

**Stanisław Gil**

## **Projektowanie półfabrykatu oraz określanie naddatków na obróbkę skrawaniem**

### **1. CEL CWICZENIA**

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z zasadami określania naddatków operacyjnych i całkowitego naddatku na obróbkę skrawaniem oraz doбором i zaprojektowaniem półfabrykatu.

### **2. ZAKRES WYMAGANYCH WIADOMOŚCI**

- Pojęcia podstawowe (naddatek na obróbkę skrawaniem, naddatki operacyjne: minimalne, maksymalne, obliczeniowe, naddatek jednostronny (niesymetryczny), naddatek dwustronny (symetryczny).
- Znajomość postaci i odmian wytwarzania półfabrykatów oraz metod ich wykonania.
- Znajomość doboru i obliczania naddatków operacyjnych i całkowitych na obróbkę skrawaniem.
- Wiadomości z zakresu projektowania półfabrykatu w danej technologii wytwarzania półfabrykatu.

### **3. WPROWADZENIE TEMATYCZNE**

Naddatek na obróbkę jest warstwą materiału usuwaną z półfabrykatu w trakcie procesu obróbki skrawaniem, w celu uzyskania powierzchni przedmiotu o żądanych parametrach jakościowych. Z powodu nieuzasadnionych technicznie naddatków materiałowych powstają straty, na które składają się straty materiałowe, koszty robocizny, energii i inne. Przyczyny istnienia nadmiernych naddatków na obróbkę tkwią w technologiach wytwarzania półfabrykatów, dających mniejszą dokładność wymiarowo-kształtową i jakość powierzchni niż obróbka skrawaniem. Obróbka skrawaniem usuwa przede wszystkim błędy kształtu, wady

powierzchniowe i podpowierzchniowe półfabrykatów. Błędy te wpływają na wartość naddatków na obróbkę.

Uniwersalną metodę analityczno-obliczeniową określania wartości naddatków na obróbkę, w zależności od wymaganej dokładności wymiarowo-kształtowej i jakości powierzchni przedmiotu opracował W. N. Kowan. Podstawą tej metody jest analiza błędów geometrycznych i wad podpowierzchniowych materiału obrabianego występujących w kolejnych stopniach obróbki. Metoda analityczno-obliczeniowa pozwala na określenie naddatku operacyjnego (materiałowego) na każdy kolejny stopień obróbki. Zastosowanie analityczno-obliczeniowej metody do określania naddatków technologicznych na obróbkę skrawaniem powoduje ich zmniejszenie, a w trakcie obliczania naddatków umożliwia:

- ustalenie prawidłowych tolerancji wymiarów operacyjnych obrabianego półfabrykatu,
- liczbę niezbędnych przejść narzędzia lub zabiegów,
- ustalenie głębokości skrawania dla kolejnych przejść narzędzia.

Stosowanie szerokich tolerancji wymiarów operacyjnych komplikuje wykonywanie operacji technologicznych obróbki na obrabiarkach, zmniejsza dokładność obróbki wykonywanych przedmiotów w uchwytach i przyrządach oraz powoduje zwiększenie naddatków. Natomiast stosowanie zawężonych tolerancji wymiarów operacyjnych przedmiotu w procesie obróbki zwiększa pracochłonność i koszty jego wytwarzania. Naddatki na obróbkę skrawaniem powinny być wartościami optymalnymi i ekonomicznie uzasadnionymi, zapewniającymi w danych warunkach uzyskanie wymaganej dokładności geometrycznej przedmiotu i jakości jego powierzchni, przy możliwie najmniejszych stratach materiałowych.

Półfabrykaty [2] (dawniej półwyroby i surówki) są to niewykończone przedmioty pracy, z których przez dalszą obróbkę polegającą na zmianie kształtu, wymiaru, stanu powierzchni i/lub właściwości materiału uzyskuje się daną część. Postęp techniczny i rozwój przemysłu powodują konieczność ciągłego udoskonalania rozwiązań konstrukcyjnych oraz wprowadzania zmian w wytwarzaniu. Zmiany postaci półfabrykatów i sposobów ich otrzymywania są konieczne dla obniżenia kosztów wytwarzania z zachowaniem przynajmniej takiej samej jakości wyrobu. Prawidłowo przyjęty półfabrykat do produkcji wyrobu ma bardzo istotny wpływ na koszty wytwarzania i eksploatacji.

### 3.1. STOPNIE OBRÓBKI

W projektowaniu procesu technologicznego wybór stopni obróbki jest uzależniony od wymagań konstruktora dotyczących dokładności wykonania i chropowatości rozpatrywanej powierzchni. Dokładnych powierzchni nie można uzyskać przy jednym stopniu obróbki, gdyż zdjęcie głębokich warstw materiału

powoduje występowanie dużych wartości składowych siły skrawania, które wywołują sprężyste, a częściowo i plastyczne odkształcenia materiału, powstają również odkształcenia w wyniku nagrzewania się obrabianego przedmiotu. Te czynniki powodują właśnie często konieczność podziału obróbki na: zgrubną, kształtującą i wykańczającą. W specjalnych przypadkach dochodzi jeszcze niekiedy obróbka gładkościowa, szczególnie tam, gdzie są wysokie wymagania dotyczące dokładności i chropowatości powierzchni.

Obróbka zgrubna ma na celu usunięcie zewnętrznych warstw materiału, a w przypadku półfabrykatu prętowego zapewnienie równomiernych naddatków na dalszą obróbkę. Średnia ekonomiczna dokładność uzyskiwana w obróbce zgrubnej, odpowiada tolerancji warsztatowej. Małe wymagania stawiane w zakresie np. dokładności i chropowatości powierzchni pozwalają na prowadzenie obróbki z dużymi posuwami i głębokościami skrawania. Dokładność uzyskiwana w obróbce zgrubnej odpowiada chropowatości  $R_a 20\mu\text{m}$ .

Obróbka kształtująca nadaje przedmiotowi obrabianemu kształt zgodnie z rysunkiem. Nieduże naddatki pozostawia się tylko na tych powierzchniach, które podlegać będą obróbce wykańczającej. Chropowatość uzyskiwana w wyniku obróbki kształtującej wynosi  $R_a 5-2,5\mu\text{m}$ , dokładność wykonania jest zawarta w 9 - 11 klasie dokładności.

Obróbka wykańczająca dotyczy zazwyczaj nie wszystkich powierzchni przedmiotu i można ją uzyskać tylko niektórymi sposobami obróbki. Dokładność wykonania powierzchni przedmiotu jest zawarta w 8-5 klasie dokładności, chropowatość wynosi  $R_a 1,25-0,16\mu\text{m}$ .

Słuszną jest zasada stosowania poszczególnych stopni obróbki w oddzielnych operacjach. Można wtedy różnicować obrabiarki, na jakich wykonuje się poszczególne stopnie obróbki, np. obróbkę zgrubną można wykonywać na obrabiarce mniej dokładnej. Obróbka kształtująca wymaga na ogół obrabiarki dokładnej. Różnicowanie takie nie zawsze jest możliwe, ponieważ są obrabiarki takie jak: tokarki rewolwerowe, automaty tokarskie, obrabiarki specjalne (np. zespołowe), na których przedmiot obrabiany może być wykonywany na gotowo. W takich przypadkach poszczególne zabiegi powinny być tak uszeregowane, ażeby najpierw mogła być wykonana obróbka zgrubna, potem kształtująca i wykańczająca, a wykonywana obróbka przedmiotu, na tej samej obrabiarce różni się tylko parametrami skrawania.

Obróbkę gładkościową można przeprowadzić przez zastosowanie niektórych sposobów obróbki. Wysokie dokładności wykonania powierzchni przedmiotu, zapewnia obróbka bardzo dokładna, można ją uzyskać stosując: dogładzanie oscylacyjne, docieranie, gładzenie i obróbkę powierzchniową zgniotem.

Liczbę potrzebnych stopni obróbki, można też orientacyjnie określić stosunkiem tolerancji wymiarowej  $T_{pf}$  wykonania półfabrykatu do tolerancji wymiaru przedmiotu  $T_p$  wymaganej przez konstruktora w gotowym przedmiocie. Dla tocenia można przyjąć:

4

$\frac{T_{pf}}{T_p} < 10$  - możliwy jest jeden stopień obróbki,

$10 < \frac{T_{pf}}{T_p} < 50$  - można ograniczyć się do dwóch stopni obróbki,

$\frac{T_{pf}}{T_p} > 50$  - należy zastosować co najmniej trzy stopnie obróbki.

