

TOCZENIE I WYTACZANIE

1.1. KINEMATYKA I ODMIANY TOCZENIA

Toczenie – sposób obróbki skrawaniem polegający na usuwaniu warstwy materiału obrabianego za pomocą narzędzia ze ściśle zdefiniowaną geometrią ostrza, w którym przedmiot obrabiany wykonuje ruch obrotowy a narzędzie (nóż) ruch płaski liniowy lub krzywoliniowy.

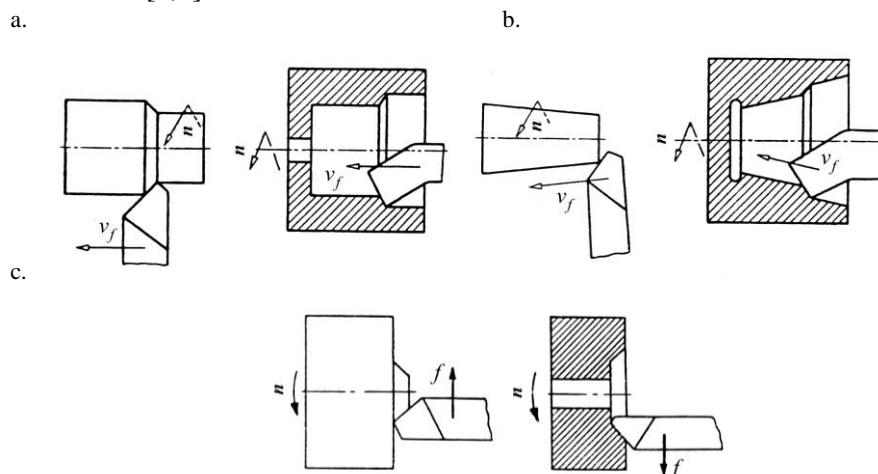
Można toczyć powierzchnie zewnętrzne i wewnętrzne. Toczenie powierzchni wewnętrznych nazywamy wytaczaniem.

Podstawowe ruchy toczenia:

- ruch główny, którym jest zawsze ruch obrotowy przedmiotu obrabianego,
 - ruch pomocniczy, którym jest płaski, posuwowy ruch narzędzia.
- Oś obrotu ruchu głównego nazywa się osią toczenia.

Odmiany kinematyczne toczenia:

- toczenie wzdłużne, gdy kierunek ruchu pomocniczego jest równoległy do osi toczenia,
- toczenie stożkowe, gdy kierunek ruchu pomocniczego przecina się z osią toczenia, pod kątem różnym od 90° .
- toczenie poprzeczne, gdy kierunek ruchu pomocniczego jest prostopadły do osi toczenia [1,5].



Rys.1.1. Schematy toczenia i wytaczania: a) wzdłużnego, b) stożkowego, c) poprzecznego [5].

1.2. KLASYFIKACJA I NAZWY NOŻY TOKARSKICH

Ze względu na przeznaczenie noże tokarskie dzieli się na [2, 3, 7]:

- ogólnego przeznaczenia – są to noże najbardziej rozpowszechnione w produkcji, stosowane do: wzdłużnego toczenia zewnętrznego, toczenia wewnętrznego, przecinania, planowania,
- specjalnego przeznaczenia – należą do nich np.: noże do toczenia gwintów i ślimaków,
- specjalne – przeznaczone do obróbki ściśle określonych pod względem kształtu powierzchni przedmiotu obrabianego, stosowane wyłącznie w produkcji wielkoseryjnej i masowej.

Ze względu na sposób kształtowania powierzchni obrabianej noże dzieli się na [1,2,5].:

- punktowe – kształtujące powierzchnię obrabianą przedmiotu zasadniczo jednym tylko punktem (wierzchołkiem) w wyniku wzajemnego skojarzenia ruchów przedmiotu i narzędzia przesuwanego się wzdłuż tej powierzchni,
- kształtowe – kształtujące powierzchnię obrabianą przedmiotu czynnym odcinkiem głównej krawędzi skrawającej bez przesuwu narzędzia wzdłuż zarysu tej powierzchni,
- obwiedniowe – kształtujące przedmiot obrabiany w efekcie względnych ruchów narzędzia i przedmiotu obrabianego oraz w wyniku odwzorowania krawędzi skrawającej,

Ze względu na konstrukcję noży [1,2,5]:

- jednolite,
- łączone w sposób trwały – z przylutowanymi płytkami z węgla spiekane,
- składane – z mechanicznie zamocowanymi płytkami skrawającymi z węglaków spiekanych, najbardziej rozpowszechnione.

