Sławomir Zieliński
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa we Włocławku

PORÓWNANIE TECHNOLOGII PRODUKCJI W RÓŻNYCH SERYJNOŚCIACH NA PRZYKŁADZIE PRZEDMIOTU KLASY KORPUS

(Comparison of production technology in different series example a subject of a class of a corps)

Streszczenie:

Celem niniejszej pracy było technologiczno-ekonomiczne porównanie procesów produkcyjnych klasy korpus dla różnych seryjności. W części wstępnej pracy zostało wyjaśnione ogólne pojęcia dotyczące seryjności produkcji, ekonomii, oraz sposobu podejścia do projektowania technologii produkcji.

W części głównej zawarto wzory które posłużyły do późniejszych obliczeń, między innymi czasów przygotowawczo zakończeniowych, operacji oraz obróbki skrawaniem, następnie przedstawiono porównanie technologiczne w formie tabel i rysunków. Zostały przedstawione trzy seryjności: jednostkowa, seryjna i wielkoseryjna. Dla każdej z nich przedstawiono przykładowe tabele technologiczne i obliczeniowe. Następnie przystąpiono do porównania procesów technologicznych ze względu na ich opłacalność produkcji, czyli koszt wytworzenia jednej sztuki i pracochłonności potrzebnej do jej uzyskania.

Porównanie technologiczne pozwala na wybór procesów ze względu na wielkość produkcji i dobór technologii do niej potrzebnej. Porównanie ekonomiczne umożliwia wybór procesu ze względu na koszt jednostkowy produktu, czyli opłacalność jego wytworzenia.

Słowa kluczowe: technologia, ekonomia, proces produkcyjny, seryjność, porównanie, korpus

Abstract:

The aim of this work was the technological and economic comparison of the corps class production processes for different series. In the preliminary work has been explained on the general concepts of serial production, economics, and the approach to the design of production technology.

The main part contains patterns which were used for subsequent calculations of among other things preliminarily terminating time, and operations and machining then provides a comparison of technology in the form of tables and drawings. Three series

were presented: unit, serial and mass series. For each of these tables are examples of technology and computing. Then, the comparison of technological processes was started due to their profitability of production, i.e. the cost of producing one piece and the labor required to obtain it.

The technological comparison allows for the selection of processes due to the volume of production and the selection of technology that is needed for it. The economic comparison allows the choice of the process due to the unit cost of the product, i.e. the profitability of its production.

Keywords: technology, economics, production process, seriality, comparison, corps

1. Wstęp

Proces porównawczy będzie skupiał się głównie na wykazaniu różnic w przebiegu poszczególnych operacji dla trzech podstawowych seryjności produkcji. W szczegółowej analizie technologicznej zwraca się także uwagę na czas oraz koszt operacji w tych seryjnościach (czyli wydajność oraz ekonomiczność produkcji). Opracowanie tych ważnych zagadnień technologicznych jest celem niniejszej pracy. Poniżej przedstawiono rysunek wykonawczy korpusu na podstawie którego zagadnienia te będą realizowane.

Wyżej wymieniony koszt zdefiniowano w Ustawie o rachunkowości z dnia 29 września 1994 r. i brzmi następująco [3]:

Koszt wytworzenia produktu – obejmuje koszty pozostające w bezpośrednim związku z danym produktem oraz uzasadnioną część kosztów pośrednio związanych z wytworzeniem tego produktu. Koszty bezpośrednie obejmują wartość zużytych materiałów bezpośrednich, koszty pozyskania i przetworzenia związane bezpośrednio z produkcją i inne koszty poniesione w związku z doprowadzeniem produktu do postaci i miejsca, w jakich się znajduje w dniu wyceny.

W zależności od wielkości wytwarzanych dóbr i charakter organizacji procesu produkcyjnego wyróżnia się następujące typy produkcji: jednostkową, seryjną i masową (tabela 1).

Produkcja jednostkowa – „to wytwarzanie wyrobów unikalnych, niepowtarzalnych, na które jest małe zapotrzebowanie na rynku”[3].

Produkcja seryjna – „stosowana jest w wytwarzaniu wyrobów w kolejnych partiach składających się z większej ilości”. Ze względu na liczbę wyrobów składających się na jedną serię produkcję seryjną dzielimy na: małoseryjną, średnioseryjną i wielkoseryjną [3].