Przy ustalaniu kolejności obróbki powierzchni w obrębie określonego stopnia obróbki należy jako pierwsze obrabiać powierzchnie, na których są widoczne wady materiałowe. Powierzchnie drugorzędne można obrabiać w dowolnej kolejności.

Od wymagań stawianych w zakresie danej powierzchni dotyczących np. dokładności i chropowatości powierzchni zależy liczba stopni obróbki. Przyjmuje się ją następująco:

- a) w przedziale 12-14 klasy dokładności i chropowatości powierzchni  $R_a$  większej od  $10\mu\text{m}$  wystarczy obróbka zgrubna,
- b) dla 11-9 klasy dokładności i chropowatości  $R_a = 2,5\mu\text{m}$  należy zastosować dwa stopnie obróbki; obróbkę zgrubną i obróbkę kształtującą,
- c) dla 8-5 klasy dokładności i chropowatości  $R_a=1,25-0,16\mu\text{m}$  należy zastosować trzy stopnie obróbki; obróbkę zgrubną, obróbkę kształtującą i wykańczającą,
- d) przy 5 klasie dokładności i wyższej oraz chropowatości poniżej  $0,16\mu\text{m}$  niezbędne są cztery stopnie obróbki.

W każdym stopniu obróbki powierzchnia obrabiana powinna mieć określony naddatek operacyjny na obróbkę. Przy ustalaniu naddatku należy wziąć pod uwagę:

- usunięcie zarówno śladów obróbki warstwy wadliwej uzyskanych w poprzedniej operacji i zapewnienie dla danych operacji dokładności wymiaru, kształtu i położenia powierzchni,
- zeskrawanie warstwy odwęglonej w przypadku gdy poprzedzającą operacją była obróbka cieplna,
- usunięcie odkształceń.

Z analizy tej wynika, że na naddatek operacyjny wpływa na: kształt i wymiary przedmiotu, materiał z którego jest wykonany, stopień i sposób obróbki poprzedzającej a także realizowanej w danej operacji, warunki techniczne wykonania. Analiza wymienionych czynników jest możliwa i opłacalna w produkcji wielkoseryjnej lub masowej, gdzie stała obserwacja procesu obróbki skrawaniem umożliwia korygowanie naddatków na obróbkę. Zapewnienie uzyskania przedmiotów dobrej jakości bez wad materiałowych i gwarantujących jak najmniejsze zużycie materiału, jest zagadnieniem trudnym, należącym do podstawowych zadań technologa.

### 3.2. METODY PROJEKTOWANIA I WYTWARZANIA PÓLFABRYKATÓW

Postać półfabrykatu to wyodrębniona ze względu na technologię wytwarzania grupa półfabrykatów. W budowie maszyn i urządzeń występują następujące postaci półfabrykatów i odmiany ich wytwarzania: [11]

- hutnicze walcowane, łuszczone i ciągnięte w postaci prętów, rur i kształtowników oraz walcowane w postaci blach i taśm,
- odlewane z żeliwa, staliwa i metali nieżelaznych,
- tłoczone na zimno i gorąco ze stali i niektórych metali nieżelaznych,
- wykrawane – wycinane z blach i taśm stalowych i niektórych metali nieżelaznych,
- spajane (spawane i zgrzewane),
- otrzymane przez spiekanie proszków metali (metalurgia proszków),
- z tworzyw sztucznych w postaci prętów, rur, płyt lub wyprasek i odlewów.

Wstępny etap [5] projektowania półfabrykatu dzieli się na dwie fazy [10]:

- wybór postaci półfabrykatu np.: odlew, odkuwka, wytłoczka (wypraska), półfabrykaty z materiałów wyrobów hutniczych, wykroje, półfabrykaty spawane i inne,
- wybór odmiany ze względu na metodę jego wykonania np.: odkuwki swobodne lub foremnikowe itd.

Można wyróżnić trzy główne grupy czynników, których realizacja jest konieczna dla prawidłowego zaprojektowania półfabrykatu:

- konstrukcyjne – materiał musi odpowiadać warunkom technicznym założonym w projekcie,
- technologiczne – pracochłonność nadania materiałowi odpowiedniej postaci powinna być jak najmniejsza,
- ekonomiczne – koszt wykonania gotowej części powinien być jak najmniejszy.

Na pierwszym etapie projektowania półfabrykatu głównymi czynnikami wpływającymi na dobór półfabrykatu [10] są:

- wielkość produkcji,
- kształt przedmiotu,
- materiał przedmiotu lub specjalne zalecenia dotyczące warunków technicznych.

W tabelach 1 – 12 przedstawione zostały wytyczne do doboru postaci półfabrykatu.

Tabela 1. Wytyczne doboru postaci półfabrykatu na części klasy wał.

Półfabrykaty na części klasy wał			Uwagi:
produkcja jednostkowa i małoseryjna	materiał prętowy	walcowane	ograniczeniem są wymiary oraz znaczne uskoki stopniowania
		ciągnione	
		łuszczone	
		szlifowane	
produkcja seryjna	odkuwki	swobodne	decydują wielkość serii, materiał przedmiotu obrabianego i wymiary wału
		matrycowe	

Tabela 2. Wytyczne doboru postaci półfabrykatu na części klasy tuleja i tarcza.

Półfabrykaty na części klasy tuleja i tarcza			Uwagi:	
tuleje i tarcze	rury grubościenne		w zależności od kształtu i wielkości serii mogą wystąpić wszystkie postaci półfabrykatów	
	pręty			
	odkuwki	swobodne		
		matrycowe		
odlewy	mało dokładne			
	bardzo dokładne			
tarcze produkcja jednostkowa	duże wymiary	konstrukcje spawane z blach i kształtowników		
	proste kształty + małe wymiary	wykroje		
		walcowane przez wyoblanie		

Tabela 3. Wytyczne doboru postaci półfabrykatu na części klasy dźwignia.

Półfabrykaty na części klasy dźwignia			Uwagi:	
produkcja seryjna	odkuwki	swobodne	w zależności od materiału	
		matrycowe		
	odlewy	mało dokładne		
		bardzo dokładne		
produkcja jednostkowa i małoseryjna	konstrukcje spawane z blach i kształtowników	materiały hutnicze walcowane		

Tabela 4. Wytyczne doboru postaci półfabrykatu na części klasy korpus.

Półfabrykaty na części klasy korpus			Uwagi:
produkcja seryjna i masowa	odlewy	żeliwo szare	w zależności od materiału
		staliwo	
produkcja jednostkowa i małoseryjna	konstrukcje spawane	materiały hutnicze walcowane	stosuje się w przypadkach częstych zmian konstrukcyjnych, dla oszczędności materiału i zmniejszenia masy

Tabela 5. Wytyczne doboru postaci półfabrykatu na części płaskie.

<b>Półfabrykaty na części płaskie: graniastosłupy, kostki, płyty, krzywki</b>			Uwagi:
produkcja seryjna i masowa	materiały hutnicze na zamówienie	płaskowniki	
		blachy	
		pręty o różnych przekrojach	
produkcja jednostkowa i małoseryjna	materiały hutnicze normowane	płaskowniki	
		blachy	
		pręty o różnych przekrojach	
części o nieregularnych kształtach	odkuwki	swobodne	stosuje się dla oszczędzenia materiału i obróbki
		matrycowe	
części drobne	wykrawane z blach		

Tabela 6. Wytyczne doboru postaci półfabrykatu dla kół zębatach płaskich

<b>Półfabrykaty na części klasy koło zębata płaskie</b>			Uwagi:
produkcja jednostkowa i małoseryjna	materiały hutnicze	blachy	
		pręty walcowane	
produkcja seryjna i masowa	odkuwki	swobodne	stosuje się dla oszczędzenia materiału i obróbki
		matrycowe	
koła o dużych wymiarach	odlewy	żeliwne	w zależności od materiału

Tabela 7. Ekonomiczna wielkość serii odlewów dla różnych odmian odlewania [5]

