastąpić ich przesunięcia.

Ustalanie w uchwycie wg uprzednio naniesionych rys traserskich jest stosowane przy obróbce dużych, złożonych odlewów z form piaskowych i ma zastosowanie w produkcji małoseryjnej.

Ustalanie w uchwycie wg obrysu na przezroczystych wzornikach ma zastosowanie przy obróbce dużych, złożonych odlewów z form piaskowych w produkcji wielkoseryjnej. Ustalanie samoczynne jest stosowane w produkcji seryjnej, wielkoseryjnej i masowej, o ile różnice kształtów i wymiarów powierzchni poszczególnych fragmentów części za pomocą, których je ustalamy, są nieznaczne.

Dla wyniku obróbki nie mniejsze znaczenie od ustalenia przedmiotu obróbki w stosunku do uchwytu względnie przyrządu ma ustalenie samego uchwytu i przyrządu w stosunku do obrabiarki. Dla ustalenia tego położenia wykorzystuje się albo końcówki wrzecion, albo rowki w stołach.

Do ustalenia położenia narzędzia w stosunku do odpowiedniego elementu obrabiarki, z którym jest połączone narzędzie służy część chwytowa w narzędziach trzpieniowych i gniazdo w narzędziach nasadzanych. W narzędziach trzpieniowych wykonujących ruch obrotowy najczęściej spotyka się chwyt walcowy i stożkowy, jak na przykład stożki Morse'a dla wiertel czy stożki o zbieżności 7:24 stosowane dla trzpieni frezowych. W nożach tokarskich stosuje się chwyt prostokątny kwadratowy oraz cylindryczne. Spotyka się również chwyt specjalne. Do nich na przykład należą chwyt trapezowy dla słupkowych noży kształtowych.

Gniazda narzędzi nasadzanych mogą być albo walcowe, albo stożkowe. Ustalają one położenie narzędzia albo bezpośrednio w stosunku do wrzeciona obrabiarki, albo za pośrednictwem uchwytu (trzpienia). Położenie uchwytu w stosunku do obrabiarki ustala wtedy jego część chwytowa.

Żądany wymiar powierzchni obrabianej uzyskuje się albo dzięki wymiarom narzędzia (wiertło, rozwiertak, gwintownik, przeciągacz itd.), albo w wyniku ustalenia krańcowych położenia zespołu obrabiarki, takich jak stół czy suport i odpowiedniego usytuowania narzędzia w imakach i w oprawkach.

Narzędzia nie zawsze wykonane są na wymiar. Na przykład narzędzia nastawne nastawia się na wymiar. Wymagają tego również i obrabiarki. Wymiarem tym może być na przykład odległość narzędzia od osi przedmiotu obróbki czy od zespołu obrabiarki (stół, kły itp.), na którym spoczywa przedmiot obróbki. Jeśli odległość ta ulega zmianie w czasie obróbki ze względu na przykład na sterowanie dosuwu kopiałem, nastawienie obrabiarki polega na ustaleniu odległości narzędzia od przedmiotu obróbki w jakimś jednym wybranym położeniu. W zabiegach zaś, w których o wymiarze decyduje graniczne położenie przesuwnej zespołu obrabiarki (np. suportu), nastawienie obrabiarki polega na ustaleniu tego granicznego położenia na przykład za pomocą zderzaka.

Ustalenie obrabianej części jest prawidłowe, jeżeli:

- część jest ustalana jednoznacznie, tzn. że elementy ustalające uchwytu mają takie kształty i są w ten sposób rozmieszczone, że część może być ustalona tylko w jednym żądanym położeniu lub symetria jej kształtu dopuszcza dwa lub więcej jednakowych położenia, gdy nie ma to wpływu na wynik obróbki;
- część jest ustalana pewnie, tzn. nie ma skłonności do odsuwania się od części ustalających uchwytu na skutek działania sił zamocowania oraz sił skrawania;
- czas ustalania jest krótki.

Zamocowanie jest to przyłożenie sił i momentów sił do przedmiotu dla zapewnienia stałości (niezmienności) jego położenia podczas wykonywania danej operacji

technologicznej. W niektórych rodzajach obróbki przedmiot nie jest mocowany, jak to ma miejsce przy szlifowaniu bezkłowym.

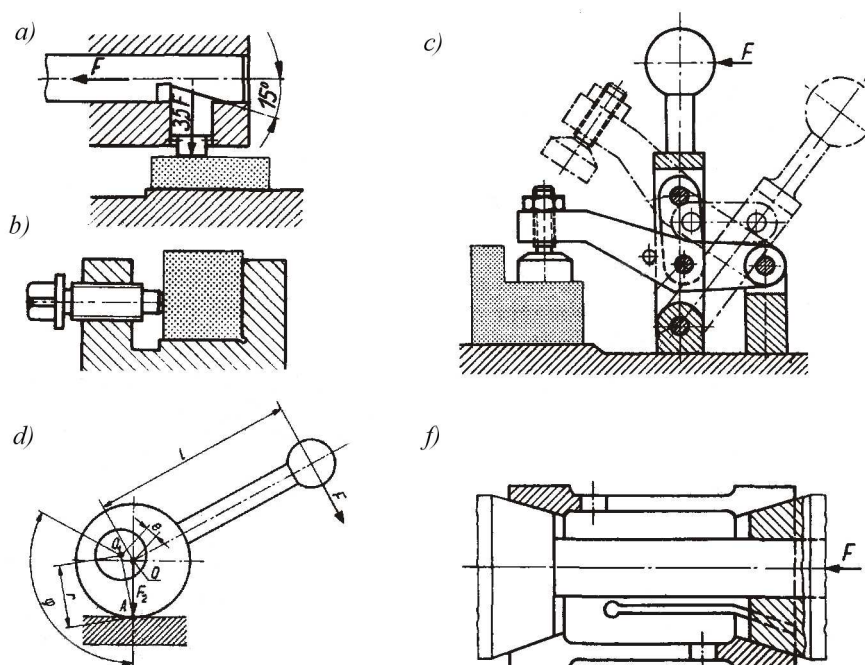
Uchwyt jest to pomoc warsztatowa przeznaczona do ustalania i zamocowania przedmiotu pracy w celu wykonania operacji obróbki lub montażu.

Przyrząd jest pomocą warsztatową stanowiącą przedłużenie łańcucha kinematycznego maszyn i urządzeń technologicznych, przeznaczona do rozszerzenia ich możliwości technologicznych poprzez realizowanie dodatkowych, potrzebnych przy obróbce ruchów, w układzie przedmiot obrabiany – narzędzie.

Biorąc pod uwagę właściwości przyrządów i uchwytów obróbkowych oraz wymogi stawiane przed nimi, wyróżnić można cały szereg tego typu urządzeń, których konstrukcja uzależniona jest od sposobu obróbki, materiału obrabianego, rodzaju obrabiarki i szeregu innych czynników.

Poniżej przedstawione zostaną przykładowe mechanizmy i uchwyty najczęściej stosowane w obróbce skrawaniem.

Mechanizmy zamocowujące oparte na zasadzie klinów samohamownych, mechanizmów śrubowych, dźwigniowych, mimośrodowych i krzywkowych oraz tuleje rozprężne przedstawiono na rysunku 25.



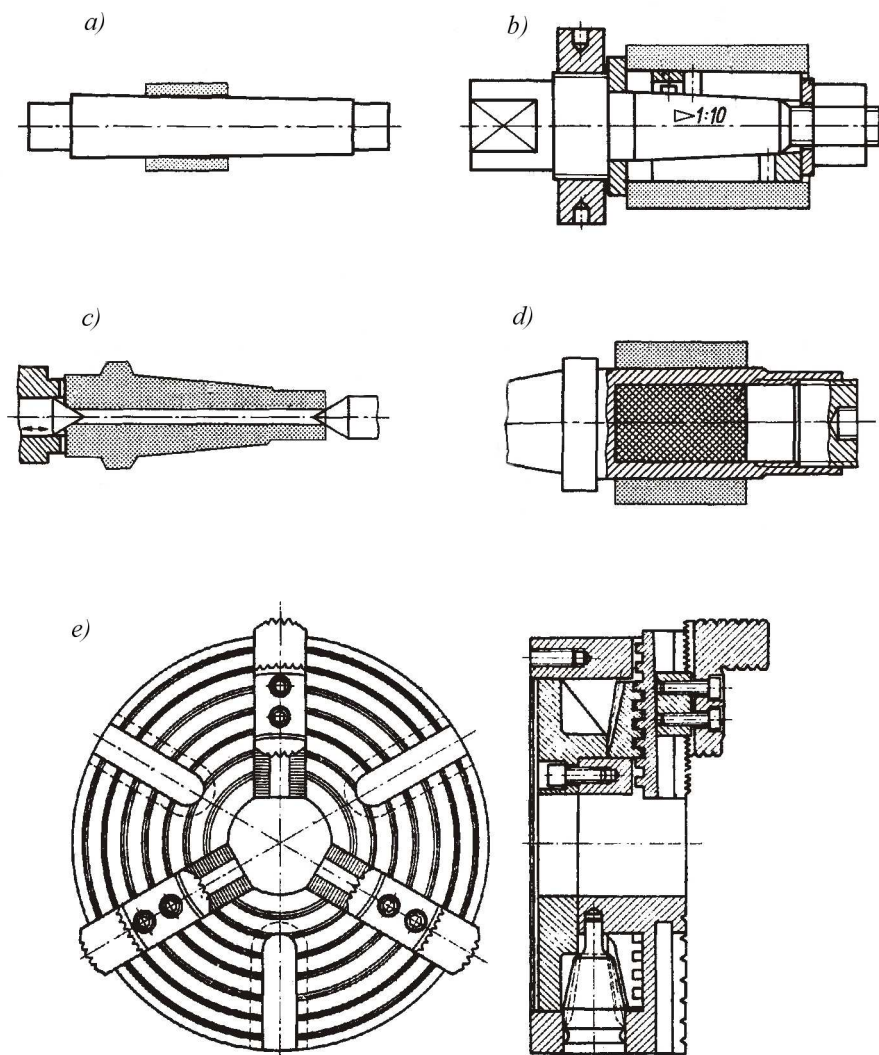
Rys. 25. Mechanizmy zamocowujące: a) klin b) śruba c) dźwignia d) krzywka f) tuleja rozprężna [2].

Do mocowania części przy obróbce powierzchni obrotowych stosuje się:

- trzpienie stożkowe lub walcowe,
- trzpienie z tulejami ustalającymi rozprężnymi,
- trzpienie z tulejami ustalającymi zaciskowymi,
- kły z zabierakami ząbkowymi,
- uchwyty ze szczękami pryzmowymi,
- uchwyty samocentrujące,
- uchwyty z masami zaciskowymi z tworzyw sztucznych itp.

Operacje wiercenia i rozwiercania wykonuje się zwykle po obróbce baz, np. po frezowaniu lub po wytoczeniu otworu i obrobieniu jego powierzchni czołowej w jednym zamocowaniu. Projektując uchwyt należy dążyć do tego, aby możliwie największa liczba otworów była wykonywana przy jednym zamocowaniu, o ile nie wpływa to na nadmierne

rozbudowanie uchwytu lub wydłużenie taktu obróbki. W przypadku wiercenia otworów w jednej płaszczyźnie uchwyt o małej masie może być ręcznie podsuwany pod wrzeciono. Pod osią wrzeciona uchwyt jest ustawiany z pewnym przybliżeniem i dopiero narzędzie wchodzące do tulejki ustala go wg swej osi. W przypadku uchwytów o znacznej masie otwory wierci się na wiertarkach promieniowych, ustawiając oś wrzeciona w osi tulejki wiertarskiej.

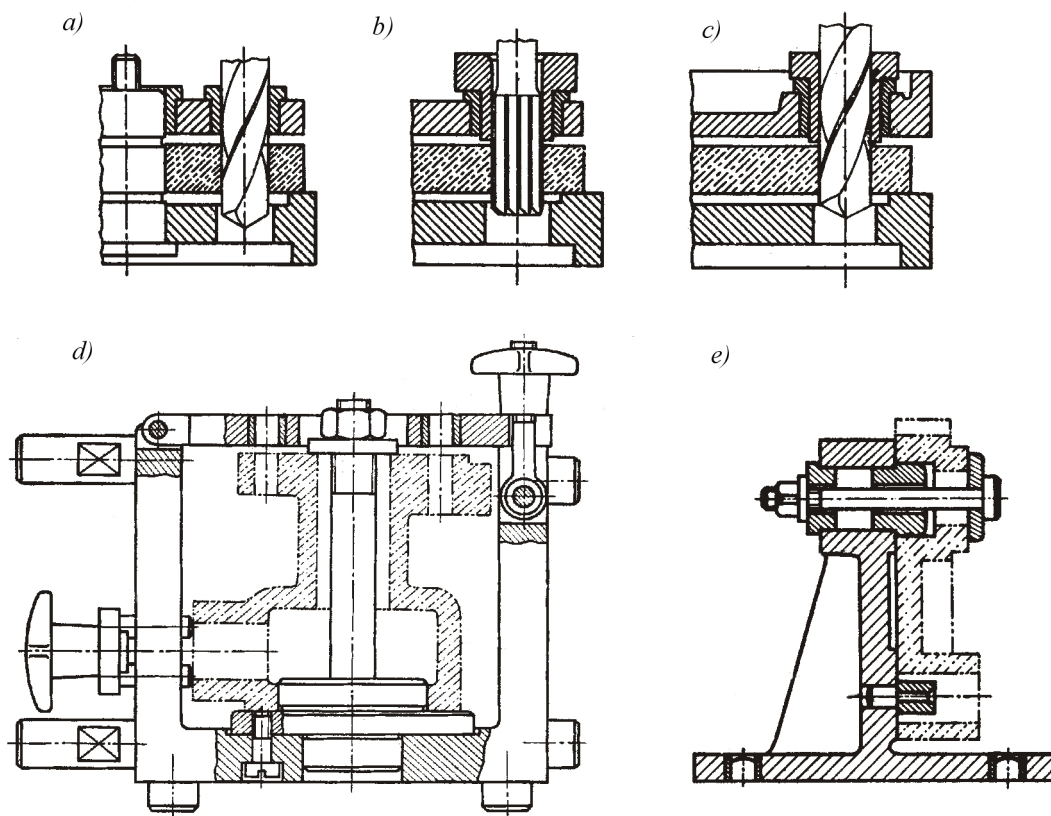


Rys. 26. Uchwyty do obróbki powierzchni obrotowych: a) trzpień stały kłowy, b) trzpień rozprężny, c) zabierak czołowy, d) trzpień z wkładką z tworzywa sztucznego, e) uchwyt samocentrygujący trójszczekowy [2].

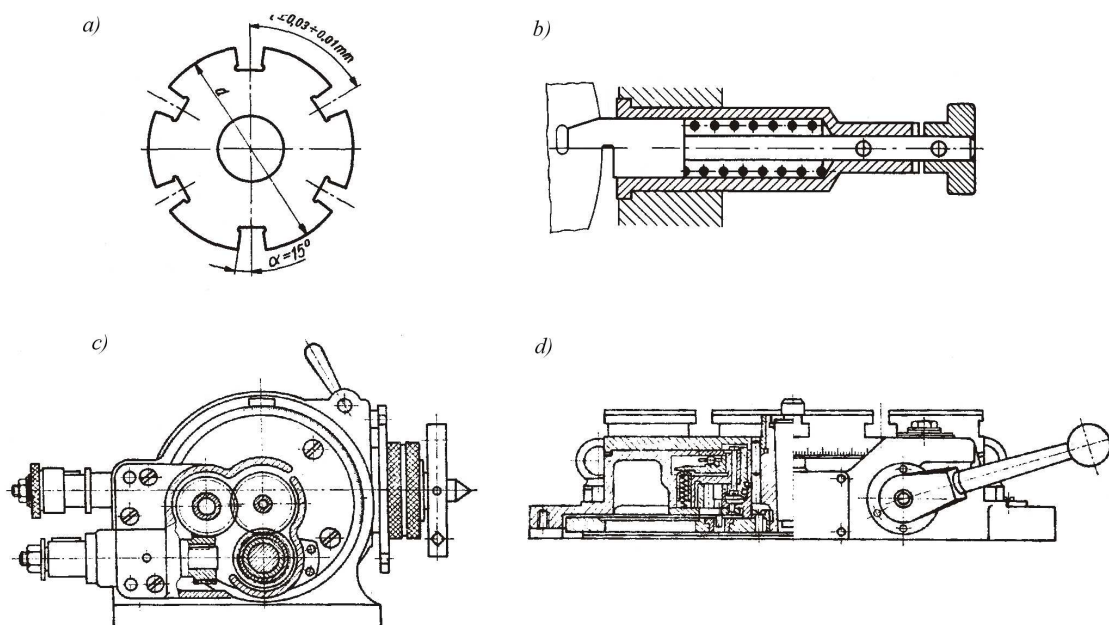
Przykłady przyrządów i uchwytów do operacji wiertarskich i frezarskich przedstawiono na rysunku 26.

