



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Andrzej Zych

**Projektowanie procesów technologicznych
311[20].Z1.05**

Poradnik dla ucznia

Wydawca

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2005**

Recenzenci:

mgr inż. Regina Mroczek

mgr inż. Wiesław Wiejowski

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:

dr inż. Zbigniew Kramek

Korekta:

mgr Edyta Koziel

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej (311[50].Z1.05. Projektowanie procesów technologicznych) zawartego w programie nauczania dla zawodu technik mechanik.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	4
3. Cele kształcenia	5
4. Materiał nauczania	6
4.1. Podstawy projektowania procesów technologicznych	6
4.1.1. Materiał nauczania	6
4.1.2. Pytania sprawdzające	8
4.1.3. Ćwiczenia	9
4.1.4. Sprawdzian postępów	10
4.2. Dobór naddatków i parametrów obróbki	11
4.1.1. Materiał nauczania	11
4.2.2. Pytania sprawdzające	13
4.2.3. Ćwiczenia	13
4.2.4. Sprawdzian postępów	15
4.3. Projektowanie procesów technologicznych	16
4.3.1. Materiał nauczania	16
4.3.2. Pytania sprawdzające	28
4.3.3. Ćwiczenia	28
4.3.4. Sprawdzian postępów	31
4.4. Projektowanie obróbki na tokarkę CNC	32
4.4.1. Materiał nauczania	32
4.4.2. Pytania sprawdzające	40
4.4.3. Ćwiczenia	40
4.4.4. Sprawdzian postępów	42
4.5. Procesy technologiczne montażu	43
4.5.1. Materiał nauczania	43
4.5.2. Pytania sprawdzające	47
4.5.3. Ćwiczenia	47
4.5.4. Sprawdzian postępów	49
5. Sprawdzian osiągnięć	50
6. Literatura	53

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w opanowaniu umiejętności opracowywania procesów technologicznych obróbki skrawaniem, montażu oraz projektowania prostych procesów obróbki na tokarki CNC.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne, wykaz umiejętności, jakie powinieneś mieć już ukształtowane, abyś bez problemów mógł korzystać z poradnika,
- cele kształcenia, wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas pracy z poradnikiem,
- materiał nauczania, „pigułkę” wiadomości teoretycznych niezbędnych do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań przydatny do sprawdzenia, czy już opanowałeś podane treści,
- ćwiczenia pomogą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne,
- sprawdzian osiągnięć, przykładowy zestaw zadań i pytań. Pozytywny wynik sprawdzianu potwierdzi, że dobrze pracowałeś podczas lekcji i że nabrałeś wiedzy i umiejętności z zakresu tej jednostki modułowej,
- literaturę uzupełniającą.

Na początku pracy z poradnikiem zapoznaj się z wymaganiami wstępnymi. Jeżeli nie dokładnie masz je opanowane to powinieneś uzupełnić braki. W razie potrzeby możesz poprosić nauczyciela.

Następnie zapoznaj się ogólnie z celami kształcenia. Osiągnięcie celów kształcenia będzie sprawdzane za pomocą testów końcowych, więc uświadomienie sobie tego powinno ułatwi Ci pracę z poradnikiem.

Materiał nauczania podzielony jest na porcje. Na początku dokładnie przeczytaj wiadomości teoretyczne i samodzielnie odpowiedz na pytania sprawdzające. Następnie powinieneś przystąpić do ćwiczeń. Postaraj się wykonać je samodzielnie. Możesz również skonsultować się z kolegami i razem rozwiązać problemy. Samodzielne wykonanie ćwiczeń pozwoli Ci ukształtować umiejętności wykorzystania wiedzy w praktyce. Ponadto ćwiczenia powinny sprzyjać utrwaleniu wiedzy na dany temat.

Po każdym rozdziale wróć do celów i odpowiedz sobie na pytanie czy je opanowałeś.

Na końcu znajduje się test sprawdzający całość materiału z zakresu pakietu. Ponadto nauczyciel może sprawdzić Twoje umiejętności innym testem. np. próbą pracy.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu nauczania jednostki modułowej powinieneś umieć:

- wykonać szkice zgodnie z zasadami rysunku technicznego,
- wykonać rysunki, korzystając z programu typu CAD,
- scharakteryzować metody obróbki ręcznej i mechanicznej dla obrabiarek skrawających do metali,
- dobrać obrabiarki, przyrządy i narzędzia niezbędne do wykonywania prac z zakresu różnych technologii mechanicznych,
- dobrać parametry obróbki na obrabiarki skrawające do metali,
- scharakteryzować metody odlewania, obróbki plastycznej, spajania metali i stopów,
- zastosować zasady bhp podczas zajęć na pracowni,
- skorzystać z różnych źródeł informacji.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- scharakteryzować proces produkcyjny,
- scharakteryzować proces technologiczny,
- zdefiniować pojęcia: operacja, zabieg, zamocowanie,
- określić rodzaj produkcji,
- dobrać materiał wyjściowy do wykonania części maszyny,
- dobrać wartości naddatków operacyjnych, międzyoperacyjnych i całkowitych,
- dobrać metodę obróbki do wykonania części maszyny,
- dobrać obrabiarki i ich oprzyrządowanie,
- dobrać zamocowanie narzędzi oraz przedmiotu obrabianego,
- dobrać parametry skrawania, narzędzia do obróbki, przyrządy oraz sprawdziany,
- skalkulować procesy wykonania części maszyn,
- zaprojektować procesy technologiczne typowych części maszyn,
- sporządzić proste programy CNC dla toczenia,
- zaprojektować proces technologiczny montażu,
- wyjaśnić strukturę montażu automatycznego.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Podstawy projektowania procesów technologicznych

4.1.1. Materiał nauczania

Proces produkcyjny i proces technologiczny

Procesem produkcyjnym nazywamy zespół czynności przetwarzania surowców, materiałów lub półfabrykatów w wyroby gotowe. Proces produkcyjny obejmuje czynności od pobrania surowców (lub półfabrykatów, materiałów) z magazynu, poprzez czynności technologiczne (proces technologiczny), transportowe, kontrolne, aż do zdanja gotowego wyrobu do magazynu.

Czynności te możemy zaliczyć do podstawowych. W procesie produkcyjnym występują jeszcze czynności pomocnicze, takie jak: przygotowanie narzędzi, przyrządów, materiałów pomocniczych, przygotowanie obrabiarek i ich naprawy, itp.

Procesem technologicznym nazywamy część procesu produkcyjnego, podczas którego zmienia się kształt, postać, wymiary lub własności surowców lub materiałów, półfabrykatów.

Procesy technologiczne dzieli się na operacje technologiczne obróbki i montażu lub obróbkowo-montażowe.

Operacja technologiczna jest to część procesu technologicznego wykonywana na jednym stanowisku roboczym przez jednego pracownika (lub grupę pracowników), na jednym przedmiocie (lub kilku przedmiotach), bez przerw na inną pracę. Operacje technologiczne można podzielić na zamocowania.

Zamocowanie (lub ustawienie) jest to część operacji technologicznej wykonywanej na unieruchomionym przedmiocie. Przykładem jest obróbka wału na tokarce. W pierwszym zamocowaniu toczymy jedną stronę wału, a w drugim zamocowaniu drugą stronę. Oczywiście niektóre operacje mogą być wykonywane w jednym zamocowaniu. W każdym zamocowaniu występują zabiegi.

Zabieg jest to część operacji technologicznej. Przykładem zabiegu w obróbce skrawaniem będzie, np. obróbka jednej powierzchni, jednym narzędziem, przy stałych parametrach skrawania. Zmiana parametrów i dalsza obróbka będzie już wykonywana w drugim zabiegu.

Na zabiegi składają się przejścia. Przykładem jest obróbka powierzchni wymagającej zebrania dużych nadadtków. Obróbka tej powierzchni wykonywana jest w kilku przejściach, w każdym przejściu skrawana jest odpowiednia kolejna warstwa materiału (głębokość skrawania).

W czasie wykonywania operacji występują również czynności pomocnicze, takie jak ustawienie obrabiarki, zamocowanie narzędzia i przedmiotu obrabianego.

Wykonanie wyrobu wymaga zaprojektowania jego procesu technologicznego. W przypadku wyrobów prostych, wykonywanych jako pojedyncze lub w małych seriach, proces technologiczny opracowuje sobie (wyobraźni) pracownik wykonujący ten wyrób. Tylko przy wykonywaniu serii wyrobów opracowuje się procesy technologiczne, wykorzystując do tego odpowiednie dokumenty.

Procesy technologiczne mogą być różnie zaprojektowane. Zależy to od szeregu czynników, z których najważniejsze to wyposażenie danego zakładu w maszyny, urządzenia, narzędzia oraz wielkość produkcji. Proces technologiczny musi być tak zaprojektowany, aby była możliwa jego realizacja w warunkach danego zakładu. Nie można projektować procesu technologicznego bez uwzględnienia posiadanych rodzajów maszyn i urządzeń

produkcyjnych. Można oczywiście pewien zakres prac zlecić innemu wykonawcy, jednak zlecenie zbyt dużego zakresu prac może spowodować nieopłacalność produkcji.

Kolejnym czynnikiem jest rodzaj produkcji. Inny powinien być proces tej samej części dla produkcji jednostkowej, małoseryjnej, seryjnej czy wielkoseryjnej. W produkcji jednostkowej bardzo często nie opłaca się opracowywać procesów technologicznych lub opracowuje się tylko karty technologiczne. Części wykonuje się na podstawie rysunków wykonawczych. W produkcji małoseryjnej często wystarczy opracować kartę technologiczną oraz instrukcje obróbki do niektórych operacji. Określenie rodzaju produkcji zależy od liczby szt. w serii oraz wielkości wyrobu. Orientacyjne ilości wyrobów w danym rodzaju produkcji i o określonym ciężarze przedstawia poniższa tabela.

Tabela 1. Zależność rodzaju produkcji od wielkości serii.

Rodzaj produkcji	Ilość wyrobów w serii		
	Wyroby lekkie	Wyroby średniociężkie	Wyroby ciężkie
jednostkowa	15 - 50	5 - 15	0 - 5
małoseryjna	50 - 500	15 - 250	5 - 50
seryjna	500 - 5000	250 - 500	50 - 250
wielkoseryjna	5000 – 50 000	500 - 5000	250 1000
masowa	Ponad 50000	Ponad 5000	Ponad 1000

Każdy rodzaj produkcji charakteryzuje się różnymi cechami mającymi bardzo istotny wpływ na proces technologiczny. W produkcji jednostkowej koszt przygotowania produkcji jest niski (nie opracowuje się obszernej dokumentacji, nie wytwarza się specjalnych uchwytów, przyrządów, narzędzi, operacje wykonuje się na obrabiarkach uniwersalnych), natomiast koszt jednostkowy będzie wysoki (z uwagi na jednostkowy czas wykonania).

W produkcji seryjnej koszt przygotowania produkcji będzie wysoki, natomiast koszt jednostkowy będzie niski (z uwagi na oprzyrządowanie specjalne i specjalne obrabiarki czas jednostkowy będzie bardzo krótki).

Dobór półfabrykatu (materiału wejściowego, surówki)

Przed przystąpieniem do opracowania procesu technologicznego technolog musi ustalić rodzaj półfabrykatu, z którego będzie wykonywany wyrób. Półfabrykaty możemy podzielić na:

- wyroby walcowane: pręty okrągłe, kwadratowe, sześciokątne, płaskowniki, kształtowniki, blachy, rury, druty. Wybierając materiał walcowany musimy zapoznać się z programami produkcji lub normami, w których podane będą wymiary, tolerancje wykonania. Ponadto musimy uwzględnić wielkość naddatków. Czyli wymiar półfabrykatu musi być odpowiednio większy niż wymiar wyrobu gotowego,
- wyroby spawane: pospawane różnego rodzaju pręty, kształtowniki, blachy, stanowiące jedną całość. Wyroby spawane dobiera się w przypadku skomplikowanych kształtów i w produkcji jednostkowej. Ponadto wtedy, gdy w procesie obróbki wystąpiłyby duże straty materiału. np. wałek z tarczą o dużej średnicy,
- wyroby ciągnione, szlifowane: pręty, płaskowniki, rury o dokładnych wymiarach i gładkiej powierzchni. Tego typu półfabrykaty stosujemy, gdy zależy nam na ograniczeniu operacji obróbki skrawaniem. Półfabrykaty te mają wysoką dokładność wymiarów i kształtu i dlatego nie musimy ich obrabiać lub obróbka jest prosta,
- odkuwki: półfabrykaty ukształtowane w procesie kucia swobodnego i matrycowego. Odkuwki wybiera się przy produkcji seryjnej i wielkoseryjnej. Odkuwki matrycowe charakteryzują się dużą dokładnością wymiarów. Odkuwki swobodne są wykonywane

z dokładnością znacznie mniejszą. Bardzo istotne są koszty wytworzenia odkuwek. W przypadku małej ich liczby tańsze będą odkuwki swobodne, gdyż nie potrzeba wykonywać drogich matryc. Natomiast w produkcji wielkoseryjnej opłaca się wykonać matrycę. Koszt jednostkowy w takim przypadku będzie niższy z uwagi na mniejszy czas jednostkowy oraz na niższe koszty obróbki skrawaniem (mniejsze są nadatki na skrawanie),

- odlewy: półfabrykaty uzyskane w procesie odlewania: w piasku, kokilach, ciśnieniowego. Odlewy mogą być wykonywane z żeliwa, staliwa, brązów, mosiądzów, stopów aluminium, magnezu itp. Odlewy stosuje się na wyroby o skomplikowanych kształtach oraz wtedy, gdy niemożliwe jest wykonanie ich z innych półfabrykatów. Ponadto istotne mogą być własności żeliwa, które posiada własności tłumienia drgań,
- tworzywa sztuczne: półfabrykaty w postaci płyt, rur, prętów oraz wypraski. Tworzywa sztuczne stosuje się, gdy warunki pracy wyrobu tego wymagają. Ponadto stosuje się je na wyroby o skomplikowanych kształtach. Tworzywa posiadają dużą odporność na korozję, są lekkie oraz posiadają inne, specyficzne własności,
- wyroby wykrawane i wytłaczane z blachy: uzyskane w procesie obróbki plastycznej na zimno (wykrawania, wytłaczania). Półfabrykaty tego rodzaju stosuje się raczej w produkcji masowej lub w przypadku, gdy konstrukcja wyrobu narzuca taki typ półfabrykatu, np. półfabrykat w postaci miseczki z blachy.

Półfabrykaty często dobierane są przez konstruktora (w przypadku odkuwek i odlewów często konstruktor wykonuje ich rysunki) i technolog może jedynie zaproponować pewne zmiany. Jeżeli konstruktor nie narzuci półfabrykatu, technolog musi sam dokonać wyboru.

Na dobór półfabrykatów wpływają następujące czynniki:

- wielkość produkcji,
- koszt wyrobu,
- materiał wyrobu,
- kształt wyrobu.

Dla produkcji seryjnej raczej dobieramy odkuwki i odlewy zamiast półfabrykatów spawanych czy wyrobów walcowanych (jednak na wał posiadający w miarę regularny kształt dobrym półfabrykatem będzie pręt okrągły). W przypadku produkcji jednostkowej wybieramy raczej wyroby walcowane, blachy, półfabrykaty spawane.

Materiał wyrobu – jeżeli materiałem wyrobu będzie żeliwo, to wybieramy odlew (może to być, np. odlewany z żeliwa wałek). Jeżeli materiałem będzie brąz to wybieramy odlew, tuleję, wałek z brązu.

Koszt wyrobu – na koszt wyrobu wpływa wielkość serii, rodzaj półfabrykatu, prostota konstrukcji wyrobu. Odkuwki i odlewy są drogie, lecz obniżają koszty procesu technologicznego. Materiały walcowane są tańsze, lecz proces technologiczny może być drogi. Należy więc przeprowadzić kalkulację (obliczyć koszt jednostkowy dla różnych wariantów półfabrykatu) i wybrać rozwiązanie optymalne.

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaka jest definicja procesu produkcyjnego?
2. Jakie czynności składają się na proces produkcyjny?
3. Jaka jest definicja procesu technologicznego?
4. Jaka jest struktura procesu technologicznego?
5. Co to jest operacja?
6. Co to jest zamocowanie?
7. Co to jest zabieg?

8. Jakie czynniki wpływają na projekt procesu technologicznego?
9. Jakie znasz rodzaje produkcji?
10. Jakie mogą być rodzaje półfabrykatów?
11. Czym charakteryzują się wyroby walcowane?
12. Czym charakteryzują się odkuwki?
13. Czym charakteryzują się odlewy?
14. Czym charakteryzują się półfabrykaty z tworzyw sztucznych?
15. Jakie czynniki wpływają na wybór półfabrykatu?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Określ rodzaj produkcji do przedstawionych zleceń.

Nazwa zlecenia:	Rodzaj produkcji
Dorobienie stalowego wałka do małej przekładni zębatej	
Wykonanie 10 kół pasowych o średnicy 150 mm	
Wykonanie dwóch kół pasowych o średnicy 1000 mm	
Wykonanie 10 000 stalowych osi o średnicy 30 mm i długości 200 mm	
Wykonanie 500 stalowych osi o masie 200 kg każda	

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienś:

- 1) zapoznać się z tabelą 1 niniejszego poradnika,
- 2) określić rodzaj produkcji i wypełnić tabelę.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik ucznia.

Ćwiczenie 2

Dobierz półfabrykat i uzasadnij wybór. Przyjmij, że zakład produkcyjny posiada bardzo bogate wyposażenie w obrabiarki, narzędzia, przyrządy i urządzenia pomocnicze.

Nazwa zlecenia:	Rodzaj półfabrykatu	Uzasadnienie wyrobu
Dorobienie stalowego wałka do małej przekładni zębatej		
Wykonanie 10 kół pasowych o średnicy 150 mm		
Wykonanie dwóch kół pasowych o średnicy 1000 mm		
Wykonanie 10 000 stalowych osi o średnicy 30 mm i długości 200 mm		
Wykonanie 500 stalowych osi o masie 200 kg każda		

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przypomnij sobie odpowiednie zapisy z niniejszego poradnika,
- 2) dobierać się w zespoły 2 – 3 osobowe,
- 3) określić rodzaj półfabrykatu i uzasadnić wybór,
- 4) zaprezentować swoją pracę przed klasą.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik ucznia.