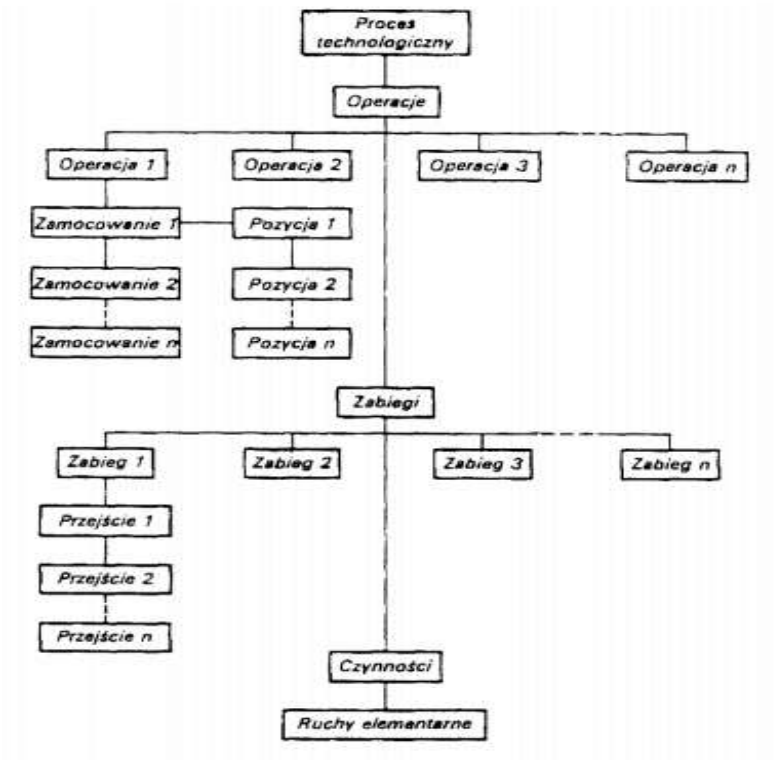
Produkcja masowa – „system wytwarzania wyrobów oparty na podziale, specjalizacji i ciągłości pracy. Oznacza to, że przedmiot obrabiany w trakcie procesu produkcji powinien ciągle znajdować się w ruchu, być ciągle poddawany obróbce lub być transportowany pomiędzy odpowiednimi stanowiskami produkcyjnymi” [3].

Proces technologiczny – „ciąg kolejnych przemian jakim podlega przedmiot produkcji zanim z surowca przekształci się w gotowy wyrób" [3]. Schemat struktury procesu technologicznego przedstawia rysunek 1.