Jeżeli w czasie operacji części obrabianej należy nadać kolejno kilka określonych pozycji, to uchwyt wyposaża się w urządzenie podziałowe. Urządzenie podziałowe składa się z tarczy podziałowej połączonej spoczynkowo z ruchomym zespołem uchwytu, na którym jest ustalana i zamocowywana część obrabiana, oraz z zatrzasku wbudowanego lub przymocowanego do nieruchomego zespołu uchwytu.

Podział może być liniowy lub kątowy. Przy podziale liniowym zespół ruchomy uchwytu może być przesuwany na pewną odległość po linii prostej wzdłuż nieruchomego zespołu danego uchwytu, a przy podziale kątowym obracany o pewien kąt. Podziały, o jakie należy przedstawiać zespoły uchwytu, mogą być jednakowe lub niejednakowe.



Rys. 27. Przyrządy i uchwyty do obróbki przy wierceniu i frezowaniu: a), b), c), tulejki wiertarskie, d) uchwyt wiertarski, e) uchwyt frezarski [2].



Rys. 28. Urządzenia podziałowe, a) tarcza podziałowa, b) zapadka odciągana, c) podzielnica uniwersalna d) stół podziałowy [2].

4.4.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jakie znasz rodzaje baz?
2. Jakie znasz sposoby ustalania?
3. Jakie znasz przyrządy i uchwyty do operacji wiertarskich?
4. Jakie znasz uchwyty do obróbki powierzchni obrotowych?
5. Jakie znasz przyrządy i uchwyty do operacji frezarskich?
6. Jakie znasz przyrządy podziałowe?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dokonaj doboru uchwytów niezbędnych do obróbki przedmiotu przedstawionego na rysunku.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dobrać odpowiednie uchwyty,
- 2) zaprezentować wykonane ćwiczenie,
- 3) dokonać oceny ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- dokumentacja zadania,
- katalogi przyrządów i uchwytów,
- pisaki,
- kartki papieru.

Ćwiczenie 2

Dokonaj doboru przyrządów niezbędnych do obróbki przedmiotu przedstawionego na rysunku.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dobrać odpowiednie przyrządy,
- 2) zaprezentować wykonane ćwiczenie,
- 3) dokonać oceny ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- dokumentacja zadania,
- katalogi przyrządów i uchwytów,
- pisaki,
- kartki papieru.

4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) określić stopnie swobody obrabianego przedmiotu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) rozróżniać bazy obróbkowe?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) rozróżnić przyrządy i uchwyty stosowane w obróbce skrawaniem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) dobrać uchwyty do obróbki przedmiotów obrotowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) dobrać uchwyty i przyrządy do obróbki płaszczyzn?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.5. Mechanizmy sterowania, nastawcze i pomiarowe oraz smarujące i chłodzące obrabiarek

4.5.1. Materiał nauczania

Sterowanie obrabiarek obejmuje zespół czynności związanych z kierowaniem pracą obrabiarki za pomocą służących do tego celu urządzeń, mechanizmów i elementów sterowniczych, stanowiących układ sterowania maszyny.

Sterowanie obrabiarek może być:

- ręczne – wszystkie czynności sterownicze są dokonywane przez pracownika kierującego pracą obrabiarki,
- częściowo zautomatyzowane – niektóre czynności sterownicze są dokonywane automatycznie, a pozostałe (np. zakładanie i zdejmowanie przed miotu) wykonuje pracownik,
- automatyczne – wszystkie czynności (z wyjątkiem włączenia i wyłączenia obrabiarki) są dokonywane samoczynnie.

W przypadku obrabiarek sterowanych ręcznie i częściowo zautomatyzowanych konieczny jest stały dozór ze strony pracownika kierującego pracą obrabiarki, natomiast obrabiarki w pełni zautomatyzowane wymagają tylko dozoru okresowego.

W zależności od tego, na jakiej zasadzie działają główne elementy układu sterowania, rozróżnia się sterowanie: mechaniczne, elektryczne, hydrauliczne, pneumatyczne lub mieszane.

W układzie sterowania obrabiarki wyróżnia się:

- sterownik, czyli człon zadający sygnał sterowania,
- nastawnik, czyli człon wykonujący określone nastawienia,
- człon łączący sterownik i nastawnik,
- obiekt sterowany,
- wskaźnik nastawianej wielkości.

W budowanych współcześnie obrabiarkach powszechnie są stosowane układy sterowania z tzw. wzmocnieniem mocy, w których do uruchomienia nastawnika używa się źródła energii pomocniczej, np. energii elektrycznej – w stycznikach albo energii tłoczonego oleju lub sprężonego powietrza – w siłownikach hydraulicznych lub pneumatycznych.

Układy sterowania obrabiarek w pełni zautomatyzowanych, a zwłaszcza obrabiarek ze sterowaniem numerycznym (NC) są wyposażone w obwody sprzężenia zwrotnego, a także w urządzenia nadzorujące i kontrolujące przebieg pracy maszyny.

Stosowane w obrabiarkach układy sterowania spełniają dwa podstawowe zadania:

- sterowania skrzynek przekładniowych,
- sterowania przebiegiem pracy obrabiarki.

Sterowanie skrzynek przekładniowych ma na celu nastawianie żądanych prędkości ruchów głównych i posuwowych, za pomocą przełączania sprzęgieł lub przekładni zębatach.

Większość stosowanych obecnie obrabiarek jest wyposażona w urządzenia do ręcznego sterowania skrzynek przekładniowych. Natomiast automatyczne sterowanie skrzynek przekładniowych (według ustalonego programu) jest stosowane w niektórych obrabiarkach wielozabiegowych oraz obrabiarkach zautomatyzowanych.

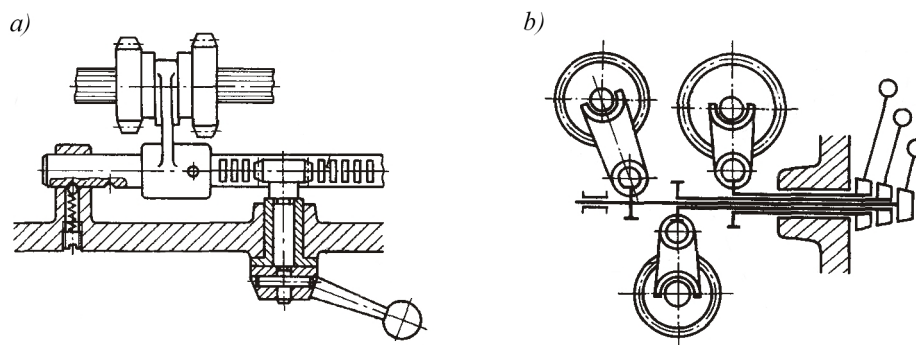
Ręczne sterowanie skrzynek przekładniowych może być sterowaniem bezpośrednim lub pośrednim (ze wzmocnieniem mocy).

W przypadku sterowania bezpośredniego pracownik kierujący pracą obrabiarki siłą swych mięśni nastawia sterownik (np. dźwignię, pokrętko, kółko ręczne), który jest połączony mechanicznie z nastawianym elementem (nastawnikiem). W przypadku sterowania

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

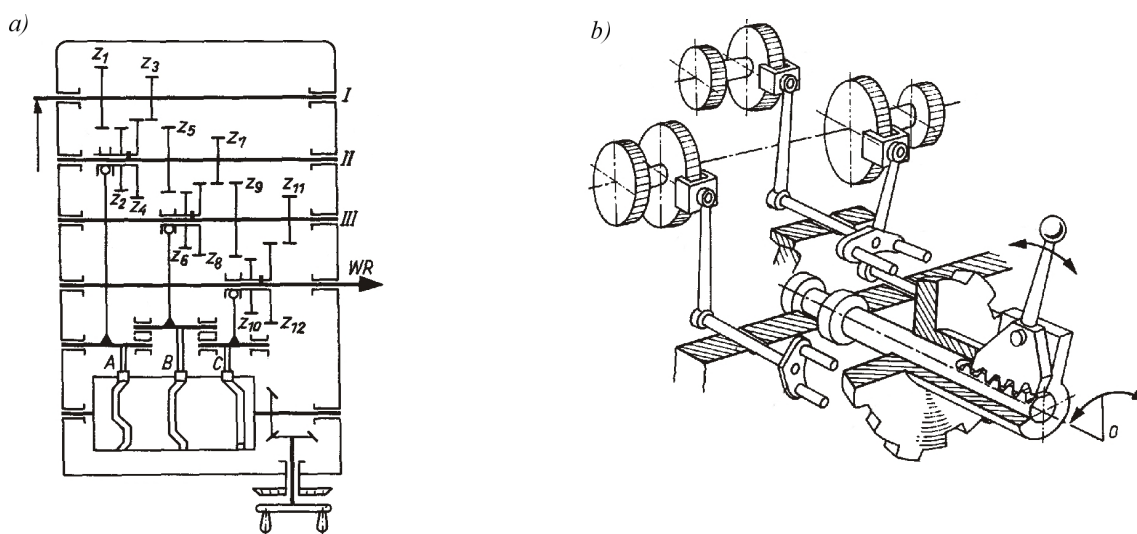
pośredniego sterownikami są zazwyczaj przyciski lub inne elementy, za pomocą, których pracownik zadaje sygnał sterowania, który uruchamia obwody sterowania elektrycznego, hydraulicznego lub pneumatycznego.

Sterowanie bezpośrednie może być wielodźwigniowe (rys. 29), gdy każda przekładnia lub sprzęgło są przełączane oddzielną dźwignią, lub jednodźwigniowe, gdy wszystkie sterowane elementy są przełączane jednym sterownikiem.



Rys. 29. Mechanizmy sterowania dźwigniowego: a) jednodźwigniowy, b) wielodźwigniowy [6].

W przypadku sterowania centralnego (rys. 30) mechanizmami stosowanymi do sterowania nastawników są zazwyczaj mechanizmy krzywkowe. Inną odmianą tego sterowania jest sterowanie preselekcyjne. Obejmuje ono dwie oddzielne czynności: a) wybór (preselekcja) żądanej prędkości, dokonywany podczas pracy obrabiarki, b) przełączanie w odpowiednim momencie nastawników w celu dokonania zmiany prędkości obrotowej.



Rys. 30. Przykłady sterowania centralnego a) krzywką bębnową b) preselekcyjnie [6].

Sterowanie pośrednie jest powszechnie stosowane w takich przypadkach, jak: uruchamianie silników, włączanie sprzęgieł elektromagnetycznych lub kłowych, hamulców itp. Jest to sterowanie elektryczne za pomocą przycisków włączających lub wyłączających.

Sterowanie przebiegiem pracy obrabiarki obejmuje wszystkie czynności związane z realizacją procesu roboczego obrabiarki i może być dokonywane ręcznie lub automatycznie.

Ręczne sterowanie obrabiarki jest dokonywane w całości przez pracownika, który za pomocą zewnętrznych elementów sterowania kieruje przebiegiem wykonywanej na obrabiarce operacji obróbkowej.

Organizm człowieka jest wyposażony w swoiste sprzężenie zwrotne, gdyż znajomość i obserwacja przebiegu procesu roboczego obrabiarki wywołuje w umyśle pracownika powstawanie sygnałów sterowniczych. Po odebraniu takiego sygnału pracownik ręcznie wykonuje odpowiednie czynności sterownicze. Sterowanie ręczne przebiegiem pracy obrabiarki, podobnie jak sterowanie ręczne skrzynek przekładniowych, jest dokonywane za pomocą umieszczonych na zewnętrznych powierzchniach korpusów obrabiarek elementów sterowania w postaci kółek ręcznych, dźwigni, przełączników, przycisków itp.

Kierunki ruchów elementów sterowania, zgodnie z tzw. zasadą mnemoniczności obsługi, powinny odpowiadać kierunkom powodowanych przez nie ruchów. Przeznaczenie elementów sterowania w postaci przycisków lub przełączników jest objaśniane symbolami na umieszczanych obok nich tabliczkach instrukcyjnych.

Automatyczne sterowanie przebiegiem pracy obrabiarki (rys. 31) odbywa się zgodnie z góry ustalonym programem, który w zależności od przeznaczenia i stopnia automatyzacji obrabiarki może spełniać następujące czynności:

- nastawianie prędkości ruchów głównych i posuwowych,
- nastawianie wartości przemieszczeń narzędzi lub przedmiotów obrabianych,
- nastawianie kolejności i kierunku ruchów,
- zakładanie, mocowanie i zdejmowanie przedmiotów obrabianych,
- wymianę narzędzi,
- zmianę pozycji obróbkowej przedmiotu obrabianego,
- kontrolę lub pomiar położenia, przemieszczeń i wymiarów,
- czynności pomocnicze,
- kompensację zużycia narzędzi, wpływu temperatury itp.

Stopień automatyzacji sterowania obrabiarek może być więc różny. Większość produkowanych współcześnie obrabiarek nie jest jeszcze wyposażona w układy sterowania wykonujące samoczynnie wszystkie wymienione wyżej czynności.

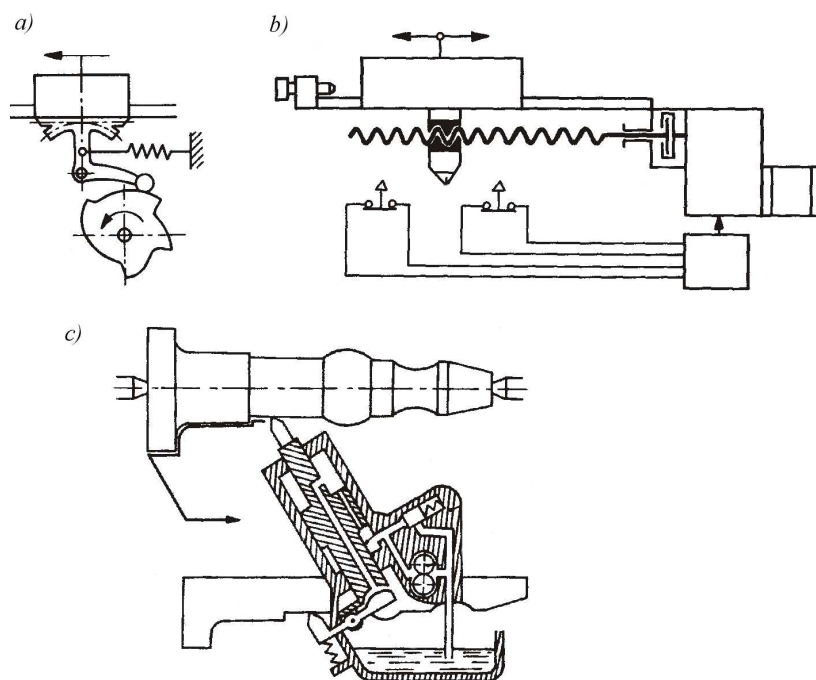
Stosuje się różne podziały klasyfikacyjne układów automatycznego sterowania obrabiarek, np. przyjęty w automatyce podział na układy sterowania otwarte lub zamknięte, podział na sterowanie w funkcji drogi (położenia) lub w funkcji czasu, podział ze względu na liczbę ruchów sterowanych w układzie osi współrzędnych na układy jednoosiowe, dwuosiowe itd. W obrabiarkach przyjęto często stosowany podział układów automatycznego sterowania ze względu na sposób zadawania informacji, zgodnie z którym wyróżnia się:

- sterowanie krzywkowe,
- sterowanie zderzakowe,
- sterowanie kopiowe,
- sterowanie numeryczne.

Sterowanie numeryczne to system sterowania, w którym wszystkie informacje dotyczące kształtu (dane geometryczne), jak również warunków skrawania i czynności pomocniczych (dane technologiczne) są podawane w postaci zakodowanych symboli cyfrowych i literowych (tzw. symboli alfanumerycznych).

Sterowanie numeryczne jest niekiedy oznaczane skrótem literowym SN, ale najczęściej jest stosowany międzynarodowy skrót literowy NC, przyjęty od angielskiej nazwy Numerical Control.

Podstawową cechą sterowania numerycznego jest wprowadzenie do układu sterowania danych w postaci symbolicznej, np. przygotowanych w postaci zapisu na taśmie dziurkowanej. Tego rodzaju zapis informacji o procesie roboczym obrabiarki ułatwia przedstawienie maszyny na wykonywanie innych przedmiotów, zwłaszcza jeśli do przygotowania programu wykorzystuje się technikę komputerową (tzw. programowanie maszynowe).



Rys. 31. Przykłady automatycznego sterowania: a) krzywkowego, b) zderzakowego, c) kopiowego [6]

Sterowanie numeryczne komputerowe jest oznaczane symbolem literowym CNC, będącym skrótem angielskiej nazwy Computer Numerical Control. W odróżnieniu od zwykłego sterowania numerycznego NC jest to tzw. sterowanie swobodnie programowane, w którym wszystkie działania związane z dekodowaniem, rozdzielaniem i przetwarzaniem danych są dokonywane przez komputer, według programów wprowadzonych do pamięci układu.