Ćwiczenie 3

Dobierz półfabrykat i uzasadnij wybór. Przyjmij, że zakład produkcyjny posiada frezarki i tokarki uniwersalne średniej wielkości.

Nazwa zlecenia:	Rodzaj półfabrykatu	Uzasadnienie wyrobu
Dorobienie stalowego wałka do małej przekładni zębatej		
Wykonanie 10 kół pasowych o średnicy 150 mm		
Wykonanie dwóch kół pasowych o średnicy 1000 mm		
Wykonanie 10 000 stalowych osi o średnicy 30 mm i długości 200 mm		
Wykonanie 500 stalowych osi o masie 200 kg każda		

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie odpowiednie zapisy z niniejszego poradnika,
- 2) dobrać się w zespoły 2 – 3 osobowe,
- 3) określić rodzaj półfabrykatu i uzasadnić wybór,
- 4) zaprezentować swoją pracę przez klasą.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik ucznia.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) scharakteryzować proces produkcyjny
- 2) scharakteryzować proces technologiczny
- 3) podać definicję operacji
- 4) podać definicję zabiegu
- 5) podać definicję zamocowania
- 6) wymienić rodzaje produkcji
- 7) dobrać materiał wyjściowy do wykonania części maszyny

Tak **Nie**

☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐

4.2. Dobór naddatków i ustalanie przedmiotów obrabianych

4.2.1. Materiał nauczania

Dobór naddatków

Uzyskanie odpowiedniej dokładności wykonania i chropowatości powierzchni wymaga zastosowania kilku kolejno zastosowanych rodzajów obróbki. Obróbkę możemy podzielić na obróbkę zgrubną, kształtującą i wykańczającą.

Obróbka zgrubna ma na celu usunięcie zewnętrznych warstw materiału, a w przypadku prefabrykatów walcowanych (pręty i wałki okrągłe) zapewnienie równomiernych naddatków na dalszą obróbkę. Po tej obróbce nie uzyskujemy wysokich dokładności i niskich chropowatości powierzchni. Uzyskujemy około 14 klasę dokładności, a chropowatość Ra około 20 μm .

Obróbka kształtująca ma na celu uzyskanie właściwych kształtów przedmiotu obrabianego. Pozostawia się tylko nieduże naddatki na dalszą obróbkę na powierzchniach tego wymagających. Uzyskuje się klasy dokładności rzędu 10 – 12. Chropowatości powierzchni Ra około 2,5 do 5 μm .

Obróbka wykańczająca ma na celu uzyskanie wysokich dokładności i niskich chropowatości powierzchni. Wykonuje się je dla niektórych powierzchni. Uzyskuje się klasy dokładności do 5. Chropowatości powierzchni Ra poniżej 5 μm .

Innym kryterium podziału rodzajów obróbek jest sposób obróbki. Możemy wyróżnić następujące, główne ich sposoby: wiercenie, toczenie, struganie, wytaczanie, rozwiercanie, pogłębianie, szlifowanie, przeciąganie, docieranie, polerowanie, gładzenie, dogładzanie.

Zależności uzyskiwanych dokładności i chropowatości powierzchni od wybranych rodzajów obróbek przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Uzyskiwane klasy dokładności i chropowatości przy różnych rodzajach obróbki¹

Obróbka		Klasy dokładności										Chropowatości powierzchni Ra							
Sposób	Rodzaj	5	6	7	8	9	10	11	12 - 14	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04 – 0,01
Wiercenie																			
Toczenie	zgrubna																		
	kształtująca																		
	wykańcz.																		
Wytaczanie	zgrubna																		
	kształtująca																		
	wykańcz.																		
Rozwiercanie	zgrubna																		
	wykańcz.																		
Frezowanie	zgrubna																		
	kształtująca																		
	wykańcz.																		
Szlifowanie	zgrubna																		
	kształtująca																		
	wykańcz.																		
Docieranie	zgrubna																		
	kształtująca																		
	wykańcz.																		
Polerowanie	zgrubna																		
	wykańcz.																		
Dogładzanie	zgrubna																		
	wykańcz.																		

¹ M. Feld.: Projektowanie procesów technologicznych typowych części maszyn. WNT, Warszawa, s 86.

Uzyskanie dużych dokładności wymaga zastosowania kolejno po sobie następujących operacji. Przykładem jest obróbka czopa pod łożysko, który wykonany ma być w 6 klasie dokładności i posiadać chropowatość powierzchni $Ra = 0,63\mu m$. Kolejnymi operacjami będą: toczenie zgrubne (po którym zostawiamy odpowiedni naddatek), toczenie kształtujące (po którym zostawiamy odpowiedni naddatek), , toczenie wykańczające (po którym zostawiamy odpowiedni naddatek) i szlifowanie. Dopiero podczas szlifowania uzyskujemy właściwy wymiar średnicy czopa.

Określenie odpowiednich wielkości naddatków pozwala nam dobrać odpowiedni materiał wejściowy (półfabrykat). Średnica materiału wejściowego dla czopa łożyska omówionego wyżej będzie więc sumą średnicy końcowej (zaznaczonej na rysunku) i naddatków na toczenie zgrubne, kształtujące, wykańczające i szlifowanie.

Wielkość naddatków przyjmuje się z odpowiednich tablic zamieszczonych w poradnikach lub innej literaturze fachowej. Naddatki te określa się osobno na:

- naddatki dla powierzchni zewnętrznych,
- naddatki dla otworów,
- naddatki dla powierzchni czołowych,
- naddatki dla płaszczyzn.

Oprócz naddatków na obróbkę skrawaniem możemy wyróżnić naddatki na odcinanie i na uchwycenie.

Naddatki na odcinanie przyjmuje się w zależności od szerokości narzędzia odcinającego.

Naddatek na uchwycenie przyjmuje się w zależności od wymaganej długości mocowania w uchwycie elementu, by umożliwić obróbkę..

Przykładem jest obróbka wałka na tokarce mocowanego w uchwycie trójszczekowym. Długość półfabrykatu będzie składać się wtedy z długości części, naddatków na obróbkę dwóch czoł oraz naddatku na uchwycenie.

Bazy

Bazą nazywamy płaszczyznę, krawędź, bądź punkt, względem którego określamy położenie innych płaszczyzn, krawędzi, bądź punktów. Bazy możemy podzielić na konstrukcyjne i technologiczne.

Baza konstrukcyjna jest przyjmowana przez konstruktora wyrobu w celu określenia położenia powierzchni, linii lub punktu w sposób zapewniający współpracę tej części z innymi częściami. Bazy te uwidocznione są na rysunkach technicznych (np. płaszczyzna od której zaczynają się wymiary).

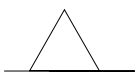
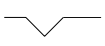
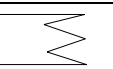
Baza technologiczna jest to płaszczyzna, linia lub punkt przyjęte w procesie obróbki części w sposób określający położenie obrabianych powierzchni (np. płaszczyzna dolna frezowanej kostki metalowej, od której określamy wysokość obrabianej powierzchni górnej).

Bazy technologiczne możemy podzielić na bazy obróbkowe (wykorzystywane w procesach technologicznych obróbki skrawaniem) i bazy montażowe (wykorzystywane do wzajemnego ustalania części w procesie montażu).

W procesie wykonania części optymalnym rozwiązaniem jest pokrywanie się baz konstrukcyjnych z technologicznymi, gdyż wtedy jest większe prawdopodobieństwo osiągnięcia większej dokładności wykonania.

W procesach technologicznych przyjęto pewne symbole służące do bazowania (ustalania przedmiotów obrabianych). Wybrane przykłady symboli bazowania przedstawia tabela 3.

Tabela 3. Wybrane przykłady symboli bazowania

Nazwa	Symbol	Objaśnienia
Podpora stała		Podporą stałą może być płaszczyzna stołu frezarki, pryzmy, kołki oporowe w przyrządzie.
Docisk		Dociskiem może być szczeka ruchoma imadła maszynowego, łapy mocujące przedmiot do stołu obrabiarki.
Uchwyt samocentrujący		Przykładem jest trójszczękowy, samocentrujący uchwyt tokarski. Trójszczękowy, samocentrujący uchwyt wiertarski. Cyfra na symbolu oznaczać będzie liczbę szczęk.
Uchwyt magnetyczny		Przykładem jest stół magnetyczny na szlifierce do płaszczyzn.
Trzpień stały		Przykładem jest stały trzpień tokarski do mocowania przedmiotów (typu tuleja) z otworem.
Kieł stały		Przykładem jest kieł mocowany we wrzecionie tokarki, służący do ustalania wałów w nakiełkach.
Kieł obrotowy		Przykładem jest kieł mocowany w koniku tokarki, służący do ustalania wałów w nakiełkach (obrotowy).
Zabierak stały (sercówka)		Przykładem jest sercówka do nadawania obrotów wałom obrabianym w kłach.
Zabierak czołowy		Przykładem jest kieł z zabierakiem mocowany we wrzecionie tokarki.

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie rodzaje obróbki możemy wyróżnić?
2. Jaki jest cel obróbki zgrubnej, kształtującej i wykańczającej?
3. Jak dobieramy naddatki na obróbkę?
4. Co to jest baza technologiczna?
5. Na jakie rodzaje możemy podzielić bazy technologiczne?
6. Jaki jest symbol oznaczający podporę stałą?
7. Jaki jest symbol oznaczający docisk?
8. Jaki jest symbol oznaczający uchwyt samocentrujący?
9. Jakie są symbole oznaczające kieł stały i obrotowy?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz sposoby i rodzaje obróbki.

Opis operacji	Sposób/ sposoby	Rodzaj/ rodzaje
Obróbka wałka stopniowego, którego czopy wymagają wykonania w 8 klasie dokładności, a ich powierzchnia powinna mieć chropowatość $Ra = 0,63\mu m$. Półfabrykatem jest pręt okrągły walcowany.		

Obróbka rowka na wpust, którego szerokość wynosi 14N9, a powierzchnia powinna posiadać chropowatość $Ra = 5 \mu m$. Rowek ma być nacięty w wytoczonym wałku.		
Wykonanie nietolerowanego otworu o średnicy 15 mm		
Wykonanie otworu w stali miękkiej $\Phi 20 H7$		
Obróbka wałka z czopem $\Phi 20 h7$, o chropowatości $Ra = 0,16 \mu m$. Półfabrykatem jest pręt okrągły walcowany.		

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przypomniać sobie odpowiednie zapisy z niniejszego poradnika,
- 2) dobrać sposób lub sposoby obróbki do opisanych w tabeli operacji,
- 3) dobrać rodzaj lub rodzaje obróbki do opisanych w tabeli operacji,
- 4) porównać swoją tabelę z tabelami kolegów z grupy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

– poradnik ucznia.

Ćwiczenie 2

Dobierz wielkość naddatków na obróbkę dla produkcji jednostkowej. Skorzystaj z poradnika lub innej literatury.

Opis zabiegu	Naddatki
Toczenie wałka $\Phi 20$, o długości 200 mm. $Ra = 2,5 \mu m$. Stal miękka	
Toczenie wałka $\Phi 100$, o długości 500 mm. $Ra = 2,5 \mu m$. Stal miękka	
Szlifowanie wałka $\Phi 20 h7$, o długości 200 mm. $Ra = 0,32 \mu m$. Stal miękka	
Szlifowanie wałka $\Phi 100 h7$, o długości 500 mm. $Ra = 0,63 \mu m$. Stal twarda	
Toczenie czoła wałka $\Phi 100$. $Ra = 2,5 \mu m$	
Toczenie i szlifowanie wałka $\Phi 100h7$. $Ra = 0,63 \mu m$. Materiał pręt walcowany	
Wytaczanie otworu wcześniej wywierconego $\Phi 100$. $Ra = 2,5 \mu m$	
Wytaczanie i szlifowanie otworu wcześniej wywierconego $\Phi 100H7$. $Ra = 0,63 \mu m$	

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie odpowiednie zapisy z niniejszego poradnika,
- 2) znaleźć odpowiednie tablice w poradniku,
- 3) dobrać naddatki,
- 4) w przypadku takiej potrzeby podać łączny naddatek,
- 5) porównać swoją tabelę z tabelami kolegów z grupy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik ucznia,
- poradnik tokarza.

Ćwiczenie 3

Korzystając z normy PN-83/M-01152 lub z: poradnika, innej literatury lub Internetu dobierz przykłady wykorzystania symboli stosowanych w opracowaniach technologicznych.

Element ustawienia lub zamocowania	
Podpora stała	
Podpora ruchoma	
Kieł stały	
Kieł obrotowy	
Zabierak	
Stół magnetyczny	

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie odpowiednie zapisy z niniejszego poradnika,
- 2) znaleźć odpowiednie tablice w normie,
- 3) wykonać szkice przykładowych zastosowań,
- 4) porównać swoją tabelę z tabelami kolegów z grupy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik ucznia,
- PN-83/M-01153,
- literatura z zakresu projektowania procesów technologicznych,
- zestaw komputerowy z dostępem do Internetu.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) rozróżnić rodzaje obróbki?
- 2) dobrać naddatki na obróbkę?
- 3) dokonać podziału baz technologicznych?
- 4) podać symbole mocowania i ustalania przedmiotów obrabianych?
- 5) odczytać sposób mocowania przedmiotu na podstawie rysunku technologicznego

Tak Nie

☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐

4.3. Projektowanie procesów technologicznych

4.3.1. Materiał nauczania

Dokumentacja technologiczna

Dokumentacja technologiczna jest opracowywana w różnej postaci. Zależy to od wielkości produkcji. Dla produkcji jednostkowej dokumentacja ta jest uproszczona i najczęściej składa się wyłącznie z karty technologicznej. Dla produkcji seryjnej dokumentacja musi być bardziej szczegółowa i obok kart technologicznych, zawiera instrukcje, karty kalkulacyjne, spis pomocy warsztatowych.

Karta technologiczna (rys. 1) sporządzana jest do jednego przedmiotu obrabianego. Stanowi ona opis operacji uzupełniony wyszczególnieniem stanowisk roboczych, pomocy specjalnych oraz czasów; przygotowawczo-zakończeniowego, jednostkowego i łącznego czasu wykonania.

W karcie technologicznej wypisuje się kolejne numery operacji (często numerując co 5 lub co 10, tak aby była możliwość dopisania w środku jakiejś operacji), opisy operacji, stanowiska, na których mają być wykonywane, przewidziane oprzyrządowanie i czasy przewidziane na te operacje.

Nazwa szkoły:		Karta technologiczna		Nazwa części:		Nr rys.	
Gatunek materiału	Postać i wymiar materiału		Norma materiału [kg/szt.]	Materiał [kg/partię]		Szt./na partię	
Nr operacji	Opis operacji		Obrabiarka (stanowisko)	Pomoce warsztatowe		Czas w godz.	
	Kolumny w tym wierszu zajmują całą stronę				t _{pz}	t _j	t
Opracował:		Sprawdził:		Arkusz		Ilość arkuszy	

Rys.1. Przykład karty technologicznej²

Instrukcja obróbki (rys. 2) sporządzana jest dla wszystkich, bądź wybranych operacji. Ma ona na celu podanie treści operacji pracownikowi obsługującemu stanowisko robocze. Zwykle podawana jest w postaci opisowej i szkicowej. Zamieszcza się na niej rysunek technologiczny, opis kolejnych zabiegów, wypisuje oprzyrządowanie oraz warunki obróbki. Rysunki technologiczne wykonane są w uproszeniu. Rysuje się cały przedmiot obrabiany w wersji „po danej operacji”. Ponadto zaznacza się linią pogrubioną wszystkie powierzchnie obrabiane w tej operacji i nanosi niezbędne wymiary.

² Na podstawie www.tu.koszalin.pl

Nazwa Szkoły		Instrukcja obróbki	Nazwa części:			Nr rys.
			Treść operacji:			
Zabieg	Opis zabiegu	n	p	g	Obrabiarka (stanowisko)	
					Pomoce warsztatowe	
					Zabieg	Cecha
						Ilość
				Uchwyty:		
				Narzędzia:		
				Sprawdziany		
				Opracował:		Sprawdził:

Rys. 2. Przykład instrukcji obróbki³

Ramowe procesy technologiczne

Procesy technologiczne opracowane przez dwóch różnych technologów mogą się znacznie różnić, mimo że obydwa są poprawne. Opracowano jednak tak zwane ramowe procesy technologiczne dla części różnych typów. Podstawowymi typami części są: wałki, tuleje, tarcze, dźwignie, korpusy, części płaskie, części drobne, koła zębate. Poniżej zamieszczono przykłady ramowych procesów technologicznych dla części typu wałek i tuleja. Ramowe procesy mogą ułatwić opracowywanie procesów technologicznych oraz w jakimś stopniu ujednolicić je. Ramowe procesy technologiczne składają się z listy kolejnych operacji.

Przykład ramowego procesu technologicznego części typu wałek, bez obróbki cieplnej:

- 1) Przycinanie materiału.
- 2) Nakiełkowanie.
- 3) Toczenie zgrubne.
- 4) Toczenie kształtujące.
- 5) Toczenie powierzchni stożkowych i kształtowych.
- 6) Frezowanie rowków.
- 7) Wykonanie gwintów.
- 8) Obróbka wykańczająca.
- 9) Kontrola.

Przykład ramowego procesu technologicznego części typu wałek obrabianego cieplnie:

- 1) Przycinanie materiału.
- 2) Nakiełkowanie.
- 3) Toczenie zgrubne.
- 4) Toczenie kształtujące.
- 5) Toczenie powierzchni stożkowych i kształtowych.
- 6) Frezowanie rowków.
- 7) Wykonanie gwintów.
- 8) Hartowanie.
- 9) Poprawienie nakiełków.

³ Tamże

10) Obróbka wykańczająca.