Tabela 1. Orientacyjne wielkości różnych rodzajów produkcji

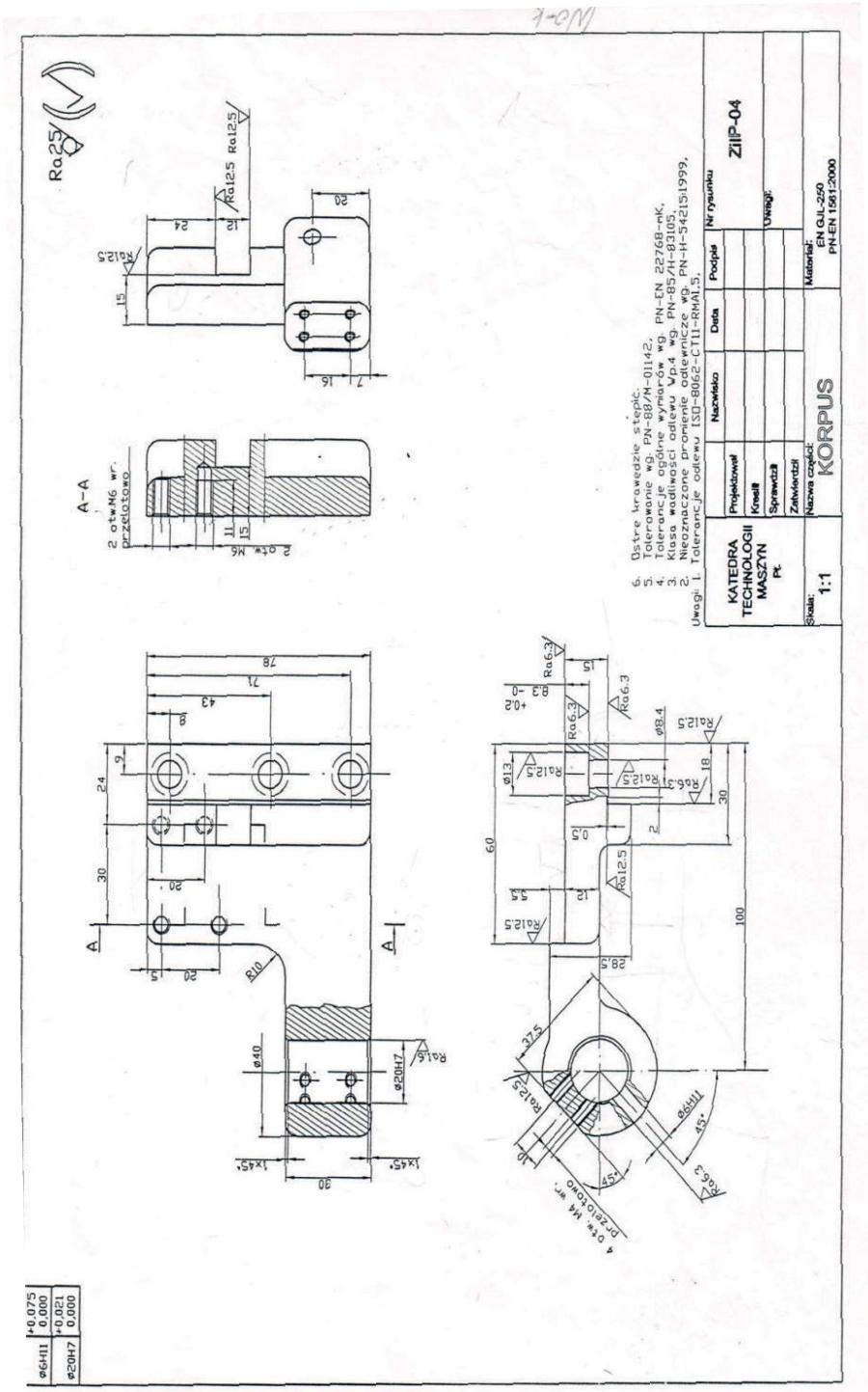
Rodzaj produkcji	Wielkość produkcji jednego typowymiaru przedmiotów		
	Wyroby		
	ciężkie lub o złożonych kształtach	średnie lub o średnio złożonych kształtach	lekkie lub o prostych kształtach
Jednostkowa	1÷100	1÷200	1÷500
Seryjna	100÷1000	200÷2000	500÷5000
Masowa	powyżej 1000	powyżej 2000	powyżej 5000

Rysunek 1. Struktura procesu technologicznego



Źródło: Feld Mieczysław *„Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn";* WNT, Warszawa 2000.

Rysunek wykonawczy rozważanego przedmiotu klasy korpus

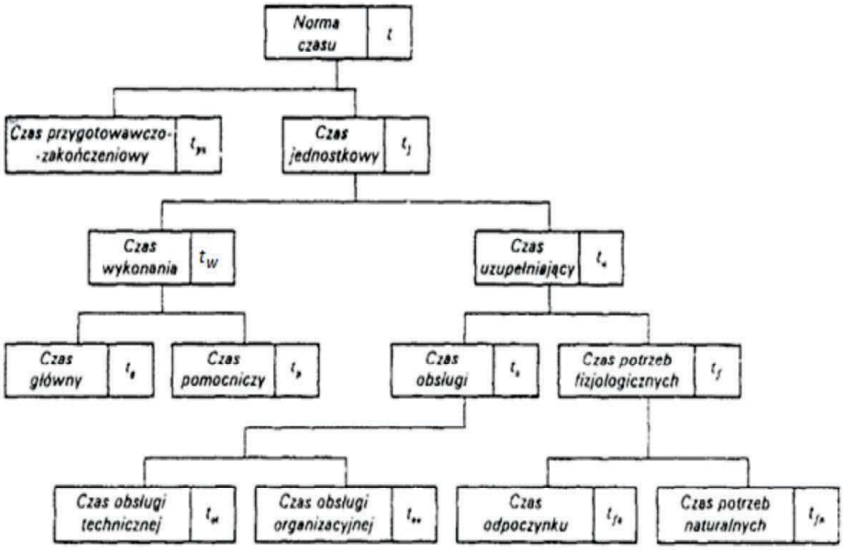


Operacja – „wycinek procesu obróbki obejmujący czynności wykonywane na jednym stanowisku pracy, przy jednym określonym oprzyrządowaniu, bez przerw na wykonywanie innych prac".

Zabieg – „część operacji, której czynności główne nie wymagają ani zmiany narzędzi, ani parametrów pracy urządzenia".

