

28. Projektowanie procesów technologicznych

28.1. Czynniki wpływające na układ procesu technologicznego

Kształt części oraz materiał, z jakiego ma być ona wykonana, przesądzają o przebiegu procesu technologicznego.

Części o powierzchniach obrotowych są wykonywane obróbką toczeniem. Zależnie od wartości średnic ich powierzchni obrotowych i złożoności kształtu jako materiał wyjściowy stosuje się wyroby hutnicze w postaci prętów lub odpowiednio zaprojektowane odkuwki. Części o średnicach nie przekraczających średnicy otworu wrzeciona rewolwerówki, półautomatu czy automatu wykonuje się z prętów. Części o większych średnicach wykonuje się z prętów pociętych na odpowiednie długości lub odkuwek, po zamocowaniu ich w uchwycie. Części, których poszczególne powierzchnie mają określone bicie, oraz części nieszttywne obrabia się w kłach. Złożony kształt części o powierzchniach obrotowych można uzyskać w kilku operacjach lub w jednej operacji. Im więcej zabiegów koncentruje się w jednej operacji, tym wnikliwiej musi być opracowany jej plan i tym bardziej dostosowane muszą być środki produkcyjne. Im więcej jest stosowanych specjalnie projektowanych środków produkcji, tym czas ich przygotowania i koszty są większe. Wynika stąd wniosek, że koncentracja obróbki jest opłacalna tylko w przypadkach produkcji wielkoseryjnej i masowej. Planując proces technologiczny należy więc rozpatrzyć koszty nakładowe przypadające na jedną część oraz możliwości nabycia bądź wykonania specjalnych środków produkcji.

Jeżeli część jest obrabiana cieplnie, to powierzchnie, którym są stawiane duże wymagania dotyczące dokładności wykonania wymiarów, chropowatości oraz współosiowości itp. wykańcza się po obróbce cieplnej.

Z rozważań tych wynika, że na przebieg procesu technologicznego mają wpływ następujące czynniki:

- a) złożoność kształtu części,
- b) wymiary części,
- c) wielkość produkcji,
- d) rodzaj materiału i jego obróbka cieplna,
- e) warunki techniczne określone na rysunku części,
- f) posiadane środki produkcji albo istniejące możliwości ich wykonania lub nabycia.

Czynniki te decydują o możliwości wykonania w danych warunkach wyrobu o określonej jakości oraz o jego koszcie i w związku z tym muszą być brane pod uwagę przy projektowaniu procesu technologicznego.

28.2. Dobór środków produkcji

Opracowując proces technologiczny technolog dobiera obrabiarki w zależności od aktualnego asortymentu parku maszynowego zakładu, stanu technicznego posiadanych obrabiarek oraz od ich obciążenia innymi wyrobami. W przypadku zakładu budowanego lub rozbudowywanego technolog ma większą swobodę w wyborze właściwej obrabiarki. Swoboda ta jest ograniczona jedynie możliwością nabycia bądź terminem dostawy.

Dobierając obrabiarki należy uwzględnić następujące czynniki:

- a) rodzaj obróbki,
- b) dokładność obróbki,
- c) wymiary części obrabianej,
- d) właściwe dla danej operacji parametry obróbki,
- e) żadaną wydajność obrabiarki.

Podstawowym kryterium doboru obrabiarki jest osiągnięta na niej dokładność obróbki (o ile żądanej dokładności nie zapewnia przyrząd lub narzędzie).

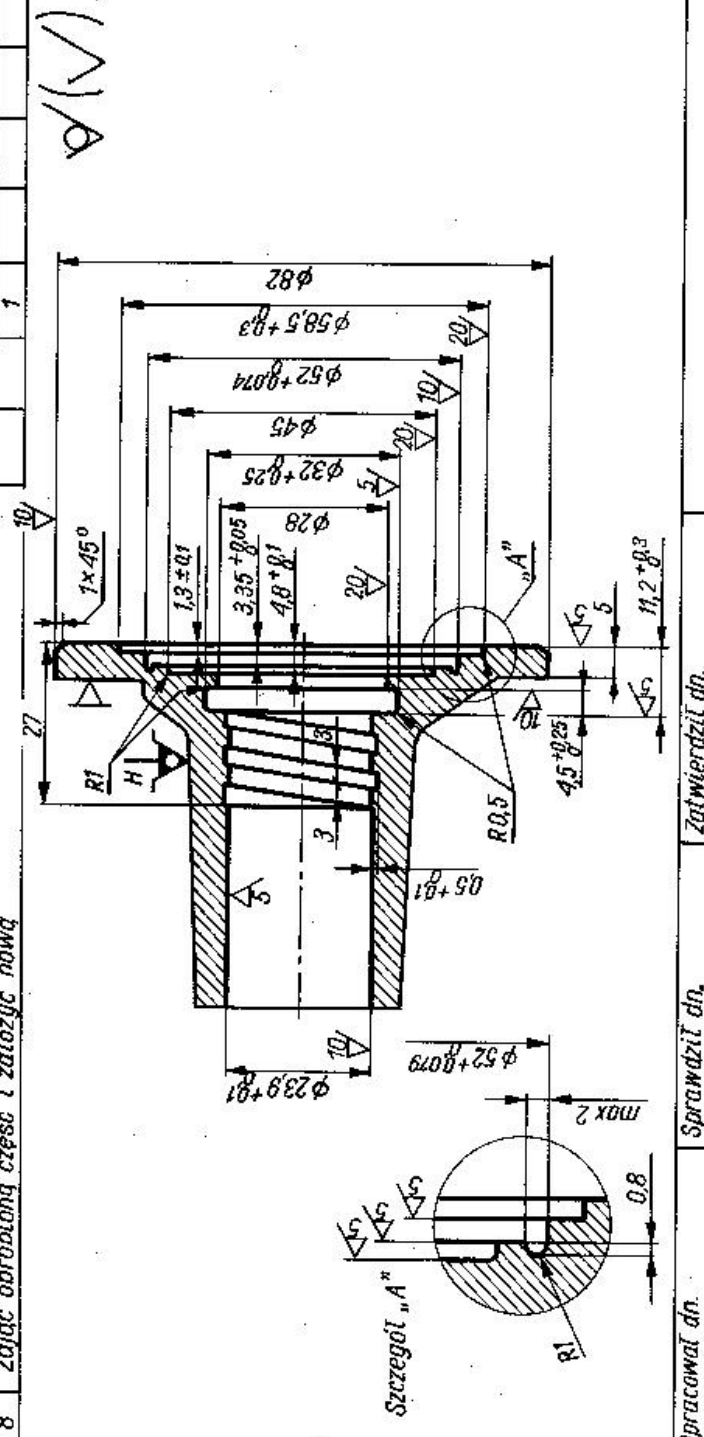
Rodzaj obrabiarki dobiera się w zależności od rodzaju obrabianej powierzchni i wielkości produkcji. W produkcji wielkoseryjnej stosuje się obrabiarki o dużej wydajności, umożliwiające skrócenie czasu wykonania, zmniejszenie liczebności załogi oraz zmniejszenie powierzchni wydziałów produkcyjnych. Doboru oprzyrządowania (uchwytów, narzędzi, sprawdzianów, przyrządów pomiarowych) dokonuje się nie tylko pod względem zapewnienia żądanej dokładności, ale również pod względem zwiększenia wydajności stanowiska pracy. Zastosowanie sprawniejszego oprzyrządowania zazwyczaj zwiększa koszt godziny pracy stanowiska. Należy dobrać takie oprzyrządowanie, aby koszt wykonania rozpatrywanej operacji był możliwie najniższy. Zmniejszenie kosztów oprzyrządowania można uzyskać w drodze normalizacji jego części składowych.