Ze względu na położenie głównej krawędzi skrawającej lub linię środkową noża.

- prawe, lewe i obustronne,
- wygięte w prawo i wygięte w lewo,
- odgięte do tyłu i odgięte do przodu,
- odsadzone w prawo, odsadzone w lewo i odsadzone obustronnie.

1.3. NARZĘDZIA DO TOCZENIA WEWNĘTRZNEGO

Do toczenia powierzchni wewnętrznych służą noże tokarskie wytaczaki oraz wytaczadła.

Wytaczadło składa się z korpusu, w którym mocowane są noże. Jeden koniec wytaczadła mocowany jest w gnieździe wrzeciona lub głowicy obrabiarki, drugi może być swobodny lub podparty w tulei specjalnej podtrzymki, co zapobiega nadmiernym ugięciom wytaczadła, zapewniając jednocześnie dobre prowadzenie narzędzia w czasie pracy [3].

1.4. MATERIAŁY NARZĘDZIOWE.

Obecnie oferta dostępnych materiałów narzędziowych jest bardzo szeroka. Materiały na ostrza narzędzi skrawających, w tym noży tokarskich można podzielić na [4,8,9]:

- stale szybko tnące,
- węgliki spiekane,
- cermetale,
- ceramika narzędziowa,
- materiały supertwarde.

Ogólnie stale szybko tnące należą do grupy materiałów narzędziowych o bardzo dobrej hartowności, małych skłonnościach do odkształceń podczas hartowania i pęknięć hartowniczych. Podstawowymi składnikami stopowymi stali szybko tnącej są: wolfram, chrom, wanad oraz dla niektórych gatunków dodatkowo kobalt, i molibden.

Do najbardziej rozpowszechnionych gatunków stali szybko tnących, przeznaczonych do wyrobu narzędzi skrawających zaliczamy:

- SW18, SW7M, SW12C, SKC, SK5V, SK5M, SK8M, SK10V.

Węgliki spiekane dzielimy na siedem generacji. Obecnie ostrza skrawające wykonywane są z ultradrobnoziarnistych węglików wolframu spojonych kobaltem i laminowanych nawet kilkunastowarstwowym pokryciem, składającym się ze związków TiC, TiN, Al₂O₃ oraz dyfuzyjnych faz przejściowych.

Cermetale natomiast w swej objętości zawierają głównie węgliki tytanu, węgliki tytanu, i azotki tytanu spojone spoiwem niklowo – kobaltowym.

Ceramikę narzędziowa dzielimy na:

- tlenkową (z Al₂O₃, zwaną białą),
- mieszaną (z Al₂O₃ + TiC, zwana czarną),

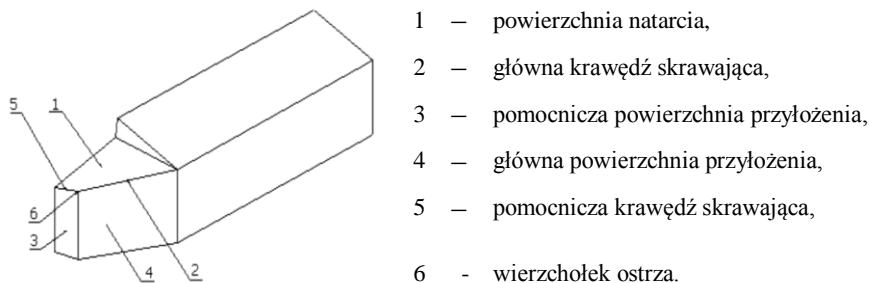
- umocnioną whiskerami (włóknami bądź monokryształami),
- azotkową (z Si_3N_4 , zwaną szarą),
- SiAlON-ową (krzem – aluminium – tlen – azot).

Do materiałów supertwardych zaliczamy:

- diament naturalny,
- diament syntetyczny,
- regularny azotek boru (CBN).

