

1. Proces technologiczny i jego dokumentacja

1.1 Pojęcia

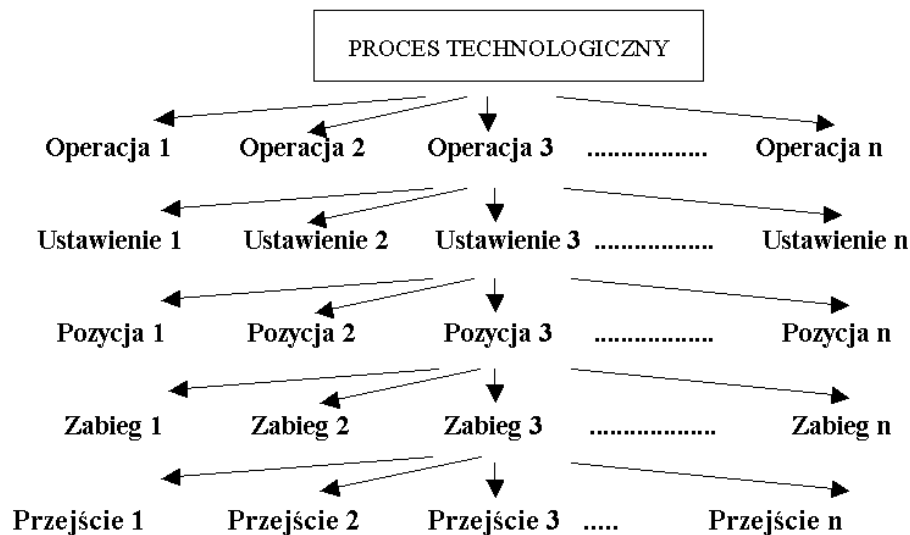
Proces produkcyjny – suma wszystkich działań wykonywanych w celu wytworzenia w danym zakładzie pracy gotowego wyrobu (prawidłowego pod względem jakościowym) z materiałów, półfabrykatów, części lub zespołów. Proces produkcyjny obejmuje proces technologiczny oraz działania pomocnicze takie jak: magazynowanie, transport międzyoperacyjny, kontrolę i konserwację.

Proces technologiczny – główna część procesu produkcyjnego, w której następuje obróbka części oraz montaż części w zespoły i wyrób.

Rozróżnia się:

- procesy technologiczne obróbki,
- procesy technologiczne montażu,
- procesy obróbkowo – montażowe.

1.2 Struktura procesu technologicznego.



Gdzie:

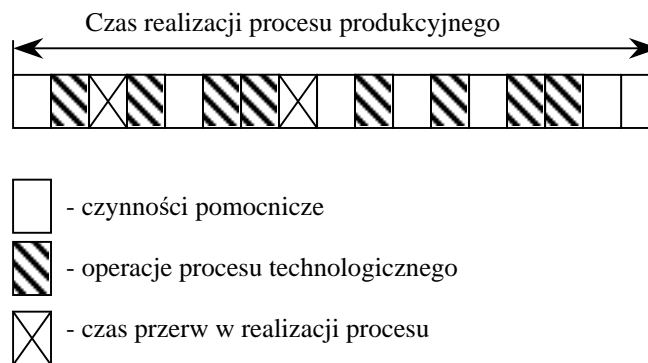
- **Operacja** - część procesu technologicznego wykonywana na jednym stanowisku roboczym przez jednego pracownika (lub grupę pracowników) na jednym przedmiocie (lub grupie przedmiotów) bez przerw na inną pracę.
- **Ustawienie (zamocowanie)** – unieruchomienie w ustalonym położeniu części z siłą potrzebną do wykonania danej operacji.
- **Pozycja** – każde z możliwych położenia części (lub kilku jednocześnie obrabianych części) względem zespołów roboczych obrabiarki, przy jednym zamocowaniu w uchwycie z urządzeniem podziałowym lub na stole obrotowym.
- **Zabieg** – część operacji, której cechy zależne są od rodzaju obróbki:
 - **w obróbce skrawaniem:**
 - a.) *zabieg prosty* – część operacji odnosząca się do obróbki jednej powierzchni, jednym narzędziem przy stałych (niezmiennych) parametrach obróbki,
 - b.) *zabieg złożony* – część operacji odnosząca się do obróbki zespołu powierzchni jednym narzędziem, wykonującym ruchy posuwowe według określonego programu (np. obróbka kopiowa) lub do obróbki zespołu powierzchni zespołem narzędzi o sprzężonych ruchach posuwowych przy stałym nastawieniu parametrów skrawania (np. obróbka wałka stopniowanego jednocześnie kilkoma nożami w suporcie przednim tokarki wielonożowej),
 - **w obróbce plastycznej** – to np. podstawowa czynność w procesie tłoczenia, wykonywana z użyciem jednego przyrządu bez zmiany narzędzia, w której zachodzi tylko jedna zmiana kształtu tłoczonego przedmiotu,
 - **w obróbce cieplnej** – to część operacji, wykonywanej przy stałych parametrach (temperatura, prędkość nagrzewania, prędkość chłodzenia),