28.3. Sposób opracowania instrukcji obróbki

Po zaznajomieniu się z aktualnym parkiem obrabiarkowym, z rysunkiem wykonawczym części oraz pracą części w zespole na podstawie rysunku złożeniowego dokonujemy podziału obróbki na operacje. W celu uzyskania żądanej dokładności część powinna być najpierw obrobiona zgrubnie, aby usunąć ewentualne naprężenia własne oraz zmniejszyć siły skrawania, a więc usunąć tendencję do odkształceń w czasie obróbki i po jej wykonaniu. Projektowanie procesu technologicznego ułatwia podział obróbki danej części na grupy operacji:

- 1) grupa operacji kształtowania zgrubnego,
- 2) grupa operacji obróbki cieplnej (o ile zachodzi taka potrzeba),
- 3) grupa operacji obróbki wykańczającej.

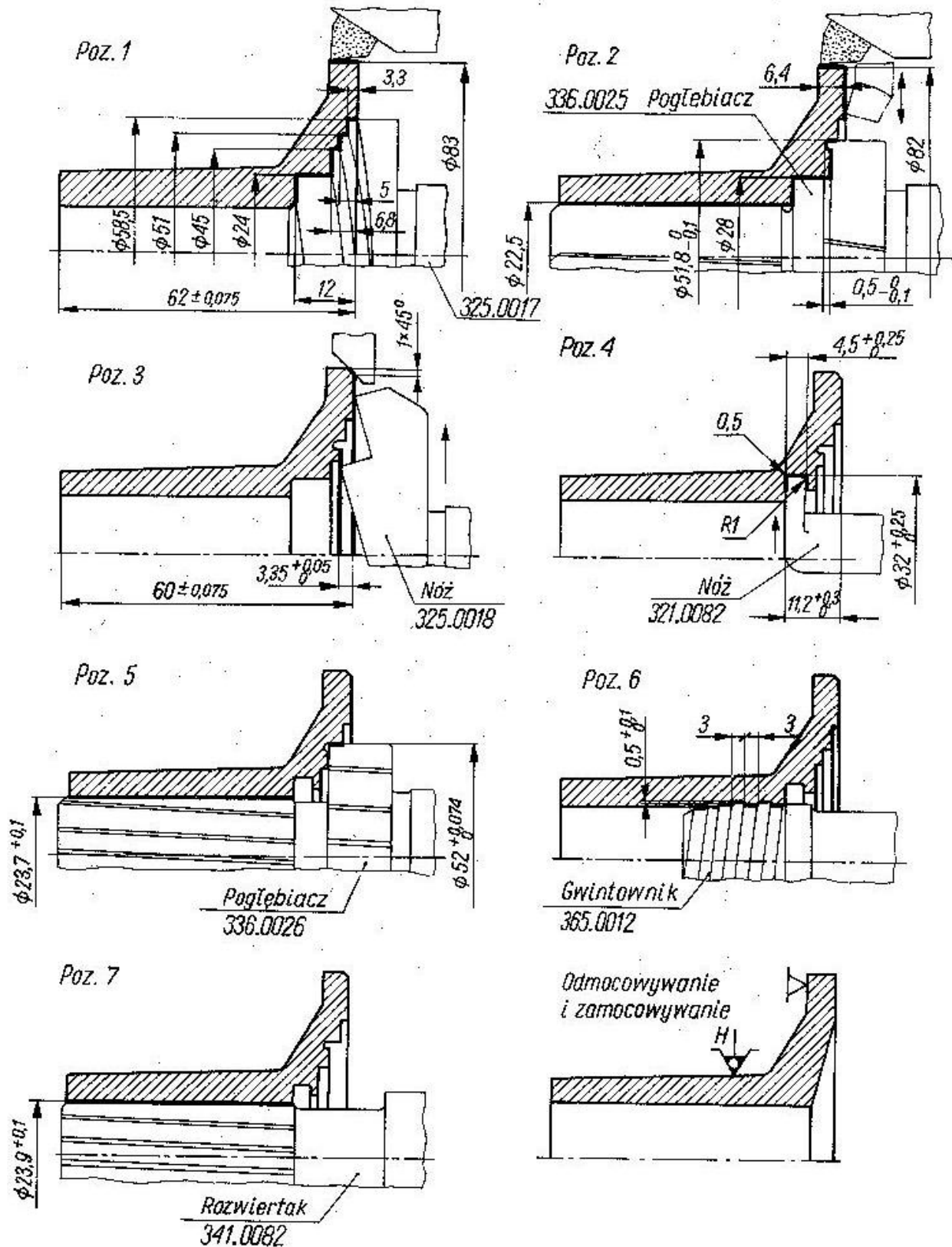
Poz.	Opis	D, B	L	l	V	n	p	g	Symbol, rysunek części	
									Zabieg	Operacja
1	Pogłębiać $\phi 58,5^{+0,03}$; $\phi 51$; $\phi 45$; $\phi 24$ Toczyć $\phi 89$	58,5		1	30	165	0,25			Stanowisko robocze Automat tokarski Oprzyrządowanie Ilość 321.0082 325.0017 325.0018 336.0025 336.0026 341.0082 365.0012
2	Pogłębiać $\phi 51,8^{-0,01}$; $\phi 28$; $\phi 22,5$ Toczyć $\phi 82$ i czoło	51,8		1	26,8	165	0,25	1	2	
3	Toczyć wykonując 2 czoła Wykonać ścięcie $1 \times 45^\circ$	82		1	42,5	165	0,08	0,5		
4	Wytoczyć podcięcie $\phi 32^{+0,05}$		32	1	16,6	165	0,05	0,4		
5	Rozwiercać $\phi 23,7^{+0,05}$; $\phi 52^{+0,079}$		52	1	13	80	0,8			
6	Gwintować			1	8	80	6			
7	Rozwiercać wykonując $\phi 23,9^{+0,01}$		23,9	1	12,5	165	0,8	0,1		
8	Zając obrabianą część i założyć nową			1						



Opracował dn.:	Sprawdził dn.:	Zatwierdził dn.:	Data wyświetlenia	Arkusz
----------------	----------------	------------------	-------------------	--------

Rys. 28-1. Przykład karty instrukcji obróbki (szkie przedstawia część po wykonaniu operacji)

Liczba operacji w grupie zależy od liczby zabiegów możliwych do wykonania w poszczególnych operacjach ze względu na: sposób zamocowania części, dostęp odpowiedniej liczby narzędzi do poszczególnych powierzchni obrabianych w tej operacji oraz możliwość zastosowania tej liczby narzędzi na wytypowanej obrabiarce.



Rys. 28-2. Przykłady karty instrukcji obróbki. Szkice zabiegów wykonywanych w operacji przedstawionej na rys. 28-1

Dla każdej operacji sporządza się szkic przedstawiający część po jej wykonaniu. Na szkicu podaje się wymiary powierzchni obrabianych i ich tolerancje, chropowatość, tolerancje kształtu i położenia, sposób ustalenia i zamocowania części obrabianej oraz sposób sterowania mechanizmami zamocowującymi. W przypadku operacji złożonych należy wykonać szkice dla poszczególnych zabiegów z zaznaczeniem gabarytu narzędzia w końcowym położeniu.

Przykład karty instrukcyjnej operacji toczenia na półautomacie podano na rys. 28-1 i 28-2. Kształt, wymiary części oraz warunki skrawania z wyszczególnieniem narzędzi do poszczególnych zabiegów podano na rys. 28-1. Szkice zabiegów wykonywanych w danej operacji z zaznaczeniem powierzchni obrabianych i ich wymiarów oraz narzędzi przedstawia rys. 28-2.

Karta instrukcyjna stanowi podstawę do obliczenia normy czasu na wykonanie operacji, określenia rodzaju narzędzi i ich liczby oraz obrabiarki i narzędzi pomiarowych.

