

Zawód: Operator obrabiarek skrawających

Przedmiot: Technologia obróbki skrawaniem (15.01.2022 r.) – Marek Krukowski

Temat: Podstawowe pojęcia związane z procesem skrawania

Proszę o zapoznanie się z poniższą literaturą.

5.2. Podstawowe pojęcia związane z procesem skrawania

5.2.1. Elementy warstwy skrawanej i związki między nimi

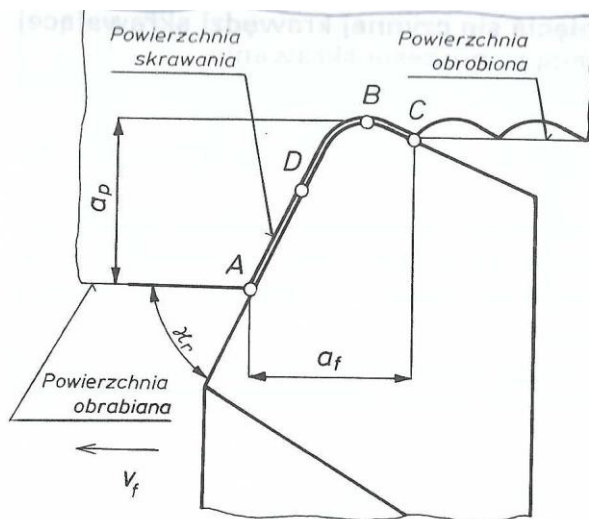
Podczas toczenia część obrabiana obraca się dookoła osi wrzeczona tokarki wykonując **ruch główny**, zwany również ruchem **roboczym**. Jednocześnie narzędzie wykonuje ruch prostoliniowy, zwany **ruchem posuwowym**. W wyniku tych dwu ruchów powstaje ruch względny narzędzia w stosunku do części obrabianej. Jest to ruch po torze śrubowym w przypadku toczenia powierzchni obrotowej (walca, stożka, kuli itp.) lub ruch po torze spiralnym w przypadku toczenia poprzecznego (powierzchni czołowej). Wszystkie inne ruchy dodatkowe, związane z ustaleniem położenia narzędzia w stosunku do części obrabianej, nazywamy **ruchami pomocniczymi**. W wyniku omawianych ruchów na części obrabianej powstaje powierzchnia obrobiona (rys. 5-24) oraz powierzchnia skrawania.

Powierzchnia skrawania stanowi powierzchnię przejściową między powierzchnią obrabianą a powierzchnią obrobioną. Jest to powierzchnia formowana w materiale obrabianym główną czynną krawędzią skrawającą (rys. 5-24), której profil (zarys) jest zawarty pomiędzy punktami *A* i *B*.

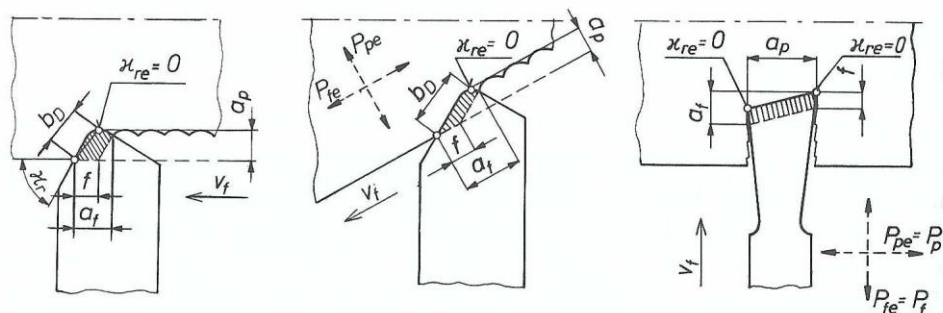
Pomocnicza czynna krawędź skrawająca (rys. 5-24) formuje w obrabianym materiale powierzchnię obrobioną, której profil (zarys) ograniczają punkty *B* i *C*.