Normowanie czasu operacji obrazowo przedstawia struktura normy czasu (rys. 2), która oparta jest na strukturze operacji. Do składników normy czasu wprowadzono pojęcie obejmujące czasy trwania występujących w operacji czynności. Przypadają one w obróbce na jeden przedmiot, a w montażu na jeden podzespół lub zespół.

Rysunek 2. Struktura normy czasu



Źródło: dr inż. Romuald Wołk *Normowanie czasu pracy na obrabiarkach do obróbki skrawaniem* Warszawa WNT 1972.

- *Czas główny* (zabiegu lub operacji) t_g – „jest to czas trwania czynności głównych operacji dla jednego przedmiotu obróbki lub jednego zmontowanego podzespołu względnie zespołu"

$$t_g = \frac{L}{nf} \quad (1)$$

gdzie:

L – długość obróbki w kierunku posuwu narzędzia w [*mm*],

n – prędkość obrotowa (narzędzia względem przedmiotu lub odwrotnie) w [*obr/min*,

f – posuw w [*mm/obrót*].

- Prędkość obrotową n [*obr/min*] oblicza się na podstawie szybkości skrawania v w [*m/min*], posługując się następującą zależnością:

$$n = 318\,\frac{v}{D}\ (2)$$

gdzie:
D – średnica obróbki w [*mm*]

- Dla wykonania tych zabiegów niezbędne są czynności pomocnicze, które określa się na podstawie tablic normatywów czasu – czas ich trwania t_p. Możliwe jest wtedy obliczenie czasu t_w operacji w minutach jako sumy dwóch czasów:

$$t_w = t_g + t_p\ (3)$$

- *Czas pomocniczy* (zabiegu lub operacji) t_p — „jest to czas trwania czynności pomocniczych: zamocowania i odmocowania przedmiotu oraz czynności związanych ze zmianami stanowisk, położeń, zabiegów i przejść, przypadający na jeden obrabiany przedmiot lub jeden zmontowany podzespół lub zespół".
- Z kolei posługując się normatywami wskaźnikowymi oblicza się czas uzupełniający t_u w minutach jako:

$$t_u = t_w * (10 \div 25)\%\ (4)$$

- *Czas uzupełniający* operacji t_u – „nazywa się czas poświęcony przez robotnika (średnio na jeden przedmiot obróbki lub jeden montowany podzespół lub zespół) dla wykonania tego rodzaju czynności jak utrzymanie w należytym stanie organizacyjnym i technicznym stanowiska pracy, czynności fizjologiczne i niezbędny odpoczynek".
- *Czas kalkulowany* (*lub czas operacji*) – „czas jaki jest potrzebny do przeprowadzenia operacji dla jednego przedmiotu. Czas określa ilość pracy do wykonania pojedynczego elementu".

Definicje tą można wyrazić wzorem (5):

$$t_o = t_w + t_u + \left(\frac{t_{pz}}{n_s}\right)\ (5)$$

gdzie:
t_{pz} – *Czas przygotowawczo – zakończeniowy* zależny jest z przygotowaniem do przeprowadzenia i zakończenia danej operacji technologicznej.

- Teraz można określić *czas wykonania serii*. Jest to iloczyn liczby sztuk n_s oraz czasu operacji, który wyraża się wzorem (6):

$$t_{serii} = t_o * n_s\ (6)$$

2. Dokumentacja technologiczna

Przedstawione powyżej wyznaczenie czasów obróbki wykonano dla trzech podstawowych rodzajów produkcji: jednostkowej, seryjnej i masowej. Dla każdej z tych seryjności opracowano dokumentację technologiczną (kartę technologiczną, kartę instrukcyjną, kartę normowania obróbki).

2.1. Karta technologiczna dla produkcji jednostkowej

PWSZ WŁOCŁAWEK	**KARTA TECHNOLOGICZNA**		Nr. rys. **01**
	Nazwa części: **Korpus**		
Opracował: Sławomir Zieliński	**Data:** 10.12.2016	Półwyrób: Pręt + arkusz blachy	Produkcja jednostkowa (szt. 5)

Lp.	**Treść operacji:**	**Stanowisko**
10	Tocznie wg. instrukcji nr 1	Tokarka produkcyjna
20	Cięcie wg. instrukcji nr 2	Przecinarka tarczowa
30	Frezowanie wg instrukcji nr 3	Frezarka pozioma
40	Spawanie wg instrukcji nr 4	Spawalnia
50	Trasowanie według instrukcji nr 5	Warsztat
60	frezowanie według instrukcji nr 6	Frezarka pionowa
70	Trasowanie wg instrukcji nr 7	Traserskie
80	Wiercenie wg instrukcji nr 8	Wiertarka kolumnowa
90	Wiercenie/frezowanie wg instrukcji nr 9	Wiertarko frezarka

