

**Zawód:** Operator obrabiarek skrawających

**Przedmiot:** Technologia obróbki skrawaniem (14.01.2022 r.) – Marek Krukowski

**Temat: Geometria ostrza noża w różnych układach odniesienia**

Proszę o zapoznanie się z poniższą literaturą. Na końcu znajdują się pytania kontrolne.

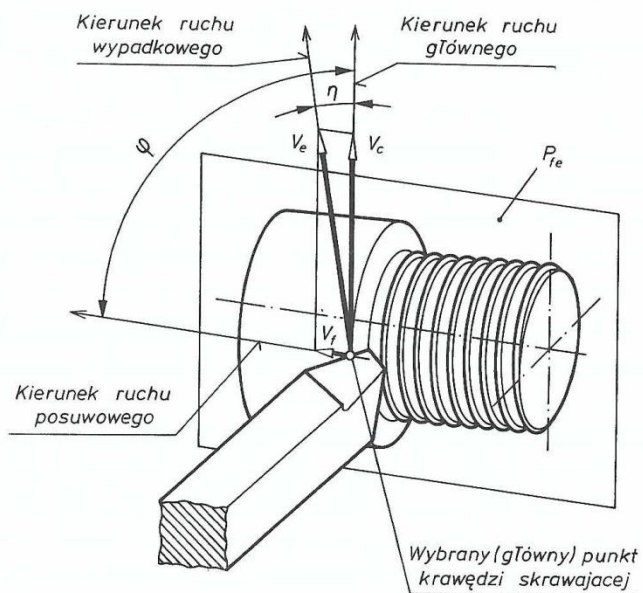
## 5. Toczenie

## 5.1. Geometria ostrza noża w różnych układach odniesienia

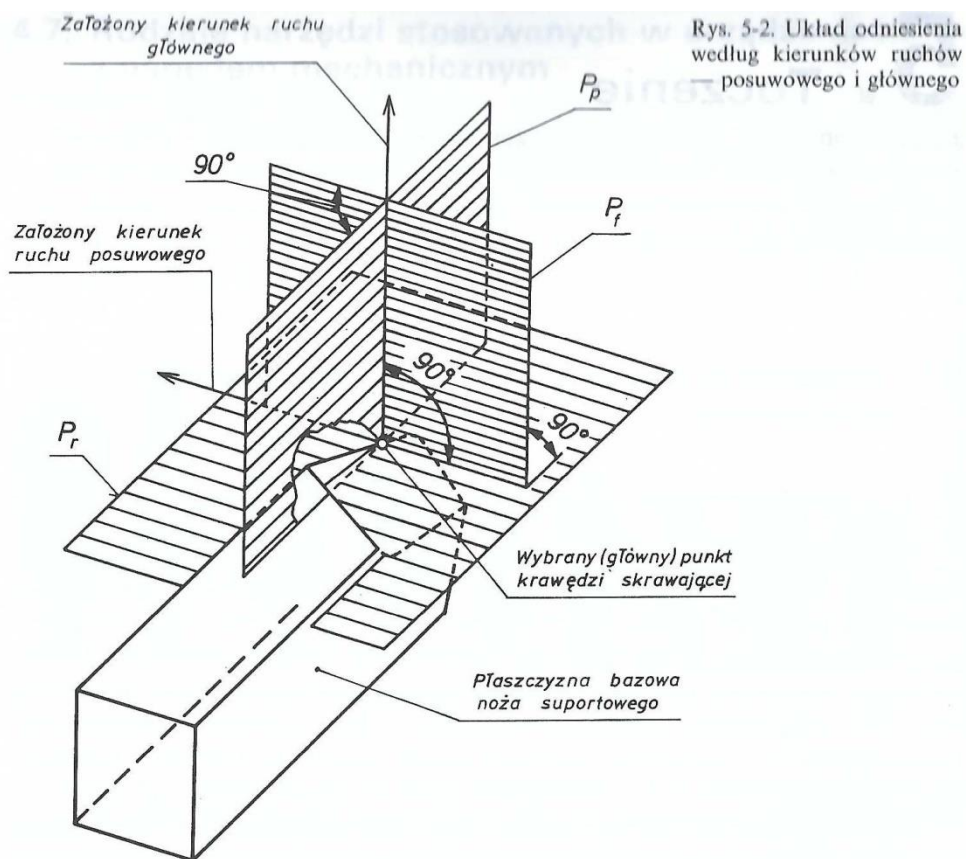
### 5.1.1. Charakterystyka układów odniesienia i ich podział

