

OBLICZANIE NADDATKÓW NA OBRÓBKĘ SKRAWANIEM

na podstawie; J.Tymowski „Technologia budowy maszyn”

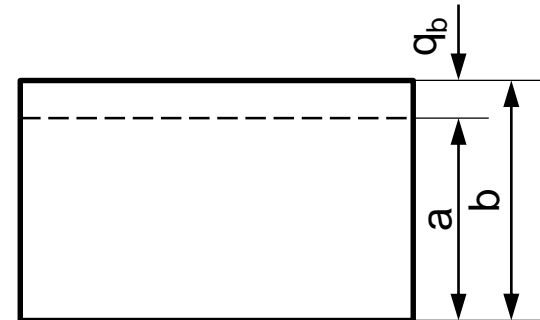
mgr inż. Marta Bogdan-Chudy

Naddatek na obróbkę jest warstwą materiału usuwaną z półfabrykatu w trakcie procesu obróbki skrawaniem, w celu uzyskania powierzchni przedmiotu o żądanych parametrach jakościowych.

Obróbka skrawaniem usuwa przede wszystkim:

- błędy kształtu,
- wady powierzchniowe,
- wady podpowierzchniowe półfabrykatów.

Błędy te wpływają na wartość naddatków na obróbkę.



Podstawą metody analityczno-obliczeniowej jest analiza błędów geometrycznych i wad podpowierzchniowych materiału obrabianego występujących w kolejnych stopniach obróbki.

Metoda ta pozwala na określenie naddatku operacyjnego (materiałowego) na każdy kolejny stopień obróbki.

Zastosowanie jej do określania naddatków technologicznych na obróbkę skrawaniem powoduje ich zmniejszenie, oraz umożliwia:

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

NADDATKI NA OBRÓBKĘ

W projektowaniu procesu technologicznego wybór stopni obróbki jest uzależniony od wymagań konstruktora dotyczących dokładności wykonania i chropowatości powierzchni.

Obróbka zgrubna ma na celu usunięcie zewnętrznych warstw materiału. W przypadku półfabrykatu prętowego zapewnienia równomierne naddatki na dalszą obróbkę. Średnia ekonomiczna dokładność uzyskiwana w obróbce zgrubnej, odpowiada tolerancji warsztatowej. Małe wymagania w zakresie 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 zgodny z rysunkiem. Niewielkie naddatki pozostawia się tylko na tych powierzchniach, które podlegać będą obróbce wykańczającej. Chropowatość uzyskiwana w wyniku obróbki kształtującej wynosi $R_a=5\div 2,5\mu\text{m}$, dokładność wykonania jest zawarta w 9÷11 klasie dokładności.

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

NADDATKI NA OBRÓBKĘ

Liczbę potrzebnych stopni obróbki, można orientacyjnie określić stosunkiem tolerancji wymiarowej T_{pf} wykonania półfabrykatu do tolerancji wymiaru przedmiotu T_p wymaganej przez konstruktora.

Dla:

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

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

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

Liczba stopni obróbki zależy od wymagań stawianych w zakresie danej powierzchni dotyczących np. dokładności i chropowatości powierzchni. Przyjmuje się następująco:

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

NADDATKI NA OBRÓBKĘ

Przy ustalaniu naddatku należy wziąć pod uwagę:

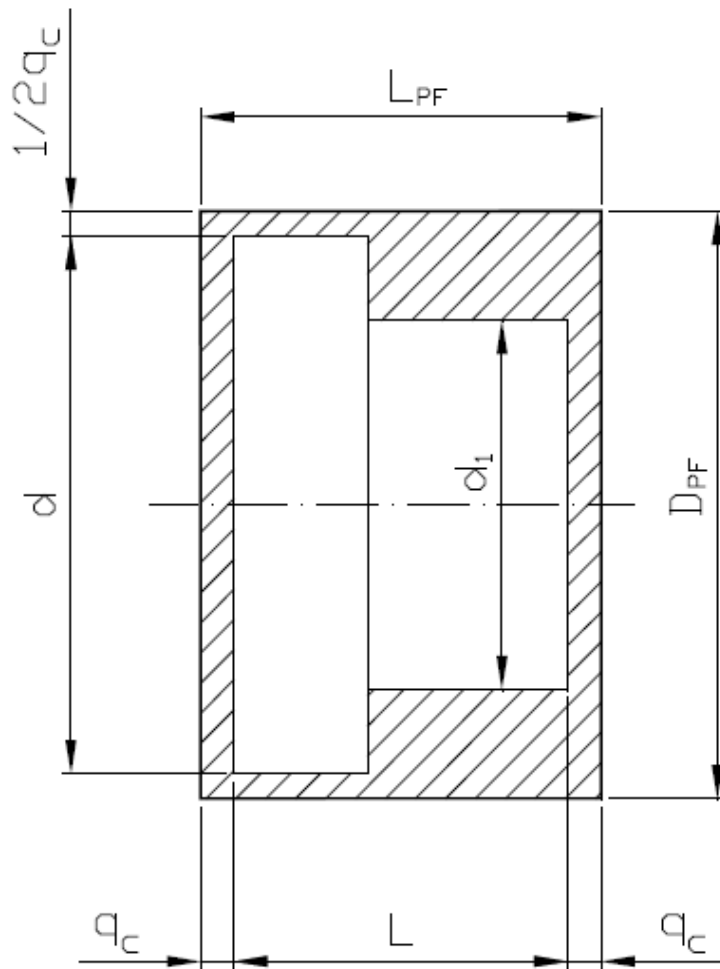
- usunięcie zarówno śladów obróbki warstwy wadliwej uzyskanych w poprzedniej operacji jak i zapewnienie dla danych operacji dokładności wymiaru, kształtu i położenia powierzchni,
- zeskrwanie warstwy odwęglonej w przypadku gdy poprzedzającą operacją była obróbka cieplna,
- usunięcie odkształceń.

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

$$q_c = q_{obr.zgr.} + q_{obr.kształ.} + q_{obr.wyk.} + (q_{obr.gł.})$$

- $q_{obr.zgr.}$ - naddatek na obróbkę zgrubną,
- $q_{obr.kształ.}$ - naddatek na obróbkę kształtującą,
- $q_{obr.wyk.}$ - naddatek na obróbkę wykańczającą,
- $q_{obr.gł.}$ - naddatek na obróbkę gładkościową.

NADDATKI NA OBRÓBKĘ

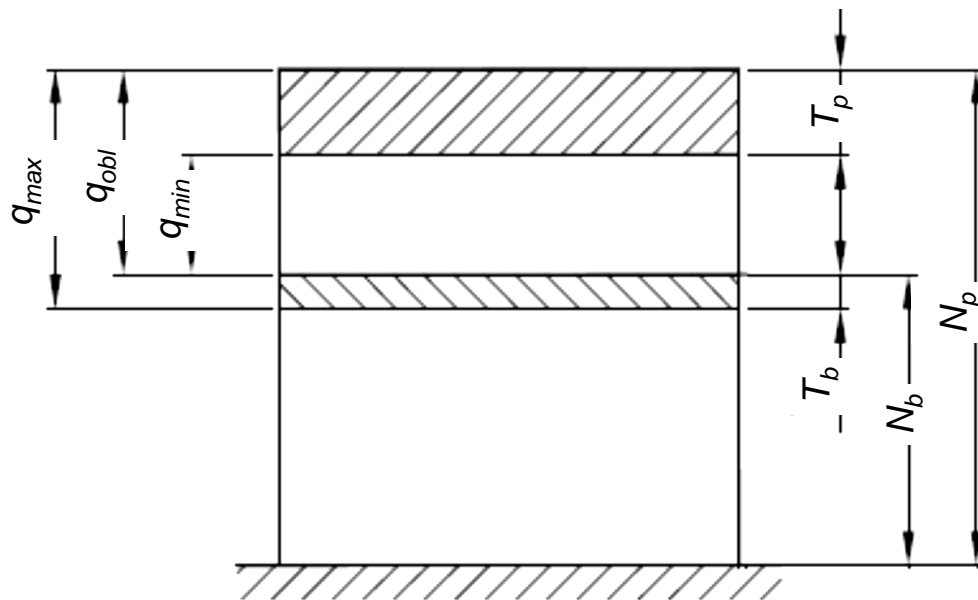


$$L_{PF} = L + 2q_c$$

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

$q_c, \frac{1}{2} q_c$ – całkowite naddatki na obróbkę,
 L_{PF}, D_{PF} – wymiary półfabrykatu,
 d, d_1, L – wymiary gotowej części.

NADDATKI NA OBRÓBKĘ



N_p, N_b – wymiary nominalne operacji poprzedniej i bieżącej,
 T_b, T_p – tolerancje wymiarowe operacji bieżącej i poprzedniej.