Procesy technologiczne można opracowywać wzorując się na procesach typowych. Typowe procesy są opracowane dla części sklasyfikowanych wg podobieństwa technologicznego. Należy jednak pamiętać, że zarówno części o identycznym kształcie, lecz znacznie różniące się wymiarami, jak i identyczne części przy różnej wielkości produkcji mają na ogół odmienne procesy technologiczne.

28.4. Klasyfikacja części wg podobieństwa technologicznego

Zależnie od wielkości programu produkcji części o kształcie obrotowym obrabia się na tokarkach, rewolwerówkach, automatach jednowrzecionowych, automatach wielowrzecionowych, półautomatach jednowrzecionowych lub półautomatach wielowrzecionowych. Części drobne o powierzchniach obrotowych wykonywane w dużych seriach obrabia się na rewolwerówce lub automacie. Te same części, lecz wykonywane w liczbie kilku sztuk, obrabia się na tokarce, gdyż czas przygotowania narzędzi oraz ustawienia automatu czy rewolwerówki jest dłuższy niż czas wykonania na nich gotowych części.

Z podanych przykładów wynika, że pierwszym kryterium doboru rodzaju operacji przy planowaniu procesu technologicznego jest kształt części, drugim — wymiary części, a trzecim — program produkcji. Kryteria te decydują o strukturze procesu technologicznego.

O liczbie operacji decydują cechy (wyróżniki klasyfikacyjne) bliżej określające obrabianą część, np. wałki mogą być gładkie lub stopniowane, a wałki stopniowane mogą być z gwintem lub bez gwintu. Obróbka wałka z gwintem składa się z większej liczby operacji niż obróbka wałka bez gwintu, lecz przebieg procesu technologicznego obu wałków jest jednakowy.

Fragment klasyfikacji części maszyn opracowanej przez prof. M. P. So-

Fragment klasyfikacji części maszyn (wg prof. Sokołowskiego)

Dział	Klasa	Grupa	Typ	Długość części	Dokładność wykonania			
Części o powierzchniach obrotowych	Wałki	Wałki	Gładkie	50 ÷ 150	mało dokładne (11 i 12 kl. ISO)			
					dokładne (9 i 10 kl. ISO)			
					b. dokładne (7 i 8 kl. ISO)			
					szczególnie dokładne (5 i 6 kl. ISO)			
							150 ÷ 300	
							300 ÷ 500	
							500 ÷ 800	
					Stopniowane	pow. 800		
					Końniczkowe			
					Drażone			
					Osie			
					Trzpienie			
					Czopy			
					Kolki			
	Tuleje							
	Tarcze							
Części wieloosiowe	Dźwignie							
	Mimośrodny							
	O osiach krzyżujących się							
Części o powierzchniach płaskich	Płyty							
	Wpusty							
	Stojaki							
	Wsporniki							
	Korpusy							
Części o powierzchniach krzywoliniowych	Koła zębate							
	Krzywki							
	Śruby robocze							
	Drobne części złączne							

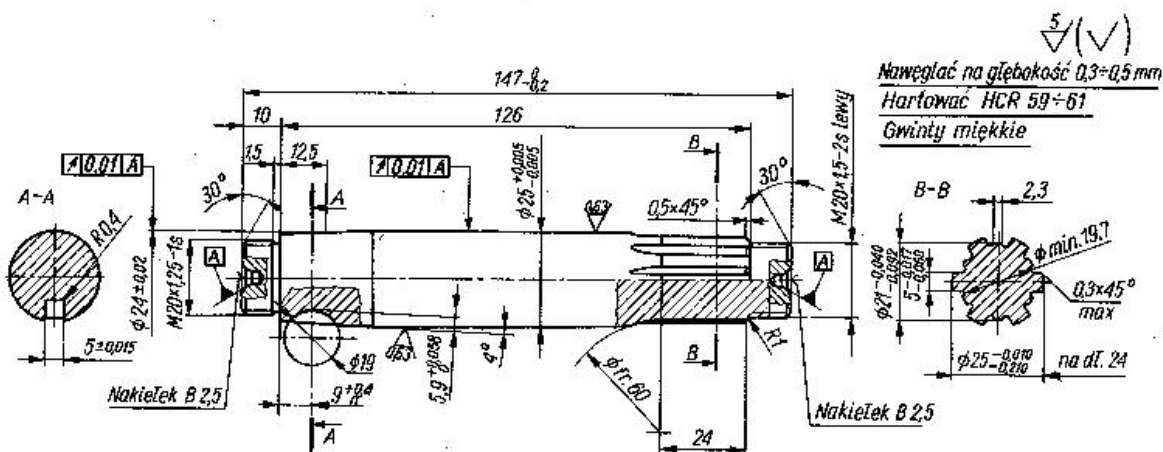
kołowskiego z Leningradzkiego Instytutu Politechnicznego podano w tabl. 28-1. Zgodnie z tą klasyfikacją części maszyn dzieli się na działy, klasy, grupy i typy. Typ obejmuje części o tak zbliżonym kształcie, że ich procesy technologiczne składają się z analogicznych operacji. W omawianej klasyfikacji części maszyn uwzględniono ponadto długość oraz dokładność wykonania. Dzięki tej klasyfikacji możliwe jest opracowanie typowych procesów dla części technologicznie podobnych.

28.5. Procesy technologiczne części o powierzchniach obrotowych

28.5.1. Wałek

Omawiane zasady opracowania procesu technologicznego części o powierzchniach obrotowych dotyczą programu produkcji w zakresie od 10 do 30 tysięcy sztuk rocznie.

Na rys. 28-3 przedstawiono wałek z gwintem, wielowypustem i powierzchnią stożkową. Wałek ten ma być wykonany ze stali stopowej do nawęglania. Wymiary wałka oraz warunki techniczne podano na rysunku. Proces technologiczny tej części będzie składał się z trzech grup operacji. W każdej z tych grup będą obrabiane następujące fragmenty części:



Rys. 28-3. Wałek ze stożkiem, wielowypustem i gwintami — nawęglany i hartowany

Grupa 1 operacji obejmuje zgrubną obróbkę fragmentów, dla których przewidziano naddatki na obróbkę wykańczającą po obróbce cieplnej oraz obróbkę pozostałych fragmentów na gotowo. W przypadku omawianego wałka w tej grupie operacji obrabia się wszystkie powierzchnie walcowe łącznie z powierzchnią pod gwint, powierzchnią stożkową, podcięcie, ścięcia, rowek na wpust, wielowypust. W ostatniej operacji tej grupy frezuje się gwint.

Za bazę do wykonania rowka na wpust czółenkowy przyjmuje się powierzchnię walcową, którą najpierw należy oszlifować. Powierzchnia ta służy

a)

OPIS	D	L	i	v	n	p	g	Symbol, rysunek części																	
								Zabieg	Operacja																
<p>Toczyć wg szkicu:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Wysunąć materiał do zderzaka 2. Toczyć czoło 3. Toczyć powierzchnię 4. Toczyć kanalek 5. Wykonać nakiełek B-2,5 i fazę 6. Odciać na długość 147,5-0,2 																									
	$\phi 25,6$	13	1	50	790	0,1	0,5																		
	$\phi 25,6$	151,5	1	50	790	0,1	1,2		Stawisko robocze Rv 32																
	—	3,8	1	25	350	0,05	2,8		M 135. 03																
	$\phi 2,5$	8	1	25	350	0,05	8		Symbol pomocy Liczba																
	$\phi 25,6$	12,8	1	25	350	0,1	—																		
								<table border="1"> <tr> <td>323.0028</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>325.0016</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>NNPb 16x25</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>NNRb 12x12 S20</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>NNZc 12x12 S20</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>NWRd 2,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MAUb 140</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>MAJa 250</td> <td>1</td> </tr> </table>		323.0028	1	325.0016	1	NNPb 16x25	1	NNRb 12x12 S20	1	NNZc 12x12 S20	1	NWRd 2,5		MAUb 140	1	MAJa 250	1
323.0028	1																								
325.0016	1																								
NNPb 16x25	1																								
NNRb 12x12 S20	1																								
NNZc 12x12 S20	1																								
NWRd 2,5																									
MAUb 140	1																								
MAJa 250	1																								
Opracował dn.	Sprawdził dn.	Zatwierdził dn.					Data wyświetlenia	Arkusz 1																	

b)