Sterowanie numeryczne komputerowe CNC jest udoskonaloną wersją sterowania numerycznego NC, zapewnia bowiem możliwość wprowadzenia do pamięci komputera pełnych programów lub ich części oraz korygowanie programów zapisanych na taśmie dziurkowanej przez wprowadzenie danych za pomocą przycisków klawiszowych na pulpicie sterowniczym.

Sterowanie to umożliwia także wprowadzanie programów testowych i wykrywanie uszkodzeń, a także podawanie informacji o przebiegu procesu przez jego wyświetlenie na ekranie monitora oraz wydruk danych.

Sterowanie numeryczne bezpośrednie jest oznaczane symbolem literowym DNC (ang. Direct Numerical Control). Jest to system sterowania numerycznego, w którym poszczególne obrabiarki NC są sterowane przez komputer, który przetwarza, rozdziela i przesyła informacje bezpośrednio do układów sterowania poszczególnych obrabiarek. W układach DNC taśma dziurkowana jest zbędna, gdyż obrabiarki są połączone z komputerem przewodami przez zespół dopasowujący, który dostosowuje sygnały sterujące do układu sterowania obrabiarek.

W porównaniu ze zwykłym sterowaniem numerycznym (NC), które wymaga przygotowania i zgromadzenia programów dla poszczególnych obrabiarek w postaci tzw. biblioteki programów, i następnie ich wybrania i dostarczenia do obrabiarki przez pracownika, w systemie DNC programy sterowania NC zostały przejęte przez komputer i zgromadzone na dysku magnetycznym pamięci zewnętrznej, z którym komputer współpracuje i sam generuje programy dla każdej obrabiarki. Systemy DNC najczęściej są stosowane do sterowania grupą obrabiarek, liczącą nie więcej niż kilkanaście maszyn.

Sterowanie adaptacyjne jest oznaczane skrótem literowym AC, pochodzącym od angielskiej nazwy Adaptive Control. Jest to sterowanie procesem obróbki w układzie zamkniętym. Zadaniem sterowania adaptacyjnego jest dążenie do optymalnego

wykorzystania możliwości technicznych obrabiarki i narzędzia przez oddziaływanie na parametry procesu skrawania.

Rozróżnia się dwa rodzaje układów AC:

- sterowanie graniczne, oznaczane skrótem ACC, zachowujące stałą wartość niektórych parametrów skrawania np. siły, mocy lub temperatury skrawania niezależnie od zakłóceń wywołanych np. zmianą naddatku obróbkowego,
- sterowanie optymalizujące, oznaczane skrótem ACO, którego zadaniem jest nastawienie podczas obróbki takich parametrów skrawania, aby uzyskać minimalny koszt lub maksymalną wydajność obróbki.

Ponieważ są to układy zamknięte, więc obejmują czujniki do pomiaru wybranych cech procesu skrawania oraz zespoły porównujące i nastawiające sterowane parametry (np. posuw, głębokość skrawania lub prędkość obrotową).

W obrabiarkach sterowanych numerycznie, niezbędne przy obróbce ruchy poszczególnych zespołów obrabiarki (stół, sanie narzędziowe i inne.) są obliczane, sterowane i kontrolowane przez wewnętrzny komputer. Dla każdego kierunku ruchu istnieje osobny system pomiarowy, wykrywający aktualne położenie zespołów i przekazujący je do kontroli wewnętrznemu komputerowi.

Smarowanie obrabiarek

Zadaniem smarowania jest zapewnienie prawidłowego działania obrabiarki, a także zapewnienie wymaganej trwałości poszczególnych jej elementów i mechanizmów.

Smarowanie polega na doprowadzeniu między powierzchnie współpracujących ze sobą elementów czynnika smarującego, którego zadaniem jest zmniejszenie tarcia oraz ograniczenie lub eliminacja ich zużywania się w przypadku całkowitego rozdzielenia powierzchni warstwą smaru.

Smarowanie może także służyć do odprowadzania ciepła i stabilizacji cieplnej obrabiarki, co jest szczególnie ważne w przypadku dużych prędkości ruchu współpracujących elementów (np. w łożyskach) oraz w przypadku, gdy wymagana jest duża dokładność obróbki (np. w szlifierkach).

Dodatkowymi korzyściami osiąganymi w wyniku smarowania jest zabezpieczenie powierzchni przed korozją, a także przed zanieczyszczeniami zewnętrznymi, np. niesionymi przez powietrze.

Uzyskany efekt smarowania zależy od zastosowanego w obrabiarce układu smarowania i urządzeń smarowniczych oraz od rodzaju stosowanego smaru.

Rozróżnia się dwa rodzaje stosowanych w obrabiarkach smarów, a mianowicie smary stałe (o konsystencji od półciekłej do stałej) oraz oleje smarowe. Rodzaj czynnika smarującego musi być dostosowany do rodzaju obciążenia elementu i cieplnych warunków pracy, przyjętego układu smarowania oraz do prędkości ruchu i wymaganej dokładności pracy smarowanego elementu.

Szczegółowa instrukcja smarowania oraz wskazane przez producenta rodzaje smarów są podane w dokumentacji techniczno-ruchomej (DTR) obrabiarki.

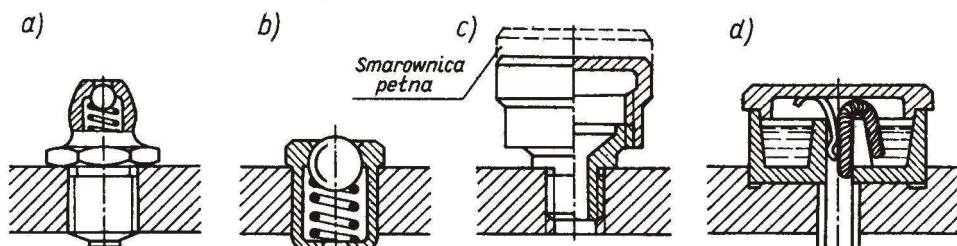
W obrabiarkach są stosowane układy smarowania indywidualne, centralne albo mieszane. W układzie indywidualnym każdy punkt smarowania ma własny zbiornik smaru. Układ centralny jest wyposażony w jeden zbiornik smaru (oleju) oraz w urządzenia do jego rozprowadzania. Natomiast w układzie mieszanym są stosowane obydwa sposoby smarowania. Bardzo często podstawowe zespoły robocze obrabiarki są smarowane centralnie, a pozostałe elementy i mechanizmy indywidualnie.

Układy smarowania obrabiarek są przystosowane do działania opartego na zasadzie:

- smarowania grawitacyjnego, w którym olej spływa do smarowanych powierzchni na skutek grawitacji,

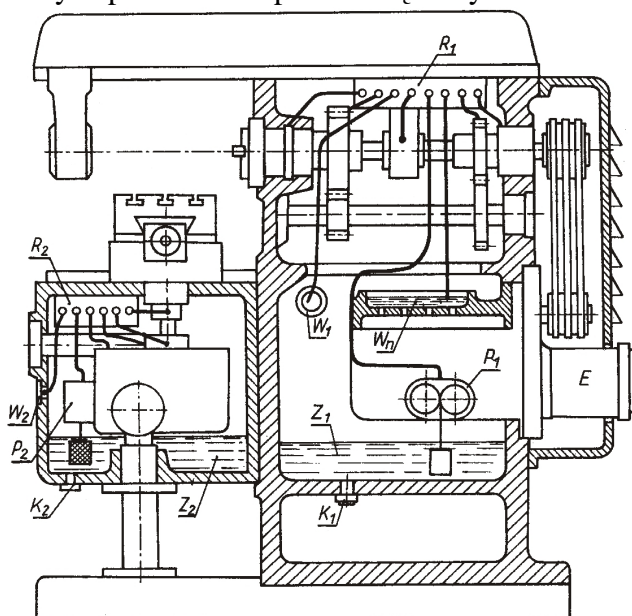
- smarowania dynamicznego, w którym olej dostaje się do smarowanych powierzchni na skutek ruchu współpracujących elementów roboczych, np. powierzchni nośnych ślizgowych łożysk hydrodynamicznych, albo rozbryzgowego działania obracających się kół zębatach lub specjalnego elementu rozbryzgowego,
- smarowania pod ciśnieniem, w którym olej jest dostarczany do powierzchni smarowanych przez układ smarowania zawierający pompę oraz urządzenia rozprowadzające i dozujące.

Najprostszymi urządzeniami do smarowania stosowanymi zwłaszcza w obrabiarkach wyposażonych w indywidualne układy smarowania są różnego rodzaju smarownice. Przykłady kilku odmian smarownic przystosowanych do napełniania smarem stałym lub olejem przedstawiono na rysunku 32.



Rys. 32. Przykłady smarownic do smaru stałego i oleju: a) smarownica z zaworem kulkowym wkręcana, b) smarownica z zaworem kulkowym wciskana, c) smarownica na smar stały dokręcana, d) smarownica olejowa knotowa [6].

W smarownicach kulkowych (rys. 32 a, b) można stosować smar stały lub ciekły. Mogą być one osadzone w korpusie na wcisk lub wkręcane. Smarownice typu Staufera (rys. 32 c) wypełnia się smarem stałym, który jest doprowadzany do powierzchni smarowanych przez pokręcanie pokrywy smarownicy. W smarownicy knotowej (rys. 32 d) stosuje się olej, który powoli ścieka do smarowanych powierzchni przez nasączony nim bawełniany knot.



Rys. 33. Układ centralnego smarowania frezarki wspornikowej poziomej P_1 i P_2 – pompy układu smarowania mechanizmów napędu głównego i mechanizmów skrzynki posuwów, R_1 i R_2 – rozdzielacze, Z_1 i Z_2 – zbiorniki, W_1 i W_2 – wskaźniki zasilania, K_1 i K_2 – korki spustowe, W_n – wanna z olejem ściekającym do skrzynki prędkości (reduktora) [6].

W układach centralnego smarowania olejem tłoczonym pod ciśnieniem są stosowane takie urządzenia, jak pompy, filtry, zawory, rozdzielacze, zbiorniki, przewody, wskaźniki itd., których budowa i zasady działania są podobne jak w przypadku urządzeń stosowanych

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

w napędach hydraulicznych obrabiarek. Przykład centralnego smarowania frezarki wspornikowej poziomej przedstawiono na rysunku 33. W obrabiarce tej zastosowano dwa niezależne układy smarowania, z których jeden służy do smarowania mechanizmów napędu ruchu głównego obrabiarki, znajdujących się w korpusie głównym (stojaku), a drugi do smarowania mechanizmów ruchów posuwowych, znajdujących się we wsporniku (konsoli) obrabiarki.

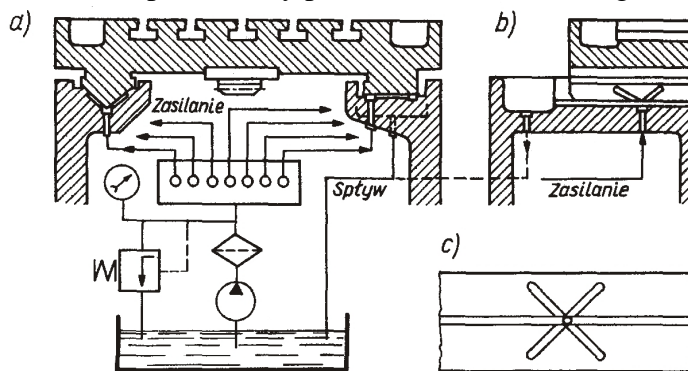
Do zasilania olejem obydwu układów służą pompy zębate P_1 i P_2 , które tłoczą olej do rozdzielaczy R_1 i R_2 . Z rozdzielaczy olej jest rozprowadzany przewodami do poszczególnych punktów smarowania, tj. do łożysk i kół zębatych oraz do wskaźników W_1 i W_2 umożliwiających wzrokowe sprawdzenie prawidłowości działania układu smarowania. Ponieważ czynnik smarujący z rozdzielaczy jest doprowadzany z góry na wieniec określonego koła, więc w czasie obrotu tego koła następuje rozbryzgiwanie oleju i w ten sposób smarowane są sąsiednie koła i inne umieszczone w skrzynce elementy.

Skrzynka prędkości znajduje się w reduktorze napędzanym silnikiem E.

W górnej części korpusu tej skrzynki jest umieszczona wanna W zasilana z rozdzielacza R z której olej specjalnymi otworami spływa do wnętrza skrzynki.

Oprócz tych dwóch układów, obrabiarka ma jeszcze układ smarowania stołu i sań, zasilany ręczną pompką olejem czerpanym ze zbiornika przymocowanego do sań stołu. Pompka podaje olej przewodami do kół zębatych, łożysk, sań i śruby pociągowej stołu. Poza tym — jak większość obrabiarek ogólnego przeznaczenia — frezarka ta ma wiele punktów indywidualnego smarowania (nie pokazanych na rysunku), służących np. do smarowania prowadnic belki i podtrzymki trzpienia frezarskiego.

Przykład centralnego smarowania stołu strugarki wzdłużnej przedstawiono na rysunku 34. Na rysunku pokazano schemat układu smarowania oraz uproszczone rozwiązanie konstrukcyjne stołu i prowadnic łoża obrabiarki, z widocznymi punktami smarowania oraz rowkami smarowymi wykonanymi w prowadnicach stołu. Olej jest tłoczony przez pompę do rozdzielacza, a z niego jest rozprowadzany przewodami zasilającymi do poszczególnych punktów smarowania. Podawany do punktów smarowania olej jest rozprowadzany rowkami smarowymi po całej powierzchni prowadnicy podczas ruchu stołu strugarki.

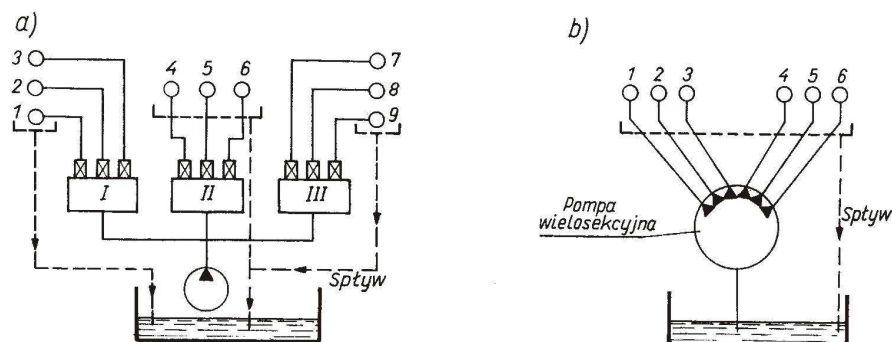


Rys. 34. Schemat centralnego smarowania stołu strugarki wzdłużnej: a) przekrój poprzeczny stołu, b) przekrój wzdłużny stołu (fragment), c) widok rowków smarowych na prowadnicach stołu [6].

Rowki smarowe najczęściej są wykonywane w ruchomych elementach zespołów prowadnicowych, natomiast punkty smarowania i zasilanie umieszcza się na elementach stałych.

Obecnie coraz częściej spotyka się układy centralnego smarowania z dozowaniem oleju. Istnieją dwie odmiany takich układów, a mianowicie z zastosowaniem dozowników oleju albo z zastosowaniem pompy wielosekcyjnej (rys. 35). Układy centralnego smarowania z dozowaniem oleju mogą być zasilane pompą ręczną lub napędzaną mechanicznie albo hydraulicznie. W przypadku stosowania pomp napędzanych mechanicznie lub hydraulicznie

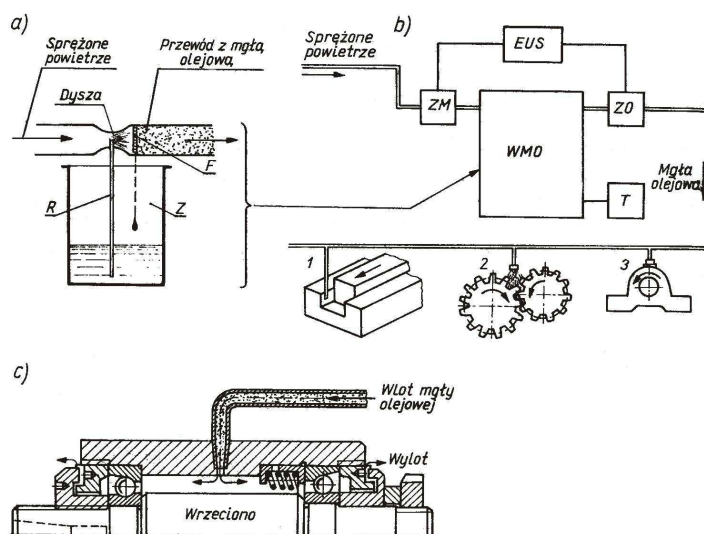
konieczny jest układ włączający pompę w wymaganych odstępach czasu. Olej z pompy jest tłoczony do sekcji dozowników (lub dozowników głównych), których zadaniem jest rozdzielanie i podawanie oleju do dozowników zasilających olejem poszczególne punkty smarowania. Objętość dozowanego oleju można ustalać odpowiednio dobierając wymienną końcówkę jednostki dozującej. W najmniejszych jednostkach dozujących można uzyskać dawkę oleju o objętości od $0,03 \text{ cm}^3$ a w dużych nawet ponad 1 cm^3 (na jedno uruchomienie pompy).