Uwzględniając tolerancje wymiarowe operacyjne, rozróżnia się naddatki operacyjne:

minimalne q_{min}

$$q_{min} = N_p - N_b - T_p,$$

maksymalne q_{max}

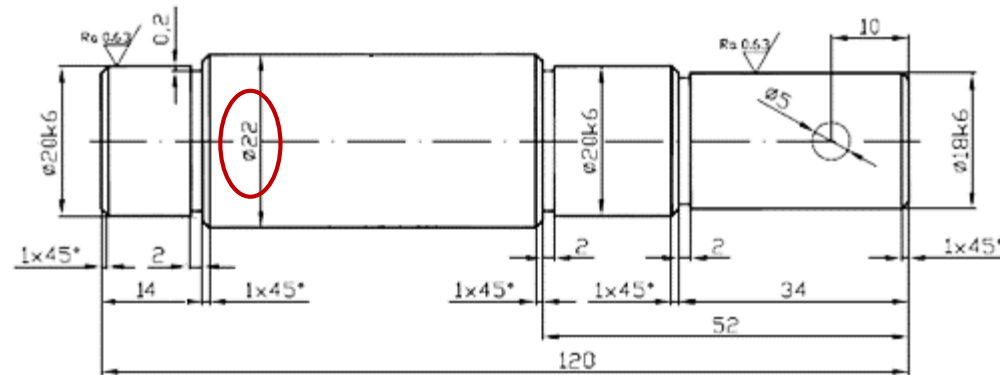
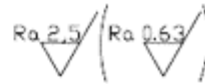
$$q_{max} = N_p - N_b + T_b,$$

obliczeniowe q_{obl}

$$q_{obl} = N_p - N_b,$$

PRZYKŁAD Z WYKORZYSTANIEM TABLIC NADDATKÓW

φ17k6	+0,012 +0,001
φ20k6	+0,018 +0,002
φ18k6	+0,012 +0,001



Półfabrykat

– pręt walcowany IT15 – IT16

IT16 dla $d = 18 - 30$ mm

wynosi $T_{pf} = 1,3$ mm

$d_{max} = 22$ mm dla IT12

(klasa warsztatowa)

$T_p = 0,21$ mm

Liczba stopni obróbki

$$T_{pf} / T_p = 1,3 / 0,21 = 6,19 \quad \text{możliwy jest jeden stopień obróbki}$$

Ze względu na $R_a = 2,5 \mu\text{m}$ konieczna jest obróbka kształtująca. Stąd naddatki na toczenie zgrubne i kształtujące;

$$2q_{c1} = 3,0 \text{ mm}$$

$$2q_{c2} = 1,2 \text{ mm}$$

naddatek całkowity

$$2q_c = 2q_{c1} + 2q_{c2} = 3,0 + 1,2 = 4,2 \text{ mm}$$

Średnica obliczeniowa pręta

$$22 + 4,2 = 26,2 \text{ mm}$$

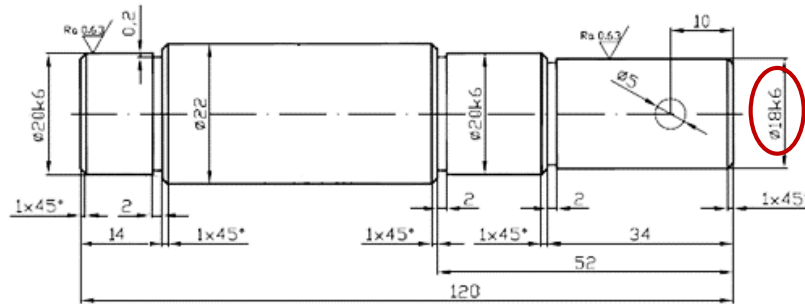
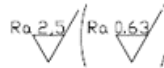
Półfabrykat pręt walcowany o średnicy 27 mm (26 mm).

