

Maszyny technologiczne

2019

dr inż. Michał Dolata
www.mdolata.zut.edu.pl

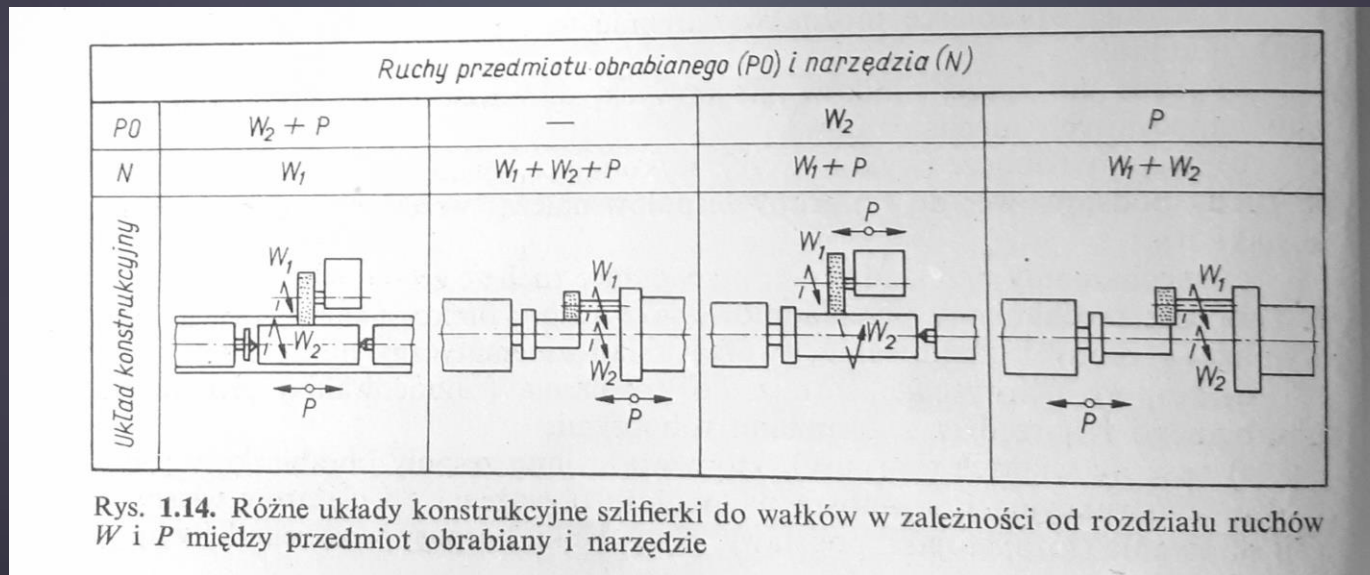


Układ konstrukcyjny obrabiarki

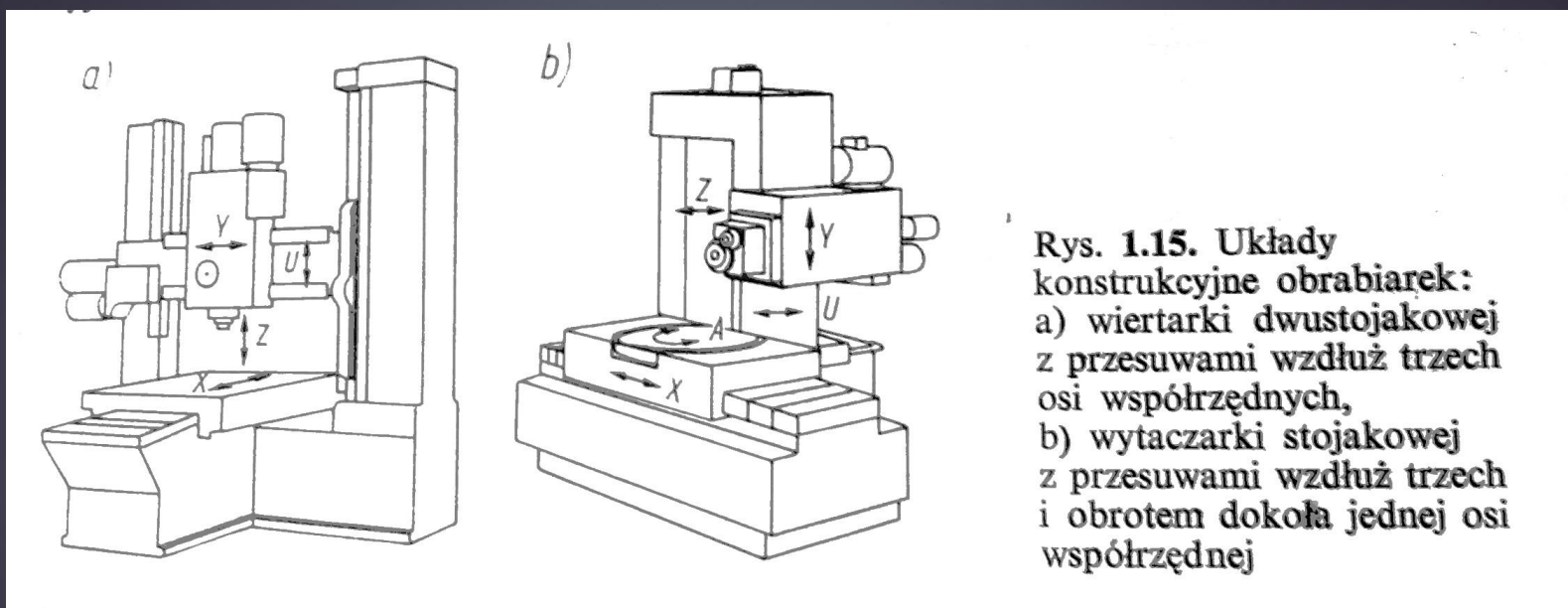
2

Układ konstrukcyjny tworzą podstawowe wzajemnie współdziałające podzespoły maszyny rozmieszczone w określony sposób. Najważniejszymi czynnikami wpływającymi na układ konstrukcyjny są:

1. Podział ruchów między narzędziem, a przedmiotem obrabianym



2. Przemieszczenia zespołów roboczych obrabiarki w kierunkach prostokątnego układu współrzędnych lub wokół osi tego układu. W zależności od liczby możliwych kierunków przemieszczeń rozróżnia się układy konstrukcyjne:
- ▶ Jednoosiowe – np. wiertarka,
 - ▶ Dwuosiowe – np. tokarki, szlifierki do wałów,
 - ▶ Trójosiowe – np. frezarki,
 - ▶ Cztero, pięcioosiowe – dodatkowy obrót wokół osi, np. zaawansowane frezarki.



Rys. 1.15. Układy konstrukcyjne obrabiarek:
a) wiertarki dwustojakowej z przesuwami wzdłuż trzech osi współrzędnych,
b) wytaczarki stojakowej z przesuwami wzdłuż trzech i obrotem dokoła jednej osi współrzędnej

3. Położenie osi obrotu wrzeciona lub kierunku ruchu głównego liniowego w stosunku do podstawy:
 - ▶ Poziome,
 - ▶ Pionowe,
 - ▶ Skośne.