Kąty i długości, określające kształt i wielkość części roboczej narzędzia, nazywamy elementami geometrycznymi lub w skrócie geometrią ostrza. Do określenia geometrii ostrza przyjmuje się zespół płaszczyzn przechodzących przez rozpatrywany punkt krawędzi skrawającej. Zespół płaszczyzn zorientowanych za pomocą kierunków ruchów występujących w procesie skrawania (rys. 5-1), powierzchni bazowych narzędzia i jego krawędzi skrawających, przeznaczony do wyznaczenia geometrii ostrza, nazywamy **układem odniesienia**.

Układ według kierunków ruchów (rys. 5-2) jest określony płaszczyzną boczną  $P_f$ , wyznaczoną przez kierunek ruchu posuwowego, i prostopadłą do



Rys. 5-1. Przyjęte kierunki ruchów do wyznaczania geometrii ostrza narzędzia



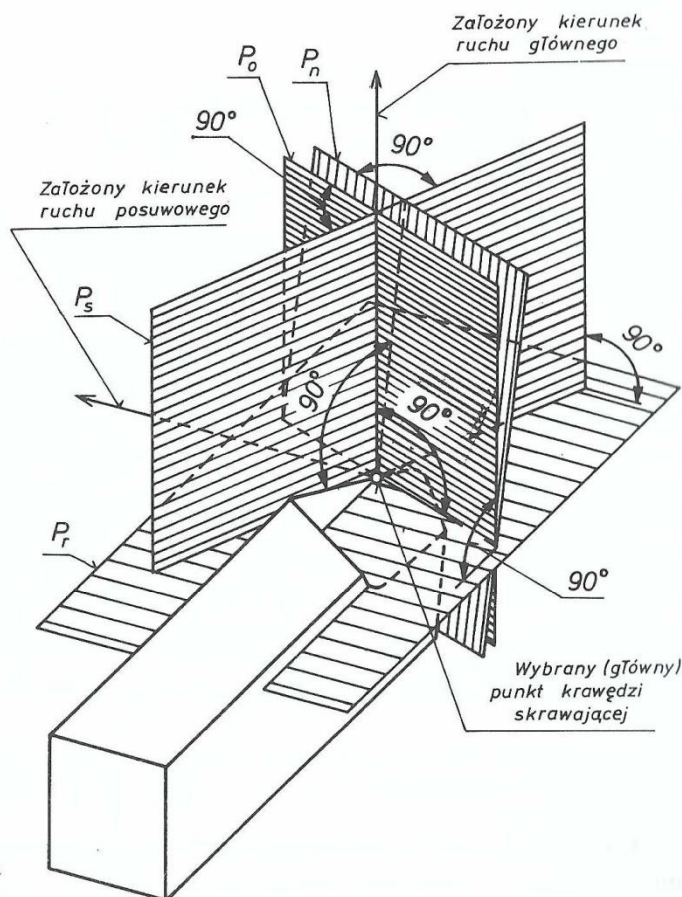
Rys. 5-2. Układ odniesienia według kierunków ruchów — posuwowego i głównego

niej płaszczyzną tylną  $P_p$ . Obie te płaszczyzny są prostopadłe do płaszczyzny podstawowej  $P_r$ . Płaszczyzna podstawowa  $P_r$  w zespole tych płaszczyzn przechodzi przez wybrany (główny) punkt  $D$  krawędzi skrawającej, leży w płaszczyźnie równoległej do powierzchni bazowej noża i jest prostopadła do kierunku ruchu głównego, tj. do prędkości  $v_c$ . Płaszczyznę podstawową  $P_r$  dla zwykłego toczenia można również zdefiniować następująco: Płaszczyzna podstawowa  $P_r$  jest równoległa do kierunku ruchu posuwowego wzdłużnego i poprzecznego.