- **w obróbce wykańczającej** – to część operacji wykonywana przy stałych parametrach zależnych od metody obróbki (np. powlekanie galwaniczne),
- **w montażu** – to część operacji, w której dołącza się do określonego zespołu jednakowe części lub zespoły (np. przykręcanie jednakowymi śrubami pokrywy do korpusu skrzyni biegów).
- **Przejście** – część zabiegu, w której następuje zdjęcie jednej warstwy materiału za pomocą jednego lub kilku narzędzi przy określonym posuwie.

Operacja, zabieg i przejście to czynności główne procesu technologicznego, ustawienie i pozycja to czynności pomocnicze.

1.3 Cykl produkcyjny

Cykl produkcyjny jest to suma czasu trwania poszczególnych operacji i czasu przerw pomiędzy nimi. Tak więc cykl produkcyjny to okres obejmujący realizację procesu produkcyjnego. W ramach cyklu produkcyjnego poszczególnym częściom składowym procesu produkcyjnego odpowiadają właściwe im czasy wykonania.



Graficzna interpretacja cyklu produkcyjnego

Takt produkcji – to okres upływający pomiędzy wyprodukowaniem dwóch kolejnych gotowych wyrobów.

Techniczna norma czasu t_n – czas niezbędny do wykonania n jednostek przedmiotów prawidłowych pod względem jakości. Wyznacza się ją ze wzoru:

$$t_n = T_{pz} + n \cdot t_j \quad (\text{min})$$

gdzie: T_{pz} – czas przygotowawczo – zakończeniowy,
 n - ilość jednostek przedmiotów,
 t_j – czas jednostkowy

Głównym składnikiem czasu jednostkowego jest czas główny t_g inaczej zwany czasem obróbki.

Obliczamy go z zależności:

$$t_g = \frac{L}{n \cdot p} = \frac{l_d + l + l_w}{n \cdot p} \quad (\text{min})$$

gdzie: L – droga pracy narzędzia (mm),
 l_d – długość dobiegu narzędzia (mm),
 l – długość obrabianej powierzchni (mm),
 l_w – długość wybiegu narzędzia (mm),
 p – posuw (mm/obr),
 n – prędkość obrotowa przedmiotu obrabianego lub narzędzia (obr/min)

Normę czasu można obliczyć, dobrać z normatywów lub określić na podstawie chronometrażu (ręczny pomiar czasu).

1.4 Opracowanie technologiczne procesu obróbki

Polega na ustaleniu kolejności operacji, zabiegów, ustawień, pozycji i przejść potrzebnych do wykonania danego przedmiotu, uszeregowanie ich w określonej kolejności i ustalenie czasu trwania każdej czynności. Opracowanie to wykonuje się na podstawie analizy obróbki (analiza rysunku technicznego, sposobu obróbki, ustalenie narzędzi skrawających i kontrolnych, sposobu ustawienia, itp.).