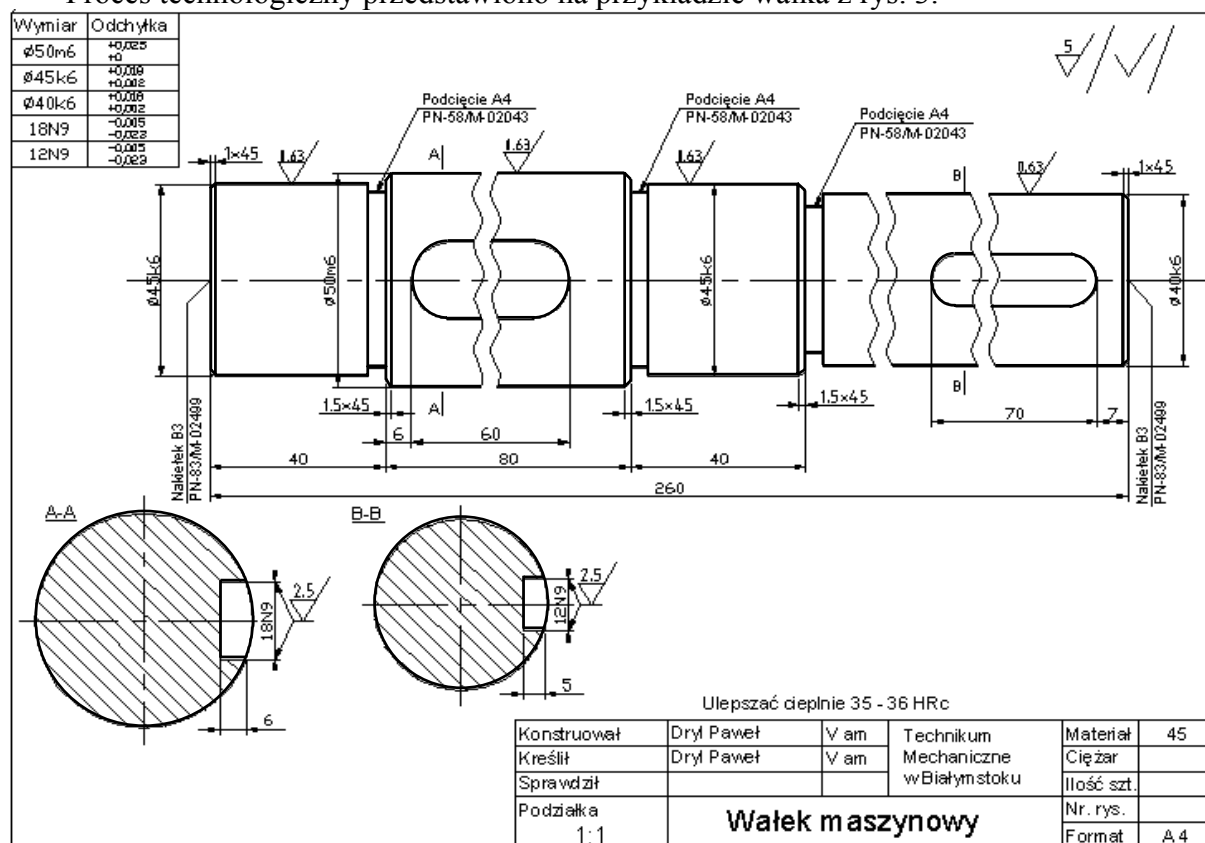
11) Kontrola.

Przykład ramowego procesu technologicznego części typu tuleja:

- 1) Przecinanie materiału.
- 2) Toczenie zgrubne powierzchni zewnętrznych, wstępne (lub na gotowo) wykonanie otworu.
- 3) Obróbka wykańczająca otworu.
- 4) Toczenie kształtowe powierzchni zewnętrznych z bazowaniem na otworze.
- 5) Frezowanie rowków.
- 6) Wykonanie gwintów.
- 7) Obróbka wykańczająca otworu.
- 8) Obróbka wykańczająca powierzchni zewnętrznych.
- 9) Kontrola.

Proces technologiczny wałka

Proces technologiczny przedstawiono na przykładzie wałka z rys. 3.



Rys. 3. Przykład wałka stopniowego⁴

Rysunek przedstawia wałek stopniowy z rowkami na wpusty, dokładnie wykonanymi powierzchniami walcowymi oraz wymagającego obróbki cieplnej.

Analiza konstrukcji:

Jest to wałek stalowy stopniowy. Kształt wałka narzuca jego obróbkę na tokarce. Wałek posiada dwa rowki na wpust, które wykonane mogą być na frezarce pionowej frezem palcowym. Posiada on kilka powierzchni dokładnie obrobionych (6 klasa dokładności i chropowatość $R_a = 0,63 \mu m$). Osiągnięcie takiej dokładności i chropowatości wymaga szlifowania na szlifierce do wałków. Wałek posiada również podcięcia, które wymagają

⁴ P. Dryl: Proces technologiczny wałka. Praca dyplomowa pod kierunkiem H. Janowicz, ZSM Białystok

od tokarza dużej precyzji. Na końcach wałka konstruktor umieścił nakiełki, które wskazują na konieczność mocowania w kłach. Ponadto na potrzebę obróbki w kłach wskazuje długość wałka. Oś symetrii wałka będzie więc główną bazą technologiczną.

Dobór surowki:

Liczba szt. w serii wynosi 100. Jest to przedmiot średnio ciężki. Całą partię wałków kwalifikujemy jako małoseryjną. Z uwagi na rodzaj produkcji, kształt wyrobu oraz narzucony materiał na półfabrykat przyjmujemy materiał walcowany (wałek stalowy). Średnica wałka dobieramy uwzględniając wielkość naddatków. Największa średnica gotowego wyrobu wynosi $\Phi = 50$ mm. Do tej średnicy dodajemy naddatki. Przewidujemy toczenie zgrubne i kształtowe w jednej operacji oraz szlifowanie.

Z tablic dobieramy (dla wałka o średnicy od $\Phi 50$ do $\Phi 80$ i długości od 250 do 400 mm): Naddatek na obróbkę zgrubną wynosi 3,5 mm, na obróbkę kształtującą wynosi 1,1 mm. Naddatek na szlifowanie wynosi 0,4 mm. Suma naddatków wynosi więc 5 mm. Z programu produkcji przyjmujemy najmniejszy występujący typowy wymiar. Będzie to $\Phi 55$ mm.

Opracowanie kart technologicznych:

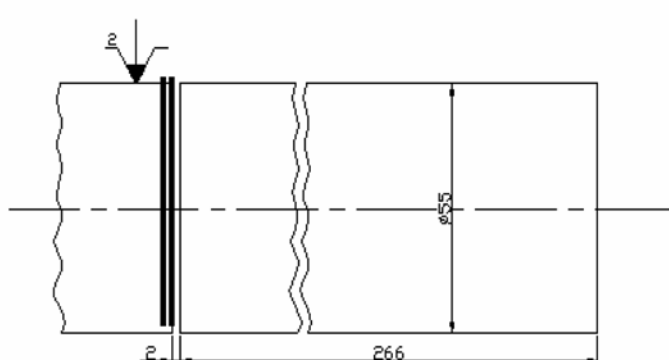
Karta technologiczna dla tego procesu technologicznego przedstawiona jest na rysunku 4.

WWVP		Karta zbiorcza		Nazwa części			Nr. części	Symbol wyrobu	Nr. procedury	
				Walek						
Materiał 45		Ilość szt. na wyrób 100	Wydział	Opracował	Dryl Paweł		Zatwierdził	Arkus		
				Sprawdził				Arkuszy		
Lp.	Nazwa operacji		Numer operacji	Obrabiarka lub urządzenia			Kategoria pracy	Czas w min.		
				Nazwa		Typ				
1	Ciąć		10	Przecinarka ramowa z podajnikiem			BKA - 30			
2	Planować, nakiełkować		20	Tokarka uniwersalna			TUC - 40			
3	Planować, nakiełkować		20	Tokarka uniwersalna			TUC - 40			
4	Toczyć		30	Tokarka uniwersalna			TUC - 40			
5	Toczyć		30	Tokarka uniwersalna			TUC - 40			
6	Toczyć, fazować		40	Tokarka uniwersalna			TUC - 40			
7	Toczyć, fazować		40	Tokarka uniwersalna			TUC - 40			
8	Frezować rowki na wpust		50	Frezarka uniwersalna			FWF - 32			
9	Hartować, odpuszczać		60	Piec			PEK - 2			
10	Szlifować		70	Szlifierka do wałków			SWA - 10			
11	Szlifować		70	Szlifierka do wałków			SWA - 10			
12	Kontrola techniczna									

Przed szlifowaniem często występuje operacja poprawienia nakiełków. W tym procesie tego nie uwzględniono, gdyż na rysunku brak jest naniesionych tolerancji kształtu. W operacji 80 przewidziano kontrolę techniczną.

Następnym etapem projektowania jest opracowanie instrukcji obróbki do poszczególnych operacji.

Instrukcję dla operacji 10 przedstawiono na rysunku 5. W tej operacji przewiduje się jeden zabieg „Ciąć materiał”. Wałek zamocowano w dwu-szczękowym uchwycie. Miejsce cięcia zaznaczono grubą linią ciągłą. Taką linią zaznacza się wszystkie powierzchnie obrabiane w danej operacji. W instrukcji oznaczono parametry skrawania, obrabiarkę (Przecinarka ramowa BKA – 30) oraz oprzyrządowanie. Na oprzyrządowanie składają się przyrządy (oznaczane literą „P”, narzędzie skrawające „N” i przyrządy pomiarowe „M” W tej operacji brak jest przyrządów dodatkowych. Natomiast przewidziano narzędzie skrawające (piła) oraz przyrząd pomiarowy (przymiar).

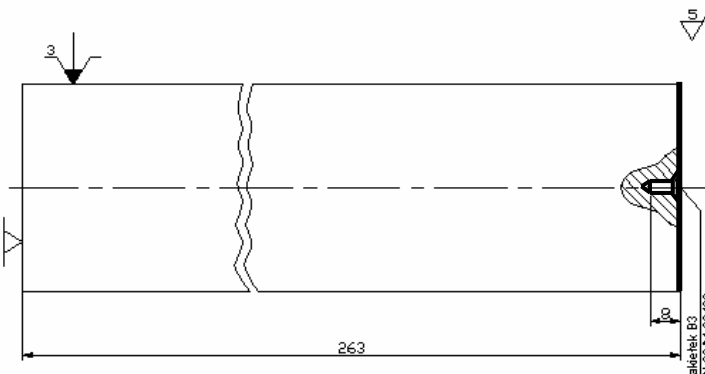
Nazwa Szkoły		Instrukcja obróbki	Nazwa części: <i>Wałek maszynowy</i>			Nr operacji:	Nr rys.				
			Treść operacji: <i>Ciąć</i>			10					
Zabieg	Opis zabiegu		n	p	g	Obrabiarka (stanowisko)					
1	<i>Ciąć materiał $\Phi 55 \times 266$</i>				55	BKA - 30					
						Pomoce warsztatowe					
						Zabieg	Cecha	Ilość			
						Uchwyty:					
						Narzędzia:			1	<i>NPMa 300/10</i>	1
						Sprawdziany			1	<i>MLPd 300</i>	1
Opracował:						Sprawdził:					

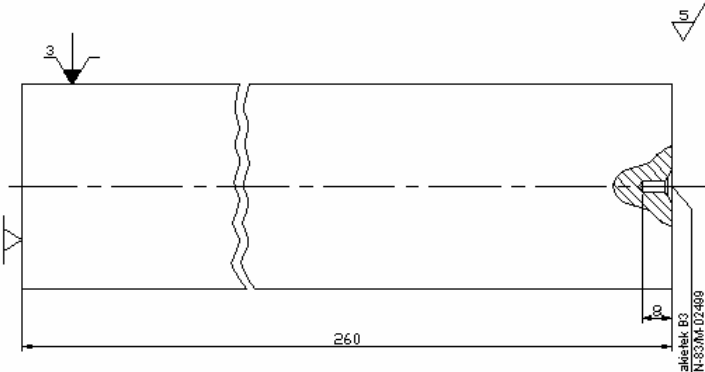
Rys. 5. Instrukcja operacji 10 procesu obróbki wałka⁶

Następna operacja składa się z dwóch zamocowań. Instrukcja obróbki do operacji 20 przedstawiona jest na rysunku 6. Operacje wykonano na tokarce uniwersalnej TUC 40. Przedmiot zamocowano w uchwycie trójszczękowym PUTm 250. Rozwiertak NWRd

⁶ Na podstawie: P. Dryl: Proces technologiczny wałka. Praca dyplomowa pod kierunkiem H. Janowicz, ZSM Białystok

Do operacji dobrano parametry obróbki, które są inne do planowania czół i inne do wykonania nakiełków.

Nazwa Szkoły		Instrukcja obróbki		Nazwa części: Wałek maszynowy			Nr operacji: 20		Nr rys.		
				Treść operacji: Planować, wykonać nakiełki							
Zabieg	Opis zabiegu			n	p	g	Obrabiarka (stanowisko)				
1	Toczyć czoło zachowując wymiar 263			450	0,5	3	TUC - 40				
2	Wykonać nakiełek B3			140	ręczny	1,5					
3	Toczyć czoło zachowując wymiar 260 z drugiej strony			450	0,5	3	Pomoce warsztatowe				
4	Wykonać nakiełek B3 z drugiej strony			140	ręczny	1,5					
							Uchwyty:		Zabieg	Cecha	Ilość
									1 - 4	PUTm 250	1
									2, 4	PTRn 2/B12	1
									2, 4	PTPa 5/2	1
							Narzędzia:		1,3	NNZc 20x20 S20	1
									2, 4	NWRd 3	1
							Sprawdziany		1, 3	MAJe 300	1
									2, 4	MAUb 150	1
Opracował:							Sprawdził:				

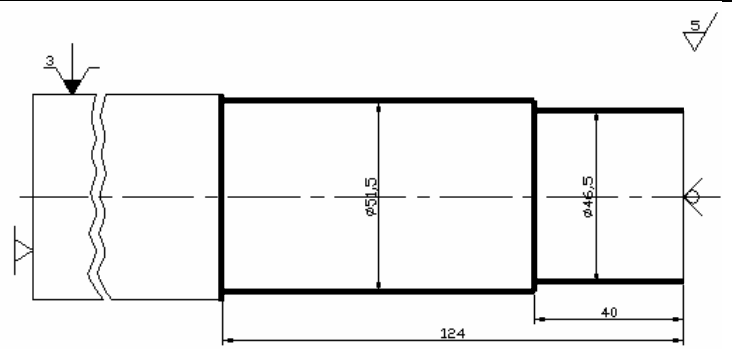
				
---	--	--	--	--

Po wykonaniu nakiełków możemy wykonać obróbkę zgrubną wałka. Przedmiot zostanie zamocowany na tokarce w kłach (we wrzecionie kieł stały, w koniku kieł obrotowy). Obróty wałkowi nadaje zabierak (sercówka). Toczenie zostanie wykonane w dwóch zamocowaniach. W zamocowaniu pierwszym obróbka zostanie wykonana z jednej strony, a w zamocowaniu drugim z drugiej. Na powierzchniach pozostaną naddatki na obróbkę kształtującą oraz na szlifowanie (0,5 mm). Instrukcję do operacji 30 przedstawiono na rysunkach 7 i 8. Do obróbki zgrubnej przyjęto obroty wrzeciona 560 obr/min, posuw 0,5 mm/obr. Głębokość skrawania przyjęto:

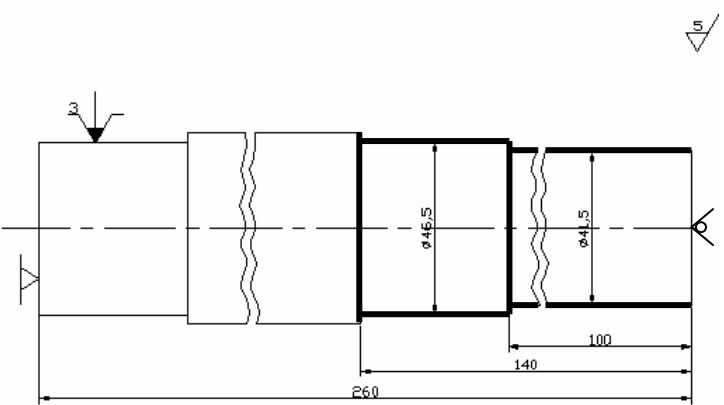
- w zabiegu 1, dla średnicy $\Phi 51,5 - 1,75$ mm na stronę (jeżeli z wałka o średnicy 55 mm zdejmujemy warstwę o grubości po 1,75 mm, po każdej ze stron wałka, to otrzymamy średnicę $\Phi 51,5$). Zabieg zostanie wykonany w jednym przejściu,
- w zabiegu 2 i 3, dla średnicy $\Phi 46,5 - 2,125$ mm na stronę. Zabiegi zostaną wykonane w dwóch przejściach,

- w zabiegu 4, dla średnicy $\Phi 41,5 - 2$, mm na stronę. Zabiegi zostaną wykonane w dwóch przejściach.

Nazwa Szkoły		Instrukcja obróbki	Nazwa części: Wałek maszynowy			Nr operacji: 30	Nr rys.	
			Treść operacji: Toczyć. Zamocowanie 1					
Zabieg	Opis zabiegu		n	p	g	Obrabiarka (stanowisko) Tokarka TUC 40		
1	Toczyć zgrubnie $\Phi 51,5$		560	0,5	1,75			
2	Toczyć zgrubnie $\Phi 46,5$		560	0,5	2,125			
						Pomoce warsztatowe		
						Zabieg	Cecha	Ilość
						1,2	PUTm 250	1
						1,2	PZKk 5	1
						1,2	NNBe 20x20 S20	1
						1,2	MAUb 150	1
						Opracował:		Sprawdził:

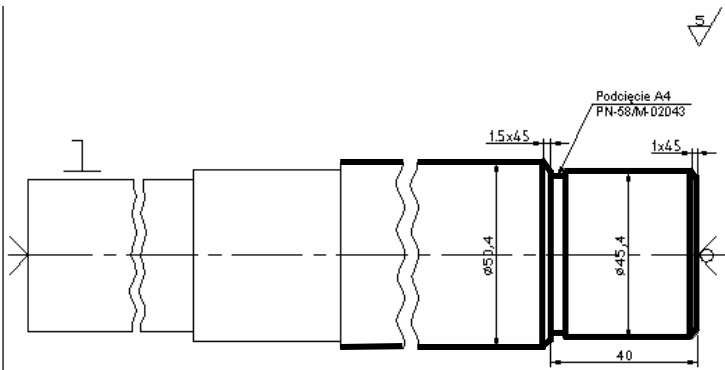


Rys. 7. Instrukcja operacji 30, zamocowanie 1, procesu obróbki wałka⁶.