Rys. 35. Schematy centralnego smarowania z dozowaniem oleju: a) z zastosowaniem dozowników, b) z pompą wielosekcyjną I, II, III, – sekcje dozownicze, 1–9 – poszczególne punkty smarowania [6].

W przypadku zastosowania pompy wielosekcyjnej olej jest podawany bezpośrednio do punktów smarowania, bez potrzeby stosowania dozowników.

Układ smarowania centralnego z zastosowaniem dozowania oleju zapewnia najbardziej racjonalne smarowanie obrabiarek.



Rys. 36. Smarowanie mgłą olejową: a) zasada działania wytwornicy mgły olejowej, b) schemat instalacji do smarowania mgłą olejową, c) smarowanie mgłą olejową łożysk wrzeciona szlifierki WMO – wytwornica mgły olejowej, EUS elektroniczne urządzenie do sterowania pracą układu smarowania, ZM – zawór magnetyczny z filtrem, ZO – zawór odcinający, T – termostat, Z – zbiornik oleju, R – rurka zasysająca olej, F filtr skraplający, 1, 2, 3 punkty smarowania (przewodnicy, kół zębatych, łożyska) [6].

W szybkoobrotowych zespołach roboczych obrabiarek np. w wysokoobrotowych zespołach wrzecionowych – stosuje się smarowanie mgłą olejową. System taki umożliwia dotarcie smaru do trudno dostępnych miejsc, a zarazem umożliwia zastosowanie tzw. „smarowania głodowego”. W przypadku „smarowania głodowego” podawana ilość smaru nie powoduje

wzrostu oporów ruchu (np. szybkoobrotowych elementów łożyska), a tym samym wzrostu temperatury.

Do wytwarzania mgły olejowej służą specjalne urządzenia, w których strumień sprężonego powietrza zasysa olej ze zbiornika i wytwarza mieszaninę powietrza z drobkami oleju. Mieszanina taka jest przewodem kierowana do smarowanego elementu (np. łożyska). Przykład urządzenia do smarowania mgłą olejową i jego zastosowanie podano na rysunku 36.

Wydajność pompy układu smarowania obrabiarki (lub określonego zespołu roboczego) wyznacza się przyjmując, że całkowite ciepło wywołane siłami tarcia w mechanizmach obrabiarki powinno być odprowadzone za pomocą czynnika smarującego.

Jeśli moc napędu obrabiarki (lub jej rozpatrywanego zespołu) wynosi P kW, a sprawność η , to ilość ciepła powstała w ciągu godziny na skutek tarcia można wyznaczyć wg wzoru:

$$Q_h = 3600P(1 - \eta) \text{ kJ/h}$$

Natomiast objętość oleju niezbędną do odprowadzenia tego ciepła w jednostce czasu można obliczyć z zależności:

$$V_t = \frac{3600}{60c_p \cdot p \cdot \Delta t} \cdot P(1 - \eta) \text{ dm}^3/\text{min}$$

w której: c_p – ciepło właściwe oleju (średnia wartość $1,6 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot 1^\circ\text{C})$,

- p – gęstość (masa właściwa oleju w kg/dm^3 ,
- Δt – różnica temperatury oleju podawanego do smarowania i odprowadzanego do zbiornika w stopniach Celsjusza lub w kelwinach.

Wprowadzając oznaczenie:

$$\frac{3600}{60c_p \cdot p \cdot \Delta t} = k$$

otrzymujemy zależność:

$$V_t = k \cdot P(1 - \eta) \text{ dm}^3/\text{min}$$

gdzie:

- k współczynnik, którego wartość mieści się w granicach 1–3.

Chłodzenie obrabiarek

Chłodzenie w obrabiarkach ma na celu odprowadzenie ciepła powstającego w przestrzeni roboczej obrabiarki w wyniku procesu skrawania oraz obniżanie temperatury tych elementów i zespołów obrabiarki, które nagrzewają się na skutek tarcia oraz pod wpływem ciepła wydzielanego przez silniki, sprzęgła elektromagnetyczne, hamulce, pompy, dławiki hydrauliczne itp.

Odprowadzanie ciepła z przestrzeni roboczej obrabiarki – nazywane chłodzeniem bezpośrednim pozwala na:

- zwiększenie trwałości narzędzi skrawających,
- ułatwienie procesu skrawania,
- zmniejszenie chropowatości obrabianych powierzchni,
- ułatwienie odprowadzenia wiórów.

Natomiast odprowadzanie ciepła od elementów i zespołów roboczych obrabiarki – nazywane chłodzeniem pośrednim ma na celu stabilizację cieplną maszyny, czyli zachowanie stałych warunków cieplnych, które są niezbędne dla zapewnienia dokładności układu kształtowania obrabiarki, a tym samym dokładności wykonywanego na obrabiarce przedmiotu.

Obecnie powszechnie są stosowane indywidualne układy bezpośrednie go chłodzenia obrabiarek, w które maszyny są wyposażane przez ich producentów.

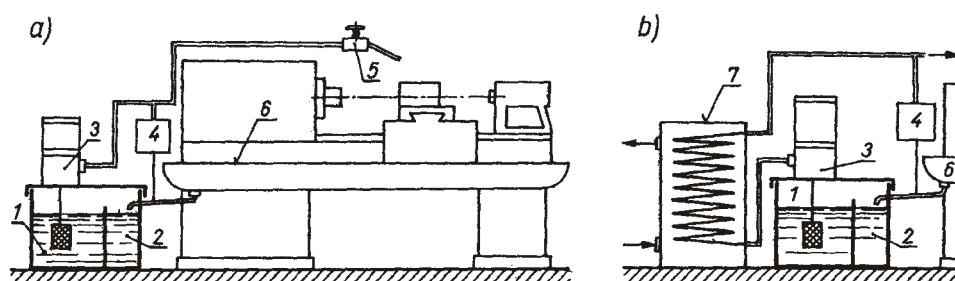
Obrabiarki, w których jest stosowane intensywne chłodzenie przestrzeni roboczej (automaty tokarskie, szlifierki itp.), muszą być wyposażone w odpowiednie osłony zabezpieczające pracownika przed rozbryzgiwanym chłodziwem oraz wiórami.

Stosowane w obrabiarkach chłodziwa powinny umożliwiać szybkie odprowadzenie ciepła, mieć dobre właściwości smarne, długo zachowywać właściwości chłodzące i smarne, nie powodować korozji elementów obrabiarki.

Ponadto chłodziwa nie mogą być szkodliwe dla zdrowia pracowników. Podstawowymi rodzajami chłodziw są:

- wodny roztwór sody – stosowany przy toczeniu, frezowaniu i wierceniu krótkich otworów,
- wodny roztwór mydła – stosowany przy toczeniu i frezowaniu wykańczającym oraz wierceniu i wytaczaniu,
- emulsje – utworzone z takich składników, jak: olej mineralny, nafta, kwas tłuszczowy, soda kaustyczna, gliceryna, związki sodu, woda, szkło wodne – stosowane przy toczeniu, frezowaniu, wierceniu, przeciąganiu, wytaczaniu, szlifowaniu,
- mieszaniny utworzone z takich składników, jak: mazut siarkowy, nafta lub olej mineralny siarkowy, kwas tłuszczowy stosowane do wiercenia głębokich otworów, nacinania gwintów, obróbki uzębień, rozwiercania i przeciągania,
- nafta czysta lub z domieszką oleju wrzecionowego – stosowana do obróbki wykańczającej (dogładzania),
- olej mineralny (olej wrzecionowy lekki) – stosowany do obróbki kół zębatach, gwintów, precyzyjnego frezowania itp.

Układ chłodzenia w obrabiarce składa się zazwyczaj z następujących urządzeń: zbiornika z odstojnikiem, pompy, filtru, zaworu przelewowego, przewodu doprowadzającego chłodziwo z zaworem odcinającym, wanny zbierającej spływające chłodziwo oraz przewodu odprowadzającego użyte chłodziwo do odstojnika.



Rys. 37. Schematy typowych układów bezpośredniego chłodzenia obrabiarek: a) zwykłego, b) z chłodnicą: 1 – zbiornik, 2 – odstojnik, 3 – pompa, 4 – zawór przelewowy, 5 – zawór odcinający, 6 – wanna zbierająca zużyte chłodziwo, 7 – chłodnica, 8 – filtr [6].

Schemat typowego układu bezpośredniego chłodzenia przestrzeni roboczej obrabiarki przedstawiono na rysunku 37 a.

W przypadku, gdy występuje potrzeba dodatkowego studzenia chłodziwa, stosuje się specjalne chłodnice (powietrzne lub wodne), zazwyczaj umieszczane w pobliżu zbiornika i pompy zasilającej (rys. 37 b).

W układach chłodzenia bezpośredniego stosuje się pompy zębata lub odśrodkowe. Pompę umieszcza się często razem z napędzającym ją silnikiem na pokrywie zbiornika usytuowanego w dolnej przestrzeni korpusu obrabiarki.

Ponieważ spływające z przestrzeni roboczej chłodziwo jest zanieczyszczone wiórami, pyłem metali lub ścierniwem, więc przed powtórным użyciem musi być oczyszczone.

Proces oczyszczania zaczyna się w wannach lub rynnach zbierających użyte chłodziwo, w których większe wióry osiadają na dnie, skąd są ręcznie lub mechanicznie usuwane. Spływające do osadnika chłodziwo przepływa przez gęstą siatkę, a następnie jest oczyszczane w filtrze zbiornika.

W obrabiarkach usuwających naddatek obróbkowy w postaci wiórów stosuje się filtry siatkowe i szczelinowe, natomiast w szlifierkach stosuje się filtry działające na zasadzie odsączania, w których chłodziwo spływa przez otwór na odwijany z rolki papier filtracyjny, przesuwany automatycznie w miarę jego zanieczyszczenia.

W przypadku obróbki wytwarzającej duże ilości pyłu metalowego stosuje się tzw. separatory magnetyczne. W urządzeniu takim chłodziwo spływa do przegrody z obracającym się stalowym bębnem z umieszczonymi wewnątrz magnesami. Osiadające na bębnie drobne wióry i pył metalowy są zgarniane do stojącego obok pojemnika.

Wydajność pompy układu chłodzenia, tj. objętość chłodziwa tłoczona przez nią w jednostce czasu, można wyznaczyć z zależności podobnej jak w przypadku układu smarowania, przyjmując, że:

$$V_t = \frac{3600}{60c_p \cdot p \cdot \Delta t} \cdot P_{skr} = k \cdot P_{skr} \text{ dm}^3/\text{min}$$

w której:

- P_{skr} – moc skrawania,
- k – współczynnik, który może przyjmować wartość w granicach 2–6.

W przypadku, gdy chłodziwo służy również do usuwania wiórów, wydajność pompy musi być zwiększona o dodatkową wartość $V_{t1} = 10 - 30 \text{ dm}^3/\text{min}$.

Pojemność odstożnika – chłodziwa powinna być w przybliżeniu równa wydajności, jaką pompa osiąga w czasie 10–12 min.

W obrabiarkach zautomatyzowanych – np. w automatach tokarskich czy automatycznych liniach obrabiarkowych – musi być zapewnione automatyczne odprowadzanie wiórów z przestrzeni roboczej obrabiarki do ustawionego obok pojemnika. Budowa takich obrabiarek musi ułatwiać grawitacyjne odprowadzanie wiórów z przestrzeni roboczej do przestrzeni z zabudowanym przenośnikiem usuwającym je do specjalnego pojemnika, z którego są okresowo usuwane.

4.5.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jakie znasz rodzaje sterowania?
2. Jakie znasz elementy układu sterowania?
3. Na czym polega sterowanie numeryczne?
4. Jakie znasz sposoby smarowania?
5. Jakie znasz sposoby chłodzenia obrabiarek?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Na podstawie DTR oraz przeglądu obrabiarek w Twoim warsztacie, dokonaj analizy układów smarowania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dokonać przeglądu obrabiarek występujących w Twoim warsztacie,
- 2) zapoznać się z dokumentacją DTR tych obrabiarek,
- 3) zidentyfikować sposób smarowania tych obrabiarek,
- 4) rozpoznać punkty smarowania,
- 5) przedstawić wykonane ćwiczenie nauczycielowi.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja do wykonania ćwiczenia,
- dokumentację DTR.

Ćwiczenie 2

Dla wybranej obrabiarki w Twoim warsztacie dokonaj analizy układu chłodzenia i uzupełnij płyn chłodzący.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko do wykonania ćwiczenia,
- 2) zapoznać się z dokumentacją DTR,
- 3) przeanalizować układ chłodzenia obrabiarki,
- 4) uzupełnić płyn chłodzący w obrabiarce,
- 5) zaprezentować wykonane ćwiczenie,
- 6) dokonać oceny ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- dokumentację DTR,
- płyn chłodzący,
- pisaki,
- kartki papieru.

4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) rozróżnić rodzaje sterowania obrabiarek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) porównać sposoby smarowania obrabiarek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dobrać rodzaj chłodziwa do obróbki określonego materiału?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić istotę sterowania adaptacyjnego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić korzyści wynikające ze sterowania CNC?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.6. Obrabiarki do obróbki skrawaniem

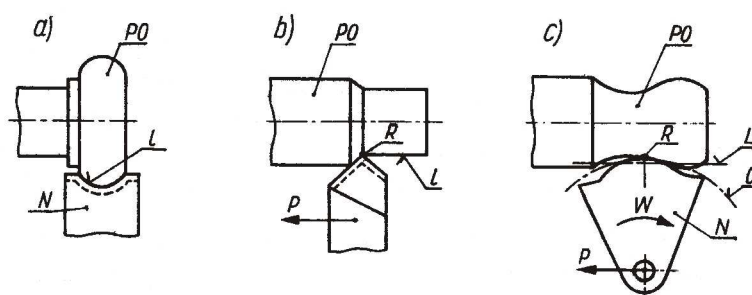
4.6.1. Materiał nauczania

Kształtowanie powierzchni na obrabiarkach

Obrabiarki skrawające są maszynami złożonymi. Aby zrozumieć strukturę i zasadę ich pracy, trzeba rozpatrzeć oddzielnie dwa zagadnienia:

- zagadnienie kształtowania, czyli tworzenia powierzchni w wyniku względnych ruchów narzędzia i przedmiotu obrabianego,
- zagadnienie oddzielania wiórów od materiału wyjściowego, czyli zagadnienie skrawania.

Rozpatrując ruch narzędzia względem przedmiotu obrabianego, zwracamy uwagę na tory, jakie zakreśla krawędź skrawająca narzędzia w układzie przedmiotu obrabianego, oraz na współzależność przemieszczeń narzędzia i przedmiotu, nie wnikając w inne znamiona ruchu, jak prędkość i przyspieszenie.

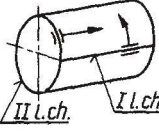
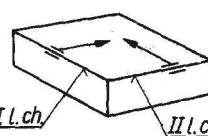

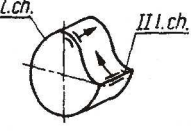
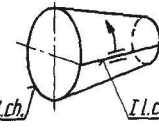
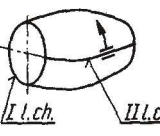
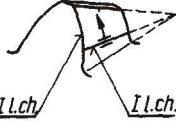
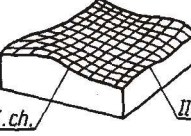


Rys. 38. Przykłady trzech rodzajów narzędzi (noży tokarskich) do kształtowania przedmiotu: a) narzędzie kształtowe, b) narzędzie punktowe, c) narzędzie obwiedniowe [6].

Ruchy względne narzędzia i przedmiotu obrabianego, w wyniku których powstaje powierzchnia o żądanym kształcie i wymiarach, nazywa się ruchami kształtowania. Jak widać na rysunku 38, taki sam kształt powierzchni obrobionej metodą toczenia można uzyskać stosując: narzędzie kształtowe (rys. 38 a), stykające się z powierzchnią obrobioną wzdłuż linii łamanej narzędzie o styku punktowym (rys. 38 b) albo narzędzie obwiedniowe (rys. 38 c) stykające się z kształtowaną powierzchnią w kolejnych punktach krawędzi skrawającej. We wszystkich tych przypadkach mamy do czynienia z odmiennymi ruchami narzędzia względem przedmiotu.