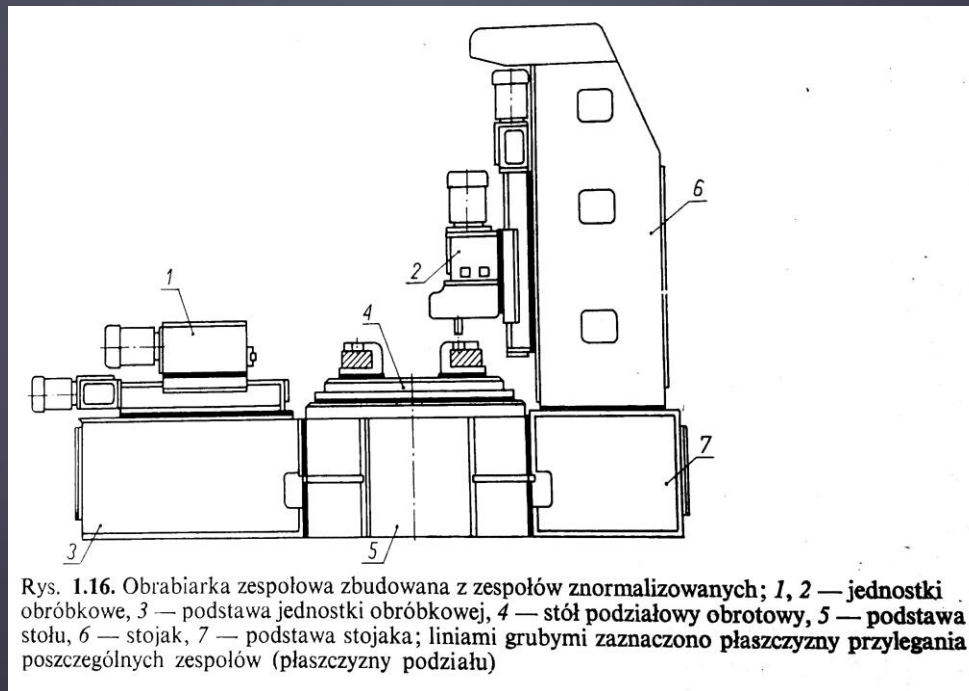
4. Obciążenie i sztywność układu OUPN – układ konstrukcyjny powinien zapewniać jak największą sztywność maszyny. W zależności od formy jaką tworzą korpusy nośne wyróżnia się układy:

- ▶ Łożowe,
- ▶ Stojakowe,
- ▶ Wspornikowe,
- ▶ Wysięgowe,
- ▶ Ramowe,
- ▶ Bramowe.

Układ konstrukcyjny obrabiarki

7

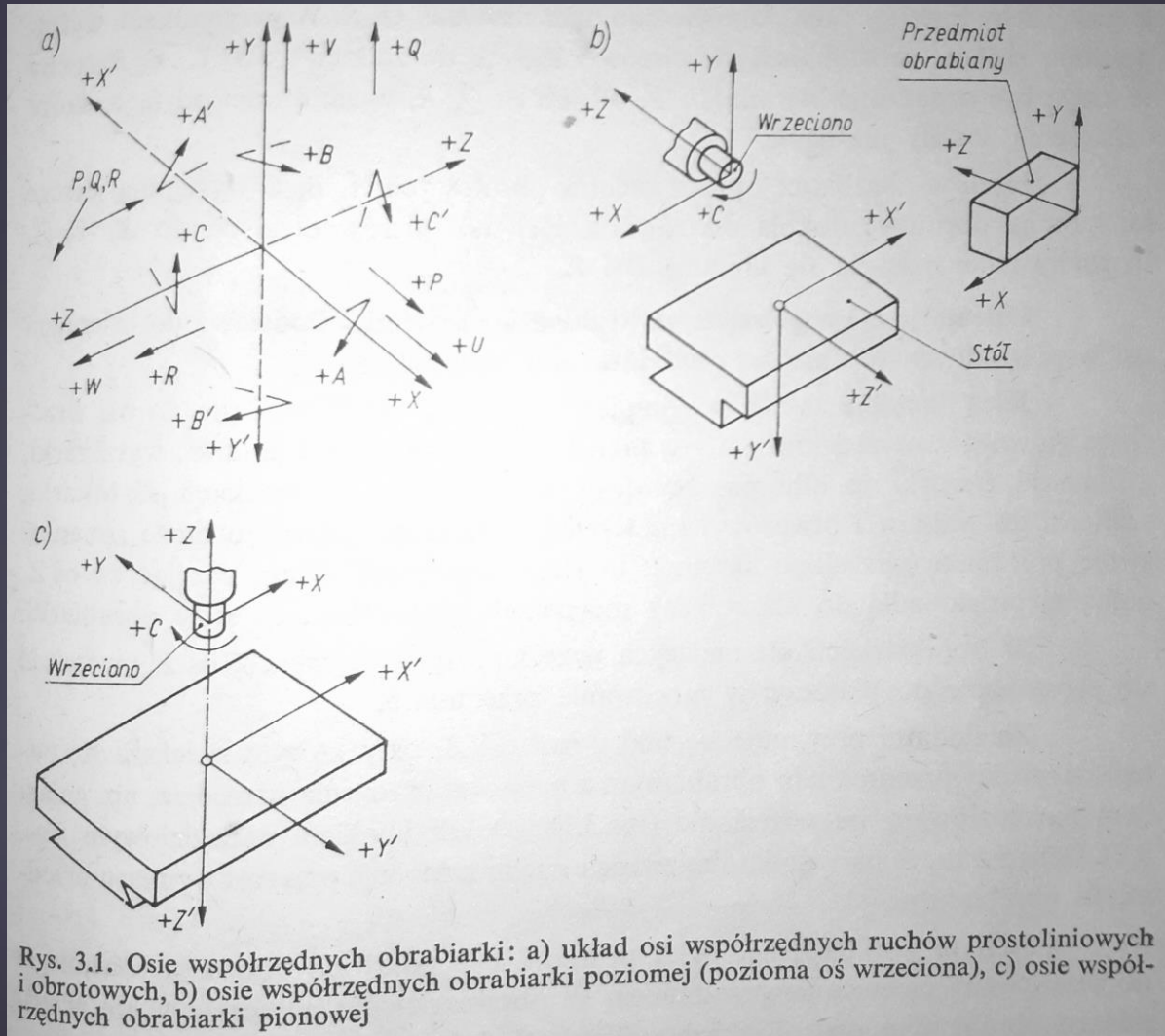
5. Czynniki technologiczne czyli budowa obrabiarek z uwzględnieniem metod unifikacji, pozwalającej na redukcję kosztów – modułowość.



Układy współrzędnych

- ▶ W opisie osi współrzędnych maszyn technologicznych przyjmuje się układy współrzędnych prostokątne, kartezjańskie, prawoskrętne,
- ▶ Główne osie powinny być równoległe do prowadnic obrabiarki odpowiedzialnych za ruch główny i posuw,
- ▶ Osie liniowe ruchu narzędzia oznacza się ostatnimi literami alfabetu X, Y, Z,
- ▶ Kolejne osie ruchów drugich równoległe do głównych osi oznacza się literami wcześniejszymi alfabetu U, V, W,
- ▶ Kierunki obrotowe A, B, C w zależności od tego wokół której osi następuje obrót (odpowiednio X, Y, Z).

Układy współrzędnych



- ▶ Zdefiniowanie układu współrzędnych przypisanego do przedmiotu obrabianego lub, jednego z członów obrabiarki wymaga podania:
 - ▶ Współrzędnych początku układu współrzędnych,
 - ▶ Kierunków osi,
 - ▶ Zwrotów osi.
- ▶ Osie układu współrzędnych związanych z ruchem przedmiotu obrabianego oznaczane są symbolem ', np. X'
- ▶ Jako naczelną zasadę przyjmuje się, że kierunek osi Z jest równoległy do osi wrzeciona (ruchu głównego),
- ▶ Za dodatni zwrot osi Z przyjmuje się taki przy którym następuje zwiększenie odległości między wrzecionem narzędziowym, a przedmiotem obrabianym

