Dominik Mazurek
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa we Włocławku

PROCES OBRÓBKI PRZEDMIOTU KLASY KORPUS W LINII OBRÓBKOWEJ ORAZ ZAŁOŻEŃ KONSTRUKCYJNYCH TEJ LINII

Process of machining a workpiece body in machine production line and construction assumptions of this line

Streszczenie:
W artykule został opracowany proces obróbki przedmiotu klasy korpus w linii obróbkowej. Na potrzeby tego procesu wykonano: schemat uchwytu obróbkowego z odpowiednim ustaleniem i zamocowaniem przedmiotu, opracowano wymaganą dokumentację technologiczną oraz opracowano założenia konstrukcyjne linii obróbkowej, a także obliczono wydajność tej linii.
Słowa kluczowe: linia obróbkowa, założenia konstrukcyjne, dokumentacja technologiczna

Abstract:
The paper presents the machining of a body-class object in a machining line. For the purposes of this paper the following were prepared: schematics for a machining clamp with an appro-priate setting and fitting the object, required technical documentation was prepared and the construction guidelines for the machining line were specified, including an estimation of the efficiency of the line itself.
Keywords: machining line, construction guidelines, technical documentation

1. Wstęp

Produkcja wielkoseryjna oraz masowa charakteryzują się wytwarzaniem dużej liczby jednego typu wyrobów, elementów lub części (powyżej 50 000 szt.) o budowie identycznej lub bardzo zbliżonej konstrukcyjnie do siebie. Wytwarzane produkty są powtarzalne, identyczne, co gwarantuje wysoką ich jakość. Produkcja masowa jest procesem stałym wykorzystującym wysoko wyspecjalizowane stanowiska produkcyjne gwarantujące wysoką niezawodność systemu. Produkt w czasie trwania procesu produkcji powinien znajdować się w ruchu, być ciągle poddawany obróbce oraz przemieszczać się pomiędzy odpowiednimi stanowiskami produkcyjnymi. Taki typ produkcji daje możliwość zatrudnienia mniej wykwalifikowanej kadry

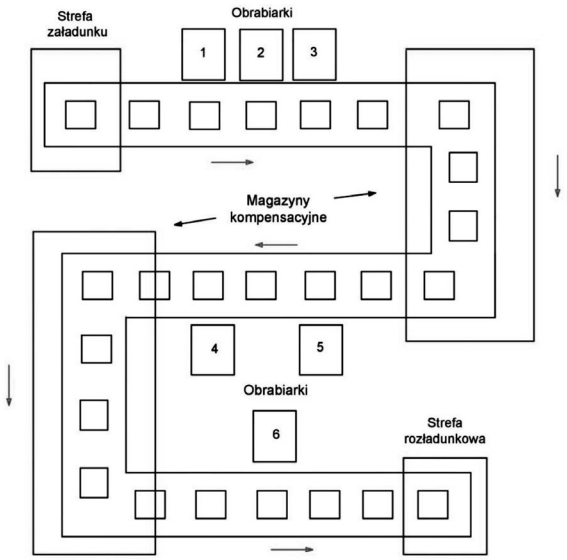
pracowników produkcji, gdyż odpowiadają tylko za dokładanie narzędzi do magazynów narzędziowych oraz mocowanie przedmiotu w ergonomicznych uchwytach obróbkowych. Ten wariant cechuje się wysoką ciągłością pracy, ponieważ stanowiska obróbkowe umiejscowione są najczęściej jedno za drugim. W linii przedmioty przemieszczają się za pośrednictwem taśmociągu lub po prowadnicach, co zmniejsza czas potrzebny na przetransportowanie przedmiotu do kolejnego stanowiska. Ciągłe wykonywanie tych samych operacji daje możliwość udoskonalania linii produkcyjnej.

Istnieją pewne wady produkcji wielkoseryjnej i masowej:

- brak możliwości przestawienia maszyn na inny produkt lub czynność z tym związana jest skomplikowana i w większości przypadków mało opłacalna,
- ograniczona liczba rodzajów wytwarzanych produktów,
- niska elastyczność, zmienność produkcji, gdyż linia obróbkowa jest opracowana tylko do produkcji określonych produktów lub elementów, ponieważ jej modyfikacja wiąże się z dodatkowymi kosztami modyfikacyjnymi linii.

2. Linie obróbkowe

Rysunek 1. Linia obróbkowa segmentowa



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Honczarenko J., Elastyczna automatyzacja wytwarzania: obrabiarki i systemy obróbkowe, WNT, Warszawa 2000.

Linie obróbkowe znajdują swoje zastosowanie w produkcji wielkoseryjnej i masowej. Są one kosztowne, ale ten koszt podzielony przez dużą liczbę sztuk jest zwykle dużo mniejszy niż w innych typach produkcji. Każda linia składa się z wielu stanowisk do których można zaliczyć:

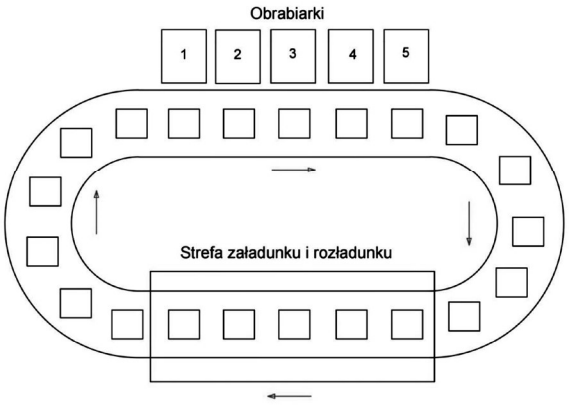
- stanowiska obróbkowe (robocze),
- stanowiska załadowcze i wyładowcze,
- stanowiska buforowe, kompensacyjne (lecz nie zawsze).

Linie obróbkowe najczęściej budowane są jako:

- segmentowe z magazynami kompensacyjnymi (rys. 1),

- liniowo-kołowe z centralną stacją załadunkowo-rozładunkową (rys. 2),

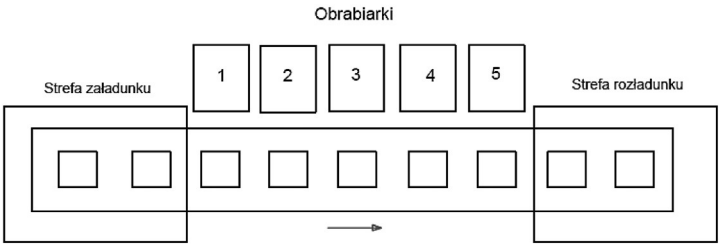
Rysunek 2. Linia obróbkowa liniowo-kołowa



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Honczarenko J., Elastyczna automatyzacja wytwarzania: obrabiarki i systemy obróbkowe, WNT, Warszawa 2000.