1.5 Dokumentacja techniczna

Dokumentacja techniczna produkowanego wyrobu – zbiór wszystkich dokumentów niezbędnych do jego wykonania, prawidłowego pod względem jakości. W skład dokumentacji technicznej wchodzi:

- a) **dokumentacja konstrukcyjna** (rysunki złożeniowe, wykonawcze, montażowe, wykaz części, warunki odbioru technicznego (WOT), dokumentacja techniczno – ruchowa (DTR), warunki eksploatacji i inne),
- b) **dokumentacja technologiczna** – zbiór dokumentów technologicznych określających proces technologiczny produkowanego wyrobu i potrzebne do tego środki technologiczne takie jak:
 - karta technologiczna,
 - instrukcja technologiczna (karta instrukcyjna obróbki i montażu),
 - wykaz pomocy warsztatowych (uchwytów, narzędzi do obróbki i montażu),
 - karta normowania czasu,
 - karta normowania materiału,
 - rysunki materiałów wyjściowych i półfabrykatów (surówek),
 - rysunki pomocy specjalnych, i inne.

Zakres dokumentacji zarówno konstrukcyjnej jak i technologicznej, zależy od wielkości produkcji (jednostkowa, małoseryjna, wielkoseryjna, masowa) i im większa produkcja tym jest bardziej szczegółowa.

Poprawnie opracowana *dokumentacja technologiczna* powinna zawierać wszystkie dane niezbędne do zapewnienia właściwego przebiegu poszczególnych operacji, zgodnie z przyjętym procesem technologicznym. Zakres dokumentacji i szczegółowość jej opracowania powinny się zmieniać w zależności od charakteru wyrobu, kwalifikacji załogi i przede wszystkim od wielkości produkcji. W warunkach produkcji wielkoseryjnej dokumentacja musi być bardzo szczegółowa, natomiast dla małej serii może być odpowiednio uproszczona. Decydujący w tym przypadku będzie czynnik ekonomiczny. Wyjątkowo trzeba niekiedy sporządzić pełną dokumentację również do wykonania pojedynczych przedmiotów, jeżeli ich technologia jest trudna i należy się liczyć z możliwością powstania braków. W skład dokumentacji technologicznej może wejść wiele pozycji. Do najważniejszych z nich należą: karta technologiczna, instrukcja obróbki, karta kalkulacyjna, spis pomocy warsztatowych, strona tytułowa.

1.6 Karty instrukcyjne i technologiczne .

W produkcji jednostkowej stosuje się karty technologiczne uproszczone, natomiast w produkcji wielkoseryjnej i masowej stosuje się pełną dokumentację technologiczną z kartami technologicznymi i kartami instrukcyjnymi. *Kartę technologiczną* sporządza się dla konkretnego przedmiotu. Stanowi ona spis operacji uzupełniony wyszczególnieniem stanowiska roboczego dla każdej z nich, wyszczególnieniem pomocy specjalnych oraz podaniem czasu przygotowawczo--zakończeniowego, czasu jednostkowego oraz łącznego czasu wykonania operacji dla danej wielkości serii. Kartę technologiczną opracowuje się każdorazowo, niezależnie od wielkości serii i niezależnie od innych warunków. Może ona być sporządzona mniej lub bardziej szczegółowo, w zależności od tego, czy są opracowywane jeszcze dalsze elementy dokumentacji technologicznej czy też nie.

Dla produkcji jednostkowej i małoseryjnej karta technologiczna będzie najczęściej stanowiła całość dokumentacji technologicznej i dlatego też poszczególne operacje powinny być opisane dokładniej, z wyszczególnieniem pomocy uniwersalnych i specjalnych (rys. 1). W takich przypadkach na stanowisko pracy należy dostarczyć oprócz karty technologicznej również i rysunek warsztatowy. Górne wiersze karty technologicznej są rubrykami informacyjnymi i wypełnienie ich nie jest trudne. Omówienia wymagają tylko niektóre z kolumn pionowych.

W kolumnie pierwszej podaje się numer operacji i oznaczenia. Numeracja operacji może być różna. Stosuje się system *numeracji pojedynczy, piątkowy* lub *dziesiętny*. Główną zaletą stosowania systemu piątkowego lub dziesiętnego jest możliwość łatwego wprowadzania do procesu pewnych zmian, bez zmiany zapisu całego procesu.

