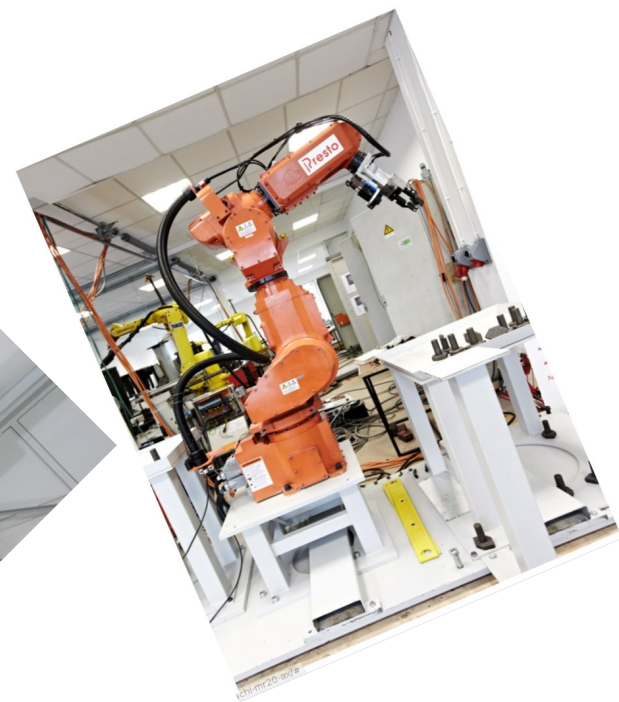


AUTOMATYZACJA PROCESÓW OBRÓBKOWYCH



1. Honczarenko J.: Elastyczna automatyzacja wytwarzania. WNT, Warszawa 2000.
2. Kosmol J.: Automatyzacja obrabiarek i obróbki skrawaniem. WNT, Warszawa 2000.
3. Honczarenko J.: Roboty przemysłowe. Budowa i zastosowanie. WNT, Warszawa 2004.
4. Zdanowicz R.: Robotyzacja dyskretnych procesów produkcyjnych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009.
5. Honczarenko J.: Obrabiarki sterowane numerycznie. WNT, Warszawa 2008
6. Jemieleniak K.: Automatyczna diagnostyka stanu narzędzia i procesu skrawania. Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2002.
7. Praca zbiorowa pod red. Marciniak M.: Elementy automatyzacji we współczesnych procesach wytwarzania. Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2007.

Powstanie elastycznych, zautomatyzowanych środków produkcji jest wynikiem nieuniknionego, trwającego nieprzerwanie rozwoju procesów wytwarzania elementów maszyn.

Rozwój ten odbywał się w wyniku mechanizacji, a następnie automatyzacji produkcji oraz intensyfikacji samego procesu skrawania, stosowania coraz nowszych, doskonalszych materiałów narzędziowych i ulepszania konstrukcji obrabiarek.

Automatyzacja wytwarzania — to wprowadzenie środków technicznych w celu samoczynnego sterowania i kontrolowania procesu wytwarzania. W odróżnieniu od mechanizacji, która zastępuje tylko pracę fizyczną człowieka, automatyzacja ma na celu wyeliminowanie bezpośredniego udziału człowieka z procesu wytwarzania i przeniesienia go do działań o charakterze programowania i ogólnego nadzoru. Automatyzacja może obejmować środki wytwarzania (maszyny technologiczne), poszczególne składniki procesu wytwarzania (np. manipulację, transport, magazynowanie, kontrolę przedmiotów) lub cały proces wytwarzania (automatyzacja kompleksowa).

Automatyzacja wytwarzania — to wprowadzenie środków technicznych w celu samoczynnego sterowania i kontrolowania procesu wytwarzania. W odróżnieniu od mechanizacji, która zastępuje tylko pracę fizyczną człowieka, automatyzacja ma na celu wyeliminowanie bezpośredniego udziału człowieka z procesu wytwarzania i przeniesienia go do działań o charakterze programowania i ogólnego nadzoru. Automatyzacja może obejmować środki wytwarzania (maszyny technologiczne), poszczególne składniki procesu wytwarzania (np. manipulację, transport, magazynowanie, kontrolę przedmiotów) lub cały proces wytwarzania (automatyzacja kompleksowa).

Elastyczna automatyzacja wytwarzania

oznacza automatyzację umożliwiającą łatwe i szybkie przebrojenie oraz łatwą i szybką zmianę programów pracy środków wytwarzania, w dostosowaniu do zmieniających się zadań produkcyjnych. Przeciwnieństwem automatyzacji elastycznej jest automatyzacja sztywna, która w skrajnym przypadku jest przystosowana do produkcji tylko jednego rodzaju wyrobu, bądź przebrojenie na inną produkcję jest bardzo czasochłonne i kosztowne.

Najczęściej elastyczny system wytwarzania definiuje się jako zintegrowany system maszyn technologicznych (obrabiarek), środków transportowych i oprzyrządowania sterowany komputerowo.

Obrabiarki są wyposażone w urządzenia do automatycznej wymiany przedmiotów i narzędzi, co umożliwia wykonywanie różnych operacji bez opóźnień wynikających z przezbrajania.

Elastyczny system produkcyjny (ESP)

to układ obrabiarek ze sterowaniem CNC uzupełnionych stanowiskami nieobróbkowymi, zintegrowanych z centralnie sterowanym systemem transportu, magazynowania i manipulacji narzędziami i przedmiotami obrabianymi, umożliwiający jednoczesne wytwarzanie kilku rodzajów przedmiotów o wspólnych cechach technologicznych i zróżnicowanych cechach konstrukcyjnych bez udziału operatora w ciągu długiego okresu.

Dzięki elastycznym systemom wytwarzania uzyskuje się:

- elastyczność doboru różnych przedmiotów obrabianych w tym samym czasie,
- możliwość dodania lub odjęcia określonego przedmiotu z całości zadania,
- elastyczność marszruty technologicznej, tzn. możliwość dynamicznej zmiany obrabiarki dla danego przedmiotu, np. w przypadku zmiany zadania produkcyjnego albo awarii,
- możliwość szybkiego wprowadzenia do produkcji zmian w konstrukcji wytwarzanego przedmiotu,
- możliwość zmiany wielkości produkcji dla określonego przedmiotu,
- możliwość wykonywania różnych przedmiotów w różnych ESW w tej samej fabryce.

Jeszcze na przełomie lat 50/60. panowały poglądy, że do pełnej automatyzacji nadają się tylko procesy produkcji wielkoseryjnej i masowej.

Poglądy takie jednak wkrótce uległy zmianie. Pojawiły się bowiem przemysłowe rozwiązania obrabiarek sterowanych numerycznie oraz komputerowych systemów DNC, które umożliwiają automatyczną pracę całych grup obrabiarek o dużych możliwościach technologicznych, zapewniających łatwą i szybką zmianę programów obróbki bez stosowania mało elastycznych układów sterowania mechanicznego, hydraulicznego czy elektrycznego o strukturze przekąźnikowej.

Koncepcja elastycznego systemu wytwarzania została podana przez Theo Wiliamsona (Wielka Brytania) z końcem lat pięćdziesiątych dla tzw. Systemu 24 firmy Molins.

Wiliamson proponował użycie obrabiarek sterowanych numerycznie do obróbki różnorodnych przedmiotów. Przedmioty te miały być ręcznie załadowywane na palety, a następnie automatycznie na obrabiarki. Narzędzia miały być wybierane w sposób automatyczny.

System ten miał zapewnić elastyczność produkcji przy minimalnym czasie obróbki prowadzonej ręcznie, dzięki zastosowaniu sterowania komputerowego maszyn. Niestety idea ta okazała się zbyt trudna do urzeczywistnienia przy ówczesnej technologii, dlatego została zrealizowana dopiero w połowie lat sześćdziesiątych w USA.

Przy szybko zmieniającym się popycie na wyroby istnieje konieczność częstszego przeprofilowywania produkcji,

- rosnącej konkurencji, zmuszającej wytwórców do większej innowacyjności,
- konieczności skracania terminów realizacji zamówień a zatem również konieczności skracania cyklu produkcyjnego,
- konieczności zmniejszania serii produkcyjnych kosztem zwiększonej oferty asortymentowej,
- konieczności lepszego wykorzystywania możliwości produkcyjnych maszyn i urządzeń technologicznych,
- konieczności zmniejszania zasobów materialnych w celu obniżki kosztów wytwarzania.

ZAUTOMATYZOWANE ELASTYCZNE ŚRODKI WYTWARZANIA

Zautomatyzowane,
elastyczne pojedyncze
maszyny i urządzenia

Zautomatyzowane,
elastyczne systemy
maszyn i urządzeń

Zautomatyzowane,
elastyczne wydziały
i zakłady

Obrabiarki NC, CNC

Centra obróbkowe

Centra obróbkowe

Autonomiczne stacje
obróbkowe

Elastyczne gniazda
obróbkowe

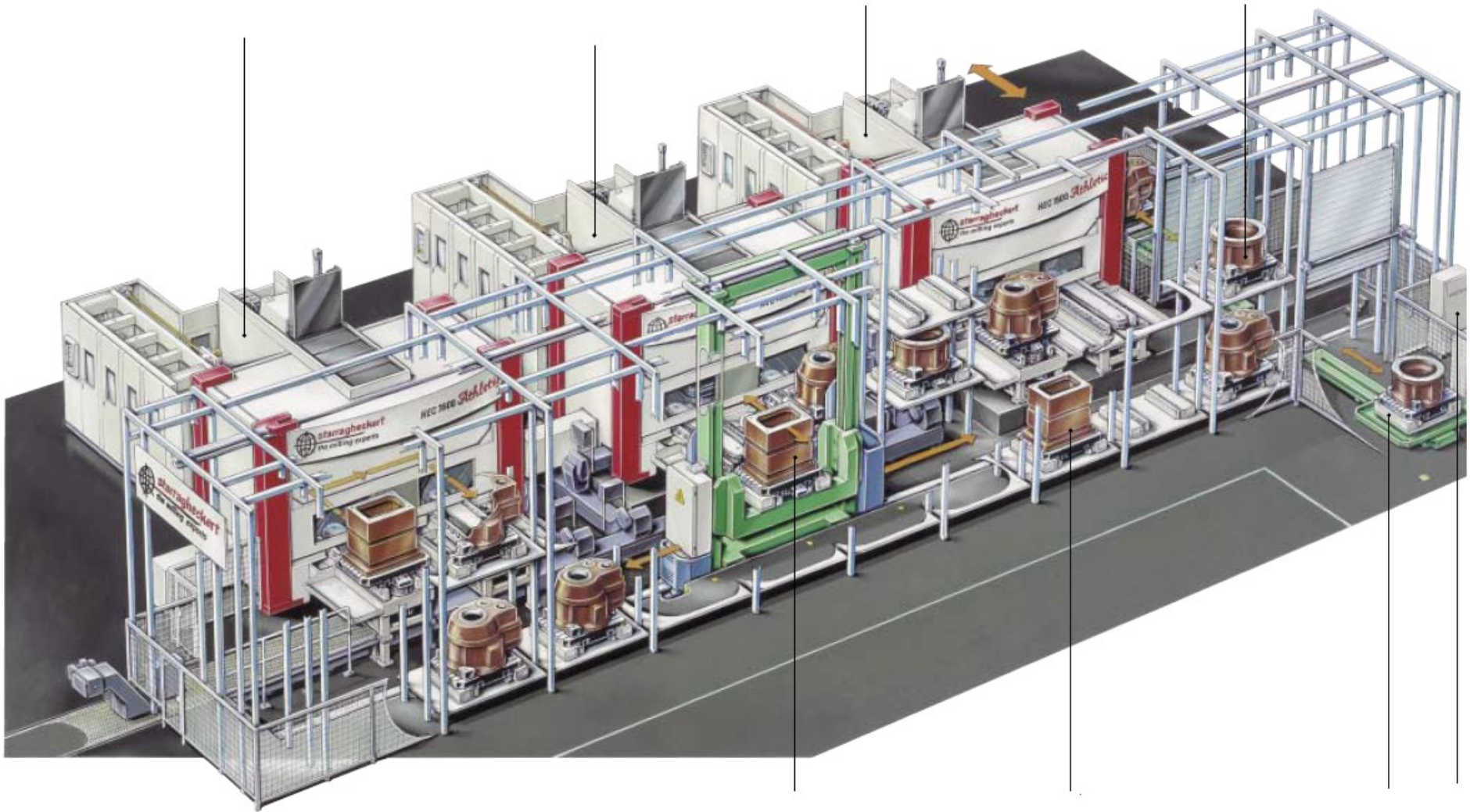
Elastyczne systemy
obróbkowe

Elastyczne linie
obróbkowe

Elastyczne gniazda
wytwórcze

Elastyczne systemy
wytwórcze

Elastyczne linie
wytwórcze



Systemy CIM (z ang. Computer Integrated Manufacturing) nie są gotowymi metodami lub produktami, lecz indywidualną strategią działania dla każdego przedsiębiorstwa, które posiada własne potrzeby. W odróżnieniu od tradycyjnego procesu produkcyjnego CIM charakteryzuje się połączeniami informatycznymi między poszczególnymi działami przedsiębiorstwa. Obecnie istnieje mnóstwo technik komputerowych, realizujących poszczególne czynności we wszystkich obszarach działalności przedsiębiorstwa. Pojawia się problem w postaci takiego doboru poszczególnych czynności, który pozwoli na maksymalną integrację przy ograniczonych możliwościach przedsiębiorstwa.

A. Związane z rynkiem wyrobów:

- wzrost konkurencyjności między producentami,
- zmieniający się popyt na wyroby,
- dostosowanie asortymentów do życzeń odbiorców,
- krótsze cykle życia wyrobów.

B. Związane z przedsiębiorstwem:

- zmniejszenie zysku,
- zróżnicowanie asortymentu wyrobów,
- wielowariantowość odmian typu wyrobów,
- krótkie terminy realizacji zamówień,
- zmniejszone serie produkcyjne,
- unowocześnianie wyrobów.

C. Związane z procesem wytwarzania:

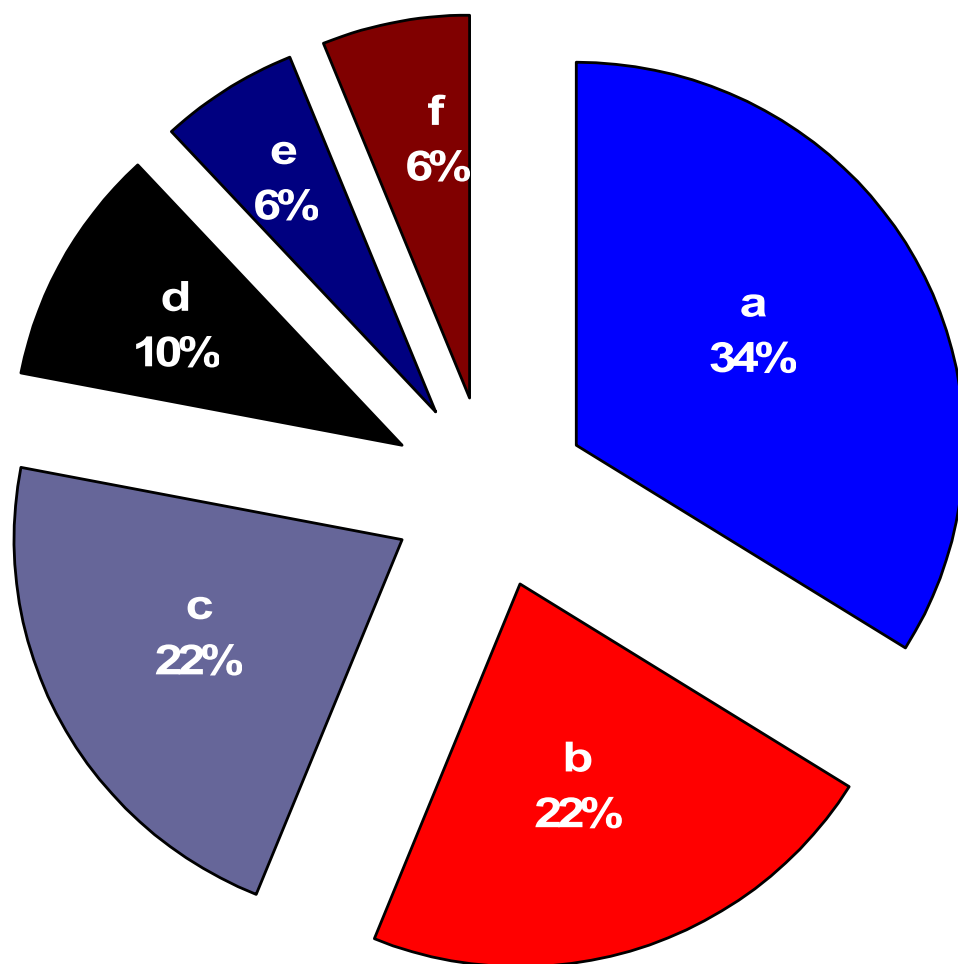
- pełniejsze wykorzystanie maszyn i urządzeń (II i III zmiana),
- zmniejszenie zapasów materiałów wejściowych i wyrobów w toku,
- skrócenie czasu wytwarzania wyrobu,
- łatwe i szybkie przeobrażanie maszyn,
- humanizacja pracy.

Można stwierdzić, że celem elastycznej automatyzacji wytwarzania jest:

- W produkcji mało- i średnioseryjnej – zwiększenie zakresu automatyzacji z zachowaniem elastyczności,
- W produkcji wielkoseryjnej i masowej – zwiększenie elastyczności z zachowaniem istniejącej tam wcześniej automatyzacji.

W strukturze czasu konwencjonalnych operacji technologicznych udział rzeczywistego czasu obróbki wynosi zaledwie 30%. Pozostałą część czasu jednostkowego zajmują czynności pomocnicze i przygotowawczo-zakończeniowe. Automatyzacja umożliwia **skrócenie nieproduktywnych czasów nawet o 80%**.

Z analiz odnoszących się do właściwie zorganizowanej produkcji w takich krajach, jak Niemcy, USA, Szwajcaria wynika, że efektywny czas obróbki na obrabiarkach konwencjonalnych i numerycznych z obsługą operatorską stanowi 6-10% dysponowanego rocznego funduszu czasu pracy. Stąd zrodziły się przemysłowe rozwiązania autonomicznych stacji obróbkowych i elastycznych systemów obróbkowych, zapewniające pracę urządzeń podczas wszystkich trzech zmian z ograniczoną obsługą operatorską.



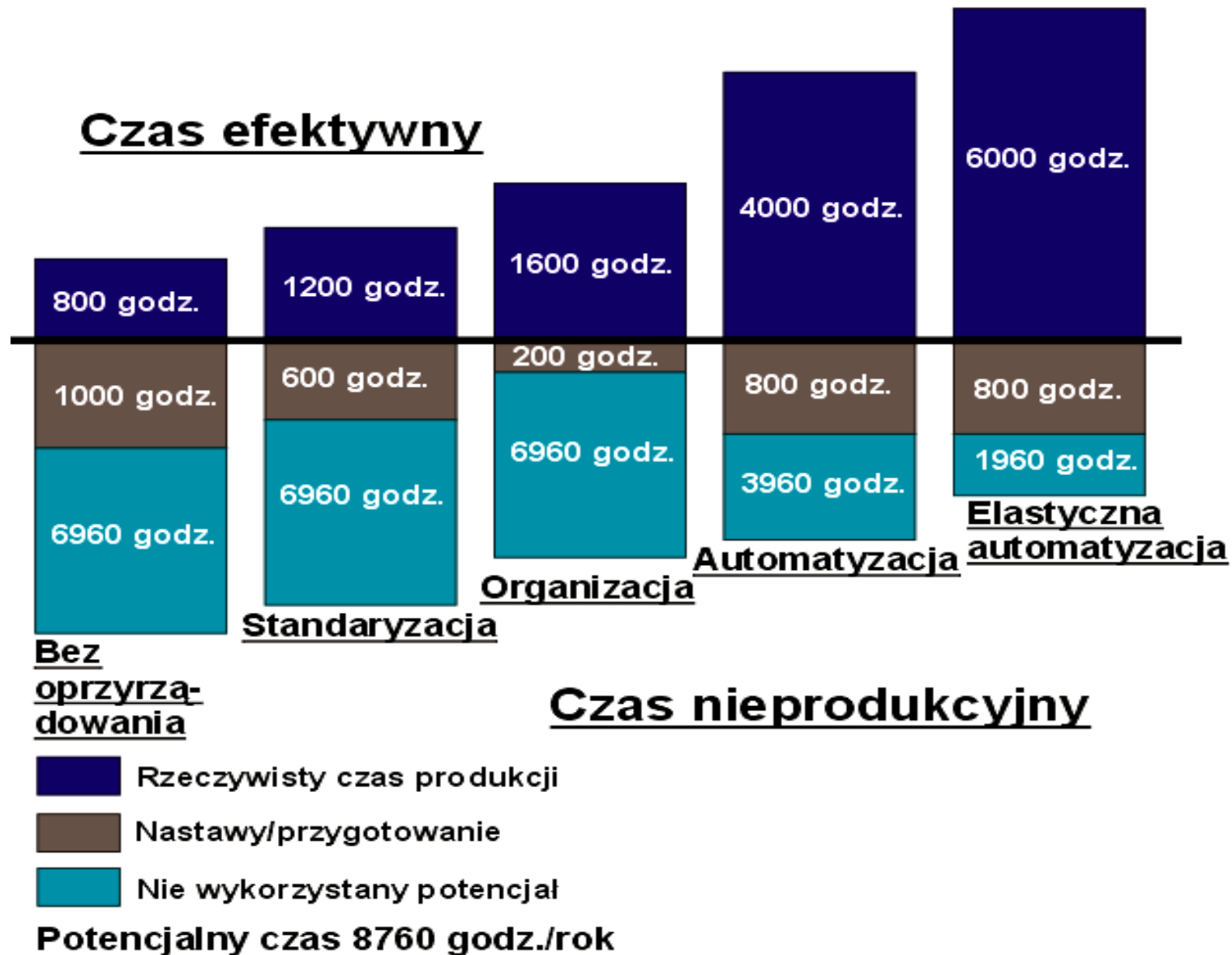
Wykorzystania czasu pracy tradycyjnych tokarek:

- a) soboty, niedziele i święta,
- b) trzecia zmiana,
- c) druga zmiana,
- d) straty organizacyjne,
- e) straty techniczne (przezbrajanie itp.),
- f) wykorzystanie efektywne.

Do głównych zalet elastycznej automatyzacji należy zaliczyć:

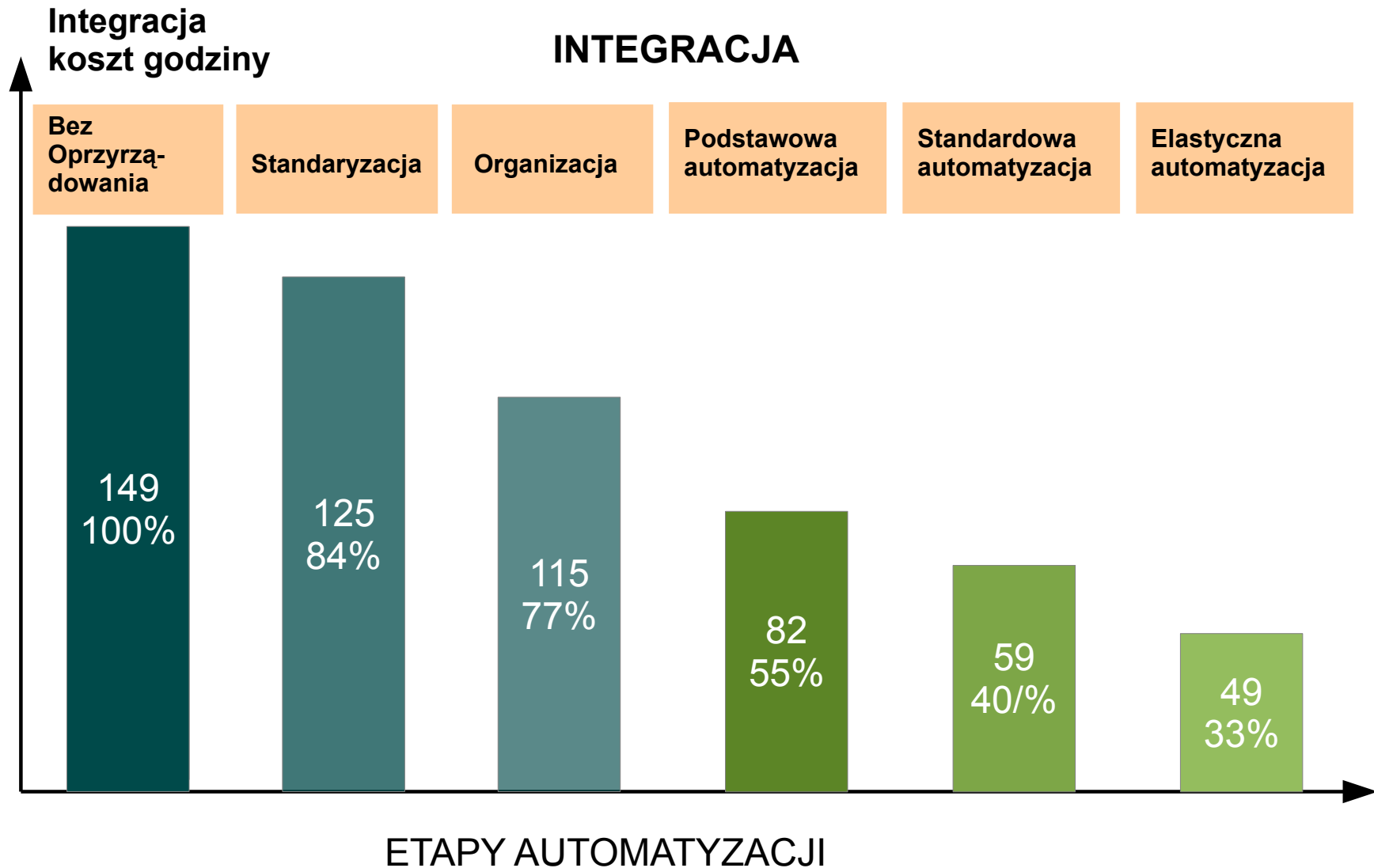
- możliwość szybkiego reagowania przedsiębiorstwa na potrzeby rynku krajowego, a przede wszystkim zagranicznego,
- polepszenie jakości i zapewnienie stałości jakości wytwarzanych produktów,
- zwiększenie wydajności wytwarzania, uzyskiwane przede wszystkim dzięki stosowaniu maszyn technologicznych (obrabiarek) o dużej koncentracji zabiegów,
- zwiększenie kalendarzowego funduszu czasu pracy maszyn w wyniku produkcji na trzeciej zmianie oraz podczas urlopów i choroby członków załogi,
- ograniczenie liczebności obsługi i personelu nadzorującego, co powoduje zmniejszenie koniecznych do ponoszenia kosztów robocizny oraz kosztów ogólnospołecznych,
- znaczącą poprawę warunków pracy, m.in.. dzięki wyeliminowaniu prac uciążliwych dla człowieka,
- możliwość zmniejszenia kosztów produkcji.