- jednorzędowe z wydzielonymi stacjami załadunku i rozładunku (rys. 3).

Rysunek 3. Linia obróbkowa jednorzędowa



Źródło: Honczarenko J., Elastyczna automatyzacja wytwarzania: obrabiarki i systemy obróbkowe, WNT, Warszawa 2000.

Przedmioty wykonywane na liniach obróbkowych muszą należeć do grona elementów technologicznie podobnych lub być wszystkie jednakowe. Linie zbudowane są z jednostek obróbczych frezarskich, wytaczarskich i wiertarskich. Jednostki te czasem są wyposażone w więcej niż jedno wrzeciono, takie jednostki nazywają się wielowrzecionowymi. Zastosowanie jednostek wielowrzecionowych daje możliwość jednoczesnego np. wiercenia, wytaczania kilku otworów lub frezowania kilku powierzchni wspólnie. Jednostki wyposażone są często w oprawki narzędziowe, które umożliwiają szybką wymianę narzędzia po jego stępieniu. Przedmiotami poddawanymi obróbce na takich liniach są najczęściej półfabrykaty lub półwyroby

wykonane ze stopów aluminium lub żeliw. Użycie takich materiałów związane jest z ich dobrą skrawalnością i technologicznością.

Przedmioty obrabiane na linii obróbkowej mocowane są najczęściej ręcznie lub przy pomocy chwytaków w uchwycie. Zastosowanie odpowiedniego uchwytu daje możliwość przeprowadzenia w nim wszystkich operacji bez potrzeby przemocowywania przedmiotu obrabianego. Uchwyt z zamocowanym w nim przedmiotem przesuwa się skokowo od jednostki obróbczej do następnej jednostki.

Istotnym elementem obróbki w linii jest to, aby linia miała zachowany takt linii – czyli, aby wszystkie czynności na poszczególnych stanowiskach (jednostkach) trwały przybliżony czas, co daje płynną prace linii oraz eliminuje nadmierny przestój przedmiotu na określonym stanowisku. O wielkości taktu linii decyduje najdłuższy czas wykonywania zabiegów na poszczególnych stanowiskach. Według tego reszta czasów powinna być dostosowana, czyli powinny być wydłużone czasy niektórych operacji. Jeśli czas którejś operacji jest zdecydowanie dłuższy od pozostałych, to wykonuje się ją na dwóch jednakowych stanowiskach.

Na końcu linii przedmiot wyjmowany jest z uchwytu obróbkowego, który wędruje po niej na początek, aby móc być powtórnie wykorzystanym do obróbki kolejnego przedmiotu. Wyjęty z uchwytu przedmiot może zostać poddany kontroli technicznej oraz zostać umyty np. w myjce ultradźwiękowej i ewentualnie zakonserwowany. Przykładową linie obróbkową przedstawia rys. 4. Linia ta składa się z taśmociągu, po którym przemieszcza się przedmiot na palecie obróbkowej. Obróbka przedmiotu w większości odbywa się poprzez ustawione naprzeciw siebie maszyny, co wpływa korzystnie na czas produkcji. Przedmiot jest „penetrowany" przez narzędzia obustronnie.

3. Przebieg procesu obróbkowego przedmiotu klasy korpus w linii obróbkowej

3.1. Wstęp do procesu i rysunek obrabianego korpusu

Założono, że obrabiany korpus (rys. 6) jest w postaci półwyrobu jako odlew kokilowy wykonany ze stopu aluminium AK9, posiadającego następujące właściwości Rm = 193 MPa oraz twardość HB = 68.

Korpus, który trafi na linię, został wstępnie obrobiony przez wykonawcę poprzez usunięcie wypływek oraz wypiaskowanie.

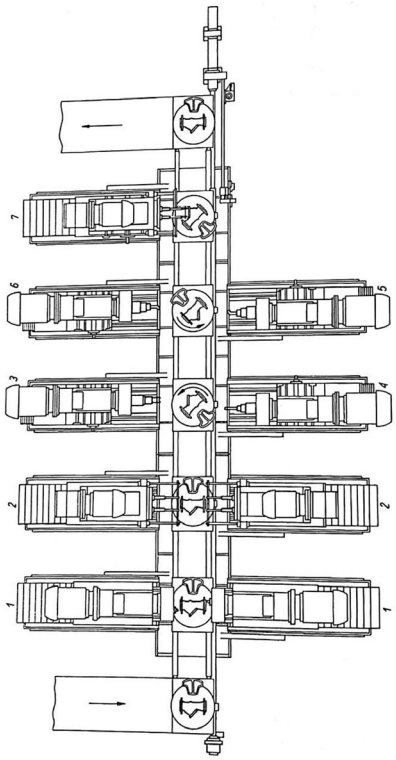
3.2. Schemat uchwytu obróbkowego specjalnego

Zastosowany w procesie uchwyt specjalny dostosowany jest do przyjętego korpusu i jego zadaniem jest ustalenie położenia korpusu w kierunkach mających wpływ na wynik obróbki oraz zamocowanie korpusu w celu zapewnienia mu niezmiennego położenia w czasie obróbki, a także ustalenie położenie narzędzia względem przedmiotu.

Schemat ustalenia korpusu w uchwycie obróbkowym przedstawia rysunek 7. Ustalenie odbiera 6 stopni swobody. Uchwyt specjalny przedstawiony jest w postaci schematycznej na rys. 7. Budowa uchwytu jest wspornikową konstrukcją płytową, spawaną. Obrabiany korpus oparty jest na sześciu kołkach ustalających oraz zamocowany przy pomocy dwóch śrub dociskowych zakończonych talerzykami o większej powierzchni gwarantującym większą powierzchnię dociskową, co zapobiega odkształceniu przedmiotu przez końcówki śrub. Zaproponowany uchwyt składa się z następujących części:

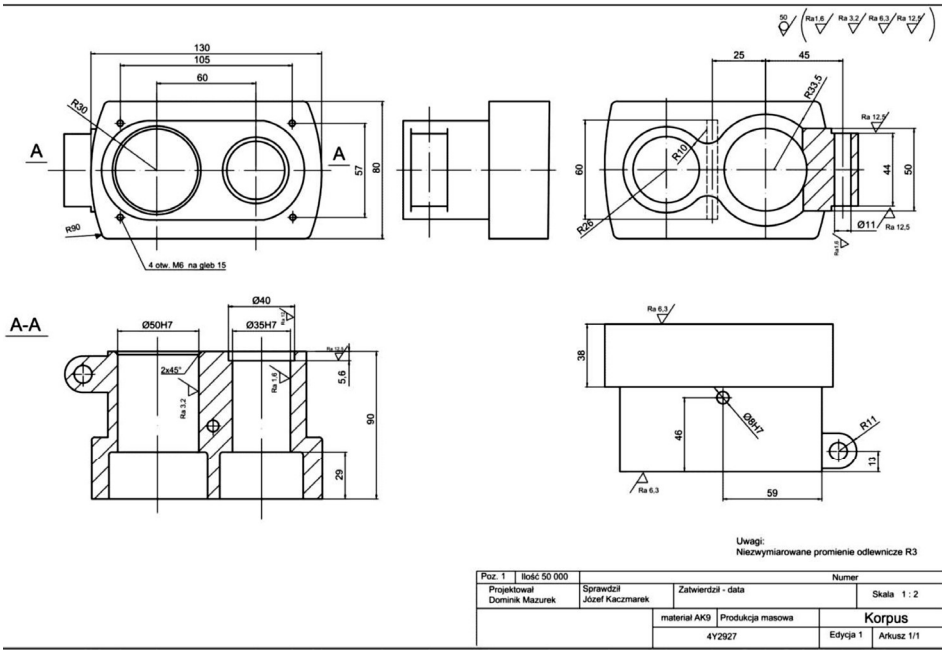
- podpór punktowych (6 sztuk),
- zespołu tulejek do wykonania otworu Ø8H7 (1 sztuka),
- tulejka pod otwór Ø11 (1 sztuka),
- śrub mocujących M10 z kołnierzem (2 sztuki),
- korpusu uchwytu,
- tulejek pod otwór Ø5 (gwint M6) (4 sztuki).

Rysunek 5. Przykładowa linia obróbkowa do obróbki korpusu zaworu



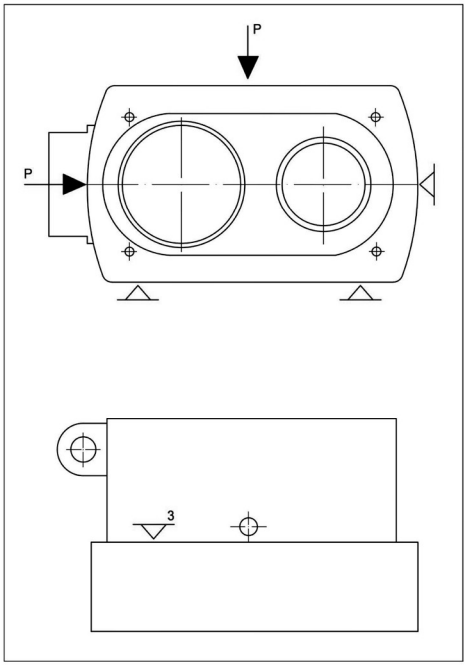
Źródło: Feld M. Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn. WNT, Warszawa 2018.

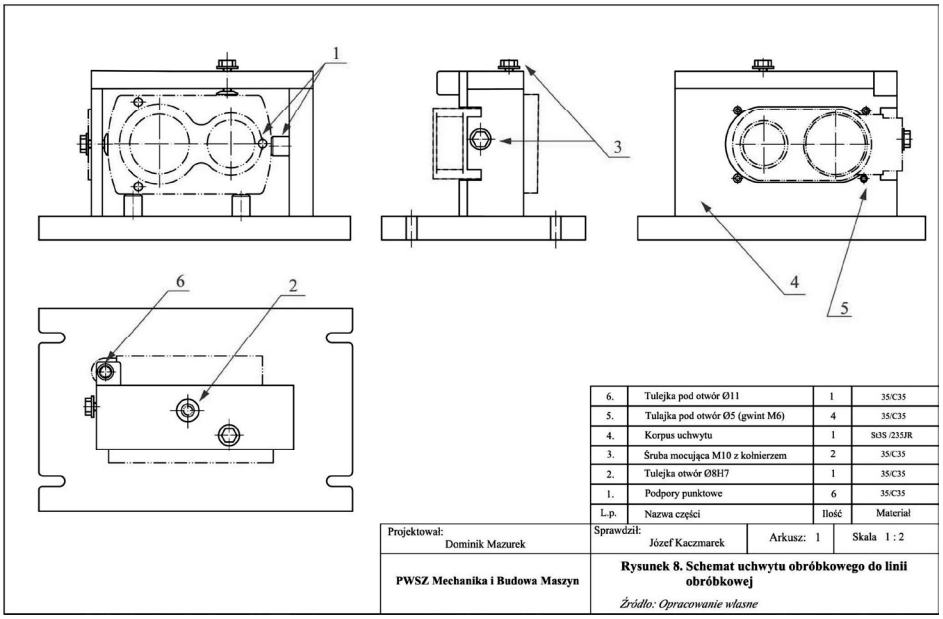
Rysunek 6. Rysunek obrabianego korpusu



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 7. Schemat ustalenia korpusu w uchwycie obróbkowym





Źródło: Opracowanie własne.

3.3. Karta technologiczna

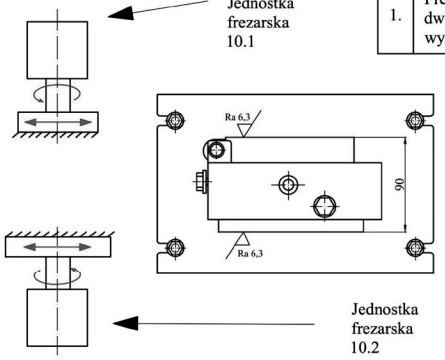
PWSZ WŁOCŁAWEK	**KARTA TECHNOLOGICZNA** Nazwa części: **Korpus**		Nr. rys. **PW.00.00.01**
Opracował: Dominik Mazurek	**Data:** 10.01.19	Półwyrób Odlew kokilowy	Produkcja masowa (szt. 100 000)

Pozycja	**Treść operacji:**	**Stanowisko**
10	Frezowanie wg instrukcji nr 1	Jednostki frezarskie
20	Wytaczać zgrubnie wg instrukcji nr 2	Jednostka wytaczarska
30	Wytaczać dokładnie wg instrukcji nr 3	Jednostka wytaczarska
40	Wiercenie wg instrukcji nr 4	Jednostka wiertarska
50	Frezowanie wg instrukcji nr 5	Jednostka frezarska
60	Wiercenie wg instrukcji nr 6	Jednostka wiertarska
70	Kontrola techniczna ostateczna wg instrukcji nr 10	K.T.