W kolumnie drugiej zapisuje się dla danej operacji wydział i stanowisko. Proces technologiczny bowiem prowadzi się od początku do końca, bez względu na to, w jakim oddziale rozważana część będzie poddawana obróbce. Nie wlicza się tylko operacji odnoszących się do wykonania półfabrykatu, które stanowią oddzielny proces. Tak więc w danym procesie wydział może się zmieniać i może nim być wydział mechaniczny, wydział obróbki cieplnej, wydział obróbki plastycznej itp.

Stanowisko robocze może mieć oznaczenia liczbowe, zgodnie z zaleceniami PN, lub też oznaczenia umowne. Te ostatnie są częściej stosowane w zakładach, jako bardziej zrozumiałe i wygodniejsze pod względem mnemotechnicznym.

Zakład	Wyrób TC-40		Nazwa części <i>Koło zębate pośrednie</i> $z = 28 \text{ mm} = 2\alpha = 20^\circ$	Symbol, Nr rys. Nr poz. TR27-2.81 4A2731		Nr zlecenia 173.031/56	
	Gatunek i stan materiału 35 HNA		Postać i wymiary półfabrykatu w mm	Sztuk/ /wyrób 2	kg/1 szt. netto 1,27	Sztuk na zlecenie, partię 300	
	Indeks materiałowy 3.10.63.275		Pręt $\varnothing 63 \times 80$ w odcinkach długości 1000 mm	Norma mater. kg/1 szt. 2,10		Materiał kg/zlecenie, partię 630,0	
	Nr oper.	Wydział	Opis operacji	Oprzyrządowa- nie	Kateg. roboty	t_p	T 120
	Ozna- czenia	Stanowisko			Doda- tek	t_s	
	5 203	FZ-1 M411.03	Ciąć pręt $\varnothing 65$ na odcinki $80 \times 12 + 40 = 1000 \text{ mm} -$ $- 10 \text{ szt.}$		3	0,09 0,20	2,09
	10 226	PR-2 M114.03	Toczyć czolo, wiercić otwór $\varnothing 34$, toczyć $\varnothing 61,5$, ścieć krawędzie otworu $2/45^\circ$. Zatoczyć $\varnothing 51$ na długość 11,5, podciąć rowki $5 \times \varnothing 51$ i $6 \times \varnothing 45$, stępić ostre kra- wędzie i odciąć na wymiar 74,5 wg rysunku		4	1,25 0,58	70,85
	15 154	OT	Ulepszać ciepnie 22-25 HRC	Instr. HT-23/3	6 i 3 3	0,25 0,06	7,45
	20 220	PR-2 M114.03	Toczyć czolo na wym. 11,5 roztoczyć pogłębienie $\varnothing 42$ na głębokość 15, roztoczyć otwór $\varnothing 35,5^{H7}$ pod rozwiertak i ścieć krawędzie $0,5/45^\circ$, rozwiercić otwór $\varnothing 35,7 \text{ H7}$ wg rysunku	MRT 173 MSRa-35,7 H7	5	0,50 1,00	120,50
	25 227	PR-2 M114.03	Toczyć profil koła	Instr. Nr 25	6	0,75 1,20	144,75
	30 326	PR-2 M561.01	Przeciagnąć wielowypust w otworze	Instr. Nr 30	4	0,66 0,10	12,66
	35 010	PR-2 Stan. ślus.	Stępić ostre krawędzie w otworze na wymiar $0,5/45^\circ$		4	0,25 0,14	17,05
	40 252	PR-2 M616.03	Szlifować otwór $\varnothing 36 \text{ H7}$ Zabielić czolo	MSBn-36 H7	6	0,50 0,22	26,90
	45 248	PR-2 M771.02	Dłutować zęby na gotowo	Instr. Nr 45	6	0,83 0,93	112,43
	50 010	PR-2 Stan. ślus.	Zaokrąglić zęby na czolach od strony wewn. piasty	Instr. Nr 50	6	0,50 0,28	34,10
	55 010	PR-2 Stan. ślus.	Usunąć zadziory na zębach	Instr. Nr 55	4	0,25 0,28	33,85
	60 042	PR-3 M837.2	Cechować między wieńcami TR27-2.81, wysokość liter 5 mm	NU-35 GR-171	4	0,50 0,0015	2,10
Data	Oprac.	Data	Norm. Data	Sprawdz.	Data	Zatw.	