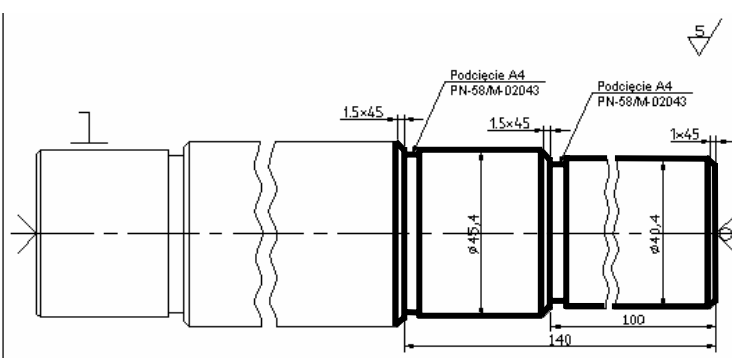
Nazwa Szkoły		Instrukcja obróbki	Nazwa części: Wałek maszynowy			Nr operacji: 30	Nr rys.	
			Treść operacji: Toczyć. Zamocowanie 2					
Zabieg	Opis zabiegu		n	p	g	Obrabiarka (stanowisko) Tokarka TUC 40		
3	Toczyć zgrubnie $\Phi 46,5$		560	0,5	2,125			
4	Toczyć zgrubnie $\Phi 41,5$		560	0,5	2,5			
						Pomoce warsztatowe		
						Zabieg	Cecha	Ilość
Zamocowanie 2 						3, 4	PUTm 250	1
						3, 4	PZKk 5	1
						Uchwyty:		
						Narzędzia:		
						Sprawdziany		
						Opracował:		

Rys. 8. Instrukcja operacji 30, zamocowanie 2, procesu obróbki wałka⁶

Operacja 40 zostanie wykonana w dwóch zabiegach. Zamocowanie będzie takie samo jak w operacji 30. Przyjęto tylko inne parametry obróbki. Dla toczenia wykańczającego obroty 1120obr/min, posuw 0,225mm/obr i głębokość 0,55mm na stronę (pozostaje naddatek 0,4 mm na szlifowanie). Do wykonania rowków i faz przyjęto obroty 450obr/min, posuw ręczny. Nie określono głębokości, gdyż przy rowkach i fazach nie ma takiej potrzeby. Operację 40 przedstawiono na rysunkach 9, 10.

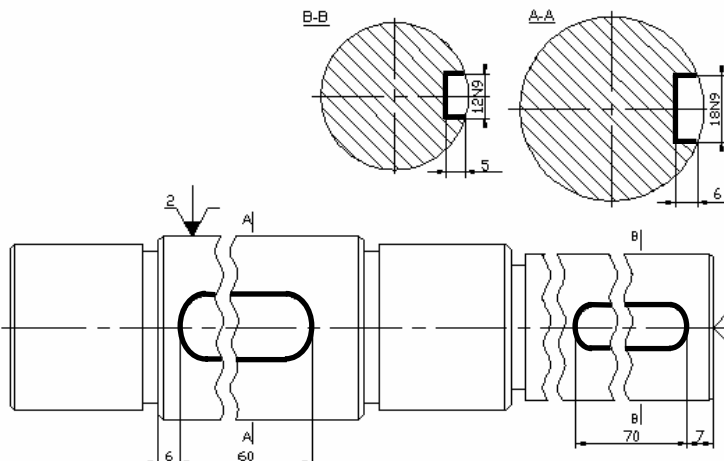
Nazwa Szkoły		Instrukcja obróbki	Nazwa części: Wałek maszynowy			Nr operacji: 40	Nr rys.			
			Treść operacji: Toczyć, fazować. Zamocowanie 1							
Zabieg	Opis zabiegu		n	p	g	Obrabiarka (stanowisko) Tokarka TUC 40				
1	Toczyć $\Phi 50,4$		1120	0,225	0,55					
2	Toczyć $\Phi 45,4$		1120	0,225	0,55					
3	Toczyć podcięcie A4		450	ręczny		Pomoce warsztatowe				
4	Fazować 1-45° i 1,5-45°		450	ręczny		Zabieg	Cecha	Ilość		
						1 - 4	PZTa 40	1		
						1 - 4	PZKk 50	1		
						1 - 4	PZKa 50	1		
						Uchwyty:		1,2	NNBe 20x20 S20	1
						Narzędzia:		3	NNBe 16x16 S20	1
								4	NNZc 20x20 S20	1
						Sprawdziany		1 - 4	MAUb 150	1
Opracował:						Sprawdził:				

Rys. 9. Instrukcja operacji 40, zamocowanie 1, procesu obróbki wałka⁶

Nazwa Szkoły		Instrukcja obróbki	Nazwa części: Wałek maszynowy			Nr operacji: 40	Nr rys.	
			Treść operacji: Toczyć, fazować. Zamocowanie 2					
Zabieg	Opis zabiegu		n	p	g	Obrabiarka (stanowisko) Tokarka TUC 40		
5	Toczyć $\Phi 45,4$		1120	0,225	0,55			
6	Toczyć $\Phi 40,4$		1120	0,225	0,55			
7	Toczyć podcięcia A4		450	ręczny		Pomoce warsztatowe		
8	Fazować 1-45°, 1,5-45° i 1,5-45°		450	ręczny		Zabieg	Cecha	Ilość
						5 - 8	PZTa 40	1
						5 - 8	PZKk 50	1
						5 - 8	PZKa 50	1
						5,6	NNBe 20x20 S20	1
						7	NNBe 16x16 S20	1
						8	NNZc 20x20 S20	1
						5 - 8	MAUb 150	1
Opracował:						Sprawdził:		

Rys. 10. Instrukcja operacji 40, zamocowanie 2, procesu obróbki wałka⁶

W operacji 50 przewiduje się wyfrezowanie rowków na wpusty. Wykonane to zostanie frezami palcowymi na frezarce. Przedmiot zostanie zamocowany w specjalnym imadle z pryzmami i podparty kłem stałym. Przyjęto obroty freza 280 obr/min, posuw wzdłużny 0,2 mm/obr. Głębokości nie określono (frezier może to wykonać dwoma sposobami. Może kolejno zagłębić frez na pełną głębokość rowka i następnie włączyć posuw wzdłużny lub „wybierać” rowek warstwami). Operacja 50 przedstawiona jest na rysunku 11.

Nazwa Szkoły		Instrukcja obróbki	Nazwa części: Wałek maszynowy			Nr operacji: 50	Nr rys.				
			Treść operacji: Frezować rowki na wpust								
Zabieg	Opis zabiegu		n	p	g	Obrabiarka (stanowisko) Frezarka FYA 41					
1	Frezować rowek 12 x 5 x70		280	0,20							
2	Frezować rowek 18 x 6 x60		280	0,20							
						Pomoce warsztatowe					
Wymiar	Odchyłka					Zabieg	Cecha	Ilość			
18N9	- 0,005 - 0,023								1,2	PJmk 100	1
12N9	- 0,005 - 0,023								1,2	PTEd 40/A	1
						Uchwyty:					
						Narzędzia:					
						1	NFPh 12	1			
						2	NFPh 18	1			
						Sprawdziany					
						1,2	MAUb 150	1			
						Opracował:	Sprawdził:				

Rys. 11. Instrukcja operacji 50 procesu obróbki wałka⁶

W operacji 60 przewidziano hartowanie i odpuszczanie. Do obróbki cieplnej wykorzystuje się odpowiednie druki instrukcji obróbki cieplnej lub można wykorzystać druki instrukcji obróbki. Na rysunku 12 przedstawiono taką instrukcję obróbki.

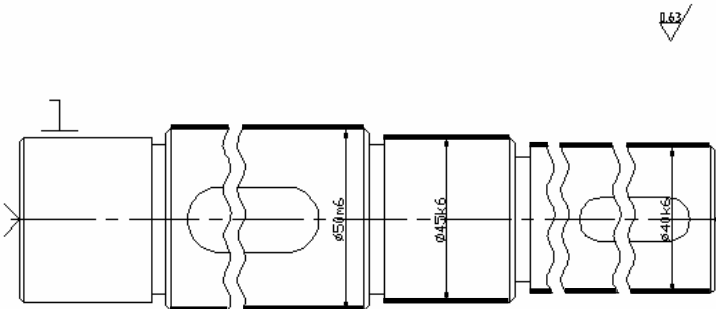
Nazwa Szkoły		Instrukcja obróbki	Nazwa części: <i>Wałek maszynowy</i>			Nr operacji 60	Nr rys.	
			Treść operacji: <i>Hartować, odpuszczać</i>					
Zabieg	Opis zabiegu		n	p	g	Obrabiarka (stanowisko) PEK-2		
	<i>Hartować</i>					Pomoce warsztatowe		
	<i>Odpuszczać średnio</i>					Zabieg	Cecha	Ilość
Hartowanie: 1) <i>Temperatura 820 – 860 °C.</i> 2) <i>Czas grzania 50 minut.</i> 3) <i>Chłodzić w wodzie</i> Odpuszczanie: 1) <i>Temperatura grzania 460 – 480 °C.</i> 2) <i>Czas grzania 65 minut.</i> 3) <i>Chłodzić w powietrzu</i>					Uchwyty:			
					Narzędzia:			
					Sprawdziany			
					Opracował:		Sprawdził:	

Rys. 12. Instrukcja operacji 60 procesu obróbki wałka⁶

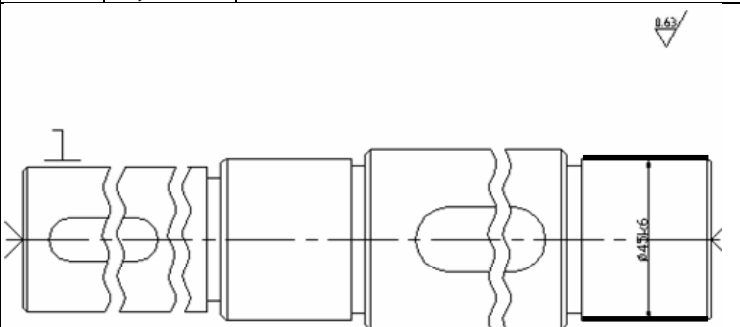
W operacji 70 przewidziano szlifowanie (konieczność osiągnięcia wymiarów w tolerancjach k6 i m6). Operacja zostanie wykonana na szlifierce do wałków. Zamocowanie w kłach z zabierakiem. Przyjęto posuwy minutowe 14 m/min i 10 m/min oraz głębokości 0,02 mm dla szlifowania zgrubnego i 0,01 mm dla szlifowania na gotowo. Przy szlifowaniu zgrubnym konieczne więc będzie 10 przejść (zebranie warstw tak, aby uzyskać średnicę o 0,4 mm mniejszą). Przy szlifowaniu na gotowo około 6 przejść. Nie można dokładnie określić liczby przejść, gdyż określi ją szlifierz po wykonaniu pomiarów, po każdym przejściu. Przy szlifowaniu szlifierz musi wykonywać pomiary mikrometrem, posiadającym dokładność

pomiaru do 0,01 mm lub passametrem. Powinien on obliczyć średni wymiar dla tolerancji k6 i m6. Na instrukcji obróbki umieszczono więc odchyłki dla wymiarów tolerowanych. Na przykład dla wymiaru $\Phi 50$ m6 wymiar maksymalny będzie wynosił $\Phi 50,025$, a wymiar minimalny $\Phi 50$. Wymiar średni będzie więc wynosił $\Phi 50,0125$.

Operacja ta zostanie wykonana w dwóch zamocowaniach. Instrukcję obróbki do tej operacji przedstawiono na rysunkach 13 i 14.

Nazwa Szkoły		Instrukcja obróbki	Nazwa części: Wałek maszynowy			Nr operacji: 70	Nr rys.	
			Treść operacji: Szlifować. Zamocowanie 1					
Zabieg	Opis zabiegu		p	g	i	Obrabiarka (stanowisko) Szlifierka do wałków SWA 10		
1	Szlifować zgrubnie $\Phi 40,1$		14	0,02	10			
2	Szlifować na gotowo $\Phi 40k6$		10	0,01	6			
3	Szlifować zgrubnie $\Phi 45,1$		14	0,02	10			
4	Szlifować na gotowo $\Phi 45k6$		10	0,01	6			
5	Szlifować zgrubnie $\Phi 50,1$		14	0,02	10			
6	Szlifować na gotowo $\Phi 50m6$		10	0,01	6	Pomoce warsztatowe		
Wymiar		Odchyłka	Uchwyty:			Zabieg	Cecha	Ilość
$\Phi 50m6$		+0,025				1 - 6	PZKa	1
$\Phi 45k6$		+ 0,018 +0,012				1 - 6	PZSb	1
$\Phi 40k6$		+ 0,018 +0,012						
			Narzędzia:			1 - 6	T1A 97A – 60 – L – 5V	1
						Sprawdziany		
			Opracował:			Sprawdził:		

Rys. 13. Instrukcja operacji 70, zamocowanie 1, procesu obróbki wałka⁶

Nazwa Szkoły		Instrukcja obróbki	Nazwa części: Wałek maszynowy			Nr operacji: 70	Nr rys.		
			Treść operacji: Szlifować. Zamocowanie 2						
Zabieg	Opis zabiegu		n	p	g	Obrabiarka (stanowisko)			
7	Szlifować zgrubnie $\Phi 45,1$			14	0,02	Szlifierka do wałków SWA 10			
8	Szlifować na gotowo $\Phi 45k6$			10	0,01				
Wymiar	Odchyłka					Pomoce warsztatowe			
$\Phi 45k6$	+ 0,018 +0,012					Zabieg	Cecha	Ilość	
						Uchwyty:	7,8	PZKa	1
							7,8	PZSb	1
						Narzędzia:	7,8	T1A 97A – 60 – L – 5V	1
						Sprawdziany	7,8	MMZb 25 - 50	1
						Opracował:			

Rys. 14. Instrukcja operacji 70, zamocowanie 2, procesu obróbki wałka⁶

Do operacji kontroli instrukcje opracowuje się na odpowiednich drukach lub wykorzystać można instrukcje obróbki. Przedstawiono to na rysunku 15.

Nazwa Szkoły		Instrukcja obróbki	Nazwa części: <i>Wałek maszynowy</i>			Nr operacji 80	Nr rys.	
Treść operacji:								
Zabieg	Opis zabiegu		n	p	g	Obrabiarka (stanowisko) KT		
	Kontrola techniczna					Pomoce warsztatowe		
						Zabieg	Cecha	Ilość
Sprawdzić; 1) Sprawdzić wymiar Φ 50 m6. 2) Sprawdzić wymiar Φ 45 k6. 3) Sprawdzić wymiar Φ 40 k6					Uchwyty:			
					Narzędzia:			MAUb150
								MMZb 25 -50
					Sprawdziany			
					Opracował:		Sprawdził:	

Rys. 15. Instrukcja operacji 80, procesu obróbki wałka⁶

Normowanie czasu

Obliczenie kosztów wykonania przedmiotu wymaga obliczenia czasu jego wykonania. Czas niezbędny do wykonania partii wyrobów „T” składa się z sumy czasów wykonania poszczególnych operacji (czasu wykonania operacji „t”) przemnożonego przez liczbę wyrobów w partii.

$$T = t_{pz} \cdot n \cdot t_j$$

Czas wykonania operacji składa się z czasu jednostkowego „t_j” oraz czasu przygotowawczo-zakończeniowego „t_{pz}”.

$$t = \frac{t_{pz}}{n} + t_j$$

Czas przygotowawczo-zakończeniowy jest normą czasu przewidzianą na zapoznanie się z otrzymanym zadaniem, przebrojenie i ustawienie obrabiarki. Czas ten określa się dla całej partii wyrobów wykonywanych w danej operacji. Dzieli się więc go na liczbę wyrobów w partii. Otrzymany wynik jest więc czasem przygotowawczo-zakończeniowym przypadającym na jednostkę wyrobu.

Czas jednostkowy jest to czas wykonania danej operacji. Składa się on z czasu przeznaczonego na czynności główne, (obróbkę) oraz z czasu pomocniczego (zmierzenie przedmiotów, wymianę narzędzia, ustawienie narzędzia, zamocowanie przedmiotu).

Czasy te określa się z normatywów ogólnych, normatywów zakładowych lub oblicza dodając czasy konieczne do wykonania kolejnych zabiegów. Doświadczony technolog może z dużą dokładnością oszacować ten czas.

Przykład dla operacji 10.

Czas przygotowawczo-zakończeniowy przeznaczony na przygotowanie cięcia 100 wałów możemy oszacować na np. 60 minut (pobranie dokumentów, pobranie materiału z magazynu, przebrojenie obrabiarki). Oczywiście czas ten może być różny w różnych zakładach. Zależy to od przyjętej organizacji, odległości od biura i magazynu, posiadanych środków transportu wewnątrzzakładowego. Oczywiście dla innych operacji będzie on również różny.

Czas przygotowawczo-zakończeniowy przypadający na jedną sztukę wyrobu będzie równy ilorazowi czasu przygotowawczo-zakończeniowego i liczby szt. Dla 10 operacji będzie równy 60/100 = 0,6 minut.

