



WYDZIAŁ  
BUDOWY MASZYN  
I LOTNICTWA  
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ



# Elastyczne systemy produkcyjne

---



1. Świć A., Palchevskiy B., Gola A., i in.: **Komputerowo zintegrowane projektowanie elastycznych systemów produkcyjnych**. Wydawnictwa Politechniki Lubelskiej 2015
2. Nasalski Z., Romaniuk K., Wichowska A., Chrobocińska K., Szczubełek G.: **Zintegrowane systemy wytwarzania**. Wydawca Expol 2014
3. Zawadzka L.: **Współczesne problemy i kierunki rozwoju elastycznych systemów produkcyjnych**. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2007
4. Honczarenko J.: **Elastyczne systemy wytwarzania. Obrabiarki i systemy obróbkowe**. Wydawnictwo PWN, 2018
5. Świć A., Taranienko W.: **Projektowanie technologiczne elastycznych systemów produkcyjnych**. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej 2003



# Proces produkcyjny – pojęcia podstawowe

**Proces produkcyjny** to zespół działań, w wyniku których surowiec lub materiał przekształcany jest w gotowy wyrób. Stanowi połączenie procesów pracy oraz procesów pomocniczych, niezbędnych do wykonania wyrobu.

Warunkiem realizacji procesu produkcyjnego jest zaangażowanie co najmniej trzech czynników:

- **środków pracy,**
- **przedmiotów pracy,**
- **pracy ludzkiej.**



# Proces produkcyjny – pojęcia podstawowe



**Proces produkcyjny** wyrobu może być:

- **procesem prostym**, w którym materiał przekształcany jest w gotowy wyrób w wyniku kolejnych operacji,
- **procesem złożonym**, który obejmuje równoległe wykonywanie wielu elementów wyrobu i łączenie ich dopiero w ostatniej fazie – fazie montażu. Proces złożony powstaje więc przez połączenie procesów prostych.



# Proces produkcyjny – pojęcia podstawowe

Każdy proces produkcyjny można podzielić na części, posiadające pewne wspólne cechy realizowanych działań, a mianowicie:

■ **Proces technologiczny** (*obróbki lub przetwarzania*), który składa się z trzech elementów:

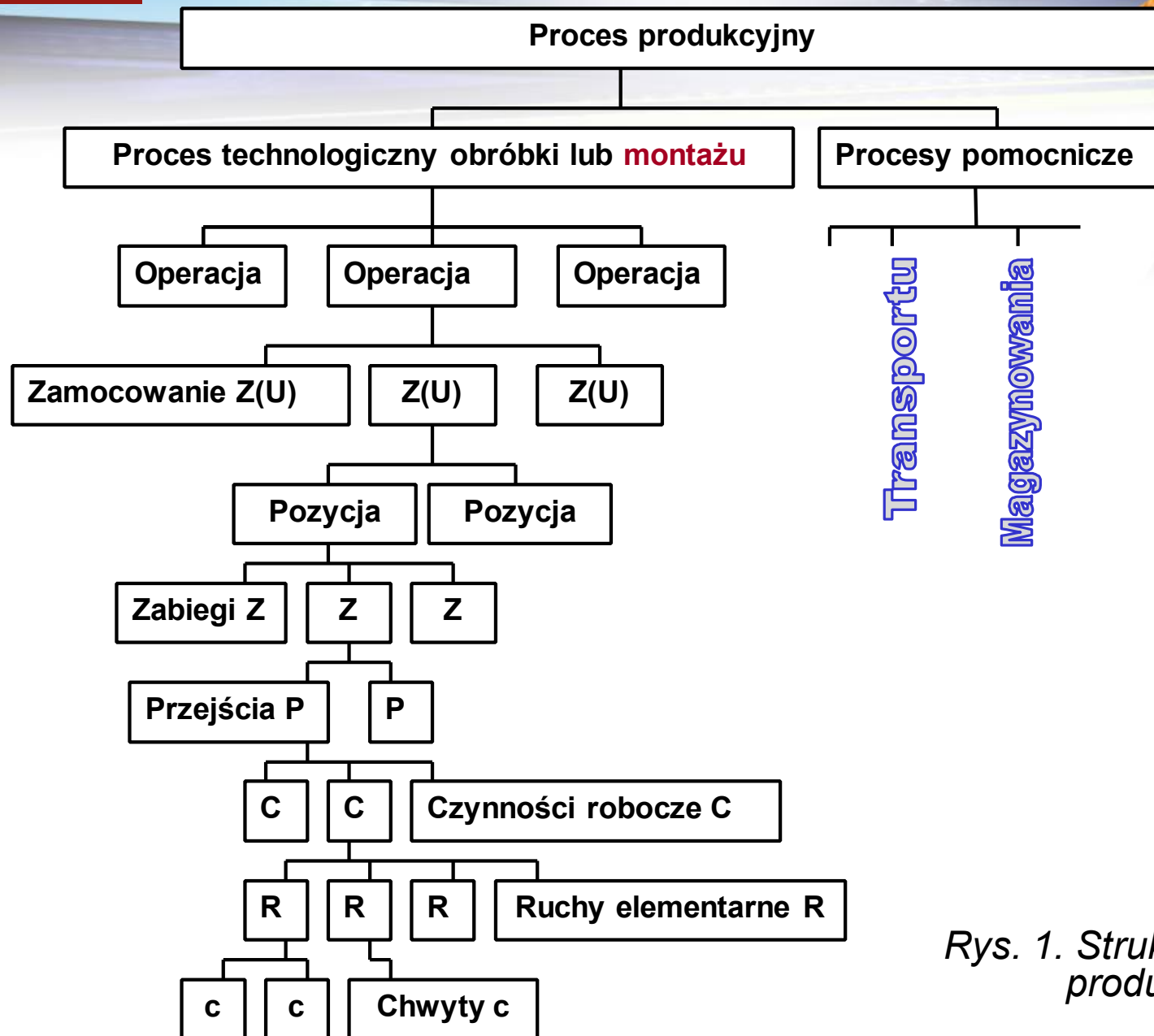
- procesów pracy,
- procesów naturalnych,
- procesów kontroli,