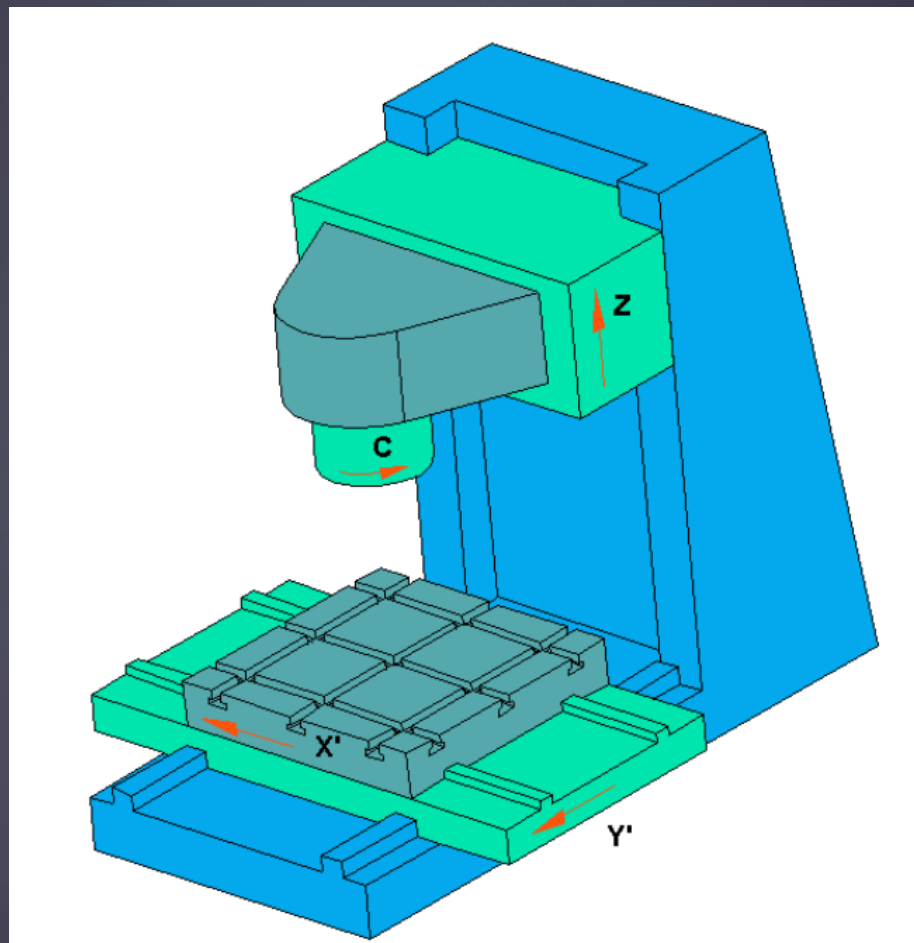
Układy współrzędnych

11

- ▶ Jako naczelną zasadę przyjmuje się, że kierunek osi Z jest równoległy do osi wrzeciona (ruchu głównego),
- ▶ Za dodatni zwrot osi Z przyjmuje się taki przy którym następuje zwiększenie odległości między wrzecionem narzędziowym, a przedmiotem obrabianym,
- ▶ Jeżeli jest to możliwe oś X położona powinna być poziomo równoległe do płaszczyzny mocowania PO,
- ▶ W maszynach z obracającym się PO, oś X jest położona prostopadle do kierunku przesuwu wzdłużnego (promieniowo),
- ▶ We frezarkach oś X jest równoległa do kierunku posuwu wzdłużnego stołu.
- ▶ Oś Y tworzy z pozostałymi układ prawoskrętny.

Układy współrzędnych

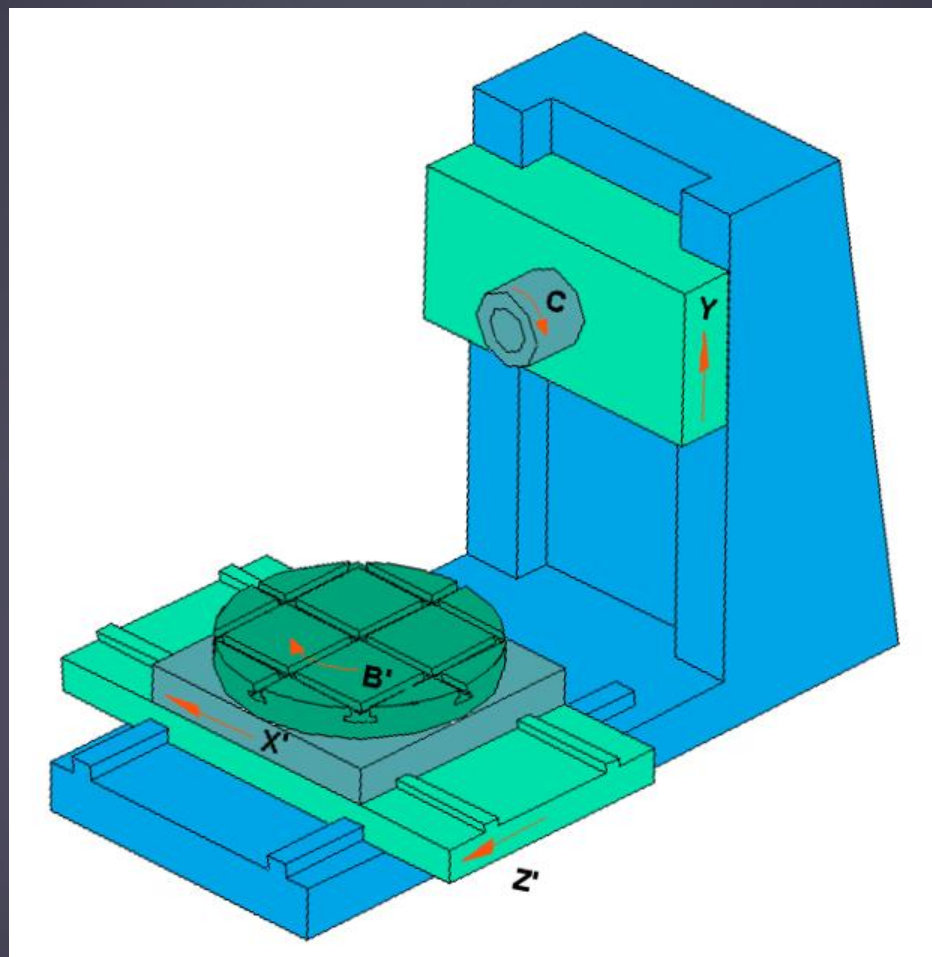
12



Źródło: Nikiel G.: Programowanie obrabiarek CNC na przykładzie układu sterowania Sinumerik 810D/840D