2.2. Karta technologiczna dla produkcji seryjnej

PWSZ WŁOCŁAWEK	KARTA TECHNOLOGICZNA Nazwa części: **Korpus**		Nr. rys. **01**
Opracował: Sławomir Zieliński	**Data:** 18.01.2017	Półwyrób Odlew piaskowy	Produkcja seryjna (szt. 5000)

Lp.	Treść operacji:	Stanowisko
10	Frezować według instrukcji nr 1	Frezarka pozioma
20	Frezować według instrukcji nr 2	Frezarka pozioma
30	Frezować według instrukcji nr 3	Frezarka pozioma
40	Wiercić wg instrukcji nr 4	Wiertarka kolumnowa
50	Wiercić i gwintować według instrukcji nr 5	Wiertarka kolumnowa
60	Frezować wg instrukcji nr 6	Frezarka pozioma
70	Wiercić i gwintować wg instrukcji nr 7	Wiertarka kolumnowa
80	Kontrola produktu	Kontrola jakości

2.3. Karta technologiczna dla produkcji masowej

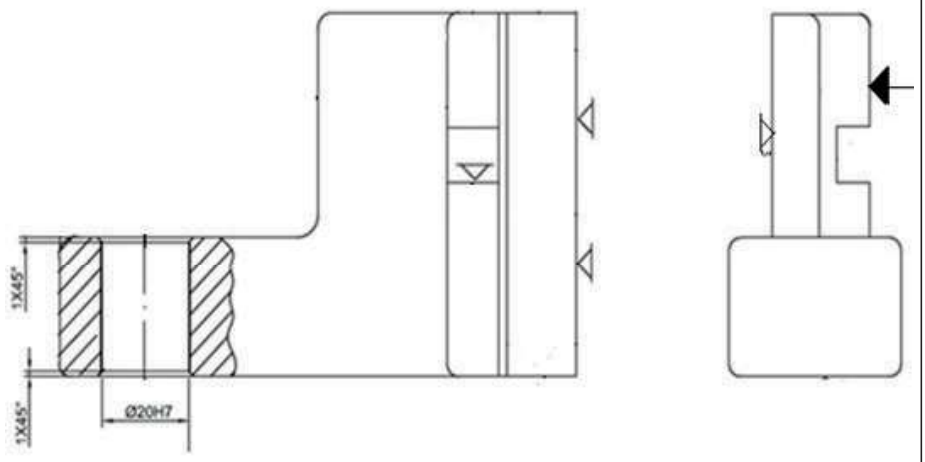
PWSZ WŁOCŁAWEK	KARTA TECHNOLOGICZNA Nazwa części: **Korpus**		Nr. Rys. **01**
Opracował: Sławomir Zieliński	**Data:** 18.01.2018	Półwyrób Odlew ciśnieniowy	Produkcja masowa (szt. 100 000)

Lp.	Treść operacji:	Stanowisko	
10	- Jednocześnie wiercić i frezować wykorzystując jednostki obróbkowe od 10 do 50	Poz. 1	Obrabiarka zespołowa
	- Jednocześnie wiercić i frezować wykorzystując jednostki obróbkowe od 60 do 90	Poz. 2	
	- Jednocześnie wiercić wykorzystując jednostki obróbkowe 100 i 110	Poz. 3	
	- Jednocześnie wiercić i frezować wykorzystując jednostki obróbkowe 120 i 130	Poz. 4	
20	Kontrola jakości wg instrukcji nr. 7	K.T.	

2.4. Przykładowa instrukcja obróbki

PWSZ WŁOCŁAWEK	**INSTRUKCJA OBRÓBKI nr 4**		Nr. rys. **01**
	Nazwa części: **Korpus**		Nr. operacji: **40**
Opracował: Sławomir Zieliński	**Data:** 18.01.2017	**Wiercenie**	Produkcja seryjna (szt. 5000)

Lp.	Treść zabiegu	
1	Zamocować przedmiot	
2	Wiercić przelotowo otwór ϕ 10	
3	Powiercać otwór ϕ 19,5	
4	Fazować obustronnie 1,3x450	
5	Rozwiercać zgrubnie ϕ 19,7	
6	Rozwiercać wykańczająco ϕ 20H7	
7	Odmocować przedmiot	