OPIS	D	L	i	v	n	p	g	Symbol, rysunek części							
								Zabieg	Operacja						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Wysunąć materiał do zderzaka 2. Toczyć czoło 3. Toczyć powierzchnię 4. Toczyć kanalek 5. Wykonać nakiełek B-2,5 i fazę 6. Odciać na długość 147,5-0,2 															
								<table border="1"> <tr> <td>Zabieg 1÷6</td> <td>Operacja 1</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Stawisko robocze</td> </tr> <tr> <td>Symbol pomocy</td> <td>Liczba</td> </tr> </table>		Zabieg 1÷6	Operacja 1	Stawisko robocze		Symbol pomocy	Liczba
Zabieg 1÷6	Operacja 1														
Stawisko robocze															
Symbol pomocy	Liczba														
Opracował dn.	Sprawdził dn.	Zatwierdził dn.					Data wyświetlenia	Arkusz 2							

Rys. 28-4. Przykład karty instrukcji obróbki wałka z pręta na rewolwerówce z pionową osią obrotu głowicy: a) szkic części po wykonaniu operacji, b) szkice zabiegów

również za bazę w operacji frezowania gwintu. Wielowypust należy frezować stosując jako bazę nakielki, które muszą być wykonane w pierwszych dwu operacjach, jeżeli obróbka zgrubna odbywa się na rewolwerówce. W przypadku obróbki powierzchni obrotowych na tokarce kopiarce lub na tokarce wielonożowej nakielki należy wykonać w oddzielnej operacji w oddziale przygotowania półfabrykatów do obróbki lub w oddziale mechanicznym na nakielczarce.

Grupa 2 operacji — obróbka cieplna — obejmuje następujące operacje: zabezpieczenie gwintu miedziowaniem, nawęglanie, hartowanie oraz kontrolę twardości, odkształceń i pęknięć.

Grupa 3 operacji — wykańczanie poprzedzone poprawieniem nakielków — obejmuje szlifowanie powierzchni stożkowej, a następnie powierzchni walcowej. Powierzchni walcowej w danym przypadku nie należy szlifować na wymiar ostateczny, lecz z pewnym naddatkiem na dalsze szlifowanie, gdyż musi być ona współosiowa z drugim czopem wału korbowego.

O kolejności głównych operacji w pierwszej grupie decydują bazy, które powinny być przyjęte wg wskazówek podanych w p. 11.2, a dotyczących obróbki powierzchni obrotowych części ustalanych za pomocą nakielków.

Po obrobieniu powierzchni obrotowych z naddatkiem na szlifowanie wykonuje się bazę do operacji frezowania rowka na wpust czółenkowy i frezowania gwintów. Kolejność operacji obróbki kształtującej uzależnia się od wrażliwości poszczególnych fragmentów części na uszkodzenia. Powierzchnie wewnętrzne są najmniej narażone na uszkodzenie. Gwinty zewnętrzne; najbardziej narażone na uszkodzenie, wykonuje się w końcowych operacjach przed obróbką cieplną lub w operacji ostatniej. Gwinty wewnętrzne należy obrabiać wcześniej niż inne powierzchnie wykonywane na gotowo. Rowki na wpusty trzeba wykonywać przed wielowypustami. Operacje pomocnicze, jak stępienie ostrych krawędzi itp., należy tak umieścić w procesie technologicznym, aby jak największą liczbę zabiegów można było wykonać w jednej operacji. Zabiegi wykonywane ręcznie, jeżeli nie są wykonywane w ramach półautomatycznego cyklu pracy, nie powinny być łączone z zabiegami wykonywanymi na obrabiarkach bądź urządzeniach specjalnych.

Obróbka kształtująca omawianego wałka toczeniem może być wykonana na rewolwerówce (rys. 28-4 i 28-5), ale korzystniej będzie przebiegała na tokarce kopiarce lub na tokarce wielonożowej z kopiałem (rys. 28-6). Z rys. 28-6 wynika, że wykonanie operacji 1, tj. toczenia na tokarce wielonożowej z kopiałem lub kopiarce z suportem poprzecznym wymaga zaledwie trzech noży — do toczenia wzdłużnego, do toczenia rowka oraz do wykonania ścięcia. Czas wykonania będzie znacznie krótszy niż w przypadku wykonywania tej operacji na rewolwerówce. Wykonanie operacji 2 wg rys. 28-6 również jest korzystniejsze, gdyż wystarczy zastosować tokarkę produkcyjną oraz trzy noże. Czas wykonania także będzie krótszy niż na rewolwerówce.

Pozostałe operacje obróbki skrawaniem, które należy wykonać przed obróbką cieplną, przedstawia rys. 28-7:

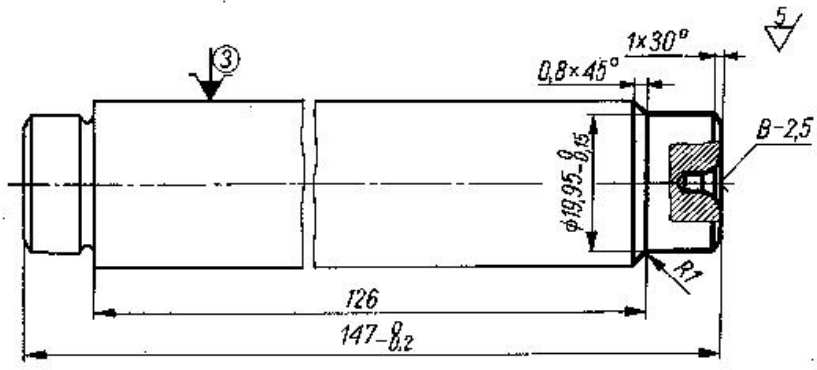
Oper. 3 — toczenie stożka na tokarce produkcyjnej.

a)

OPIS	D	L	i	v	n	p	g	Symbol, rysunek, część	
								Zabieg	Operacja
Toczyć wg szkicu: 1. Wysunąć materiał do zderzaka 2. Toczyć czoło 3. Wykonać nakletek 4. Toczyć powierzchnię zewnętrzną 5. Toczyć ścięcie	25	13	1	80	980	0,08	0,5	Zabieg	Operacja 2
	2,5	8	1	80	980	0,05	8		
	19,95	12	1	80	980	0,08	2,8	M 135.03	
	19,95	0,8	1	80	980	0,05	0,8	Symbol pomocy	
									Liczba
								Uchwyty i przyrządy	
								Narzędzia	
								Sprawdziany	
								Data wyświetlenia	
								Arkusz	

PUTK 125	1
PUTp 125/M45	1
Miękkie szczęki	3
323.0029	1
NNRb 8x8 S20	1
NNRd 8x8 S20/45°	1
NNZc 12x12 S20	1
NWRd 2,5	1
MA3a 250	1
MAUb 140	1