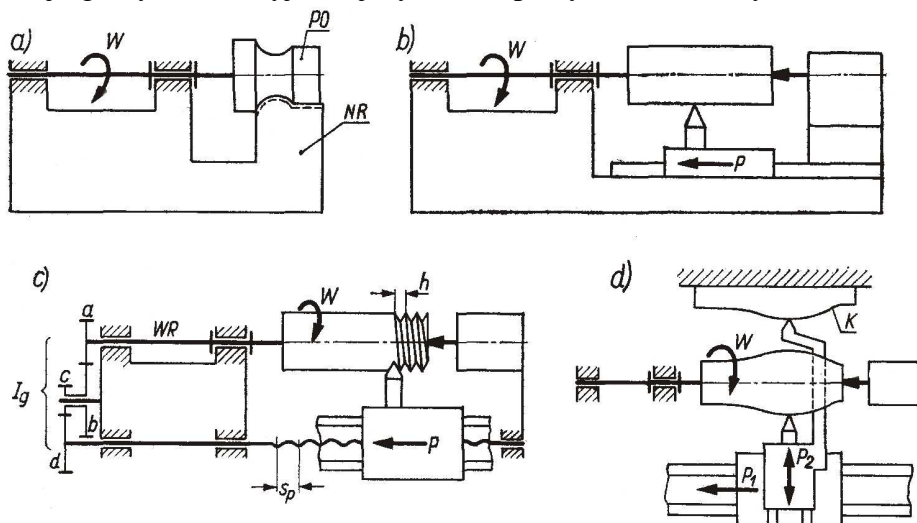
Linie charakterystyczne powierzchni. Rozpatrując znane dotychczas metody kształtowania różnych powierzchni przez skrawanie, możemy dojść do wniosku, że każda powierzchnia powstająca przez skrawanie może być utworzona jako ślad przestrzenny ruchu jednej linii (o stałym lub zmiennym zarysie) zwanej tworzącą, prowadzonej stale po drugiej linii, zwanej kierownicą. Linie te będziemy nazywać liniami charakterystycznymi lub liniami kształtowania powierzchni. W takim ujęciu istota kształtowania powierzchni metodami skrawania sprowadza się do odtwarzania linii charakterystycznych na przedmiocie obrabianym przez narzędzie skrawające.

Zespoły robocze (wykonawcze) obrabiarki stanowią przeważnie dwa odrębne mechanizmy odtwarzające pierwszą I bądź drugą II linię charakterystyczną z wyjątkiem przypadków narzędzia kształtowego, gdzie linię charakterystyczną II uzyskuje się przez „odbicie” krawędzi skrawającej. Występujący w czasie takiej obróbki ruch posuwowy wgłębny nie jest ruchem kształtowania, lecz ruchem związanym z tworzeniem wióra, bowiem ostateczny kształt powierzchni powstaje w wyniku obrotowego ruchu przedmiotu przy unieruchomionym narzędziu.

Linie charakterystyczne stałe			
Proste		Złożone	
			
Powierzchnia walca prostego	Płaszczyzna	Powierzchnia zęba kąta walcowego	Powierzchnia krzywki tarczowej
Linie charakterystyczne zmienne			
Proste		Złożone	
			
Powierzchnia stożkowa	Powierzchnia wątka kształtowego	Powierzchnia zęba kąta stożkowego	Powierzchnia dowolna

Rys. 39. Przykłady powierzchni i linii charakterystycznych [6].

Przy założonym kształcie narzędzia skrawającego wyodrębnienie linii charakterystycznych powierzchni ułatwia zaprojektowanie głównych mechanizmów, zapewniających wymagane ruchy kształtowania. Mechanizmy takie tworzą w połączeniu podstawowy układ strukturalny obrabiarki; narysowane schematycznie przedstawiają one najbardziej ogólny obraz, wyjaśniający zasadę pracy obrabiarki (rys. 40).



Rys. 40. Przykłady układów strukturalnych mechanizmów kształtowania powierzchni za pomocą dwóch linii charakterystycznych: a) toczenie kształtowe, b) toczenie wzdłużne powierzchni walcowo-kołowej, c) toczenie gwintu nożem kształtowym, d) toczenie kopiowe powierzchni obrotowej krzywoliniowej [6].

Najprostsze mechanizmy kształtowania uzyskuje się wtedy, gdy linie charakterystyczne dają się zrealizować przez jeden lub dwa niezależne od siebie ruchy — obrotowy i prostoliniowy. Dlatego ruchy takie nazywać będziemy prostymi ruchami kształtowania (rys. 40 a, b) w odróżnieniu od wszystkich innych przypadków, w których mamy do czynienia ze złożonymi ruchami kształtowania (rys. 40 c, d).

Obrabiarki, w których występują mechanizmy kształtowania linii charakterystycznych będących tylko okręgami kół lub prostymi i w których składowe ruchy kształtowania mogą

być od siebie niezależne, nazywa się obrabiarkami o prostych ruchach kształtowania. Do grupy tej należą: tokarki produkcyjne, wiertarki, frezarki ogólnego przeznaczenia, strugarki, przeciągarki oraz szlifierki do wałków, płaszczyzn i otworów.

Obrabiarki o złożonych ruchach kształtowania umożliwiają kształtowanie powierzchni, których jedna z dwóch albo obie linie charakterystyczne nie są okręgami kół ani prostymi. Do tej grupy zalicza się obrabiarki do gwintów, kopiarki, obrabiarki do kół zębatych kształtujące powierzchnie zębów metodą obwiedniową.

Rozpatrując kształtowanie powierzchni walcowo-kołowej metodą toczenia za pomocą narzędzia punktowego (rys. 40 b), widzimy, że konieczne są tu dwie niezależne pary ruchowe: para obrotowa, którą stanowi wrzeciono w łożyskach, kształtująca I linię charakterystyczną – okrąg koła (ruch obrotowy W) i para przesuwna, zapewniająca prostoliniowy ruch (P) wierzchołka ostrza noża wzdłuż II linii charakterystycznej – prostej równoległej do osi wrzeciona, którą to parę stanowi suport przesuwający się na prowadnicach. Przy zastosowaniu narzędzia kształtowego mamy do czynienia tylko z jednym ruchem kształtowania I linii charakterystycznej; który zapewnia obrotowa para kinematyczna (wrzeciono w łożyskach – rys. 40 a).

Złożone ruchy kształtowania uzyskuje się w obrabiarkach najczęściej za pomocą mechanizmów, których człony robocze wykonują proste ruchy składowe – obrotowe i prostoliniowe. Ażeby w wyniku złożenia tych ruchów uzyskać wypadkowy ruch po torze wyznaczonym przez linię, charakterystyczną, ruchy składowe muszą być z sobą powiązane wg określonej zależności matematycznej.

Rozpatrzmy jako przykład układ strukturalny tokarki przystosowanej do toczenia gwintów za pomocą noża kształtowego (rys. 40 c). Linię charakterystyczną I (zarys gwintu w przekroju osiowym, kształtuje tu samo ostrze narzędzia, natomiast dla zrealizowania I linii charakterystycznej (śrubowej) konieczne są dwa ruchy składowe: obrotowy W przedmiotu i prostoliniowy P narzędzia. Ruchy te należy traktować łącznie jako elementy złożonego ruchu śrubowego. Powinny być one z sobą powiązane tak, aby przy jednym obrocie wrzeciona nóż wraz z suportem przesunął się o wielkość skoku gwintu nacinanego h . W tym celu konieczne jest wprowadzenie pomiędzy wrzecionem a śrubą pociągową o skoku s_p , przesuwającą suport, dodatkowej więzi kinematycznej w postaci przekładni złożonej z kół zębatych o liczbach zębów a, b, c, d , tzw. przekładni gitarowej. Wiąz ta powinna spełniać następujący warunek:

$$(1 \text{ obr } WR) \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot s_p = h$$

skąd:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = I_g = \frac{h}{s_p}$$

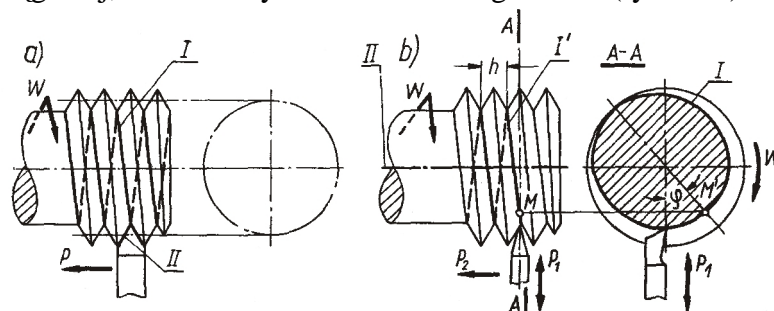
W otrzymanej zależności I_g oznacza przełożenie przekładni gitarowej, niezbędne dla odtworzenia na przedmiocie obrabianym linii charakterystycznej II.

Złożone ruchy kształtowania występują również w tokarce kopiarce (rys. 40 d). Mechanizm kształtowania linii charakterystycznej II (rys. 40 g) składa się z sań krzyżowych. Wypadkowy ruch wierzchołka noża tokarskiego wzdłuż tworzącej przedmiotu uzyskuje się w wyniku złożenia prostoliniowego ruchu P_1 sań wzdłużnych i prostoliniowego ruchu P_2 sań poprzecznych. Kinematyczną więź między ruchami P_1 i P_2 można zrealizować mechanicznie przez przymusowe prowadzenie po wzorniku K palca wodzącego związanego sztywno z saniami poprzecznymi, bądź za pomocą odpowiedniego serwomechanizmu.

Zadanie kształtowania określonej powierzchni może być rozwiązane w różny sposób, zależnie od zarysów i wzajemnego położenia linii charakterystycznych oraz rodzaju narzędzia

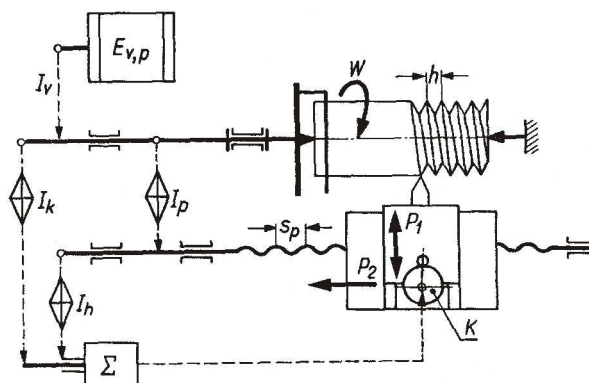
(kształtowe, punktowe, czy obwiedniowe). W związku z tym układy strukturalne obrabiarek przeznaczonych do kształtowania takich samych powierzchni mogą być różnorodne.

Rozpatrując nacinanie gwintu narzędziem kształtowym (nożem tokarskim, frezem, ściernicą kształtową), dochodzimy do układu strukturalnego, który będzie w zasadzie taki sam dla tokarki pociągowej, frezarki czy też szlifierki do gwintów (rys. 40 c).



Rys. 41. Dwie różne metody kształtowania powierzchni gwintu: a) narzędziem kształtowym, b) narzędziem punktowym [6].

Jeżeli jednak zwrócimy uwagę, że powierzchnia gwintu walcowego może być określona również przez podanie zarysu przekroju poprzecznego i jego położenia w stosunku do osi (rys. 41b), to dojdziemy do układu strukturalnego obrabiarki umożliwiającej kształtowanie powierzchni śrubowej za pomocą narzędzia punkowego (rys. 42). Kształt linii charakterystycznej I (zarys poprzecznego przekroju śruby) otrzymujemy tu w wyniku ruchu obrotowego W przedmiotu obrabianego i prostoliniowo-zwrotnego ruchu P_1 sań poprzecznych, uzyskiwanego od krzywki K napędzanej przez wrzeciono za pośrednictwem łańcucha kinematycznego o przełożeniu I_k . Ruch P_2 kształtowania II linii charakterystycznej – osi gwintu (traktowany jako niezależny) wykonują sańie wzdłużne przesuwane za pomocą śruby pociągowej, która otrzymuje na pęd od wrzeciona za pośrednictwem przekładni o przełożeniu I_p .



Rys. 42. Układ strukturalny tokarki do obróbki gwintu za pomocą noża punkowego [6].

Zarys poprzecznego przekroju śruby, składający się w przypadku jednokrotnego gwintu trójkątnego symetrycznego z dwóch odcinków spirali Archimedeasa w miarę przesuwania się wzdłuż osi śruby jest obrócony o kąt φ proporcjonalny do przesunięcia. Przy przesunięciu o długość skoku h zarys ten obraca się o kąt 360° zajmując z powrotem położenie początkowe (linia charakterystyczna o stałym zarysie i zmiennym położeniu). Można sobie wyobrazić, że zarys I zmienia swoje położenie kątowe w ten sposób, że jego punkt M' przesuwają się po linii śrubowej I' , biegnącej wzdłuż bruzdy gwintu. Za każdym przesunięciem wzdłuż osi gwintu

o wielkość posuwu p [mm/min] zarys I obraca się o kąt $360^\circ \cdot \frac{p}{n}$, gdzie n — prędkość

obrotowa wrzeciona w obr./min. Wynika stąd, że krzywka K , poza ruchem obrotowym

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

uzyskiwanym za pośrednictwem łańcucha kinematycznego o przełożeniu I_k , powinna wykonać dodatkowo jeden obrót w czasie, gdy sanie wzdłużne przebędą drogę h . Ten dodatkowy ruch krzywki można zrealizować za pośrednictwem przekładni gitarowej o przełożeniu I_h i mechanizmu sumującego Σ .

Obrabiarka przeznaczona jest do kształtowania przedmiotów za pomocą zamocowanych w niej narzędzi. W zależności od metody kształtowania przedmiotów na obrabiarce rozróżnia się obrabiarki do obróbki plastycznej i skrawające. Obrabiarki skrawające są stosowane do nadawania obrabianemu przedmiotowi wymaganego kształtu przez oddzielenie nadmiaru materiału w postaci wiórów. Do obrabiarek tych należą, np. tokarki, wiertarki, frezarki, strugarki, szlifierki (rys. 43).



Rys. 43. Obrabiarki skrawające: a) tokarka sterowana numerycznie, tokarka uniwersalna, c) szlifierka do płaszczyzn, d) dłutownica, e) frezarka pozioma [<http://www.afm.com.pl>, <http://www.avia.com.pl>].

Obrabiarki konwencjonalne

Obrabiarka jako maszyna robocza technologiczna stanowi zespół mechanizmów, których konstrukcja i spełniane funkcje zależą od przeznaczenia produkcyjnego oraz od stopnia automatyzacji i wyposażenia obrabiarki.

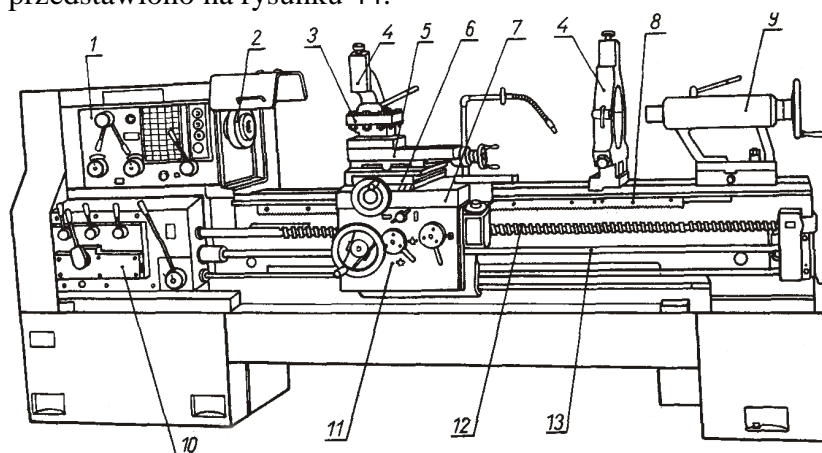
Jako wynik obróbki na obrabiarce uzyskuje się przedmiot obrobiony, którego kształt, dokładność wykonania i jakość powierzchni powinny być zgodne z rysunkiem wykonawczym przedmiotu. W zależności od przeznaczenia przedmiotu oraz możliwości technologicznych obrabiarki mogą być na niej wykonane wszystkie powierzchnie określające kształt przedmiotu albo tylko niektóre spośród nich.

Tokarki stanowią podstawową grupę obrabiarek przeznaczonych do obróbki zewnętrznych i wewnętrznych powierzchni obrotowych. Kształtowanie tych powierzchni jest dokonywane przy zastosowaniu obrotowego ruchu głównego przedmiotu obrabianego oraz prostoliniowego ruchu posuwowego narzędzia.