Rysunek 1 Wypełniona karta technologiczna dla produkcji małoseryjnej

W produkcji wielkoseryjnej i masowej karta technologiczna stanowi tylko uporządkowany rejestr operacji. Każda z tych operacji będzie szczegółowo opracowana na tzw. *instrukcjach obróbki*. Stąd też w karcie technologicznej wymienia się tylko operacje i podaje krótko ich treść. W rubryce „oprzyrządowanie” wystarczy podać numer instrukcji obróbki, w której i tak wszystko będzie podane szczegółowo.

Wzór karty technologicznej uproszczonej

Wyrób:		Nazwa przedmiotu:		Symbol, numer rys.:	Materiał:					Il. szt/ko mplet:
Nr op.	Nr zab	Nazwa operacji lub zabiegu	Obrabiarka	Narzędzie	Parametry obróbki:					Oprzyr zą dowani e
					v (m/ min)	n (obr/ min)	p (mm/ obr)	g (mm)	L (mm)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Wzór: Karta technologiczna pełna



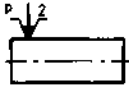
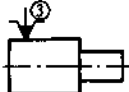



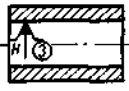
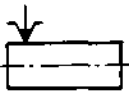

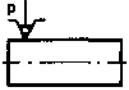
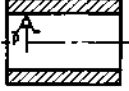

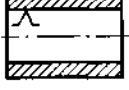



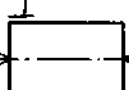
Wyrób:		Nazwa części:	Symbol, nr rys. ,nr poz.:	Nr zlecenia:		
Gatunek, stan mat.:		Postać, wymiary materiału:	Sztuk/wyrób:	Sztuk na zlecenie:		
Indeks materiałowy:			Netto kg/szt.:	Materiał kg/zlecenie:		
Nr operacji	Wydział Stanowisko	OPIS OPERACJI	Oprzyrządowanie	t_{pz}	t_j	t
Opracował:	Normował:	Sprawdził:	Arkusze:	Ilość ark./kp l.:		


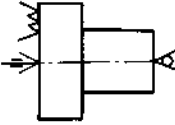


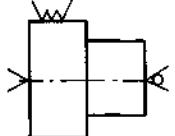





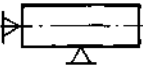




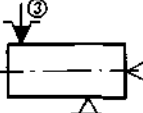




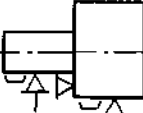




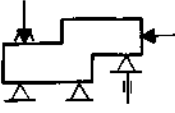
Uniwersytet Zielonogórski	Karta instrukcyjna nr		Symbol wyrobu	Numer rysunku	Nazwa części			Arkusz	Arkuszy	
	Materiał									
					Operacja					
					Oddział					
					Obrabiarka lub stanowisko					
					Pomoce warsztatowe					
					Sprawdziany Narzędzia Przyrządy					
Było		Wykonał:	Sprawdził:	Zatwierdził:						
Zmieniono		Data			Nr zabiegu	v prędkość skraw. m/min	n prędkość obrot. obr/min	p posuw mm/obr	g głęb. skraw. mm	i ilość przejść
Data i podpis		Podpis								


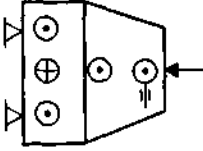
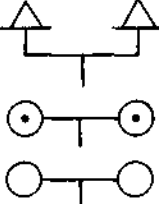
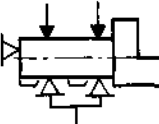

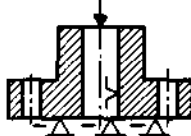


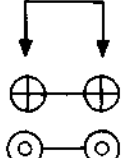
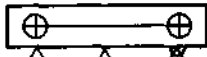