Efekty elastycznej automatyzacji wytwarzania



Efekty elastycznej automatyzacji wytwarzania

Zmniejszenie kosztów roboczogodziny w wyniku wprowadzania automatyzacji
(przykładowe koszty podano we frankach szwajcarskich)

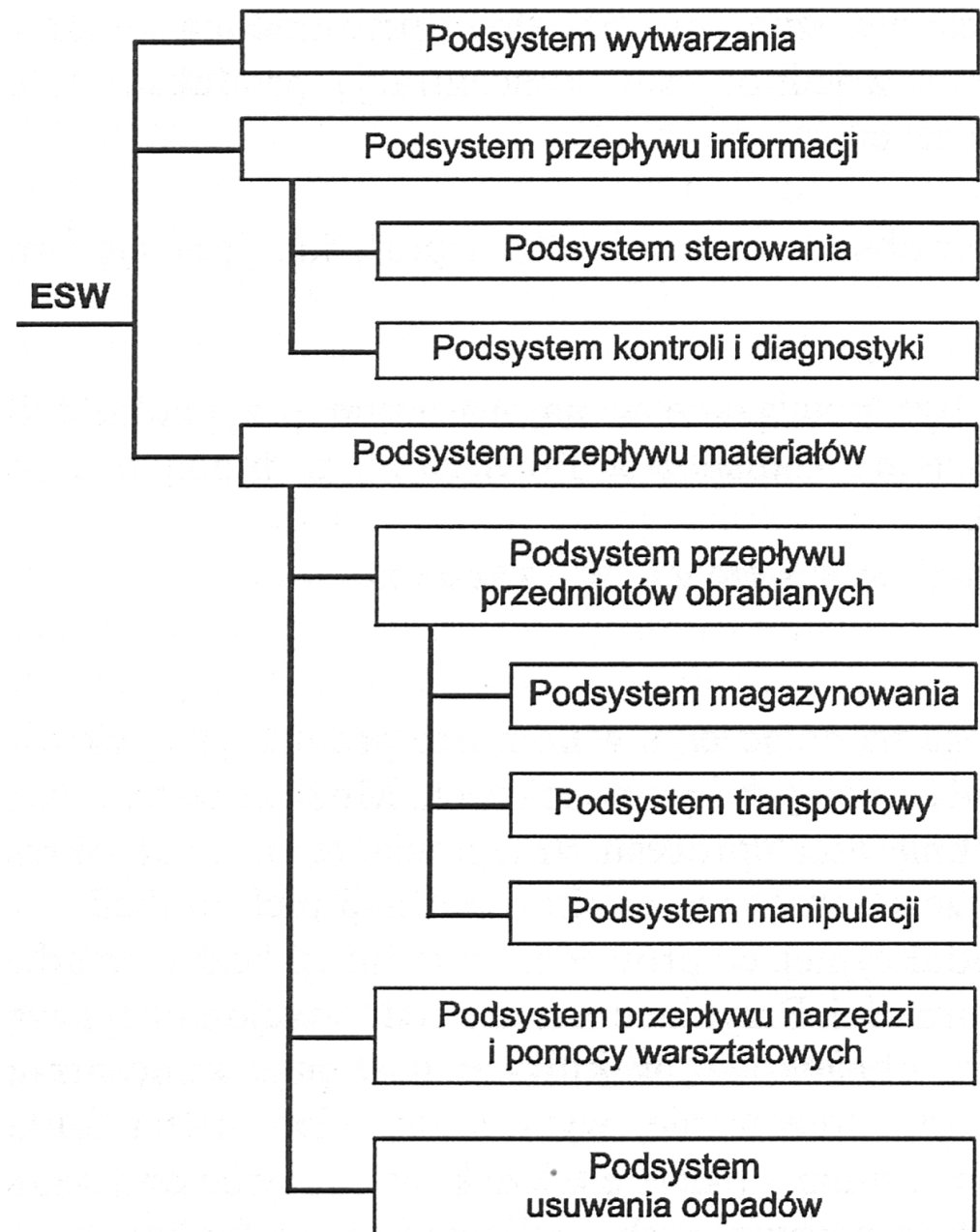


Efekty elastycznej automatyzacji wytwarzania

Skrócenie terminów realizacji zleceń w wyniku wprowadzenia automatyzacji.

Bez oprzyrządowania	2 tygodnie	100%
Standaryzacja	1,7 tygodnia	75%
Organizacja	1,4 tygodnia	70%
Podstawowa automatyzacja	0,9 tygodnia	0,45%
Standardowa automatyzacja	0,6 tygodnia	0,3%
Elastyczna automatyzacja	0,3 tygodnia	0,15%

Strukturą systemu wytwarzania nazywa się sieć sprzężeń (powiązań) między jego elementami, rozumianą zarówno w sensie statycznym (konfiguracja i konstrukcja systemu), jak i dynamicznym (przebieg procesów w systemie).



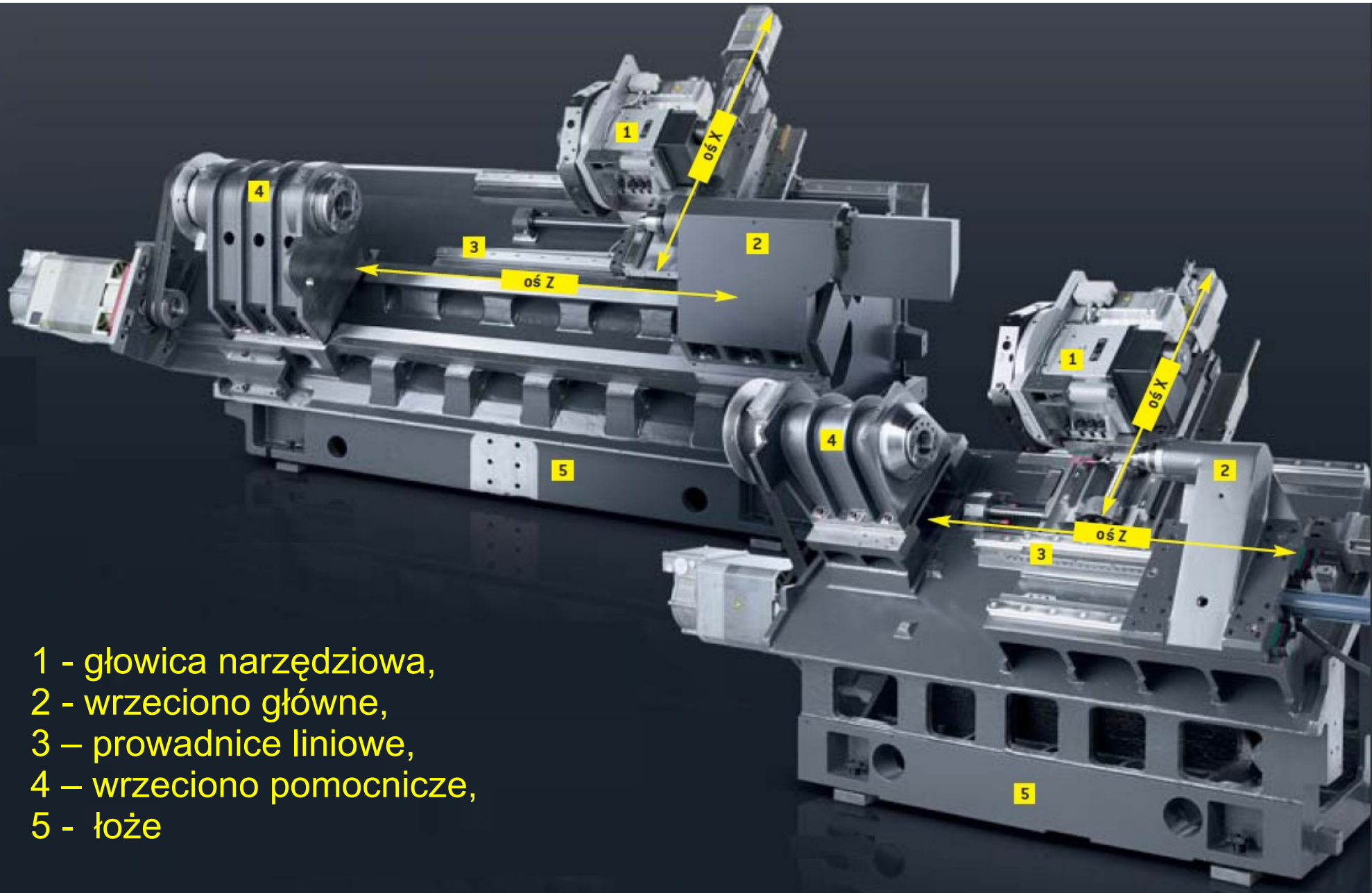
W obszarze elastycznej automatyzacji przykładem środków wytwarzania reprezentujących skoncentrowaną formę produkcji są: **centra obróbkowe** oraz **autonomiczne stacje obróbkowe**.

Centra obróbkowe – to dzisiaj podstawowe obrabiarki niezbędne do powszechnego wprowadzenia elastycznie zautomatyzowanej produkcji w zakładach przemysłowych – jako techniczna realizacja produkcji elastycznej, wysoko wydajnej i kompletnej.

Pod nazwą centrum obróbkowe rozumie się obrabiarkę sterowaną numerycznie zapewniającą, w granicach jej możliwości technologicznych, wykonanie w jednym zamocowaniu przedmiotu dużej liczby zabiegów obróbkowych za pomocą różnych narzędzi w takim zakresie, aby po obróbce uzyskać przedmiot w pełni lub w znacznej części obrobiony, wg zasady „od części surowej – do części gotowej”. W celu wypełnienia tych zadań centrum obróbkowe jest wyposażone w magazyn narzędzi z układem automatycznej zmiany narzędzi.

Klasyfikacja centrów obróbkowych.





1KW X-axis servo motor

0.5 KW Z-axis servo motor

0.5 KW Y-axis servo motor

Promieniowe narzędzia frezujące

Consisting of 4 driven tool holders for milling, drilling and tapping operations.

Suport narzędziowy

Consisting of six 12 mm or five 16 mm O.D. tool shanks.

Wrzeciono główne

The spindle is equipped with a TRB-25 collet chuck for fitting with I.D. turning tool. The spindle features C-axis contour capability.

Osiowe narzędzia frezujące

Consisting of 5 stationary and 3 driven tool holders for milling, drilling and tapping operations.

Łoże obrabiarki

The base is manufactured from high quality cast iron (FC-30), stress relieved for strength and stability. Rugged construction to minimise vibration.

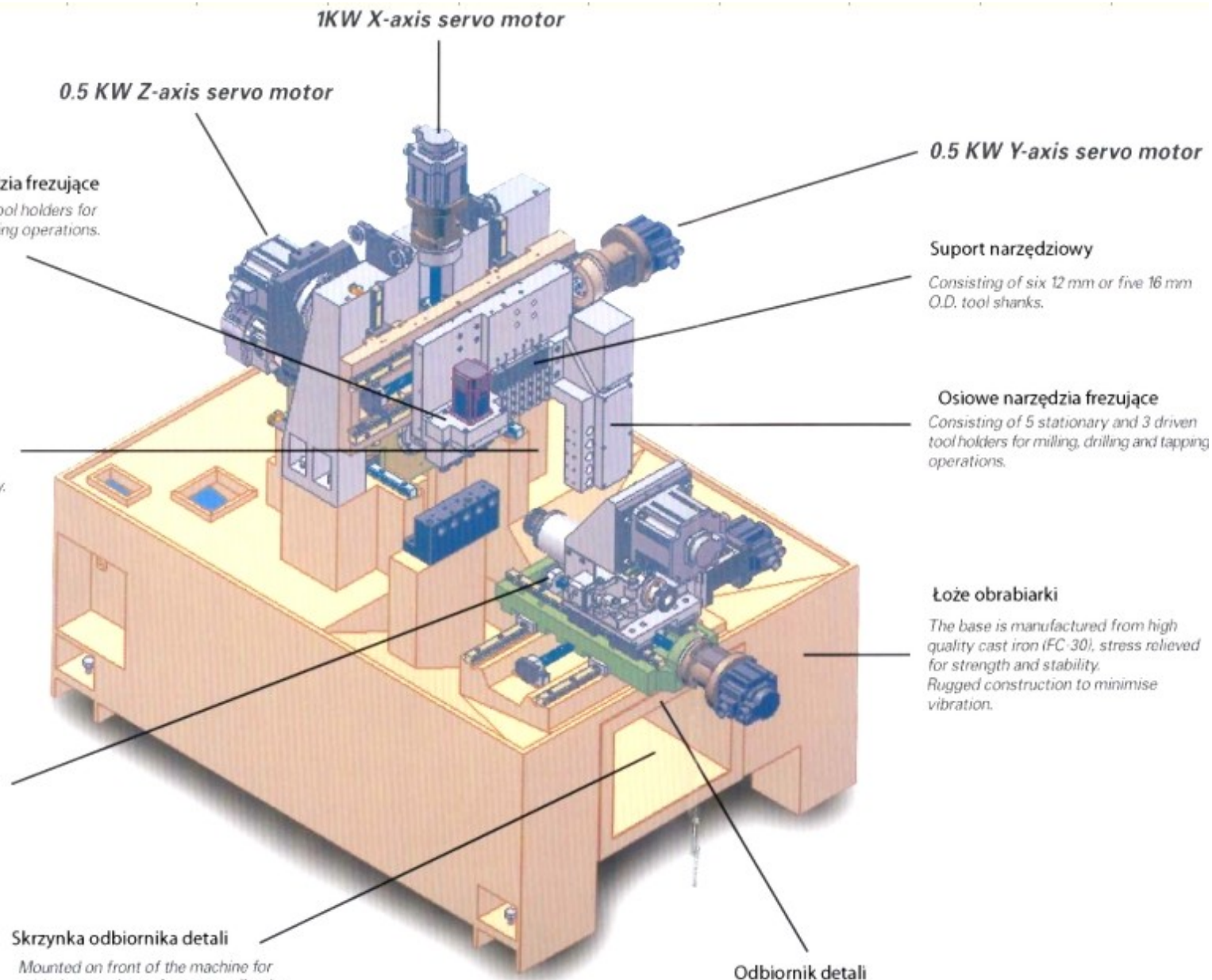
Wrzeciono przechwytyjące (opcja)

To enable second operation machining for finishing parts in one setting.

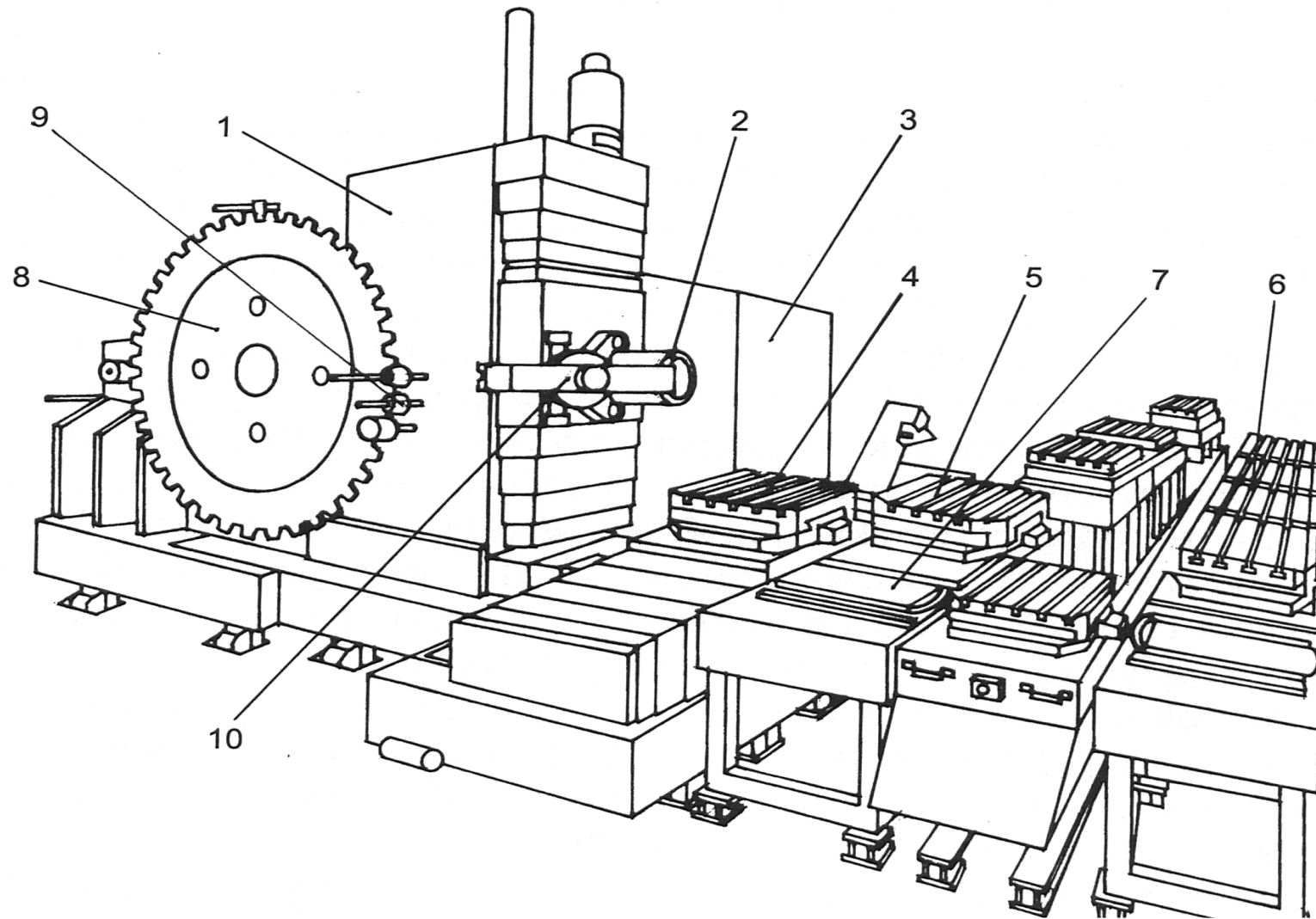
Skrzynka odbiornika detali

Mounted on front of the machine for added convenience for parts collection.

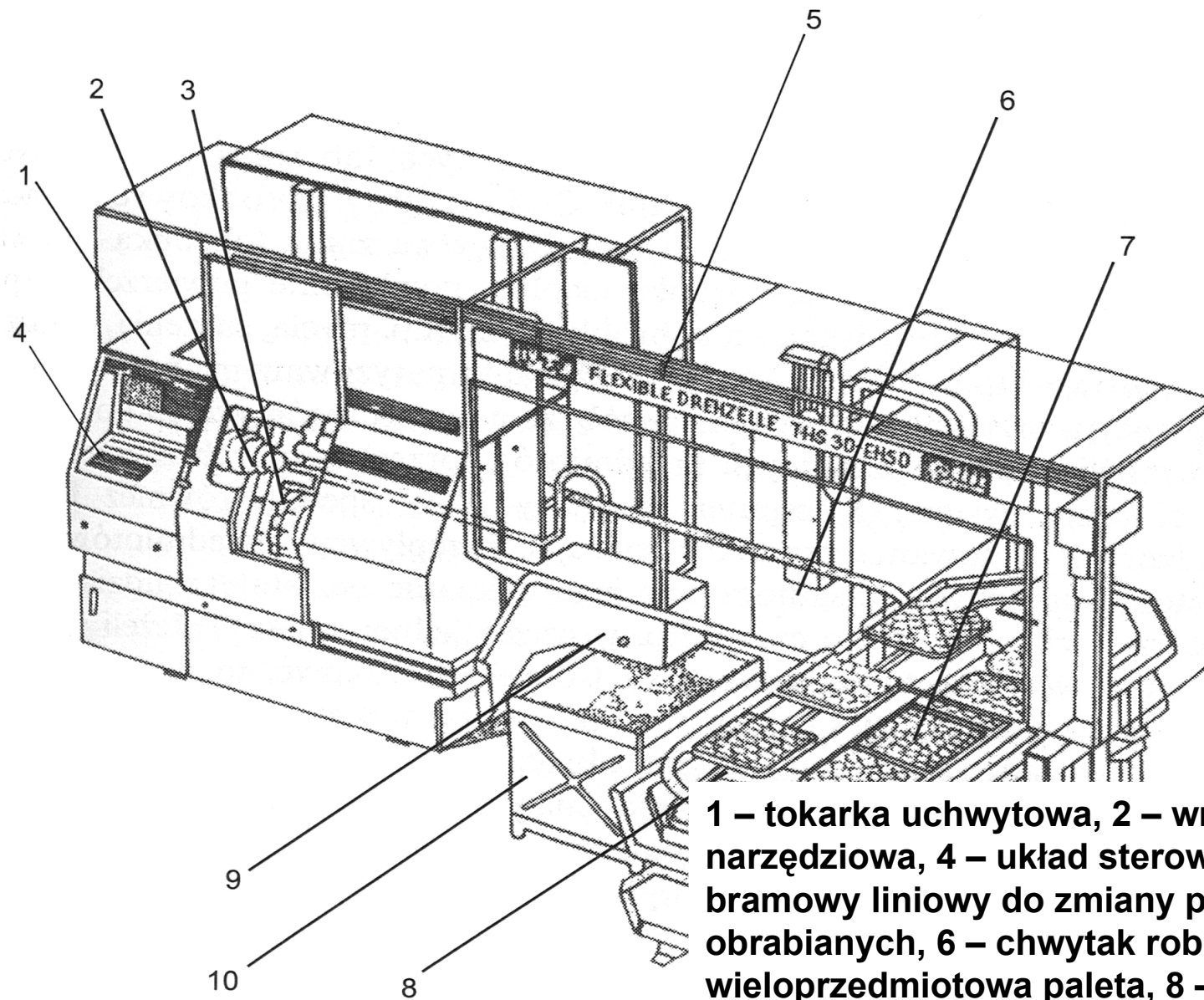
Odbiornik detali



Autonomiczna stacja obróbkowa (ASO) – to samodzielna elastyczna jednostka wytwórcza, w skład której wchodzi maszyna technologiczna (najczęściej centrum obróbkowe) wraz z niezbędnymi urządzeniami transportowymi, magazynowymi, sterującymi, kontrolnymi itp., zapewniającymi automatyczną pracę stacji podczas obróbki wyznaczonych serii przedmiotów technologicznie podobnych, bez wspomagania z zewnątrz i bez stałej obecności operatora, w długich okresach (co najmniej jednej zmiany). Układ sterujący ASO steruje wg określonej strategii całością działania stacji, łącznie z funkcjami nadzorowania i diagnostyki.



1 – poziome centrum obróbkowe, 2 – wrzeciono, 3 – układ sterowania, 4 – stół z zamocowaną paletą, 5 – paleta przedmiotowa, 6 – magazyn palet przedmiotowych, 7-
zmieniacz palet, 8 – tarczowy magazyn narzędzi, 9 – narzędzia w magazynie, 10 –
automatyczny zmieniacz narzędzi



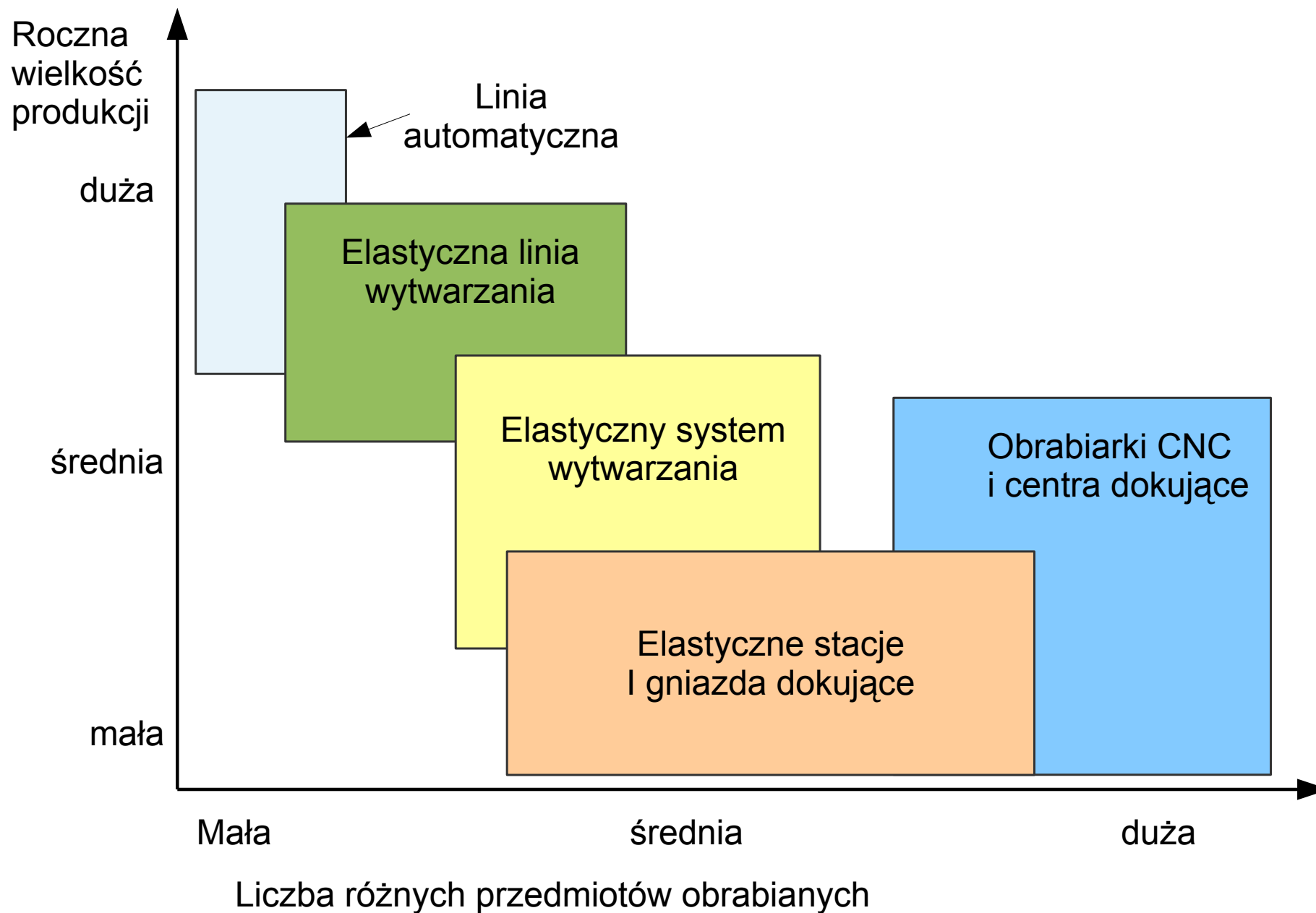
1 – tokarka uchwytna, 2 – wrzeciono, 3 – głowica narzędziowa, 4 – układ sterowania, 5 – robot bramowy liniowy do zmiany przedmiotów obrabianych, 6 – chwytnak robota, 7 – wieloprzedmiotowa paleta, 8 – dynamiczny magazyn palet, 9 – transporter wiórów, 10 – pojemnik na wióry

Elastyczne gniazdo obróbkowe (EGO) – to zbiór zautomatyzowanych elastycznych obrabiarek dobranych i ustawionych odpowiednio do przydzielonych im zadań, powiązanych urządzeniami transportowymi. W skład elastycznego gniazda obróbkowego mogą wchodzić obrabiarki i maszyny obsługiwane ręcznie, jak również stanowiska, na których są wykonywane operacje uzupełniające, np. mycie i suszenie przedmiotów, kontrola wymiarowa. Elastyczne gniazdo obróbkowe, w którym stanowiska są obsługiwane przez robot przemysłowy, nazywa się zrobotyzowanym gniazdem obróbkowym.