Tabela 1. Wartości liczbowe tolerancji normalnych klas IT dla wymiarów normalnych do 3150 mm wg PN-ISO 286-1:2011

Wymiar nominalny, mm		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
powyżej	do	Wartość tolerancji, μm													Wartość tolerancji, mm						
-	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630	4,5	6	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800	5	7	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1000	5,5	8	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000	1250	6,5	9	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1250	1600	8	11	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1600	2000	9	13	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500	11	15	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500	3150	13	18	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13	21	33

PRZYKŁAD Z WYKORZYSTANIEM TABLIC NADDATKÓW

ø17k6	+0,012 +0,001
ø20k6	+0,018 +0,002
ø18k6	+0,012 +0,001



ø18 k6

IT16 dla $d = 18 - 30$ mm
wynosi $T_{pf} = 1,3$ mm

IT6 dla $d = 18$ mm
wynosi $T_p = 0,011$ mm

Liczba stopni obróbki

$$T_{pf} / T_p = 1,3 / 0,011 = 118,18$$

konieczne są co najmniej trzy stopnie obróbki

naddatki:

szlifowanie $2q_{c3} = 0,2$ mm

ze względu na klasę dokładności IT6 konieczne są dwa przejścia (podział 0,3/0,7 - 0,4/0,6)

wstępne 0,14 mm lub 0,12 mm

wykańczające 0,06 mm 0,08 mm

toczenie kształtujące $2q_{c2} = 1,0$ mm

toczenie zgrubne $2q_{c1} = D_{PF} - d - 2q_{c3} - 2q_{c2} = 26 - 18 - 0,2 - 1,0 = 6,8$ mm

dopuszczalny naddatek na toczenie zgrubne

$$2q_{c1} = 3$$
 mm

stąd 2 - 3 przejścia

Naddatek operacyjny powinien być taki, aby po jego zdjęciu zostały usunięte błędy dokładności i wady warstwy wierzchniej powstałe w poprzedzającej operacji oraz błędy ustawienia powstałe przy wykonywaniu danego zabiegu.

Naddatek operacyjny zależy od:

- wysokości nierówności R_z uzyskanej w poprzedniej obróbce wyrażonej średnią wartością H_a ,
- grubości warstwy wierzchniej W_a powstałej wskutek poprzedzających operacji,
- odchyłeń przestrzennych wzajemnych związanych powierzchni obrabianych S_a ,
- błędu ustawienia podczas wykonywanego zabiegu e_b obejmującego błąd ustalenia i błąd zamocowania.

Naddatek operacyjny jednostronny

$$q_b = T_a + H_a + W_a + |S_a \hat{+} e_b|$$

gdzie:

T_a – tolerancja wymiaru otrzymana przy poprzednim zabiegu,

H_a – średnia wysokość nierówności po poprzednim zabiegu,

W_a – głębokość warstwy, której struktura uległa zmianie wskutek poprzedniego zabiegu,

S_a – suma geometryczna odchyłeń przestrzennych powierzchni wzajemnie związanych po poprzednim zabiegu,

e_b – błąd ustawienia powstający przy wykonywanym zabiegu (suma geometryczna)

$\hat{+}$ – suma geometryczna.

METODA ANALITYCZNO-OBLICZENIOWA

Rozpatrując czynniki wpływające na wielkość naddatku, należy zauważyć, że podobnie jak każdy półfabrykat zależnie od metody jego wykonania, ma określoną dokładność i jakość powierzchni, tak samo również w wyniku wykonania każdego technologicznego zabiegu obróbki otrzymuje się odpowiednią dokładność i określoną jakość powierzchni.

Dokładność wykonania półfabrykatów i następnej ich obróbki zależy od:

- 1) odchyłeń od założonych wymiarów,
- 2) błędów kształtu (odchylenia makrogeometryczne),
- 3) odchylenia od założonego położenia współzależnych elementów półfabrykatu lub gotowego przedmiotu (odchylenia przestrzenne).

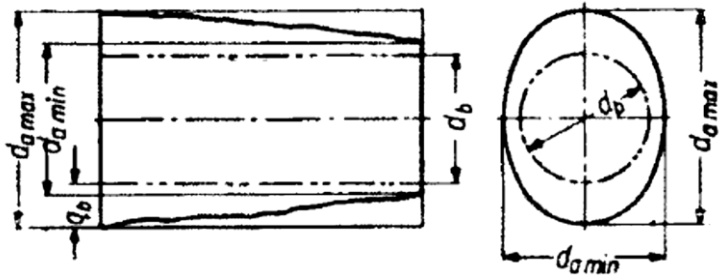
Odchylenie od założonego wymiaru ograniczone jest tolerancją wymiaru.

Błędy kształtów geometrycznych (eliptyczność, stożkowość, baryłkowatość, wklęsłość, wypukłość, nierównoległość przeciwległych ścian itp.) powinny się mieścić w granicach pola tolerancyjnego wymiaru.