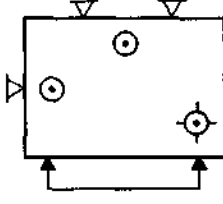
1.7 Instrukcja obróbki

Instrukcję obróbki sporządza się w celu podania treści operacji pracownikowi obsługującemu obrabiarkę, zwykle w postaci szkicowej i opisowej. W karcie takiej są wyszczególnione: stanowisko robocze, liczba i kolejność zabiegów, warunki obróbki dla poszczególnych zabiegów oraz wszelkie pomoce niezbędne do wykonania danej operacji (uchwyty, narzędzia, sprawdziany, oprawki, imaki itd.).

TABLICA 1. Symbole oznaczeń ustalenia i zamocowania wg PN-83/M-01152

Oznaczenie	Objaśnienia	Przykłady zastosowania	
	Powierzchnie obrabiane oznacza się linią 2-krotnie grubszą od linii konturowych		
P H E	Rodzaj napędu mechanizmów mocujących: pneumatyczny hydrauliczny elektryczny bez oznaczenia – ręczny lub inny		mocowanie w uchwycie pneumatycznym dwiema szczękami zewnętrznymi
			mocowanie kluczem ręcznym w uchwycie trzyszczekowym, szczękami przetoczonymi lub przeszlifowanymi
  	Uchwyty szczękowe n – liczba szczęk Ⓝ – liczba szczęk przetoczonych lub przeszlifowanych γ – rodzaj napędu mechanizmu mocującego		mocowanie w uchwycie hydraulicznym trzyszczekowym, szczękami wewnętrznymi przetoczonymi lub przeszlifowanymi
			mocowanie na powierzchni zewnętrznej w tulei zaciskowej kluczem lub dźwignią ręczną
	Uchwyt z elementami ustalająco-mocującymi (rozprężny, sprężysty, rozsuwany): a) znak na powierzchni zewnętrznej przedmiotu – tuleja zaciskowa; b) znak na powierzchni wewnętrznej (w otworze) – trzpień rozprężny		zewnętrzne mocowanie pneumatyczne w tulei zaciskowej
			pneumatyczne zaciskanie na trzpieniu rozprężnym
	Rodzaj napędu mechanizmu mocującego. Trzpień stały, kołek pełny, tuleja stała: a) znak na powierzchni zewnętrznej – tuleja stała; b) znak na powierzchni wewnętrznej (w otworze) – trzpień stały lub kołek pełny		zamocowanie na trzpieniu stałym tokarskim, szlifierskim lub specjalnym
	Uchwyt magnetyczny		zamocowanie magnetyczne na stole szlifierki
	Kieł stały: a) zewnętrzny – ostrze do przedmiotu; b) wewnętrzny – ostrze od przedmiotu		zamocowanie w kłach stałych, zabierak stały

Oznaczenie	Objaśnienia	Przykłady zastosowania	
	Kiel samonastawny: a) zewnętrzny – ostrze do przedmiotu; b) wewnętrzny – ostrze od przedmiotu		zamocowanie w kłach: samonastawnym i obrotowym, zabierak czołowy
	Kiel obrotowy: a) zewnętrzny – ostrze do przedmiotu; b) wewnętrzny – ostrze od przedmiotu		
	Zabierak stały (tokarski, szlifierski prosty, hakowy, ramkowy)		zamocowanie kłami: stałym i obrotowym, z zabierakiem samozaciskającym szczękowym
	Zabierak samozaciskający, zabierak czołowy: a) znak na powierzchni walcowej – zabierak zaciskający; b) znak na powierzchni czołowej – zabierak czołowy		
   	Podpora stała (opór, luneta, okular, kołek ścięty): widok z boku, z przodu, z tyłu widok z góry widok z dołu		oznaczenie podpory stałej i oporu
   	Podpora ruchoma (podtrzymka ruchoma): widok z boku, z przodu, z tyłu widok z góry widok z dołu		zamocowanie ręczne w uchwycie trzyszczękowym, szczęki zewnętrzne przetoczone lub przeszlifowane, kiel zewnętrzny stały, podtrzymka ruchoma
   	Podpora wahlowa: widok z boku, z przodu, z tyłu widok z góry widok z dołu		oznaczenie podpory pryzmowej regulowanej, oporu i podpory pryzmowej stałej
   	Podpora regulowana: widok z boku, z przodu, z tyłu widok z góry widok z dołu		zamocowanie dociskiem stałym i wahlwym, trzy podpory stałe, dwa opory i podpora samonastawna