3.4. Instrukcje obróbkowe

PWSZ WŁOCŁAWEK	INSTRUKCJA OBRÓBKI nr. 1	Nr. rysunku: DM 00.01	Nr. operacji: 10	Wielkość procukcji: 100 000 sztuk	Opracował: Dominik Mazurek	Data: 10.01.19
		Materiał: AK9	Nazwa części: Korpus	Nazwa operacji: Frezowanie		

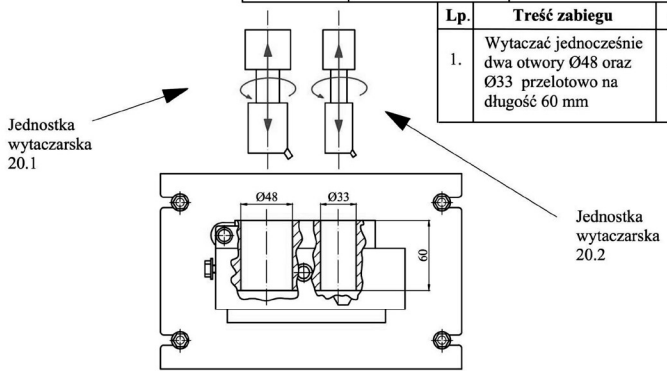
Lp.	Treść zabiegu	Numer jednostki	Numer narzędzia
1.	Frezowć jednocześnie dwie powierzchnie na wymiar 90 mm	10.1 10.2	1, 2



Uchwyt	Narzędzia:	Stanowisko
Uchwyt specjalny	1. Frez walcowo-czołowy Ø100 2. Frez walcowo-czołowy Ø80	Jednostka frezarska (pozycja 1)

PWSZ WŁOCŁAWEK	INSTRUKCJA OBRÓBKI nr. 2	Nr. rysunku: DM 00.01	Nr. operacji: 20	Wielkość procukcji: 100 000 sztuk	Opracował: Dominik Mazurek	Data: 10.01.19
		Materiał: AK9	Nazwa części: Korpus	Nazwa operacji: Wytaczanie zgrubne		

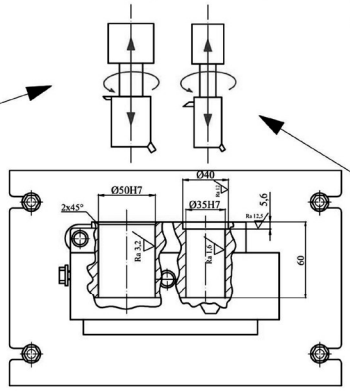
Lp.	Treść zabiegu	Numer jednostki	Numer narzędzia
1.	Wytaczać jednocześnie dwa otwory Ø48 oraz Ø33 przelotowo na długość 60 mm	20.1 20.2	1, 2



Uchwyt	Narzędzia:	Stanowisko
Uchwyt specjalny	1. Wytaczak E08K-SCLCR/L 06-R 2. Wytaczak E08K-SCLCR/L 06-R	Jednostka wytaczarska (pozycja 2)

PWSZ WŁOCŁAWEK	INSTRUKCJA OBRÓBKI nr. 3	Nr. rysunku: DM 00.01	Nr. operacji: 30	Wielkość procukcji: 100 000 sztuk	Opracował: Dominik Mazurek	Data: 10.01.19
		Materiał: AK9		Nazwa części: Korpus	Nazwa operacji: Wytaczanie dokładne	

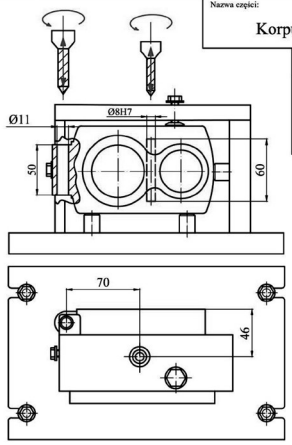
Lp.	Treść zabiegu	Numer jednostki	Numer narzędzia
1.	Wytaczać jednocześnie dwa otwory: - Ø50H7 przelotowo i fazować krawędz 2x45° - Ø35H7 przelotowo, również wytoczyć Ø40 na 5,6	30.1 30.2	1, 2



Uchwyt	Narzędzia: 1. Zespołowe wytaczadło Ø50H7 z nożem do fazowania 2. Zespołowe wytaczadła Ø35H7 z nożem do Ø40 i nożem do fazowania	Stanowisko
Uchwyt specjalny		Jednostka wytaczarska (pozycja 3)

PWSZ WŁOCŁAWEK	INSTRUKCJA OBRÓBKI nr. 4	Nr. rysunku: DM 00.01	Nr. operacji: 40	Wielkość procukcji: 100 000 sztuk	Opracował: Dominik Mazurek	Data: 10.01.19
Materiał: AK9				Nazwa części: Korpus	Nazwa operacji: Wiercenie	

Lp.	Treść zabiegu	Numer jednostki	Numer narzędzia
1.	Jednocześnie wiercie dwa otowry Ø11 oraz Ø8H7 przelotowo	40.1	1, 2

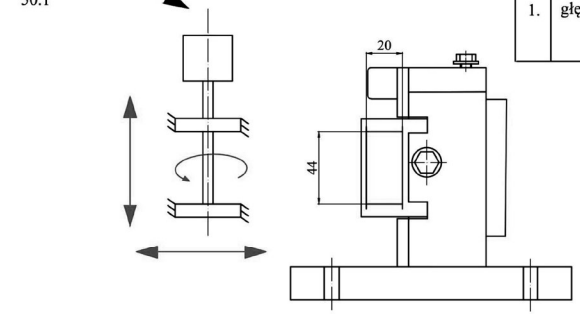


Uchwyt	Narzędzia: 1. Wiertło ze skorygowanym ścinem Ø11 860.1-1100-088A1-NM H10F 2. Wiertło ze skorygowanym ścienm Ø8H7 860.1-0800-064A1-NM H10F	Stanowisko
Uchwyt specjalny		Jednostka wiertarska (pozycja 4)