Czas jednostkowy dla przecięcia wałka będzie wynosił około:

Zamocowanie 0,5 minuty. Dodać czas cięcia (około 60 suwów po 1 sekundzie = 1 minuta. Czyli czas jednostkowy wynosił będzie 1,5 minuty. Czas operacji dla jednej sztuki wynosił będzie 1,5 minuty + 0,6 minuty = 2,1 minuty.

Tą metodą możemy obliczyć czasy wszystkich operacji. W przypadku, gdy chcemy obliczyć łączny czas wykonania zlecenia dodajemy czasy wszystkich operacji i mnożymy przez liczbę sztuk.

Kalkulacje kosztów wyrobu

Kalkulacje kosztów wykonania partii wyrobów można przeprowadzać różnymi metodami. Bardzo często koszty wykonania oblicza się wychodząc od czasu wykonania poszczególnych operacji i kosztu jednej godziny pracy robotnika.

Stawka za godzinę pracy robotnika może być różna w różnych zakładach. Dla uproszczenia przyjmijmy ją w wysokości 30 zł/godzinę. Jest to oczywiście stawka godzinowa brutto, czyli składająca się ze stawki netto, podatku i opłat ZUS pracownika. Stawki godzinowe mogą się oczywiście różnić (np. stawka pracownika obsługującego piec do hartowania może być wyższa). W tych rozważaniach przyjmijmy równą stawkę dla wszystkich operacji.

Dla naszego przykładu przyjmijmy, że czas wszystkich operacji wynosi 30 minut. Czyli łączny czas wykonania partii 100 szt. wyrobów będzie wynosił 3000 minut, czyli 50 godzin. Koszt płacy będzie więc wynosił $50 \text{ godz.} \times 30 \text{ zł/godz.} = 1500 \text{ zł}$.

Do tego kosztu dodajemy narzut na płace (ZUS pracodawcy ok. 20%). Czyli koszt robocizny będzie wynosił: $1500 \times 120\% = 1800 \text{ zł}$ lub $1500 + 1500 \times 20\% = 1800 \text{ zł}$.

Drugim kosztem będzie koszt materiału oraz narzut do niego (narzut wynika z kosztów zakupu i magazynowania). Przyjmijmy, że materiał z narzutami będzie kosztował 600 zł.

Innymi kosztami występującymi w zakładzie będą koszty wydziałowe i koszty ogólnozakładowe. Koszty te obliczane są ze średniej kosztów występujących na wydziale produkcyjnym i całym zakładzie i naliczane są jako % narzutu do robocizny.

Koszty wydziałowe wynikają z kosztów energii, płac nadzoru, kosztów eksploatacji obrabiarek itp.

Koszty ogólnozakładowe wynikają z kosztów zarządu, kadr, księgowości, podatków płaconych przez zakład, zakupu materiałów i sprzętu biurowego, transportu itp.

Przyjmijmy te koszty w wysokości:

Koszty wydziałowe 60% od kosztów robocizny.

Koszty ogólnozakładowe 20% od sumy kosztów robocizny i kosztów wydziałowych.

Kalkulacja kosztów wytworzenia przedstawiona jest w poniższej tabeli.

Lp.	Nazwa kosztu	Obliczenie kosztu	Koszt w zł
1.	Koszt płacy	$50 \text{ godz.} \times 30 \text{ zł/godz.}$	1500
2.	Koszt robocizny (ZUS w przybliżeniu 20%)	$\text{Poz. 1} + 1500 \times 20\%$	1800
3.	Koszty wydziałowe	60% od poz. 2	1080
4.	Koszt wytworzenia	$\text{Poz. 2} + \text{poz. 3}$	2880
5.	Koszt ogólnozakładowy	20% od pozycji 4	576
6.	Koszt wytworzenia razem	$\text{Poz. 4} + \text{poz. 5}$	3456
7.	Zysk	20% od poz. 6	691,20
8.	Cena usługi	$\text{Poz. 6} + \text{poz. 7}$	4147,2

Jest to oczywiście uproszczona kalkulacja. Cena za usługę będzie zależna od bardzo wielu czynników. Podstawowym jest koszt wytworzenia. Im lepiej zorganizowany, lepiej wyposażony, posiadający nowocześniejsze maszyny zakład, tym będzie ona niższa.

4.3.2. Pytania sprawdzające

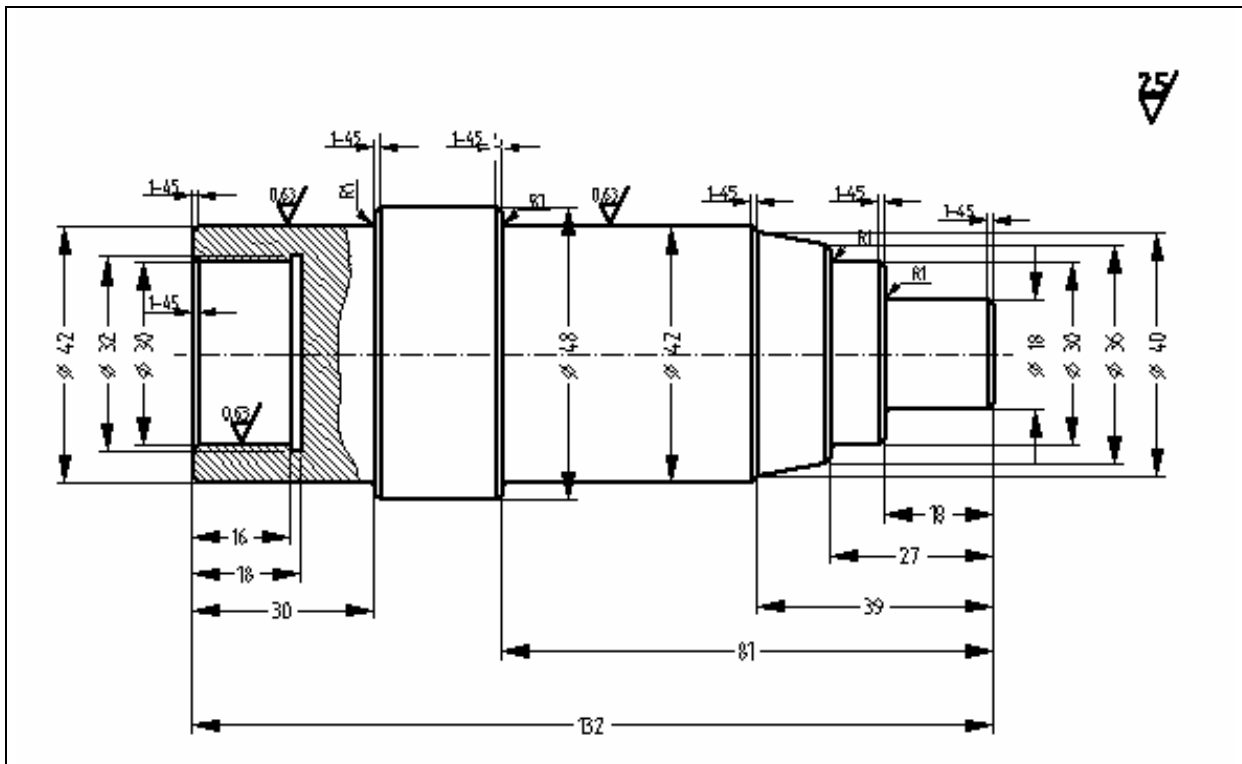
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie podstawowe rodzaje dokumentów stosuje się do opracowywania procesów technologicznych?
2. Do czego służy karta technologiczna?
3. Do czego służy instrukcja obróbki?
4. Jakie informacje zawarte są w karcie technologicznej?
5. Jakie informacje zawarte są w instrukcji obróbki?
6. Do czego służą ramowe procesy technologiczne?
7. Jaka jest różnica pomiędzy ramowym procesem technologicznym obróbki wałka bez obróbki cieplnej i z obróbką cieplną?
8. Jaka jest kolejność operacji w ramowym procesie obróbki wałka bez obróbki cieplnej?
9. Jaka jest kolejność operacji w ramowym procesie obróbki tulei?
10. Jak w instrukcji obróbki oznacza się powierzchnie obrabiane?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Opracuj proces obróbki wałka przedstawionego na rysunku 16 . Wielkość produkcji 100 szt. Materiał 45.



Rys. 16. Rysunek wałka do ćwiczenia 1

Opracował:	Sprawdził:	Arkusz
------------	------------	--------

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- Wypożyczenie stanowiska pracy:
- poradnik ucznia,

- literatura z zakresu projektowania procesów technologicznych, obróbki skrawaniem,
- poradnik tokarza.

Ćwiczenie 2

Opracuj instrukcje obróbki, wraz z rysunkami technologicznymi, dla procesu opracowanego w ćwiczeniu 1. Wykorzystaj druki „Instrukcji obróbki”.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zaplanować kolejne zabiegi dla pierwszej operacji,
- 2) narysować szkic pierwszej operacji,
- 3) zaznaczyć powierzchnie obrabiane w pierwszej operacji,
- 4) zaznaczyć sposób ustalania i mocowania w pierwszej operacji,
- 5) dobierać parametry obróbki do pierwszej operacji (skorzystaj z poradnika dla ucznia i poradnika tokarza),
- 6) dobierać pomoce warsztatowe do pierwszej operacji, korzystając z karty technologicznej (możesz wpisać tylko nazwy),
- 7) opracować instrukcje do wszystkich przewidzianych w karcie technologicznej operacji,
- 8) porównać swoje instrukcje z instrukcjami kolegów z grupy.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- poradnik ucznia,
- literatura z zakresu projektowania procesów technologicznych, obróbki skrawaniem,
- poradnik tokarza.

Ćwiczenie 3

Dobierz czasy wykonania poszczególnych operacji, procesu opracowanego w ćwiczeniu 1 i 2.

Nr operacji	Czas przygotowawczo-zakończeniowy [t _{pz}]	Czas jednostkowy [t _j]	Czas operacji [t]	Uwagi, obliczenia
Czas wykonania całej partii (t x liczba szt. w partii)				

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie

- 1) przypomnieć sobie odpowiednie zapisy z niniejszego poradnika,
- 2) zaplanować czas przygotowawczo-zakończeniowy dla całej partii i podzielić go przez liczbę szt. w partii,
- 3) obliczyć czas jednostkowy (możesz go obliczyć lub oszacować wykorzystując doświadczenie z poprzednich jednostek modułowych),
- 4) obliczyć czas wykonania operacji,
- 5) obliczyć czas wykonania całej partii,
- 6) wpisać obliczone czasy do karty technologicznej opracowanej w ćwiczeniu 1.

- 7) porównać swoją tabelę z tabelami kolegów z grupy,

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- poradnik ucznia,
- literatura z zakresu projektowania procesów technologicznych.

Ćwiczenie 4

Opracuj kalkulację wykonania dla partii 100 sztuk wałka, do którego proces opracowałeś w ćwiczeniach 1, 2 i 3. Czas wykonania przyjmij obliczony w ćwiczeniu 3.

Lp.	Nazwa kosztu	Stawka	Obliczenie	Koszt w zł
1.	Koszt płacy	50 zł/ godz.		
2.	ZUS pracodawcy	20 % od robocizny		
3.	Razem koszt robocizny	Poz. 2 + 3		
4.	Koszty wydziałowe	60% od poz. 3		
5.	Koszt wytworzenia	Poz. 3 + 4		
6.	Koszt ogólnozakładowy	20% od pozycji 5		
7.	Koszt wytworzenia razem	Poz. 5 + poz. 6		
8.	Zysk	20% od poz. 7		
9.	Cena usługi	Poz. 7 + poz. 8		

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie odpowiednie zapisy z niniejszego poradnika,
- 2) obliczyć cenę usługi,
- 3) porównać swój wynik z wynikami kolegów z grupy,

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- poradnik ucznia.

4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1). opracować proces technologiczny wałka?
- 2). dobrać obrabiarki i stanowiska do wykonania operacji?
- 3). opracować instrukcję obróbki dla operacji technologicznych?
- 4). dobrać parametry obróbki do poszczególnych zabiegów?
- 5). dobrać przyrządy do poszczególnych operacji?
- 6). obliczyć czas wykonania operacji?
- 7). skalkulować koszt wytworzenia partii wyrobów?

Tak Nie

☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐

4.4. Projektowanie obróbki na tokarkę CNC

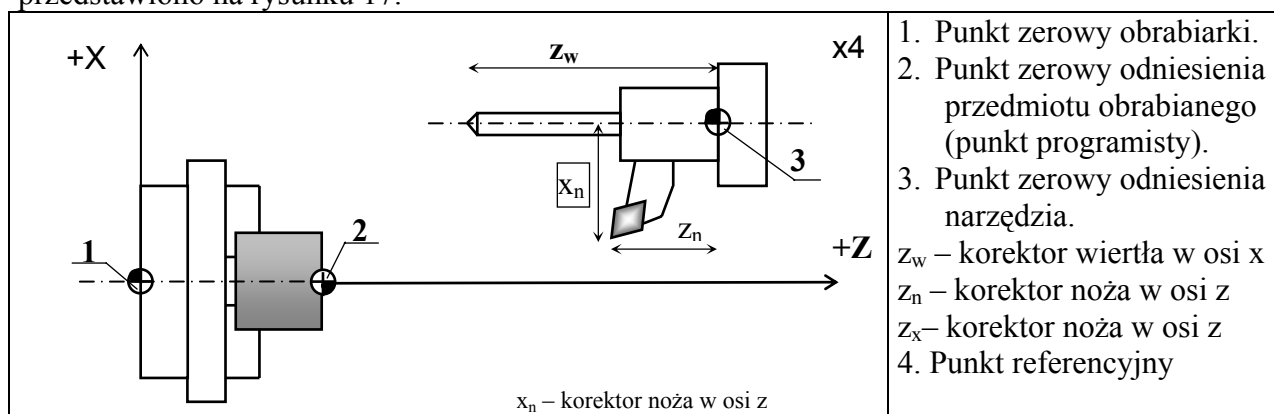
4.4.1. Materiał nauczania

Podstawy programowania

Obrabiarki sterowane numerycznie (CNC – Computer Numerical Control) znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle. Sterowane są one przez komputer będący jednostką sterującą lub zarządzającą. Do komputera obrabiarki wpisuje się program, który steruje funkcjami wykonawczymi, takimi jak szybkość skrawania, posuw, włączenie chłodzenia oraz ruchami narzędzia. Ruchy te określone są przez przyjęty układ współrzędnych.

Program obróbki na obrabiarkę CNC jest planem zamierzonej pracy zmierzający do wykonania przedmiotu o określonych kształtach, wymiarach i chropowatości powierzchni. Składa się on z informacji dotyczących geometrycznych ruchów narzędzia oraz informacji, dotyczących warunków obróbki (posuw, szybkość skrawania, narzędzie).

Każda obrabiarka sterowana numerycznie posiada własny układ współrzędnych, do którego należą punkty charakterystyczne odniesienia. Układ współrzędnych w tokarce CNC przedstawiono na rysunku 17.



Rys 17. Układ współrzędnych tokarki CNC

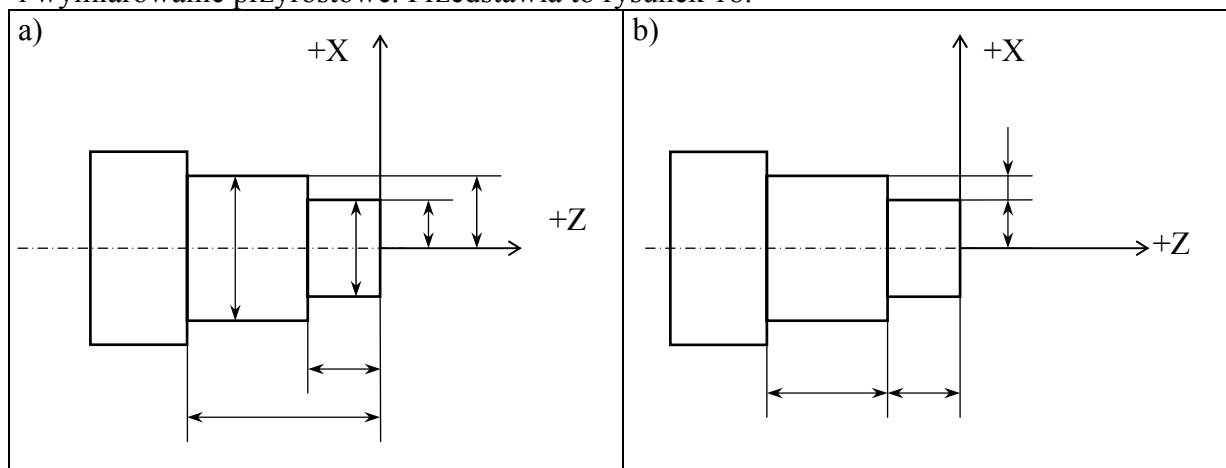
Do podstawowych punktów odniesienia należą:

- Punkt zerowy obrabiarki jest określony przez producenta i nie podlega zmianom. Znajduje się on poza obszarem obróbki.
- Punkt wyjściowy obrabiarki jest to dodatkowy punkt (nie zaznaczony na rysunku), który jest stały i niezmienny. Jest to punkt znajdujący się w obszarze roboczym i punkt zerowy narzędzia znajduje się w nim w momencie przygotowania obrabiarki (punkt startu programu obróbki).
- Punkt zerowy odniesienia narzędzia jest to punkt na głowicy narzędziowej, względem którego są obliczane wartości narzędzia. Każde zamontowane w głowicy narzędzie ma swoje wymiary. Przy obróbce programujemy ruchy wybranego punktu narzędzia (w wiertle i nożu tokarskim będą to wierzchołki). Podczas uzbrajania obrabiarki dokładnie mierzy się odległości wierzchołków narzędzi od punktu odniesienia narzędzia (w obydwu osiach) i podaje w programie obróbki jako korektory narzędzia. Podanie korektorów powoduje, że programując ruchy narzędzia obrabiarka będzie te komendy odnosiła w stosunku do jego wierzchołka.

Punkt zerowy przedmiotu obrabianego jest odnoszony do punktu zerowego obrabiarki i może być umieszczony w dowolnym miejscu (w programie podaje się te odległości), i może być zmieniany podczas obróbki. Dla uproszczenia programowania punkt zerowy przedmiotu obrabianego przy toczeniu na początku programu umieszcza się w miejscu oznaczonym cyfrą „2” (na rys. 17).