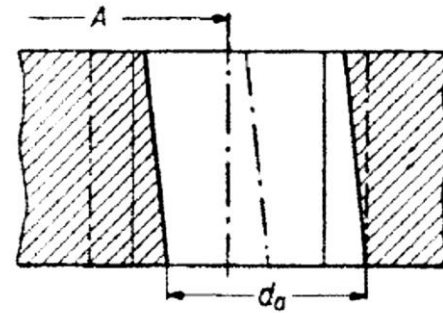
Odchylenia przestrzenne (wygięcie, przesunięcie, zboczenie i nierównoległość osi, nieprostokątność osi i powierzchni, odchylenia od współosiowości stopni wałów i otworów, mimośrodowość zewnętrznych powierzchni w stosunku do otworów itp.) nie są związane z tolerancją wymiaru elementarnej powierzchni i powinny być uwzględniane oddzielnie przy wyznaczaniu naddatków na obróbkę.

W celu usunięcia przy wykonywanym zabiegu błędów poprzedniej obróbki należy uwzględnić tolerancję wymiaru i odchylenia przestrzenne, otrzymane w poprzedzającym zabiegu technologicznym.

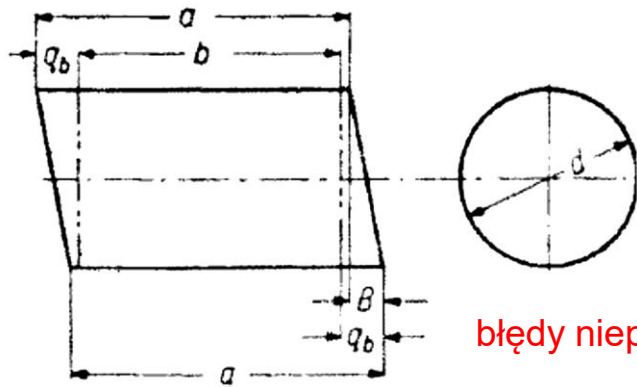
METODA ANALITYCZNO-OBLICZENIOWA



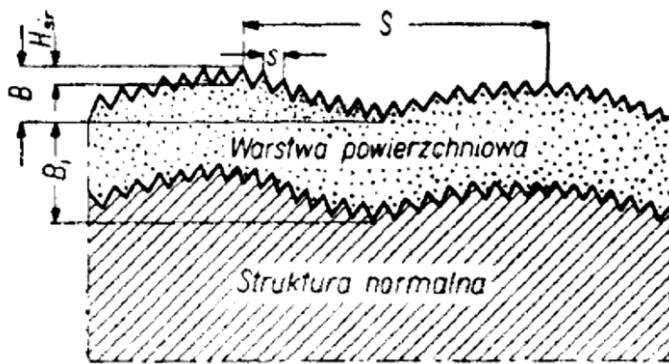
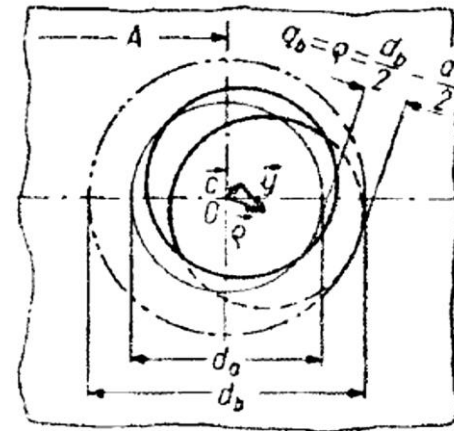
błędy stożkowości, eliptyczności i inne błędy kształtu