<b>Sposoby odlewania</b>	<b>Ekonomiczna wielkość serii (sztuk)</b>
KOKILOWE	(5) 500 ÷ 4000
ODŚRODKOWE	5000 ÷ 5·10 <sup>4</sup>
POD CIŚNIENIEM	1000 ÷ 5000 (5·10 <sup>5</sup> )
CIĄGLE	10 <sup>3</sup> ÷ 10 <sup>4</sup>
W FORMACH PIASKOWYCH	1 ÷ 100 (5 ÷ 1000 formowanie ręczne)
W FORMACH CERAMICZNYCH	5 ÷ 100
W FORMACH GIPSOWYCH	5 ÷ 100
METODĄ WYTAPIANYCH MODELI	(20) 10 <sup>3</sup> ÷ 10 <sup>4</sup>
METODĄ WYPALANYCH MODELI	1 ÷ 5 model obrabiany (10 <sup>3</sup> ) 10 <sup>4</sup> ÷ 10 <sup>5</sup> model wtryskiwany

Tabela 8. Koszt odlewów ze stopów żelaza w odniesieniu do 1 kg odlewu z żeliwa szarego [5]

Rodzaj stopu	Koszt (1 kg odlewu z żeliwa szarego = 1)
ŻELIWO MODYFIKOWANE	1,05 ÷ 1,10
ŻELIWO SFEROIDALNE	1,25 ÷ 1,5
ŻELIWO NISKOSTOPOWE	1,3 ÷ 1,8
ŻELIWO WYSOKOSTOPOWE	2,2 ÷ 3,7
ŻELIWO CIĄGLIWE	1,4 ÷ 1,7
STALIWO WĘGLOWE NORMALIZOWANE	1,9 ÷ 2,3
NISKOSTOPOWE OBROBIONE CIEPLNIE STALIWO HATFIELDA	2,2 ÷ 2,8
STALIWO WYSOKOSTOPOWE CrNi	4,2 ÷ 5
STALIWA SPECJALNE	6 ÷ 12

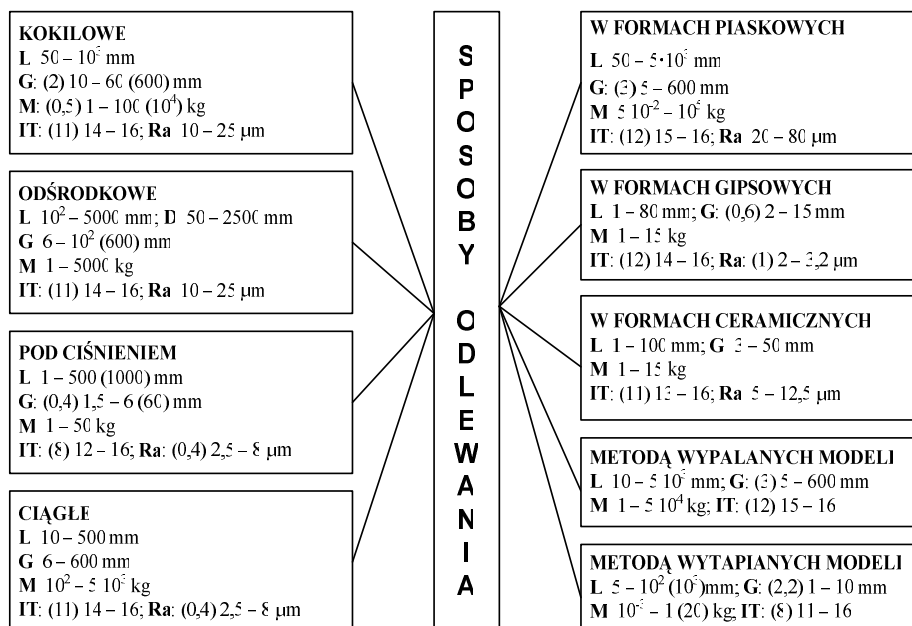
Tabela 9. Porównanie cech charakterystycznych półfabrykatów w postaci odlewu i odkuwki [5]

ODLEW	ODKUWKA
1) swobodna realizacja skomplikowanych węzłów, 2) skośne występy, 3) cienkie, wysokie żebra ustawione pod różnymi kątami, 4) zawiłe, przecinające się pod różnymi kątami powierzchni, 5) niesymetryczne wgłębienia.	1) duże pochylenie ścian, 2) duże promienie zaokrągleń, 3) duże grubości ścian, 4) otwory w kształcie figur geometrycznych, 5) otwory o małej średnicy nie są odlewane.

Tabela 10. Porównanie cech charakterystycznych półfabrykatów w postaci odlewu i części tłoczonej [5]

ODLEW	CZEŚĆ TŁOCZONA
1) dla grubości większych niż 3 ÷ 4 mm – odlewy z żeliwa ciągłego lub sferoidalnego, 2) kształty złożone odlewane pod ciśnieniem, 3) niewielkie, skomplikowane i dokładne przedmioty odlewa się ciśnieniowo szczególnie gdy rozmiary i wielkość produkcji umożliwiają użycie form wielownekowych.	1) wytrzymałość większa niż odlewów z żeliwa szarego, 2) mniejsza grubość ścian, 3) mniejsza masa, 4) przedmioty o przekroju otwartym, 5) konieczność łączenia w celu tworzenia korpusów, 6) koszt niższy gdy nie wymaga się kosztownej obróbki i składania z paru części.





Rys. 1. Możliwości wytwarzania półfabrykatów odlewanych wyznaczone przez ich gabaryty (L), grubość ścianek (G), masę (M), klasę dokładności (IT) i chropowatość (Ra) [5]

Tabela 11. Cechy konstrukcyjne i technologiczne części odlanych pod ciśnieniem.

	cechy	
1	materiał	stopy nieżelazne (cynk, aluminium, miedź, cyna, ołów)
2	wielkość	ograniczona do ok. 6 kg wyjątkowo 15 kg
3	właścności mechaniczne	niższe niż części tłoczonych, możliwość porowatości w odlewach
4	różnice grubości przekrojów	możliwe ale niepożądane,
5	łatwość nadawania złożonych kształtów	możliwość uzyskania w jednej sztuce i w jednej operacji przedmiotów o złożonych kształtach. Możliwość uzyskania bocznych żeber, szczelin i otworów o małej średnicy. Możliwość stosowania zalanych wkładek z innych metali.
6	dokładność wymiarowa	duża dokładność wymiarowa; często pozwala wyeliminować obróbkę mechaniczną.
7	gładkość powierzchni	zwykle gorsza niż w częściach tłoczonych
8	koszt oprzyrządowania	mniejszy niż dla części tłoczonych
9	ilość odpadów	mała
10	szybkość produkcji	duża ale mniejsza niż dla części tłoczonych

Tabela 12. Zakresy wymiarowe i klasy dokładności materiałów hutniczych wg PN

Półfabrykaty z materiałów hutniczych				Uwagi
wyroby walcowane IT 15 ÷ 16	pręty długości: 3 ÷ 6 m	okrągłe	Ø 8 ÷ Ø 250 mm	zakres wymiarowy zależny od gatunku stali
		płaskie	sz. 12 ÷ 150 mm gr. 5 ÷ 60 mm	
		o przekroju kwadratowym	8 ÷ 180 mm	
		o przekroju sześciokątnym	8 ÷ 62 mm (bok)	
wyroby ciągnięte długości: 2 ÷ 6 m (stale węglowe) 1 ÷ 6 m (stale stopowe)	pręty i druty IT 9 ÷ 13	druty o przekroju okrągłym	Ø 1 ÷ Ø 24 mm	
		pręty o przekroju okrągłym	Ø 25 ÷ Ø 65 mm	
	pręty i druty IT 11 ÷ 13	druty o przekroju kwadratowym	2 ÷ 16 mm	
		pręty o przekroju kwadratowym	5 ÷ 60 mm	
		druty o przekroju sześciokątnym	3 ÷ 16 mm	
		pręty o przekroju sześciokątnym	6 ÷ 60 mm	
wyroby szlifowane i polerowane	IT 9 ÷ 13	pręty szlifowane	Ø 1 ÷ Ø 36 mm	pozostałe dane jak dla prętów ciągniętych
		pręty szlifowane i polerowane	Ø 1 ÷ Ø 25 mm	
wyroby łuszczone	IT 11 ÷ 16	pręty łuszczone	20 ÷ 155 mm	możliwe dodatkowe nagniatanie
blachy	IT 15 ÷ 16	blachy walcowane na gorąco dostarczane w postaci arkuszy	gr. 5 ÷ 40 mm sz. 160 ÷ 700 mm	

Po wstępnej selekcji i wyborze postaci półfabrykatu oraz wyborze odmiany jego wytwarzania zadaniem technologa jest analiza oraz dobór i obliczanie naddatków obróbkowych. Dopiero po zakończeniu tego etapu można przystąpić do wykonania ostatecznego projektu półfabrykatu. W tym celu należy posłużyć się danymi projektowymi zgromadzonymi w materiałach na dołączonej do skryptu płycie CD. Danymi projektowymi są normatywy technologiczne materiałów wyrobów hutniczych zawarte w bazach danych.