■ **Procesy pomocnicze** obejmujące:

- procesy przygotowania,
- procesy składowania,
- procesy transportu.



# Proces technologiczny



Rys. 1. Struktura procesu produkcyjnego



# System produkcyjny



**SYSTEM PRODUKCYJNY** - układ elementów składowych i ich wzajemnych relacji oraz sposobów przekształceń czynników wchodzących z zewnątrz do systemu produkcyjnego na czynniki wychodzące na zewnątrz z danego systemu



# System produkcyjny



1. Wektor wejścia  $X$  - wszystkie czynniki produkcji
2. Wektor wyjścia  $Y$  - wyroby, usługi oraz szkodliwe odpady produkcyjne zanieczyszczające środowisko
3. Procesy przetwarzania wektora wejścia w wektor wyjścia - proces produkcyjny
4. Proces zarządzania systemem
5. Sprzężenie materialne, energetyczne i informacyjne pomiędzy elementami składowymi systemu produkcyjnego





Procesem technologicznym nazywamy część procesu produkcyjnego, bezpośrednio związaną ze zmianą kształtu, wymiarów, jakości powierzchni i właściwości poszczególnych części maszyn bądź też łączeniem tych części w zespół zwany maszyną.

Tak więc pojęcie *proces technologiczny* może dotyczyć zarówno maszyny (wyrobu), jej zespołu, jak i pojedynczej części. Proces technologiczny maszyny obejmuje dwa etapy: pierwszy, w którym kształtują się części maszyny, i drugi w którym te części są montowane. Wyróżniamy zatem:

- **Proces technologiczny części,**
- **Proces technologiczny montażu**



# Proces technologiczny



W trakcie procesu technologicznego obróbki mechanicznej zachodzą:

- ➔ **zmiany kształtu i wymiarów części w wyniku obróbki plastycznej,**
- ➔ **zmiany kształtu i wymiarów na skutek obróbki ubytkowej** (*obróbki skrawaniem, obróbki ubytkowej, itp.*),
- ➔ **zmiany właściwości mechanicznych na skutek obróbki cieplnej, cieplno – chemicznej, itp.,**
- ➔ **zmiany jakości powierzchni i stanu warstwy wierzchniej na skutek powierzchniowej obróbki wykańczającej.**



# Proces technologiczny



**Montażem** nazywamy szereg logicznie powiązanych ze sobą czynności potrzebnych dla połączenia dwóch lub więcej jednostek montażowych, według z góry określonych warunków technicznych, jakim powinno odpowiadać dane połączenie.