Opracował dn.	Sprawdził dn.	Zatwierdził dn.	Data wyświetlenia	Arkusz
				1



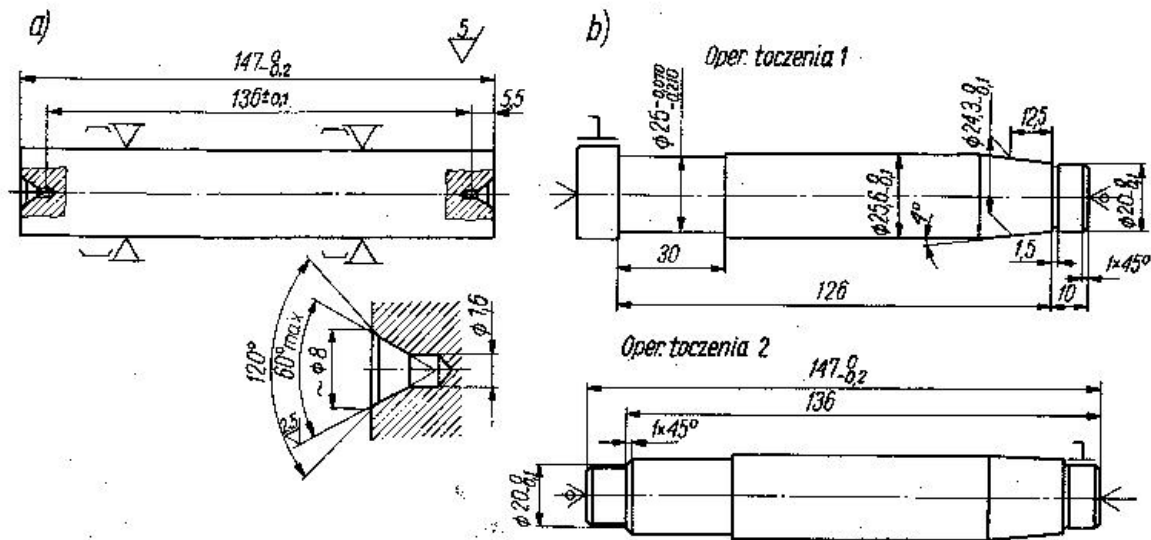
b)

OPIS	D	L	i	v	n	p	g	Symbol, rysunek, część		
								Zabieg	Operacja	
1. Wymiar całkowity: 147,5 - 0,2 2. Wymiar całkowity: 147 - 0,2 3. Wymiar całkowity: 147 - 0,2 4. Wymiar całkowity: 126 5. Wymiar całkowity: 126								Zabieg	Operacja	
										1+5
									Stanowisko robocze	
									Symbol pomocy	
									Liczba	
								Uchwyty i przyrządy		
								Narzędzia		
								Sprawdziany		
								Data wyświetlenia		
								Arkusz		

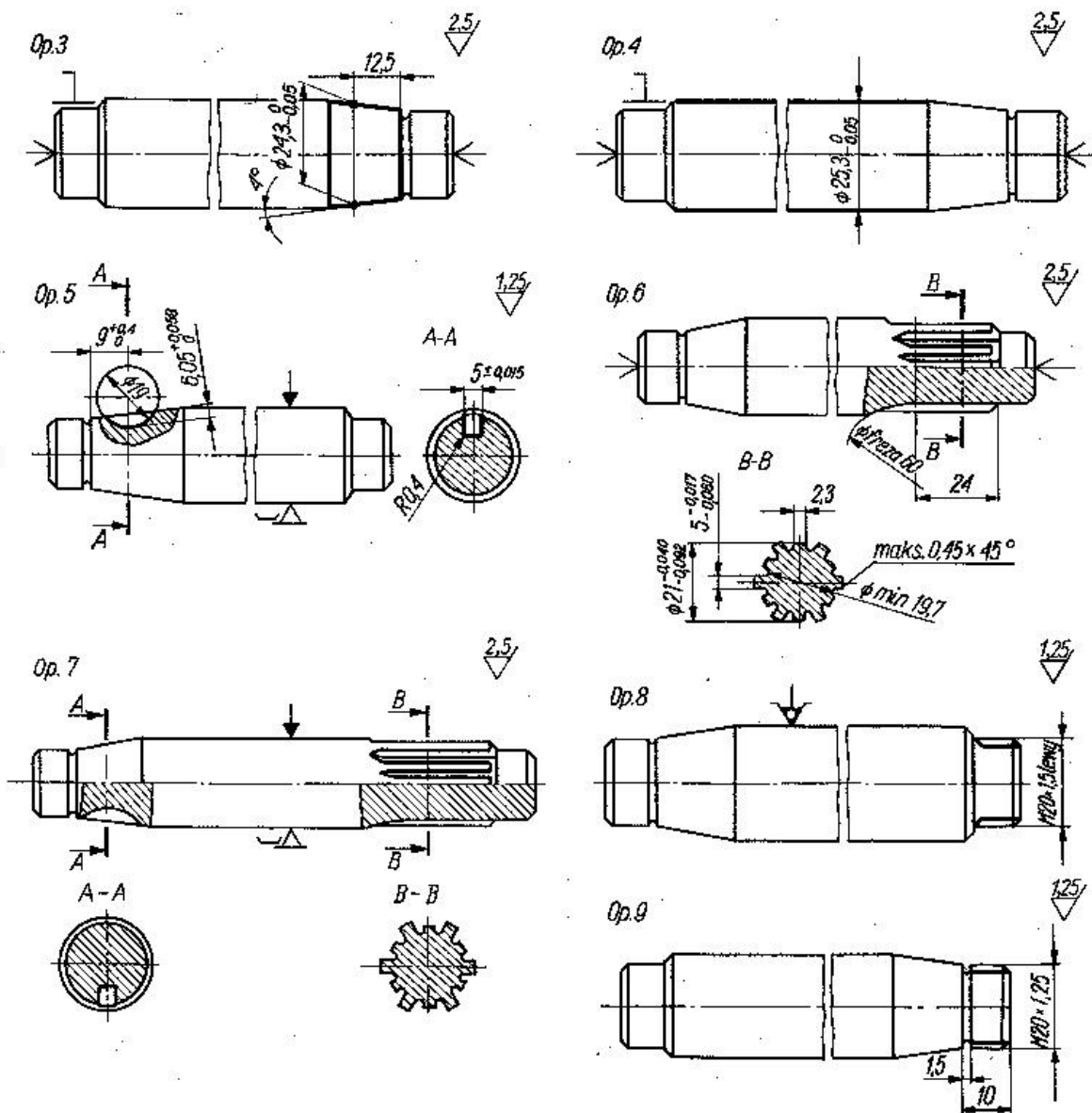
NNRb 8x8 S20	1
NNRd 8x8 S20/45°	1
NNZc 12x12 S20	1
NWRd 2,5	1

Opracował dn.	Sprawdził dn.	Zatwierdził dn.	Data wyświetlenia	Arkusz
				2

Rys. 28-5. Przykład obróbki powierzchni wałka oraz nakleTKa na rewolwerówce z pionową osią obrotu głowicy, współosiowych z powierzchniami wykonywanymi w poprzedniej operacji: a) szkic części po wykonaniu operacji, b) szkice zabiegów



Rys. 28-6. Przykład wykonania wałka na tokarce kopiarence lub tokarce wielonożowej z kopiątem: a) operacja wykonania nakiełków, b) operacja toczenia



Rys. 28-7. Operacje kształtowania zgrubnego (przed obróbką cieplną) części przedstawionej na rys. 28-3

- Oper. 4 — szlifowanie na szlifierce kłowej powierzchni walcowej jako bazy do następnych operacji.
- Oper. 5 — frezowanie rowka na wpust czółenkowy na frezarce pionowej.
- Oper. 6 — frezowanie wielowypustu na frezarce obwiedniowej.
- Oper. 7 — stępienie ostrych krawędzi (operacja ślusarska).
- Oper. 8 — frezowanie gwintu M20×1,5, lewy na frezarce do gwintów krótkich.
- Oper. 9 — frezowanie gwintu M20×1,25 na frezarce do gwintów krótkich.

Po wykonaniu operacji dziewiątej część ma już właściwy kształt, lecz jej wymiary są zwiększone o naddatki na szlifowanie, które będzie wykonane po obróbce cieplnej.