### 3.3. RODZAJE NADDATKÓW NA OBRÓBKĘ I CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA ICH WARTOŚĆ – POJĘCIA PODSTAWOWE

Całkowity naddatek  $q_c$  na obróbkę skrawaniem jest różnicą wartości wymiarów półfabrykatu i gotowego przedmiotu, a jednocześnie jest sumą naddatków operacyjnych, równa się:

$$q_c = q_{obr.zgr.} + q_{obr.ksztal.} + q_{obr.wyk.} + (q_{obr.gl.})$$

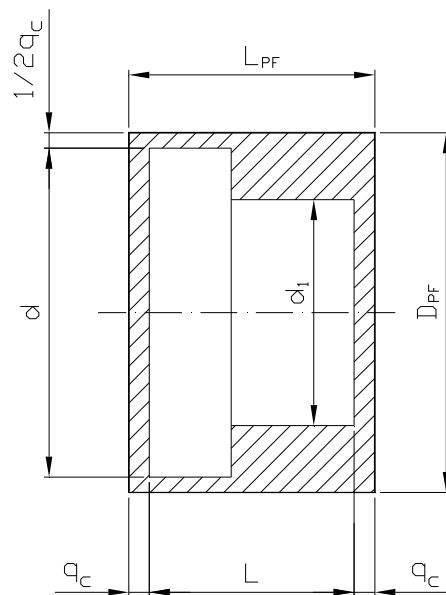
$q_{obr.zgr.}$  - nadatek na obróbkę zgrubną,

$q_{obr.kszt.}$  - nadatek na obróbkę kształtującą,

$q_{obr.wyk.}$  - nadatek na obróbkę wykańczającą,

$q_{obr.gl.}$  - nadatek na obróbkę gładkościową.

Na rys. 2 przedstawiono wymiary charakterystyczne całkowitego nadatku na obróbkę skrawaniem.



$$L_{PF} = L + 2q_c$$

$$D_{PF} = d + q_c$$

Rys. 2. Całkowity nadatek na obróbkę skrawaniem

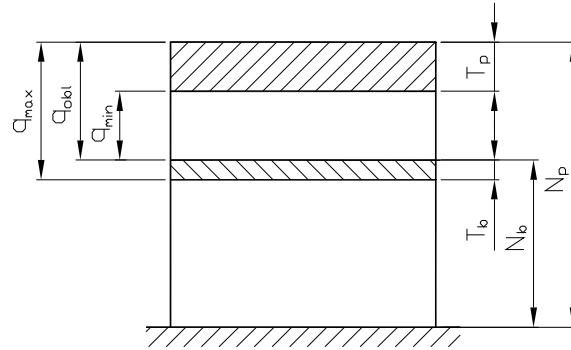
$q_c, 1/2 q_c$  – całkowite nadatki na obróbkę,

$L_{PF}, D_{PF}$  – wymiary półfabrykatu,

$d, d_1, L$  – wymiary gotowej części.

Nadatek operacyjny jest to warstwa materiału niezbędna do wykonania określonej operacji technologicznej. Najdogodniej jest go ustalać od poprzedniej operacji. Nadatek ten mierzy się w kierunku prostopadłym do powierzchni obrabianej.

Na rys.3 przedstawiono przedmiot obrabiany z zaznaczonymi nadatkami operacyjnymi i tolerancjami wymiarowymi operacji bieżącej i poprzedniej na stole frezarki.



Rys.3. Tolerancje wymiarów operacyjnych i wymiarów nominalnych operacji bieżącej i poprzedniej

Uwzględniając tolerancje wymiarowe operacyjne, rozróżnia się naddatki operacyjne:

minimalne  $q_{min}$

$$q_{min} = N_p - N_b - T_p, \quad (1)$$

maksymalne  $q_{max}$

$$q_{max} = N_p - N_b + T_b, \quad (2)$$

i obliczeniowe  $q_{obl}$

$$q_{obl} = N_p - N_b, \quad (3)$$

gdzie:  $N_p, N_b$  - wymiary nominalne operacji poprzedniej i bieżącej,  
 $T_b, T_p$  - tolerancje wymiarowe operacji bieżącej i poprzedniej.

### 3.4. ZASADY OKREŚLANIA WARTOŚCI NADDATKÓW OPERACYJNYCH PRZEZ DOBÓR I METODĄ ANALITYCZNA

Naddatki na obróbkę skrawaniem możemy określić przez dobór na podstawie normatywów technologicznych z tabel 15-16 oraz na drodze metody analityczno-obliczeniowej możemy obliczyć składowe naddatki na obróbkę.

Naddatek jednostronny (niesymetryczny) -  $q_b$ , jest to warstwa materiału określona na jedną stronę przedmiotu.

$$q_b = T_a + R_{z(a)} + W_a + |S_a^p \hat{+} E_{ub}^p| \quad (4)$$

Oznaczenia z indeksem  $a$  – oznaczają operację poprzednią, z indeksem  $b$  – oznaczają operację bieżącą, gdzie:

$T_a$  – tolerancja wymiaru operacji poprzedniej, do wzoru wlicza się tylko tolerancję wymiaru mierzoną w głąb materiału,

$R_{z(a)}$  – średnia wysokość chropowatości powierzchni,

$W_a$  – wartość głębokości warstwy wadliwej i tolerancji wymiaru półfabrykatu,

$S_a^p$  – wypadkowe odchylenie przestrzenne powierzchni obrabianej części np. przesunięcia, skrzywienia osi, niewspółosiowości, mimośrodowości, zwichrowania itp. (geometryczna suma wektorów),

$e_{ub}^p$  – błąd bazowania i zamocowania przedmiotu w zabiegu wykonywanym (geometryczna suma wektorów),

$\wedge$  - suma geometryczna.

$$\text{Jeżeli } S_a > e_{ub} \text{ to } |S_a^p \wedge e_{ub}^p| = 0,96S_a + 0,4e_{ub}. \quad (5)$$

$$\text{Jeżeli } e_{ub} > S_a \text{ to } |S_a^p \wedge e_{ub}^p| = 0,96e_{ub} + 0,4S_a. \quad (6)$$

Naddatek dwustronny (symetryczny) -  $q_b(\text{sym})$ , jest to warstwa materiału określona na dwie strony przedmiotu.

$$q_b(\text{sym}) = T_a + 2(R_{z(a)} + W_a) + 2|S_a^p \wedge e_{ub}^p| \quad (7)$$

Wymiary operacyjne toleruje się zawsze w głąb materiału, dla wałków i powierzchni zewnętrznych daje się odchyłki ujemne, a dla otworów i powierzchni wewnętrznych odchyłki dodatnie.

Metoda analityczna obliczania naddatków operacyjnych pozwala na oszczędności na materiale, robociźnie i energii, bez zastosowania techniki komputerowej metoda ta jest żmudna i pracochłonna i dlatego w praktyce przemysłowej rzadko się ją do tej pory stosuje. Opracowanie programu komputerowego do automatycznego określania naddatków operacyjnych metodą analityczno-obliczeniową spowoduje wprowadzenie do produkcji tej naukowo uzasadnionej metody. Metodę tę stosują się przede wszystkim do powierzchni dokładnych o zadanych tolerancjach wymiarowych.