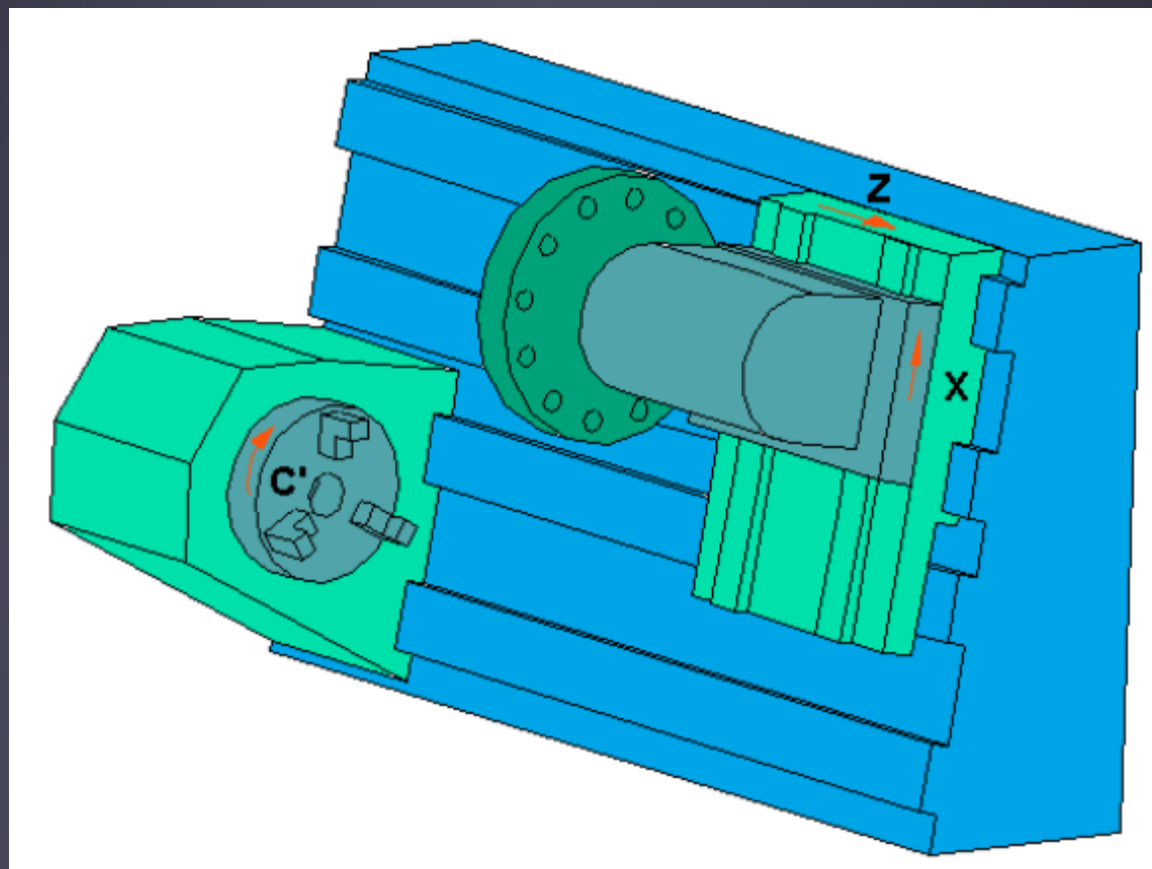
Układy współrzędnych

13



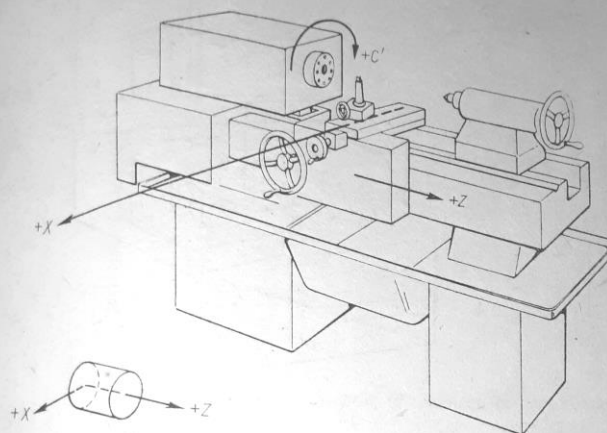
Źródło: Nikiel G.: Programowanie obrabiarek CNC na przykładzie układu sterowania Sinumerik 810D/840D



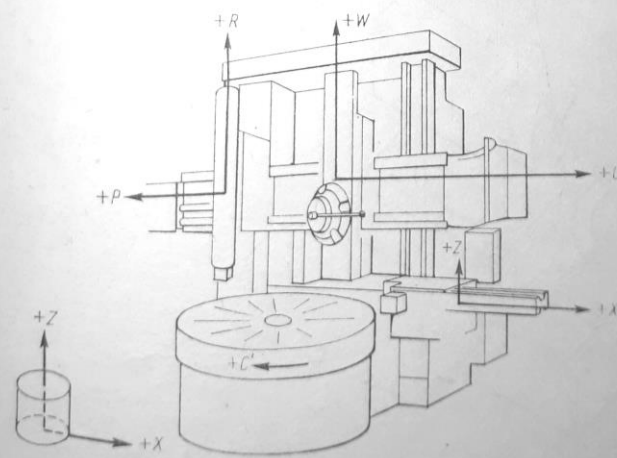


Źródło: Nikiel G.: Programowanie obrabiarek CNC na przykładzie układu sterowania Sinumerik 810D/840D

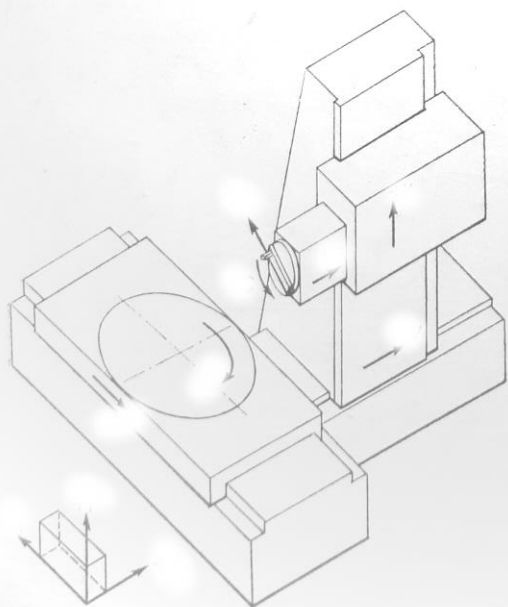
Układy współrzędnych



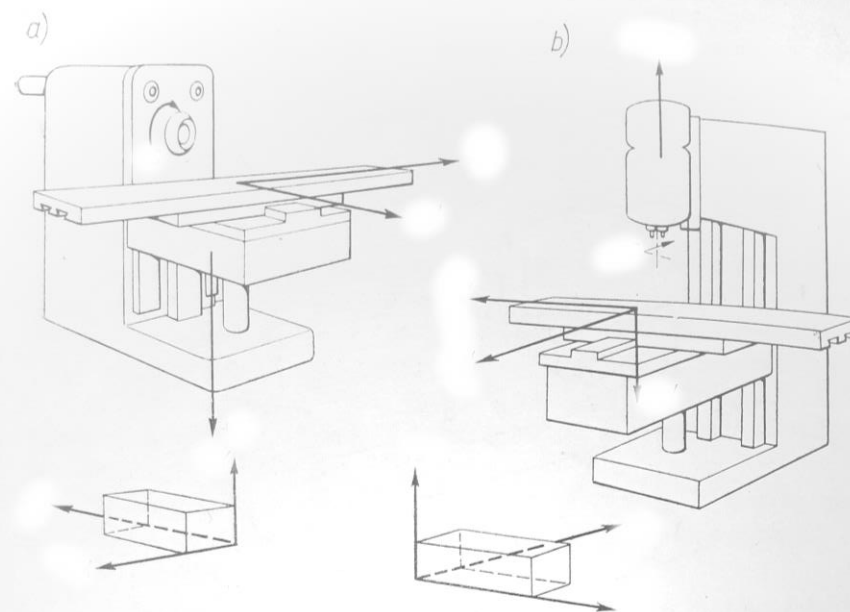
Rys. 3.2. Tokarka kłowa pozioma



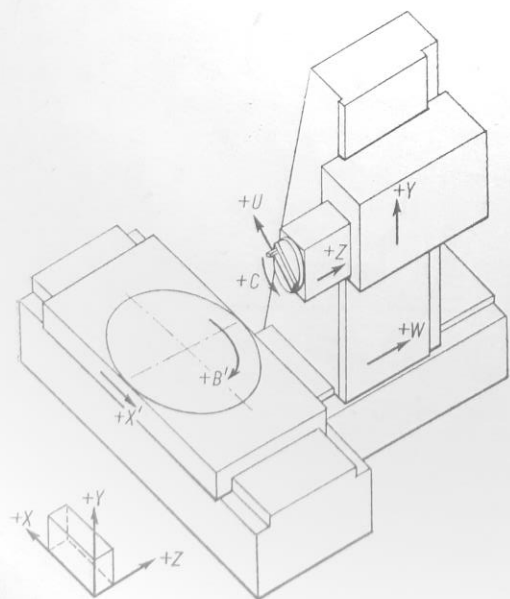
Rys. 3.3. Tokarka karuzelowa dwustojakowa



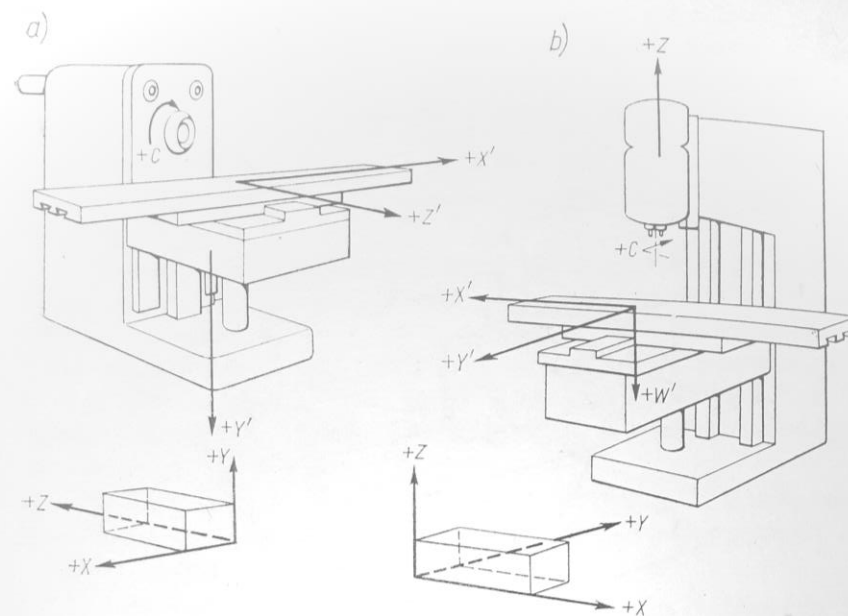
Rys. 3.5. Frezarko-wytaczarka z przesuwym stojakiem, ze stołem obrotowym