Przyrząd wiertarski specjalny	Wiertło ϕ 10, rozwiertak zgrubny ϕ 19,7 / rozwiertak dokładny 20H7/ pogłębiacz stożkowy	Sprawdzian tłoczkowy ϕ 20H7	Wiertarka kolumnowa
Uchwyty	**Narzędzia**	**Sprawdziany**	**Stanowisko**

Z analizy powyżej przedstawionych kart technologicznych wynikają następujące informacje:

1) zróżnicowane są postacie półwyrobów, pozwalające na zmniejszanie ilości usuwanego w obróbce skrawaniem materiału wraz ze wzrostem seryjności produkcji;
2) zróżnicowany jest przebieg procesu technologicznego, z którego widać już w tym miejscu wzrost wydajności wraz ze wzrostem seryjności produkcji;
3) zróżnicowane jest zastosowanie parku obrabiarkowego od obrabiarek uniwersalnych w produkcji jednostkowej poprzez oprzyrządowane obrabiarki produkcyjne w produkcji seryjnej na obrabiarkach specjalistycznych w produkcji masowej kończąc.

Świadczy to o wyraźnych różnicach w przebiegu procesu technologicznego oraz w podstawowych środkach produkcji, które są praktycznie stosowane w rozważanych rodzajach produkcji.

3. Zestawienie pracochłonności i produkcyjnych kosztów wykonania

Pracochłonność produkcji rozumie się jako sumę czasów operacji dla każdej seryjności produkcji. W tabeli 2 przedstawiono sumaryczne zestawienie tych czasów dla każdej z seryjności.

Tabela 2. Zestawienie sumarycznych czasów operacji

Suma czasów operacji dla produkcji:		
Jednostkowej	Seryjnej	Masowej
132,18 min.	19,39 min	1,85 min

Źródło: Opracowanie własne.

Określenie kosztów jest istotnym elementem planowania produkcji. Dzięki znajomości kosztów możliwe jest odpowiednie podejmowanie decyzji, określenie polityki cenowej, planowanie zmian strukturalnych mających na celu zmniejszenie kosztów wykonania produktu. Koszty obróbki zmieniają się w zależności od wielkości wykonywanej seryjności. Wpływające na koszty produkcji mają zmiany zarówno w zakresie technologicznym, jak i organizacyjnym. Możliwe jest wyznaczenie wielkości serii, przy której koszt wykonania przedmiotu będzie najniższy.

2.5. Przykładowa karta normowania czasu obróbki

PWSZ WŁOCŁAWEK	Karta normowania obróbki	Nazwa części: **Korpus**	Symbol: **ZilP-04**
	Nazwa operacji: ***Wiercenie***	Stanowisko robocze: ***Wiertarka kolumnowa***	Nr operacji: ***40***
Rodzaj materiału: ***GJL-250***	Półfabrykat: ***Odlew***	Liczba szt. w serii n_s: **5000**	t_{pz} [min] **42**

Nr zabiegu	Treść zabiegu	Narzędzia skrawające			Narz. pomiarowe		Wymiary obrabianych powierzchni				Warunki obróbki						Czas główny t_g [min]	Czas pomocniczy t_p [min]			
		Nazwa	Symbol	Wymiary	Nazwa	Symbol	Średnica D [mm]	Długość l [mm]	Dobieg i wybieg [mm]	Dł. Obliczeniowa L [mm]	Naddatek [mm]	Głębokość skrawania a_p [mm]	Liczba przejść i	Prędkość skrawania V_c [m/min]	Posuw f [mm/Obr]	Liczba obrotów n [Obr/min]		Przemocowanie	Związany z zab.	Zmiana war. Obr.	Pomiar
1.	Zamocować	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-
2.	Wiercić przelotowo otwór Φ10	Wiertło Φ10	HSS	10	-	-	10	30	4	34	-	-	1	35	0,15	1120	0,20	-	0,08	0,03	-
3.	Powiercać otwór Φ19,5	Wiertło Φ19,5	HSS	19,5	-	-	19,5	30	5	35	9,5	4,75	1	28	0,4	450	0,16	-	0,08	0,06	-
4.	Fazować obustronnie 1,5x45^0	Pogłębiacz stożkowy	NWS	25	-	-	20	1,3	2	3,3	0,5	0,25	1	6	0,27	100	0,12	-	0,08	0,03	-
5.	Rozwiercać zgrubnie Ø19,7	Rozwiertak Φ19,7	HSS	19,7	-	-	19,7	30	7	37	0,2	0,1	1	27	0,4	450	0,18	-	0,06	0,03	-
6.	Rozwiercać wykańczająco Ø20H7	Rozwiertak Ø20H7	HSS	20	-	-	20	30	14	44	0,3	0,15	1	11	0,8	180	0,31	-	0,06	0,03	0,2
7.	Odmocować korpus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-