### 3.5. NORMATYWY TECHNOLOGICZNE NADDATKÓW NA OBRÓBKĘ SKRAWANIEM

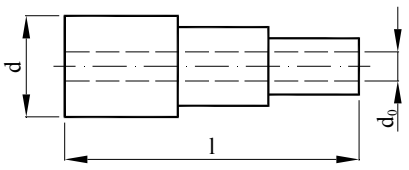
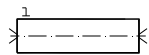
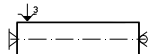
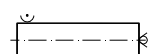
Rozróżnia się normatywy technologiczne podstawowe składowe i normatywy naddatków operacyjnych. W normatywach technologicznych podstawowych składowych zawarte są wartości tolerancji wymiarów przedmiotu, głębokości warstw wadliwych, średnie wysokości chropowatości powierzchni, błędy odchyłeń przestrzennych oraz błędy bazowania i zamocowania przedmiotów obrabianych. W normatywach technologicznych naddatków operacyjnych, występują wartości naddatków na poszczególne stopnie obróbki. W produkcji jednostkowej i małoseryjnej dla wyrobów, dla których półfabrykatami są odlewy lub odkuwki, przyjmuje się naddatki z polskich norm podających całkowity naddatek na obróbkę [2]. W produkcji wielkoseryjnej i masowej naddatki powinny być ustalone metodą analityczno-obliczeniową. Naddatki dla obróbki powierzchni zewnętrznych walcowych i powierzchni czołowych przedstawiono w tabl. 14-15. Normatywy technologiczne naddatków na obróbkę w postaci tablic zostały opracowane przez Instytut Obróbki Skrawaniem w Krakowie. Normatywy technologiczne Podstawowe wartości składowe wzoru do obliczania naddatków na obróbkę przedstawiono w tabl. 13.

Przykładowo przedstawiono dobór i obliczenia naddatków na obróbkę. W pierwszym przykładzie przedstawiono dobór naddatków na obróbkę z tablicy nr 15. W drugim przykładzie należy odczytać wartości składników występujących we wzorze do obliczania naddatków operacyjnych (tablica 13 normatywy składowych naddatków na obróbkę skrawaniem) dla powierzchni obrotowych, dla różnych stopni obróbki. Do obliczania naddatków na obróbkę wykorzystano program komputerowy *Mathcad*. Należy pamiętać, że wartości do wzoru dla wybranego stopnia obróbki, przyjmujemy z operacji poprzedniej, natomiast błąd bazowania i zamocowania przedmiotu przyjmujemy z operacji bieżącej. Na załączonej płycie CD znajduje się program NADDATEK NA OBRÓBKĘ do obliczenia ilości stopni obróbki, naddatków na obróbkę metodą analityczno-obliczeniową i zaprojektowanie półfabrykatu z materiałów wyrobów hutniczych (jeśli wstępnie został przyjęty półfabrykat z wyrobów hutniczych).

Tablica 13. Normatywy podstawowe składowe do obliczenia naddatków

Materiał – półfabrykat			Toczenie i wytaczanie					
Stal węglowa walcowana wg PN-75/H-93200, PN-87/H-932000-02. Stal konstrukcyjna stopowa i narzędziowa walcowana wg PN-75/H-93200, PN-87/H93200-02. Pręty prostowane z dopuszczalną krzywizną 2 mm/m i powyżej 1 m długości. Klasa dokładności $\geq$ IT16. Chropowatość powierzchni $R_a = 40 \mu\text{m}$			Wałów gładkich, wielostopniowych, pełnych i drażonych  $d_w/d \leq 0,5$					
1	Zakresy wymiarów części	długość części obrabianej	l, mm ponad - do	63-100				
2		Największa średnica zewnętrzna części obrabianej	ponad d, mm do	10 16	16 25	25 40	40 63	
3	Najmniejsza sztywność sumaryczna obrabiarki		$j_T, \text{N}/\mu\text{m}$	15	33	33	33	
4	Półfabrykat	Bezwzględna wartość odchyłki ujemnej na średnicy zewnętrznej pręta dokładności walcowania	zwykłej	$F, \mu\text{m}$	400	500	800	1000
5			podwyższonej	$F_{pd}, \mu\text{m}$	400	400	600	800
6			wysokiej	$F_{wd}, \mu\text{m}$	250	250	400	600
7	Półfabrykat	Średnia wartość chropowatości powierzchni walcowanej	$R_z, \mu\text{m}$	150	150	150	150	
8		Głębokość warstwy wadliwej powierzchniowej	$W, \mu\text{m}$	150	150	150	150	
9		Całkowita wartość odchyłeń przestrzennych	$S, \mu\text{m}$	200	200	200	200	
10	Obróbka zgrubna	Wartość wypadkowych błędów ustawienia części w kłach	$e_{z1}, \mu\text{m}$	255	255	340	470	
11		Największy zalecany posuw	$f_1, \text{mm}/\text{obr}$	0,20	0,35	0,35	0,45	
12		Wartość tolerancji po toczeniu	$T_1, \mu\text{m}$	320	190	180	180	
13		Średnia wysokość chropowatości powierzchni	$R_{z1}, \mu\text{m}$	20	40	80	80	
14		Głębokość warstwy wadliwej podpowierzchniowej	$W, \mu\text{m}$	50	50	50	50	
15		Całkowita wartość odchyłeń przestrzennych	$S, \mu\text{m}$	30	10	10	10	
16	Obróbka średnio dokładna	największy zalecany posuw	$f_2, \text{mm}/\text{obr}$	0,14	0,16	0,16	0,18	
17		wartość tolerancji po toczeniu	$T_2, \mu\text{m}$	110	100	100	100	
18		średnia wysokość chropowatości powierzchni	$R_{z2}, \mu\text{m}$	20	20	20	20	
19		głębokość warstwy wadliwej podpowierzchniowej	$W_2, \mu\text{m}$	25	25	25	25	
20		całkowita wartość odchyłeń przestrzennych	$S_2, \mu\text{m}$	-	-	-	-	
21	Obróbka dokładna	największy zalecany posuw	$f_3, \text{mm}/\text{obr}$	0,08	0,10	0,10	0,10	
22		wartość tolerancji po toczeniu	$T_3, \mu\text{m}$	50	50	50	50	
23		średnia wysokość chropowatości powierzchni	$R_{z3}, \mu\text{m}$	5	5	5	5	
24		głębokość warstwy wadliwej podpowierzchniowej	$W_3, \mu\text{m}$	20	20	20	20	

na obróbkę skrawaniem przy toczeniu i wytaczaniu powierzchni obrotowych [11]

powierzchni obrotowych					Zamocowanie półfabrykatu				
					W kłach  W uchwycie z podparciem  W tulei zaciskowej z podparciem 				
100-160					160-250				
10	16	25	40	63	16	25	40	63	100
16	25	40	63	100	25	40	63	100	160
15	33	33	33	33	33	33	33	33	33
400	500	800	1000	1200	500	800	1000	1200	2000
400	400	600	800	1000	400	600	800	1000	1600
250	250	400	600	800	250	400	600	800	1000
150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
320	320	320	320	320	500	500	500	500	500
255	255	340	470	630	255	340	470	690	1000
0,14	0,355	0,355	0,45	0,50	0,20	0,355	0,50	0,50	0,50
700	320	200	180	200	650	320	160	180	200
20	40	80	80	10	20	40	80	80	80
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
100	40	20	20	20	100	50	30	20	20
0,10	0,16	0,16	0,18	0,20	0,10	0,16	0,185	0,20	0,224
360	140	120	120	120	250	130	120	120	120
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
30	-	-	-	-	20	-	-	-	-
0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
100	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20



Tablica 14. Naddatki na obróbkę powierzchni czołowych. [2]

Długość obrabianego przedmiotu	Rodzaj obróbki	Chropowość powierzchni $\mu\text{m}$	Średnica obrabianego przedmiotu					Tolerancja mm
			do 18	18-50	50-120	120-260	ponad 260	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<18,0	zgrubna	20	0,9	1,0	1,1	-	-	0,3
	kształtująca	2,5	0,6	0,7	0,8	-	-	0,2
	wykańczająca	0,63	0,3	0,3	0,3	-	-	0,05
18-50	zgrubna	20	1,1	1,2	1,3	1,5	-	0,5
	kształtująca	2,5	0,7	0,8	0,9	0,9	-	0,3
	wykańczająca	0,63	0,3	0,3	0,4	0,4	-	0,1
50-120	zgrubna	20	1,1	1,5	1,6	1,8	1,9	0,5
	kształtująca	2,5	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	0,3
	wykańczająca	0,63	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,1
120-260	zgrubna	20	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	0,6
	kształtująca	2,5	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	0,3
	wykańczająca	0,63	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,15
260-500	zgrubna	20	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	0,7
	kształtująca	2,5	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	0,4
	wykańczająca	0,63	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,2
>500	zgrubna	20	2,7	2,8	2,9	3,0	3,2	1,0
	kształtująca	2,5	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	0,5
	wykańczająca	0,63	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,25