Elastyczne system wytwarzania (ESW) – to zestaw wielu zautomatyzowanych stanowisk technologicznych lub stacji obróbkowych umożliwiający zastosowanie różnych technik wytwarzania uzupełnionych stanowiskami nie obróbkowymi (np. mycie, kontrola wymiarowa itp.) połączonych ze sobą zautomatyzowanymi urządzeniami transportu przedmiotów w taki sposób, że na poszczególnych stanowiskach jest możliwa obróbka różnych przedmiotów, przechodzących różnymi drogami przez system.

Elastyczne linie wytwarzania (ELW)

– to zestaw zautomatyzowanych stanowisk technologicznych i stanowisk uzupełniających, ustawionych kolejno zgodnie z zasadami przebiegu produkcji masowej (przepływ przedmiotów między stanowiskami bez nawrotów), połączonych zautomatyzowanymi urządzeniami transportowymi. Elastyczność linii obróbkowej polega przede wszystkim na łatwości jej przebrożenia do wytwarzania różnych serii przedmiotów technologicznie podobnych. Elastyczne linie wytwarzania są stosowane przede wszystkim w przemyśle motoryzacyjnym, np. jako linie zgrzewania i spawania karoserii samochodowych lub jako linie montażowe zespołów (np. silnika), czy też montażu końcowego samochodu.

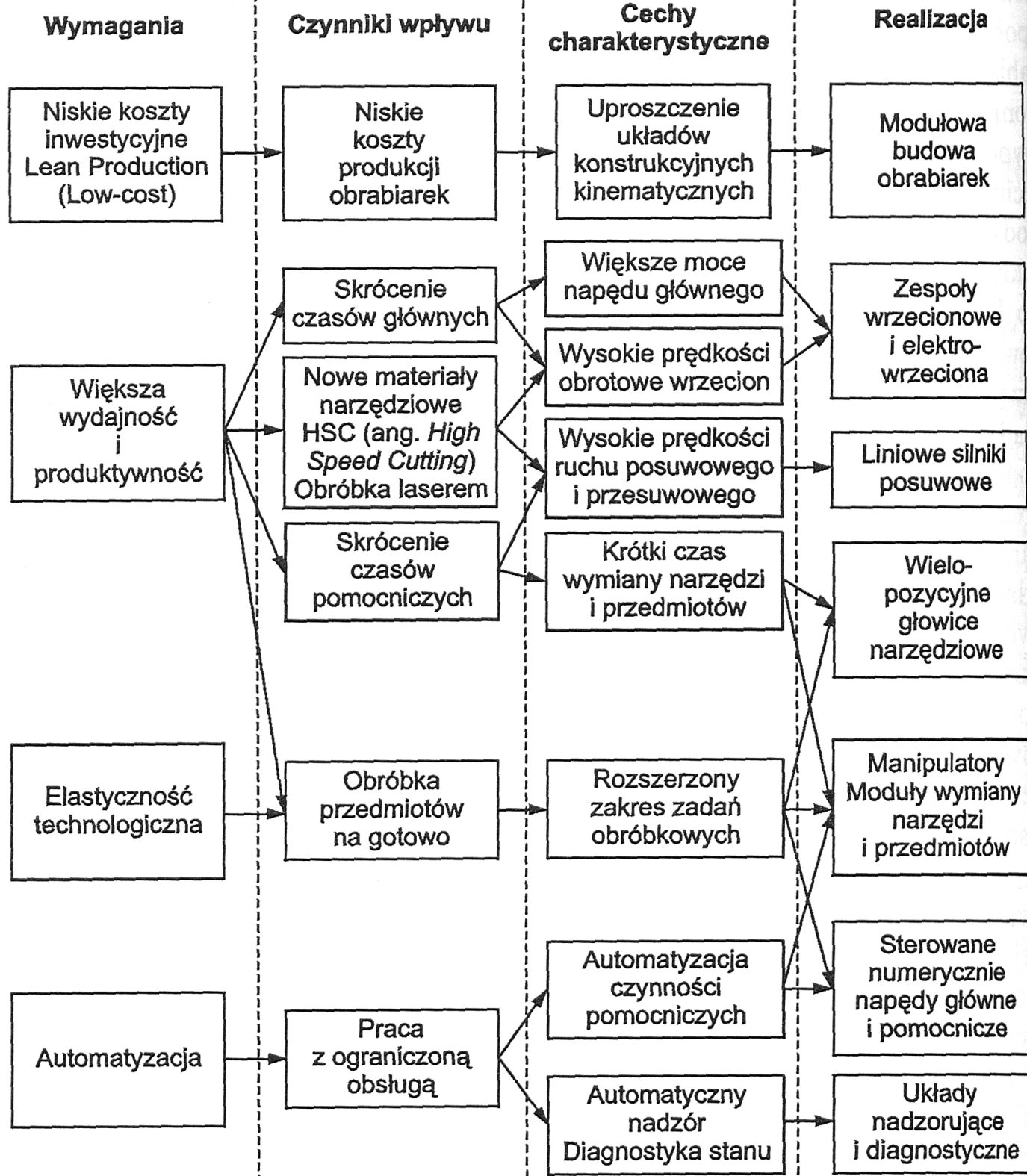


Wymagania i tendencje rozwojowe w budowie obrabiarek

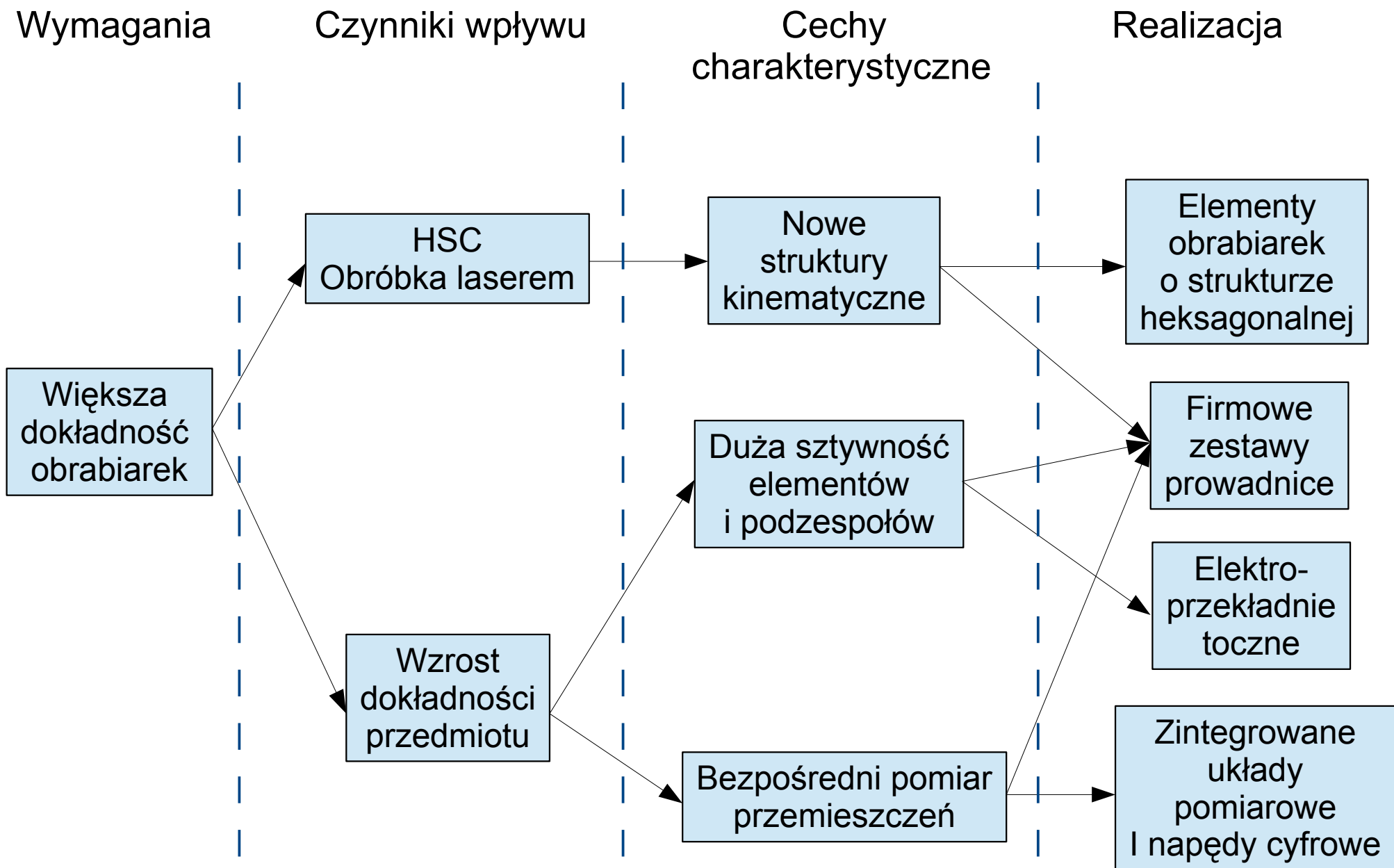
Nowoczesne i przyszłościowe obrabiarki skrawające muszą umożliwiać przemysłową realizację nowych jakościowo rozwiązań w zakresie procesów obróbki i narzędzi. Rozwój technologii wytwarzania jest obecnie określony przez dwie ogólne, w pewnym sensie przeciwstawne, tendencje:

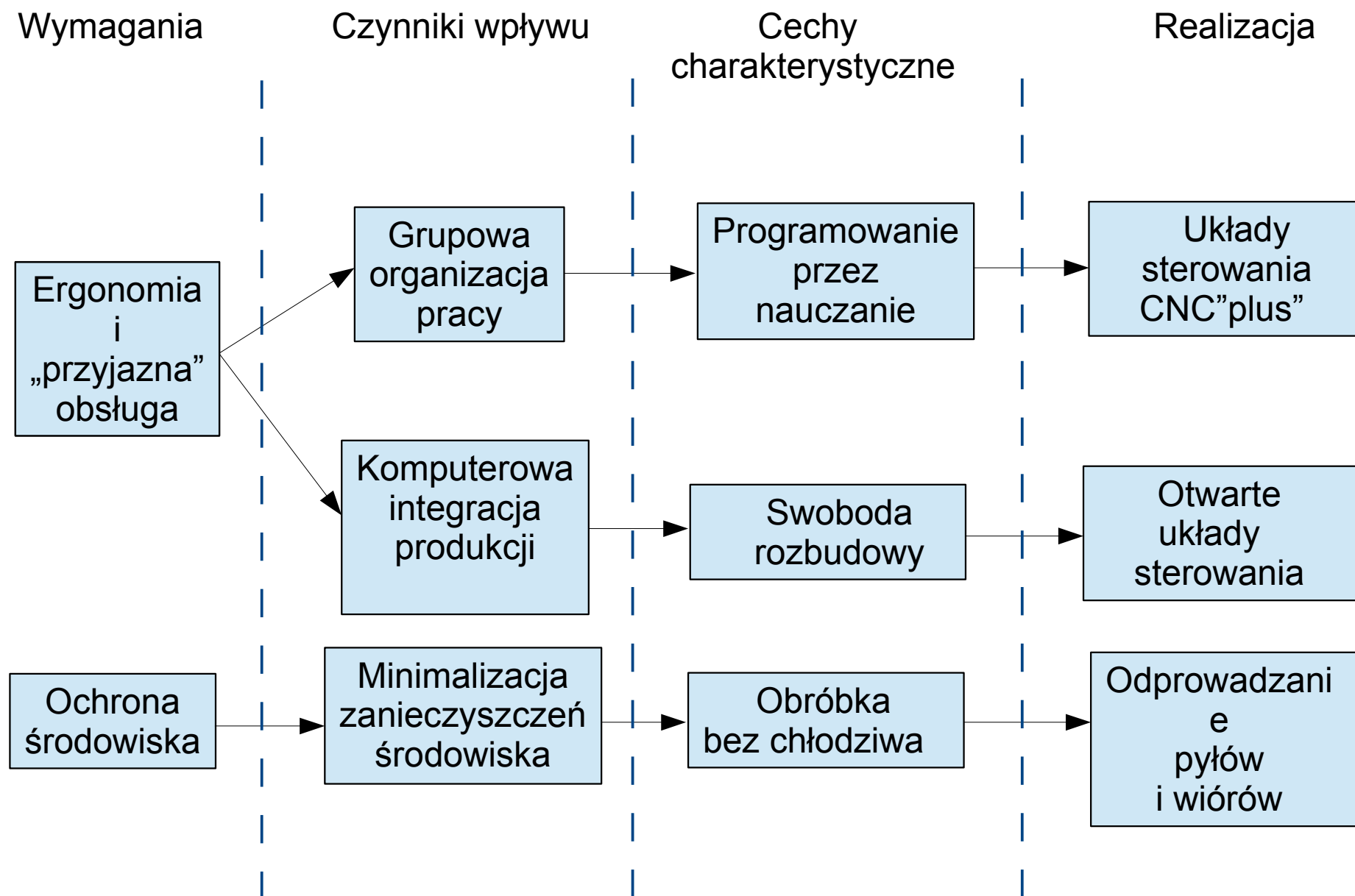
- 1. Zwiększającą się produktywność obrabiarek skrawających, dzięki ich większej wydajności przy przemysłowej eksploatacji w warunkach ekonomicznych.**
- 2. Wpływ wymagań i ograniczeń wynikających z wymogów ochrony środowiska na procesy wytwarzania (obróbki).**

Do podstawowych czynników, które mają wpływ na obecny stan obrabiarek sterowanych numerycznie i ich rozwój w przyszłości, można zaliczyć nowe jakościowo rozwiązania procesów obróbki i narzędzi.



Drzewo rozwoju współczesnych obrabiarek





Obróbka skrawaniem:

- obróbka narzędziami wykonanymi ze specjalnych materiałów narzędziowych,
- obróbka z dużymi prędkościami – HSC (High Speed Cutting),
- obróbka na sucho i ze zminimalizowanym smarowaniem,
- obróbka materiału w stanie twardym,
- obróbka kompletna (koncentracja obróbki).

Obróbka ścierna:

- wykorzystanie możliwości nowych narzędzi ściernych,
- szlifowanie wysoko wydajne – HEDG (High Efficiency Deep Grinding),
- obróbka bardzo dokładna.

Rok	Maksymalna prędkość obrotowa wrzeciona n_{\max}	Prędkość posuwu v_f	Przyspieszenie a
	obr/min	m/min	m/s ²
do 1989	4500 (3-stopniowa przekładnia)	12 ÷ 15	0,8 ÷ 1
do 1993	10 000 (2-stopniowa przekładnia)	25 ÷ 30 (śruba toczna i kompaktowe prowadnice)	1 ÷ 1,5
do 1996	25 000 (elektrowrzeciono, łożyska toczne)	↓ 40	2,5 ÷ 3
do 1998	↓ 45 000 (60 000) (elektrowrzeciono, łożyska magnetyczne)	↓ 70 (napęd bezpośredni i kompaktowe prowadnice)	10
do 2005	60 000 (100 000)	120 (napęd bezpośredni i magnetyczne łożyska liniowe aktywnie regulowane)	50

Obróbka nośnikami wysokich energii:

- obróbka elektrochemiczna,
- obróbka elektroerozyjna,
- obróbka strumieniowo-erozyjna.

Obróbka hybrydowa – rozumiana jako połączenie różnych oddziaływań (najczęściej mechanicznych, cieplnych i chemicznych) na materiał obrabiany w celu intensyfikacji procesów obróbkowych.

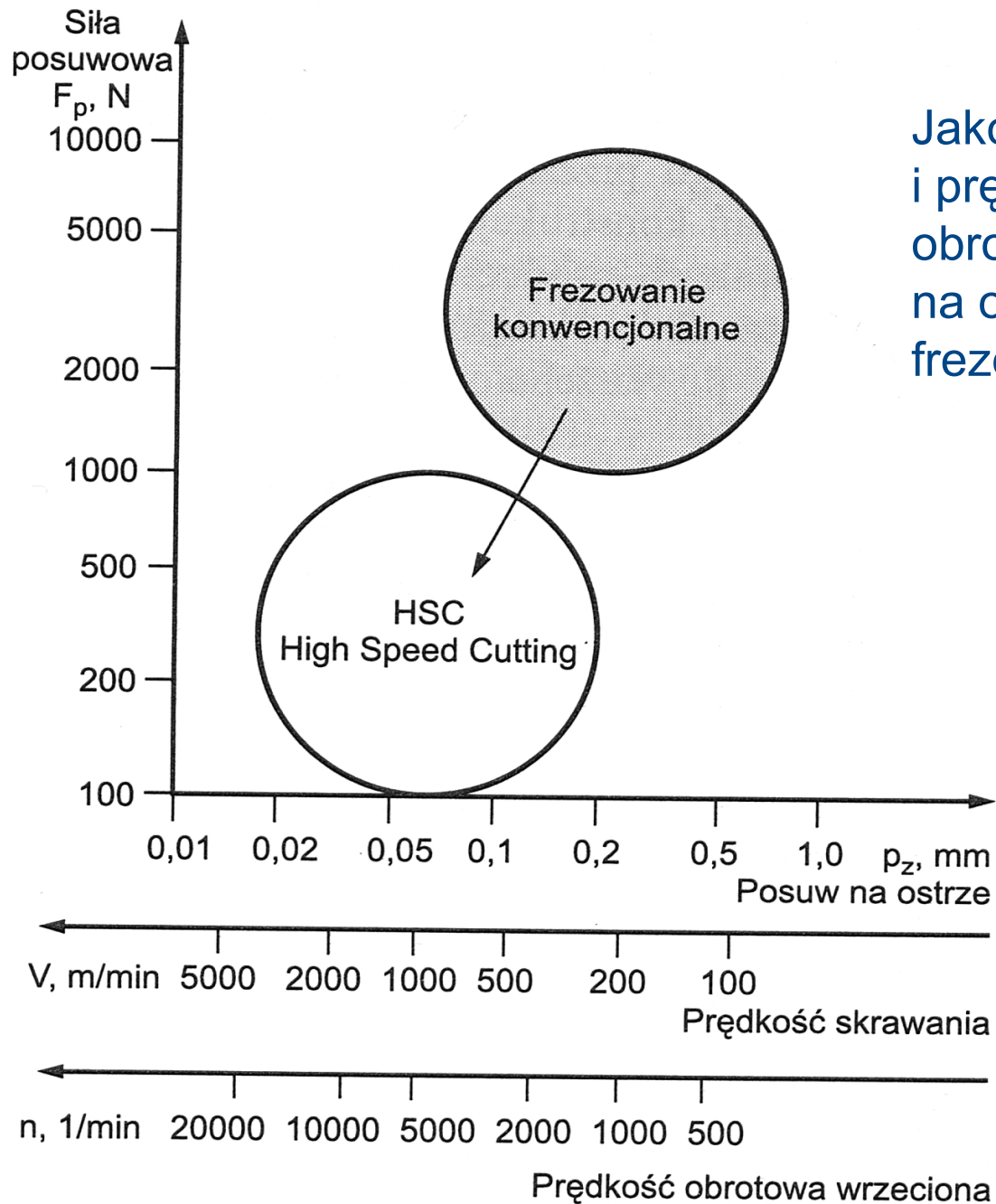
Nanoobróbka – obróbka z dokładnością rzędu nanometrów ($1\text{nm}=0,001\mu\text{m}$)

Zwiększenie prędkości skrawania powoduje:

- zmniejszenie siła skrawania (pozwała to np. na obróbkę przedmiotów cienkościennych),
- stworzenie warunków do zwiększenia prędkości posuwu, przez co możliwe jest skrócenie czasu skrawania, a tym samym zwiększenie wydajności obróbki,
- ciepło powstałe w wyniku HSC jest odprowadzane z wiórami; ze względu na niewielką kumulację ciepła w przedmiocie obrabianym poprawie ulegają właściwości warstwy wierzchniej, a także zmniejsza się zużycie narzędzia skrawającego,
- zmniejszenie chropowatości powierzchni przedmiotu obrabianego,
- wzbudzanie drgań o wielkich częstotliwościach, co wobec określonej masy układów obrabiarki daje w efekcie niewielkie amplitudy tych drgań (tzw. obróbka bezdrganiowa).

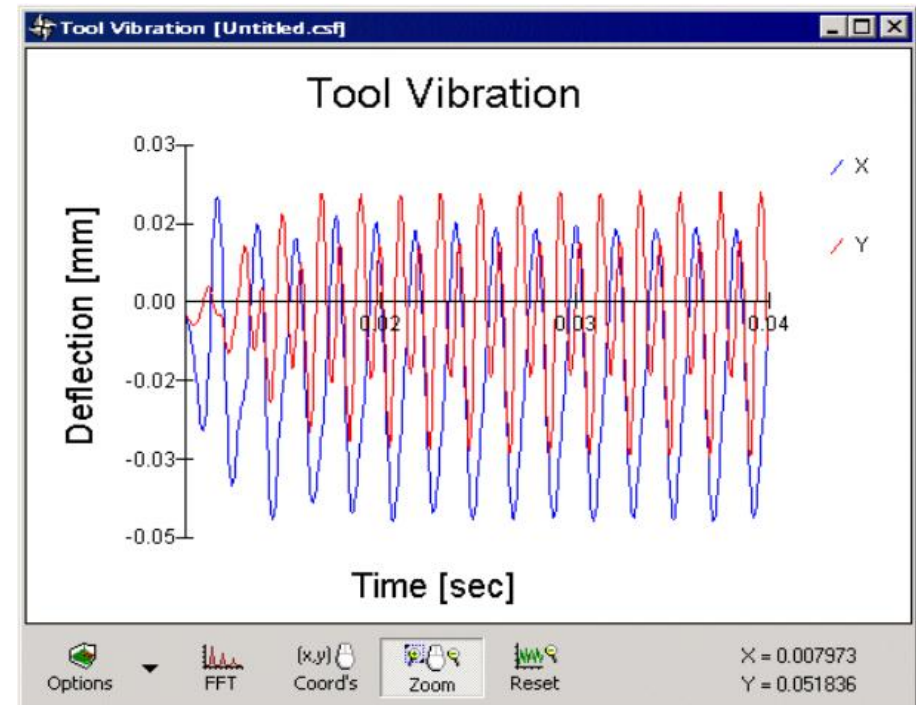
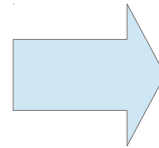
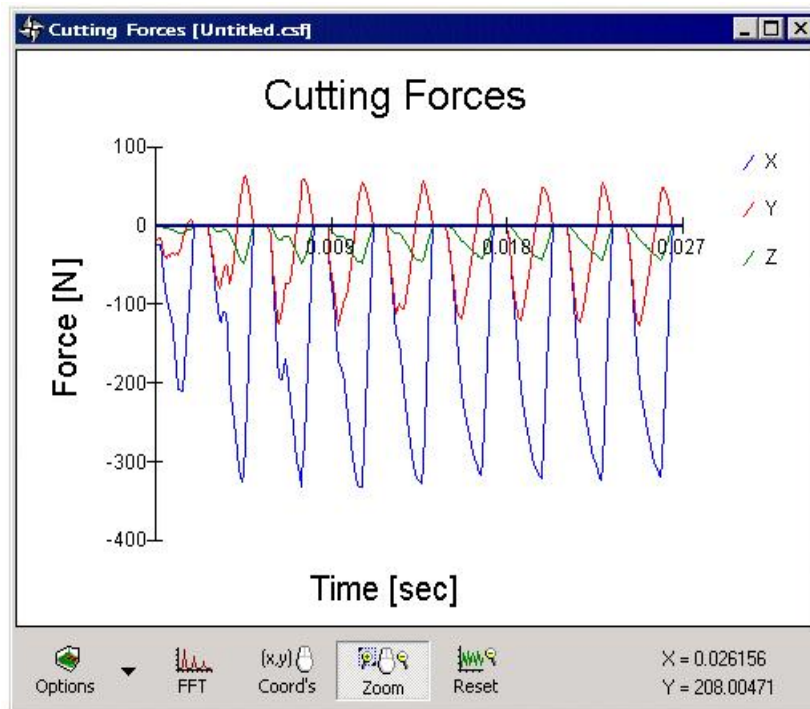
Prędkości stosowane w HSC zależą przede wszystkim od:

- rodzaju obrabianego materiału,
- użytych narzędzi skrawających,
- obrabiarki – jej układu sterowania i oprogramowania.