W wyniku ruchu głównego i ruchu posuwowego oraz pod działaniem czynnej krawędzi skrawającej warstwa materiału oddzielanego od obrabianej części jest przekształcana w **wiór**.

Kształt warstwy skrawanej charakteryzują parametry zetknięcia się czynnej krawędzi skrawającej z częścią obrabianą.



Rys. 5-24. Pojęcia związane z czynną krawędzią skrawającą i parametry zetknięcia się czynnej krawędzi skrawającej z częścią obrabianą w procesie skrawania



Rys. 5-25. Oznaczenia parametrów skrawania w zależności od kierunku ruchu posuwowego

Pojęcia związane z czynną krawędzią skrawającą oraz parametry zetknięcia się czynnej krawędzi skrawającej z częścią obrabianą są podane na rys. 5-24.

Oznaczenia parametrów skrawania w zależności od kierunku ruchu posuwowego są podane na rys. 5-25.

5.2.2. Parametry skrawania

Proces skrawania charakteryzują:

- parametry technologiczne (prędkość skrawania, prędkość obrotowa, posuw, głębokość skrawania), którymi posługujemy się przy planowaniu obróbki i ustaleniu warunków skrawania;
- parametry geometryczne (grubość warstwy skrawanej, szerokość warstwy skrawanej), charakteryzujące wymiary warstwy skrawanej i jej kształt.

Technologiczne parametry skrawania. Prędkość obrotową wrzeciona tokarki n określamy w zależności od przyjętej prędkości skrawania v_c

$$n = \frac{1000 v_c}{\pi \cdot d} \quad \text{obr/min} \quad (5-29)$$

gdzie: n — prędkość obrotowa wrzeciona tokarki w obr/min,
 v_c — prędkość skrawania w m/min,
 d — średnica obrabianej części w mm.

W rozważaniach teoretycznych prędkość skrawania jest rozpatrywana w głównym punkcie czynnej krawędzi skrawającej D (rys. 5-24). W praktyce jednak do obliczeń przyjmujemy prędkość odpowiadającą maksymalnej średnicy toczenia d . Przy toczeniu wzdłużnym i niezmienniej średnicy toczenia d oraz stałej prędkości obrotowej, prędkość skrawania nie ulega zmianie. Przy toczeniu poprzecznym, tj. przy posuwie w kierunku prostopadłym do osi obrotu obrabianej części, prędkość skrawania zmienia się od maksymalnej wartości (w położeniu krawędzi skrawającej na średnicy zewnętrznej d obrabianej części) do zera (w położeniu tej krawędzi na osi obrotu części obrabianej).

Głębokością skrawania a_p nazywamy odległość powierzchni obrabianej od powierzchni obrobionej, mierzona w kierunku normalnym do powierzchni obrobionej. W przypadku toczenia walca jest to połowa różnicy między średnicami części przed toczeniem d i po toczeniu d_1 (rys. 5-25, 5-26)