Tokarki są najliczniejszą i jedną z najbardziej zróżnicowanych konstrukcyjnie grup obrabiarek. W ramach tej grupy rozróżnia się następujące ważniejsze podgrupy i odmiany:

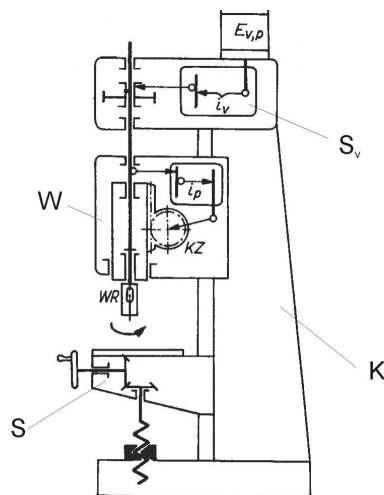
- tokarki kłowe – uniwersalne, produkcyjne, precyzyjne, wielonożowe i ciężkie oraz tokarki kopiarki,
- tokarki uchwytowe,
- tokarki tarczowe i karuzelowe,
- tokarki rewolwerowe,
- automaty tokarskie jednowrzecionowe oraz wielowrzecionowe,
- tokarki specjalizowane do gwintów i zataczarki, tokarki specjalne (branżowe).

Budowę tokarki kłowej uniwersalnej z oznaczeniem zespołów i głównych elementów konstrukcyjnych przedstawiono na rysunku 44.



Rys. 44. Tokarka kłowa uniwersalna TUJ 50: 1) wrzeciennik, 2) wrzeciono, 3) imak nożowy, 4) podtrzymka, 5) sanki narzędziowe, 6) Sanie poprzeczne, 7) sanie wzdłużne, 8) zębata, 9) konik, 10) skrzynka posuwów, 11) skrzynka suportowa, 12) śruba pociągowa, 13) wałek pociągowy [6].

Wiertarki są to obrabiarki przeznaczone do obróbki otworów przy stosowaniu narzędzi wykonujących obrotowy ruch główny i prostoliniowy ruch posuwowy.



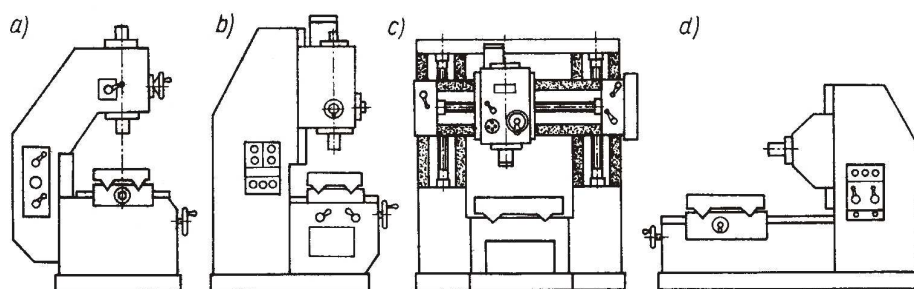
Rys. 45. Wiertarka stojakowa: W – wrzeciennik z wbudowaną skrzynką posuwów, WR – wrzeciono, S_v – skrzynka prędkości, K – korpus, S – stół roboczy, $E_{v,p}$ – silnik napędowy ruchu głównego i posuwowego, i_v , i_p – przełożenie w skrzynkach prędkości i posuwu, KZ – koło zębate napędu posuwu [6].

Podstawowym zabiegiem obróbkowym wykonywanym na wiertarkach jest wiercenie otworów walcowych przy użyciu wiertel krętych (spiralnych). Na wiertarkach często są

również wykonywane zabiegi rozwiercania otworów za pomocą rozwiertaków, pogłębianie otworów przy zastosowaniu pogłębiaczy czołowych lub stożkowych oraz gwintowanie otworów za pomocą gwintowników maszynowych.

Wytaczarki – to obrabiarki przeznaczone do precyzyjnej obróbki otworów, których dokładne rozmieszczenie osi jest określone w przyjętym układzie współrzędnych prostokątnych X, Y, Z.

Zakres zabiegów wykonywanych na tych obrabiarkach obejmuje: wiercenie i wytaczanie otworów, toczenie poprzeczne lub frezowanie niewielkich płaszczyzn, gwintowanie i szlifowanie otworów oraz trasowanie i sprawdzanie wymiarów przedmiotów obrabianych na innych obrabiarkach.



Rys. 46. Podstawowe odmiany konstrukcyjne wytaczarek współrzędnościowych: a) z wrzeciennikiem przesuwным wraz ze stojakiem, b) z wrzeciennikiem przesuwным na stojaku, c) dwu stojakowa z przesuwną belką, d) z wrzeciennikiem o poziomej osi wrzeciona [6].

Wytaczarki współrzędnościowe są stosowane w narzędziowniach do obróbki otworów w przyrządach i uchwytach oraz na oddziałach produkcyjnych do małoseryjnej obróbki dokładnych przedmiotów. W celu zapewnienia wymaganej dokładności obróbki ustawia się je w pomieszczeniach klimatyzowanych o temperaturze 20 ± 1 °C oraz zabezpiecza przeciw drganiom.

Pod względem konstrukcyjnym rozróżnia się wytaczarki współrzędnościowe (rys. 46):

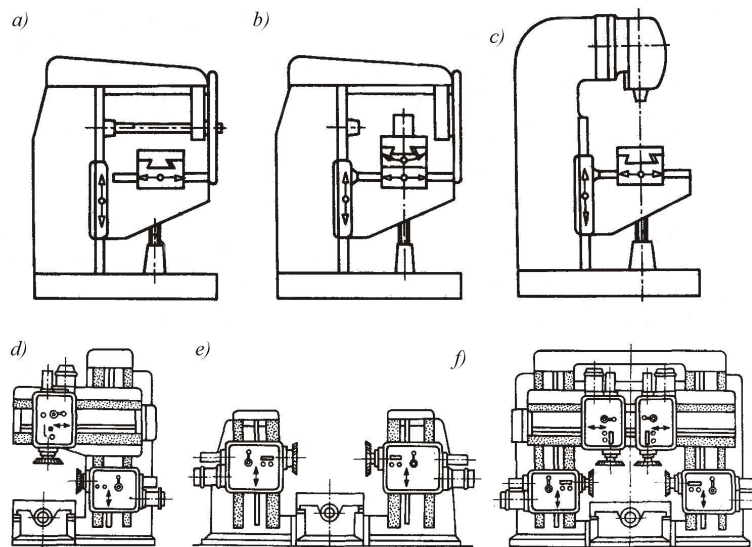
- jedno- lub dwustojakowe,
- z wrzecionem o pionowej albo poziomej osi obrotu.

Frezarki są to obrabiarki, w których obrotowy ruch główny wykonuje zamocowane we wrzecionie narzędzie – frez, a ruchy posuwowe najczęściej wykonuje przedmiot obrabiany zamocowany na przesuwным stole. Przeznaczeniem frezarek jest obróbka płaszczyzn oraz powierzchni kształtowych za pomocą frezów walcowych, walcowo-czołowych, głowic frezowych oraz różnego rodzaju frezów kształtowych.

Frezarki są produkowane w wielu odmianach konstrukcyjnych, wśród których najbardziej rozpowszechnione są:

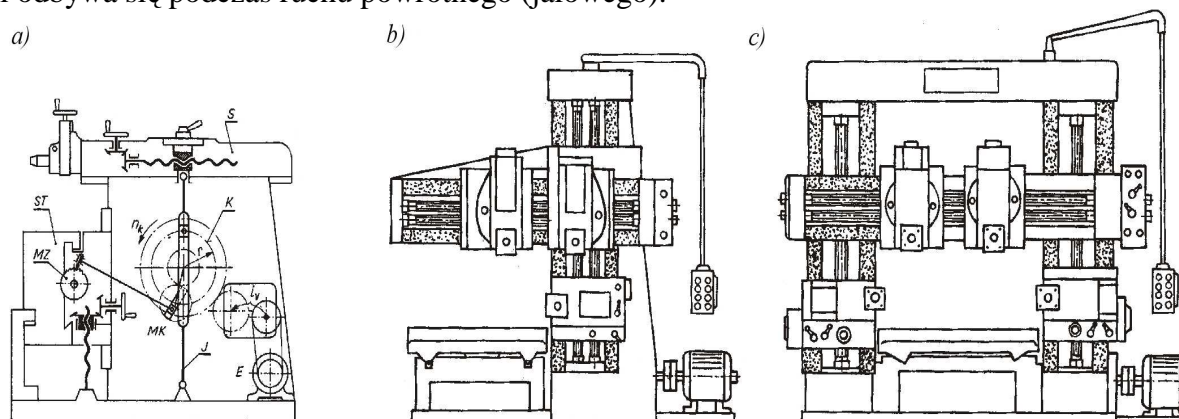
- frezarki wspornikowe,
- frezarki narzędziowe,
- frezarki bezwspornikowe (łożowe),
- frezarki wzdłużne,
- frezarki kopiarki,
- frezarki do gwintów.

Na rysunku 47 przedstawiono odmiany frezarek wspornikowych i wzdłużnych.



Rys. 47. Frezarki wspornikowe: a) pozioma zwykła, b) pozioma uniwersalna, c) pionowa, i wzdłużne d) jednostojakowa, e) dwustojakowa, f) bramowa [6].

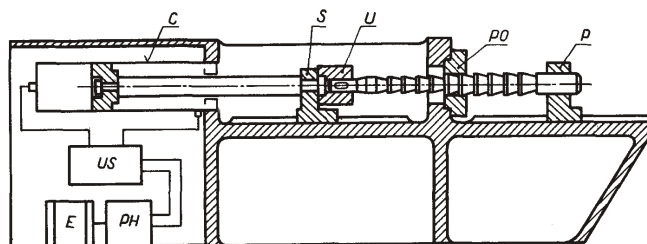
Strugarki i dłutownice są przeznaczone głównie do obróbki powierzchni płaskich przy zastosowaniu prostoliniowo-zwrotnego ruchu głównego i prostoliniowego ruchu posuwowego (rys. 48). W strugarkach ruch główny odbywa się w kierunku poziomym, natomiast w dłutownicach w kierunku pionowym. Ruch posuwowy jest ruchem przerywanym i odbywa się podczas ruchu powrotnego (jałowego).



Rys. 48. Odmiany konstrukcyjne strugarek: a) poprzeczna, b) wzdłużna jednostojakowa, c) wzdłużna dwustojakowa [6].

Przeciągarki dzieli się na poziome i pionowe oraz na przeznaczone do wykonywania powierzchni wewnętrznych, zewnętrznych oraz uniwersalne. Do grupy przeciągarek są zaliczane również przepycharki, stosowane głównie do wykańczającej obróbki otworów za pomocą narzędzi do przepychania.

Najbardziej rozpowszechnione są przeciągarki poziome do powierzchni wewnętrznych (rys. 49). W przeciągarkach takich narzędzia są mocowane w uchwytych osadzonych na końcówce prowadzonego w suwaku tłoczyska silnika hydraulicznego, natomiast przedmioty obrabiane — w gnieździe uchwytu osadzonego na czołowej płycie obrabiarki.



Rys. 49. Budowa przeciągarki poziomej do powierzchni wewnętrznych: E – silnik, PH – pompa hydrauliczna, US – układ sterowania, C – cylinder roboczy, S – suwak, U – uchwyt (oprawka) przeciągacza, P – podtrzymka przeciągacza, PO – przedmiot obrabiany [6].

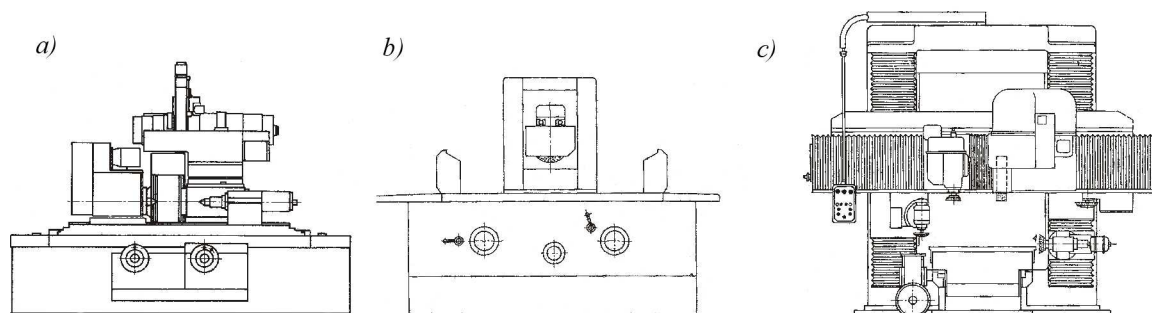
Szlifierki stanowią liczną i bardzo zróżnicowaną grupę obrabiarek przeznaczonych głównie do wykańczającej obróbki powierzchni utwardzonych, wstępnie obrobionych na innych obrabiarkach.

Szlifowanie należy do najbardziej dokładnych rodzajów obróbki skrawaniem, gdyż zapewnia zyskanie dokładności wymiarowej w klasach IT 2–7, oraz bardzo małej chropowatości powierzchni.

Stosowane do szlifowania narzędzia są wykonywane w postaci ściernic, taśm ściernych lub oselek.

Wśród wielu odmian konstrukcyjnych szlifierek (rys. 50) najbardziej rozpowszechnione są:

- szlifierki do wałków kłowe i bezkłowe,
- szlifierki do otworów uniwersalne, produkcyjne, obiegowe i bezuchwytowe,
- szlifierki do płaszczyzn,
- szlifierki do gwintów,
- szlifierki ostrzarki do narzędzi.



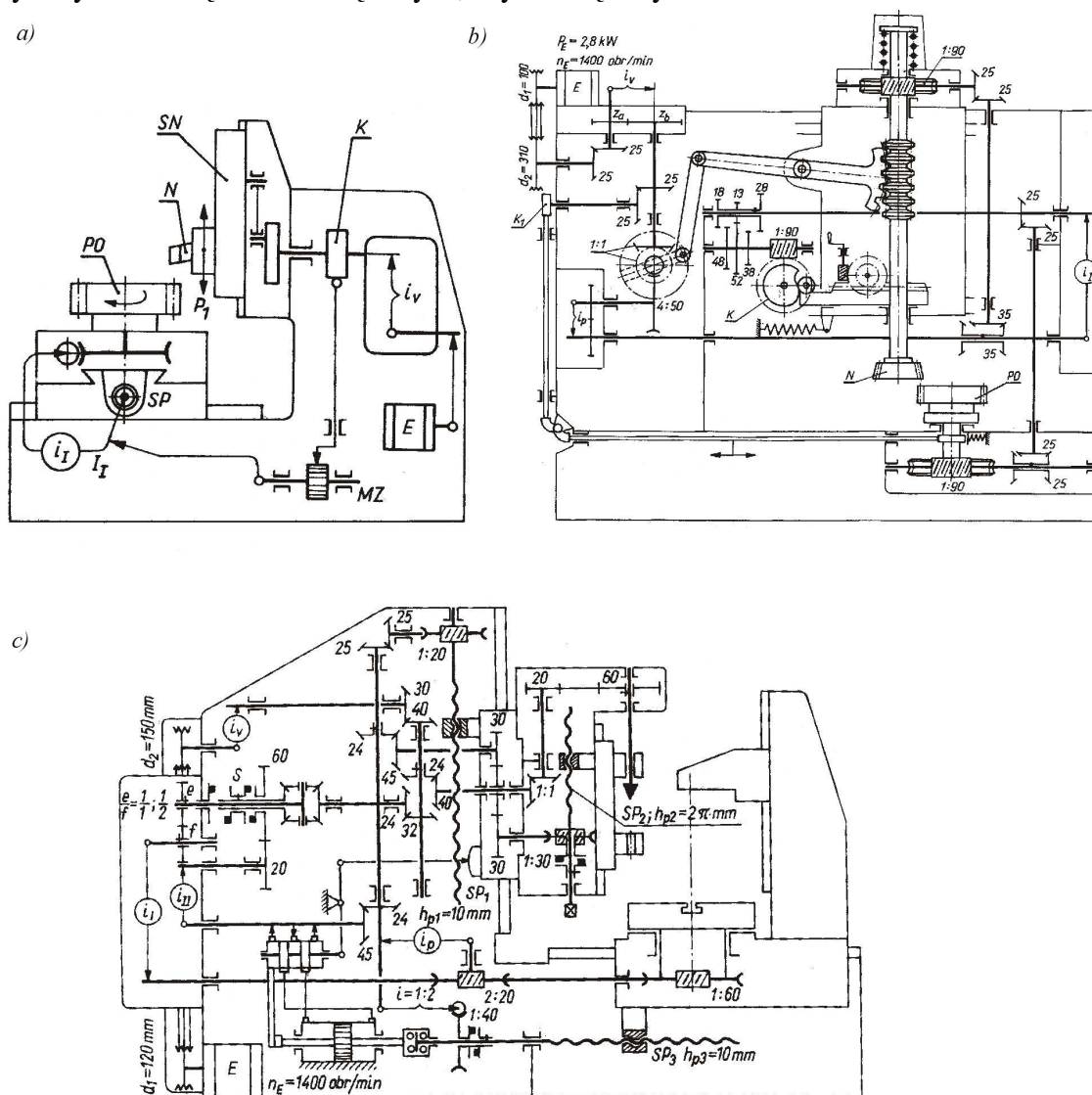
Rys. 50. Odmiany konstrukcyjne szlifierek: a) do wałków, b) do płaszczyzn, c) bramowa [6].