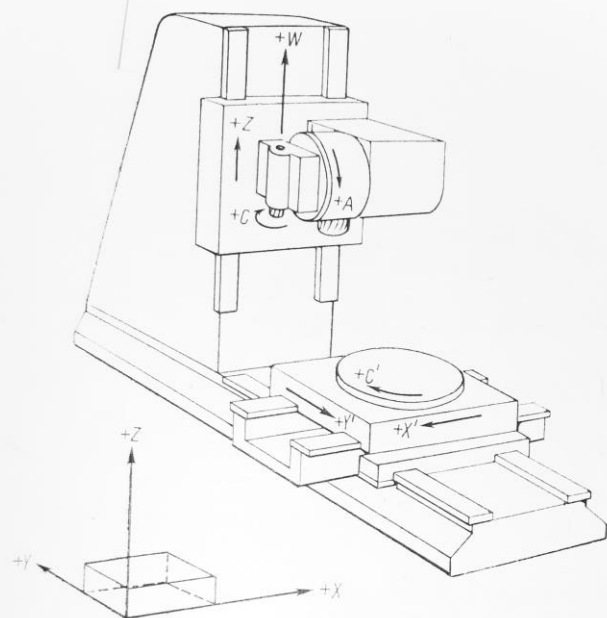
Rys. 3.4. Frezarki wspornikowe: a) pozioma, b) pionowa



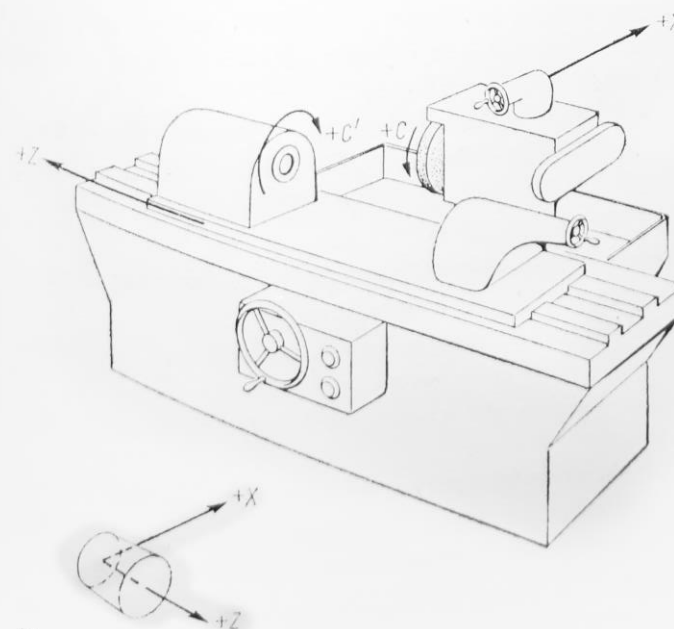
Rys. 3.5. Frezarko-wytaczarka z przesuwym stojakiem, ze stołem obrotowym



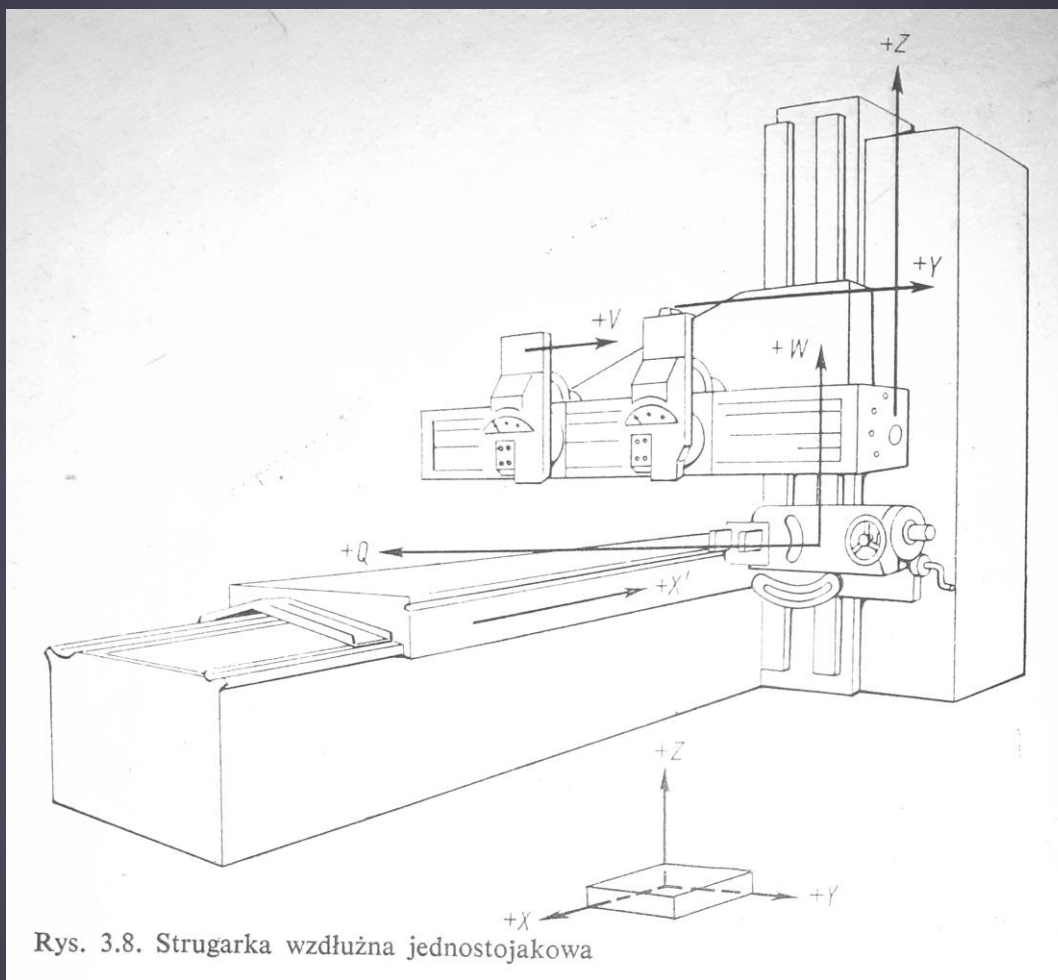
Rys. 3.4. Frezarki wspornikowe: a) pozioma, b) pionowa



Rys. 3.6. Frezarka kopiarka stojakowa ze skrętnym wrzeciennikiem (pięć osi współrzędnych)



Rys. 3.7. Szlifierka do wałków



- ▶ Najczęściej w maszynach technologicznych spotyka się zestaw trzech układów współrzędnych
 - ▶ Maszynowy układ współrzędnych - w skrócie MKS, układ ten zdefiniowany jest przez elementy konstrukcyjne. Może być układem o kształcie prostokątnym, walcowym, sferycznym lub innym bardziej złożonym. Producent obrabiarki podaje współrzędne punktu referencyjnego (R).
 - ▶ Bazowy układ współrzędnych – w skrócie BKS, to prostokątny i prawoskrętny układ współrzędnych, który jest podstawą programowania CNC. Punktem odniesienia w tym układzie jest nieruchomy przedmiot obrabiany.
 - ▶ Układ współrzędnych przedmiotu – w skrócie WKS jest układem powiązaniem z przedmiotem obrabianym. Układ ten jest przekształcony z BKS przez wykonanie takich działań wektorowych, jak: translacja, rotacja czy skalowanie.