$$a_p = \frac{d - d_1}{2}$$

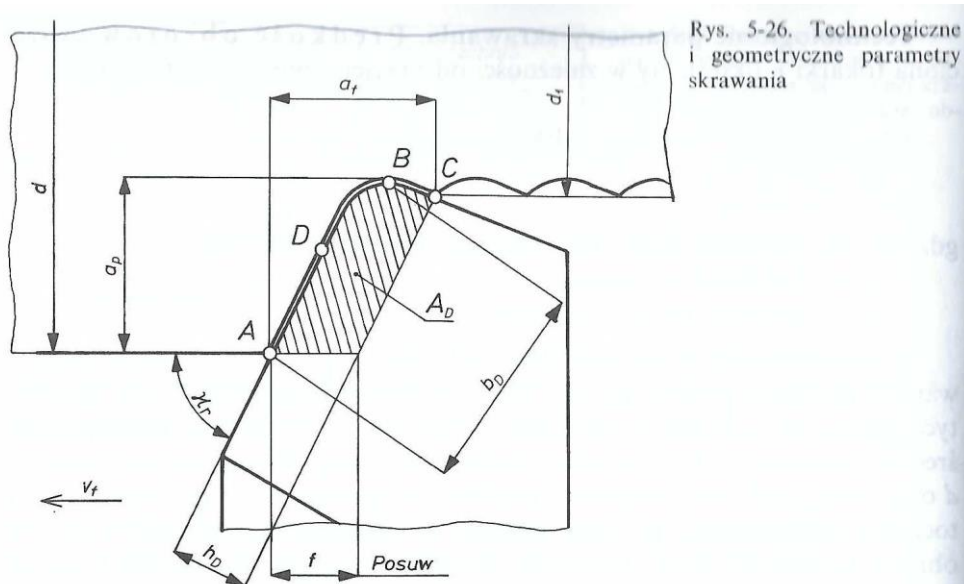
Nóż tokarski będzie skrawał materiał tylko wówczas, gdy nadamy mu ruch posuwowy. Podczas toczenia kierunek ruchu posuwowego może być: wzdłużny (równoległy do osi kłów), poprzeczny (prostopadły do osi kłów), ukośny lub kombinowany (w przypadku toczenia kształtowego).

Posuw w przypadku toczenia jest to przesunięcie noża zgodnie z kierunkiem ruchu posuwowego w czasie jednego obrotu obrabianej części. Posuw oznaczamy literą f i mierzymy w mm na 1 obrót części toczzonej.

Posuwem minutowym nazywamy przesunięcie noża w kierunku posuwu przypadające na jedną minutę. Posuw minutowy oznaczamy f_t i mierzymy w mm/min

$$f_t = f \cdot n \quad \text{mm/min}$$

Geometryczne parametry skrawania. Nominalna szerokość warstwy skrawanej b_D jest to odległość powierzchni obrabianej od powierzchni obrobionej, mierzona na powierzchni skrawania (patrz odległość



Rys. 5-26. Technologiczne i geometryczne parametry skrawania

AB na rys. 5-26). W przybliżeniu można przyjąć, że szerokość warstwy skrawanej jest równa długości głównej czynnej krawędzi skrawającej. Nominalną szerokość warstwy skrawanej oznaczamy b_D i mierzymy w mm.

Grubość warstwy skrawanej jest to odległość między dwoma kolejnymi położeniami krawędzi skrawającej, mierzona w kierunku prostopadłym do szerokości warstwy skrawanej na 1 obrót części toczonej. Nominalną grubość warstwy skrawanej oznaczamy h_D i mierzymy w mm.

Zależności pomiędzy technologicznymi i geometrycznymi parametrami skrawania w przypadku prostoliniowej głównej krawędzi skrawającej wyrażają się następującymi wzorami:

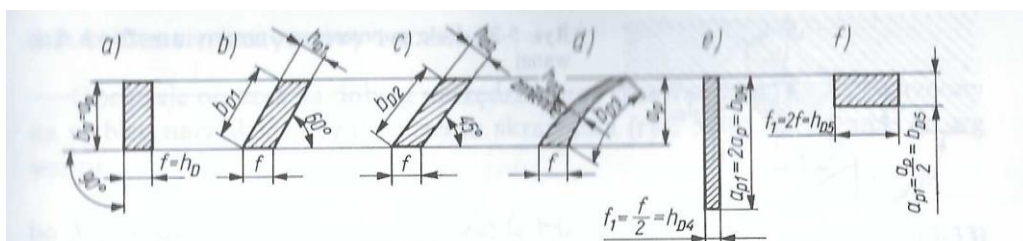
$$b_D = \frac{a_p}{\sin \kappa_r}; \quad h_D = f \cdot \sin \kappa_r$$