Gwinty w naszym przykładzie będą wykonane przed obróbką cieplną, a więc należy zabezpieczyć je przed nawęglaniem. Gwinty mogą być wykonywane po obróbce cieplnej, wówczas na powierzchniach pod gwinty należy pozostawić taki naddatek, aby po całkowitym usunięciu warstwy nawęglonej można było naciąć gwint o żądanej średnicy. W produkcji seryjnej pozostawianie naddatku na gwintowanie wykonywane po nawęglaniu jest niekorzystne, gdyż wymaga dwukrotnego wysyłania obrabianej części z wydziału obróbki mechanicznej do wydziału obróbki cieplnej.

Część wysyłana do wydziału obróbki cieplnej powinna być uprzednio sprawdzona. Przykład karty instrukcyjnej operacji kontroli podano na rys. 28-8.

Na wydziale obróbki cieplnej operacje będą wykonane w następującej kolejności:

- Oper. 10 — miedziowanie gwintowanych końców.
- Oper. 11 — nawęglanie na głębokość $0,5 \div 0,65$ w temperaturze $865 \pm 15^\circ\text{C}$.
- Oper. 12 — wyżarzanie w atmosferze obojętnej w ciągu 6 godzin w temperaturze $640 \pm 10^\circ\text{C}$.
- Oper. 13 — hartowanie w oleju, polegające na nagrzewaniu:
 - 1) w temperaturze $800 \pm 10^\circ\text{C}$
 - 2) w temperaturze $850 \pm 10^\circ\text{C}$
 - 3) studzenie w oleju
- Oper. 14 — odpuszczanie w temperaturze $150 \div 180^\circ\text{C}$.
- Oper. 14K — sprawdzanie twardości cechowany pilnikiem.
- Oper. 15 — piaskowanie drobnym piaskiem (lub obróbka hydrościerna) o granulacji 0,5 mm tak, aby część była równomiernie oczyszczona bez śladów miejsc utlenionych.

Operacje obróbki wykańczającej (rys. 28-9) będą wykonane w następującej kolejności:

- Oper. 16 — szlifowanie nakiełków na obrabiarce specjalnej.
- Oper. 17K — sprawdzenie bicia powierzchni stożkowej i walcowej względem powierzchni nakiełków.
- Oper. 18 — kalibrowanie gwintów (operacja ślusarska).
- Oper. 19 — szlifowanie powierzchni stożkowej na szlifierce kłowej.

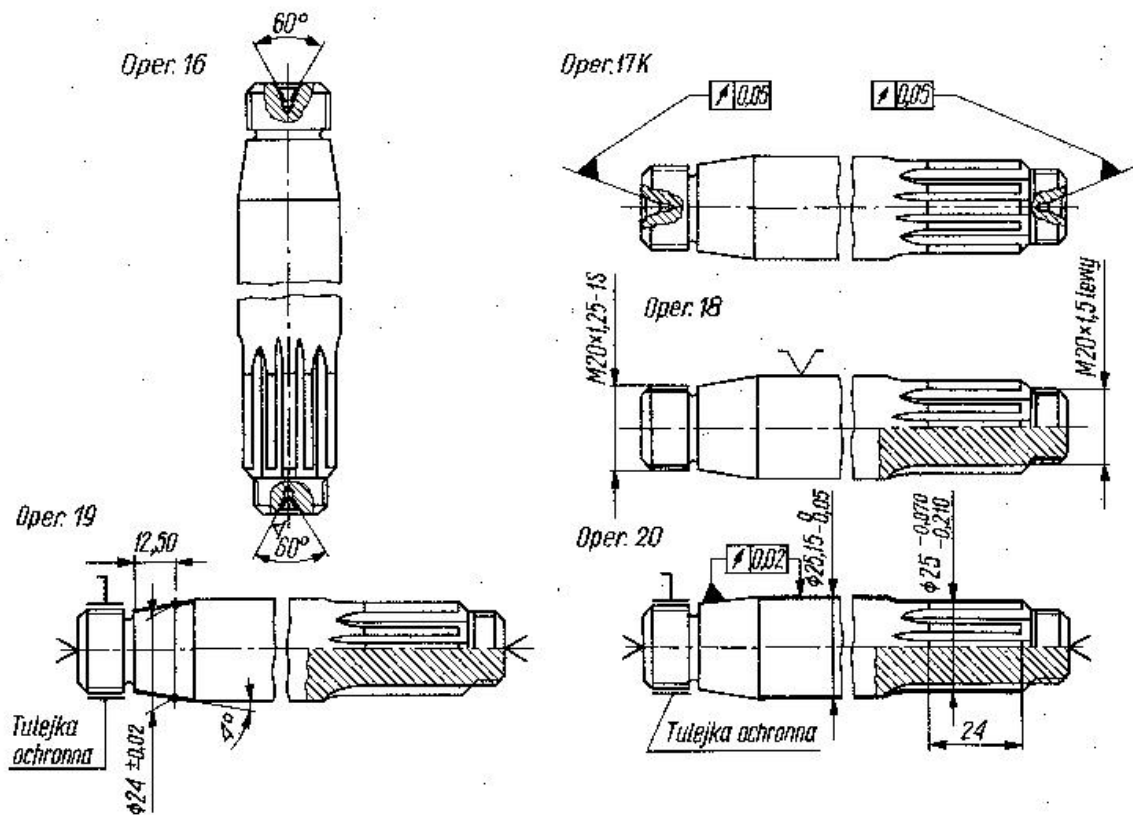
OPIS		L	i	v	n	p	g	Symbol, nr rysunku	
								Zabieg	Operacja
									9K
								Stanowisko robocze	
								Kontrola	
								Symbol pomocy	Liczba
Lp.	Czynność	Sprawdzana wielkość		% sprawdz.					
1.	Sprawdzić chropowatość pow. wg rys. 28-2			100					
2.	Sprawdzić istnienie faz			10					
3.	Sprawdzić wymiar	147- $0,2$		30		MAJa-250	1		
4.	Sprawdzić wymiary	126, 10		20		MAUb-140	1		
5.	Sprawdzić wymiar	$\phi 25,3 \pm 0,05$		30		MSLa-25	1		
6.	Sprawdzić wymiar	24		10		MAUb-140	1		
7.	Sprawdzić wymiar	$6,05 \pm 0,05$		25		S	1		
8.	Sprawdzić wymiar	$5 \pm 0,015$		50		S	1		
9.	Sprawdzić wymiar	19		10					
10.	Sprawdzić nachylenie stożka	4°		10		S	1		
11.	Sprawdzić odległość wpustu	$9 \pm 0,4$		15		MAUb-140	1		
12.	Sprawdzić wymiar	$21 \begin{smallmatrix} -0,040 \\ -0,032 \end{smallmatrix}$		50		S	1		
13.	Sprawdzić wymiar	$5 \begin{smallmatrix} -0,017 \\ -0,030 \end{smallmatrix}$		100		S	1		
14.	Sprawdzić gwinty	M20x1,5 lewy-2S		50		S	1		
		M20x1,25-1S		50		S	1		

Rys. 28-8. Przykład karty instrukcji operacji kontroli międzyoperacyjnej

Oper. 20 — szlifowanie powierzchni walcowych.

Oper. 21 — odtłuszczenie części w myjni roztworem o temperaturze $70 \div 80^\circ\text{C}$ i następującym składzie:

1)	mydło	2 g
2)	soda kalcynowana lub fosforan potasu	5 g
3)	azotyn sodowy	3 g
4)	szkło wodne	2 g
5)	woda	reszta
		<hr/> 1000 g



Rys. 28-9. Operacje obróbki skrawaniem wykonywane po obróbce cieplnej

Część odtłuszczona i wysuszona jest sprawdzana przez kontrolę w ostatecznej operacji odbioru części. Na rys. 28-10 podano przykład karty instrukcyjnej kontroli ostatecznej danej części.