Jakościowa i ilościowa zmiana sił i prędkości skrawania, prędkości obrotowych wrzeciona oraz posuwu na ostrze po wprowadzeniu frezowania prędkościowego

Analiza modalna jest często stosowana w **diagnostyce maszyn**. Pozwala ona określić poprawność pracy urządzeń, zmniejszyć ryzyko nagłej awarii oraz zredukować poziom wytwarzanego **hałasu**. Ponadto umożliwia porównanie częstości wymuszeń w układzie z częstościami drgań własnych. Pokrywanie się tych wartości prowadzi do zjawiska **rezonansu**, co wiąże się z gwałtownym narastaniem **amplitudy** przemieszczeń punktów układu.

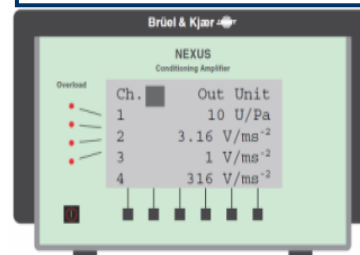




**Młotek modalny
Brüel & Kjær 8206-03**

**Akcelerometr
Brüel & Kjær 4514-001**

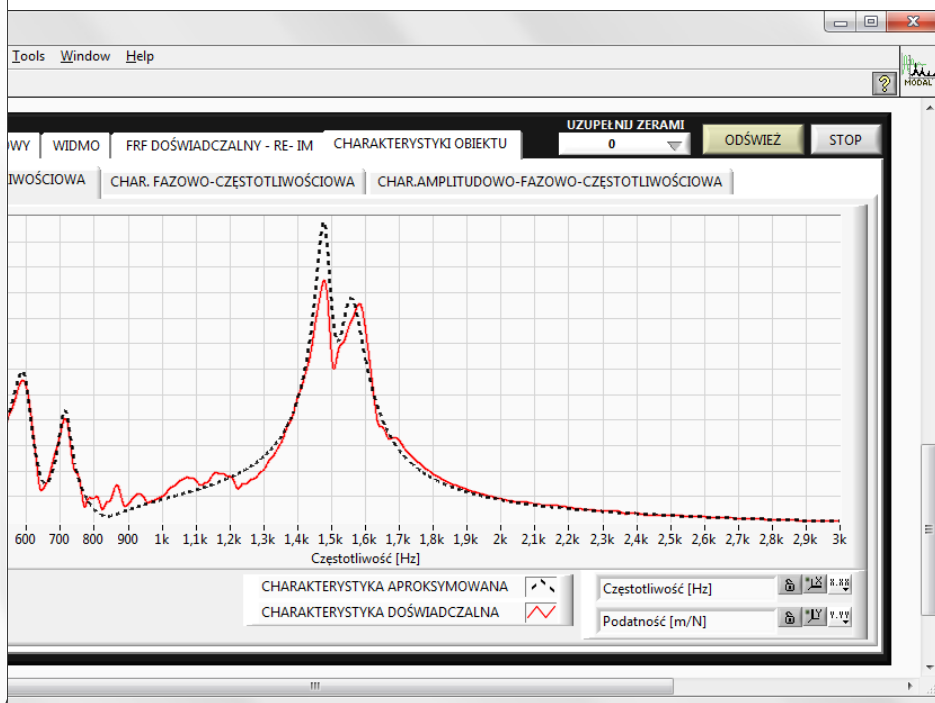
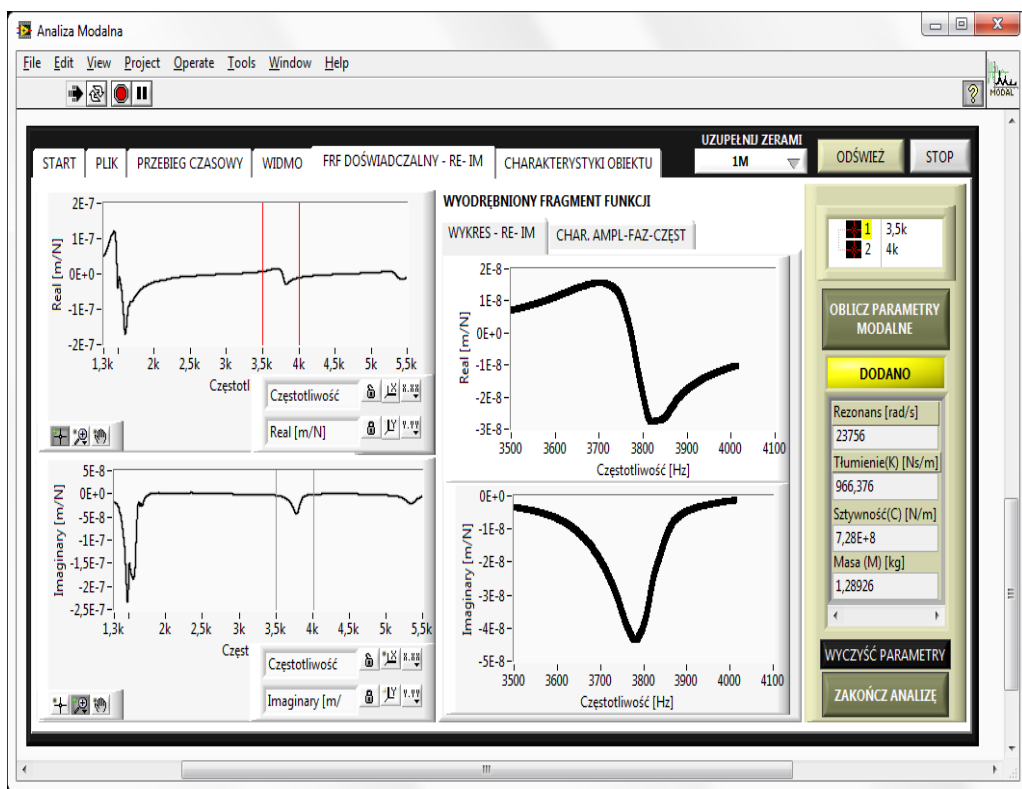
**Układ wstępnego
przygotowania
sygnału NEXUS**

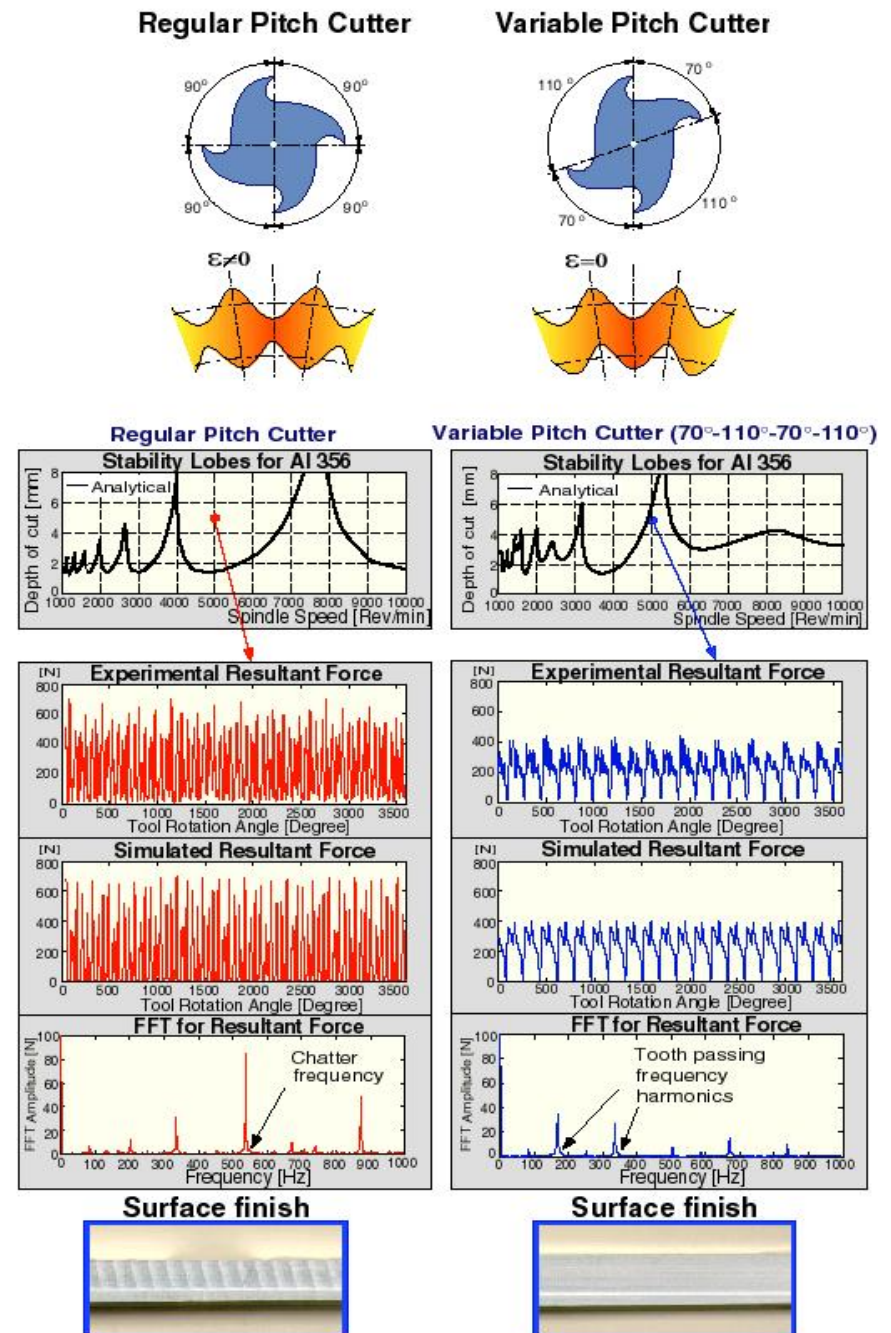
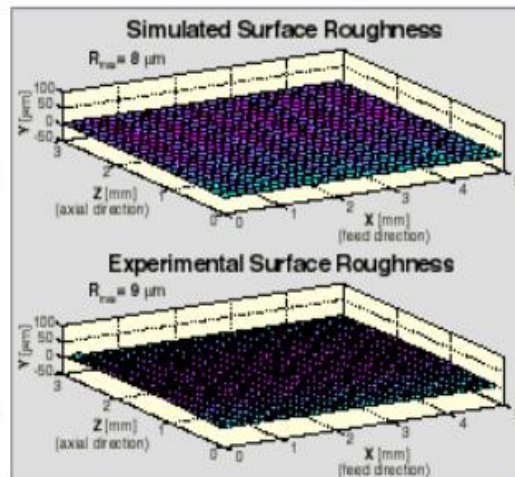
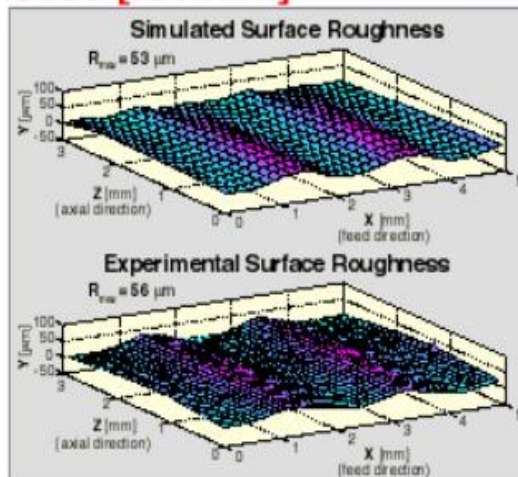
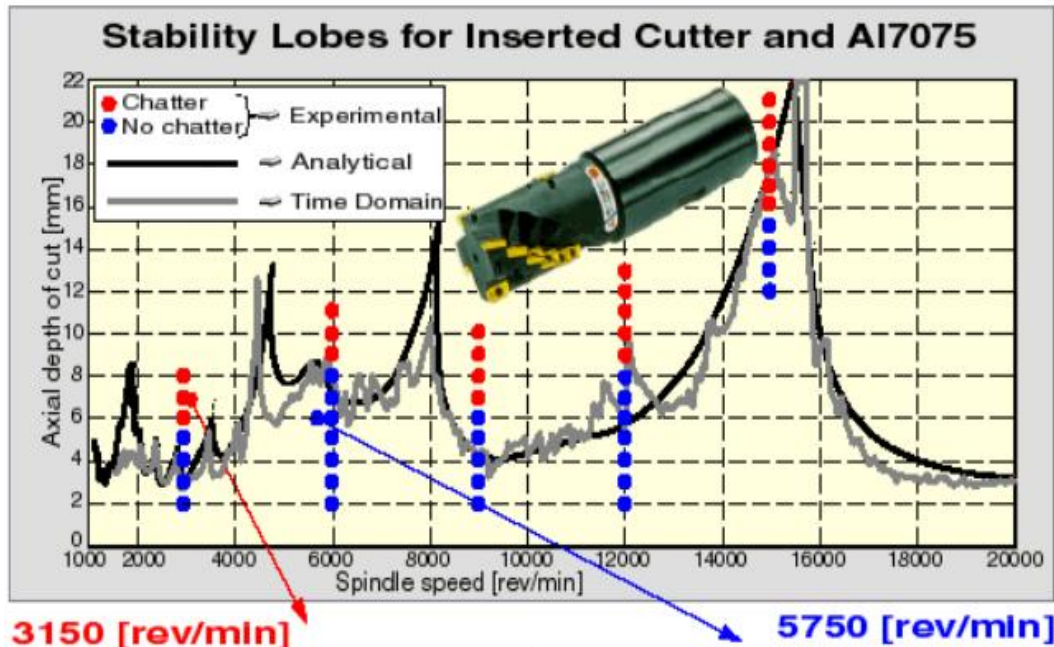


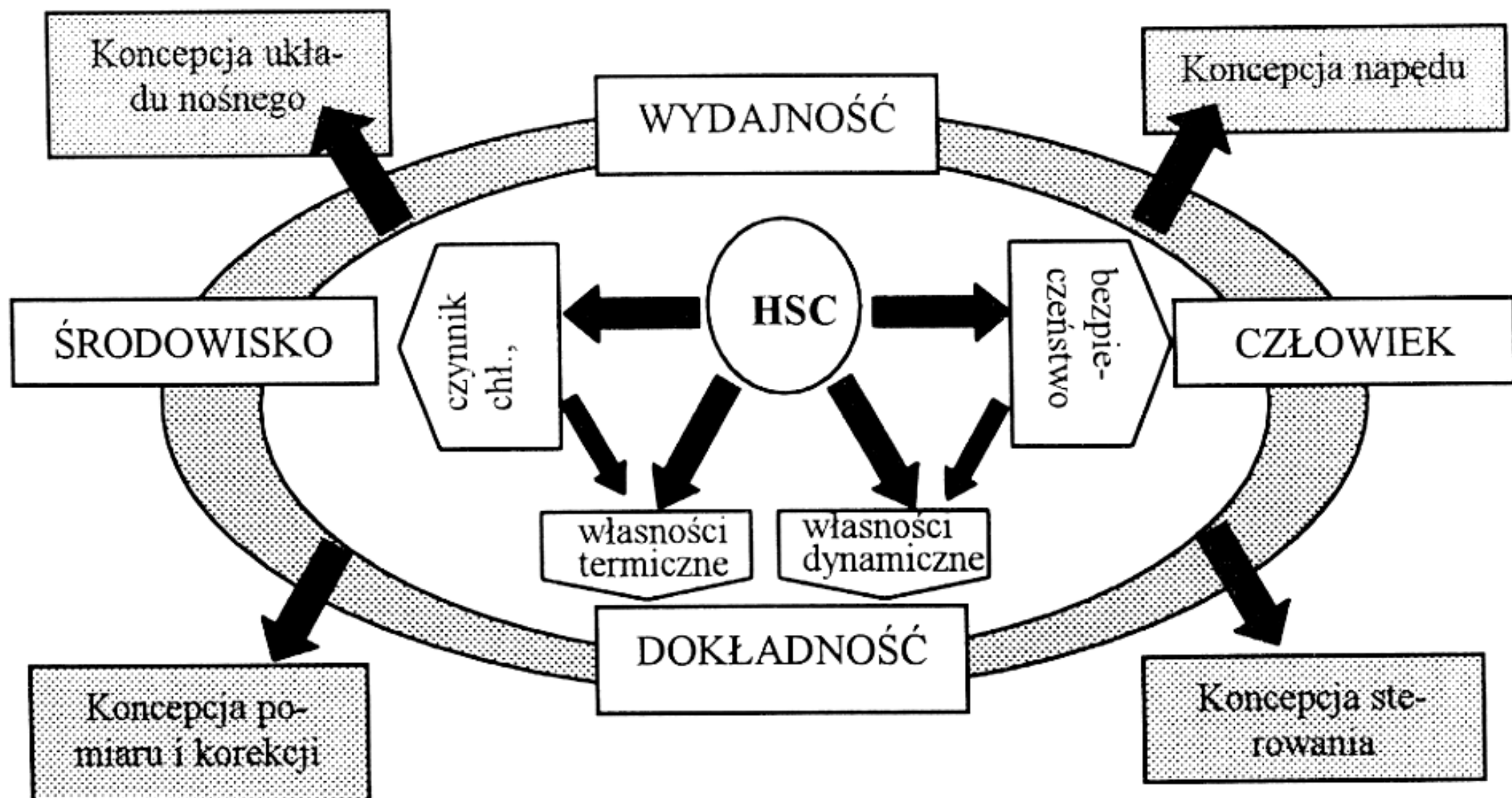
**Karta
pomiarowa
NI USB-6259**



**Komputer
(rejestrator)**

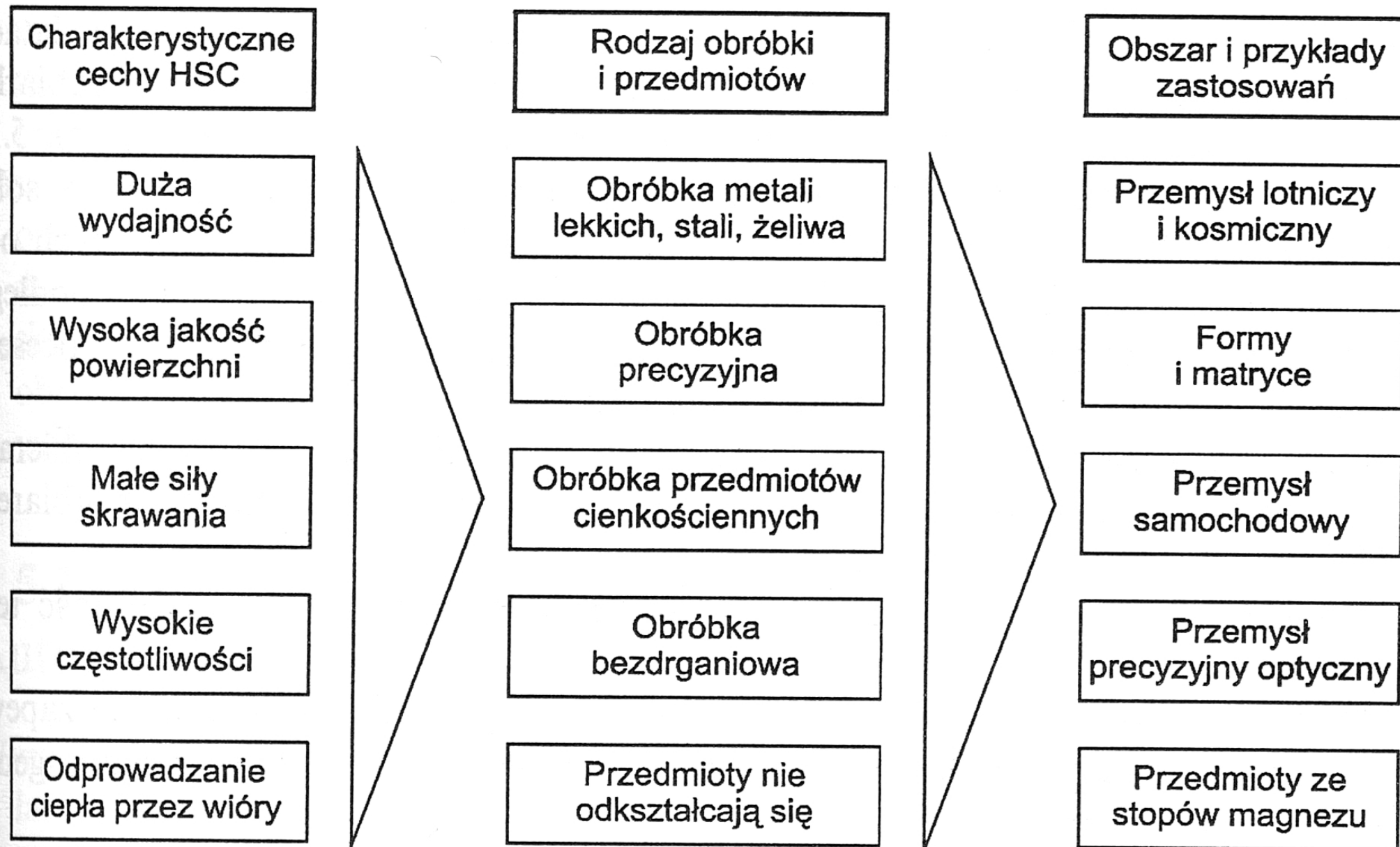






Obszary i przykłady zastosowań HSC w powiązaniu z jej charakterystycznymi cechami

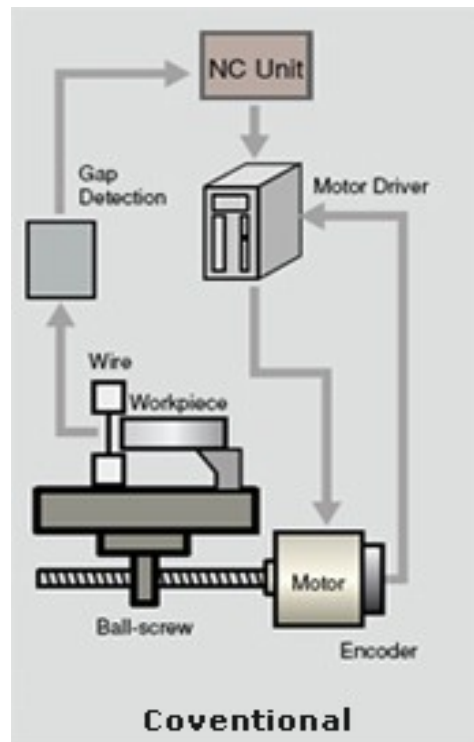
50



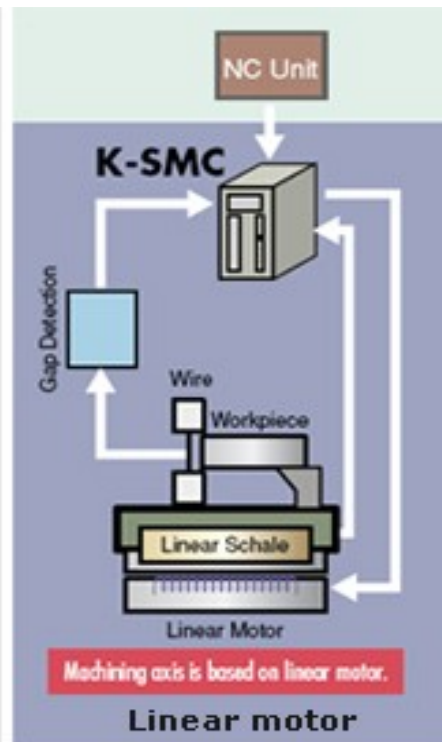
Nowa generacja materiałów konstrukcyjnych to w znacznej mierze materiały o twardości znacznie przekraczającej 32 HRC. Współczesne sposoby obróbki wiórowej powinny umożliwiać efektywne skrawanie takich materiałów, lecz z zachowaniem określonych warunków. Warunki te wynikają z obróbki zwanej MHM (*machining of hard materials*), czyli obróbki skrawaniem materiałów w stanie twardym, a więc takich, które w konwencjonalnej technologii były obrabiane metodami obróbki ścierniej. Użycie obróbki wiórowej do materiałów twardych jest podyktowane przede wszystkim zmniejszeniem kosztów wykonania części, co uzyskuje się przez koncentrację technologiczną operacji (obróbka kompletna).

Obróbka wiórowa materiałów w stanie twardym wymaga:

- zastosowania narzędzi z płytkami z materiałów supertwardych,
- doboru warunków obróbki odpowiednich do mechanizmu skrawania materiałów w stanie twardym.