Wymiarowanie przedmiotów obrabianych

Przy opracowywaniu programów na obrabiarki CNC wygodnie jest przyjmować pewien określony sposób wymiarowania przedmiotów. Wyróżnić możemy wymiarowanie absolutne i wymiarowanie przyrostowe. Przedstawia to rysunek 18.



Rys. 18. Style wymiarowania przyjęte przy programowaniu CNC: a) absolutne – wymiary w osi „X” mogą być podawane jako średnice lub promienie, b) przyrostowe

Przy wymiarowaniu absolutnym wymiary odnosimy od środka współrzędnych, przyjętego w punkcie odniesienia przedmiotu obrabianego (podajemy współrzędne z i x punktu docelowego).

Przy wymiarowaniu przyrostowym punkty wymiaruje się względem punktu poprzedniego (podajemy odległości wzdłuż osi z i x od punktu aktualnego położenia wierzchołka narzędzia do punktu docelowego).

Na rysunku mogą się znaleźć obydwa style wymiarowania.

Struktura programu

Każdy program na obrabiarkę CNC składa się z wielu kolejno po sobie następujących bloków. Każdy blok zaczyna się od litery „N” oraz numeru bloku, który jest trzycyfrowy. Za numerem bloku podawane są „słowa”, składające się z „adresu” i „kodu” lub „wartości”.

Numer bloku		Słowo		Słowo		Słowo	
N110		G01		Z25		F0.1	
Symbol bloku	Numer bloku	Adres	Kod	Adres	Wartość	Adres	Wartość
		G01 – posuw roboczy		Z25 przesunięcie noża o wymiar przyrostów lub do punktu o współrzędnej Z25 przy wymiarowaniu absolutnym 25 mm w osi „z”		Posuw noża 0,1 mm/obrót	

Wszystkie słowa w programie podaje się za pomocą odpowiednich funkcji. Kolejność występowania słów w bloku jest następująca:

N	G	X Z	F	S	T	M
Numer bloku	Adres przygotowawczy	Współrzędne punktu docelowego (wymiar absolutny)	Posuw roboczy	Obroty wrzeciona (prędkość obrotowa)	Numer narzędzia w głowicy	Adres pomocniczy (np. włączenie wrzeciona – obroty w prawo lub w lewo, włączenie chłodziwa itp.)

Przykładem będzie poniższy blok:

N080 G01 X25 F01 S1000 T0808 M04

Blok o numerze 080 (N80). Zadana interpolacja liniowa (G01). Zadane przesunięcie noża o 25 mm lub do punktu o współrzędnych x25. Zadane obroty wrzeciona 1000 obr/min (S1000). Zadane narzędzie 08 (pozycja 8 w głowicy rewolwerowej) z wielkościami korekcyjnymi 08 (T0808). Zadanie włączenia wrzeciona o obrotach w lewo (M04).

Program CNC dla obróbki posiada określoną strukturę. Na początku nadaje się mu odpowiedni numer ze znakiem „%”. Np. %1001. Następnie podaje się szereg bloków specyficznych dla obrabiarki. Będzie to np. włączenie sterowania, przypisanie narzędzi i ich wielkości korekcyjnych do odpowiednich gniazd głowicy rewolwerowej, ustalony punkt wymiany narzędzia, czyli skonfigurowanie obrabiarki. Bardzo często tą część programu kopiuje się z programów poprzednich. Jest to bardzo ważne, gdyż wcześniej została uzbrojona obrabiarka, pomierzone wielkości korekcyjne narzędzi, zamocowane uchwyty itp. Tą część programu możemy nazwać „częścią wstępną”.

Od tego momentu struktura programu będzie się składać z następujących części:

1. Bloki początkowe programu.
2. Bloki zasadnicze programu.
3. Bloki zakończeniowe programu.

W blokach początkowych zaprogramujemy sposób wymiarowania, ustalimy punkt zerowy przedmiotu obrabianego, zaprogramujemy obroty, posuw, narzędzie.

W blokach zasadniczych zaprogramujemy cały proces obróbki.

W blokach zakończeniowych zakończymy program, odjedziemy saniami narzędziowymi, wyłączymy obroty, pompę, itp.

Funkcje programu CNC

Możemy wyróżnić następujące rodzaje funkcji:

1. Funkcje pomocnicze (M, F, S, T).
2. Funkcje programowania (G).

Wybrane funkcje pomocnicze i ich opis przedstawia tabela 4.

Tabela 4. Wybrane funkcje pomocnicze programowania

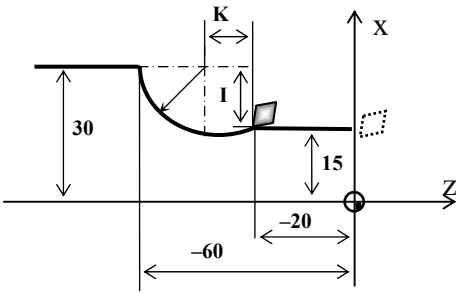
Funkcja	Nazwa	Opis
M03	Włączenie wrzeciona– kierunek obrotów w prawo (zgodnie z ruchem wskazówek zegara)	Wpisanie w blok tej funkcji spowoduje uruchomienie obrotów wrzeciona w prawo. Jest to funkcja obowiązująca w całym programie.
M04	Włączenie wrzeciona – kierunek obrotów w lewo	Wpisanie w blok tej funkcji spowoduje uruchomienie wrzeciona w lewo. Jest to funkcja obowiązująca w całym programie.
M05	Wyłączenie wrzeciona,	
M07	Włączenie pompy z chłodziwem	

M09	Wyłączenie pompy z chłodziwem	
M00	Zatrzymanie programu	Wpisanie w blok tej funkcji spowoduje chwilowe zatrzymanie programu. Np. w celu zmierzenia detalu.
M30	Zakończenie programu, przygotowanie do startu programu	Obroty wrzeciona i pompa chłodziwa zostanie wyłączona. Zostaje przerwana realizacja programu.
F	Zaprogramowanie wielkości posuwu	Np. F0.2 ustali posuw na 0,2 mm/obrót. Wartość będzie w następnych blokach taka sama, aż do odwołanie przez podanie innej wartości Np. F0.08.
S	Liczba obrotów wrzeciona	Wpisanie w blok tej funkcji ustali obroty wrzeciona. Np. S1000 spowoduje, że od tej chwili wrzeciono będzie się obracało z tą prędkością, aż do odwołania lub zmiany. Np. przez podanie S1200.
T	Wymiana narzędzia	Wpisanie w blok tej funkcji spowoduje ustawienie narzędzia z gniazda 1 w pozycji do obróbki. Narzędzie to musi mieć wcześniej ustalone korektory.

Wybrane funkcje programowania i ich opis przedstawia tabela 5.

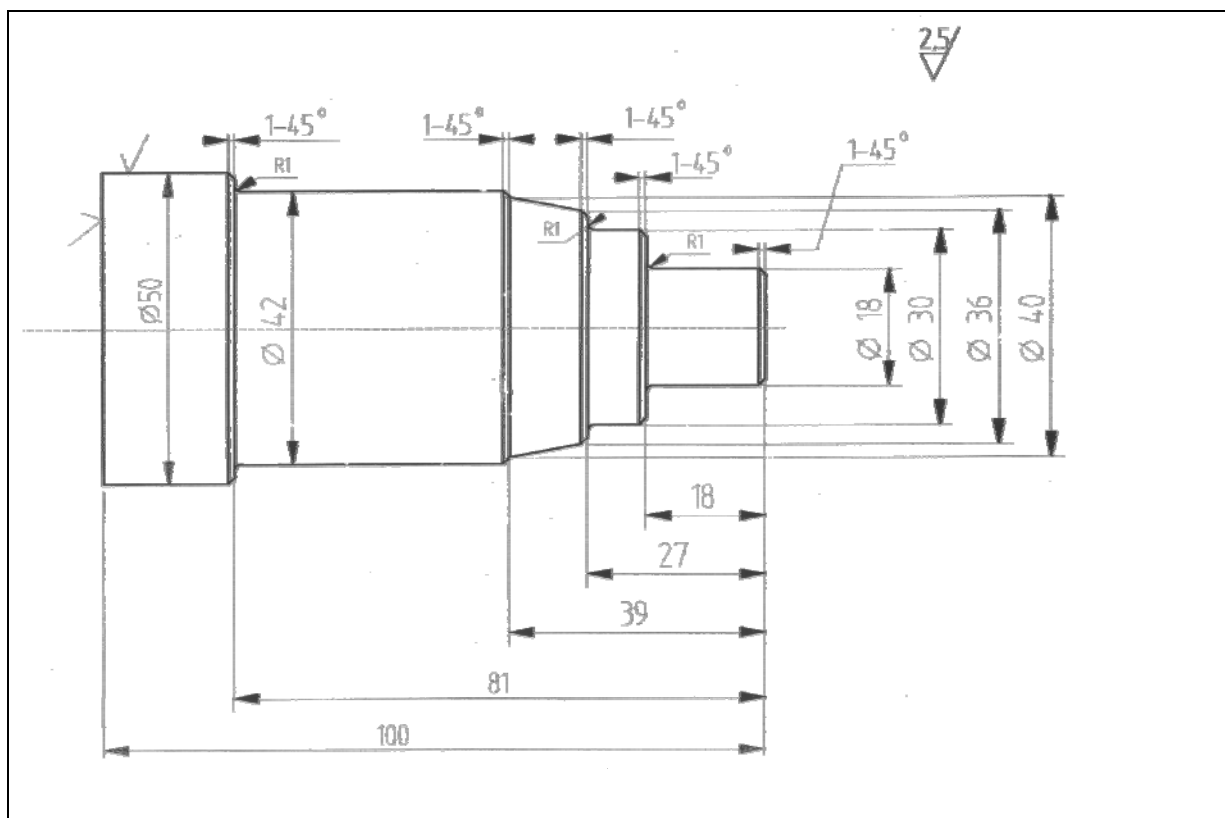
Tabela 5. Wybrane funkcje programowania

Funkcja	Nazwa i opis	Rysunek, komentarz
G00	Szybki posuw – po linii prostej Wpisanie w blok tej funkcji spowoduje szybkie przemieszczanie się sań narzędziowych (szybki dojazd noża). Za tą funkcją podajemy adres. Np. N 110 G00 X20 Z10. Narzędzie (jego wierzchołek) szybko przesunie się do punktu o współrzędnej 20 w osi „x” i 10 w osi „z” (wymiarowanie absolutne).	
G01	Interpolacja liniowa z posuwem roboczym. Wierzchołek noża przesuwany będzie po linii prostej z posuwem określonym funkcją F do punktu zadanego współrzędnymi „X” i „Z”. Np. N115 G01 Z-20. Nóż przesunie się do punktu o współrzędnej „z” = - 20.	

G02	Interpolacja kołowa zgodnie z kierunkiem wskazówek zegara. Wierzchołek noża przesuwiał się będzie po kole z posuwem określonym funkcją F do punktu zadanego współrzędnymi „X” i „Z”. Dla promienia R20 będzie: N115 G02 X30 Z-60 I+15 K-20.	
G03	Interpolacja kołowa przeciwna do kierunku wskazówek zegara.	
G04	Czasowy postój np. N110 G04 X20.	Czasowy postój 20 sekund
G22	Wywołanie podprogramu.	
G25	Szybki przesuw głowicy do punktu wyjściowego obrabiarki.	Nie podajemy współrzędnych, gdyż obrabiarka zna ten punkt.
G26	Szybki przesuw do punktu wymiany narzędzia.	Punkt wymiany narzędzia może być ten sam co punkt wyjściowy obrabiarki. Nie podajemy współrzędnych, gdyż punkt ten jest ustalony w części konfiguracyjnej obrabiarki.
G54	Ustalenie punktu zerowego przedmiotu obrabianego.	Powoduje przesunięcie początku układu współrzędnych do nowozdefiniowanego punktu zerowego przedmiotu
G90	Wymiarowanie absolutne, od bazy jaka jest np. punkt zerowy przedmiotu obrabianego.	Wystarczy podać współrzędne punktu docelowego narzędzia.

Programowanie

Opracowanie poprawnego programu na obrabiarkę CNC wymaga dobrej znajomości działania obrabiarki oraz umiejętności opracowywania procesów technologicznych. Obrabiarka sterowana numerycznie wykonuje kolejne zabiegi obróbkowe opisane w blokach programowych. Opracowanie programu dobrze jest rozpocząć od opracowania planu obróbki. Plan obróbki opracowany zostanie dla wałka, do którego opracowywany był proces technologiczny w ćwiczeniach działu „Projektowanie procesów technologicznych”. Wałek ten przedstawiono powtórnie na poniższym rysunku (rys. 19). W ostatniej kolumnie pisany będzie program na obrabiarkę CNC.

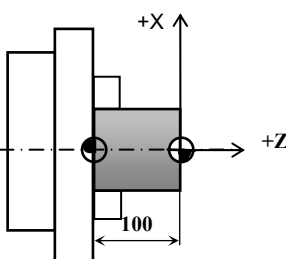
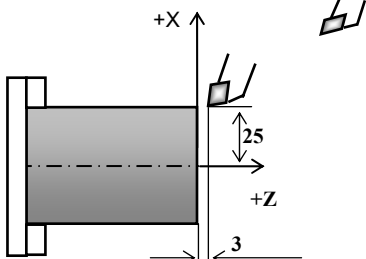
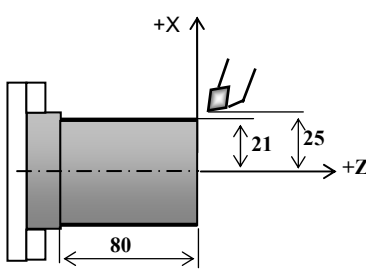


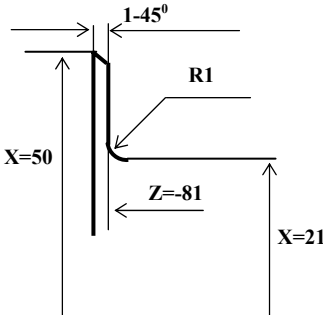
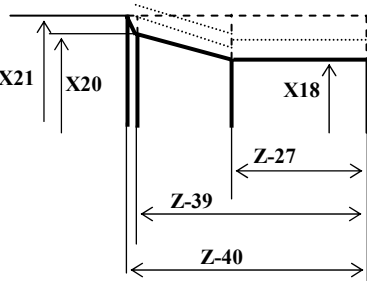
Rys. 19. Wałek (Przedmiot, do którego będzie opracowany plan obróbki)

Plan obróbki wałka.

Materiałem wyjściowym będzie wałek aluminiowy o średnicy $\Phi 50$ i długości 100. Będzie on wstępnie obrobiony na obrabiarce konwencjonalnej (planowane obydwie płaszczyzny czołowe). Z rysunku widzimy, że na części wałka nie przewiduje się obróbki. Tą końcówkę wykorzystamy więc do zamocowania w uchwycie tokarki CNC.

Nr i nazwa zabiegu	Parametry obróbki			Rysunek pomocniczy zabiegu. Uwagi, komentarze.	Bloki programu
	posuw	obroty	głębokość		
Bloki konfigurujące obrabiarkę					
Bloki konfigurujące obrabiarkę. Do każdej obrabiarki i jej ustawienia będzie to określona liczba bloków programowych. W tym programie przyjęto od nr 1 do nr 9.				Włączenie sterowania, przypisanie narzędzi i ich wielkości korekcyjnych do odpowiednich gniazd głowicy rewolwerowej, ustalony punkt wymiany narzędzia	%1001 N001 do N009
Bloki początkowe programu CNC					
Określamy sposób wymiarowania. Np. wymiarowanie absolutne.					N010 G90

Określamy punkt „0” przedmiotu obrabianego (Punkt „0” przedmiotu obrabianego przyjmujemy na powierzchni czołowej wałka w osi wrzeciona. Musimy więc przesunąć go do pozycji $Z = -100$. Współrzędna punktu „0” w osi X nie zmienia się, więc możemy podać X0 lub nie podawać w ogóle. Przy współrzędnej Z podajemy znak. W przypadku znaku + nie musimy tego podawać.					N020 G54 Z+100x0
Określamy posuw, prędkość obrotową wrzeciona, numer narzędzia i kierunek obrotów wrzeciona.				Posuw ustalony na 0,2 mm/obr Prędkość obrotowa 1000 obr/min. Narzędzie z gniazda nr 1 głowicy (zakładamy, że w blokach konfiguracyjnych przypisano nóż do gniazda „1” i określono wielkości korekcyjne).	N030 F0.2 S1000 T1 M04
Dojazd szybkim posuwem do punktu wyjściowego obróbki.					N040 G00 X25 Z3
Zabieg 1. Toczenie powierzchni $\Phi 42$. Walek ma średnicę $\Phi 50$. Konieczna jest więc obróbka powierzchni zewnętrznej na $\Phi 42$. Założyliśmy głębokość 1 mm. Konieczne więc będą 4 przejścia. Długość toczenia ustalimy na 80 mm, gdyż na końcu jest promień zaokrąglenia $R = 1$ mm. W programie można oczywiście cały zabieg wykonać przy wykorzystaniu cykli obróbkowych. Tutaj jednak zrobimy to krok po kroku.	0,2	1000	1	 W pierwszym bloku dojedziemy nożem o 1 mm w osi „x” (na głębokość skrawania). W kolejnych blokach wykonamy kolejno 4 przejścia po 1 mm głębokie. Otrzymamy wtedy średnicę $\Phi 42$.	N050 G01 X24 N060 G01 Z-80 N070 G00 X25 Z3 (blok N070 to powrót narzędzia) N080 G01 X23 N090 G01 Z-80 N100 G00 X25 Z3 N110 G01 X22 N120 G01 Z-80 N130 G00 X25 Z3 N140 G01 X21 N150 G01 Z-80