Części przyjęte przez kontrolę, lecz nie przekazywane bezpośrednio do montażu, są poddawane operacji zakonserwowania i wysyłane do magazynu.

28.5.2. Tuleja

Rodzaje operacji w procesie technologicznym tulei, ich liczba oraz kolejność zależą głównie od kształtu otworu oraz wymagań określonych rysunkiem konstrukcyjnym. Otwory w tulejach mogą być walcowe, walcowe stopniowane, walcowe z wielowypustami, stożkowe itp.

Należy zwrócić uwagę, że proces technologiczny tarczy będzie analogiczny do procesu technologicznego tulei o takim samym kształcie otworu i takich samych wymaganiach technicznych, jeżeli części te różnią się jedynie stosunkiem średnicy zewnętrznej do długości powierzchni walcowej.

W tulejach oraz tarczach wymagana jest współosiowość powierzchni zewnętrznej z otworem oraz często prostokątność powierzchni czołowych do walcowych. W procesie technologicznym omawianych części należy tak zaplanować kolejność operacji i sposób ustalania obrabianej części, aby zapewnić zachowanie żądanych współosiowości. W tym celu w pierwszych operacjach wykonuje się obróbkę powierzchni obrotowych oraz czołowych, które będą służyły za bazy w następnych operacjach.

OPIS				L	i	v	n	p	g	Symbol; nr rysunku 9-2							
										Zabieg		Operacja 21K					
										Stanowisko robocze				Kontrola ostateczna			
										Symbol pomocy		Liczba					
L.P.	Gzynność	Sprawdzana wielkość	% sprawdz.														
1.	Sprawdzić chropowatość powierzchni obrabianych		5														
2.	Sprawdzić istnienie faz		30	MAJa 250	1												
3.	Sprawdzić wymiar	147- $0,2$	30	MAUb-140	1												
4.	Sprawdzić wymiary	126; 10	20	S	1												
5.	Sprawdzić wymiar	$\phi 25$	50	MAUb-140	1												
6.	Sprawdzić wymiar	24	20	S	1												
7.	Sprawdzić wymiar	$5,9^{+0,058}$	40	S	1												
8.	Sprawdzić wymiar	$5 \pm 0,015$	100	S	1												
9.	Sprawdzić wymiar	19	10	S	1												
10.	Sprawdzić pochylenie stożka	$4^\circ; 24 \pm 0,02$	50	MAUb-140	1												
11.	Sprawdzić odległość wpustu	$g^{+0,4}$	15	S	1												
12.	Sprawdzić wymiar	$\phi 21^{-0,040}_{-0,032}$	30	S	1												
13.	Sprawdzić rozstawienie wypustów		50	S	1												
14.	Sprawdzić wymiar	$5^{-0,017}_{-0,060}$	100	S	1												
15.	Sprawdzić gwint	M20x1,5 lewy-2S	40														
16.	Sprawdzić gwint	M20x1,25-1S	40														
17.	Sprawdzić współśrodkowość osi czopa (i stożka w granicach 0,01		100	MNZa A1 PPMd	1												

Rys. 28-10. Przykład karty instrukcji operacji kontroli ostatecznej

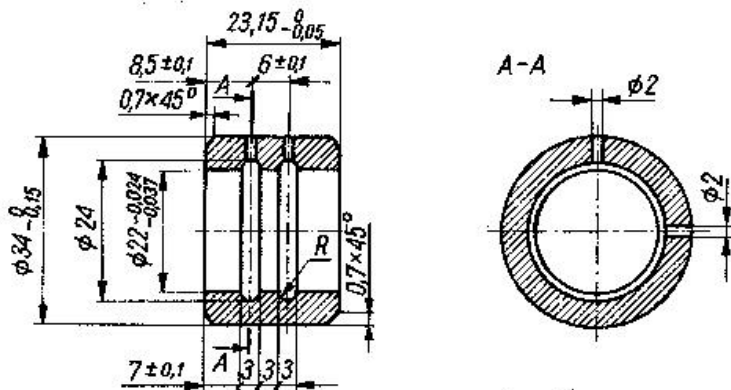
Obrabiarkę do toczenia dobiera się w zależności od rodzaju surówki. Tuleje o mało zróżnicowanych przekrojach poprzecznych wykonywane z materiałów ciągnionych obrabia się na rewolwerówkach lub automatach o odpowiednim przelocie wrzeciona. Tuleje o znacznie zróżnicowanych przekrojach poprzecznych, wykonywane z odkuwek lub odlewów, obrabia się na rewolwerówkach, półautomatach oraz automatach dostosowanych do mocowania części w uchwytach samocentrujących.

W procesie technologicznym tarczy (lub tulei) o znacznie zróżnicowanych przekrojach poprzecznych w pierwszej operacji należy obrobić powierzchnie

walcową i czołową o możliwie największych średnicach, stanowiące bazy w dalszych operacjach. Współosiowość otworu z powierzchnią zewnętrzną zapewnia przyjęcie właściwej kolejności obróbki, zależnie od kształtu powierzchni zewnętrznej oraz wielkości produkcji. W produkcji małoseryjnej najpierw wykańcza się otwór, który stanowi bazę do wykonania współosiowej powierzchni zewnętrznej. W produkcji wielkoseryjnej oraz masowej (np. zewnętrznych pierścieni łożysk tocznych) najpierw szlifuje się powierzchnie zewnętrzne, a następnie bazując na zewnętrznej powierzchni walcowej szlifuje się otwór. Przyjęcie takiej kolejności operacji umożliwia szlifowanie powierzchni zewnętrznej na szlifierce bezkłowej, co wydatnie skraca czas wykonania.

Gdy konieczne jest zachowanie współosiowości zewnętrznych powierzchni tulei z powierzchnią wałka, na który tuleja jest wciskana (np. bieżnia wałeczków łożyska tocznego), należy najpierw wykończyć otwór i dopiero po wciśnięciu tulei na wałek wykańczać jej powierzchnię zewnętrzną.

Proces technologiczny tulejki, stanowiącej bieżnię wałeczków łożyska tocznego (rys. 28-11), produkowanej w ilości 10÷30 tysięcy sztuk rocznie, można podzielić na trzy grupy operacji, podobnie jak to uczyniono w p. 28.5.1. z procesem technologicznym wałka.



Rys. 28-11. Tuleja — bieżnia rolek

Grupa 1 obejmuje operacje kształtujące część z naddatkiem na obróbkę otworu o średnicy $22_{-0,037}^{0,024}$, powierzchni walcowej zewnętrznej o średnicy $34_{-0,15}^0$ oraz powierzchni czołowych dla zachowania wymiaru $23,15_{-0,05}^0$.