## Program produkcyjny



**Programem produkcyjnym wyrobu** nazywamy liczbę sztuk wyrobów finalnych (maszyn, urządzeń), jaką zakład ma wykonać w ciągu określonego czasu (najczęściej roku). Wielkość programu produkcyjnego (zwana także **wielkością produkcji**) jest jednym z najważniejszych czynników mających wpływ na charakter procesu produkcyjnego.

$$P_i = P_w \cdot m \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{\gamma}{100}\right)$$

$P_w$  – roczny program produkcyjny wyrobu,  $m$  – liczba części danego typu (krotność) wchodzących w skład wyrobu,  $\alpha$  – procent części zapasowych i zamiennych,  $\beta$  – przewidywany procent braków,  $\gamma$  – procent produkcji w toku



## Typy produkcji – produkcja jednostkowa

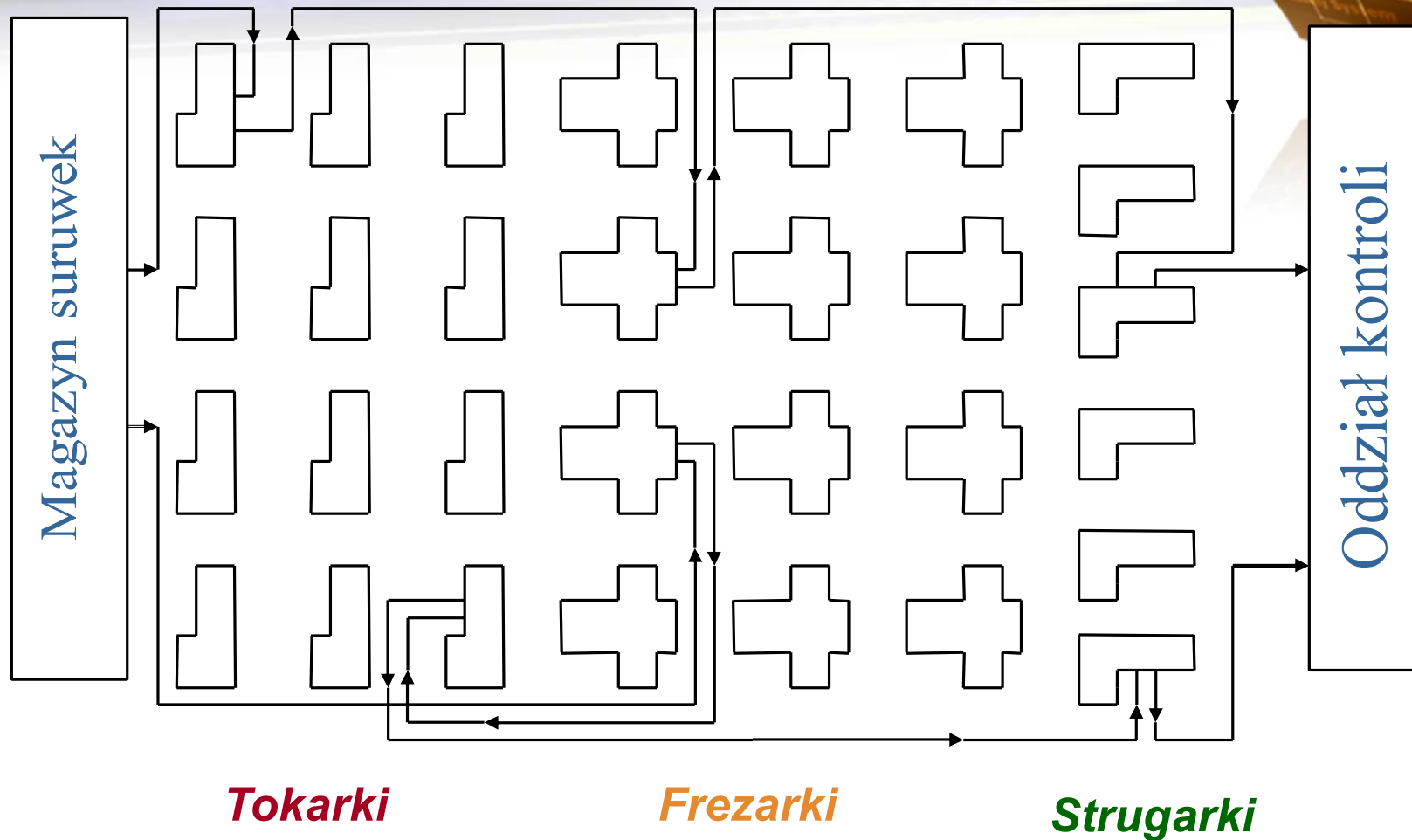
**Produkcją jednostkową** nazywamy wytwarzanie wyrobów pojedynczo lub po kilka sztuk. Wyroby te nie powtarzają się lub mogą się powtórzyć w czasie nieokreślonym.