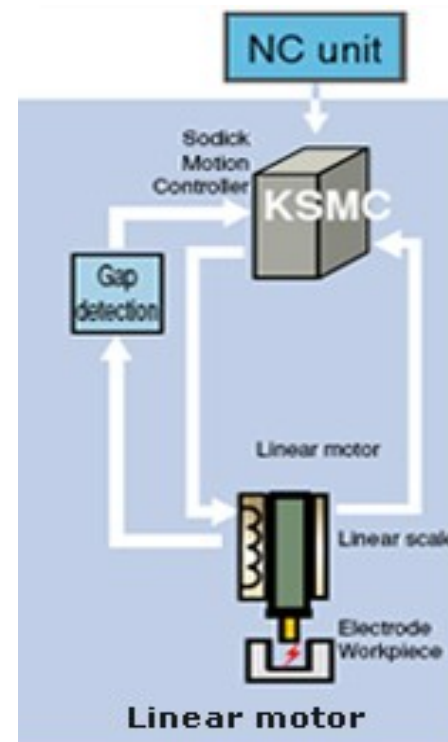


Coventional

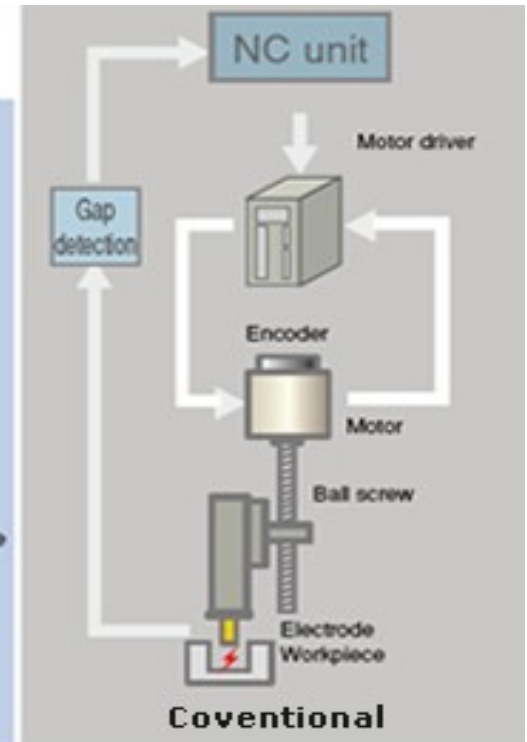


Linear motor

Wire-cut

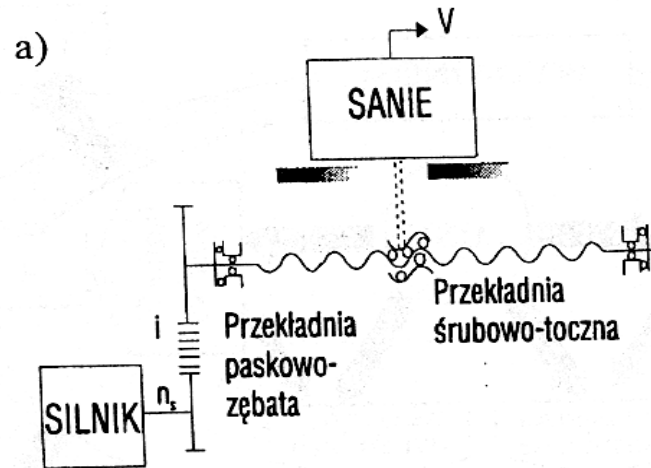


Linear motor

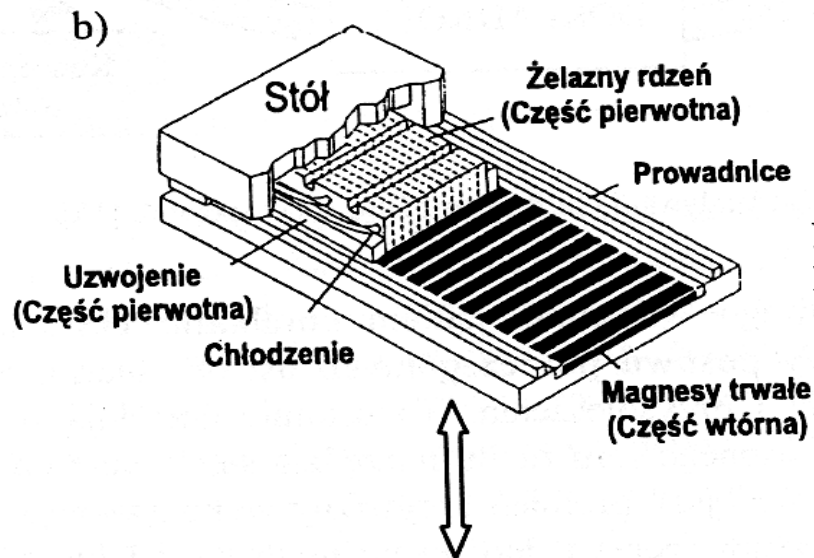


Coventional

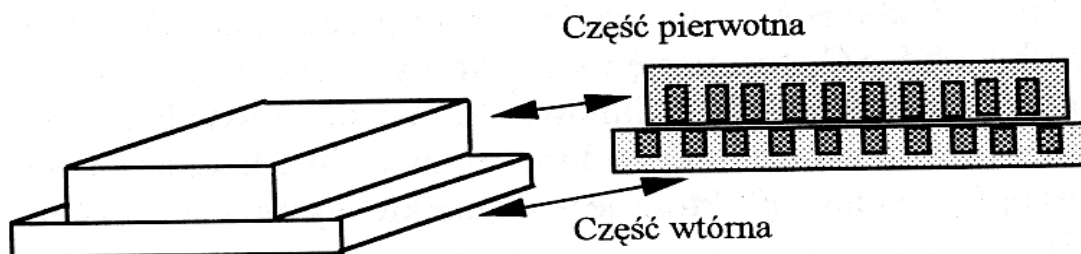
Die-sinker



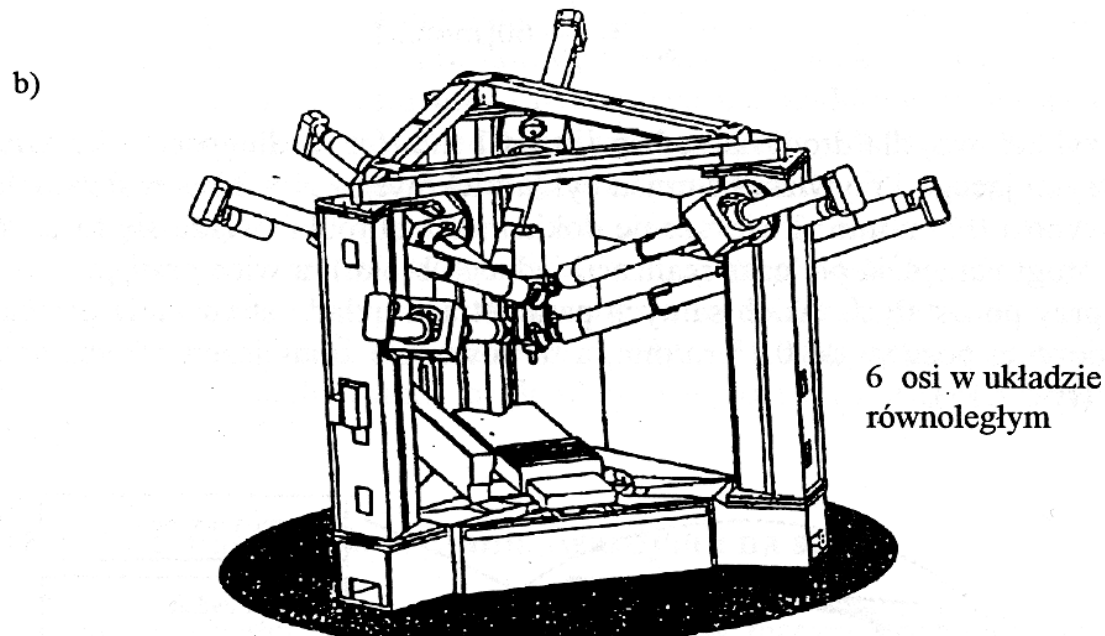
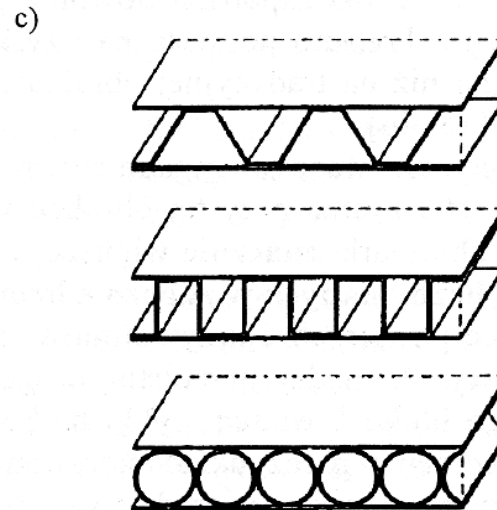
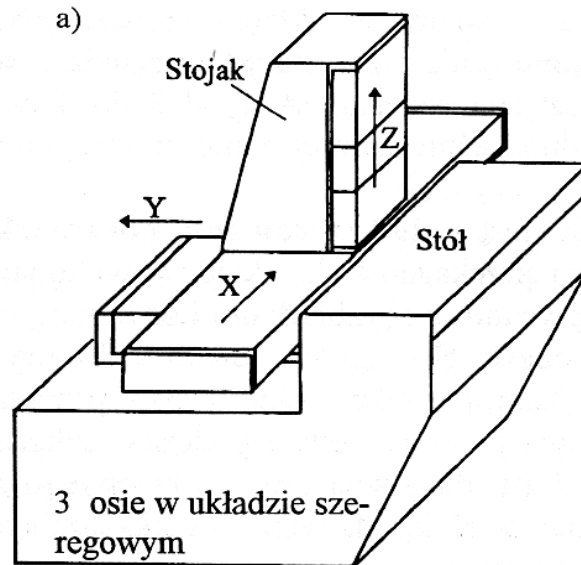
Napęd posuwowy z silnikiem obrotowym i śrubą toczną



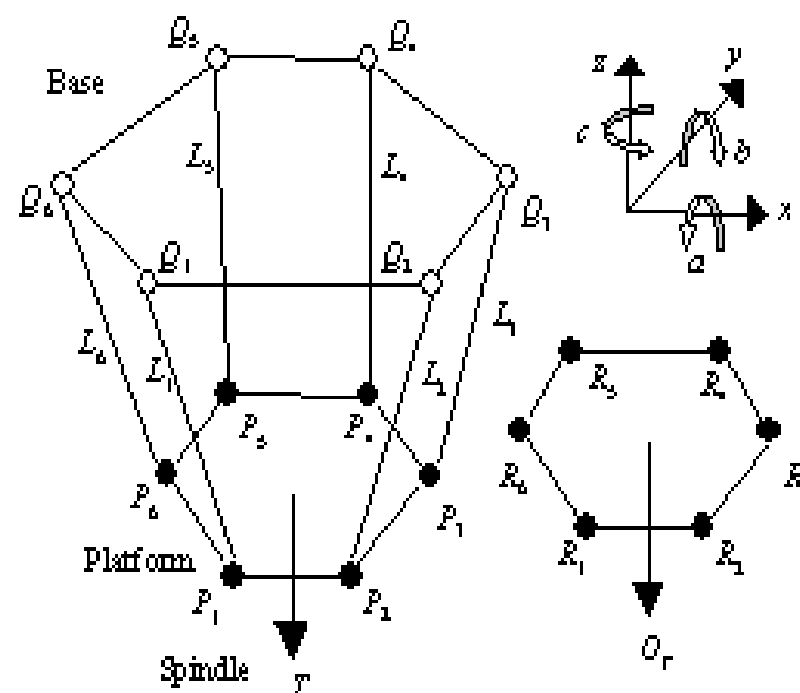
Napęd posuwowy silnikiem liniowym synchronicznym



Charakterystyka napędu	Śruba toczna	Silnik liniowy
Dokładność pozycjonowania [μm]	1,0	0,1
Prędkość ruchu [m/min]	30-60	200
Przyśpieszenie [m/s^2]	od 5 do 10	od 20 do 100
Niezawodność [h]	6000 - 10000	50000
Maksymalna siła [N]	26700	9000 N/zwój



a) szeregową, b) równoległą, c) przykład konstrukcji waflowej stołu obrabiarki.



Cechy konstrukcyjne i eksploatacyjne maszyn o strukturze hexapod:

Błąd pozycjonowania w jednej parze kinematycznej ma wpływ na dokładność pozycjonowania we wszystkich kierunkach,

Przemieszczenie narzędzia wymaga sterowania sześcioma osiami jednocześnie, wymagana duża moc obliczeniowa,

Poszczególne „osie NC” obciążone są siłami osiowymi (brak zginania) co powoduje znaczącą poprawę sztywności (5 -10x),

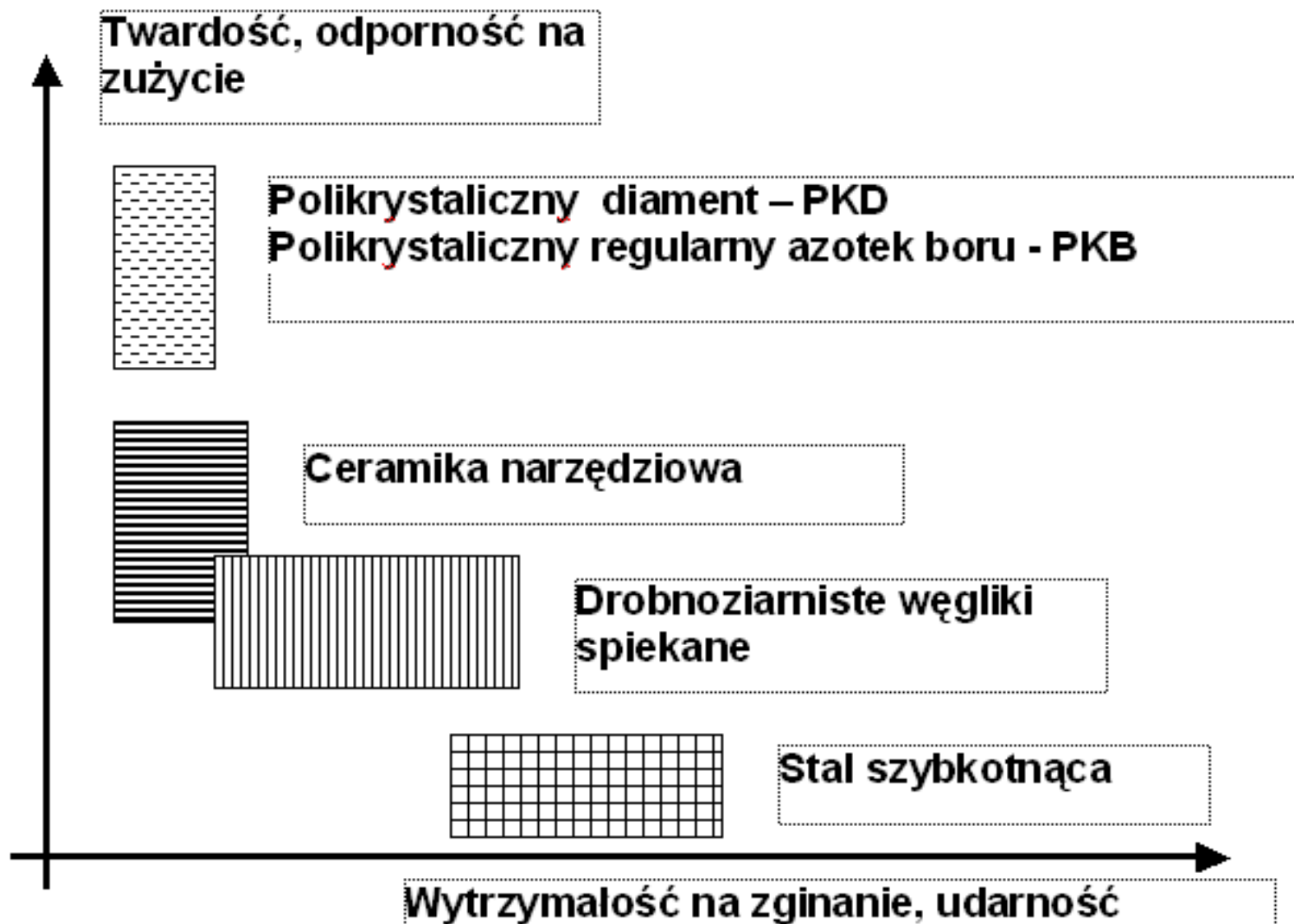
Równoległa struktura prętowa eliminuje niekorzystny skutek struktury szeregowej- sumowanie błędów pozycjonowania,

Silniki posuwowe obciążone są masami bezwładności tylko jednej osi,co oznacza, że warunki obciążenia każdej z osi są podobne i znacznie mniejsze niż w strukturze szeregowej, szybkość działania (2-4x),

Możliwość obróbki przedmiotu z każdej strony bez stołu obrotowego,

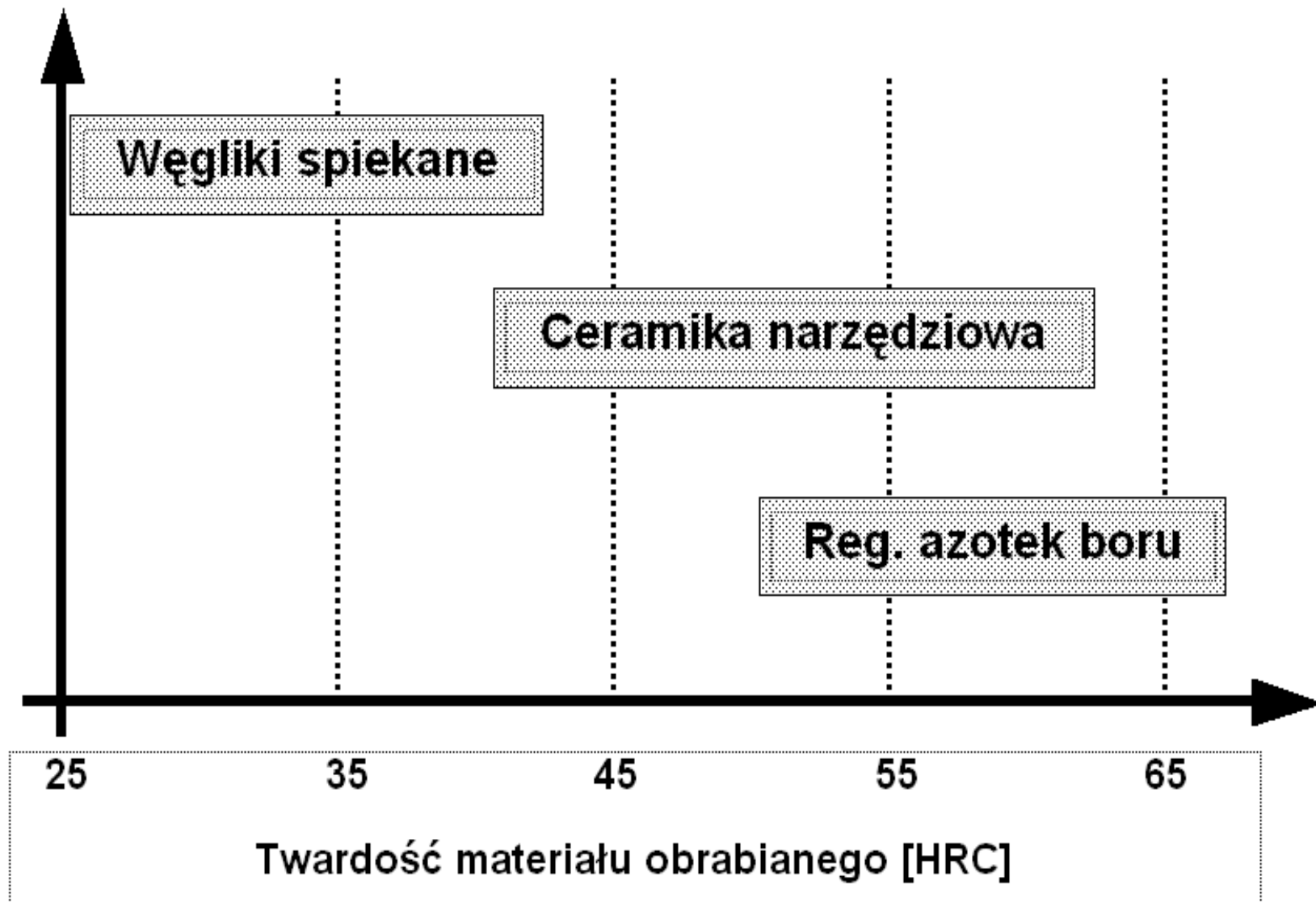
- Droбноziarniste węgliki spiekane niepokrywane, stosowane w tym stanie przede wszystkim do obróbki aluminium z dużymi prędkościami. Do obróbki stali wykorzystuje się płytki z węglików spiekanych pokryte różnymi warstwami.
- Materiały ceramiczne, w tym ceramikę kompozytową (np. cermetale) i ceramikę narzędziową. Współczesna ceramika narzędziowa to ceramika tlenkowa, oparta głównie na tlenku aluminium, oraz ceramika azotkowa (beztlenkowa), bazująca na azotku krzemu Si_3N_4 .
- Materiały supertwarde, do których należy regularny azotek boru i diament polikrystaliczny.

Ogólna charakterystyka materiałów narzędziowych technologii



NOWOCZESNE MATERIAŁY NARZĘDZIOWE

twardych



TRANSPORT PRZEDMIOTÓW OBRABIANYCH I NARZĘDZI

DEFINICJE I FUNKCJE PODSYSTEMU PRZEPŁYWU MATERIAŁÓW

Podsystem przepływu materiałów z definicji warunkuje istnienie systemu wytwarzania. W ramach tego podsystemu można wyodrębnić w ujęciu funkcjonalnym trzy inne podsystemy:

- transportu,
- składowania czyli magazynowania,
- manipulacji.

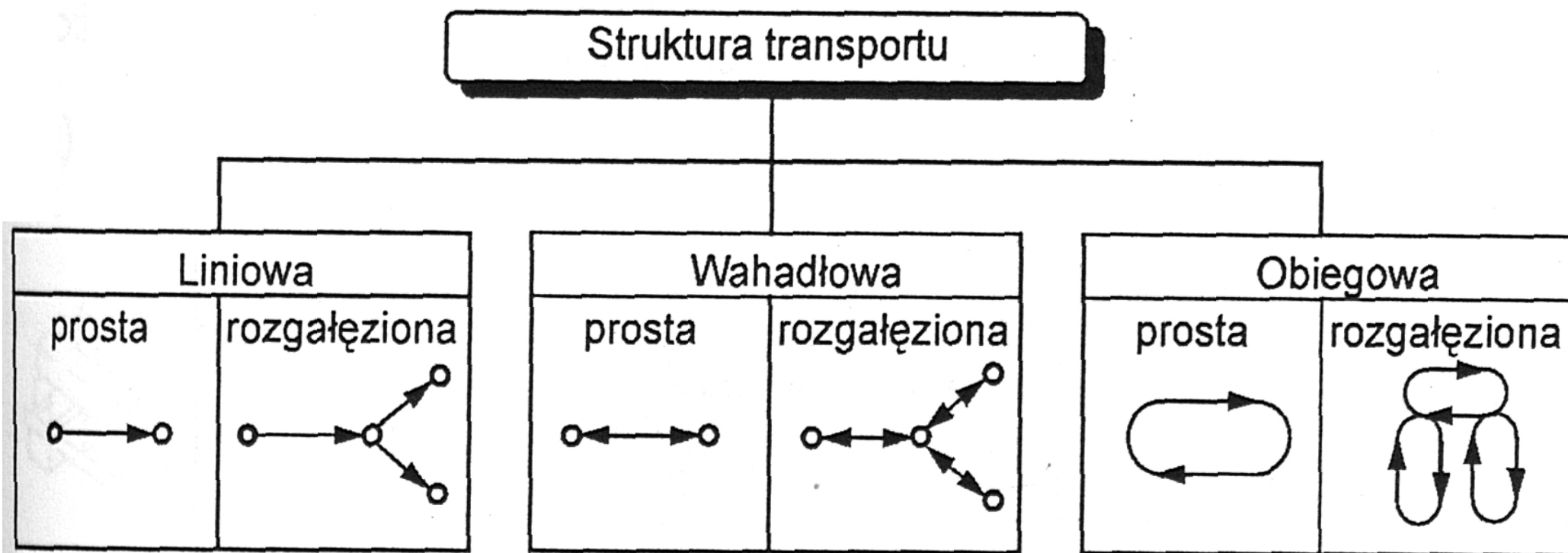
TRANSPORT służy do zmiany położenia (miejsca), czyli do przemieszczania przedmiotów, narzędzi, pomocy warsztatowych. Przemieszczanie może odbywać się między centralnym magazynem a stanowiskami obróbczymi, między magazynami lub między poszczególnymi stanowiskami wytwórczymi.

SKŁADOWANIE (magazynowanie) to tworzenie zapasu przedmiotów obrabianych i narzędzi, potrzebnych do właściwej pracy systemu wytwarzania. Pod tym pojęciem rozumie się też powodowanie przerw w przepływie przedmiotów, zapewniających wyrównanie nierytmiczności pracy (awarie), a również różnic w czasach obróbki na poszczególnych stanowiskach.

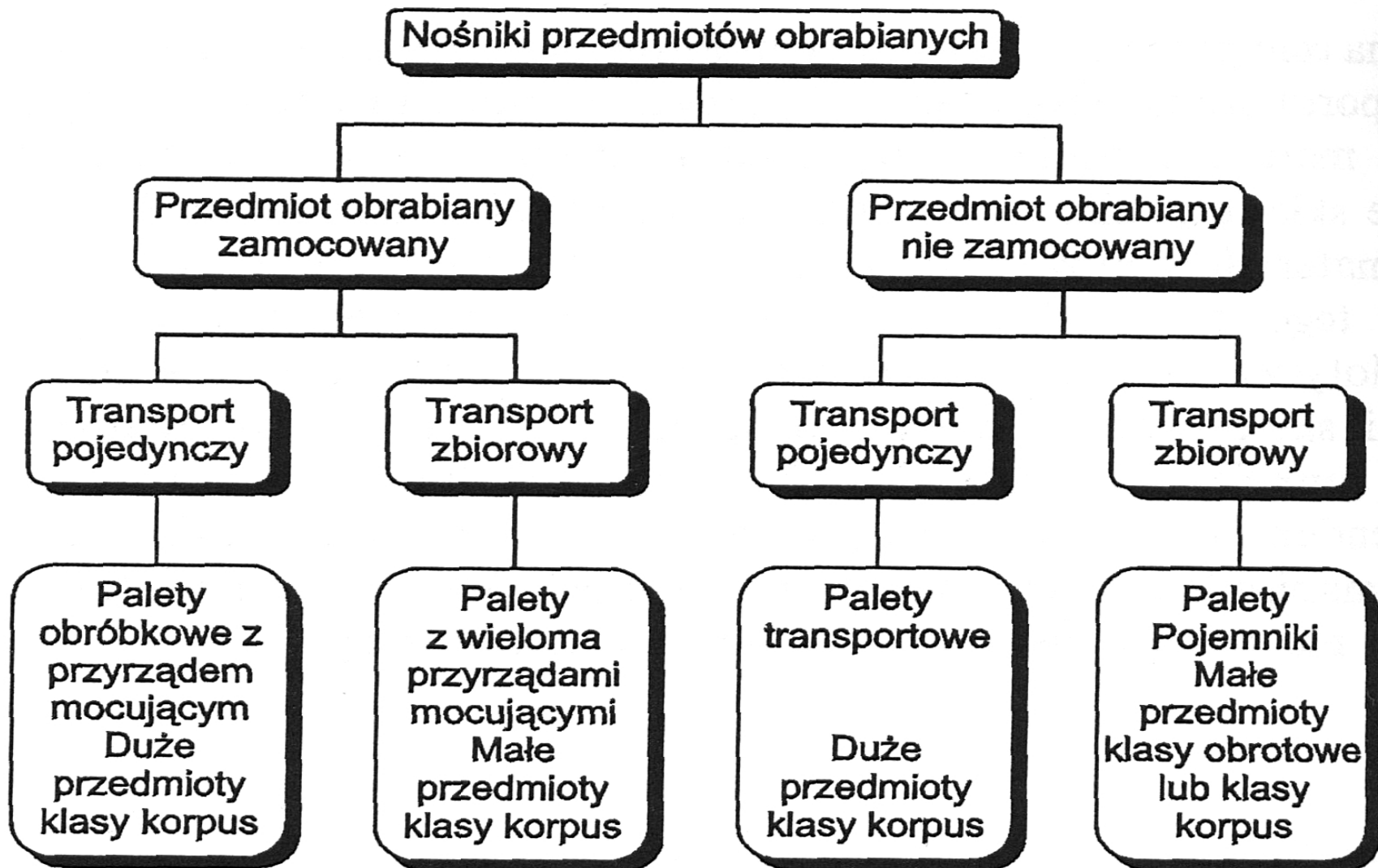
MANIPULACJA to przemieszczanie przedmiotów obrabianych lub narzędzi z dodatkowym zmienianiem ich orientacji. Manipulacja ma na celu przemieszczanie przedmiotów lub narzędzi z magazynów na środki transportu oraz ze środków transportu na obrabiarki; czasami w wyniku manipulacji materiały trafiają bezpośrednio z magazynu na obrabiarkę.