W układzie narzędzia (rys. 5-3) kąty noża są rozpatrywane w odniesieniu do następujących płaszczyzn (orientowanych względem zamierzonych kierunków ruchu głównego i posuwowego):

- płaszczyzny podstawowej  $P_r$ , tj. płaszczyzny przechodzącej przez rozpatrywany punkt krawędzi skrawającej i możliwie prostopadłej do kierunku ruchu głównego; w prostych nożach tokarskich jest to płaszczyzna równoległa do płaszczyzny bazowej noża, a w nożach dłutowniczych płaszczyzna prostopadła do płaszczyzny (oporowej) bazowej;

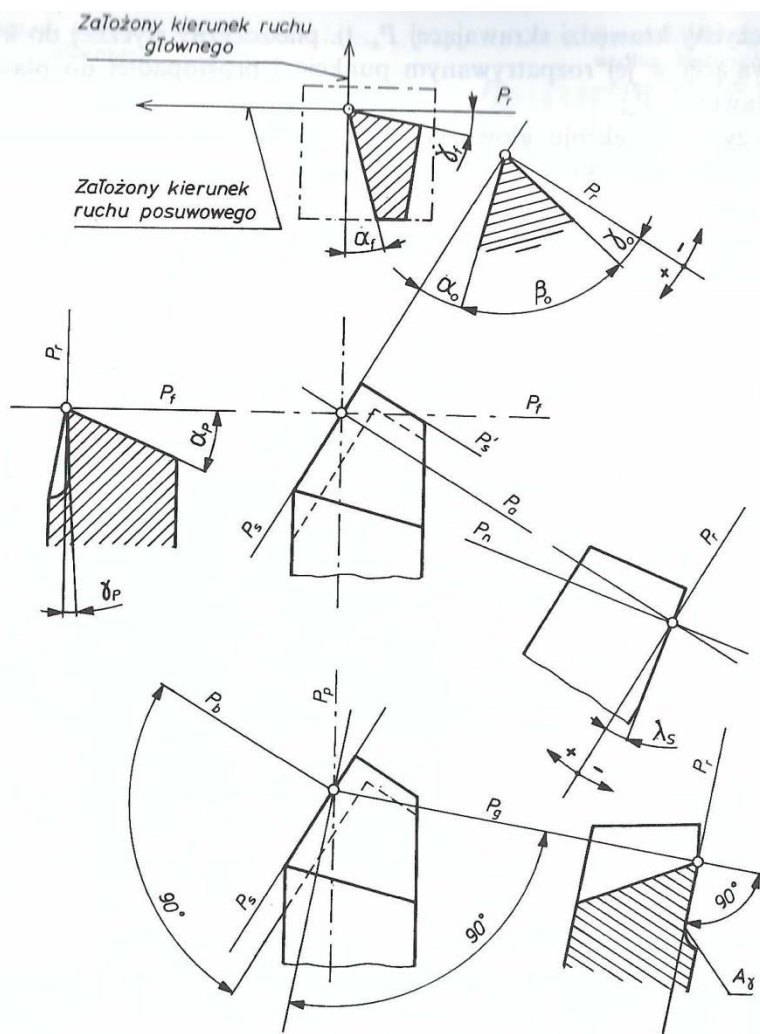
- płaszczyzny krawędzi skrawającej  $P_s$ , tj. płaszczyzny stycznej do krawędzi skrawającej w jej rozpatrywanym punkcie i prostopadłej do płaszczyzny podstawowej  $P_r$ ;
- płaszczyzny przekroju głównego  $P_o$ , tj. płaszczyzny przechodzącej przez rozpatrywany punkt krawędzi skrawającej, prostopadłe do płaszczyzny  $P_r$  i  $P_s$ ;
- płaszczyzny normalnej  $P_n$ , prostopadłej do krawędzi skrawającej w rozpatrywanym jej punkcie.