Opracował:	Sprawdził:	Zatwierdził:				
Sławomir Zieliński			Razem:	1,022	1,34	
			Czas uzupełniający: t_u=10%∑(t_g+t_p)=		0,236	[min]
			Czas operacji: t_o=		2,607	[min]
			Czas wykonania serii: t_{serii}=		217,2	[h]

Wyliczenie czasu wykonania operacji jest niezbędne do określenia kosztów wykonania, które są iloczynem godzinowego kosztu pracy obrabiarki (tabela 3) i obliczonego powyżej czasu operacji, powiększonym o koszt specjalistycznego oprzyrządowania.

$$KW = \frac{K_g * t_o}{60} + \frac{K_{op}}{n_s} \quad (11)$$

gdzie:
K_W – koszt wykonania *[zł]*
K_g – koszt godzinowy pracy obrabiarki [*zł/h*]
n_s – liczba sztuk w serii
t_o – czas wykonania operacji [*min*]
K_{op} – koszt oprzyrządowania [*zł*]

Tabela 3. Orientacyjny koszt obróbki

Rodzaj obrabiarki	**Orientacyjny koszt godzinowy [zł/h]**
Wiertarka stołowa	24
Wiertarka kadłubowa	40
Wiertarka pozioma	50
Wiertarko-frezarka	80
Tokarka	60
Frezarka	50
Przecinarka tarczowa	22
Spawarka	30
St. tokarskie	20

Źródło: dr inż. Józef Kaczmarek *Projektowanie z technologii maszyn* Łódź Politechnika Łódzka 2008.

Tabela 4. Zestawienie kosztów dla produkcji jednostkowej

L.p.	Nr operacji	Czas operacji [min]	Koszt wykonania 1 szt.	Koszt wykonania serii (5 szt.)
1	2	3	4	5
1	10	7,49	7,49 zł	37,43 zł
2	20	10,77	3,95 zł	29,56 zł
3	30	11,99	9,99 zł	39,46 zł

1	2	3	4	5
4	30 c.d.	13,70	13,92 zł	139,05 zł
5	40	10	5,00 zł	70,04 zł
6	50	10	3,33 zł	16,67 zł
7	60	8,82	7,35 zł	24,50 zł
8	60 c.d.	11,34	9,45 zł	69,46 zł
9	70	10	3,33 zł	31,94 zł
10	80	10,54	7,03 zł	23,42 zł
11	80 c.d.	12,58	8,39 zł	58,93 zł
12	90	11,96	15,95 zł	133,74 zł
	Suma	132,18	87,68 zł	673,29 zł

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5. Zestawienie kosztów dla produkcji seryjnej

Nr operacji	Koszt uchwytu [zł]	Czas operacji [min]	Liczba sztuk w serii			
			5000	500	50	388 zł
10	3500	1,877	3,52 zł	9,82 zł	72,82 zł	11,84 zł
20	2000	3,43	3,26 zł	6,86 zł	42,86 zł	8,01 zł
30	2000	1,935	2,56 zł	6,16 zł	42,16 zł	7,31 zł
40	3500	2,607	2,44 zł	8,74 zł	71,74 zł	10,76 zł
50	2300	4,336	4,80 zł	8,94 zł	50,34 zł	10,26 zł
60	2500	2,13	2,28 zł	6,78 zł	51,78 zł	8,22 zł
70	3500	2,425	2,92 zł	9,22 zł	72,22 zł	11,24 zł
	Suma kosztów [zł]	19,395 min	21,76 zł	56,50 zł	403,90 zł	67,65zł

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 6. Zestawienie kosztów dla produkcji masowej