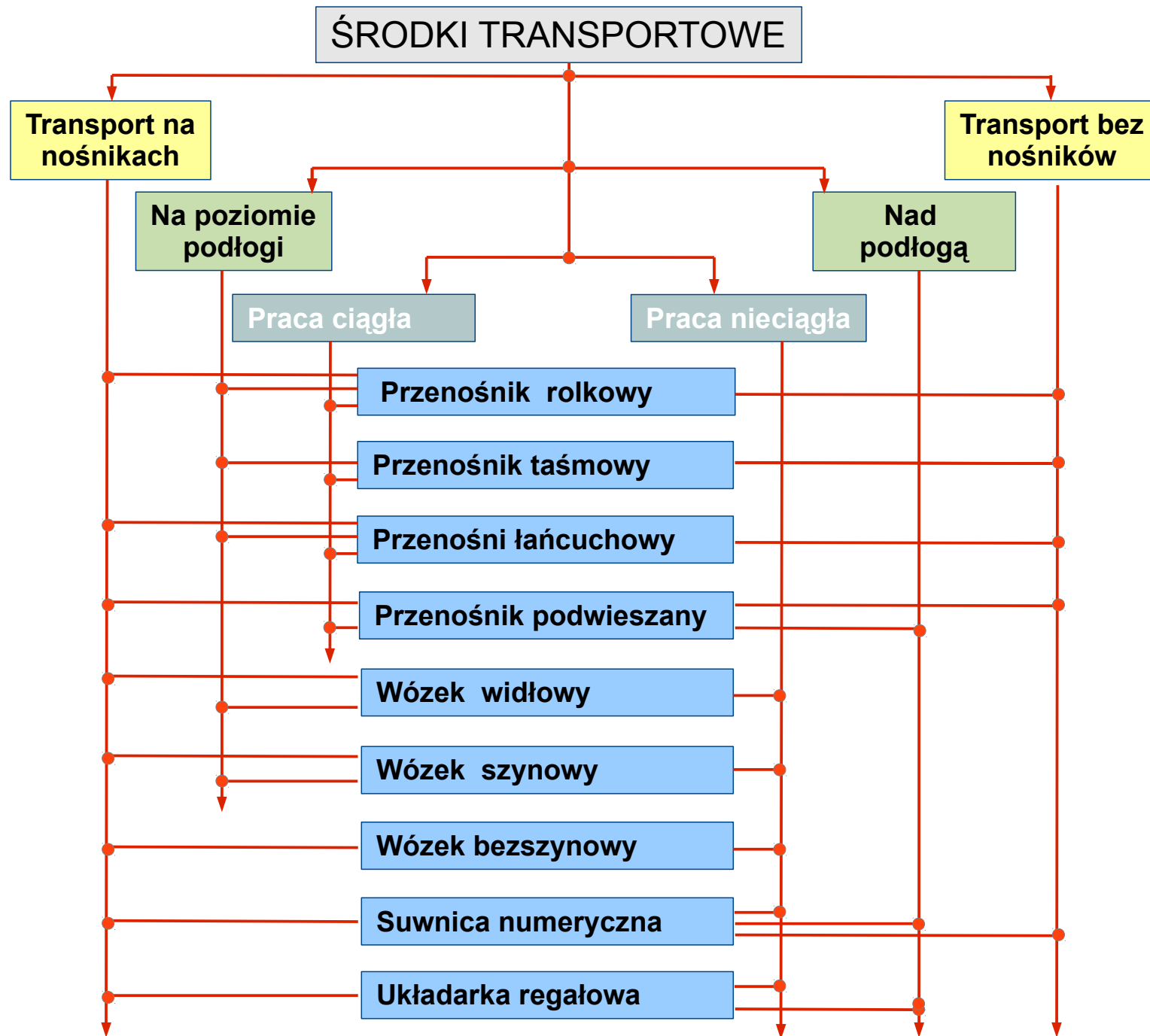
STOSOWANE SĄ TRZY STRUKTURY UKŁADU TRANSPORTU:

- liniowa,
- wahadłowa,
- obiegowa.



KLASYFIKACJA ZE WZGLĘDU NA OBECNOŚĆ NOŚNIKA PRZEDMIOTÓW.





W elastycznych systemach wytwarzania wyroby są transportowane na dwóch rodzajach palet.

1. Palety stosowane na wejściu i wyjściu z systemu, zwane **paletami transportowymi**. Są to palety znormalizowane lub specjalne, używane do transportu materiałów, przygotówek i wyrobów gotowych. Palety tego rodzaju nie zawsze są przystosowane do operowania nimi wewnątrz systemu wytwarzania.
2. **Palety przedmiotowe**, zwane też obróbkowymi lub paletami do obrabiarek. Mogą to być palety znormalizowane lub też konstruowane specjalnie z możliwością zastosowania tylko w określonym systemie produkcyjnym.

PRZYKŁADOWE CHARAKTERYSTYKI PALET TRANSPORTOWYCH UJĘTE W POLSKICH NORMACH

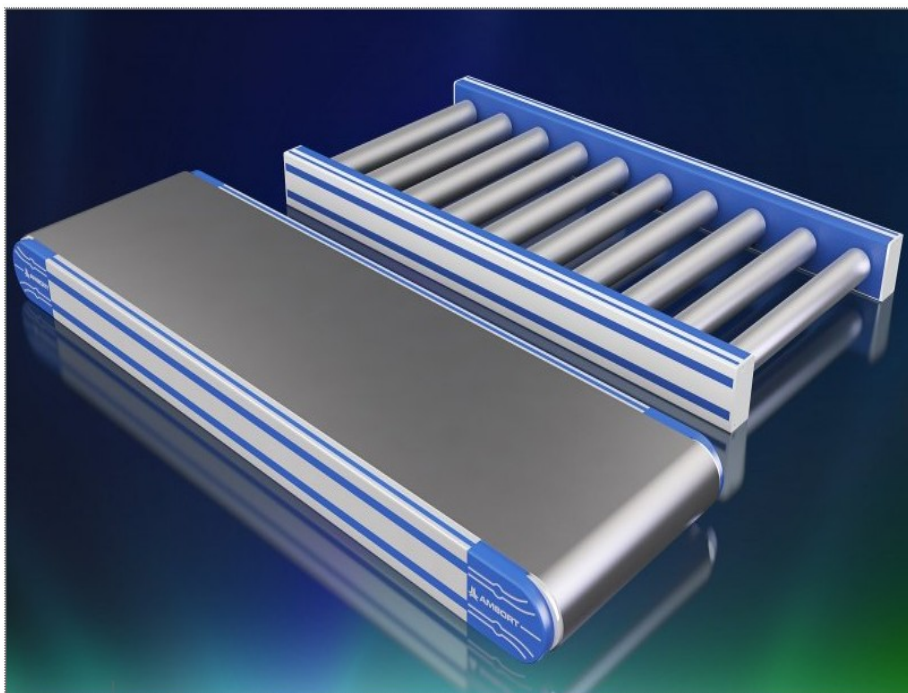
Typ palety	Nr PN	Wymiary, mm			Masa kg	Nośność kg
		długość	szerokość	wysokość		
Paleta ładunkowa skrzyniowa metalowa	78211	800	600	600	50	200
				800	70	560
		1200	800	450	70	560
				600	100	900
				970	100	900
		1200	1000	800	100	900
Paleta skrzyniowa metalowa	78232	1200	800	600	70	560
				970	100	900
Paleta ładunkowa słupkowa metalowa		1200	800	600	70	560
				970	100	900

KLASYFIKACJA ZE WZGLĘDU NA RODZAJ ŚRODKÓW TRANSPORTOWYCH

Występują obecnie trzy grupy wyspecjalizowanych układów transportu p.o.:

- przenośniki (rolkowe, taśmowe, łańcuchowe i podwieszone obiegowe),
- wózki (widłowe, szynowe i bezszynowe),
- suwnice (w tym również układarki regałowe i suwnice sterowane numerycznie).





Przenośnik rolkowy, taśmowy



Wózek elektryczny

WÓZEK BRAMOWY, RAMOWY



Obie strony wózka służą do załadowywania i rozładowywania

WÓZEK WIDŁOWY - hybryda



W cyklu roboczym, RX 70 potrzebuje 2 litry oleju napędowego na godzinę - jest tym samym najbardziej ekonomicznym wózkiem widłowym w swojej klasie. Wyposażony został w program oszczędzania energii Blue-Q.

Kierunki rozwoju w obszarze automatycznej wymiany przedmiotów na obrabiarkach, a mianowicie:

obracarki samoobsługujące się,
zrobotyzowane, autonomiczne stacje obróbkowe.

W chwili obecnej przeważają rozwiązania z zastosowaniem robota przegubowego, bazujące na wymianie małych palet z zamocowanymi na nich przedmiotami

Ustalanie i mocowanie palet zwykle oparte jest na systemie mocowań z tzw. punktem zerowym (Zero Point Clamping System). Ich istota jest bardzo dokładne ustalanie i mocowanie za pomocą trzpienia mocująco-pozycjonującego i płyty modułowej. W trzpienie mocujące wyposaża się palety lub uchwyty. Siła mocująca pochodzi od stosu umieszczonych w płycie sprężyn talerzowych, które wywierają nacisk na kulki będące w kontakcie z trzpieniem. Odmocowanie wymaga zasilenia sprężyn powietrzem lub olejem hydraulicznym pod wpływem których następuje cofnięcie się kulek i odblokowanie trzpienia.

CHARAKTERYSTYKA PALET PRZEDMIOTOWYCH OFEROWANYCH PRZEZ RÓŻNE FIRMY

Firma	Wymiary palet prostokątnych [mm]	Średnice palet okrągłych [mm]	Maksymalna masa przedmiotu [kg]	Dokładność pozycjonowania [mm]
Erowa	320 × 320	–	250	0,002
	–	115	50	0,002
	–	148	100	0,002
Hirschmann	88 × 88	–	50	0,002
	320 × 320	–	250	0,002
System 3R	54 × 54	45	5	0,005
	400 × 400	185	250	0,005



CHIRON FLEXCELL

Robot:

- udźwig maks. 5,0 kg
- powtarzalność pozycjonowania $\pm 0,20$ mm
- promień działania maks. 704 mm

Regalowy magazyn palet:

- wymiary palet ($L \times B \times H$) 400 × 300 mm
- liczba palet 12

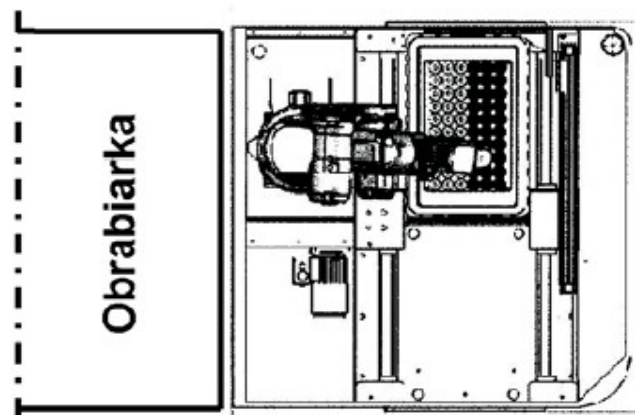
Autonomiczna stacja CHIRON FLEXCELL

Charakterystyka modułów MPC 80 firmy Chiron i PH 150 I 8 firmy DMG

	Jedn.	MPC 80 firmy Chiron			PH 150 I 8 firmy DMG
Wymiary palet	mm	Ø 150	220×220	320×320	320×320
Wysokość palet	mm	150	200	250	
Maks. masa palety	kg	20	40	80	150
Pojemność magazynu (liczba palet)		12	11	10	8
Możliwość zwiększenia liczby palet		60	22	16	
Czas wymiany palety	s	7,0	8,0	10,0	

Charakterystyka modułów firmy DMG przeznaczonych do współpracy z tokarkami

WH 3



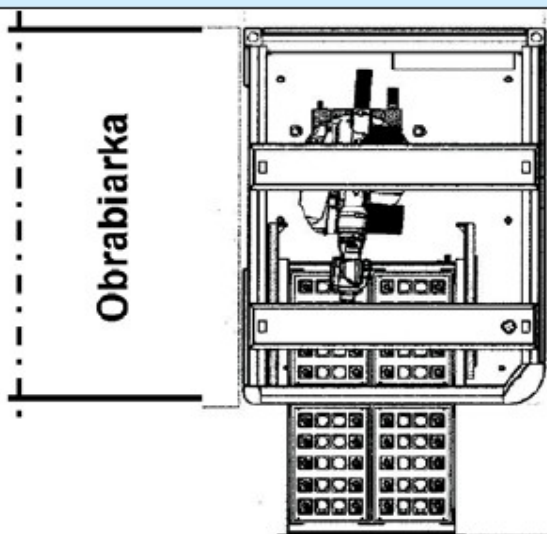
Robot:

- udźwig, maks. 3,0 kg
- powtarzalność pozycjonowania $\pm 0,04$ mm
- promień działania maks. 859 mm

Szufladowy magazyn przedmiotów:

- wymiary szuflady 600 × 400 mm
- liczba szuflad (palet):
przy h przedmiotów 60 mm 15
- przy h przedmiotów 120 mm 8
- czas wymiany przedmiotu ok. 6 s

WH 10 (top)



Robot:

- udźwig maks. 10,0 kg
top maks. 20,0 kg
- powtarzalność pozycjonowania $\pm 0,10$ mm
- promień działania maks. 1610 mm
top maks. 2017 mm

Magazyn przedmiotów na przesuwanych paletach:

- wymiary palety przedmiotowej 600 × 800 mm
- liczba palet 2
- wysokość przedmiotów maks. 100 mm
- wymiary przedmiotów maks. $\varnothing 65 \times 400$ mm

Wrzeciennik może przemieścić się poza obszar obróbkowy i pobrać/ oddać przedmioty z/do magazynu znajdującego się przy obrabiarce; uchwyt tokarski pełni wówczas rolę Chwybaka.

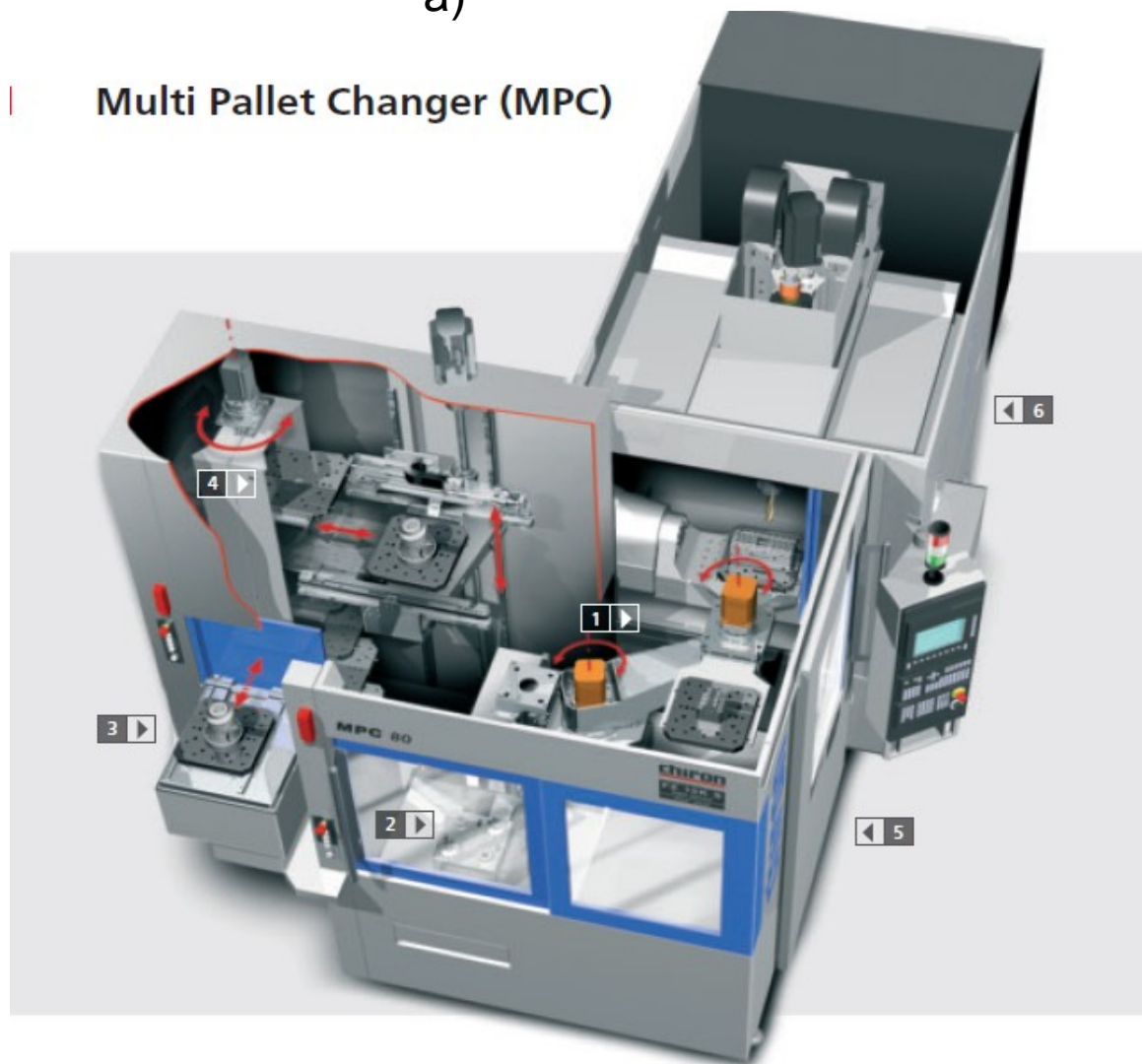
Największą zaletą tokarek pionowych budowanych według takiej koncepcji jest integracja funkcji obróbkowych i manipulacyjnych.



Tokarka pionowa do obróbki wałków VTC 250 firmy EMAG: a) widok, b) wymiana przedmiotów

a)

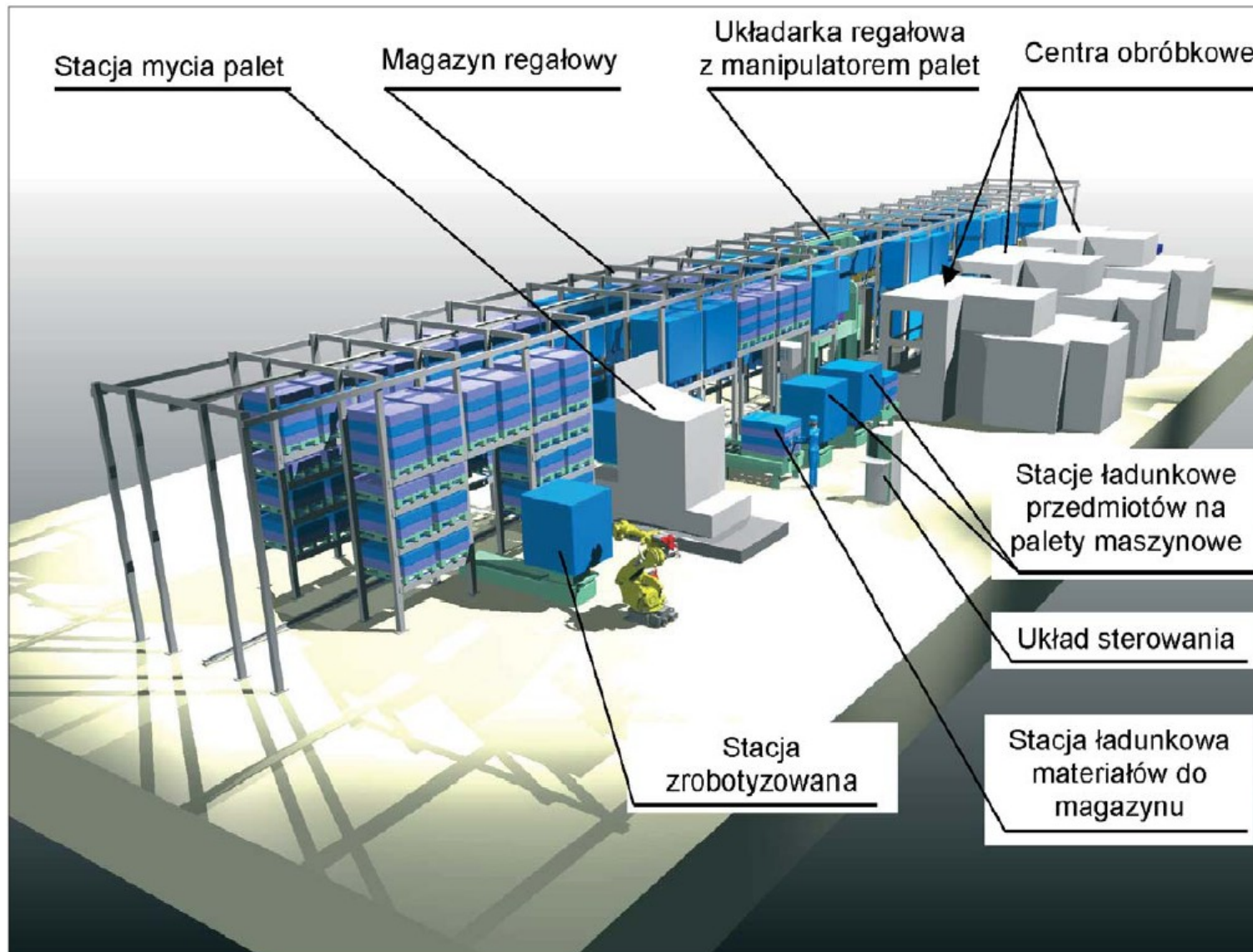
Multi Pallet Changer (MPC)



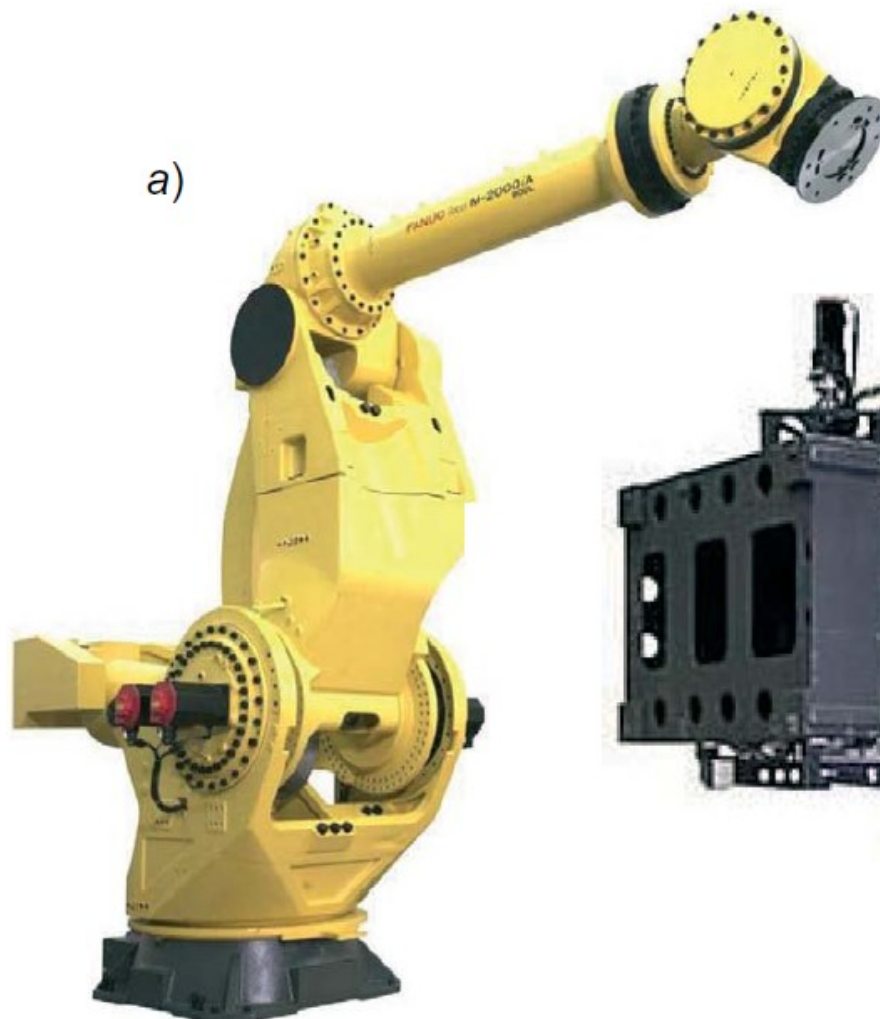
b)



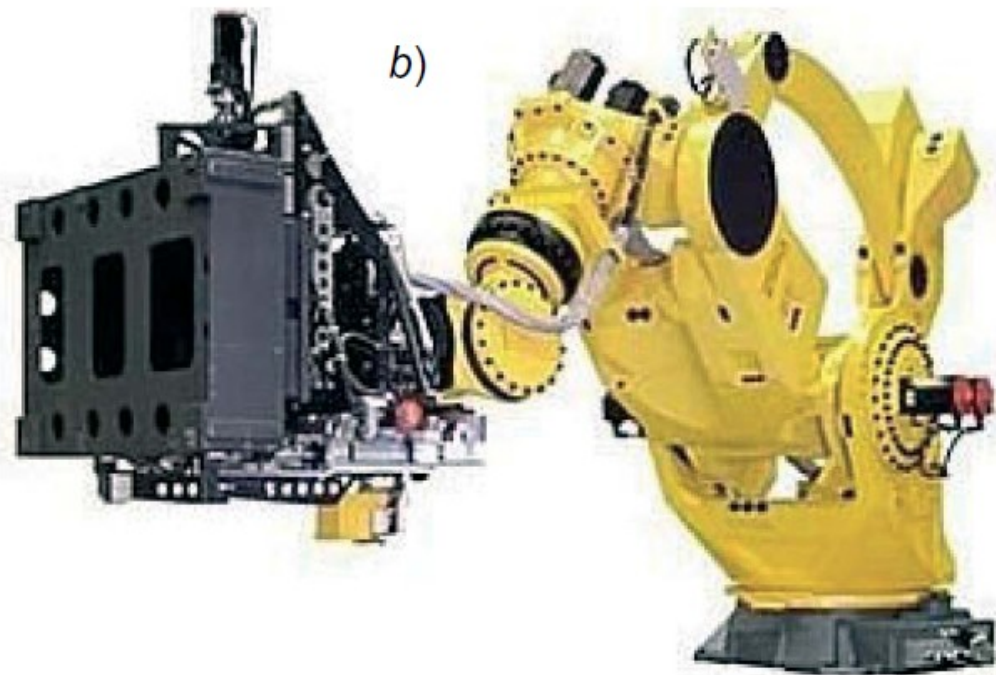
Moduł MPC 80 firmy Chiron: a) widok, b) magazyn palet



Trzonem systemu jest dwu- lub trzypiętrowy magazyn regałowy o budowie modułowej FPM (Flexibles Paletten Magazin). Na półkach magazynu możliwe jest składowanie ładownych na stacji palet maszynowych o wymiarach od 400× 400 mm do 1000 × 800 mm z zamocowanymi na nich przedmiotami, jak też materiałów na paletach transportowych lub w pojemnikach. Moduły mogą być łączone szeregowo (2 ÷ 25).