PWSZ WŁOCŁAWEK	INSTRUKCJA OBRÓBKI nr. 5	Nr. rysunku: DM 00.01	Nr. operacji: 50	Wielkość procukcji: 100 000 sztuk	Opracował: Dominik Mazurek	Data: 10.01.19

Nazwa części:	Nazwa operacji:
Korpus	Frezowanie

Lp.	Treść zabiegu	Numer jednostki	Numer narzędzia
1.	Frezowań na wymiar 44 głębokość 20	50.1	1

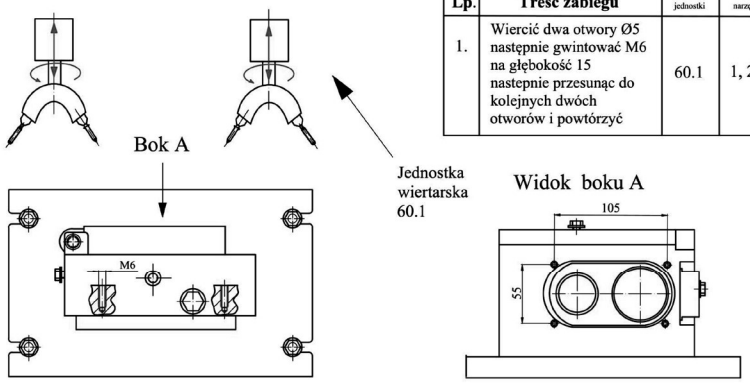


Uchwyt	Narzędzia:	Stanowisko
Uchwyt specjalny	1. Zespół frezów tarczowych Ø80 o rozstawie 44	Jednostka frezarska (pozycja 5)

PWSZ WŁOCŁAWEK	INSTRUKCJA OBRÓBKI nr. 6	Nr. rysunku: DM 00.01	Nr. operacji: 60	Wielkość procukcji: 100 000 sztuk	Opracował: Dominik Mazurek	Data: 10.01.19

Materiał:	Nazwa części:	Nazwa operacji:
AK9	Korpus	Wiercenie

Lp.	Treść zabiegu	Numer jednostki	Numer narzędzia
1.	Wiercić dwa otwory Ø5 następnie gwintować M6 na głębokość 15 nastepnie przesunąc do kolejnych dwóch otworów i powtórzyć	60.1	1, 2



Uchwyt	Narzędzia:	Stanowisko
Uchwyt specjalny	1. Wiertło Ø5 ze skorygowanym ścinem 2. Gwintownik maszynowy M6	Jednostka wiertarska (pozycja 6)

3.5. Karta kontroli technicznej

PWSZ Włocławek	**Instrukcja kontroli technicznej nr 7**		Nr rys. **DM 00.01**
	Nazwa części: **Korpus**		Nr. operacji: **70**
Opracował: Dominik Mazurek	**Data:** 10.01.19	**Przeprowadzić kontrolę ostateczną**	Produkcja masowa (szt. 100 000)
Dokonać pomiarów wg rysunku wykonawczego			

			Pomoce			
Lp.	**Czynność**	**% sprawdz.**	**Nazwa**	**Cecha**	**Wielkość**	**Ilość**
1	Sprawdzić wymiar 90	1	Suwmiarka	MAUa	150	1
2	Sprawdzić wymiar 38	1	Suwmiarka	MAUa	150	1
3	Sprawdzić wymiar 60	1	Suwmiarka	MAUa	150	1
4	Sprawdzić wymiar 105	1	Suwmiarka	MAUa	150	1
5	Sprawdzić wymiar 57	1	Suwmiarka	MAUa	150	1
6	Sprawdzić wymiar 44	1	Suwmiarka	MAUa	150	1
8	Sprawdzić wymiar 13	1	Suwmiarka	MAUa	150	1
9	Sprawdzić średnice Ø50H7	1	Sprawdzian tłoczkowy Ø50H7	MSCa	Ø50H7	1
10	Sprawdzić średnice Ø35H7, Ø40	1	Sprawdzian tłoczkowy Ø35H7,Ø40	MSCa	Ø50H7, Ø40	1
11	Sprawdzić głębokość 5,6	1	Suwmiarka	MAUa	150	1
12	Sprawdzić gwint M6	1	Sprawdzian do gwintów	MSBg	M6	4
13	Sprawdzić średnice Ø8H7, Ø11	1	Sprawdzian tłoczkowy Ø8H7,Ø11	MSCa	Ø8H7, Ø11	1
14	Sprawdzić gładkość powierzchni otworów Ø50H7, Ø35H7	1	profilometr	T-1000	200	1

3.5. Karta normowania czasu obróbki

ZAKŁAD MECHANIKI I BUDOWY MASZYN PWSZ WŁOCŁAWEK		**Karta normowania czasu obróbki**		
Rodzaj materiału: AK9		*Półfabrykat: Odlew kokilowy*		
Nr Zabiegu	**Treść zabiegu**	**Narzędzia skrawające**		
		Nazwa	Symbol	Wymiary
1	Mocowanie przedmiotu	-	-	-
2.1	Frezować na wymiar 90	Frez walcowo-czołowy	R245-100Q32-12H	100
2.2		Frez walcowo-czołowy	RA245-80R25-12H	80
3.1	Wytaczać Ø48 przelotowo	Wytaczak	E08K-SCLCR/L 06-R	125
3.3	Wytaczać Ø33 przelotowo	Wytaczak	E08K-SCLCR/L 06-R	125
4.1	Wytaczać Ø50H7 przelotowo fazować krawędz 2x45°	Wytaczak z ostrzem do fazowania	A20S-SDXCR 11-R	125
4.2	Wytaczać Ø35H7 przelotowo, również wytoczyć Ø40 na 5,6	Wytaczak	C5-SDUCR-17090-11	125
5.1	Wiercić Ø11 przelotowo	Wiertło	860.1-1100-088A1 -NM H10F	11
5.2	Wiercić Ø8H7 przelotowo	Wiertło	860.1-0800-064A1-NM H10F	8
6	Frezować na wymiar 44 głębokość 20	Zespół frezów tarczowych	N331.32C-080S27CM	80x6
7.	Wiercić dwa otwory Ø5 głębokość 20 (2 razy)	Wiertło ze skorygowanym ścinem	860.1-0500-040A1-NM H10F	5
	Gwintować dwa otwory M6 na głębokość 15 (2 razy)	Gwintownik maszynowy	E315M6	6
8	Odmocować przedmiot	-	-	-
Opracował:				*Spra*
Dominik Mazurek				*Józe*