Cały zabieg 1 można wykonać za pomocą cyklu toczenia wzdłużnego – równoległego do osi G75. Bloki programowania byłyby wtedy następujące: N040 G00 X25 Z3 N050 G75 X21 Z-80 S4 W bloku podajemy współrzędne punktu końcowego (X21 i Z-80) oraz liczbę przejść (tutaj 4 przejścia po 1 mm). Na koniec nóż wycofa się do punktu o współrzędnych X21 i Z3. W cyklu obróbkowym możemy podać dodatkowo naddatki na obróbkę wykańczającą. Wtedy na końcu bloku podajemy te naddatki. Np. pragniemy pozostawić naddatki na obróbkę wykańczającą po 0,5 mm. W osi X i 1 mm w osi Z. Blok programowania byłby wtedy: N050 G75 X21 Z-80 S4 I+0.5 K+1 W następnych zabiegach wykorzystamy cykle obróbkowe zamiast programować krok po kroku.				
Zabieg 2. Toczenie (planowanie) powierzchni czołowej na średnicy $\Phi 42/\Phi 50$, ścięcie $1-45^\circ$ na średnicy $\Phi 50$, promienia zaokrąglenia $R = 1$. Obróbkę promienia wykonamy za pomocą funkcji G02 – interpolacja kołowa zgodnie z ruchem wskazówek zegara. W bloku podaje się: X,Z współrzędne punktu docelowego. I = 0 odległość w osi X punktu startowego do środka promienia. K=0 odległość w osi Z punktu startowego do środka promienia).	0.2	1000		 N160 G00 X22 N170 G00 X21 Z-80 (dojazd do początku promienia) N180 G02 X22 Z -81 I0 K0 (obróbka promienia) N190 G01 X24 (planowanie powierzchni czołowej) N200 G01 X25 Z-82 (obróbka ścięcia)
Zabieg 3. Toczenie stożka i ścięcia. W pierwszych blokach obrobimy powierzchnię określoną punktami docelowymi X18 i Z-27. Zrobione to zostanie w cyklu G75. naddatki ustalimy na 0.75. Następnie obrobimy stożek i ścięcie.	0.2	1000	0.7 5	 N210 G00 X21 Z3 N220 G75 X18 Z-27 S2 N230 G00 X20 Z-26 N240 G01 X22 Z-39 N250 G00 Z-26 N260 G00 X19 N270 G01 X21 Z-39 N280 G00 Z-26 N290 G01 X18 Z-27 N300 G01 X20 Z-39 N310 G01 X21 Z-40
Zabieg 3 (oprócz ścięcia) możemy wykonać za pomocą cyklu G65 kontur stożkowy.				
Zabieg 4. Obróbka powierzchni $\Phi 30$ promienia i ścięcia.	0.2	1000		N320 G00 X18 Z3 N330 G75 X15 Z-26 S2 N340 G00 X16 N345 G00 Z-25 N350 G01 X15 Z—26 N360 G02 X16 Z -27 I0 K0 N370 G01 X17 N380 G01 X18 Z-28
Zabieg 5. Obróbka powierzchni $\Phi 18$ promienia i ścięcia.				N390 G00 X15 Z3 N400 G75 X9 Z-17 S6 N410 G00 X10 N420 G00 Z-16 N430 G01 X9 Z—17 N440 G02 X10 Z -18 I0 K0 N450 G01 X14 N460 G01 X15 Z-19

Zabieg 6. Wykonanie ścięcia przy $\Phi 18$.					N470 G00 X9 Z3 N480 G01 X8 Z0 N490 G01 X9 Z-1
Koniec programu. Wyłączenie wrzeciona, pompy, zjazd narzędzia do punktu odniesienia.					N500 M30

W opracowywaniu programów na obrabiarki CNC szeroko wykorzystuje się programy wspomagające. W programach tych można wpisywać kolejno bloki programowania, wykorzystywać różne opcje wspomagające, np. wystarczy wykonać rysunek obrabianej części w programie typu CAD i wydać polecenie opracowania programu obróbki (program CAD/CAM). Program wspomagający opracuje sam program obróbki. Ponadto programy te posiadają opcje symulacji obróbki (na monitorze możemy zobaczyć cały przebieg obróbki), wymiarowania (program zwymiaruje wykonany detal), pokazania wykonanego detalu w przestrzeni i z różnych stron.

4.4.2. Pytania sprawdzające

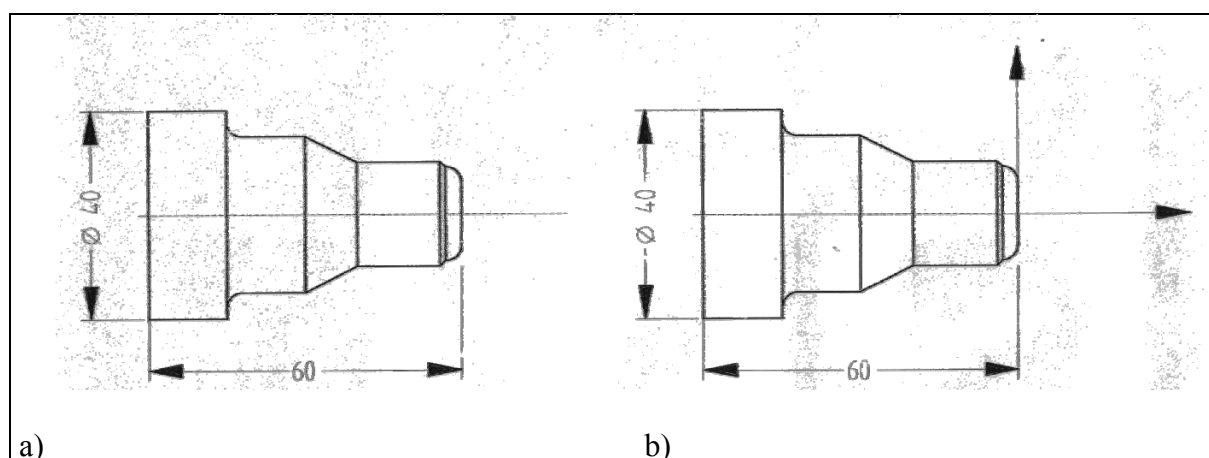
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie punkty odniesienia posiada obrabiarka CNC?
2. Jakie rodzaje wymiarowania stosujemy przy programowaniu obróbki na obrabiarki CNC?
3. Z jakich części składa się blok programowania CNC?
4. Z jakich części składa się struktura programu CNC?
5. Jakie rodzaje funkcji możemy wyróżnić w programie CNC?
6. Co oznaczają funkcje „S”, „F”, „T”?
7. Co oznacza funkcja „G00” i „G01”?
8. Do czego służą programy wspomagające programowanie CNC?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zwymiaruj przedstawiony wałek stosując wymiarowanie bezwzględne. Na rysunku obok podaj współrzędne w osiach „x” i „z”, zgodnie z naniesionymi wymiarami.



Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienś

- 1) zapoznać się ze sposobem wymiarowania bezwzględnego i przyrostowego,
- 2) zwymiarować wałek na rysunku „a”. Wymiary przyjąć dowolnie. Zachować proporcje,
- 3) na rysunku „b” podać odległości w osiach „x” i „z” wymiarów z rysunku „a”,
- 4) porównać rysunki z rysunkami kolegów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik ucznia.

Ćwiczenie 2

Opracuj plan obróbki dla detalu z ćwiczenia 1.

Nr i nazwa zabiegu	Parametry obróbki			Rysunek pomocniczy zabiegu. Uwagi, komentarze.
	posuw	obroty	głębokość	

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienś:

- 1) przeanalizować rysunek detalu,
- 2) zaplanować kolejne zabiegi i zapisać je,
- 3) dobrać parametry do poszczególnych zabiegów,
- 4) przypomnieć sobie opracowywanie rysunków technologicznych wykonywanych przy opracowywaniu instrukcji obróbki,
- 5) opracować rysunki zabiegów,
- 6) porównać tabelę z tabelami kolegów,

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik ucznia.

Ćwiczenie 3

Napisz bloki programu dla wymienionych niżej poleceń. Punkt „0” przedmiotu jest ustawiony na jego końcu i w osi symetrii.

Polecenie	Blok programu
Przesunięcie narzędzia o 10 mm w kierunku + osi „X”	N010 X10
Przesunięcie narzędzia o 30 mm w kierunku + osi „Z”	
Ustawienie obrotów 1000 obr/min, posuwu 0,3 mm/obr.	
Przywołanie narzędzia o numerze 5	
Szybki przejazd narzędzia do punktu oddalonego o 3 mm w osi „Z” przedmiotu obrabianego	
Toczenie powierzchni $\Phi 50 \times 25$ (narzędzie znajduje się w położeniu $Z = +3, X = 0$)	
Toczenie ścięcia $1 - 45^\circ$ na średnicy $\Phi 50$. Ścięcie zaczyna się od średnicy $\Phi 49$ w położeniu $Z = 0$ (narzędzie znajduje się w położeniu $Z = +3, X = 0$)	

Toczenie promienia $R = 2$ na średnicy $\Phi 50$. Promień zaczyna się od średnicy $\Phi 48$ w położeniu $Z = 0$. Jest to promień wypukły (narzędzie znajduje się w położeniu $Z = +3$, $X = 0$)	
Obróbka w cyklu powierzchni zewnętrznej z $\Phi 50$ na $\Phi 40$ na długości 30. Narzędzie znajduje się we właściwym położeniu do wykonania cyklu.	

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie funkcje programowania,
- 2) zaprogramować odpowiedni blok (bloki) programu. Numery bloku przyjąć np. jako N010,
- 3) porównać tabelę z tabelami kolegów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik ucznia.

Ćwiczenie 4

Opracuj program CNC detalu z ćwiczenia 1. Detal został wstępnie obrobiony. Wcześniej obrobiono wstępnie powierzchnie zewnętrznie, a czoła zostały obrobione na gotowo.

%1001

N001

...

N010.....

Itl.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie funkcje programowania,
- 2) zaprogramować odpowiedni blok (bloki) programu,
- 3) porównać program z programami kolegów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik ucznia.

4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1). napisać blok programujący prędkość skrawania, posuw?
- 2). napisać blok programujący odpowiedni numer narzędzia?
- 3). napisać blok programujący przesunięcie punktu „0” przedmiotu?
- 4). napisać blok programujący szybki posuw narzędzia?
- 5). napisać bloki programujące różne funkcje programowania?
- 6). napisać program obróbki na tokarkę CNC?

Tak Nie

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| ☐ | ☐ |
| ☐ | ☐ |
| ☐ | ☐ |
| ☐ | ☐ |
| ☐ | ☐ |
| ☐ | ☐ |

4.5. Procesy technologiczne montażu

4.5.1. Materiał nauczania

Montaż – zbiór czynności mających na celu złożenie maszyny z części składowych i doprowadzenie jej do stanu gotowości użytkowej.

Procesem technologicznym montażu – łączenie (zespalandie) części lub zespołów w dalsze zespoły lub gotowy wyrób, przy stosowaniu połączeń zarówno spoczynkowych, jak i ruchowych (obrotowych, posuwistych), rozłącznych (śrubowych, klinowych) oraz nierozłącznych (nitowych, spawanych).

Demontaż – częściowe lub całkowite rozłożenie maszyny na pojedyncze elementy. Demontaż stosowany jest w celu wymiany zużytych części, ich naprawy, oceny technicznej.

Jednostka montażowa – grupa części wyrobu, która występuje w procesie montażowym jako wydzielona całość.

Schemat montażowy wyrobu – schemat struktury wyrobu złożonego, przedstawiający podział wyrobu na elementy składowe (zespoły, podzespoły) i wchodzących w skład tych elementów części.

Operacja montażowa – część procesu technologicznego montażu wykonywana na jednym stanowisku roboczym przez jednego lub grupę pracowników, na określonych jednostkach montażowych bez przerw na inną pracę.

Do podstawowych operacji montażowych należą:

- Mycie i rozkonserwowanie. Do mycia używa się nafty, oleju napędowego, benzyny, środków alkalicznych i innych specjalnych środków chemicznych. Wykonuje się to w myjkach ręcznych, automatycznych mechanicznych i ultradźwiękowych.
- Dopasowanie części. Operację tą wykonuje się często na stanowiskach ślusarskich lub bezpośrednio na stanowiskach montażowych. Dopasowanie wykonuje się przez skrobanie, pilowanie, docieranie, wiercenie, rozwiercanie, gwintowanie oraz w procesach mechanicznej obróbki skrawaniem.
- Wykonywanie połączeń spoczynkowych nierozłącznych. W zależności od przewidzianej technologii może to być spawanie, zgrzewanie, lutowanie, klejenie, nitowanie.
- Wykonywanie połączeń spoczynkowych rozłącznych. Mogą wystąpić operacje wykonywania połączeń gwintowych, wpustowych, wielowypustowych.
- Wykonywanie połączeń ruchowych. Mogą wystąpić operacje montażu łożysk, przekładni, mechanizmów ruchu obrotowego i postępowego. Połączenia te wykonuje się za pomocą specjalnego oprzyrządowania i narzędzi. Np. prasy do montażu łożysk tocznych.
- Regulowanie luzów i pomiary ustawcze. Mogą tu wystąpić różnorodne operacje regulowania wzajemnego położenia części, osiągania założonych luzów, osiąganie określonych dokładności położenia części.
- Próby i badania. Operacje te wykonuje się na końcu procesu. Ich rodzaje zależą od rodzaju montowanej maszyny, urządzenia czy zespołu.

Zabieg montażowy – część operacji montażowej wykonywana w ściśle określonym miejscu połączenia, jednym narzędziem lub zespołem narzędzi na dwóch (lub więcej) jednostkach montanowych bez zmiany położenia tych jednostek.

Istnieją różne metody montażu, które zależne są od wielkości produkcji, organizacji i wyposażenia technicznego zakładu.

Metody montażu można podzielić na:

- Montaż z całkowitą zamiennością. Polega on na składaniu jednostek montażowych z takich elementów, które mogą być dowolne, lecz wykonane według założonych wymiarów i innych wymagań. Metoda ta wymaga wykonania części z dużymi dokładnościami, tak aby każda część pasowała bez dodatkowych czynności obróbkowych.

Przykładem są części samochodowe, które powinny zawsze pasować. Stosowany jest on w produkcji wielkoseryjnej i masowej.

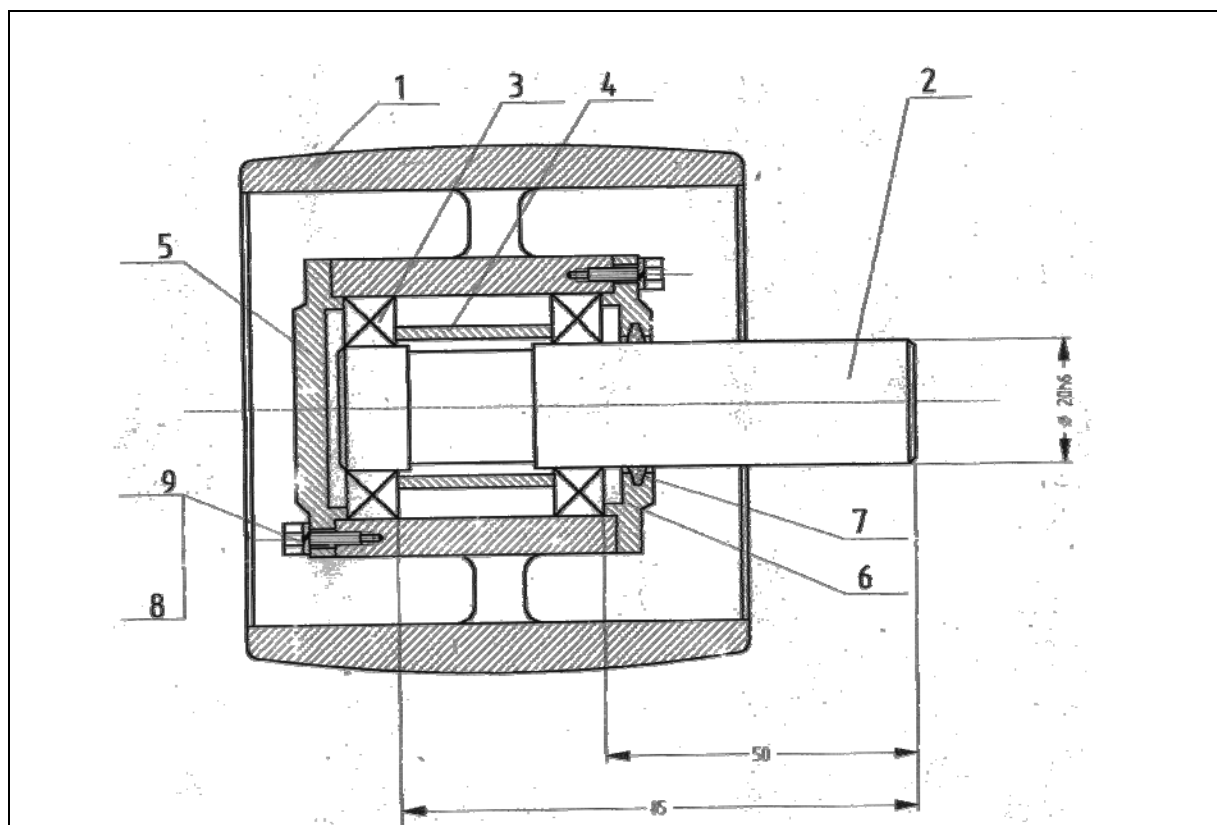
- Montaż z zastosowaniem selekcji. Polega on na tym, że założoną tolerancję wymiaru wynikowego uzyskuje się przez odpowiednie kojarzenie części z odpowiednich grup. Przykładem może być montaż dwóch części, tak aby uzyskać założone ich pasowanie. Przeprowadza się wtedy selekcję części na odpowiednie grupy w ramach tolerancji, np. grupy wałków i grupy tulejek. Następnie kojarzy się wałki z odpowiednich grup wymiarowych z tulejkami z odpowiednich grup wymiarowych. Ta metoda montażu stosowana jest w produkcji wielkoseryjnej i seryjnej. Nie wymaga ona tak dokładnego wykonania części, jak w przypadku montażu z całkowitą zamiennością. Wykonanie części, jest tańsze pomimo że zwiększa się pracochłonność z uwagi na konieczność dokonania selekcji.
- Montaż z zastosowaniem kompensacji. Polega on na tym, że wymaganą dokładność wymiaru wynikowego uzyskuje się za pomocą wprowadzenia do konstrukcji danej jednostki montażowej dodatkowego elementu kompensacyjnego. Elementem tym mogą być podkładki, tulejki dystansowe, śruby, kliny. Wymiar wynikowy uzyskujemy przez założenie odpowiedniej liczby podkładek, montaż tulejki o odpowiedniej długości, regulację śrubą czy klinem. Montaż ten stosuje się w produkcji seryjnej i małoseryjnej.
- Montaż z indywidualnym dopasowaniem składanych części. Polega na tym, że wymaganą dokładność wymiaru wynikowego osiąga się przez zmiany wymiaru jednej, z góry określonej części. Część tą (wykonaną z odpowiednim naddatkiem) dopasowuje się podczas montażu do części współpracującej. Np. przez szlifowanie, toczenie, piłowanie, skrobanie, docieranie.