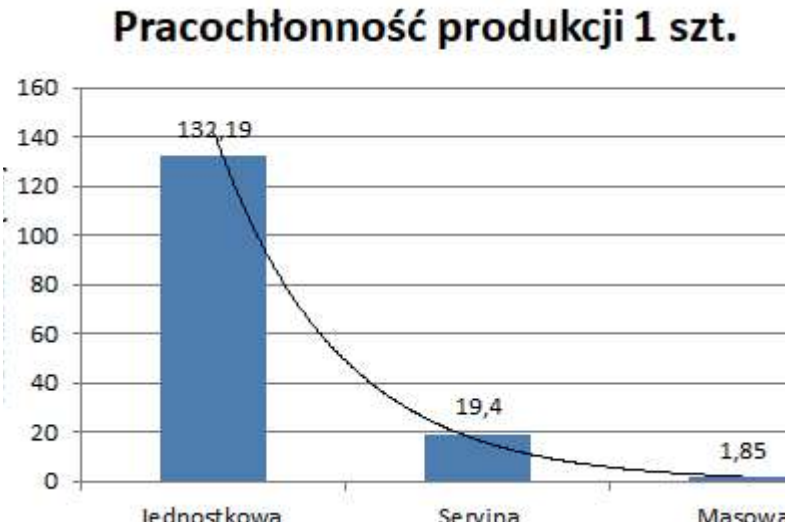
Koszt roboczogodziny 120 [zł]					
Nr operacji	Koszt maszyny [zł]	Czas operacji [min]	Liczba sztuk w serii		
			100000	50000	5000
10	1000000		13,70 zł	23,70 zł	203,70 zł
	Suma kosztów [zł]	1,85 min	13,70 zł	23,70 zł	203,70 zł

Źródło: opracowanie własne.

PODSUMOWANIE

Z rysunku 3 widać, że w porównaniu z produkcją jednostkową, pracochłonność produkcji seryjnej jest około 7 razy mniejsza, a produkcji masowej około 72 razy mniejsza.

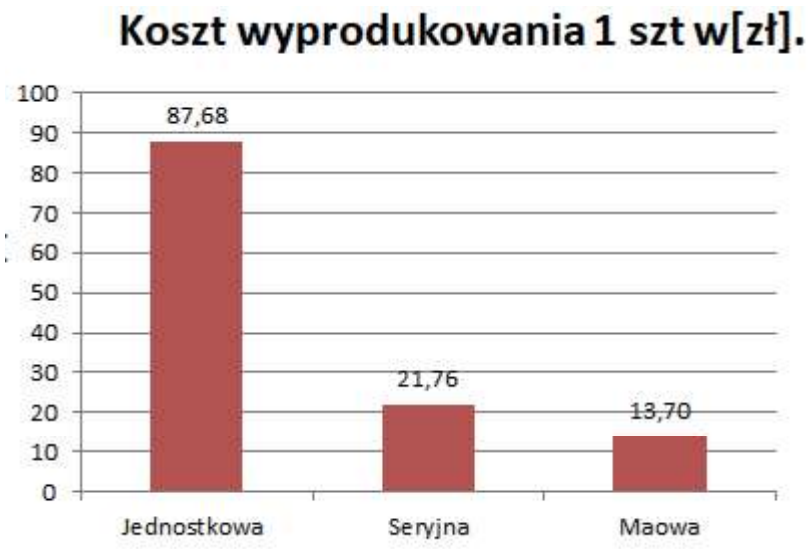
Rysunek 3. Zależność pracochłonności od seryjności produkcji



Źródło: opracowanie własne.

Z rysunku 4 widać, że w porównaniu z produkcją jednostkową koszt produkcji seryjnej jest około 4 razy mniejszy, a produkcji masowej aż około 6,5 razy mniejszy.

Rysunek 4. Zależność kosztu wyprodukowania 1 szt. w zależności od seryjności [zł]



Źródło: opracowanie własne.

Zastosowanie środków produkcji mają zakresy stosowalności wydajnościowej co do następujących liczb sztuk:

- produkcję jednostkową $n = 1 \div 388$,
- produkcję seryjną $n = 388 \div 50000$,
- produkcję masową $n = 50000 \div \infty$.

Zastosowanie środków produkcji mają zakresy stosowalności ekonomicznej co do pracochłonności w godzinach:

- produkcję jednostkową $t = 2{,}2 \div 855$,
- produkcję seryjną $t = 854{,}8 \div 1616$,
- produkcję masową $t = 1616 \div \infty$.

Bibliografia:

Duraj J. *Podstawy ekonomiki przedsiębiorstwa* Warszawa PWE 2002.

Feld M.: *Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn.* WN-T, Warszawa 2000.

Internet *Wikipedia*.

Kaczmarek J., *Projektowanie z technologii maszyn* Łódź Politechnika Łódzka 2008.

Wołk R., *Normowanie czasu pracy na obrabiarkach do obróbki skrawaniem* Warszawa WNT 1972.