							Nazwa części: Korpus						*Symbol: DM 00.01*				
							Liczba szt. w serii n_s:					100 000	t_{pz} [min]=	25			
Narzędzia pomiarowe		**Wymiary obrabianych powierzchni**					**Warunki obróbki**						**Czas główny *tg* [min]**	**Czas pomocniczy t_p [min]**			
Nazwa	Symbol	Średnica D [mm]	Długość *l* [mm]	Szerokość *B* [mm]	Dobieg i wybieg [mm]	Dł. Obliczeniowa *L* [mm]	Naddatek [mm]	Głębokość skrawania a_p [mm]	Liczba przejść *i*	Prędkość skrwania *Vc* [m/min]	Posuw *f* [mm/obr]	Liczba obrotów *n* [obr/min]		Przemocowanie	Związany z zab.	Zmiana war. obr.	Pomiar
-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**0,3**	-	-	-
Suwmiarka	MAUa	100	130	80	25	155	3	3	1	94	500	300	**0,31**	-	**0,15**	-	-
Suwmiarka	MAUa	80	110	60	25	135	3	3	1	101	500	400	0,27	-	0,11	-	-
Suwmiarka	MAUa	48	60	-	2	62	7	5	1	45,3	0,7	300	**0,3**	-	**0,22**	-	-
Suwmiarka	MAUa	33	60	-	2	62	7	5	1	31,1	0,7	300	0,3	-	0,18	-	-
Sprawdzian tłoczkowy	MSCa	50	60	-	2	62	2	2	1	71	0,45	450	**0,31**	-	**0,15**	-	-
Sprawdzian tłoczkowy	MSCa	35	60	-	2	62	2	2	1	50	0,45	450	0,31	-	0,13	-	-
Suwmiarka	MAUa	11	50	-	5,3	55,3	11	-	1	17,3	0,36	500	**0,31**	-	**0,2**	-	-
Sprawdzian tłoczkowy	MSCa	8	60	-	4,4	64,4	8	-	1	18,9	0,3	750	0,29	-	0,2	-	-
Suwmiarka	MAUa	80	20	3	43	65	3	3	1	20,1	200	80	**0,32**	-	**0,15**	-	-
Suwmiarka	MAUa	5	20	-	2	22	6	-	2	22	0,25	1400	**0,13**	-	**0,05**	-	-
Sprawdzian do gwintów	MSBg	6	15	-	3,7	18,7	1	-	2	24,5	0,2	1300	**0,15**	-	**0,05**	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**0,3**	-	-	**0,6**
							Razem:						**1,83**	**2,17**			
wdził:				*Zatwierdził:*			Czas uzupełniający: t_u=10%∑(t_g+t_p) = 0,68 [min] Czas kalkulowany: t_k = 4,68025 [min] Czas wykonania serii: t_{serii} = 7800,4 [h]										
f Kaczmarek				*Józef Kaczmarek*													

3.6. Przykładowe obliczenia czasów operacji

a) Operacja: 40; zabieg 5.1; treść zabiegu: wiercić Ø11 przelotowo; narzędzie: wiertło 860.1-1100-088A1-NM H10F (według Sandvik CoroPlus ToolGuide). Parametry skrawania użyte w poniższych wzorach np. prędkość, zostały podstawione z karty normowania czasu obróbki, która została opracowana na podstawie parametrów z Sandvik CoroPlus ToolGuide oraz książki Romualda Wołka pt. „Normowanie czasu pracy na obrabiarkach do obróbki skrawaniem".

Określenie prędkości obrotowej wrzeciona obrabiarki:

$$n = \frac{318 * v}{D} = \frac{318 * 17{,}3}{11} \approx 500 \text{ obr/min} \quad (1)$$

gdzie:
v – prędkość skrawanie [m/min]
D – średnica wiertła [mm]

Obliczenie czasu głównego:

$$t_g = \frac{L * i}{n * p} = \frac{55{,}3 * 1}{500 * 0{,}35} \approx 0{,}31 \text{ min} \quad (2)$$

gdzie:
L – długość obliczeniowa [mm]
i – liczba przejść
n – liczba obrotów [obr/min]
p – posuw [mm/obr]

b) czasy dla całego procesu

Obliczenie czasu uzupełniającego, który zależy od rodzaju produkcji oraz systemu obsługi stanowisk i waha się wu przedziale 10 ÷ 25 % czasu wykonania:

$$\mathrm{t_u} = 17\% * \sum\left(\mathrm{t_{gcał}} + \mathrm{t_p}\right) = 17\% * (1{,}83 + 2{,}17) = 0{,}68 \text{ min} \quad (3)$$

gdzie:
$t_{gcał}$ – czas główny całkowity [min]
t_p – czas pomocniczy [min]

Czas pomocniczy z powyższego wzoru nr 3 wynoszący 2,17 min składa się z sumy wszystkich czynności pomocniczych dla danych zabiegów, w którego skład wchodzą przemocowanie przedmiotu w uchwycie, czasy związane z zabiegiem, zmiany wartości obróbkowych oraz czas potrzebny na wykonanie niezbędnych pomiarów zawartych w karcie kontroli technicznej.

Obliczenie czasu kalkulowanego potrzebnego na wykonanie wszystkich potrzebnych zabiegów oraz czynności do wykonania przedmiotu:

$$t_w = t_{gcał} + t_p = 1{,}83 + 2{,}17 = 4 \text{ min} \qquad (4)$$

$$t_k = t_w + t_u + \left(\frac{t_{pz}}{n_s}\right) = 4 + 0{,}68 + \left(\frac{25}{100\,000}\right) = 4{,}68025 \text{ min} \qquad (5)$$

gdzie:
t_w – czas wykonania [min]
t_u – czas uzupełniający [min]
t_{pz} – czas przygotowawczo-zakończeniowy [min]
(wynosi $t_pz = 25$ – przyjmujemy z książki pt. „Normowanie czasu pracy na obrabiarkach do obróbki skrawaniem")
n_s – liczba sztuk

Obliczenie czasu wykonania serii:

$$\mathrm{t_{serii}} = \frac{\mathrm{t_k} * \mathrm{n_s}}{60} = \frac{4{,}68025 * 100000}{60} \approx 7800{,}4 \text{ h} \qquad (6)$$

Czas obróbki serii przyjętego przedmiotu w zaproponowanej linii obróbkowej wyniesie 7800 h co daje 325 dni nieprzerwanej pracy linii obróbkowej, czyli ok jeden rok pracy nad dana seria produktu.