W szczególnym przypadku, gdy kąt $\kappa_r = 90^\circ$, grubość warstwy skrawanej jest równa posuwowi ($h_D = f$), a jej szerokość równa się głębokości ($b_D = a_p$). Jeżeli $\kappa_r < 90^\circ$, mają miejsce nierówności

$$b_D > a_p \quad \text{oraz} \quad h_D < f$$

5.2.3. Wydajność skrawania

Geometrię warstwy skrawanej określamy w płaszczyźnie P_D , tj. w płaszczyźnie prostopadłej do wektora ruchu głównego w punkcie D. Nominalne pole przekroju poprzecznego warstwy skrawanej w płaszczyźnie P_D oznaczamy symbolem A_D (rys. 5-26).



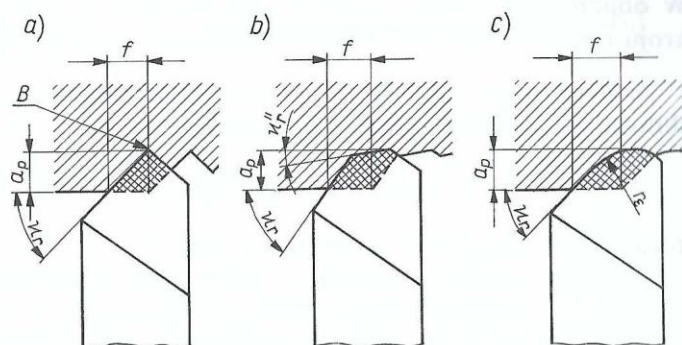
Rys. 5-27. Kształty warstwy skrawanej o jednakowym polu przekroju

Na przebieg skrawania — oprócz pola przekroju poprzecznego warstwy skrawanej — duży wpływ ma kształt tego przekroju. Kształt przekroju przy tych samych parametrach technologicznych (f , a_p) może być różny.

Na rysunku 5-27 przedstawiono przekroje poprzeczne warstwy skrawanej o jednakowym polu, lecz o różnych kształtach. W każdym z przedstawionych przypadków występuje inna szerokość b_D , b_{D1} , b_{D2} ... b_{D5} oraz inna grubość h_D , h_{D1} , h_{D2} ... h_{D5} warstwy skrawanej.

Przy nie zmienionych parametrach a_p i f pole przekroju warstwy skrawanej ulega zmianie ze zmianą kąta przystawienia κ_r .

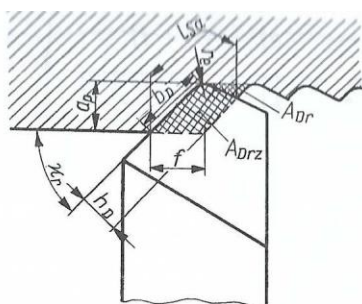
Rozpatrując przekroje warstwy skrawanej pokazane na rys. 5-28 widzimy, że w skrawaniu bierze udział nie tylko główna czynna krawędź skrawająca, lecz i pomocnicza czynna krawędź oraz krawędź przejściowa lub zastępujące



Rys. 5-28. Udział w skrawaniu przejściowej i pomocniczej krawędzi

ją zaokrąglenie wierzchołka noża. Udział pomocniczej czynnej krawędzi skrawającej w procesie skrawania zależy od wartości posuwu. Im większy jest posuw, tym większy odcinek pomocniczej czynnej krawędzi skrawającej bierze udział w skrawaniu.

Całkowitą długość l_{sa} (rys. 5-29) czynnej krawędzi skrawającej (głównej, przejściowej i pomocniczej), która jest w bezpośrednim zetknięciu z materiałem obrabianym, nazywamy **długością czynną krawędzi skrawającej**. Przy stałym polu przekroju poprzecznego warstwy skrawanej długość czynnej krawędzi



Rys. 5-29. Pole poprzecznego przekroju warstwy skrawanej

dzi skrawającej zależy od stosunku $a_p \cdot f$, od wartości kąta przystawienia κ_r , od promienia zaokrąglenia wierzchołka noża r_e i od pomocniczego kąta przystawienia κ'_r .