Rys. 5-3. Układ odniesienia narzędzia

Poza omówionymi płaszczyznami  $P_f$  i  $P_p$  oraz  $P_o$ ,  $P_s$  i  $P_n$  kąty ostrza noża są rozpatrywane w następujących płaszczyznach (rys. 5-4): w pomocniczej płaszczyźnie skrawania  $P'_s$ ; w płaszczyźnie największego spadku powierzchni natarcia  $P_g$ , tj. w płaszczyźnie przechodzącej przez rozpatrywany punkt krawędzi skrawającej prostopadłe do płaszczyzny podstawowej  $P_r$  i do powierzchni natarcia; w płaszczyźnie największego spadku powierzchni przyłożenia  $P_b$ , tj. w płaszczyźnie przechodzącej przez rozpatrywany punkt krawędzi skrawającej prostopadłe do płaszczyzny podstawowej  $P_r$  i do powierzchni przyłożenia.



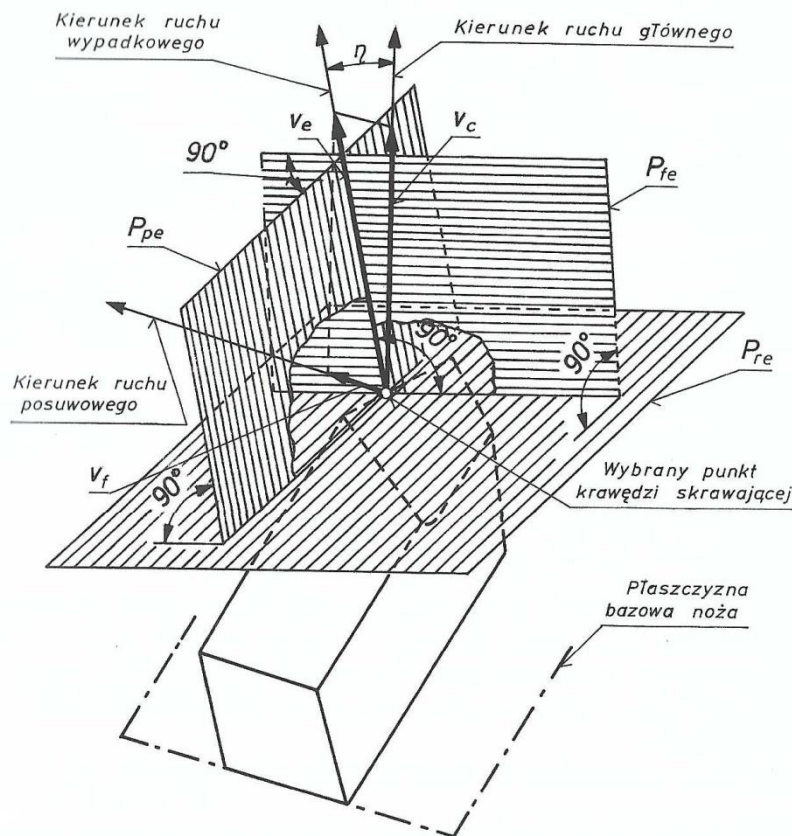


Rys. 5-4. Płaszczyzny układów odniesienia narzędzia i oznaczenie kątów w tych płaszczyznach

Kąty ostrza noża w poszczególnych płaszczyznach oznaczamy takimi samymi symbolami, z dodaniem indeksu określającego tę płaszczyznę (rys. 5-4).