- ▶ Punkt P w przestrzeni trójwymiarowej można zapisać jako wektor:

$$\begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix}$$

- ▶ Do zastosowania macierzy przekształceń należy taki wektor znormalizować:

$$\begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \\ 1 \end{bmatrix}$$

Układy współrzędnych

- ▶ Podstawowym rodzajem przekształceń macierzowych są translacje i rotacje zdefiniowane przez:
- ▶ Macierz translacji:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a \\ 0 & 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & 1 & c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Układy współrzędnych

- ▶ Trzy macierze rotacji X, Y, Z:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma & 0 & 0 \\ \sin \gamma & \cos \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

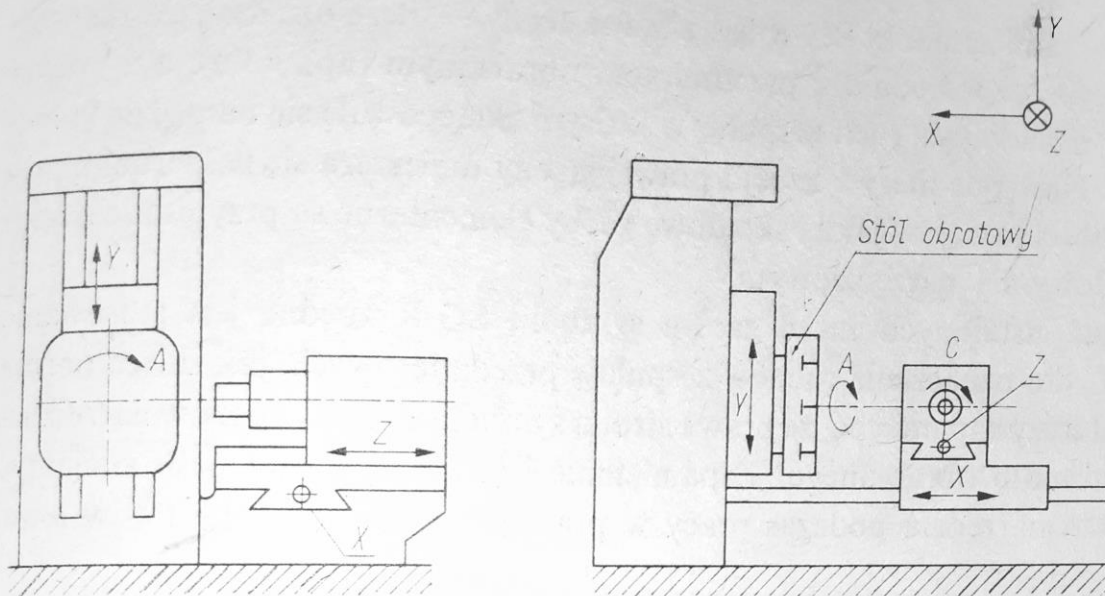
Struktura geometryczno-ruchowa SG-R

- ▶ Struktura geometryczno-ruchowa określa wzajemne rozmieszczenie głównych zespołów obrabiarki,
- ▶ Istotne cechy SG-R:
 - ▶ Liczba elementarnych ruchów,
 - ▶ Rozdział ruchów między zespoły narzędziowe i przedmiotowe,
 - ▶ Położenie osi wrzeciona lub płaszczyzny ruchu głównego prostoliniowego.
- ▶ Najlepszym sposobem zapisu SG-R jest rysunek uproszczonej postaci obrabiarki z opisem ruchów i zaznaczeniem kierunków i zwrotów osi,
- ▶ Istnieje również zapis symboliczny zaproponowany przez J. Wragowa

Struktura geometryczno-ruchowa SG-R

- ▶ Symboliczny zapis składa się z wielkich liter oznaczających kierunki ruchów w układzie współrzędnych obrabiarki,
- ▶ Symbolem zespołów nieruchomych jest litera „O” lub cyfra zero (ostoja),
- ▶ Litery oznaczające ruch zespołów narzędziowych umieszcza się z prawej strony ostoi,
- ▶ Symbole ruchu zespołów przedmiotowych z lewej strony.

Struktura geometryczno-ruchowa SG-R



Symboliczny zapis SG-R: $A\bar{Y}O\bar{X}\bar{Z}\hat{C}_h$

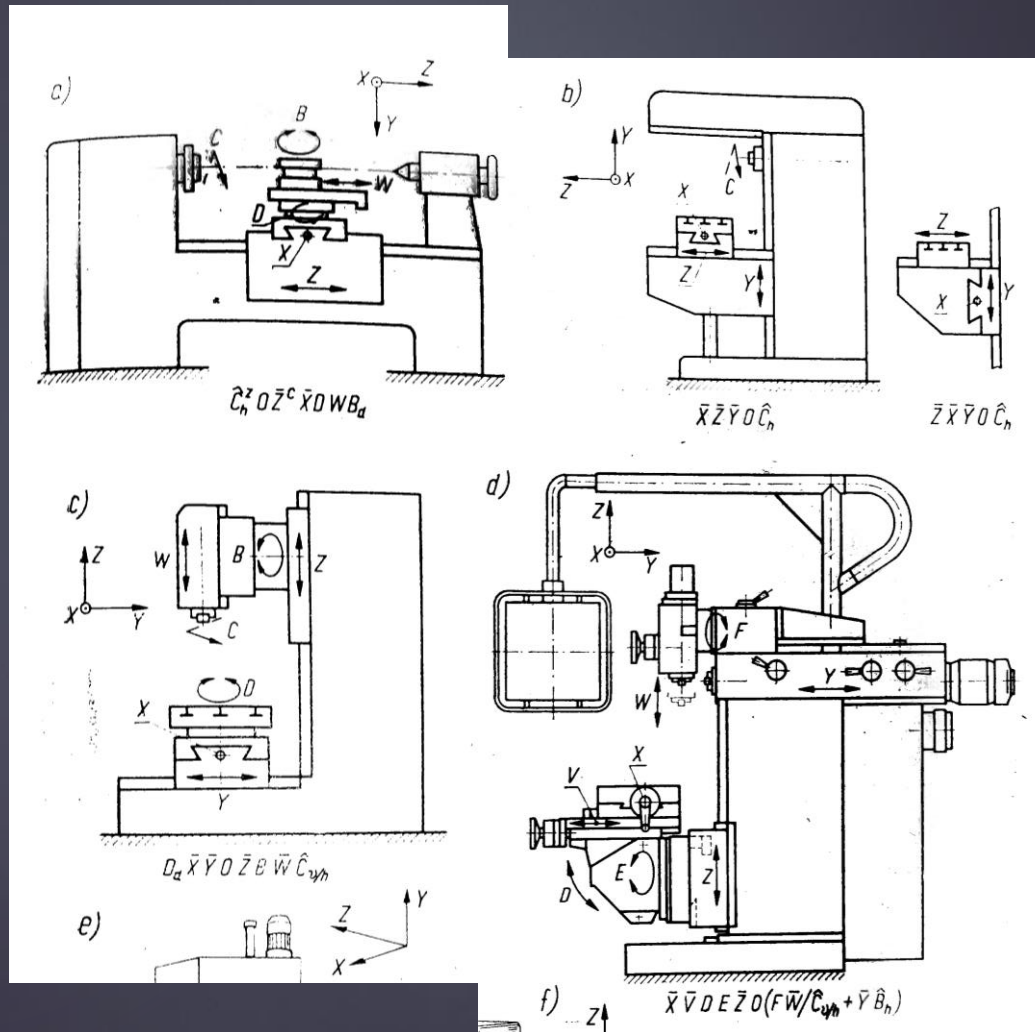
Zesp. przedmiotowe — Zesp. narzędziowe
 — Zesp. nieruchome (stojak, łoże)

Rys. 3.9. Zapis struktury geometryczno-ruchowej: rysunkowy i symboliczny; przykład wytaczarko-frezarki poziomej ze stołem obrotowym pionowym (ruch A)