Organizacja produkcji w zakładach o produkcji jednostkowej jest bardzo elastyczna i stosunkowo łatwo oraz szybko mogą one przechodzić z produkcji jednych typów wyrobów do produkcji innych typów wyrobów.

Cechą charakterystyczną tej produkcji jest wykonywanie na poszczególnych stanowiskach stale zmieniających się operacji.



# Typy produkcji – produkcja jednostkowa



Rys.1. Układ rodzajowy obrabiarek



## Typy produkcji – produkcja seryjna



Produkcją seryjną nazywamy wytwarzanie wyrobów jednakowych pod względem konstrukcji, wymiarów i właściwości w określonych odstępach czasu.

Charakterystyczną cechą produkcji seryjnej jest to, że wyroby gotowe są montowane seriami, a części są obrabiane i przekazywane ze stanowiska na stanowisko partiami.



## Typy produkcji – produkcja seryjna

Serią produkcyjną nazywamy liczbę jednocześnie montowanych wyrobów - maszyn lub urządzeń.

Partią produkcyjną nazywamy liczbę części maszyn wydanych jednocześnie do obróbki.

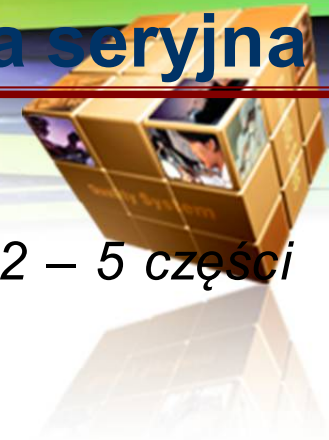
Zależnie od liczby sztuk wyrobów w serii, prędkości wykonania, częstości powtarzania serii i warunków techniczno - organizacyjnych produkcja może być:







# Typy produkcji – produkcja seryjna



- **Wielkoseryjna** *(na stanowisku wykonuje się od 2 – 5 części lub operacji okresowo powtarzalnych)*
- **Średnioseryjna** *(na stanowisku wykonuje się 5 - 25 części lub operacji okresowo powtarzalnych)*
- **Małoseryjna** *(na stanowisku wykonuje się 20 – 50 części lub operacji, partie produkowanych części są niewielkie a operacje mogą się nawet nie powtarzać)*