Montaż odbywać się może w różnych formach organizacyjnych. Może być montaż stacjonarny oraz montaż potokowy. Montaż stacjonarny dokonywany jest na jednym stanowisku bez przesuwania montowanego wyrobu. W montażu tym operacje montażowe skoncentrowane są w jednym miejscu. Montaż potokowy stosowany jest w produkcji seryjnej i polega na tym, że montowany wyrób przesuwa się kolejno na następne stanowiska, na których dokonywane są następne operacje montażowe.

Proces technologiczny montażu

Proces technologiczny montażu podobny jest do procesu technologicznego obróbki skrawaniem. Składa się z operacji montażowych, a operacje montażowe z zabiegów montażowych. Głównym czynnikiem warunkującym opracowywanie procesu technologicznego montażu jest wielkość produkcji. Przy produkcji jednostkowej wystarczy rysunek złożeniowy. Przy innych rodzajach produkcji mogą wystąpić: Karta technologiczna montażu, instrukcje montażu, schematy montażu oraz rysunki montażowe.

W poradniku tym przedstawiony zostanie proces montażu podzespołu, składający się z rysunku montażowego, instrukcji montażu podzespołu oraz schematu montażu podzespołu.



8	Podkładka sprężysta 5,5	9	PN/M - 82008	
8	Śruba M5 x 16	8	PN/M - 82110	
1	Pierścień filcowy 36 x 20 x 6	7	filc	
1	Pokrywa	6	St 5	
1	Pokrywa	5	St 5	
1	Tuleja dystansowa	4	St 5	
2	Łożysko 6204	3	PN/M - 86102	
1	Walek	2	45	
1	Koło pasowe	1	ZI 220	
Ilość szt.	Nazwa części	Nr części	Materiał lub norma	Uwagi

Rys. 20. Rysunek montażowy koła pasowego⁷

Rysunek 20 przedstawia koło pasowe osadzone na łożyskach tocznych. Całość obraca się na walek. Walek jest wykonany w tolerancji „k6”. Oznacza to, że łożysko osadzone jest na walek ciasno. Natomiast w obudowie będzie osadzone luźno. Ten warunek narzuca kolejność montażu. Najpierw trzeba zmontować łożyska na walek, następnie zmontować walek z łożyskami do koła pasowego i zabezpieczyć pokrywami łożyskowymi. Ważne są wymiary montażowe, które musimy uzyskać.

Instrukcja montażu przedstawiona jest poniżej.

⁷ na podstawie: T. Dobrzański. Rysunek techniczny maszynowy. WNT, Warszawa 1994. S. 178

- lepsze wykorzystanie zasobów – roboty zwiększają wydajność kosztownych linii produkcyjnych poprzez zachowanie ściśle zdefiniowanych i szybkich ruchów, prowadzące do minimalnych czasów przestojów maszyn,
- redukcję kosztów pracy - roboty bezpośrednio redukują ilość pracy oraz usprawniają realizację trudnych zadań,
- zwiększenie ergonomii i bezpieczeństwa pracowników - roboty minimalizują wypadki spowodowane powtarzaniem tych samych czynności oraz kontaktem z niebezpiecznymi maszynami,
- lepszą jakość wyrobów przy mniejszej ilości odpadów - dzięki powtarzalności, przewidywalności i lepszej kontroli nad spójnością procesu.

W liniach montażowych stosuje się różnego rodzaju roboty takie, jak roboty montażowe, roboty spawalnicze, roboty kontrolujące, magazyny części do montażu i magazyny wyrobów gotowych.

Struktura montażu automatycznego jest podobna do montażu potokowego. Linia montażowa zaczyna się od magazynu, przy którym znajduje się robot lub manipulator podający części na taśmę montażową (np. korpus urządzenia). Dalej taśma montażowa przesuwa części do następnego robota, który pobiera ze swojego magazynu dodatkowe części i montuje je. Następnie montowany podzespół przesuwany jest na kolejne stanowiska montażowe i kontrolne. Na końcu gotowy wyrób umieszczany jest w magazynie wyrobów gotowych.

4.5.2. Pytania sprawdzające

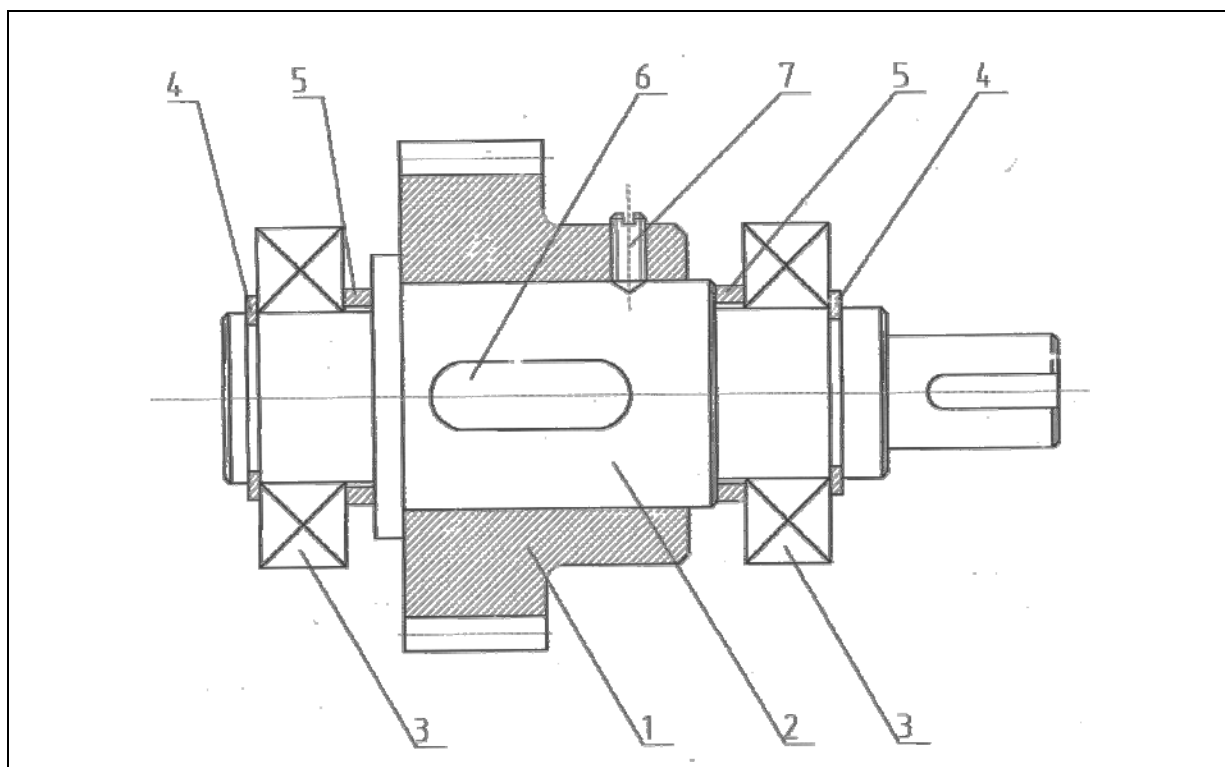
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaka jest definicja procesu technologicznego montażu?
2. Jaka jest definicja operacji montażowej?
3. Jaka jest definicja zabiegu montażowego?
4. Jakie występują rodzaje operacji montażowych?
5. Jakie znasz rodzaje montażu?
6. Na czym polega montaż z całkowitą zamiennością?
7. Na czym polega montaż z zastosowaniem selekcji?
8. Na czym polega montaż z zastosowaniem kompensacji?
9. Na czym polega montaż z indywidualnym dopasowaniem składanych elementów?
10. Jakie mogą wystąpić formy organizacyjne montażu?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Opracuj instrukcję montażu podzespołu z rysunku 21.



1	Wkręt bez łba M6x12	7		
1	Wpust pryzmatyczny	6	St 5	
2	Tuleja dystansowa	5	St 5	
2	Pierścień osadczy sprężysty 30	4	PN/M - 85111	
2	Łożysko 6206	3	PN/M - 86102	
1	Walek	2	45	
1	Koło zębate	1	45	
Ilość szt.	Nazwa części	Nr części	Materiał lub norma	Uwagi

Rys. 21. Rysunek montażowy podzespołu do ćwiczenia 1

Nazwa Szkoły		Instrukcja montażu	Nazwa podzespołu:		Nr rys. Rys. 21
			Treść operacji:		
Zabieg	Opis zabiegu			Stanowisko: Stanowisko montażu	
				Pomoce warsztatowe	
				Nazwa	Ilość
				Uchwyty:	
				Narzędzia:	
				Sprawdziany	
				Opracował:	Sprawdził:

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) opracować kolejne zabiegi montażowe. dobrać do nich pomoce warsztatowe,
 - 2) porównać instrukcje montażu z instrukcjami kolegów,
- Wyposażenie stanowiska pracy:
- poradnik ucznia.

Ćwiczenie 2

Opracuj schemat montażu podzespołu z rysunku 21.

Nazwa podzespołu:	Schemat montażu				Nr rys. Rys. 21		
Treść operacji	Części rysunkowe			Części normalne			
	Ilość szt.	Nazwa części	Nr rys	Ilość szt.	Nazwa części	Wymiar	
Opracował:	Nazwa szkoły:			Sprawdził:			

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) opracować kolejne zabiegi montażowe. Dobrać do nich pomoce warsztatowe,
 - 2) porównać instrukcje montażu z instrukcjami kolegów,
- Wyposażenie stanowiska pracy:
- poradnik ucznia.

4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

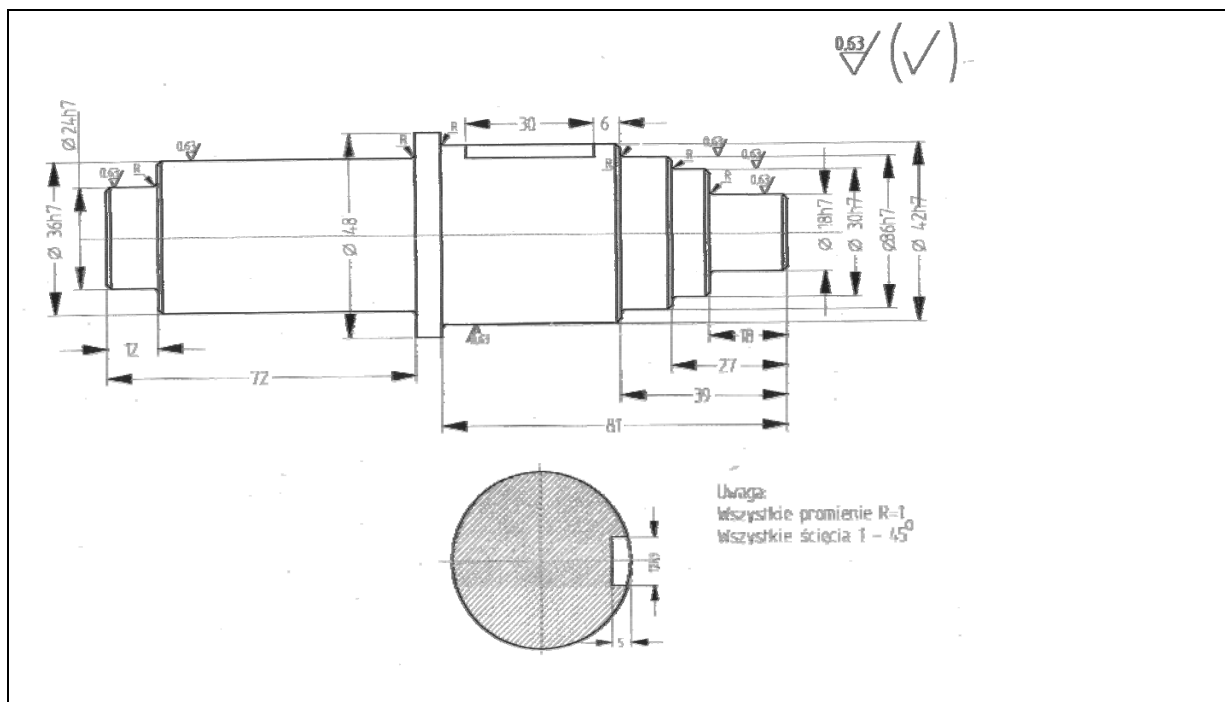
- | | Tak | Nie |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1). zdefiniować pojęcie operacji montażowej | ☐ | ☐ |
| 2). zdefiniować pojęcie zabiegu montażowego | ☐ | ☐ |
| 3). scharakteryzować montaż z całkowitą zamiennością | ☐ | ☐ |
| 4). scharakteryzować montaż z zastosowaniem selekcji | ☐ | ☐ |
| 5). scharakteryzować montaż z zastosowaniem kompensacji | ☐ | ☐ |
| 6). scharakteryzować montaż z indywidualnym dopasowaniem części | ☐ | ☐ |
| 7). scharakteryzować formy organizacyjne montażu | ☐ | ☐ |
| 8). opracować instrukcję montażu podzespołu | ☐ | ☐ |
| 9). opracować schemat montażu podzespołu | ☐ | ☐ |
| 10). scharakteryzować montaż automatyczny | ☐ | ☐ |

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

Test praktyczny do jednostki modułowej „Projektowanie procesów technologicznych”

Temat zadania: Proces technologiczny wałka

Zaprojektuj technologię wykonania 200 szt. wałków. Zakład posiada konwencjonalne obrabiarki uniwersalne. Materiał 45.



Projekt powinien zawierać:

- dobór półfabrykatu i uzasadnienie doboru,
- opracowaną kartę technologiczną,
- opracowane instrukcje obróbki.

Kryteria oceniania:

- 1) za dobór półfabrykatu i uzasadnienie – do 3 punktów.
- 2) za opracowaną technologię na karcie technologicznej – do 5 punktów.
- 3) za każdą poprawną instrukcję do operacji do 2 punktów (maksymalnie 12 punktów).
- 4) za optymalną liczbę operacji – do 5 punktów.

Wymagania na oceny:

- 8 – 10 punktów – dopuszczający
- 11 – 13 punktów – dostateczny
- 14 – 16 punktów – dobry
- 17 – 20 punktów – bardzo dobry

KARTA ODPOWIEDZI

do testu praktycznego „Projektowanie procesów technologicznych”.

Projekt technologii wykonania

Imię i nazwisko:

Rodzaj półfabrykatu	Wymiar i postać półfabrykatu	Uzasadnienie wyboru

Karta 1. Karta technologiczna obróbki.

Nazwa szkoły:		Karta technologiczna		Nazwa części:	Nr rys.		
Gatunek materiału	Postać i wymiar materiału		Norma materiału [kg/szt.]	Materiał [kg/partię]	Szt./na partię		
Nr operacji	Opis operacji		Obrabiarka (stanowisko)	Pomoce warsztatowe	Czas w godz.		
					t _{pz}	t _j	t
					X	X	X
					X	X	X
Opracował:			Sprawdził:			Arkusz	

Karta 2: Instrukcje obróbki

Nazwa Szkoły		Instrukcja obróbki	Nazwa części:			Nr rys.
			Treść operacji:			
Zabieg	Opis zabiegu	n	p	g	Obrabiarka (stanowisko)	
					Pomoce warsztatowe	
					Zabieg	Nazwa
			Uchwyty:			
			Narzędzia:			
			Sprawdziany			
			Opracował:		Sprawdził:	

Karta 3. Pozostałe instrukcje opracuj na poniższych drukach

Treść operacji:						
Zabieg	Opis zabiegu	n	p	g	Obrabiarka (stanowisko)	
					Pomoce warsztatowe	
					Zabieg	Nazwa
			Uchwyty:			
			Narzędzia:			
			Sprawdziany			
			Opracował:		Sprawdził:	

Treść operacji:						
Zabieg	Opis zabiegu	n	p	g	Obrabiarka (stanowisko)	
					Pomoce warsztatowe	
					Zabieg	Nazwa
			Uchwyty:			
			Narzędzia:			
			Sprawdziany			
			Opracował:		Sprawdził:	

Treść operacji:						
Zabieg	Opis zabiegu	n	p	g	Obrabiarka (stanowisko)	
					Pomoce warsztatowe	
					Zabieg	Nazwa
			Uchwyty:			
			Narzędzia:			
			Sprawdziany			
			Opracował:		Sprawdził:	

6. LITERATURA

1. Dobrzański T.: Rysunek techniczny maszynowy. WNT, Warszawa 2004
2. Dudik Z., Górski E.: Poradnik tokarza. WNT, Warszawa 2000
3. Feld M.: Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn. WNT, Warszawa 2003
4. Górski E.: Poradnik frezera. WNT, Warszawa 1999
5. Grzesik W., Niesłony P, Bartoszek M.: Programowanie obrabiarek CNC. WNT, Warszawa 2005
6. Mały poradnik mechanika. Praca zbiorowa. WNT, Warszawa 1999
7. Programowanie obrabiarek CNC – toczenie. REA s. j. Warszawa 1999