Struktura geometryczno-ruchowa SG-R

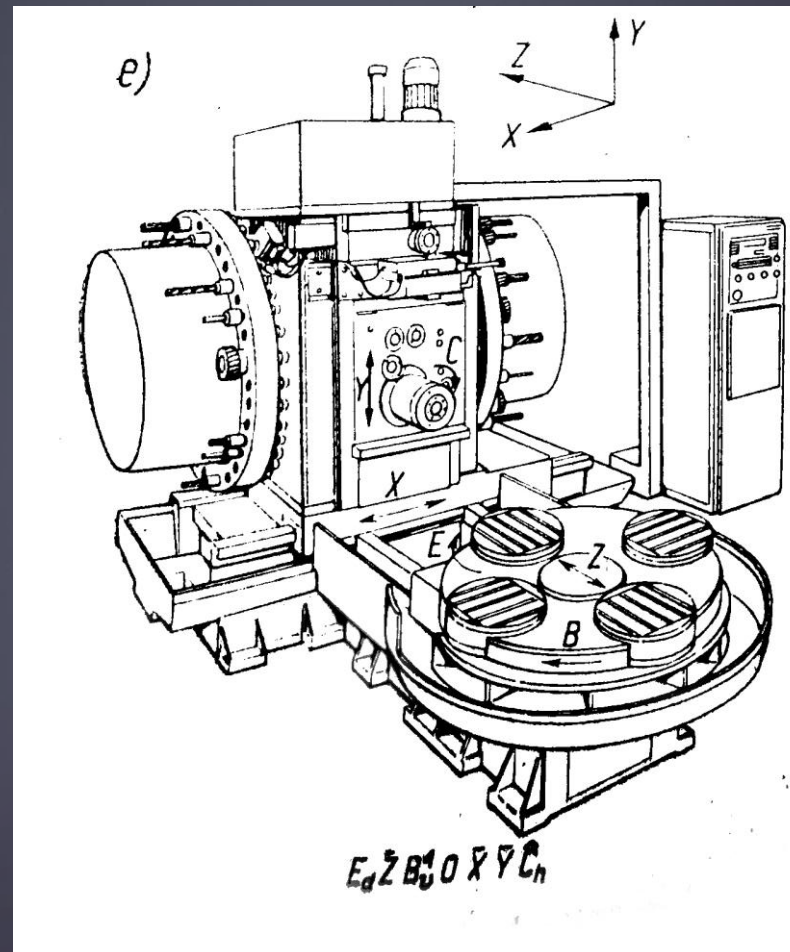
- ▶ Kończącym symbolem po lewej stronie jest ruch zespołu związanego z PO następnie umieszcza się po kolei symbole kolejnych zespołów ruchowych aż do ostoi,
- ▶ Skrajna prawa strona to ruch zespołu związanego z narzędziem,
- ▶ Nie ma konieczności używania oznaczenia prim „'”,
- ▶ Zapamiętanie stron jest proste, gdy wyobrazimy sobie trzymanie noża i chleba – nóż w dłoni prawej, chleb (PO) po lewej.
- ▶ Nad literą ruchu głównego umieszcza się symbol daszka np. \hat{C} ,
- ▶ Kreski nad literami oznaczają ruch posuwowy.

Struktura geometryczno-ruchowa SG-R



Struktura geometryczno-ruchowa SG-R

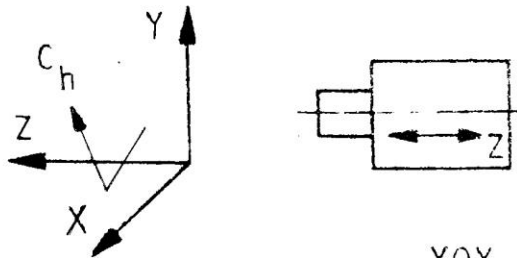
29



Struktura geometryczno-ruchowa SG-R

- ▶ Wypadkowy ruch względny N-PO nie jest zależny od kolejności ułożenia ruchów elementarnych,
- ▶ Stosując permutacje symboli SG-R, można uzyskać zbiór wszystkich możliwych wariantów struktur,
- ▶ Dla frezarki trójosiowej XYZ otrzymujemy 24 możliwości zapisu SG-R dla wrzeciona poziomego oraz 24 permutacje dla zapisu pionowego,
- ▶ Mamy 4 składniki wzoru $X, Y, Z, O = 4, 4! = 24, C$ – czyli obrót wrzeciona można pominąć w przypadku frezarki trójosiowej C zawsze będzie na końcu po prawej stronie.

Struktura geometryczno-ruchowa SG-R

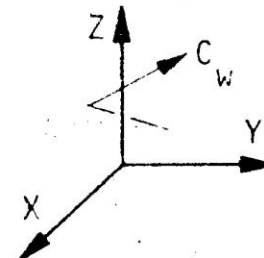


YOY

[H]

YXZO	YXOZ	YOXZ	OYXZ
YZXO	YZOX	YOZX	OYZX
ZYXO	ZYOX	ZOYX	OZYX
XYZO	XYOZ	XOYZ	OXYZ
XZYO	XZOY	XOZY	OXZY
ZXYO	ZXOY	ZOXY	OZXY

YOY



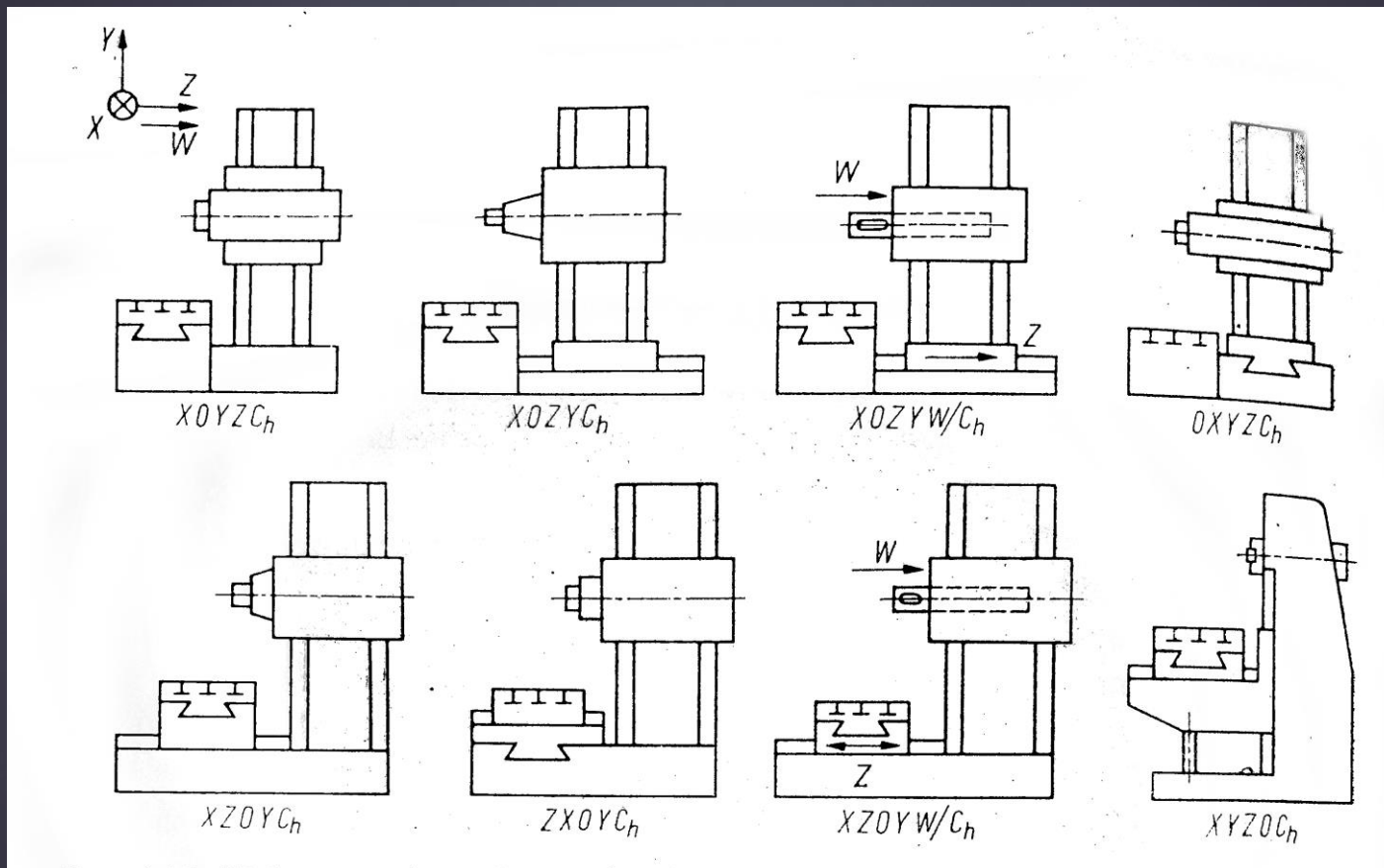
ZOZ

[V]

ZXYO	ZXOY	ZOXY	OZXY
ZYXO	ZYOX	ZOYX	OZYX
YZXO	YZOX	YOZX	OYZX
XZYO	XZOY	XOZY	OXZY
XYZO	XYOZ	XOYZ	OXYZ
YZXO	YZOX	YOZX	OYZX

ZOZ

Struktura geometryczno-ruchowa SG-R



Struktura geometryczno-ruchowa SG-R

- ▶ SG-R jest dobierana na etapie projektu koncepcyjnego,
- ▶ Dobór konkretnej SG-R polega na znalezieniu optymalnego rozwiązania rozmieszczenia podzespołów,
- ▶ Oparcie się o intuicję i doświadczenie nie zawsze skutkuje znalezieniem rozwiązania optymalnego,
- ▶ Dla przykładu przedstawiona zostanie frezarka wspornikowa z pionowym wrzecionem.