## Typy produkcji – produkcja seryjna



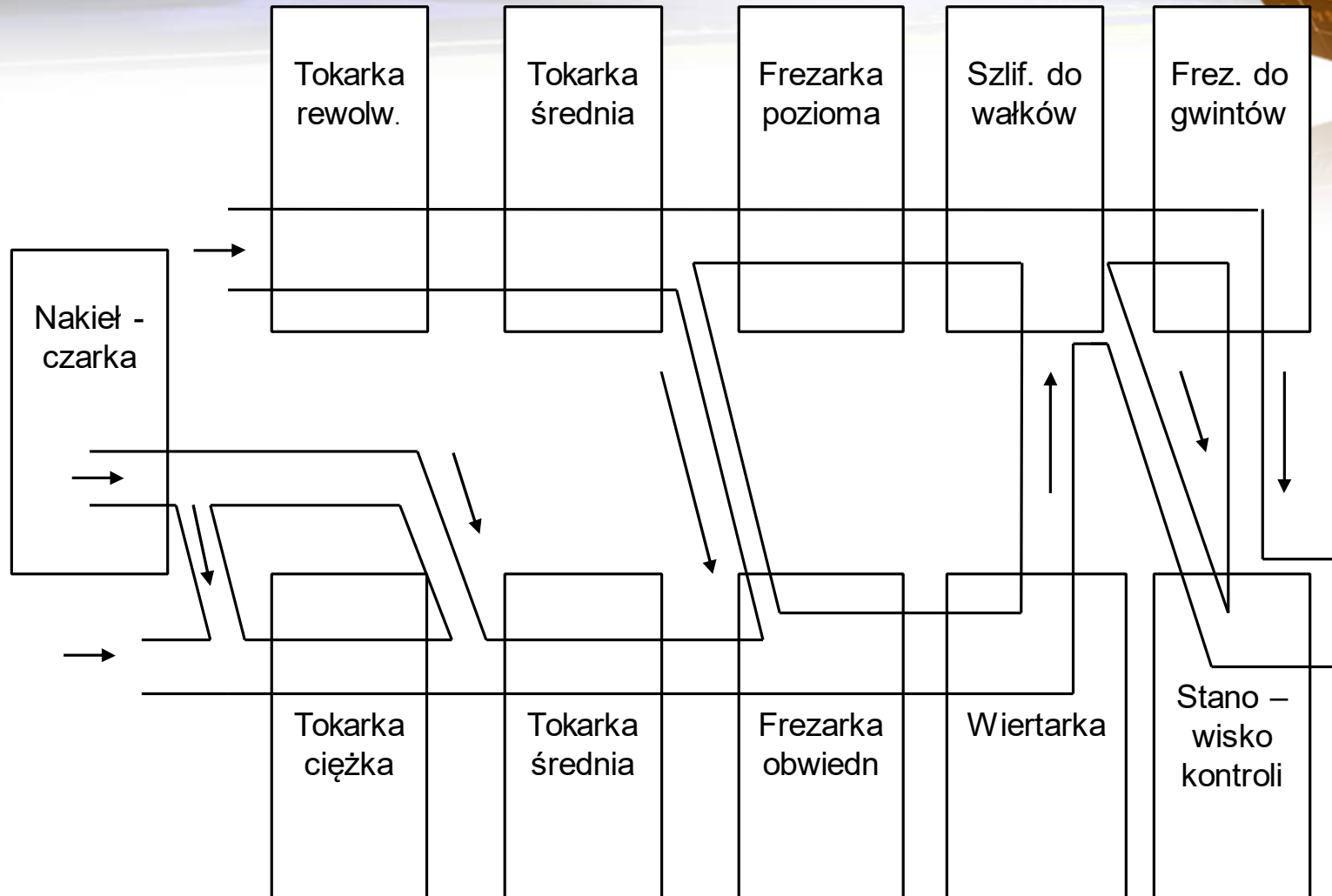
**Wielkość partii produkcyjnej** powinna być tak określona, aby suma strat na przezbrajanie maszyny i zamrożenie środków finansowych była jak najmniejsza. Optymalną wielkość partii produkcyjnej można obliczyć ze wzoru:

$$n = \frac{N \cdot f}{F}$$

gdzie:  $n$  – liczba sztuk w partii,  $N$  – liczba sztuk wg programu produkcji,  $f$  – zapas części gotowych do montażu w liczbie dni,  $F$  – liczba dni roboczych w roku



# Typy produkcji – produkcja seryjna



Rys.2. Układ rodzajowy obrabiarek

## Typy produkcji – produkcja masowa

---

Produkcją masową nazywamy taką produkcję, w której wyroby wykonywane są w dużych ilościach bez przerwy, przy czym ich podstawowe cechy (konstrukcyjne, użytkowe i in.) pozostają niezmiennie przez dłuższy czas.

Przedmioty obrabiane są pojedynczo – po wykonaniu operacji jest on podawany natychmiast do następnego stanowiska celem wykonania kolejnej operacji. Wymaga to stosowania różnorodnych urządzeń transportowych umożliwiających przemieszczanie elementów.

## Typy produkcji – produkcja masowa

---

W celu właściwej organizacji produkcji proces technologiczny jest projektowany według:

- zasady różnicowania operacji na obrabiarkach specjalizowanych
- zasady koncentrowania zabiegów na obrabiarkach specjalnych, zespołowych wysokowydajnych.