1.5. BUDOWA I STEREOMETRIA NOŻA TOKARSKIEGO.

W narzędziu można wyróżnić część roboczą i chwytową. Pomiedzy nimi może występować część łącząca. Część narzędzia biorąca bezpośredni udział w skrawaniu nazywamy ostrzem. Jest ono ograniczone przez powierzchnie: natarcia - po której sływa wiór, przyłożenia - stykającą się z utworzoną właśnie powierzchnią skrawania oraz pomocniczą powierzchnią przyłożenia. Powierzchnia natarcia przecina się z powierzchnią przyłożenia tworząc główną krawędź skrawającą oraz z pomocniczą powierzchnią przyłożenia tworząc pomocniczą krawędź skrawającą. Obie krawędzie zbiegają się w miejscu zwanym narożem. Budowę noża tokarskiego przedstawiono na (Rys. 2).

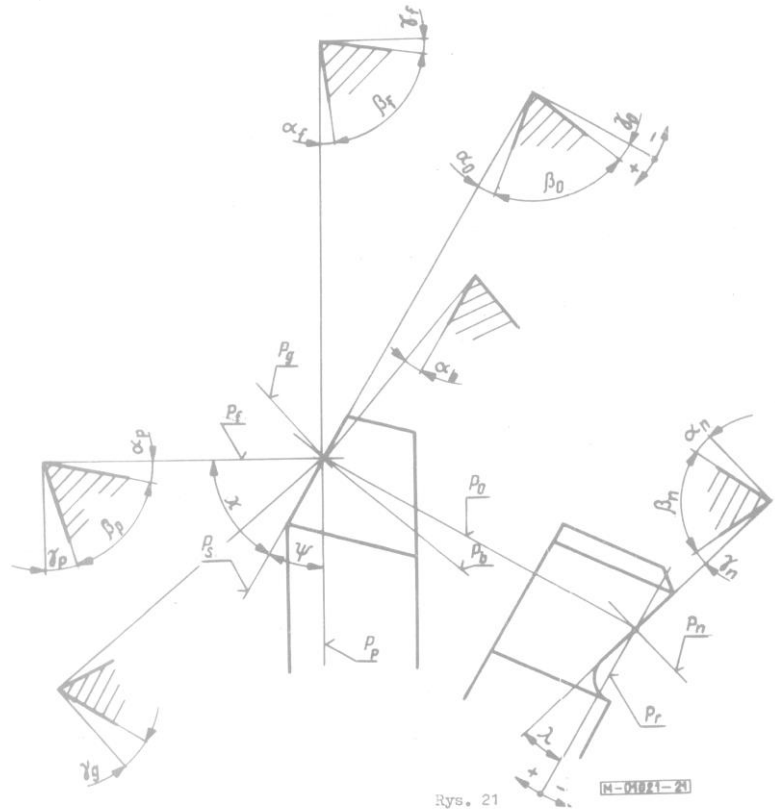


Rys 1.2. Budowa noża tokarskiego [2].

Geometrię ostrza narzędzi skrawających można rozpatrywać w zależności od potrzeb w różnych układach odniesienia. Zgodnie z PN-76/M.-01021 wyróżnia się cztery układy odniesienia: narzędzia, technologiczny, ustawienia, roboczy.

W układzie narzędzia – ostrze jest traktowane jako bryła geometryczna, stanowiąca zwartą całość z resztą narzędzia. Geometria określona w tym układzie uwzględnia przewidywane warunki pracy ostrza i jest wykorzystywana podczas produkcji, ostrzenia i kontroli narzędzia.

Podstawowe elementy geometryczne ostrza w układzie narzędzia przedstawiono na (Rys. 3).



Rys. 1.3. Geometria ostrza noża tokarskiego w układzie narzędzia.

gdzie:

P_r – płaszczyzna podstawowa,	χ – kąt przystawienia,
P_s – płaszczyzna krawędzi skrawającej,	χ' – pomocniczy kąt przystawienia,
P_o – płaszczyzna przekroju głównego,	α_o – główny kąt przyłożenia,
P_n – płaszczyzna normalna,	λ – kąt pochylenia krawędzi skrawającej,
P_f – płaszczyzna boczna,	β_o – główny kąt ostrza
P_p – płaszczyzna tylna,	ψ – kąt odchylenia
γ_o – główny kąt natarcia,	r_c – promień naroża

Rys 1.4. Geometria ostrza.