Struktura geometryczno-ruchowa SG-R

34

KOMISJA BUDOWY MASZYN PAN – ODDZIAŁ W POZNANIU

Vol. 30 nr 2

Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji

2010

DANIEL JASTRZĘBSKI*, PAWEŁ MAJDA*, PIOTR PAWEŁKO*
GRZEGORZ SZWENGIER**

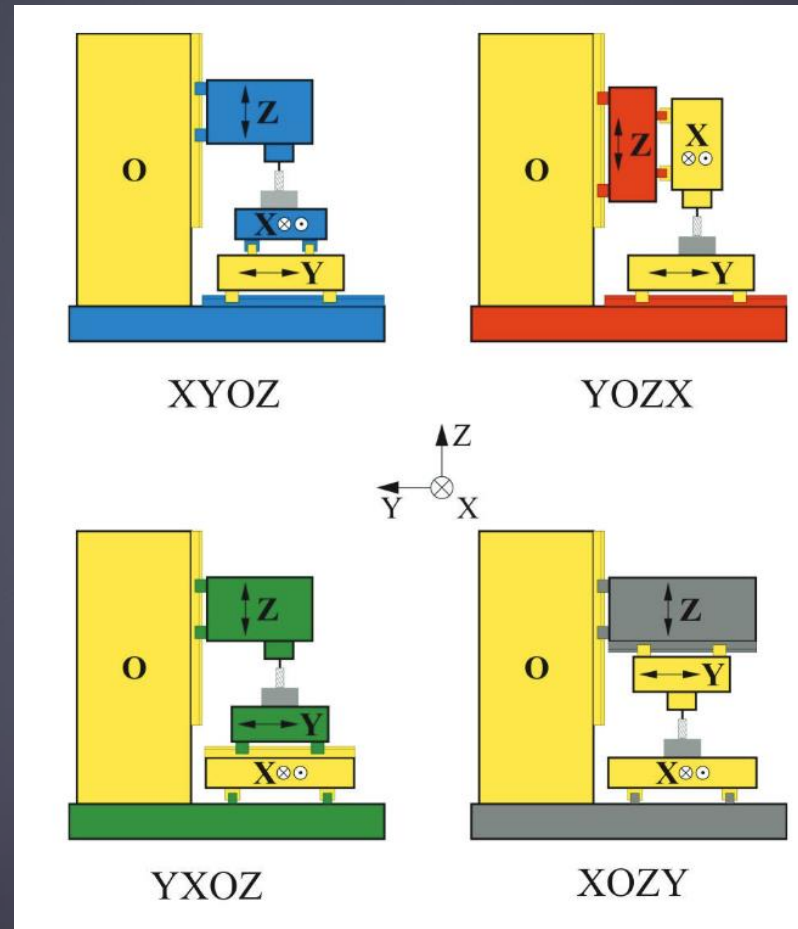
OBLICZENIA UKŁADU NOŚNEGO FREZAREK O RÓŻNYCH STRUKTURACH GEOMETRYCZNO-RUCHOWYCH***

W artykule zarysowano problematykę doboru struktur geometryczno-ruchowych obrabiarek. Na przykładzie wariantów struktury geometryczno-ruchowej frezarki przedstawiono zastosowanie obliczeniowej metody analizy konstrukcji do opracowania danych służących do wartościowania i oceny tych wariantów. Opisano sposób modelowania wariantów układu nośnego frezarki oraz opracowania wyników analiz. Na podstawie tych wyników dokonano selekcji i wskazano rozwiązania najlepiej spełniające kryterium sztywności układu nośnego frezarki.

Słowa kluczowe: modelowanie, struktura geometryczno-ruchowa, układ nośny obrabiarki



Struktura geometryczno-ruchowa SG-R



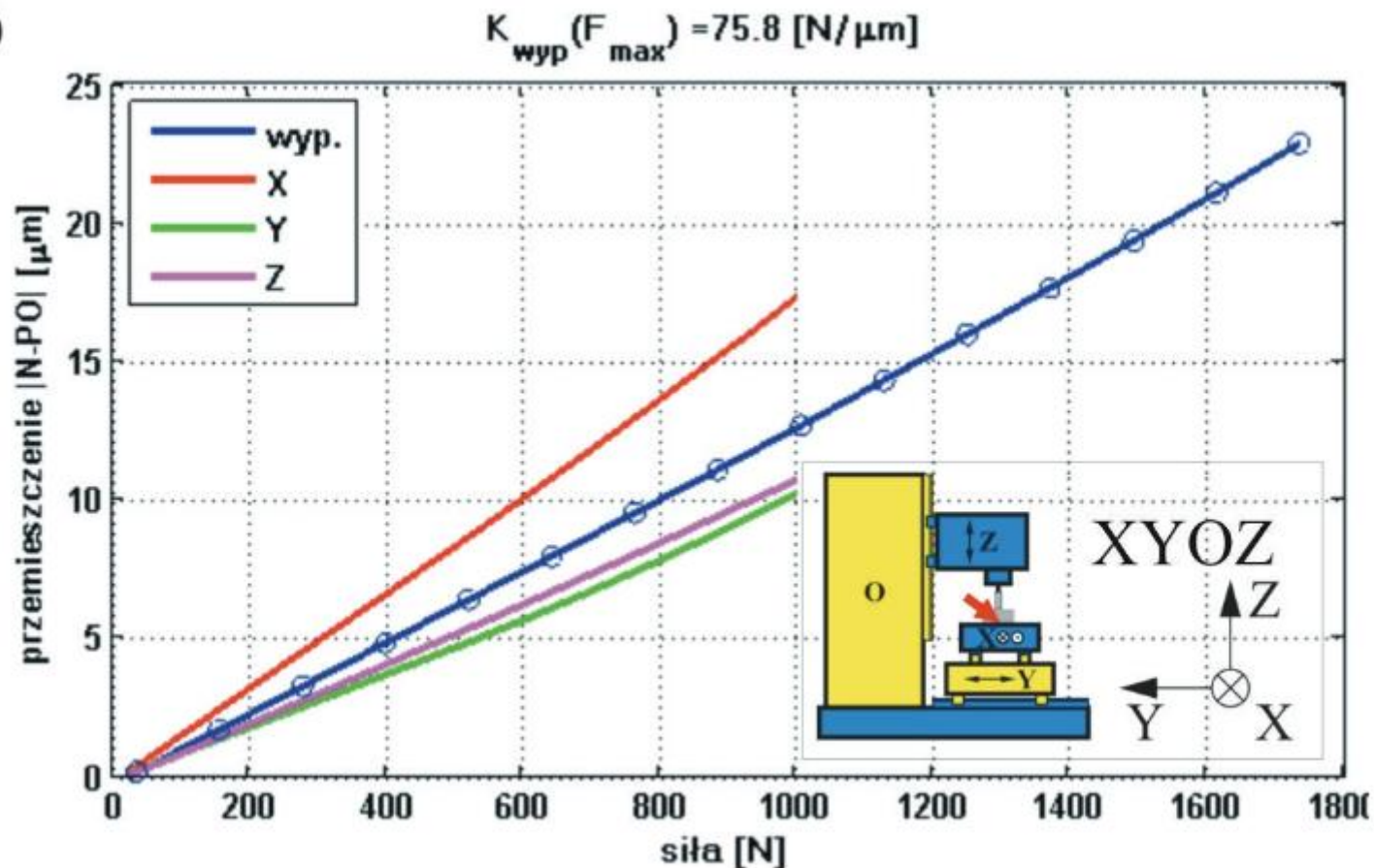
Struktura geometryczno-ruchowa SG-R

- ▶ Wyznaczenie sztywności konkretnych postaci konstrukcyjnych oparte zostało o metodę elementów skończonych,
- ▶ We wszystkich modelach zastosowano takie same elementy prowadnicowe oraz śruby toczne,
- ▶ Przestrzeń robocza jest taka sama,
- ▶ Wszystkie modele zostały obciążone w jednakowy sposób,

Struktura geometryczno-ruchowa SG-R

37

a)



Struktura geometryczno-ruchowa SG-R