Nominalnym polem przekroju poprzecznego warstwy skrawanej nazywamy iloczyn głębokości skrawania a_p i posuwu f lub iloczyn szerokości warstwy skrawanej b_D i jej grubości h_D

$$A_D = b_D \cdot h_D = b_D \cdot f \cdot \sin \kappa_r \quad (5-30)$$

W rzeczywistości pole przekroju poprzecznego warstwy skrawanej różni się nieznacznie od równoległoboku, gdyż przy toczeniu ruch względny noża w stosunku do części obrabianej jest ruchem po torze śrubowym. W wyniku tego ruchu na powierzchni obrabianej pozostają nierówności odpowiadające polu A_{Dr} (rys. 5-29).

Rzeczywiste pole A_{Drz} poprzecznego przekroju warstwy skrawanej jest mniejsze od nominalnego pola przekroju o wartość A_{Dr} . Różnica między nominalnym polem A_D i polem rzeczywistym A_{Drz} jest na ogół niezbyt duża. W obliczeniach można pominąć pole resztowe A_{Dr} , tj. przyjąć, że pole przekroju rzeczywistego jest równe nominalnemu polu przekroju ($A_{Drz} = A_D$).

Objętościowa wydajność skrawania jest to objętość warstwy materiału skrawanego z części obrabianej w jednostce czasu

$$Q_z = A_D \cdot v_{cD} = a_p \cdot f \cdot v_{cD} \quad \text{cm}^3/\text{min} \quad (5-31)$$

gdzie: a_p — głębokość skrawania w mm,

f — posuw w mm/obr,

v_{cD} — prędkość ruchu głównego (skrawania) w punkcie D w m/min,

A_D — przekrój warstwy skrawanej w mm².

Objętościowa wydajność skrawania Q_z wzrasta ze wzrostem prędkości skrawania, głębokości skrawania i posuwu.

Masa materiału skrawanego w jednostce czasu, czyli **masowa wydajność skrawania**

$$G = \frac{Q_z \cdot \rho}{1000} = \frac{A_D \cdot v_{cD} \cdot \rho}{1000} = \frac{a_p \cdot f \cdot \sin \kappa_r \cdot v_{cD}}{1000} \quad \text{kg/min} \quad (5-32)$$

gdzie: ρ — gęstość materiału obrabianego w g/cm³.

5.2.4. Czas maszynowy toczenia

Obejmuje on czas na dobieg narzędzia, czas skrawania oraz czas potrzebny na wybieg narzędzia po zakończeniu skrawania (rys. 5-30). Obliczamy go wg wzoru

$$t_m = \frac{L}{f_t} \cdot i = \frac{l + l_d + l_w}{f \cdot n} \cdot i \quad \text{min} \quad (5-33)$$

w którym: L — długość przejścia narzędzia (rys. 5-30) w mm,

f_z — posuw minutowy w mm/min,

l — długość części toczzonej w mm,

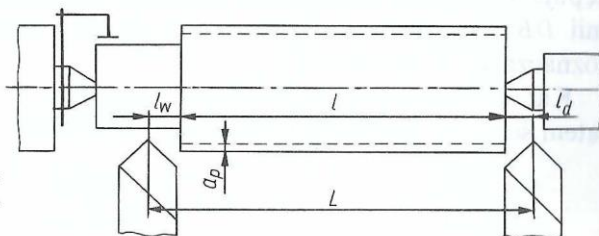
l_d — dobieg narzędzia w mm,

l_w — wybieg narzędzia w mm,

f — posuw w mm/obr,

n — prędkość obrotowa w obr/min,

i — liczba przejść narzędzia przy tym samym posuwie i prędkości obrotowej.



Rys. 5-30. Elementy składowe długości przejścia (L)noża przy toczeniu