1.6. PODSTAWOWE ZALEŻNOŚCI W PROCESIE TOCZENIA

- prędkość skrawania $v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$ [m/min], D – średnica przedmiotu [mm],
 n – prędkość obrotowa przedmiotu [obr/min],
- prędkość obrotowa wrzeciona $n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$ [obr/min],
- wydatek objętościowy skrawania $Q = v_c \cdot a_p \cdot f_0$ [cm³/min], a_p – głębokość skrawania [mm], f_0 – posuw narzędzia [mm/obr],
- czas maszynowy przy toczeniu $t_m = \frac{L_s + L_D + L_W}{f_0 \cdot n} \cdot i$ [min], L_s – długość drogi skrawania, L_D – długość drogi dobiegi, L_W długość drogi wybiegu, i – liczba przejść,
- posuw czasowy (minutowy) – $f_i = f_0 \circ n$
- trwałość ostrza $T = \frac{C_T}{v_c^s}$ [min], C_T – stała wielkość uwzględniająca wpływ wszystkich czynników nie wyodrębnionych we wzorze, s – wykładnik zależny od rodzaju materiału ostrza,
- siła skrawania $F_c = A_D \cdot k_c$ [N], $A_D = a_p \cdot f_0$ – pole przekroju poprzecznego warstwy skrawanej, k_c – opór właściwy skrawania,
- moc skrawania $P_e = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot 1000 \cdot \eta}$ [kW], η - sprawność układu napędowego.

1.7. DOBÓR PARAMETRÓW SKRAWANIA.

Dobór parametrów skrawania dotyczy trzech czynników: głębokości, posuwu i prędkości skrawania. W przypadku nowoczesnych ostrzy wykonanych np. z węglików spiekanych producent często rekomenduje parametry skrawania w katalogach, zestawiając je dla określonego rodzaju materiału obrabianego i gatunku węgla spiekane. Głębokość skrawania wyznaczana jest przy minimalizacji liczby przejść roboczych noża z rozdziałem na przejścia główne i wykończające. Posuwy realizowane w ramach tych przejść muszą zapewnić żadaną chropowatość powierzchni obrobionej i odpowiadać wytrzymałości trzonka noża. Prędkość skrawania, którą podaje katalog dla obrabianego materiału, wybranego rodzaju płytki skrawającej, głębokości i posuwu skrawania, odpowiada

przeważnie piętnastominutowemu okresowi trwałości ostrza i stanowi wartość wyjściową do wyznaczenia prędkości obrotowej przedmiotu obrabianego.

W szczególnych przypadkach, gdy zachodzi konieczność dostosowania się do warunków lokalnych procesu należy zastosować odpowiednie współczynniki korekcji.

Korekcji dokonujemy:

- ze względu na różnicę między twardością materiału obrabianego a twardością materiału wzorcowego, podaną w tablicy,
- ze względu na okres trwałości ostrza, o ile różni się on od katalogowego okresu trwałości.

W tabeli 1 podano orientacyjne zakresy posuwów głębokości skrawania w zależności od rodzaju toczenia.

RODZAJ TOCZENIA	POSUWY f_o [mm/obr]	GŁĘBOKOŚCI SKRAWANIA a_p [mm]
Wykańczające – gładkościowe	0.05÷0.15	0.25÷2.0
Wykańczające	0.1÷0.3	0.5÷2.0
Półwykańczające (średniokładne)	0.2÷0.5	1.5÷4.0
Lekko zgrubne	0.4÷1.0	3.0÷10.0
Zgrubne	0.5÷1.5	6.0÷15.0
Zgrubne (ciężkie)	> 0.7	8.0÷20.0

Tab. 1.1. Posuwy i głębokości skrawania stosowane w zależności od rodzaju toczenia [8].

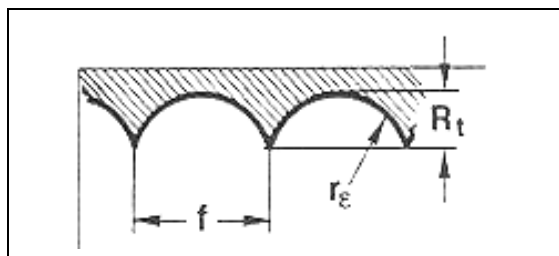
1.8. CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI PO TOCZENIU.

Chropowatością powierzchni nazywamy zbiór elementów struktury geometrycznej powierzchni obrobionej (mikronierówności pozostawionych na powierzchni obrobionej przez ostrze noża), niezawierających falistości i odchyłek kształtu tej powierzchni. Wysokość tych mikronierówności związana jest z kształtem i wielkością pola przekroju resztowego warstwy skrawanej. W uproszczeniu chropowatość powierzchni obrobionej toczeniem wyznacza się przeważnie z zależności:

Przykładowe parametry chropowatości:

- R_t – teoretyczna wysokość chropowatości,
- R_a – średnie arytmetyczne odchylenie profilu od linii średniej,
- R_z – wysokość chropowatości.