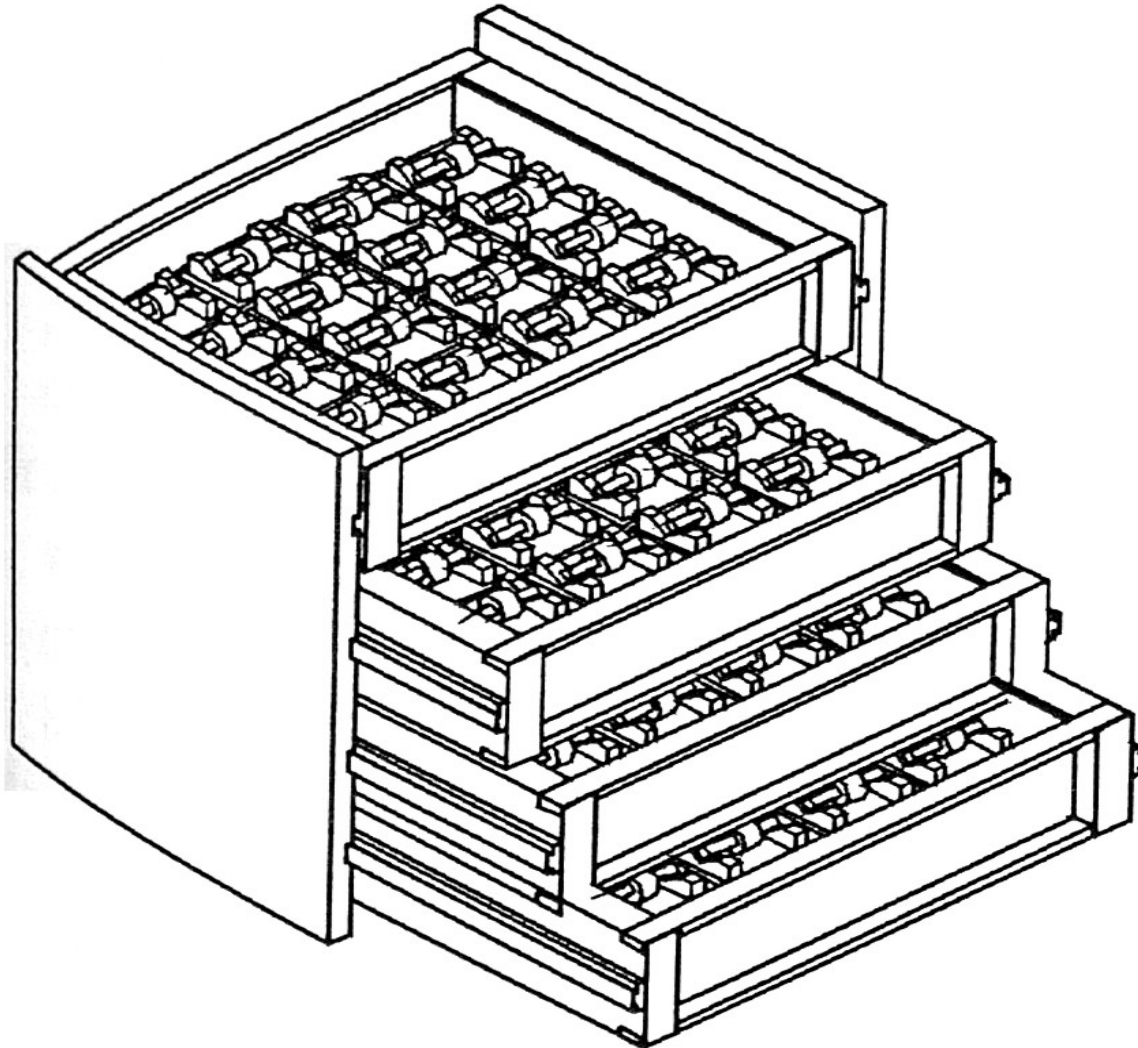


Robot FANUC M-2000iA:
a) /900L, udźwig 900 kg, zasięg
o promieniu 4683 mm, b) /1200
(opis w tekście)

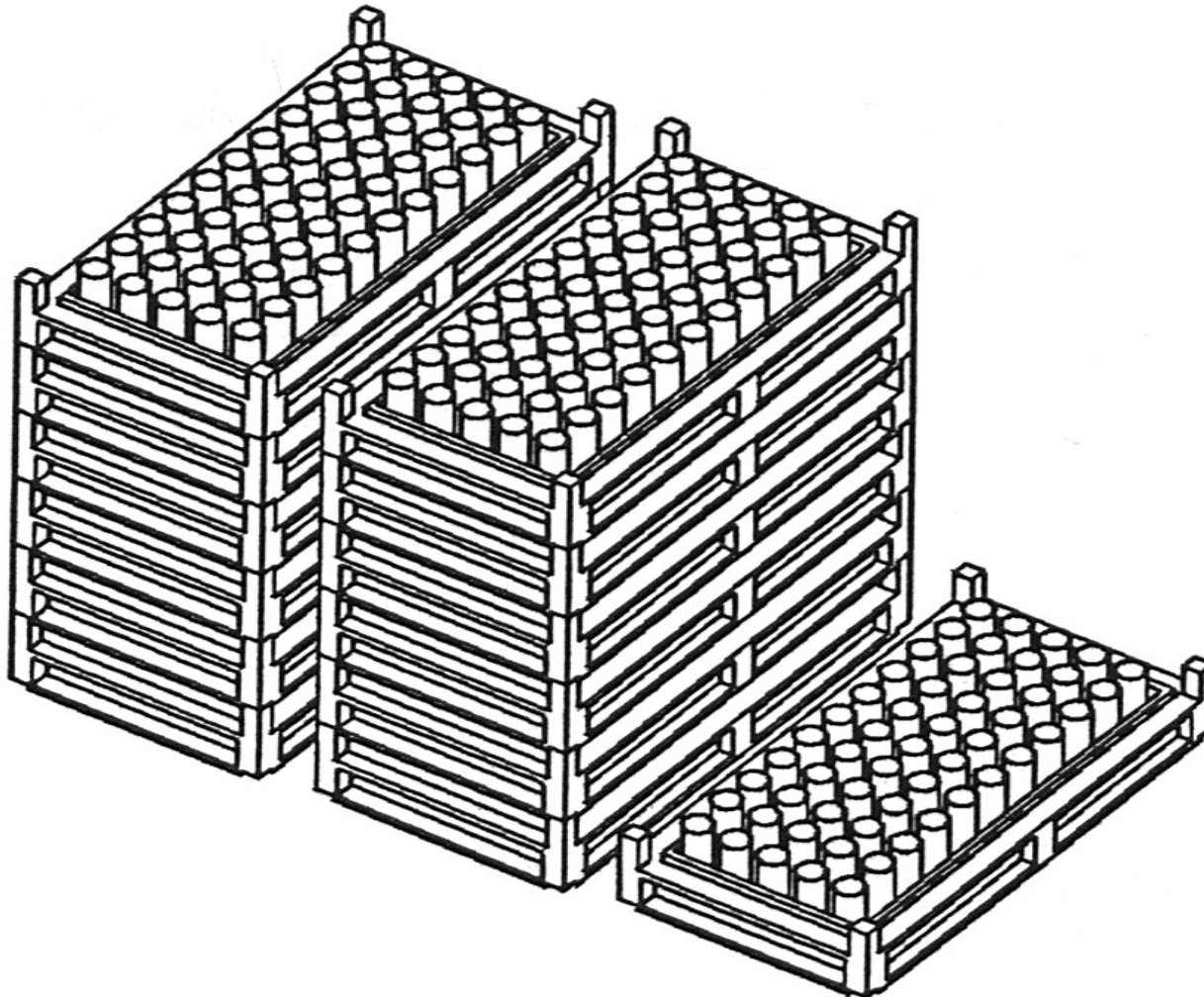


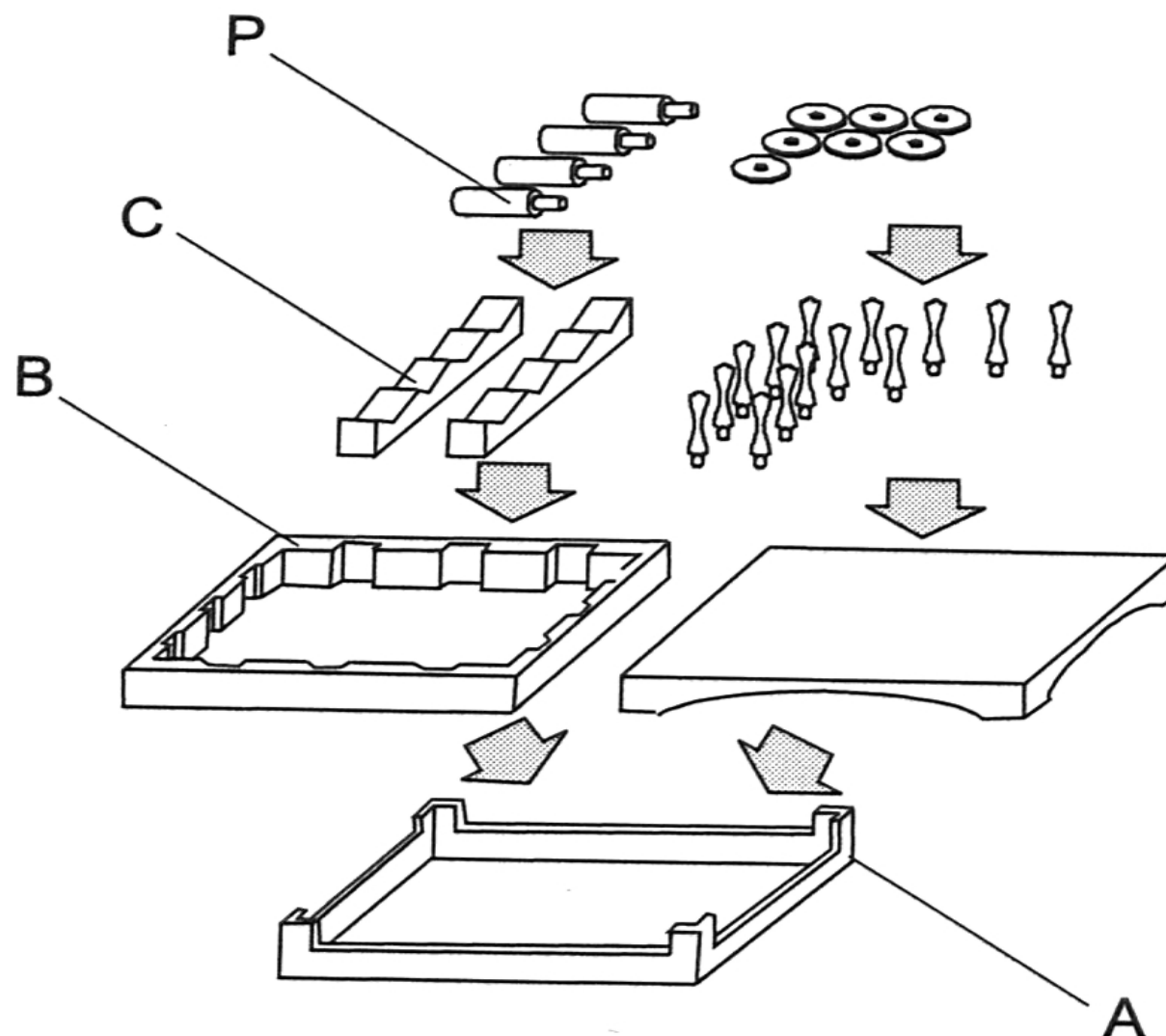
Jako najsilniejszy na świecie robot został wpisany do Księgi Rekordów Guinnessa. napęd elektryczny w 6 stopniach swobody, może swobodnie manewrować ładunkiem o masie 1350 kg, którego środek ciężkości znajduje się w odległości 0,6 m od nadgarstka robota, lub o masie 1200 kg, którego środek ciężkości znajduje się w odległości 1 m od nadgarstka robota, może podnieść ładunek na wysokość 6,2 m,

2. Palety szufladowe, w specjalnych obudowach (kontenerach) z możliwością wsuwania i wysuwania, są transportowane razem z tymi kontenerami.



3. Palety piętrowe, które mogą być transportowane i przygotowane blisko maszyny w ułożeniu jedna na drugą – spiętrzone w stosach po kilka sztuk.





Uniwersalna paleta o budowie modułowej przeznaczona do ASO tokarskich; *A* — ramowy szkielet magazynu z możliwością układania w stosy, *B* — wkładka uniwersalna do elementów ustalających przedmioty, *C* — elementy ustalające przedmioty określonej grupy, *P* — przedmioty

Kryteria doboru palet do transportowania i składowania przedmiotów obrotowych są następujące:

- preferencje dla palet o znormalizowanych wymiarach 1200x800,
- wymiary i kształt przedmiotów, co decyduje o ich liczbie na palecie,
- masa przedmiotów (masa palet),
- najkrótszy jednostkowy czas obróbki przedmiotu,
- wymagany okres bezobsługowej pracy systemu (stanowiska, stacji).

-

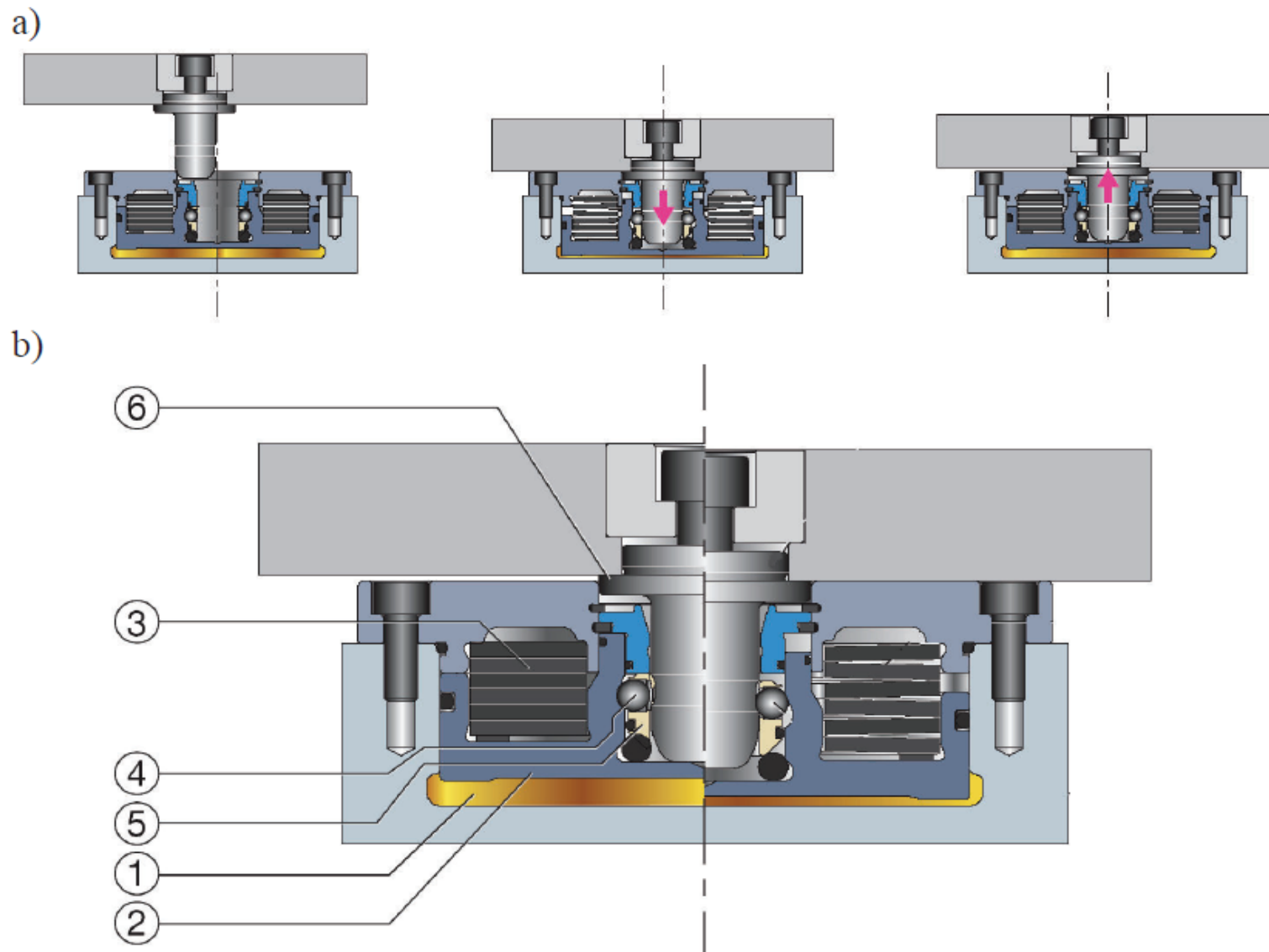
Uwzględnienie tych kryteriów prowadzi do następujących zaleceń do doboru palet:

- w przypadku przedmiotów o stosunkowo niewielkich wymiarach i długich czasach obróbki, gdy zapas przedmiotów na jednej lub dwóch paletach wystarcza do pracy systemu bez zasilania z zewnątrz przez wymagany czas, stosuje się palety pojedyncze,
- gdy przedmioty są duże, a czas ich obróbki krótki, należy stosować palety szufladowe lub palety do składowania w stosach,
- w przypadkach pośrednich, między wymienionymi wyżej, jest wymagana szczegółowa analiza kosztów.

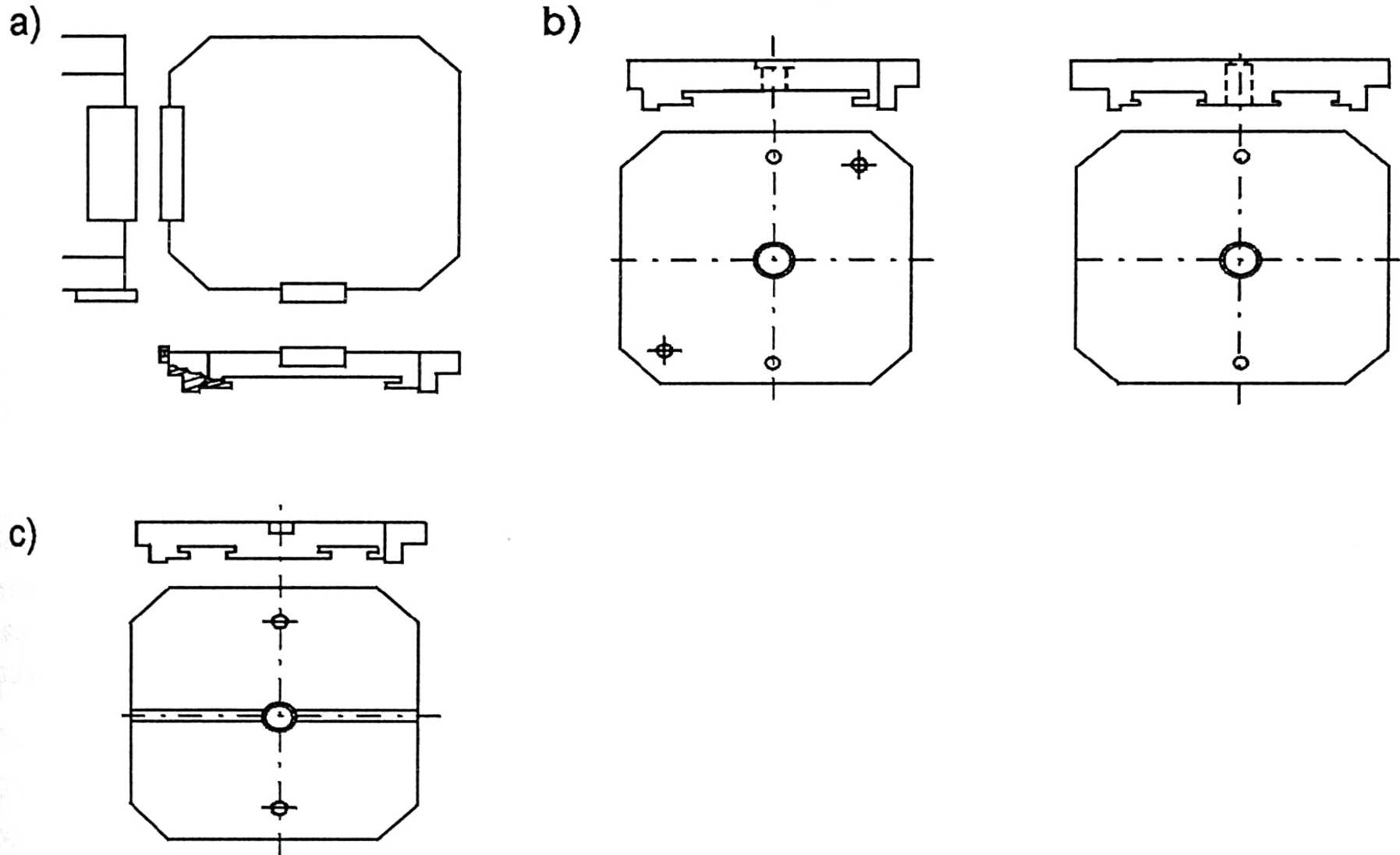
Do spaletyzowanego transportu korpusów stosuje się palety obróbkowe (z zamocowanymi przyrządami obróbkowymi) lub specjalne palety transportowe. Największe zastosowanie mają następujące rodzaje palet:

- palety przedmiotowe (palety do obrabiarek),
- palet transportowe,
- palety pomocnicze (ramowe).

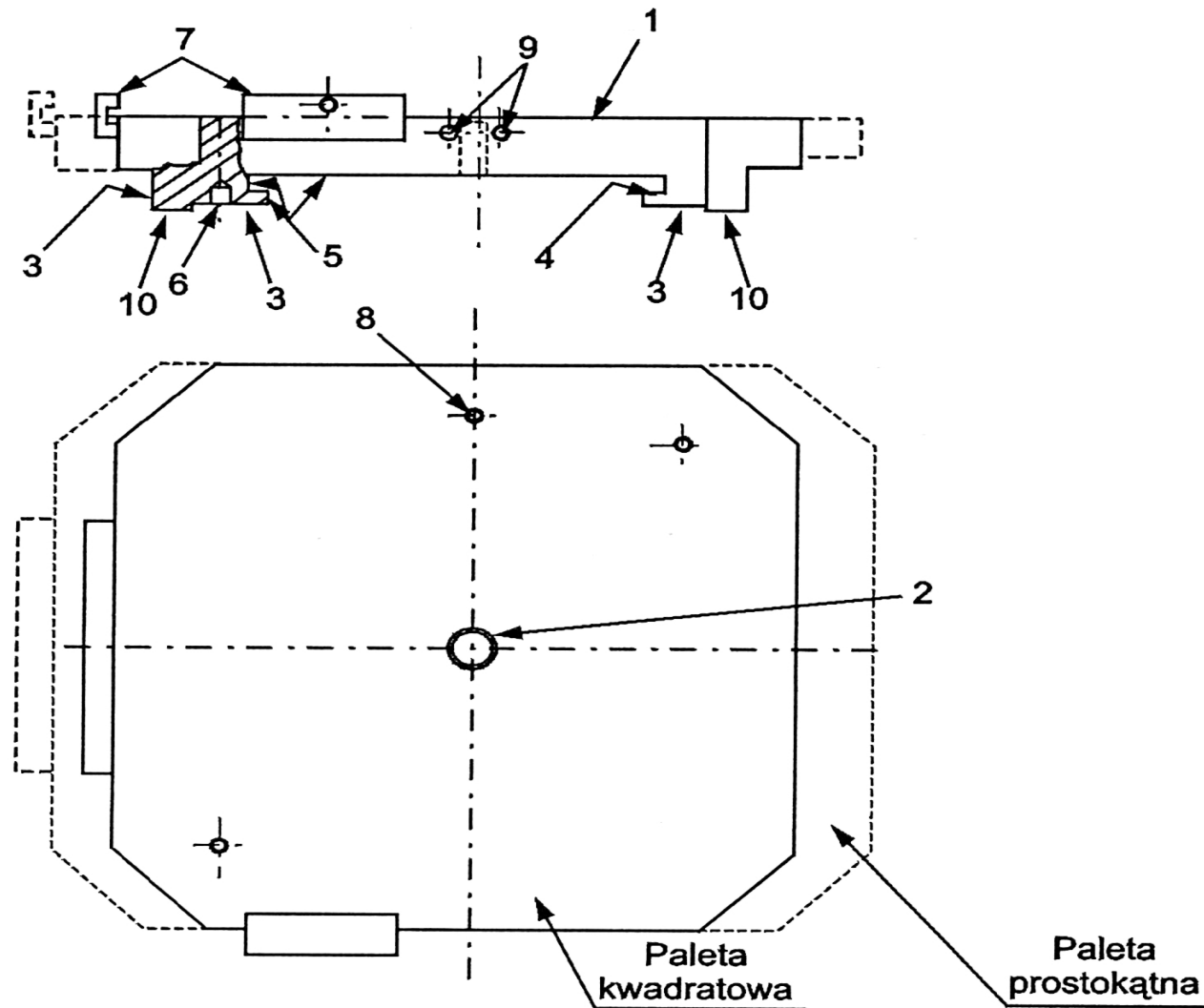
Palety do obrabiarek mają zastosowanie głównie w centrach obróbkowych oraz systemach obrabiarek, takich jak elastyczne systemy wytwarzania. Przedmiot obrabiany jest mocowany poza przestrzenią roboczą obrabiarki, w czasie gdy inna część jest obrabiana. Palety takie wprowadza się wraz z przedmiotem do przestrzeni roboczej obrabiarki, gdzie następuje ich automatyczne zamocowanie.