Obrabiarki do uzębień kół walcowych (rys. 51) dzieli się na: obrabiarki pracujące metodą kształtową, tzn. wykonujące uzębienie za pomocą narzędzi kształtowych, obrabiarki pracujące metodą obwiedniową, tzn. kształtujące uzębienie przy zastosowaniu narzędzi obwiedniowych. Podstawową grupę obrabiarek do uzębienia kół walcowych stanowią obrabiarki pracujące metodą obwiedniową. Do obrabiarek tych zalicza się:

- strugarki typu Maaga,
- dłutownice typu Fellowsa,
- frezarki obwiedniowe,
- szlifierki obwiedniowe,
- wiórkarki.

Obrabiarki przeznaczone do wykonywania uzębień metodą kształtową mają dość ograniczone zastosowanie. Zalicza się do nich przede wszystkim specjalne dłutownice i przeciągarki przeznaczone do masowej obróbki uzębień w przemyśle motoryzacyjnym.

Obrabiarki takie mają stosunkowo prostą konstrukcję, gdyż wykonują tylko prostoliniowy ruch główny, natomiast są wyposażone w skomplikowane i drogie narzędzia. W przypadku dłutownic narzędziami są specjalne głowice z wysuwanymi okresowo nożami, wykonującymi jednocześnie wszystkie zęby koła, a w przypadku przeciągarek — specjalne składane przeciągacze o kształcie trzcienia lub tuby, zależnie od tego czy służą do wykonywania uzębień wewnętrznych, czy zewnętrznych.



Rys. 51. Uprozczone schematy kinematyczne obrabiarek do obróbki kół zębatach: a) dłutownicy Maaga, dłutownicy Fellowsa, c) frezarki obwiedniowej [6].

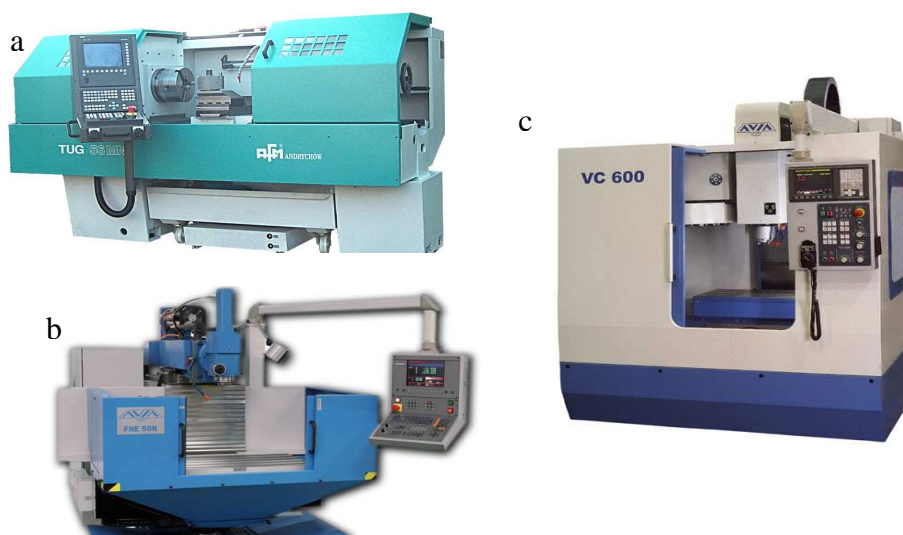
Produkowane są też szlifierki kształtowe do uzębień, które ze względu na stosunkowo łatwą zmianę zarysu ściernicy, są stosowane również w produkcji seryjnej.

Obróbka uzębień z zastosowaniem narzędzi kształtowych jest też stosowana w przypadku, gdy użycie innych narzędzi jest utrudnione lub wręcz niemożliwe. Przypadek taki zachodzi np. przy obróbce na frezarce obwiedniowej uzębień wewnętrznych lub daszkowych.

Uzębienia można też wykonywać frezami modułowymi krążkowymi na frezarce uniwersalnej z zastosowaniem podzielnicy. Jednakże obróbka taka jest stosunkowo mało wydajna i mało dokładna, i powinna być traktowana jako obróbka zastępcza w braku obrabiarek do uzębień.

Obrabiarki sterowane numerycznie

W klasycznej obrabiarce otrzymanie żądanego kształtu odbywa się przez ręczne ustawienie narzędzia względem przedmiotu oraz włączenie ruchu obrotowego i posuwowego maszyny. Operator obrabiarki musi wielokrotnie sprawdzać i ewentualnie korygować kształt i wymiary obrabianej części, tak aby były one zgodne z warunkami podanymi na rysunku wykonawczym przedmiotu. Z tego też powodu powstał pomysł numerycznego programowania maszyn. Duży postęp w dziedzinie elektroniki zdecydowanie wpłynął na rozwój i rozpowszechnienie sterowań numerycznych. Wbudowany do obrabiarki NC mikrokomputer rozpoczął nową generację sterowań, które oznaczono symbolem CNC.



Rys. 52. Obrabiarki sterowane numerycznie: a) tokarka TUG 50 firmy AFM Andrychów, b) frezarka FNE 50N firmy AVIA, c) pionowe centrum obróbkowe VC 600 firmy AVIA [http://www.afm.com.pl, http://www.avia.com.pl].

Nowoczesne obrabiarki CNC oprócz geometrycznego sterowania przemieszczeniami narzędzia z wcześniej przygotowanego programu, wykonują szereg dodatkowych funkcji, takich jak:

- automatyczny pomiar narzędzia skrawającego,
- automatyczne bazowanie i pomiar obrabianego elementu,
- automatyczna kompensacja wymiarów narzędzia,
- programowanie obszaru bezpiecznego,
- podawanie chłodziwa w określoną strefę obróbki,
- płynne sterowanie pracą głowicy narzędziowej,
- regulacja prędkości obrotowej wrzeciona,
- możliwość pracy w cyklu, np. cykl wiercenia, rozwiercania, nawiercania, pogłębiania, gwintowania, roztaczania, frezowania wybrań prostokątnych, kołowych itp.

Dzięki zastosowaniu obrabiarek sterowanych numerycznie uzyskujemy:

- skrócenie czasu wykonania danego elementu,

- większą dokładność obróbki,
- większą wydajność w wyniku skrócenia czasów pomocniczych,
- większą elastyczność pracy, ze względu na łatwe dostosowanie się do nowych zadań produkcji.

Budowa obrabiarek wyposażonych w system sterowania CNC jest w głównych zarysach podobna do obrabiarek konwencjonalnych. Cechą wyróżniającą jest możliwość sterowania przez komputer zespołami odpowiedzialnymi za obróbkę toczeniem i frezowaniem.

Kierunki ruchu części obrabiarki z systemem sterowania CNC są określane przez system współrzędnych, odnoszący się do przedmiotu obrabianego i składający się z osi, leżących równoległe do prostoliniowych ruchów głównych maszyny. Obrabiarki CNC dysponują co najmniej dwiema oznaczanymi jako X i Z (tokarki) lub trzema X, Y, Z (frezarki) sterowanymi osiami ruchów posuwowych.

Niezbędne przy obróbce ruchy poszczególnych zespołów obrabiarki (stół, sanie narzędziowe i inne.) są obliczane, sterowane i kontrolowane przez wewnętrzny komputer. Dla każdego kierunku ruchu istnieje osobny system pomiarowy, wykrywający aktualne położenie zespołów i przekazujący je do kontroli wewnętrznemu komputerowi.

Obrabiarki sterowane numerycznie są wyposażone w automatyczne urządzenia do wymiany narzędzi. W zależności od typu i zastosowania urządzenia te mogą przyjmować różne ilości narzędzi i ustawiać wybrane przez program NC narzędzie w położeniu wyjściowym i roboczym. Najczęściej spotykanymi rodzajami tych urządzeń są:

- głowica rewolwerowa,
- magazyn narzędzi.

Głowica rewolwerowa jest stosowana przede wszystkim w tokarkach a magazyn narzędzi we frezarkach. Jeżeli w programie NC zostanie wywołane nowe narzędzie, głowica rewolwerowa obraca się aż do ustawieniażądanego narzędzia w położeniu roboczym. Taka automatyczna wymiana narzędzia trwa obecnie ułamki sekundy. Ekonomiczne uwarunkowania sprawiają, że często pożądana jest kompletna obróbka przedmiotu wykonywanego w jednym zamocowaniu. Jest to powodem wyposażania tokarek sterowanych numerycznie w ruchome napędzane narzędzia. Taką tokarką można wiercić, zgrubnie i dokładnie rozwiercać, frezować i nacinąć gwinty.

Magazyny narzędzi są urządzeniami, z których narzędzia są pobierane, i do których, po każdej ich wymianie, są automatycznie odkładane. W przeciwieństwie do głowicy rewolwerowej magazyn narzędziowy ma tę zaletę, że można w nim zmieścić dużą liczbę narzędzi (w dużych centrach obróbkowych nawet ponad 100 narzędzi).



Rys. 53. Urządzenia optyczne do pomiarów wartości korekcyjnych narzędzia poza obrabiarką [<http://www.afm.com.pl>, <http://www.avia.com.pl>].

Przed umieszczeniem narzędzi obróbkowych w magazynach koniecznym jest sprawdzenie tak zwanych wartości korekcyjnych narzędzia i wpisanie ich do tabeli korekcji narzędzi układu sterowania numerycznego. Sposób wyznaczenia tych wartości w dużej mierze zależy od rodzaju obrabiarki, jej wyposażenia, dostępności specjalnych urządzeń do pomiaru i nastawiania narzędzi, rodzaju narzędzi itp. Pomiary ustawcze narzędzi mogą być dokonywane bezpośrednio na obrabiarence lub poza obrabiarką, z wykorzystaniem specjalnego stanowiska pomiarowo-ustawczego.

Każda obrabiarka sterowana numerycznie pracuje w jej maszynowym systemie współrzędnych. Położenie układów współrzędnych jest określone przez punkty zerowe, a w celu uproszczenia obsługi maszyny i programowania poza punktami zerowymi istnieją także inne punkty odniesienia.

Obrabiarki zespołowe

Obrabiarki zespołowe są to obrabiarki specjalne dostosowane do obróbki jednakowych lub technologicznie podobnych przedmiotów. Są one budowane ze znormalizowanych zespołów konstrukcyjno-montażowych i uzupełniane zespołami specjalnymi, dostosowanymi do przewidywanych zadań obróbkowych.

Zestawianie obrabiarek zespołowych ze znormalizowanych zespołów pozwala na zmniejszenie kosztów i skrócenie czasu ich budowy, co ma istotne znaczenie w procesie przygotowania produkcji nowych wyrobów.

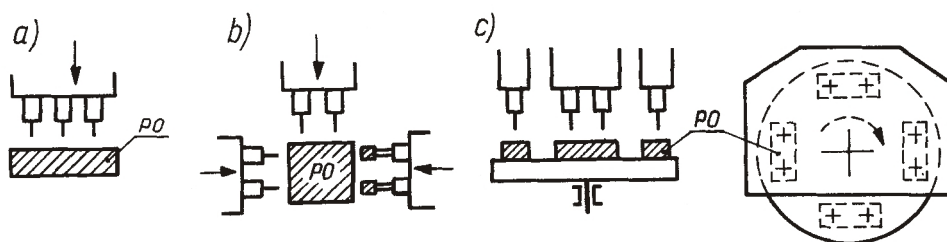
Obrabiarki te umożliwiają obróbkę wielonarzędziową, wielostronną i wielopozycyjną (rys. 54), zapewniającą dużą wydajność produkcji.

Dzięki dużemu zgrupowaniu zabiegów obrabiarka zespołowa zastępuje znaczną liczbę obrabiarek ogólnego przeznaczenia, daje duże oszczędności powierzchni produkcyjnej oraz ogranicza liczebność personelu.

Podczas obróbki przedmiot obrabiany jest zazwyczaj nieruchomy, a narzędzia wykonują ruch główny obrotowy i ruch posuwowy prostoliniowy.

Do typowych zabiegów wykonywanych na obrabiarkach zespołowych należą: wiercenie, rozwiercanie, pogłębianie, gwintowanie i wytaczanie otworów, frezowanie płaszczyzn oraz obtaczanie powierzchni zewnętrznych.

Obrabiarki zespołowe pracują w automatycznie powtarzalnych cyklach obróbkowych, których czas jest nazywany taktem obrabiarki zespołowej. Rozróżnia się takt: konstrukcyjny, technologiczny i rzeczywisty.



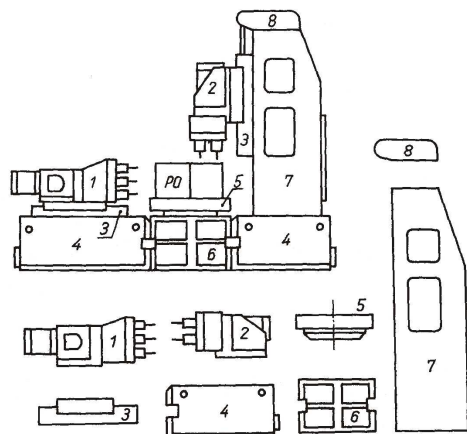
Rys. 54. Przykłady obróbki na obrabiarkach zespołowych: a) wielonarzędziowej, b) wielostronnej, c) wielopozycyjnej [6].

Obrabiarki zespołowe są budowane z zespołów konstrukcyjno-montażowych, które ze względu na przeznaczenie i spełniane funkcje dzieli się na:

- zespoły ruchów głównych, obejmujące zespoły napędowe ruchów głównych i zespoły wrzecionowe (jedno- lub wielowrzecionowe),
- zespoły ruchów posuwowych, obejmujące zespoły napędowe ruchów posuwowych oraz zespoły prowadzące (sanie i tuleje wrzecion), zespoły ruchów podziałowych, stoły podziałowe wzdłużne lub obrotowe,

- zespoły wiążące (podstawy, korpusy),
- zespoły sterowania (elektrycznego, hydraulicznego, pneumatycznego),
- zespoły specjalne (przyrządy, narzędzia), zespoły pomocnicze i różne.

Przykład obrabiarki zespołowej zestawionej z normalnych zespołów przedstawiono na rysunku 55.



Rys. 55. Przykład obrabiarki zespołowej zestawionej ze znormalizowanych zespołów 1, 2 – zespoły napędowo-wrzecionowe, 3 – zespół posuwowy, 4 – podstawa, 5 – stół obrotowy, 6 – podstawa stołu, 7 – korpus stojaka, 8 – zespół równoważący [6]

Linie obrabiarek

Linia obrabiarek albo linią obróbki przepływowej nazywa się zestaw obrabiarek uszeregowanych w kolejności wynikającej z ustalonego przebiegu obróbki przedmiotu.

W zależności od stopnia automatyzacji zastosowanych w linii obrabiarek oraz urządzeń przenośnikowych i pomocniczych rozróżnia się (rys. 56):

- linie obsługiwane ręcznie,
- linie półautomatyczne z ręcznym zakładaniem i zdejmowaniem przedmiotów,
- linie automatyczne z pełną automatyzacją procesu wytwarzania i transportu.

W zależności od stopnia powiązania ze sobą obrabiarek w linii rozróżnia się:

- linie obrabiarek powiązanych sztywno, w których takt pracy każdej obrabiarki jest równy taktowi pracy linii, a całą linię można traktować jako pojedynczą jednostkę produkcyjną;
- linie obrabiarek powiązanych luźno, w których takt pracy poszczególnych obrabiarek może się różnić od taktu całej linii, a różna wydajność obrabiarek w linii jest wyrównywana za pomocą zainstalowanych w linii zasobników przedmiotów.

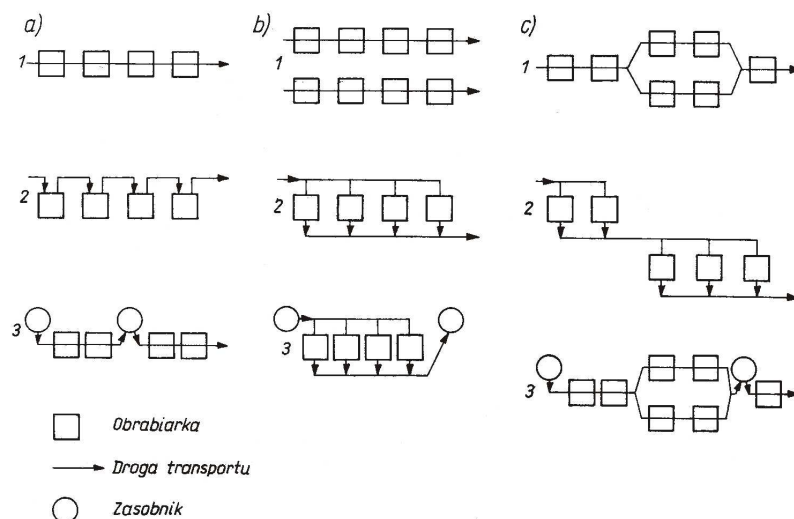
Linie obrabiarek powiązanych luźno mają konwencjonalne układy sterowania, są mniej czułe na występujące w pracy zakłócenia, umożliwiają zmianę kolejności obróbki i stosowanie obrabiarek ogólnego przeznaczenia oraz są łatwiejsze do przestawienia na inną produkcję. W porównaniu z liniami obrabiarek powiązanych sztywno, linie te wymagają jednak większej powierzchni produkcyjnej oraz są droższe i kłopotliwe w obsłudze.