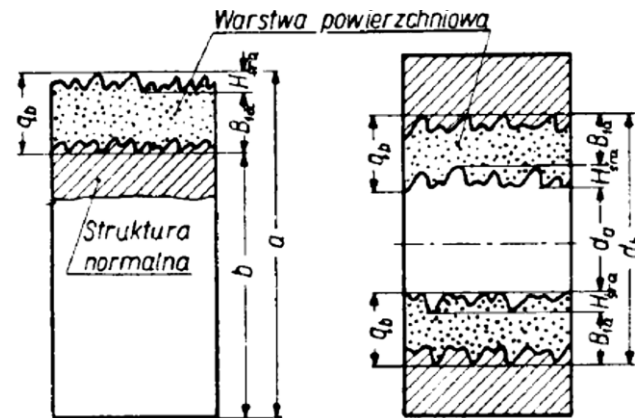
odchylenia przestrzenne



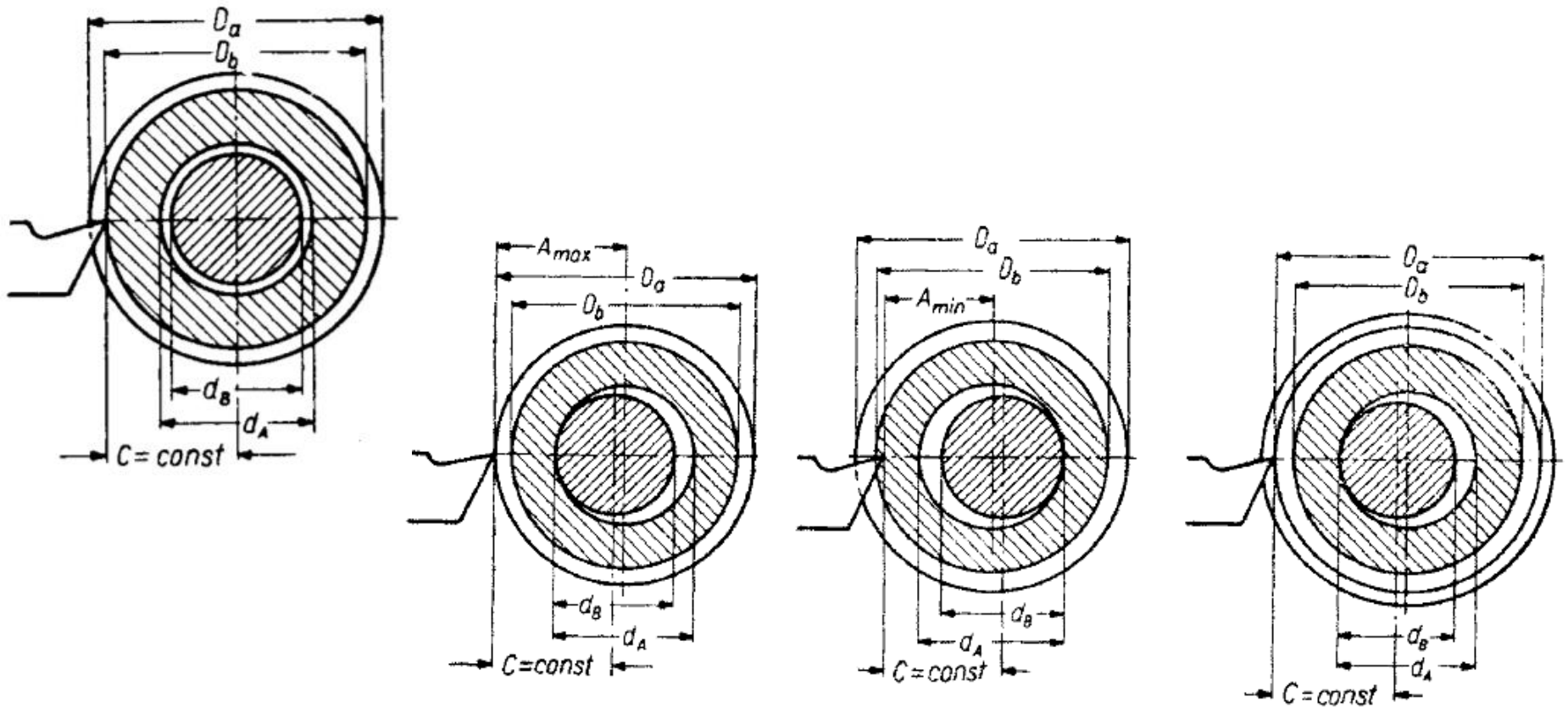
błędy nieprostokości



mikronierówności i głębokość warstwy powierzchniowej

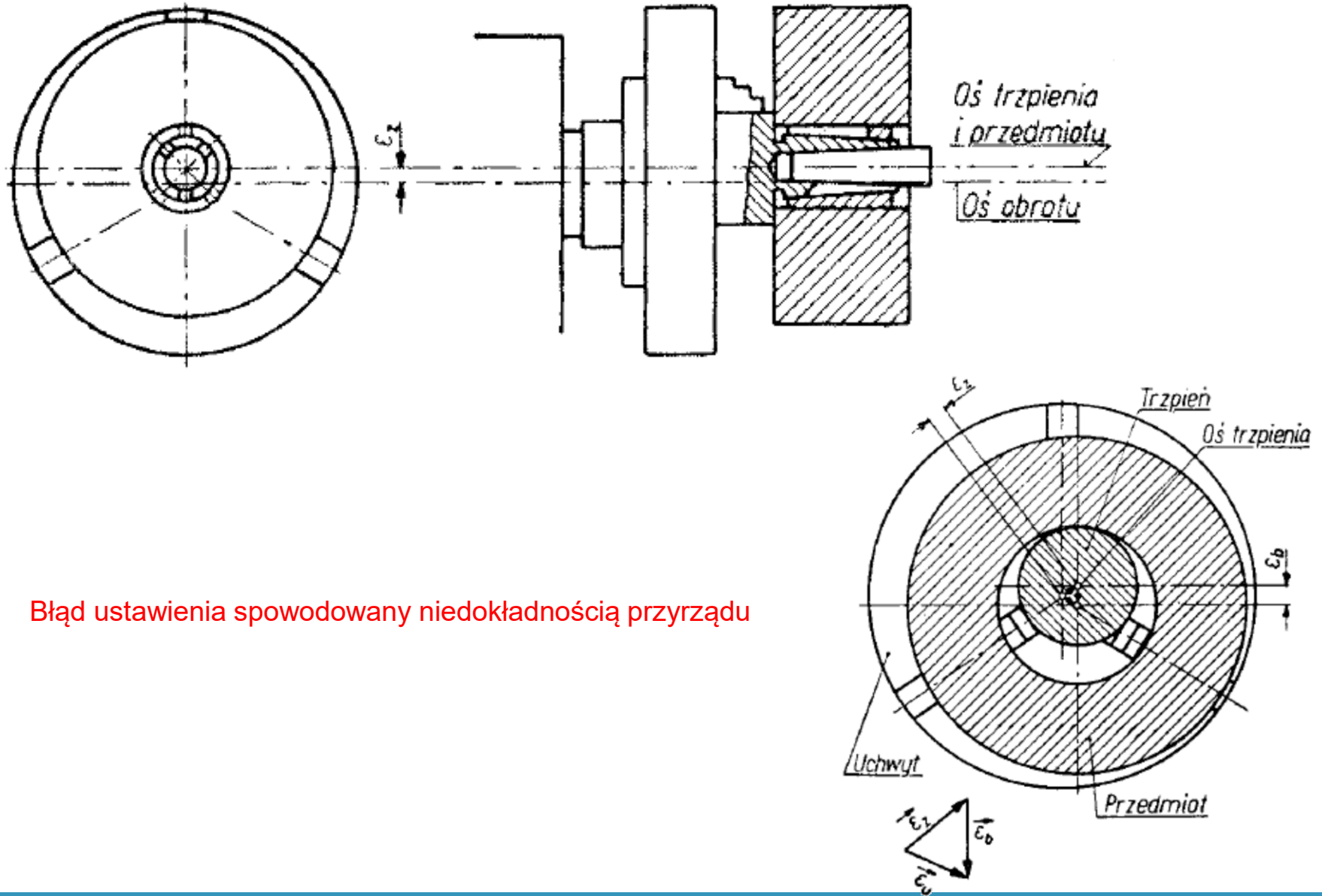


METODA ANALITYCZNO-OBLICZENIOWA



Błąd ustalenia przy obróbce bryły obrotowej bazowanej na trzpieniu stałym z luzem

METODA ANALITYCZNO-OBLICZENIOWA



Błąd ustawienia spowodowany niedokładnością przyrządu

METODA ANALITYCZNO-OBLICZENIOWA

Naddatek operacyjny dwustronny (symetryczny)

$$q_b = T_a + 2(H_a + W_a) + 2|S_a \hat{+} e_b|$$

gdzie:

T_a – tolerancja wymiaru otrzymana przy poprzednim zabiegu,

H_a – średnia wysokość nierówności po poprzednim zabiegu,

W_a – głębokość warstwy, której struktura uległa zmianie wskutek poprzedniego zabiegu,

S_a – suma geometryczna odchyłek przestrzennych powierzchni wzajemnie związanych po poprzednim zabiegu,

e_b – błąd ustawienia powstający przy wykonywanym zabiegu (suma geometryczna)