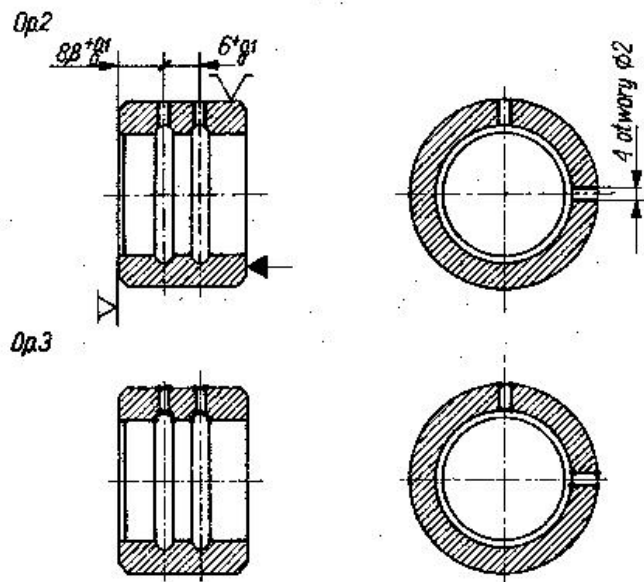
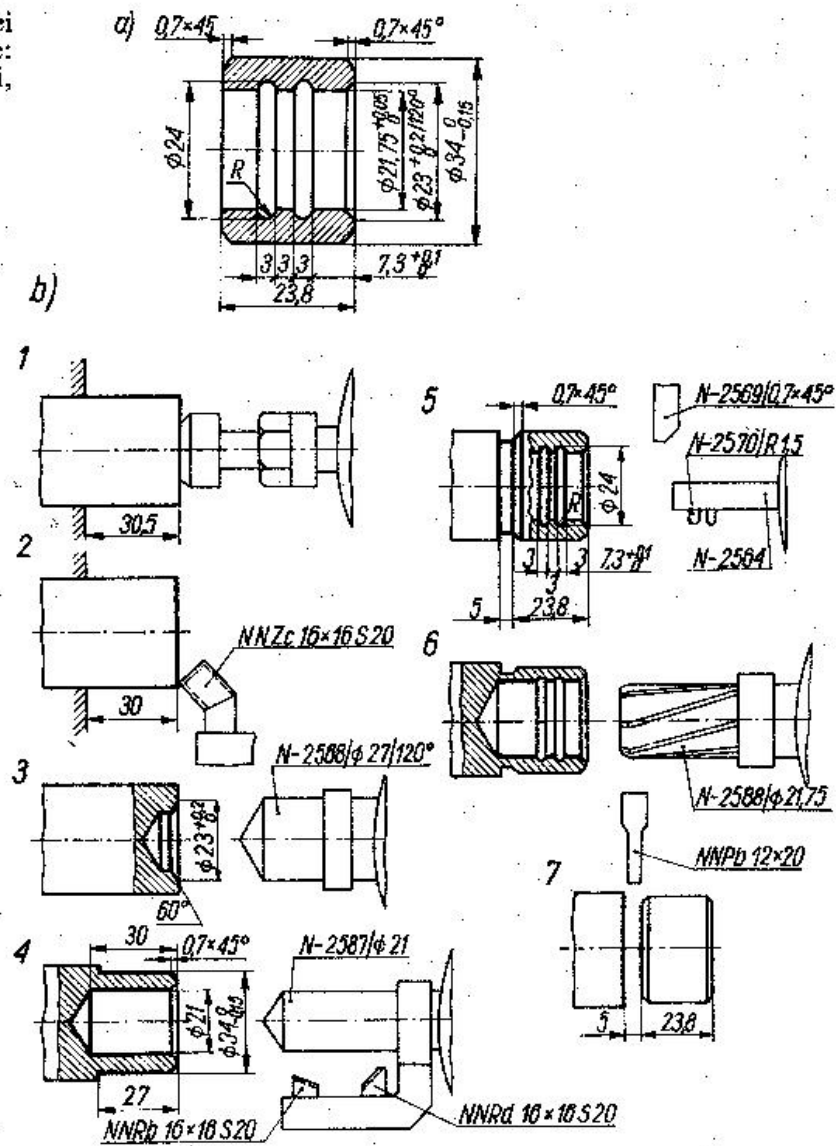
W tej grupie operacji wykonuje się także ścięcia ostrych krawędzi, rowki oraz otwory smarowe, nie wymagające obróbki wykańczającej. Kształt omawianej części i jej wymiary są takie, że obtoczka może być wykonana w jednej operacji na rewolwerówce lub automacie z pręta ciągnionego. Na rys. 28-12a przedstawiono szkic części po wykonaniu pierwszej operacji na rewolwerówce, a na rys. 28-12b szkice poszczególnych zabiegów tej operacji. W ramach tej grupy wykonuje się jeszcze dwie operacje (rys. 28-13):

Oper. 2 — wiercenie otworów na wiertarce stołowej.

Oper. 3 — stępienie ostrych krawędzi.

Jeżeli część ma być obrabiana cieplnie, to przed wysłaniem jej na wydział obróbki cieplnej należy sprawdzić poprawność jej wykonania do tego etapu.

Rys. 28-12. Obróbka tulei z pręta na rewolwerówce:
 a) po wykonaniu operacji,
 b) zabiegi



Rys. 28-13. Szkice części z rys. 28-11 po wykonaniu pierwszej grupy operacji

Grupa 2 obejmuje operacje obróbki cieplnej wykonywane w następującej kolejności:

Oper. 4 — hartowanie po nagraniu do temperatury $845 \pm 10^\circ\text{C}$.

Oper. 5 — odpuszczanie w temperaturze $150 \pm 200^\circ\text{C}$.

Oper. 6 — piaskowanie.

Oper. 6K — kontrola twardości.

Grupa 3 obejmuje operacje obróbki wykańczającej mającej na celu nadanie obrabianej części ostatecznych wymiarów, dokładności kształtu i położenia oraz chropowatości powierzchni. Powierzchnię walcową w tym przypadku wykańcza się po wtłoczeniu tulei na sworzeń.

Operacje te wykonuje się w następującej kolejności:

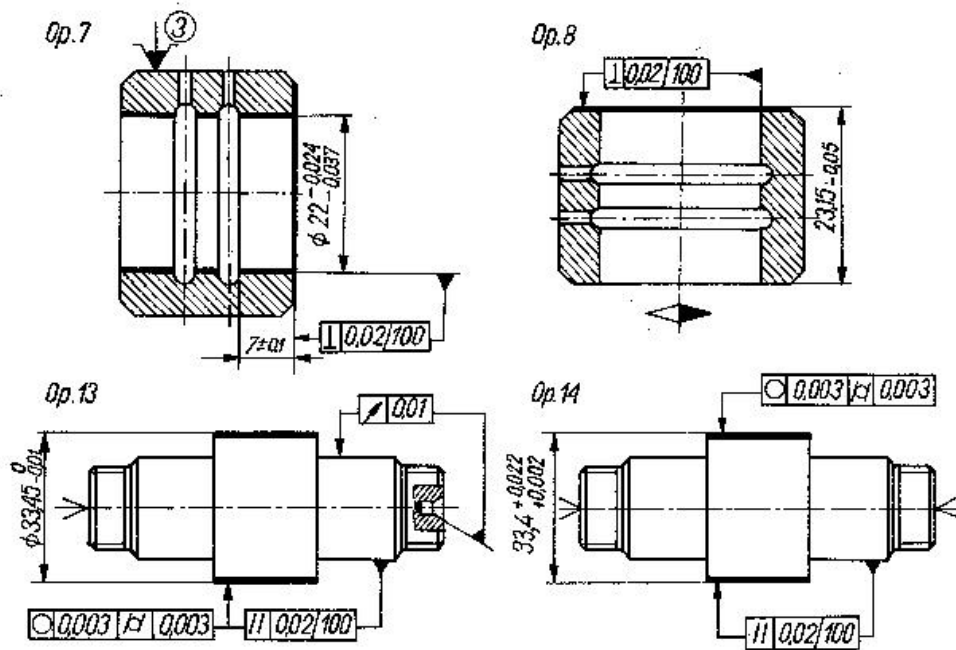
Oper. 7 — szlifowanie otworu i czoła na gotowo na szlifierce do otworów.

Oper. 8 — szlifowanie drugiego czoła na szlifierce do płaszczyzn.

Oper. 9 — odmagnesowanie części.

Oper. 10 — przemycie części (w roztworze o składzie podanym w p. 28.5.1).

Oper. 10K — sprawdzenie części wg karty instrukcyjnej.



Rys. 28-14. Szkice operacji wykańczających tulei przedstawionej na rys. 28-11

Oper. 11 — wtłoczenie tulei na sworzeń.

Oper. 12 — szlifowanie powierzchni walcowej.

Oper. 13 — docieranie powierzchni walcowej.

Oper. 14 — dogładzanie oscylacyjne.

Szkice operacji wykańczających podano na rys. 28-14.