Wydajność linii obrabiarek określa się (podobnie jak w przypadku obrabiarek zespołowych) na podstawie znajomości taktu konstrukcyjnego, tzn. czasu trwania najdłuższej operacji.

Ponieważ linie obrabiarek są przeznaczone tylko do obróbki określonych przedmiotów, a ich zainstalowanie wymaga dużych nakładów inwestycyjnych, więc ich stosowanie jest opłacalne jedynie w produkcji wielkoseryjnej lub masowej.

Linie obrabiarek są zestawiane z obrabiarek ogólnego przeznaczenia lub obrabiarek zespołowych. Często mają one charakter mieszany i wówczas bywają też w nich stosowane obrabiarki specjalne.

Linie utworzone z obrabiarek ogólnego przeznaczenia są stosowane przede wszystkim do obróbki przedmiotów wymagających cięcia materiału oraz obróbki na tokarkach, frezarkach, szlifierkach lub obrabiarkach do gwintów i uzębień. Obrabiarki wchodzące w skład linii obróbkowej powinny mieć automatycznie sterowany cykl pracy, automatyczne mocowanie przedmiotu obrabianego, możliwość zainstalowania podajników przedmiotu obrabianego oraz zapewnione samoczynne smarowanie i odprowadzenie wiórów.



Rys. 56. Schematy układów linii obrabiarek o pracy: a) kolejnej, b) równoległej, c) kolejno-równoległej; 1) obróbka przedmiotów bez zdejmowania z przenośnika, 2) obróbka przedmiotów po zdjęciu z przenośnika, 3) obróbka z zastosowaniem zasobników [6].

Linie utworzone z obrabiarek zespołowych są budowane głównie do obróbki korpusów, a wykonywanymi na nich zabiegami obróbkowymi są najczęściej: frezowanie płaszczyzn, wiercenie, wytaczanie i gwintowanie otworów. Linie te, poza zestawem stanowisk obróbkowych, są uzupełniane w razie potrzeby stanowiskami montażowymi, kontrolnymi, mycia, usuwania wiórów itp.

W zależności od wymaganej wydajności linii oraz wydajności poszczególnych obrabiarek stosuje się trzy następujące układy linii:

- linie o pracy kolejnej, w których przedmiot przechodzi kolejno wszystkie operacje wykonywane na obrabiarkach ustawionych szeregowo,
- linie o pracy równoległej, w których jednakowe operacje są wykonywane równolegle na kilku obrabiarkach,
- linie o pracy kolejno-równoległej, w których operacje dłuższe są wykonywane równolegle na kilku obrabiarkach, a operacje krótkie – szeregowo.

Schematy ilustrujące powyższe trzy odmiany linii obrabiarek przedstawiono na rysunku 56.

Elastyczne systemy obróbkowe

Charakterystyczną cechą współczesnego rozwoju technologicznego jest automatyzacja wytwarzania. Rozróżnia się automatyzację obrabiarek sztywną i elastyczną.

Automatyzacja sztywna jest trudno nastawialna, a w przypadku zmiany programu pracy wymaga przebrojenia obrabiarki, tzn. wymiany krzywek, wzorników, ustawienia zderzaków itp. elementów, które są nośnikami informacji o programie pracy.

Automatyzacja elastyczna, umożliwiającą łatwą i szybką zmianę programu pracy, została zapoczątkowana z chwilą wprowadzenia sterowania numerycznego (NC). Do jej intensywnego rozwoju przyczyniło się zastosowanie sterowania komputerowego (CNC)

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

i DNC). W sterowaniu takim program pracy obrabiarki jest ustalany przez komputer na podstawie danych technologicznych wprowadzonych do jego pamięci.

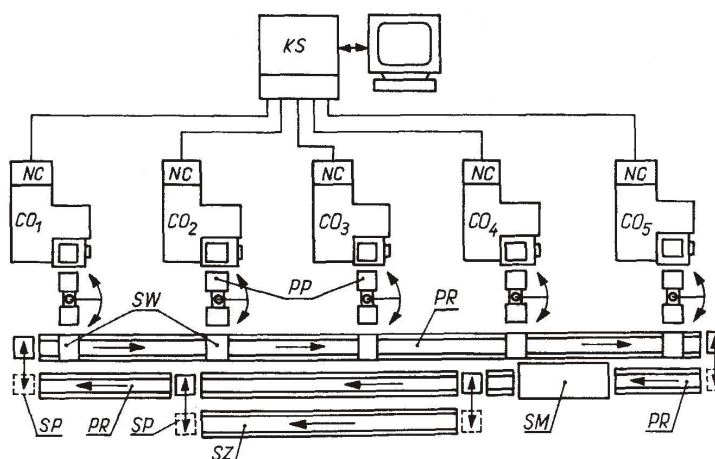
Elastyczny system obróbkowy (oznaczany skrótem literowym ESO) stanowi zestaw wielu elastycznie zautomatyzowanych stanowisk obróbkowych (obrabiarek CNC, centrów obróbkowych) oraz stanowisk uzupełniających (np. mycia, suszenia, kontroli) połączonych ze sobą zautomatyzowanymi urządzeniami transportu przedmiotów w taki sposób, że na poszczególnych stanowiskach jest możliwa obróbka różnych przedmiotów, podawanych przez system różnymi drogami.

Różnica między elastycznym systemem obróbkowym a elastycznym gniazdem obróbkowym polega na tym, że komputer sterujący ESO spełnia również funkcję nadzoru i planowania produkcji, i na tej podstawie steruje przepływem przedmiotów przez system, umożliwiając mu samoczynne działanie w ciągu długiego czasu. W elastycznym systemie obróbkowym rozróżnia się następujące główne podsystemy, nazywane systemami funkcjonalnymi:

- system maszynowy,
- system narzędziowy,
- system przepływu przedmiotów (materiału),
- system przepływu informacji.

Schemat elastycznego systemu obróbkowego przedstawiono na rysunku. 57.

Odmianą elastycznych systemów obróbkowych są elastyczne linie obróbkowe, które stanowią zestaw zautomatyzowanych stanowisk obróbkowych uzupełniających, ustawionych liniowo, zgodnie z zasadami przebiegu produkcji potokowej (tj. z przepływem przedmiotów między stanowiskami bez nawrotów) i połączonych zautomatyzowanymi urządzeniami transportowymi. Elastyczność linii obróbkowej polega w głównej mierze na łatwości jej przezbroyenia do obróbki serii innych przedmiotów, podobnych do poprzednich pod względem technologicznym.



Rys. 57. Schemat funkcjonalny elastycznego systemu obróbkowego CO₁, CO₂, – centra obróbkowe, KS – komputer sterujący systemem obróbkowym, PR – przenośnik rolkowy palet z przedmiotami, SZ – stanowisko zdejmowania i zakładania przedmiotów na palety, SM – stanowisko mycia przedmiotów, SP – stanowisko podawania palet, SW – stanowiska wymiany palet, PP – podajniki palet [6].

Elastyczne systemy obróbkowe stanowią obecnie najwyższą i najbardziej rozwiniętą formę automatyzacji produkcji.

4.6.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co jest celem obróbki skrawaniem?
2. Jakie są korzyści z zastosowania obrabiarek sterowanych numerycznie w procesie produkcyjnym?
3. Czym charakteryzują się obrabiarki zespołowe?
4. Gdzie znalazły zastosowanie zautomatyzowane linie obróbki?
5. Co to są elastyczne systemy obróbkowe?

4.6.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Rozpoznań obrabiarki wchodzące w skład linii obrabiarek.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z dokumentacją DTR linii obrabiarek,
- 2) rozpoznać obrabiarki zestawione w linię obrabiarek,
- 3) dokonać charakterystyki obrabiarek zestawionych w linii obrabiarek,
- 4) przedstawić nauczycielowi swoje spostrzeżenia.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- dokumentacja DTR,
- katalogi obrabiarek,
- arkusze papieru,
- mazaki.

Ćwiczenie 2

Dobierz obrabiarki do obróbki przedmiotu przedstawionego na rysunku.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z rysunkiem obrabianego przedmiotu,
- 2) dobrać obrabiarki do wykonania przedmiotu,
- 3) przedstawić nauczycielowi swoją propozycję.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rysunek przedmiot do obróbki,
- katalogi obrabiarek,
- arkusze papieru,
- mazaki.

4.6.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) rozróżnić rodzaje obrabiarek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) sklasyfikować obrabiarki ze względu na przeznaczenie produkcyjne?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) wyjaśnić budowę i zasadę działania: tokarek, frezarek, wiertarek, szlifierek, wytaczarek, strugarek, przeciągarek i obrabiarek do uzębień,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić cechy charakterystyczne obrabiarek zespołowych, zautomatyzowanych linii obróbkowych oraz elastycznych systemów obróbkowych,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) rozpoznać obrabiarki sterowane numerycznie,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ


Instrukcja dla ucznia

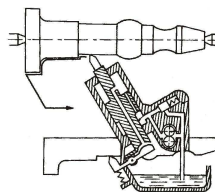
1. Przeczytaj dokładnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Odpowiedzi udzielaj wyłącznie na karcie odpowiedzi.
4. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
5. Test zawiera 20 zadań.
6. Do każdego pytania podane są cztery odpowiedzi, z których tylko jedna jest prawidłowa.
7. Zaznacz prawidłową według Ciebie odpowiedź wstawiając literę X w odpowiednim miejscu na karcie odpowiedzi.
8. W przypadku pomyłki zaznacz błędną odpowiedź kółkiem, a następnie literą X zaznacz odpowiedź prawidłową.
9. Za każde poprawne rozwiązanie zadania otrzymujesz jeden punkt.
10. Za udzielenie błędnej odpowiedzi, jej brak lub zakreslenie więcej niż jednej odpowiedzi – otrzymujesz zero punktów.
11. Uważnie czytaj treść zadań i proponowane warianty odpowiedzi.
12. Nie odpowiadaj bez zastanowienia; jeśli któreś z zadań sprawi Ci trudność – przejdź do następnego. Do pytań, na które nie udzieliłeś odpowiedzi możesz wrócić później.
13. Pamiętaj, że odpowiedzi masz udzielać samodzielnie.
14. Na rozwiązanie testu masz 40 minut.

Powodzenia

ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Obrabiarki umożliwiające wykonywanie różnorodnych prac w produkcji jednostkowej i małoseryjnej to obrabiarki
 - a) ogólnego przeznaczenia.
 - b) specjalizowane.
 - c) specjalne.
 - d) branżowe.
2. Zespoły funkcjonalne obrabiarki, których zadaniem jest wykonywanie podstawowych ruchów obrabiarki to
 - a) zespoły napędowe.
 - b) zespoły robocze.
 - c) zespoły sterowania.
 - d) elementy sterowania.
3. Sterowanie numeryczne obrabiarek jest sterowaniem
 - a) automatycznym w układzie zamkniętym.
 - b) automatycznym w układzie otwartym.
 - c) ręcznym.
 - d) półautomatycznym.
4. Oś współrzędnych w tokarce sterowanej numerycznie są oznaczone literami
 - a) Y Z.
 - b) Y X.
 - c) X Z.
 - d) Z V.

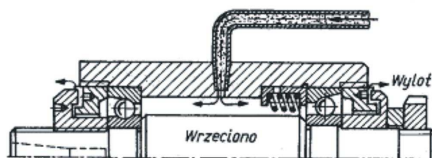
5. Napęd ruchu posuwowego zależnego stosuje się do
 - a) napędu ruchu posuwu w wiertarce.
 - b) napędu ruchu posuwu wzdłużnego w tokarce.
 - c) napędu ruchu posuwu w frezarkach.
 - d) napędu ruchu posuwu w szlifierkach.
 6. Prędkość obrotową silnika indukcyjnego asynchronicznego można zmieniać poprzez
 - a) ilość zwojów stojana.
 - b) ilość par biegunów.
 - c) przełożenie przekładni.
 - d) ilość zwojów wirnika.
 7. Podstawowym zastosowaniem procesu toczenia jest
 - a) obróbka brył (powierzchni) obrotowych.
 - b) obróbka powierzchni płaskich.
 - c) obróbka otworów.
 - d) obróbka rowków wpustowych.
 8. Rysunek przedstawia
 - a) wrzeciennik.
 - b) suport.
 - c) konik.
 - d) skrzynkę posuwów.
- 
9. Główny parametr łańcucha kinematycznego to
 - a) przełożenie.
 - b) obroty.
 - c) liczba kół.
 - d) ilość wałków.
 10. Silniki krokowe stosuje się w OSN do napędów
 - a) ruchów głównych.
 - b) ruchów obwodniowych.
 - c) pneumatycznych.
 - d) posuwowych.
 11. Ustalanie części bezpośrednio na obrabiarce wg rys traserskich jest stosowane do części
 - a) dużych i o kształtach złożonych.
 - b) małych i prostych.
 - c) małych i precyzyjnych.
 - d) dużych precyzyjnych.
 12. Rysunek przedstawia sterowanie
 - a) krzywkowe.
 - b) numeryczne.
 - c) kopiowe.
 - d) zderzakowe.



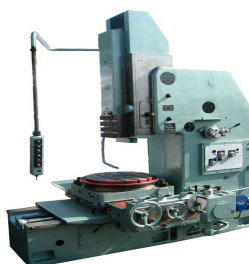
13. Rysunek przedstawia
- konik tokarki.
 - stół podziałowy.
 - uchwyt frezarski.
 - podzielnię uniwersalną.



14. Rysunek przedstawia smarowanie
- łożyska hydrodynamicznego.
 - łożyska hydrostatycznego.
 - mgłą olejową.
 - pompą wielosekcyjną.

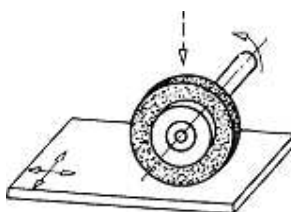


15. Rysunek przedstawia
- dłutownicę.
 - frezarkę.
 - wiertarkę.
 - szlifierkę.

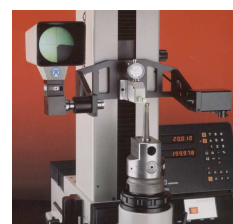


16. Szlifierki do wałków zalicza się do szlifierek
- ogólnego przeznaczenia.
 - specjalnych.
 - specjalizowanych.
 - branżowych.

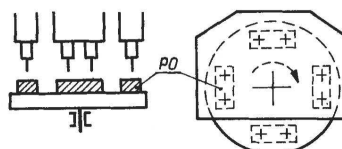
17. Rysunek przedstawia szlifowanie
- czołowe.
 - obwodowe.
 - wzdłużne.
 - poprzeczne.



18. Rysunek przedstawia
- urządzenie do pomiaru bicia wałka.
 - urządzenie do pomiaru chropowatości.
 - urządzenie do pomiaru prędkości wrzeciona.
 - urządzenia optyczne do pomiarów wartości korekcyjnych narzędzia poza obrabiarką.

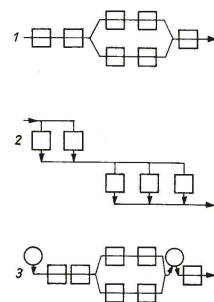


19. Rysunek przedstawia obróbkę na obrabiarkach zespołowych
- wielopozycyjnych.
 - wielonarzędziowych.
 - wielostronnej.
 - wielowrzecionowej.



20. Rysunek przedstawia schematy układów linii obrabiarek o pracy

- a) kolejnej.
- b) równoległej.
- c) kolejno-równoległej.
- d) szeregowej.



KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko

Charakteryzowanie obrabiarek skrawających

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Numer pytania	Odpowiedź				Punktacja
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	
Razem:					

6. LITERATURA

1. Brodowicz W.: Skrawanie i narzędzia. WSiP, Warszawa 2004
2. Brodowicz W., Grzegórski Z.: Technologia Budowy Maszyn. WSiP, Warszawa 2004
3. Górski E.: Tokarstwo. Technologia. WSiP, Warszawa 2004
4. Legutko S.: Podstawy eksploatacji maszyn i urządzeń. WSiP, Warszawa 2004
5. Malinowski J.: Pomiary długości i kąta w budowie maszyn. WSiP, Warszawa 2004
6. Paderewski K.: Obrabiarki. WSiP, Warszawa 2004
7. Okoniewski S.: Technologia maszyn. WSiP, Warszawa 2004
8. Zawora J.: Podstawy technologii maszyn. WSiP, Warszawa 2004