$\hat{+}$ – suma geometryczna

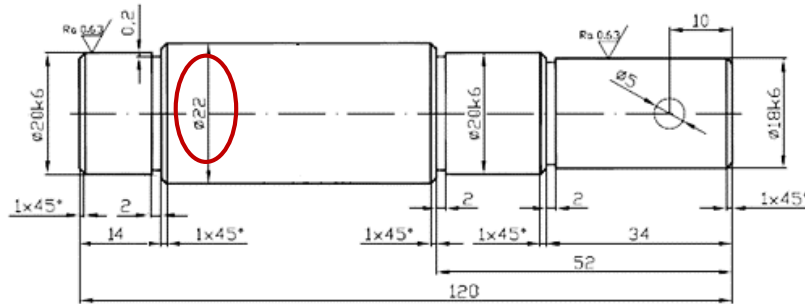
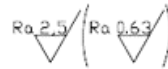
Jeżeli $S_a > e_b$ to $|S_a + e_b| = 0,96 S_a \hat{+} 0,4 e_b$

Jeżeli $e_b > S_a$ to $|S_a + e_b| = 0,96 e_b \hat{+} 0,4 S_a$

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 ANALITYCZNO-OBLICZENIOWA

φ17k6	+0,012 +0,001
φ20k6	+0,018 +0,002
φ18k6	+0,012 +0,001



$$q_b = T_a + 2(R_{za} + W_a) + 2(S_a + e_b)$$

[μm]

$$T_a = 500 \quad 320$$

$$R_{za} = 150 \quad 40$$

$$W_a = 150 \quad 50$$

$$S_a = 320 \quad 40$$

$$e_b = 255 \quad 70$$

obróbka zgrubna

$$q_b' = 500 + 2(150 + 150) + 2(320 + 255) = 2250 \mu\text{m}$$

$$q_b' = \mathbf{2,25 \text{ mm}}$$

obróbka kształtująca

$$q_b'' = 320 + 2(40 + 50) + 2(40 + 70) = 720 \mu\text{m}$$

$$q_b'' = \mathbf{0,72 \text{ mm}}$$

naddatek całkowity

$$q_c = q_b' + q_b'' = 2,25 + 0,72 = 2,97 \text{ mm}$$

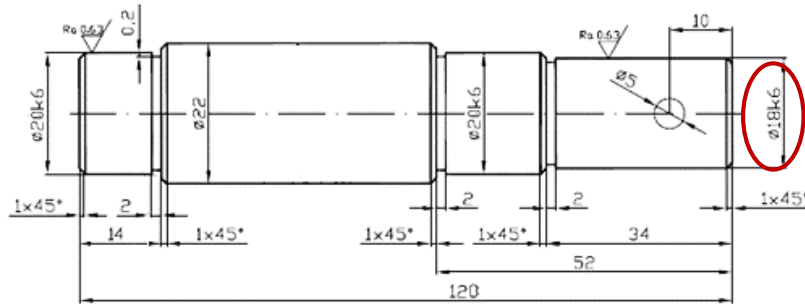
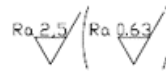
Średnica obliczeniowa pręta

$$22 + 2,97 = 24,97 \text{ mm}$$

Półfabrykat pręt walcowany o średnicy 25 mm

METODA ANALITYCZNO-OBLICZENIOWA

φ17k6	+0,012 +0,001
φ20k6	+0,018 +0,002
φ18k6	+0,012 +0,001



$$q_b = T_a + 2(R_{za} + W_a) + 2(S_a + e_b)$$

[μm]

$T_a = 500$	320	140
$R_{za} = 150$	40	20
$W_a = 150$	50	25
$S_a = 320$	40	0
$e_b = 255$	70	35

obróbka dokładna

$$q_b''' = 140 + 2(20 + 25) + 2(0 + 35) = 300 \mu\text{m}$$

$$q_b''' = \mathbf{0,3 \text{ mm}}$$

obróbka kształtująca

$$q_b'' = \mathbf{0,72 \text{ mm}}$$

obróbka zgrubna

$$q_b' = \mathbf{2,25 \text{ mm}}$$

obróbka zgrubna

$$q_c = D_{PF} - d - q_b''' - q_b'' = 25 - 18 - 0,3 - 0,72 = \mathbf{5,98 \text{ mm}}$$

2 - 3 przejścia