Tablica 15. Naddatki na obróbkę szlifowaniem wałków wg PN-70/M-06100

Średnica wałków [mm]		Naddatki minimalne Z na szlifowanie na średnicy w zależności od długości wałków L										Dokładność wałków przed szlifowaniem			
		Długość wałków L [mm]										tolerancja wykonania T [mm]		parametr chropowości powierzchni $R_a$ [ $\mu\text{m}$ ]	
		ponad	50	80	120	160	250	400	630	1000	1600				około IT10
ponad	do	do 50	80	120	160	250	400	630	1000	1600	2500				
1	3	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,02	5
2	6	0,15	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,02	
6	10	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20	-	-	-	-	-	-	0,10	0,02	
10	18	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,25	0,25	-	-	-	-	0,10	0,03	
18	30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,25	0,25	0,25	0,30	-	-	-	0,10	0,03	
30	50	0,20	0,20	0,20	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	-	-	0,10	0,04	10
50	80	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,40	0,10	0,05		
80	120	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30	0,35	0,35	0,40	0,40	0,10	0,05		
120	180	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,35	0,40	0,40	0,45	0,15	0,06	10 ±20	
180	250	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,35	0,40	0,45	0,45	0,15	0,07		
250	315	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,40	0,45	0,50	0,15	0,08		
315	400	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,40	0,45	0,50	0,15	0,09		
400	500	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45	0,50	0,20	0,10		

<sup>1)</sup> Tolerancję wykonania IT8 stosować tylko w przypadku gdy przed obróbką szlifowaniem średnica wałka służyła jako baza obróbkowa

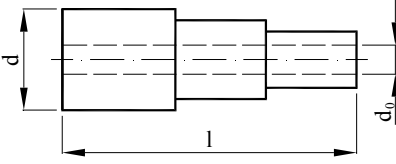
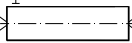
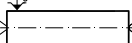
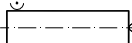
Tablica 16. Wybrane średnice wiertel i nadatków stosowanych przy wykonywaniu otworów w stali i żeliwie wg PN-74/M-57025

Średnica otworu	Otwory w klasie IT6 - IT10					Otwory w klasie IT11							
	wiercenie		rozwiercanie			wiercenie		rozwiercanie					
	wierćta kręta do kolejnych wierceń		rozwiertak zdzierak	rozwiertak wykańczak		wierćta kręta do kolejnych wierceń		rozwiertak zdzierak do rozwiercania wykańczającego					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1,5	-	-	1,4	-	1,5	-	-	1,5	-				
3,5			3	3,3	3,5			3,2	3,5				
5			4,5	4,8	5			4,8	5				
10			9	9,8	10			9,5	10				
15			13,75	14,75	15			14,5	15				
20			18,5	19,7	20			19,5	20				
25			12	-	23,5			24,7	25	-	12	24,5	25
30					28,5			29,7	30			29,5	30
35					16			-	33			34,6	35
40			38	39,6					40	39	40		
45			20	-					43	44,6	45	20	44
50					48			49,6	50	49	50		
55					52			54,2	55	53	55		
60			12	25	57			59,2	60	12	25	58	60
65					60			62,2	65			61	65
70	16	32	68	70,2	70	16	32	69	70				
75			72	74,2	75			73	75				
80			77	79,2	80			78	80				
85	20	40	82	84	85	20	40	83	85				
90			87	89	90			88	90				
95			92	94	95			93	95				
100			97	99	100			98	100				

Wartości podane w kol. 2, 3, 7 i 8 dotyczą średnic wiertel do przypadków wiercenia w pełnym materiale i mają charakter orientacyjny.  
Wiertła kręta o średnicach powyżej 50 mm zaleca się zastępować wiertłami innej konstrukcji.  
Przed rozwiertaniem wykańczającym można stosować również rozwiertak półwykańczający o identycznej konstrukcji, ale o średnicy mniejszej w granicach 0,01 - 0,15 mm (w zależności od średnicy otworu)

Tablica 17

Materiał - półfabrykat							
Stal węglowa wg PN-75/H-93200, PN-87/H-93200-02. Stal konstrukcyjna stopowa i narzędziowa walcowana wg PN-75/H-93200, PN-87/H-93200-02 Klasa dokładności $\geq IT16$ . Chropowatość powierzchni $Ra = 40 \mu m$							
1	Zakresy wymiarów części	długość części obrabianej		l, mm ponad - do	10-16		
2		największa średnica zewnętrzna części obrabianej		ponad d, mm do	2 5,4	4 6,3 10	
3	Najmniejsza sztywność sumaryczna obr.			$j_{IT}$ , N/ $\mu m$	0,6	0,6	0,6
4	Obróbka zgrubna	nominalny naddatek na średnice		$2g_1$ , mm	1,6	1,6	1,6
5		największy dopuszczalny posuw		$f_1$ , mm/obr	0,04	0,10	0,14
6		klasa dokładności	po toczeniu zgrubnym	$IT_1/Ra_1$ $\mu m$	14/5	13/5	13/5
	parametr chropowatości						
7	Obróbka średnio dokładna	nominalny naddatek na średnice		$2g_1$ , mm	0,30	0,30	0,30
8		największy dopuszczalny posuw		$f_1$ , mm/obr	0,05	0,05	0,10
9		klasa dokładności	po toczeniu średnio dokładnym	$IT_1/Ra_1$ $\mu m$	12/2,5	12/2,5	11/5
	parametr chropowatości						
10	Obróbka dokładna	nominalny naddatek na średnice		$2g_1$ , mm	0,17	0,17	0,18
11		największy dopuszczalny posuw		$f_1$ , mm/obr	0,035	0,031	0,05
12		klasa dokładności	po toczeniu dokładnym	$IT_1/Ra_1$ $\mu m$	10/1,25	10/1,5	9/1,25
	parametr chropowatości						

Toczenie i wytaczanie (powierzchni obrotowych)					Zamocowanie półfabrykatu					
					<p>W kłach </p> <p>W uchwycie z podparciem </p> <p>W tulei zaciskowej z podparciem </p>					
16-25				25-40			40-65			
4	6,3	6,3	10	6,3	10	16	6,3	10	16	25
	6,3	10	16	10	16	25	10	16	25	40
	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,2	0,6	0,6	1,2	1,2
	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	2,0
	0,10	0,14	0,20	0,14	0,20	0,355	0,125	0,20	0,355	0,355
	14/5	13/5	12/5	13/5	13/5	12/10	14/5	13/5	13/10	12/20
	0,35	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,55	0,35	0,40	0,40
	0,05	0,10	0,14	0,10	0,14	0,16	0,08	0,14	0,16	0,16
	11/5	11/5	11/5	12/5	11/5	11/5	12/5	11/5	11/5	12/2,5
	0,17	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,24	0,20	0,20	0,20
	0,031	0,05	0,08	0,05	0,08	0,10	0,05	0,08	0,10	0,10
	10/1,25	9/1,25	9/1,25	9/1,25	9/1,25	9/1,25	10/1,25	9/1,5	9/1,25	9/1,25