Oznaczenie	Objaśnienia	Przykłady zastosowania
	<p>Podpora samonastawna: widok z boku, z przodu, z tyłu widok z góry widok z dołu</p>	
	<p>Podpora podwójna sprzężona: widok z boku, z przodu, z tyłu widok z góry widok z dołu</p>	 <p>zamocowanie ręczne na podporze podwójnej sprzężonej o przyrządowej powierzchni roboczej dwoma dociskami pojedynczymi, jeden opór</p>
	<p>Docisk pojedynczy: widok z boku, z przodu, z tyłu widok z góry widok z dołu</p>	 <p>zamocowanie ręczne w przyrządzie na stole wiertarki, docisk z góry, trzy podpory stałe o płaskich powierzchniach roboczych, trzpień stały</p>
	<p>Docisk wahliwy: widok z boku, z przodu, z tyłu widok z góry widok z dołu</p>	
	<p>Docisk podwójny: widok z boku, z przodu, z tyłu widok z góry widok z dołu</p>	
	<p>Kształt powierzchni roboczych podpór i docisków: płaski kulisty walcowy pryzmowy stożkowy rowkowany, gwintowany wielowypustowy</p>	 <p>zamocowanie ręczne w przyrządzie frezarskim dociskiem sprzężonym, dwie podpory stałe i jedna wahliwa, trzy opory</p>

Na szkicu wykonanym w pewnych proporcjach, lecz niekoniecznie w skali, powierzchnie obrabiane zaznacza się grubą linią, a naniesione wymiary są wymiarami końcowymi dla danej operacji. Wszelkie wymiary przejściowe dla poszczególnych zabiegów powinny być podane tylko w opisie.

Bardzo istotne jest pokazanie na szkicu sposobu ustalenia przedmiotu i jego zamocowania. Do tego służą specjalne symbole umowne, których zestawienie oparte na PN znajduje się w tabl. 1. Przemysłany przez technologa sposób ustalenia i zamocowania przedmiotu jest podstawą do projektowania uchwytu dla danej operacji, bądź też do odpowiedniego ustalenia i zamocowania bezpośrednio na obrabiarce.

Chociaż nie zawsze jest to wymagane, ale stanowi duże ułatwienie, gdy poszczególne zabiegi są oznaczone liczbami i liniami odnoszącymi zaopatrzonymi w strzałki. Grube linie przed kółkami określają kierunek posuwu narzędzia. I tak, dla zabiegów wykonywanych posuwem wzdłużnym będą to linie poziome, a dla zabiegów wykonywanych posuwem poprzecznym - pionowe.

Ogólny znak obróbki z prawej strony szkicu u dołu odnosi się do chropowatości powierzchni po dokonanych zabiegach. Jeżeli nie wszystkie powierzchnie wykonywane w poszczególnych zabiegach mają tę samą chropowatość, to obok

ogólnego znaku umieszcza się w nawiasie znaki pozostałe. Dodatkowo również te pozostałe znaki umieszcza się na grubej linii przy liczbie oznaczającej kolejność zabiegu. Stosuje się więc taki sam system oznaczania chropowatości powierzchni dla poszczególnych zabiegów, jaki jest używany na rysunkach wykonawczych części. Po prawej stronie każdej instrukcji obróbki znajduje się wolne miejsce, przeznaczone na wpisanie wszystkich pomocy (uchwytów, narzędzi i sprawdzianów). Pomoce normalne powinny być podane wg nomenklatury PN, natomiast specjalne wg oznaczenia przyjętego w danym zakładzie.