Opis parametru R_t :



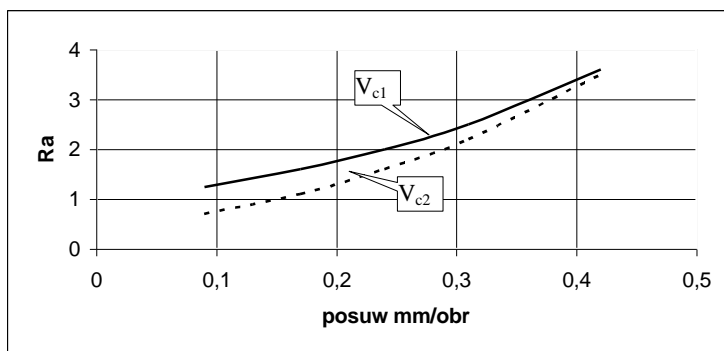
$$R_t = \frac{f_0^2}{8r_\epsilon} 1000 (\mu m) \quad (1.1)$$

gdzie:

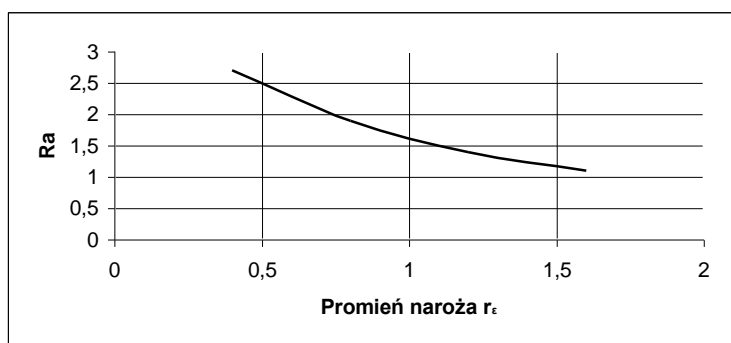
- R_t – Teoretyczna wysokość chropowatości w μm
- r_ϵ – promień naroża
- f_0 – posuw na obrót mm/obr

Rys. 1.4. Definicja R_t (R_{MAX}) [6]

Poniżej zamieszczono przykładowe zależności chropowatości powierzchni R_a w funkcji posuwu f_0 (rys. 1.5.) oraz promienia naroża r_ϵ (rys. 1.6.).



Rys. 1.5. Wpływ posuwu na obrót oraz prędkości skrawania na parametr R_a chropowatości powierzchni obrabianej toczeniem. $V_{c1} < V_{c2}$.



Rys. 1.6. Wpływ promienia naroża r_ϵ na parametr R_a chropowatości powierzchni obrabianej toczeniem.

Wyraźnie widać zatem, że wraz ze wzrostem posuwu f_0 chropowatość powierzchni obrabianej wzrasta, natomiast wraz ze wzrostem promienia naroża r_ϵ maleje. Zwiększenie prędkości skrawania powoduje zmniejszenie chropowatości powierzchni obrabianej podczas toczenia (przy większej wydajności skrawania).

Literatura:

- [1] Brodowicz W.: *Skrawanie i narzędzia*, WSiP, Warszawa 1995.
- [2] Dmochowski J.: *Podstawy obróbki skrawaniem*, PWN, Warszawa 1983.
- [3] Grzesik W.: *Podstawy skrawania materiałów metalowych*, WNT, Warszawa 1998.
- [4] Jemielniak K.: *Obróbka skrawaniem*, PW, Warszawa 1998.
- [5] Kaczmarek J.: *Podstawy obróbki wiórowej, ścierniej i erozyjnej*, WNT, Warszawa 1970.
- [6] Katalogi narzędziowe – SANDVIK Coromant, Iscar.
- [7] Poradnik inżyniera – *Obróbka skrawaniem, t.1*, WNT, Warszawa 1991.
- [8] Przybylski L.: *Strategia doboru warunków skrawania współczesnymi narzędziami*, PK, Kraków 1999.
- [9] Wysiecki M.: *Nowoczesne materiały narzędziowe stosowane w obróbce skrawaniem*, WNT, Warszawa 1997.