1	Zakresy wymiarów części	długość części obrabianej		l, mm ponad - do	65-100			
2		największa średnica zewnętrzna części obrabianej		ponad d, mm do	10 16	16 25	25 40	40 63
3	Najmniejsza sztywność sumaryczna obr.			$J_r$ , N/ $\mu$ m	0,6	1,2	1,2	1,2
4	Obróbka zgrubna	nominalny naddatek na średnice		$2g_1$ , mm	1,8	1,8	2,1	2,7
5		największy dopuszczalny posuw		$f_1$ , mm/obr	0,20	0,355	0,355	0,45
6		klasa dokładności	po toczeniu zgrubnym	$IT_1/Ra_1$ $\mu$ m	14/5	13/10	12/20	12/20
	parametr chropowości							
7	Obróbka średnio dokładna	nominalny naddatek na średnice		$2g_1$ , mm	0,55	0,40	0,40	0,45
8		największy dopuszczalny posuw		$f_1$ , mm/obr	0,14	0,16	0,16	0,18
9		klasa dokładności	po toczeniu średnio dokładnym	$IT_1/Ra_1$ $\mu$ m	12/5	11/5	11/5	10/5
	parametr chropowości							
10	Obróbka dokładna	nominalny naddatek na średnice		$2g_1$ , mm	0,24	0,20	0,20	0,20
11		największy dopuszczalny posuw		$f_1$ , mm/obr	0,08	0,10	0,10	0,10
12		klasa dokładności	po toczeniu dokładnym	$IT_1/Ra_1$ $\mu$ m	10/1,25	9/1,25	9/1,25	9/1,25
	parametr chropowości							

100-160					160-250				
10 16	16 25	25 40	40 63	63 100	100 60	16 25	25 40	40 63	63 100
0,6	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
1,9	2,2	2,5	3,1	4,0	5,3	1,9	2,2	2,8	3,7
0,14	0,20	0,355	0,50	0,50	0,50	0,355	0,355	0,45	0,50
15/5	15/5	14/20	12/20	12/20	12/20	14/10	13/20	12/20	12/20
1,05	1,05	0,70	0,55	0,55	0,60	0,60	0,50	0,50	0,50
0,10	0,10	0,16	0,18	0,20	0,224	0,16	0,16	0,18	0,20
14/5	13/5	12/5	11/5	10/5	10/5	12/5	11/5	11/5	10/5
0,54	0,40	0,24	0,22	0,22	0,22	0,25	0,22	0,22	0,22
0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
12/1,25	11/1,25	9/1,25	9/1,25	9/1,25	8/1,25	10/1,25	9/1,25	9/1,25	8/1,25

1	Zakresy wymiarów części	długość części obrabianej		l, mm ponad - do	250-400				
2		największa średnica zewnętrzna części obrabianej		ponad d, mm do	25 40	40 63	63 100	100 160	160 250
3	Najmniejsza sztywność sumaryczna obr.			$j_T$ , N/ $\mu\text{m}$	1,2	1,2	1,2	1,2	1,8
4	Obróbka zgrubna	nominalny naddatek na średnice		$2g_1$ , mm	3,0	3,6	4,4	5,7	5,7
5		największy dopuszczalny posuw		$f_1$ , mm/obr	0,355	0,50	0,50	0,50	0,50
6		klasa dokładności	po toczeniu zgrubnym	$IT_1/Ra_1$ $\mu\text{m}$	15/10	13/20	12/20	12/20	12/20
		parametr chropowatości							
7	Obróbka średnio dokładna	nominalny naddatek na średnice		$2g_1$ , mm	1,05	0,18	0,20	0,224	0,25
8		największy dopuszczalny posuw		$f_1$ , mm/obr	0,14	0,18	0,20	0,224	0,25
9		klasa dokładności	po toczeniu średnio dokładnym	$IT_1/Ra_1$ $\mu\text{m}$	13/5	11/5	11/5	10/5	10/5
		parametr chropowatości							
10	Obróbka dokładna	nominalny naddatek na średnice		$2g_1$ , mm	0,43	0,24	0,23	0,23	0,23
11		największy dopuszczalny posuw		$f_1$ , mm/obr	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
12		klasa dokładności	po toczeniu dokładnym	$IT_1/Ra_1$ $\mu\text{m}$	11/1,25	9/1,25	8/1,2	8/1,25	9/1,25
		parametr chropowatości							

400-630				630-1000			1000-1600		1600-2500
40 63	63 100	100 160	160 250	63 100	100 160	160 250	100 160	160 250	160 250
1,2	1,2	1,2	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
4,4	5,2	6,3	6,3	6,5	7,6	7,6	9,8	9,8	13,3
0,355	0,50	1,12	1,25	0,50	1,12	1,25	0,50	1,25	0,80
15/10	13/20	13/40	12/40	15/20	14/40	13/40	15/40	14/40	15/40
1,40	0,90	1,10	1,10	1,75	1,45	1,40	1,85	1,45	2,40
0,18	0,20	0,224	0,25	0,20	0,224	0,25	0,224	0,25	0,25
13/5	11/5	11/5	10/5	12/5	11/5	11/5	12/5	11/5	12/5
0,41	0,23	0,28	0,28	0,41	0,30	0,30	0,39	0,30	0,40
0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
10/1,2 5	9/1,25	9/1,25	9/1,25	10/1,25	10/1,25	10/1,25	10/1,25	10/1,2 5	10/1,25



Przykład 1. Dobór naddatku na obróbkę.

Dla zadanej części na rys.4, we wstępnym etapie projektowania półfabrykatu przyjęto wybór postaci półfabrykatu z materiałów wyrobów hutniczych.

Wykorzystując tablicę 15 obliczyć półfabrykat w postaci pręta walcowanego dla wału z rys. 4. Liczbę potrzebnych stopni obróbki można określić za pomocą wskaźnika wzrostu dokładności  $K_o$ . Gdy dopuszczalne odchyłki od wymiaru nominalnego, np.: dla odkuwki wynoszą  ${}_{-0,6}^{1,2}$  (wartość tolerancji wymiaru 1,8 mm) i tolerancja wymiaru gotowej części wynosi 0,03[mm].

Wówczas:

$$K_o = \frac{T_{pf}}{T_p} = \frac{1,8}{0,03} = 60$$

Wartość wskaźnika  $K_o$  wskazuje na konieczność zastosowania trzech operacji: obróbki zgrubnej, kształtującej i wykańczającej. Z tablicy 15 dla długości 100-160 mm i zakresu średnic 16-25 otrzymuje się:

- - dla obróbki zgrubnej  $2q_1 = 1,9$ [mm]
- - dla obróbki kształtującej  $2q_2 = 0,6$ [mm]
- - dla obróbki wykańczającej  $2q_3 = 0,25$ [mm]

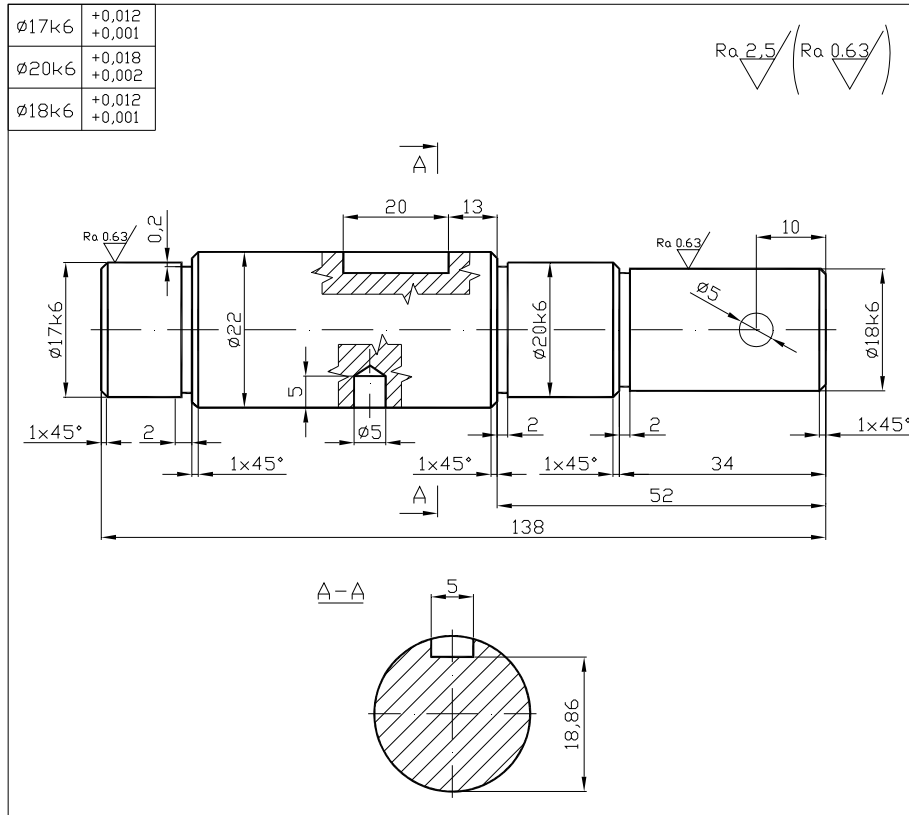
Stąd naddatek całkowity nominalny

$$qc = 1,9 + 0,6 + 0,25 = 2,75$$
[mm]

Zatem średnica obliczeniowa pręta walcowanego wynosi

$$d_{obl} = 22 + 2,75 = 24,75$$
[mm]

Najbliższą średnicą w programie walcowania jest średnica 25[mm], i taką średnicę należy przyjąć jako wymiar półfabrykatu.