4. Założenia konstrukcyjne linii obróbkowej

4.1. Wykaz obrabiarek w linii

Proponowana linia będzie wyposażona w sześć stacji, na których będzie pozycjonowany przedmiot. Poszczególne stacje będą wyposażone w jednostki obróbkowe wg tabeli 3.

Tabela 3. Wykaz zaproponowanych jednostek obróbkowych

Nr stacji	Wyposażenie stacji
1.	Dwie jednostki frezarskie poziome ustawione naprzeciw siebie – prędkości obrotowe 300 i 400 obr/min oraz posuw 500 mm/min
2.	Jednostka wytaczarska dwuwrzecionowa – prędkości obrotowe wrzecion 300 obr/min oraz posuw 0,7 mm/obr
3.	Jednostka wytaczarska o dwóch wrzecionach – prędkości obrotowe 450 obr/min oraz posuw 0,45 mm/obr
4.	Jednostka wiertarska dwuwrzecionowa – prędkości obrotowe wrzecion 500 i 700 obr/min oraz posuwie 0,3 i 0,36 mm/obr
5.	Jednostka frezarka pionowa – prędkość obrotowa 80 obr/min oraz posuw 200 mm/min
6.	Jednostka wiertarska dwuwrzecionowa – prędkości obrotowe wrzecion 1300 i 1400 obr/min oraz posuwy 0,2 i 0,25 mm/obr

Źródło: Opracowanie własne

4.2. Paleta transportowa i system mocowania

Zakłada się, że w proponowanej linii obróbkowej zastosowane będą palety transportowe, aby zautomatyzować produkcję. Palety są odpowiedzialne za ustalenie uchwytu obróbkowego, a tym samym i przedmiotu. Również do ich zadań należy transport między jednostkami. Charakterystyczną cechą palety jest wyeliminowanie czasu przemocowywania przedmiotu na kolejnych jednostkach obróbkowych. Raz zamocowany przedmiot wędruje przez wszystkie jednostki obróbkowe, aż do końca linii, gdzie zostaje odmocowany i umieszczony na polu odkładczym przedmiotów gotowych.

Paleta powinna być wyposażona w element pozycjonujący ją na linii obróbkowej podczas zatrzymania się na danej stacji roboczej. Zaproponowano dwa trzpienie, które po dojechaniu palety do miejsca obróbki, wsuwają się od dołu palety w wykonane w niej dwa gniazda odpowiedzialne za pozycjonowanie. Gniazda i trzpienie powinny być wykonane z odpowiednim pasowaniem, aby zachować dokładność wszystkich wykonywanych wymiarów. Taki system nazywa się mocowaniem z punktem zerowym. Dodatkowym elementem trzymającym paletę będzie zastosowanie przyssawek podciśnieniowych trzymających paletę od spodu.

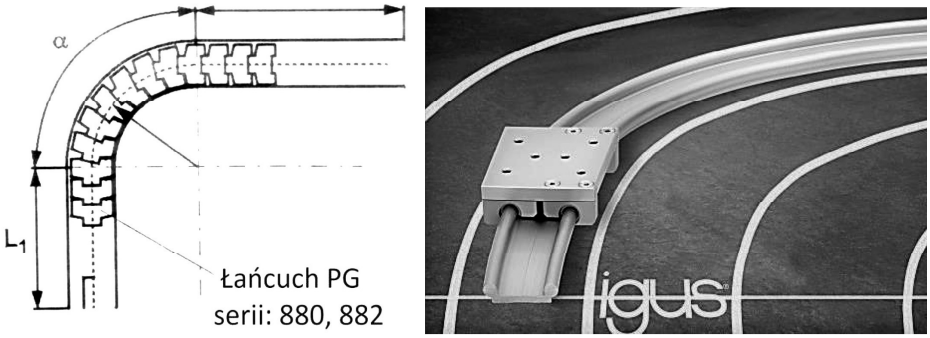
4.3. System transportu przedmiotu

W proponowanej linii obróbkowej korpus będzie umieszczony w uchwycie obróbkowym, który następnie jest przytwierdzony do palety obróbkowej poruszającej się po szynach na torowisku. System transportu na szynach gwarantuje dużą do-

kładność podczas transportu oraz dużą sztywność podczas obróbki na jednostce obróbkowej. Zastosowanie palety obróbkowej poruszającej się szynowych umożliwia większe obciążenie podczas obróbki niż w przypadku zastosowania innym rodzajów systemów prowadzących palety obróbkowe. Wózek może poruszać się w linii prostej oraz po łukach (rys. 9). Propozycją takiego rozwiązania może być zastosowanie wózków firmy Igus przedstawionych na rysunku nr 10.

Elementem odpowiedzialnym za nadanie ruchu palety może być przenośnik łańcuchowy (rys. 9). Przenośnik taki musi być wyposażony w system napinania łańcucha w przypadku jego rozciągania się w czasie pracy oraz mechanizm napędowy w którego skład wchodzą: silnik oraz koła zębate przenoszące napęd z silnika na łańcuch. Propozycją łańcucha dla przenośnika jest łańcuch typu PG, który daje możliwość pracy na zakrętach linii obróbkowej.

Rysunek 9. Przebieg trasy przenośnika typu PG i wózek firmy Igus z giętą prowadnicą



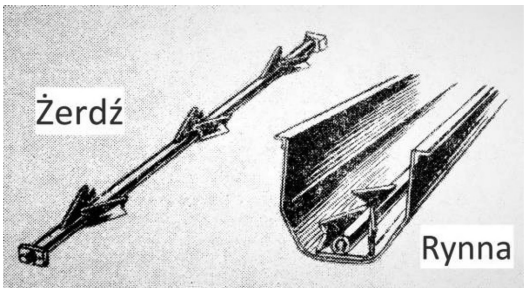
Źródło: Honczarenko J., Elastyczna automatyzacja wytwarzania: obrabiarki i systemy obróbkowe, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.
Źródło: http://www.tworzywa.org/img/art/2016_10/70478/original/0_upload_c345eebb67.jpg.