# Produkcja masowa

Projektowanie i organizacja linii potokowej wymaga ustalenia określonych parametrów, do których zalicza się ponadto:

**a) tempo produkcji potokowej ( $V$ ),**

$$V = \frac{P_i}{T}$$

$P_i$  – roczny program produkcyjny danej części

$T$  – efektywny czas pracy linii

**b) takt średni linii potokowej ( $t_s$ ),** tj. czas jaki upływa między wytworzeniem dwóch jednostek produkcji, kolejno, jedna za drugą spływających z linii potokowej:

$$t_s = \frac{1}{V} = \frac{T}{P_i}$$

**c) mikropauza ( $\mu$ ),** tj. różnica bezwzględna między taktem roboczym a taktem średnim linii potokowej:

$$\mu = t - t_s$$

## **Typy produkcji – stopień specjalizacji stanowisk**

---

Typ produkcji określa stopień specjalizacji stanowiska:

- **Uniwersalne U** – posiadające wyposażenie i narzędzia uniwersalne,
- **Specjalizowane Sp** – z przydzieloną grupą części i ograniczoną możliwością przebrojenia
- **Specjalne S** – stanowiska do obróbki 1 – 2 części, lub operacji, bez możliwości przebrojenia.

# Typy produkcji – stopień specjalizacji stanowisk

*Stanowiska robocze przy różnych typach specjalizacji*

Liczba części lub operacji na stanowisku roboczym	Typ produkcji	Stanowiska robocze		
		U	Sp	S
Nieokreślona	Jednostkowa	X	–	–
20 – 50 (100)	Małoseryjna	X	–	–
5(10) – 20	Średnioseryjna	X	X	–
2 – 5(10)	Wielkoseryjna	–	X	–
1	Masowa	–	X	X

X stanowiska robocze najczęściej występujące  
 – stanowiska robocze najczęściej nie występujące



# Typy produkcji – stopień specjalizacji stanowisk

TABLICA 1.3. Wpływ rodzajów produkcji na różne czynniki związane z projektowanym procesem technologicznym

Wielkość charakteryzowana	Rodzaj produkcji		
	jednostkowa	seryjna	masowa
Wielkość produkcji	Mała liczba wykonywanych wyrobów. Brak z góry ustalonej powtarzalności	Średnia liczba wykonywanych wyrobów. Okresowe uruchamianie serii	Duża liczba wykonywanych wyrobów. Ciągła produkcja przez znaczny okres
Obciążenie obrabiarek	Obciążenie obrabiarek różnymi przedmiotami bez jakiegokolwiek prawidłowości ich zmiany	Okresowa zmiana przedmiotów na obrabiarkach	Ciągłe obciążenie obrabiarek tymi samymi przedmiotami
Rodzaje obrabiarek	Obrabiarki uniwersalne (ogólnego przeznaczenia)	Obrabiarki produkcyjne, specjalizowane, sterowane numerycznie, centra obróbkowe, autonomiczne stacje obróbkowe, elastyczne systemy obróbkowe	Obrabiarki zespołowe, linie obróbkowe, obrabiarki specjalne

# Typy produkcji – stopień specjalizacji stanowisk

Zastosowanie pomocy: specjalnych (uchwytów, narzędzi i sprawdzianów specjalnych)	Tylko w bardzo wyjątkowych przypadkach, gdy nie ma innej możliwości wykonania przedmiotu	Szerokie zastosowanie warsztatowych uchwytów, narzędzi i sprawdzianów specjalnych	Konstrukcja warsztatowych uchwytów i narzędzi bardzo złożona, przystosowana do pracy w cyklu automatycznym i półautomatycznym. Oprzyrządowanie jest niejednokrotnie organicznie związane z obrabiarkami (manipulatory, roboty, sondy pomiarowe)
Opracowanie procesów technologicznych	Technologia bardzo uproszczona. Z reguły sprowadza się do opracowania karty technologicznej. W bardzo wyjątkowych przypadkach, dla skomplikowanych operacji opracowuje się instrukcje obróbkowe	Pełna dokumentacja technologiczna składająca się z karty technologicznej i instrukcji obróbkowych dla poszczególnych operacji	Bardzo szczegółowe opracowanie procesów technologicznych i systematyczne ich badanie w toku produkcji
Koszt przygotowania produkcji	Koszt przygotowania produkcji bardzo niski	Koszt przygotowania produkcji wysoki	Koszt przygotowania produkcji bardzo wysoki
Koszt jednostki produkcji	Koszt jednostki produkcji bardzo wysoki	Koszt jednostki produkcji niski	Koszt jednostki produkcji bardzo niski