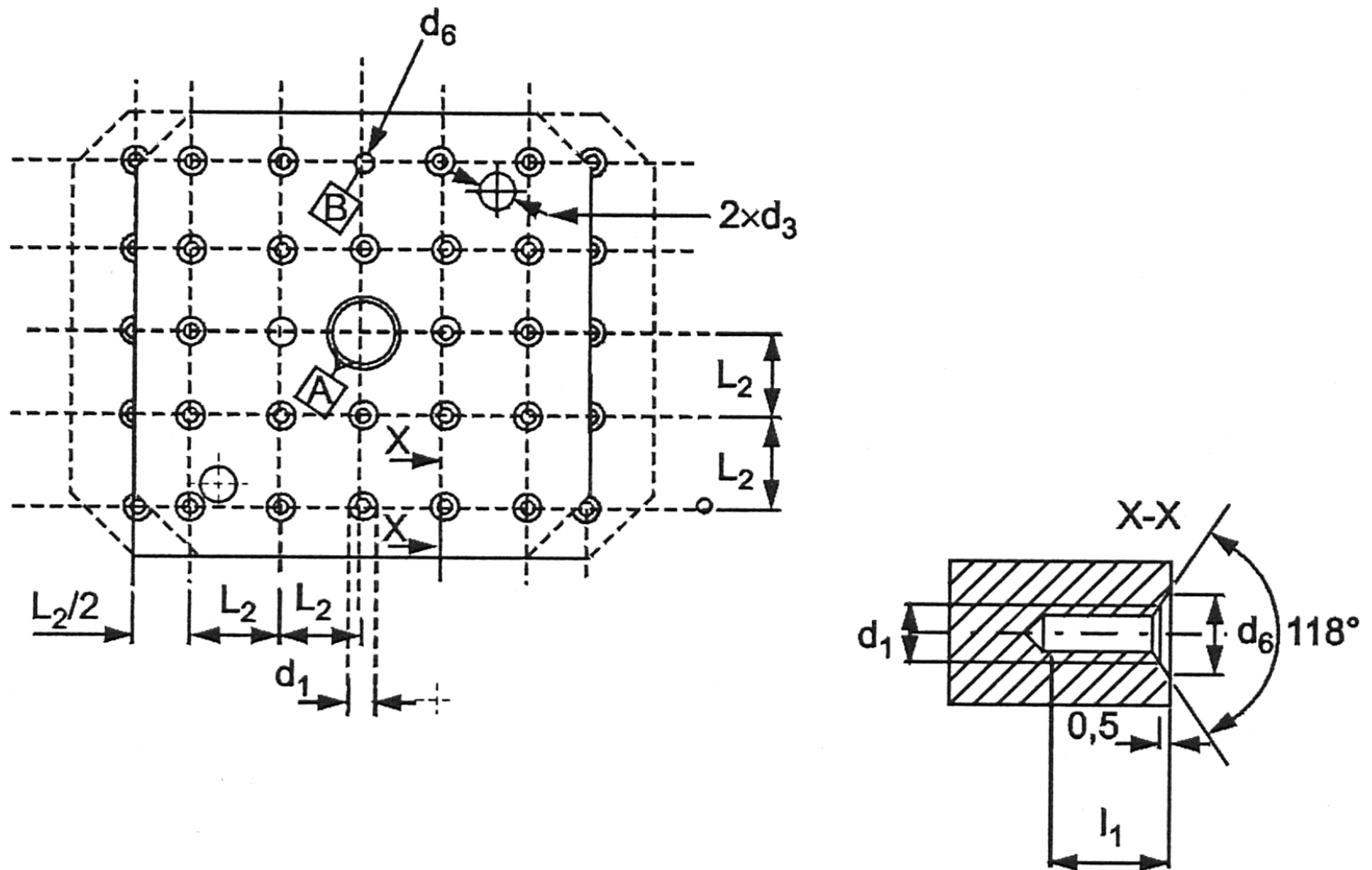
Działanie i budowa systemu mocowań z punktem zerowym, a) sposób ustalania, zamocowania i odmocowania trzpienia, 1 -cylinder hydrauliczny, 2- tłok, 3-sprężyny talerzowe, 4- kulki mocujące, 5-popychacz, 6-trzpień mocujący.



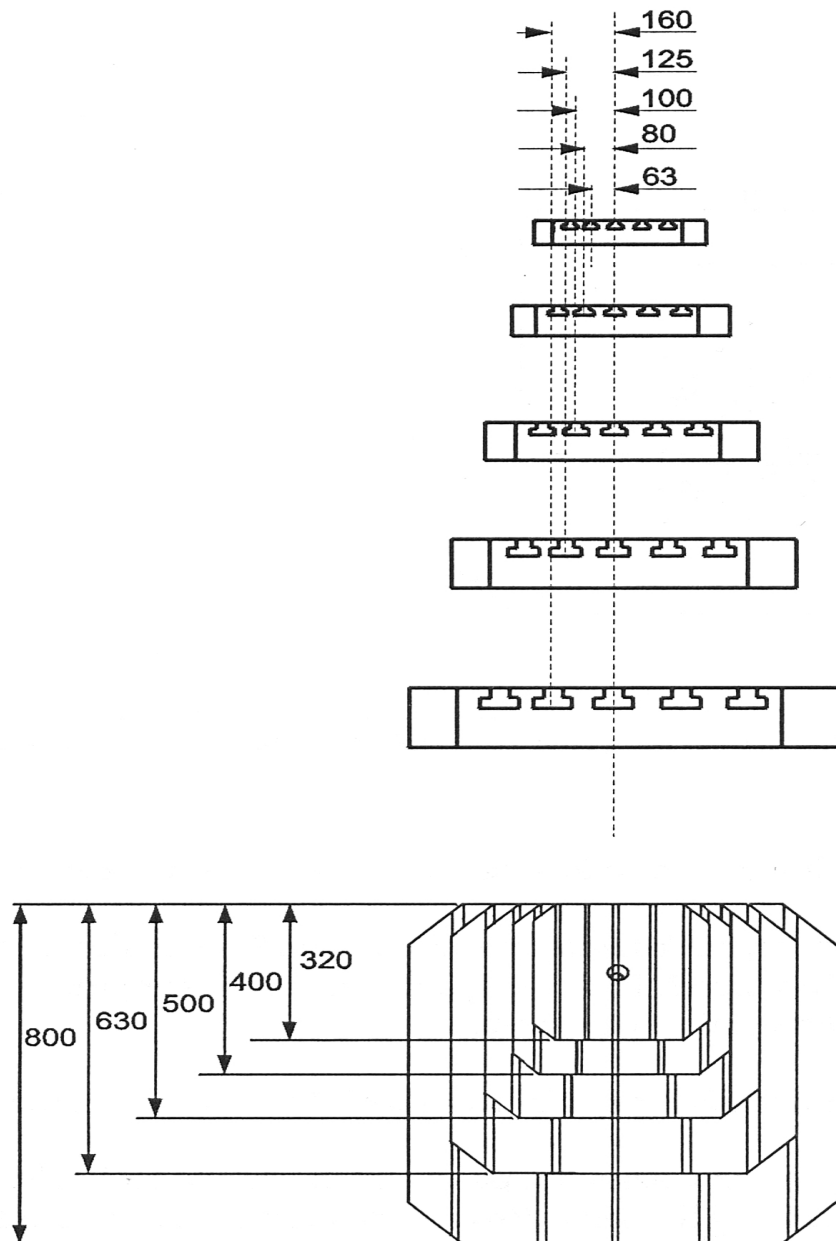
Konstrukcje palet przedmiotowych wg norm: a) japońskiej, b) niemieckiej (od 320 do 800 oraz od 1000 do 2000 mm), c) francuskiej



Powierzchnie bazowe palet przedmiotowych; 1 — powierzchnia szczytowa palet, 2 — otwór centralny, 3 — powierzchnia bazowa, 4 — powierzchnia do mocowania palety, 5 — powierzchnia transportowa, 6 — otwory bazowe, 7 — krawędzie bazowe, 8 — otwór do ustawiania palet w rzędzie (w chwili ich dostarczania), 9 — otwór do mechanizmu zatrzasku, 10 — powierzchnia spoczynkowa



Paleta przedmiotowa z otworami gwintowanymi

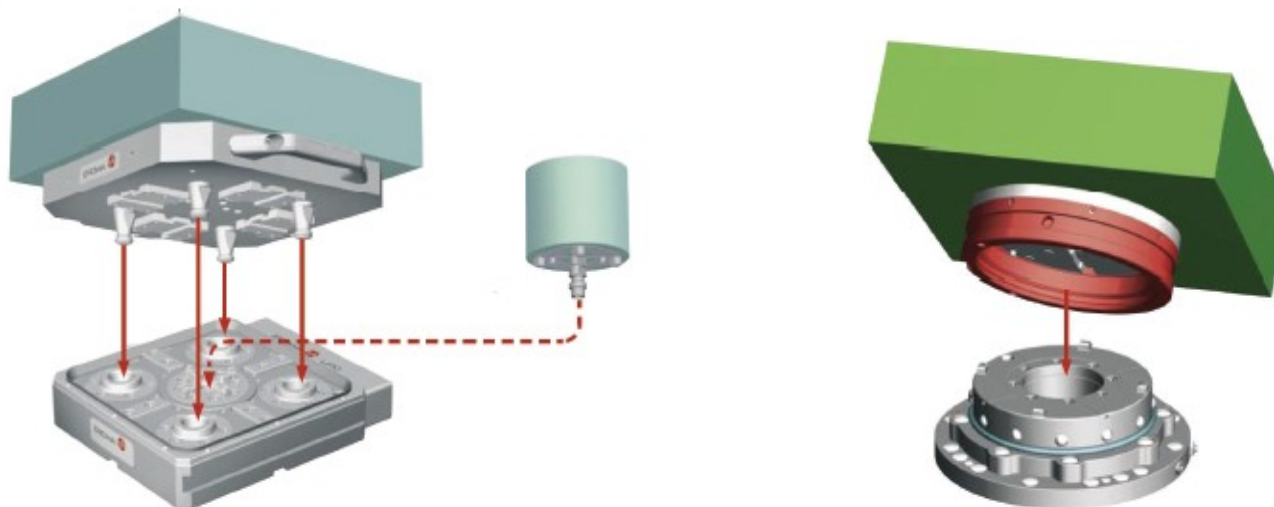


Palety z rowkami teowymi rozmieszczonymi zgodnie z postępem arytmetycznym

W doborze palet przedmiotowych należy uwzględnić następujące kryteria:

- możliwość ustalania i mocowania przedmiotu bezpośrednio na palecie lub za pośrednictwem przyrządu umieszczonego na palecie,
- możliwość umieszczenia na palecie więcej niż jednego przedmiotu,
- kształt i wymiary przedmiotu obrabianego, co decyduje o kształcie palety oraz jej wymiarach,
- wymiary stołu obrabiarki, co również decyduje o kształcie i wymiarach palety,
- liczba palet stosowanych w systemie, co wiąże się z liczbą stanowisk wytwórczych, jednostkowym czasem obróbki na stanowiskach oraz wymaganym czasem bezobsługowej pracy systemu,
- koszt palet wraz z przyrządami i uchwytami obróbkowymi umieszczonymi na nich.

a)

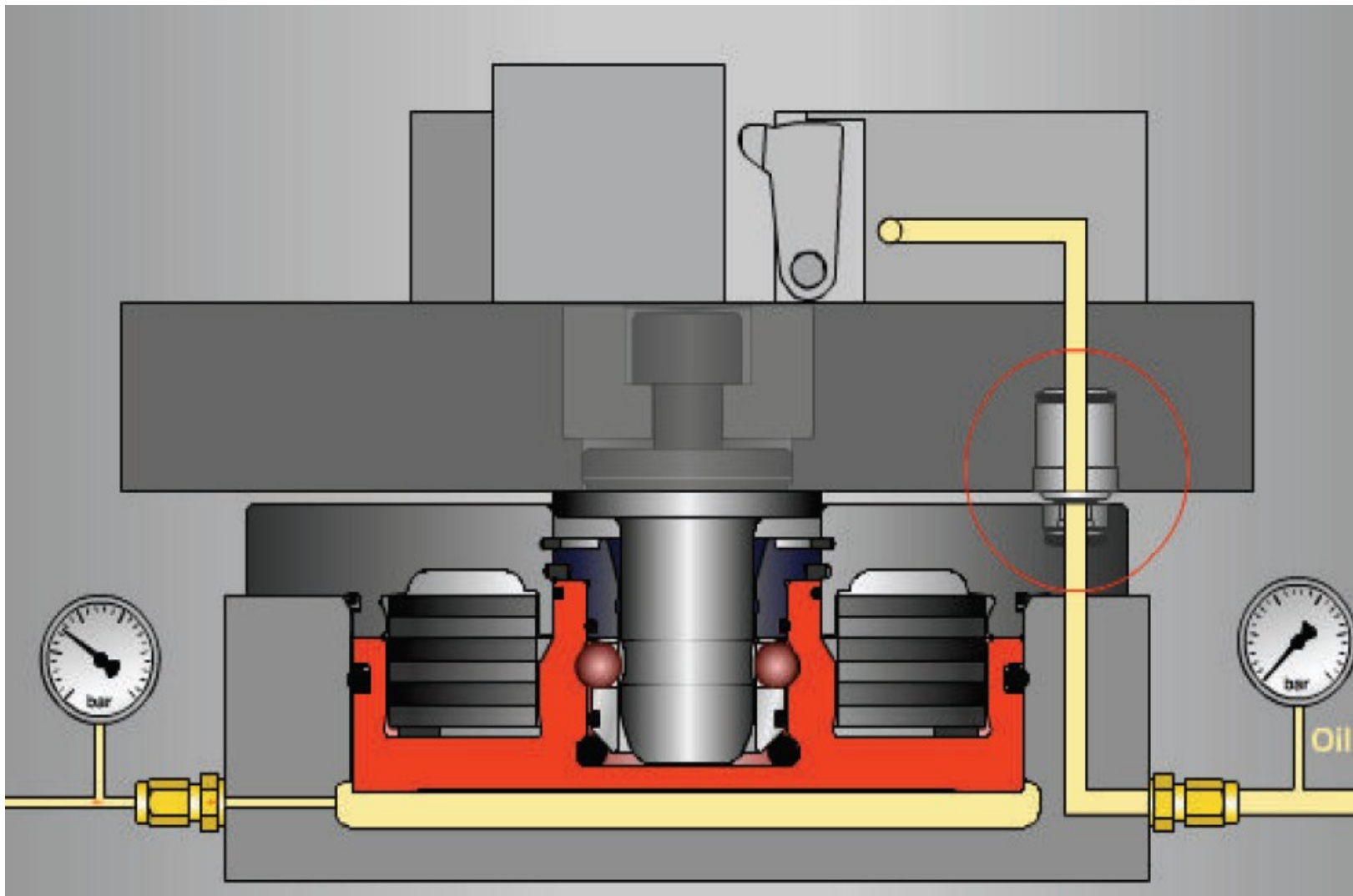


b)



Systemy palet a) firmy EROWA, b) firmy SYSTEM 3R

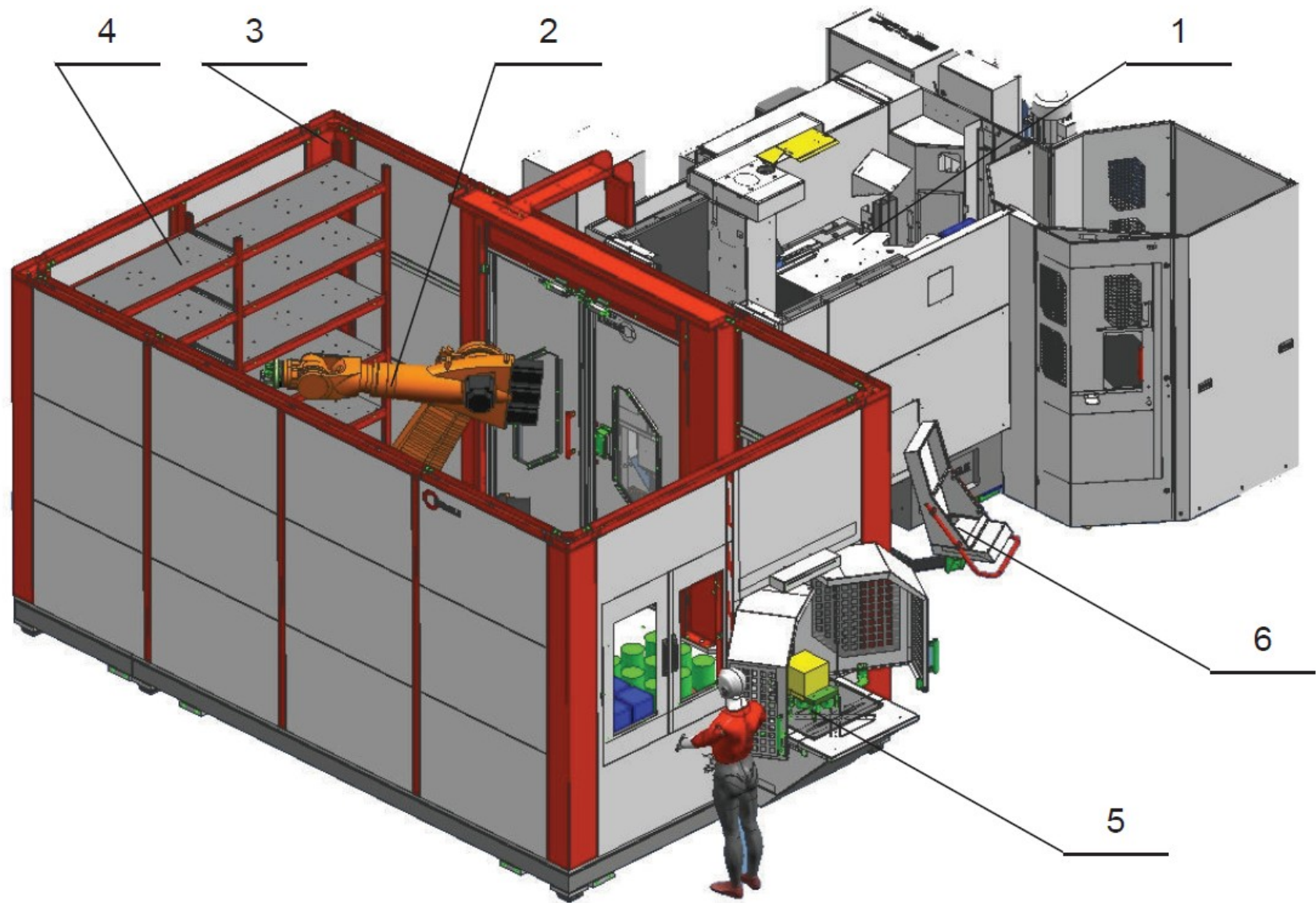
Układ wyposażony jest w specjalny zawór pozwalający na emisję czynnika roboczego do palety lub do automatycznego uchwytu obróbkowego.



Schemat systemu wyposażonego w układ zdalnego zasilania mocowania przedmiotu na palecie.

System narzędziowy ITS EROVA. wykorzystywany jest na większości elektrodrażarek i wielu stołach maszyn do chwywania części o średnich rozmiarach do wymiarów 150x 150x150 mm. Dokładność pozycjonowania: 0,002 mm.





Autonomiczna stacja obróbki frezarskiej, 1- 5 cio osiowe centrum obróbkowe, 2-robot, 3- podsystem magazynowy, 4-regały, 5-stacja załadowczo wyładowcza,6- sterowanie.

Do otwierania wykorzystuje się ciśnienie powietrza przedmuchującego wrzeciono lub chłodziwa. Położenie szczęk sygnalizowane drogą radiową.

a)



b)

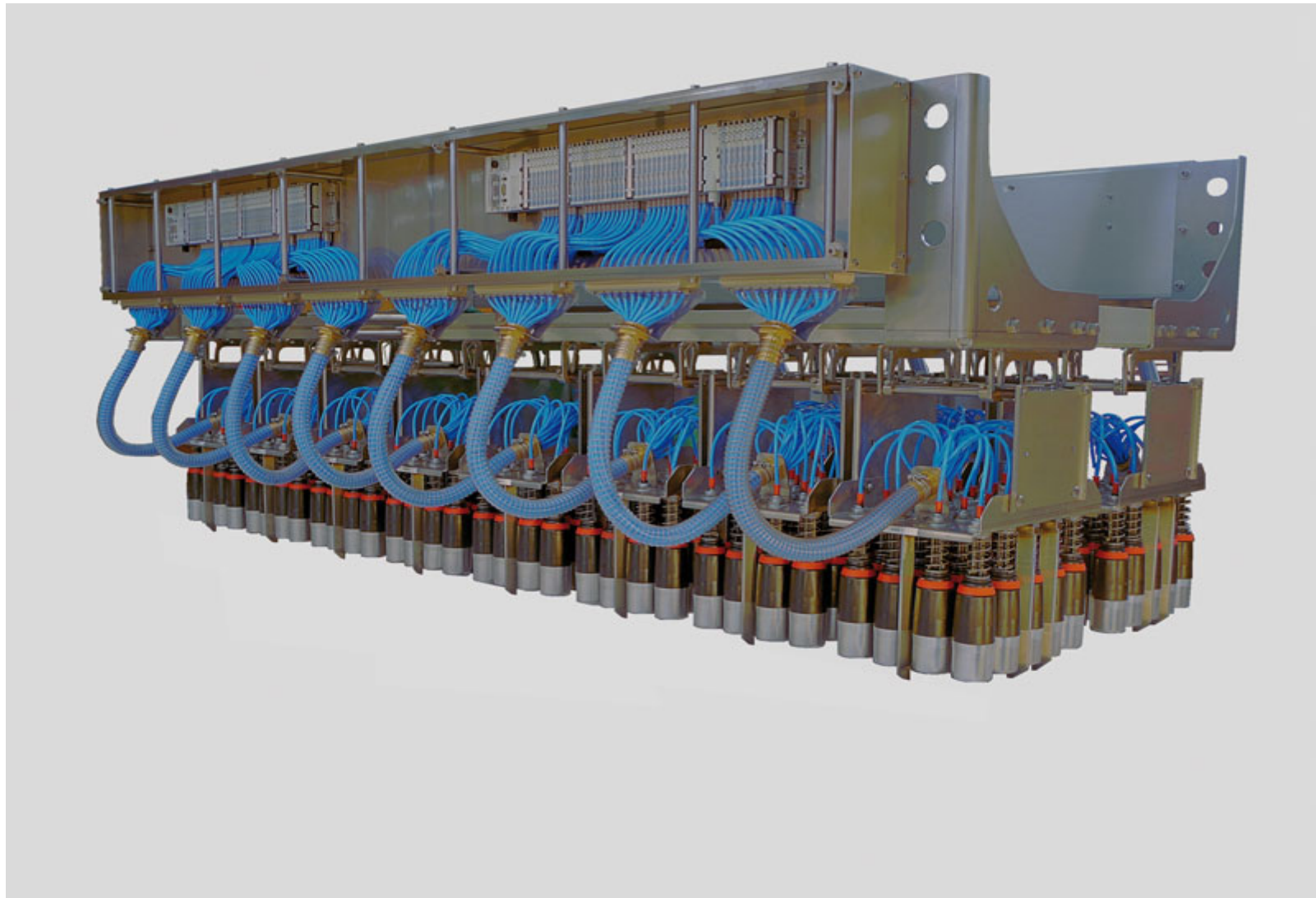


Chwytek przedmiotowy: a) wyposażony w oprawkę narzędziową typu HSK, b) stanowisko na którym wykorzystuje się ruchy kinematyczne obrabiarki, 1- paleta transportowa z przedmiotami obrabianymi, 2-uchwyt przedmiotowy, 3-wrzeciono obrabiarki uzbrojone w chwytak, 4- stół obrabiarki.



Chwytnik powierzchniowy firmy Coval z matą piankową i matrycą przyssawkową

Chwytyki do butelek firmy Grip-Tec



Zrobotyzowane stanowisko spawalnicze



Dzięki robotyzacji nastąpiło zwiększenie wydajności procesu spawania. Znaczne poprawienie wydajności procesu przygotowania do spawania przyniosły oryginalne rozwiązania przyrządów spawalniczych, skonstruowanych w PIAP. Obecnie zamiast dwóch montażystów i jednego spawacza wystarcza jeden pracownik. Jednak nadal ograniczeniem wydajności stanowiska jest czas przygotowania, który trwa dłużej niż spawanie.