Rys. 4. Wał stopniowany

**Przykład 2.** Obliczenia naddatków technologicznych, operacyjnych i naddatku całkowitego na obróbkę (metodą analityczno-obliczeniową) przedstawiono poniżej. Wymiary części przedstawiono na rys. 5:  $d = 45$  mm,  $L = 203$  mm,

Dla zadanej części we wstępnym etapie projektowania półfabrykatu przyjęto wybór postaci półfabrykatu z materiałów wyrobów hutniczych.

### 1. Obróbka zgrubna

$$T_{a1} = 1,50 \quad S_{a1} = 0,40 \quad R_{za1} = 0,15 \quad e_{ub1} = 0,42 \quad W_{a1} = 0,15$$

$$2q_{b1} = T_{a1} + 2(R_{za1} + W_{a1}) + 2(0,96e_{ub1} + 0,4S_{a1}) = 1,50 + 2(0,15 + 0,15) + 2(0,96 * 0,42 + 0,4 * 0,40) = 3,23$$

$$2q_{b1} = 3,23 [\text{mm}]$$

### 2. Obróbka kształtująca

$$T_{a2} = 0,29 \quad S_{a2} = 0,032 \quad R_{za2} = 0,05 \quad e_{ub2} = 0,10 \quad W_{a2} = 0,05$$

$$2q_{b2} = T_{a2} + 2(R_{za2} + W_{a2}) + 2(0,96 e_{ub2} + 0,4 S_{a2})$$



- postać i metodę wykonania półfabrykatu,
- charakterystykę geometryczno-technologiczną półfabrykatu (określenie kształtu, wymiarów i dokładności wykonania półfabrykatu),
- dostępny park maszynowy,
- dostępne narzędzia.

Do określania naddatków na obróbkę skrawaniem opracowano bazy danych (normatywów technologicznych) o materiałach wejściowych (normatywy technologiczne materiałów wyrobów hutniczych) i bazy danych normatywów technologicznych naddatków operacyjnych na obróbkę. Opracowano również bazy danych normatywów technologicznych zawierające wartości składników do obliczeń naddatków (metodą analityczno-obliczeniową) z wzorów na poszczególne stopnie obróbki.

W projektowaniu półfabrykatu oraz w doborze i obliczaniu naddatków technologicznych na obróbkę skrawaniem należy skorzystać z następujących norm:

PN-70/M-06100 – obróbka metali skrawaniem. Naddatki na obróbkę szlifowaniem wałków,

PN-70/M-06101 – obróbka metali skrawaniem. Naddatki na obróbkę szlifowaniem otworów,

PN-87/H-93200 – pręty stalowe walcowane o przekroju okrągłym,

PN-85/H-93202 – pręty stalowe walcowane płaskie,

PN-72/H-93201 – pręty stalowe walcowane o przekroju kwadratowym,

PN-79/H-93203 – pręty stalowe walcowane o przekroju sześciokątnym,

PN-85/H-93210 – pręty i druty stalowe ciągnione o przekrojach okrągłym, płaskim, kwadratowym i sześciokątnym,

PN-86/H-93209 – pręty stalowe łuszczone o przekroju okrągłym,

PN-80/H-74219 – rury stalowe bez szwu walcowane na gorąco,

PN-84/H-74220 – rury stalowe bez szwu ciągnione i walcowane na zimno,

PN-86/H-92203 – blachy uniwersalne,

PN-75/H-94101 – odkuwki swobodne,

PN-86/H-94301 – odkuwki stalowe matrycowe, naddatki na obróbkę, dopuszczalne odchyłki wymiarów i wytyczne projektowania,

PN-72/H-83104 – odlewy z żeliwa szarego.

Podstawowym kryterium projektowania półfabrykatu jest koszt całkowity wykonania przedmiotu, który jest równy sumie kosztów wykonania półfabrykatu i kosztów obróbki. Koszt ten powinien być jak najmniejszy. Jako kryterium stosuje się wielkość produkcji. W produkcji małoseryjnej i średnioseryjnej dąży się do tego, aby koszty produkcji półfabrykatów były jak najmniejsze. Półfabrykaty takie mają małą dokładność i duże naddatki na obróbkę. W produkcji wielkoseryjnej i masowej dąży się do tego, aby półfabrykaty miały kształty zbliżone do gotowego przedmiotu.

#### 4. PRZEBIEG ĆWICZENIA

- Określenie klasy konstrukcyjno-technologicznej do której należy przedmiot:
  - opis geometryczno-technologiczny przedmiotu (rysunek wykonawczy przedmiotu),
  - dane o systemie wytwarzania i jego możliwościach technologicznych.
- Przyjęcie postaci i wybór odmiany wykonania półfabrykatu.
- Określenie naddatków na obróbkę skrawaniem:
  - dla wskazanej powierzchni przedmiotu podanej na rysunku obliczyć składowe wartości naddatków na obróbkę skrawaniem metodą analityczno-obliczeniową,
  - dla pozostałych powierzchni przedmiotu podanych na rysunku dobrać wartości naddatków technologicznych na obróbkę z normatywów.
- Zaprojektowanie półfabrykatu. W opracowaniu projektu półfabrykatu należy uwzględnić:
  - charakterystykę geometryczno-technologiczną gotowego przedmiotu,
  - wielkość produkcji wyrobu,
  - postać i wybór odmiany wykonania półfabrykatu,
  - charakterystykę geometryczno-technologiczną półfabrykatu (określenie kształtu, wymiarów i dokładności wykonania półfabrykatu),
  - dostępny park maszynowy,
  - dostępne narzędzia i oprzyrządowanie.

#### 5. OPRACOWANIE SPRAWOZDANIA I WNIOSKI

Opracowania zagadnienia przedstawione w punkcie 4.  
Wykonać zadania wskazane przez prowadzącego.

#### 6. LITERATURA

1. Choroszy B.: *Technologia maszyn*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000.
2. Feld M.: *Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn*. WNT, Warszawa 2000.
3. Gil S.: *Wspomagane komputerowo określanie naddatków na obróbkę, Projektowanie Procesów i Systemów Technologicznych*, Monografia, Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Politechnika Lubelska 2003.

4. Gawlik E., Gil S.: Dobór i obliczanie naddatków na obróbkę skrawaniem, Mechanik, 2008.
5. Kaczor J. P.: Computer aided semi-product selection and design. Materiały z III Konferencji Naukowo – Technicznej CA Systems and Technologies SOP'2000. Kraków 2000.
6. Kaczor J.: Dobór i projektowanie półfabrykatów odlewanych we wspomaganym komputerowo projektowaniu procesów technologicznych. Doktorandsky seminar. Automatizácia a počítačová podpora predvýrobných etáp, výrobných a technologických procesov. Materiały z seminarium doktoranckiego. Zuberec 2002.
7. Kapiński S., Skawiński P., Sobieszcański J., Sobolewski J.Z., *Projektowanie technologii maszyn*. Praca zbiorowa pod red. J.Z. Sobolewskiego. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.
8. Kowan W. M.: *Obliczanie naddatków na obróbkę w budowie maszyn*. Warszawa, PWT, 1956.
9. Siecla R.: *Materiały pomocnicze do projektowania procesów technologicznych*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1993.
10. Świgoń S., Wolak B.: *Naddatki oraz straty i odpady materiału związane z obróbką skrawaniem*, Poradnik inżyniera. Obróbka skrawaniem, t. II, WNT. Warszawa 1993.
11. Tymowski J.: *Technologia budowy maszyn*. Warszawa, WNT, 1989.
12. Kornberger Z.: *Technologia budowy maszyn*. Warszawa, WNT, 1969.