4.4. Urządzenie do odprowadzania wiórów

W wyniku wysoce wydajnego skrawania na liniach obróbkowych powstaje duża ilość wiórów. Dlatego też, proponowana linia wyposażona będzie w urządzenia mające na celu odbiór wiórów przy każdej jednostce obróbkowej. Dobór tego urządzenia zależy od rodzaju wiórów powstałych w trakcie obróbki danego materiału. W przypadku stopu aluminium AK9 powstają wióry długie oraz skłębione. Do tego rodzaju wiórów idealnym rozwiązaniem jest zgrzebłowy przenośnik wiórów, inaczej nazywany żerdziowym lub harpunowym. Budowa jego oparta jest na rynnie w której znajdują się zaczepy skierowanie odwrotnie do żerdzi chwytającej. Żerdź wykonuje ruchy posuwisto zwrotne, a wióry zaczepiane są o kolejne zaczepy prze-

suwając się w stronę kontenera zbiorczego na wióry. Zaletą takiego rozwiązania jest wysoka wydajność przy niskich kosztach eksploatacji. Rysunek 11. przedstawia budowę omawianego rozwiązania. Tego typu przenośnik proponuje się zastosować w rozważanej w pracy linii obróbkowej.

Rysunek 11. Zgrzebłowy przenośnik do wiórów

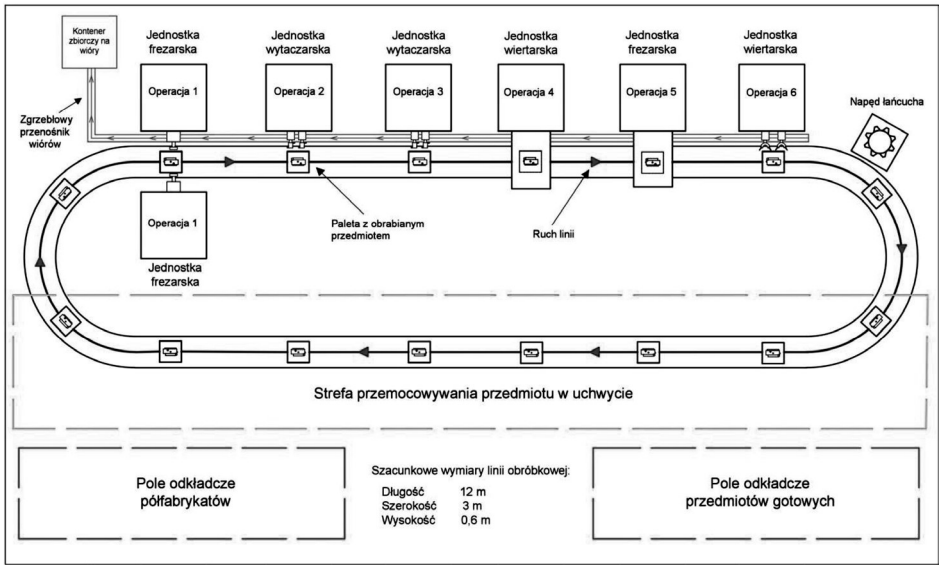


Źródło: Kwapisz L., Przenośniki i podajniki obrabiarkowe, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1986.

4.5. Schemat proponowanej linii obróbkowej

Proponowaną linię obróbkową uwzględniającą wszystkie powyżej wymienione elementy przedstawia rysunek 12.

Rysunek 12. Schemat zaproponowanej linii obróbkowej



Źródło: Opracowanie własne.

5. Podsumowanie i wnioski

W niniejszej pracy został sporządzony proces obróbki przedmiotu klasy korpus w linii obróbkowej oraz zostały opracowane założenia konstrukcyjne linii obróbkowej.

Wykonano schematy ustalenia i uchwytu obróbkowego, w którym przedmiot będzie obrabiany od zamocowania, aż do wyjęcia go z uchwytu.

Sporządzono kartę technologiczną oraz instrukcje obróbkowe. W instrukcjach tych pokazany jest schematycznie ruch jednostek roboczych oraz dobrane zostały narzędzia jakimi będzie wykonywana obróbka. Istotnym elementem było wykonanie karty normowania czasu obróbki. Czasy w niej dobrane są do siebie zbliżone, aby zachować takt linii dzięki odpowiednio dobranym parametrom skrawania.

Opracowane założenia konstrukcyjne są następujące:

- jednostki o odpowiednich parametrach,
- odpowiedni system prowadzenia oraz transportu palety, na której przedmiot będzie obrabiany przez cały czas pozostawania na linii obróbkowej,
- przyjęcie urządzenia do odprowadzania wiórów odpowiedniego dla wiórów jakie powstają przy obróbce stopu aluminium – zgrzebłowy przenośnik wiórów będzie odpowiedni w linii obróbkowej dzięki niskim kosztom eksploatacji oraz możliwości transportu wiórów skłębionych.

Sporządzono schemat linii obróbkowej przedstawiający rozkład jednostek obróbkowych, pól odkładczych oraz strefy przemocowywania przedmiotu. W schemacie zawarte są również szacunkowe wymiary opracowywanej linii obróbkowej.

Sporządzenie projektu docelowego oraz budowa linii obróbkowej jest kosztowne, dlatego wykorzystać ją można do produkcji wielkoseryjnej i masowej. Linia umożliwia produkcję z wysoką wydajnością (13 szt/godz) ze względu na możliwość pominięcia przemocowywania przedmiotu przy kolejnych jednostkach obróbczych i koncentrację zabiegów w niektórych operacjach np. operacja numer 6 wiercenie i gwintowanie z użyciem głowicy zmieniającej narzędzie.

Bibliografia:

1. Feld M., *Podstawy projektowania procesów technologicznych*, Wydawnictwo WNT, Warszawa 2018.
2. Lisowski B., Kozłowski R., *Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją*, Oficyna a Wolters Kluwer business, Kraków 2007, s. 30-50.
3. Wołk R., *Normowanie czasu pracy na obrabiarkach do obróbki skrawaniem,* Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1972.
4. Honczarenko J., *Elastyczna automatyzacja wytwarzania: obrabiarki i systemy obróbkowe,* Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.
5. https://www.sandvik.coromant.com/pl-pl/products/pages/toolguide.aspx (dostęp 28.11.2018).

6. Dobrzański T., *Uchwyty obróbkowe Poradnik konstruktora*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1981.
7. Kwapisz L., *Przenośniki i podajniki obrabiarkowe*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1986.
8. Kaczmarek J., *Projektowanie z technologii maszyn: praca zbiorowa,* Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2008.
9. http://trauringe.com.pl/klasyfikacja-i-budowa-linii-obrabiarkowych-cz-iii/ (dostęp 28.11.2018).
10. http://trauringe.com.pl/zalozenia-wstepne-budowy-obrabiarek-zespolowych/ (dostęp 28.11.2018).
11. http://www.eduteka.pl/doc/produkcja-masowa (dostęp 28.11.2018).