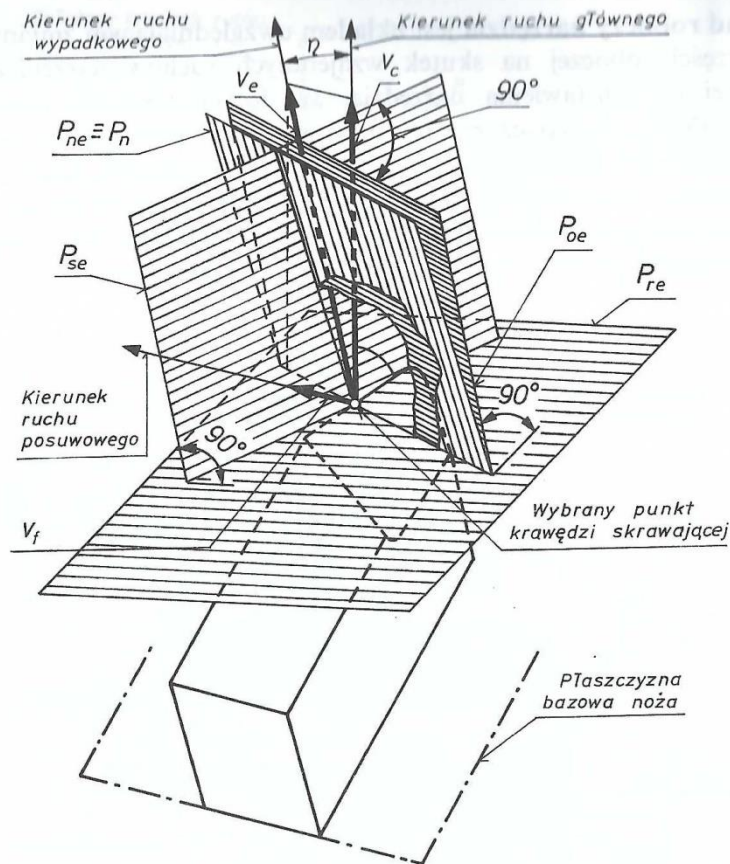
Pomocniczy układ ustawienia narzędzia (w skrócie układ ustawczy) jest rozpatrywany wtedy, gdy powierzchnia bazowa noża nie jest prostopadła do zamierzonego kierunku ruchu głównego lub gdy jego boczna powierzchnia nie jest prostopadła do osi toczenia. Układ ustawienia nie pokrywa się z układem wymiarowania, np. przy ustawieniu noży w wytaczadłach, oprawkach bębnowych rewolwerowych rewolwerówek i automatów. W tych przypadkach kąty części roboczej narzędzia w układzie ustawczym są inne niż w układzie wymiarowania i różnice te muszą być uwzględnione na rysunku wykonawczym noża.

Układ roboczy narzędzia jest układem uwzględniającym zmiany wartości kątów części roboczej na skutek wzajemnych ruchów narzędzia i części obrabianej oraz ustawienia narzędzia. W dotychczasowych rozważaniach przyjmowaliśmy, że płaszczyzna podstawowa  $P_r$  jest prostopadła (rys. 5-2, 5-3 i 5-4) do kierunku ruchu głównego, tj. do wektora prędkości  $v_c$  i że w związku z tym jest ona równoległa do płaszczyzny bazowej noża. W wyniku wzajemnych ruchów części obrabianej i noża płaszczyzna podstawowa  $P_r$  tego układu jest prostopadła do wektora prędkości ruchu wypadkowego  $v_e$  (rys. 5-1, 5-2 i 5-3).



Rys. 5-5. Układ odniesienia roboczy wg kierunków ruchów — posuwowego i głównego

Płaszczyzny odniesienia w układzie roboczym według kierunków ruchów (rys. 5-5) zmieniają swoje położenie z całym układem o kąt  $\eta$  i są oznaczane dodatkowym indeksem  $e$ , a więc płaszczyznę  $P_f$  w układzie roboczym oznacza się symbolem  $P_{fe}$ , płaszczyznę  $P_p$  symbolem  $P_{pe}$ , a płaszczyznę  $P_r$  symbolem  $P_{re}$ .



Rys. 5-6. Układ odniesienia roboczy narzędzia

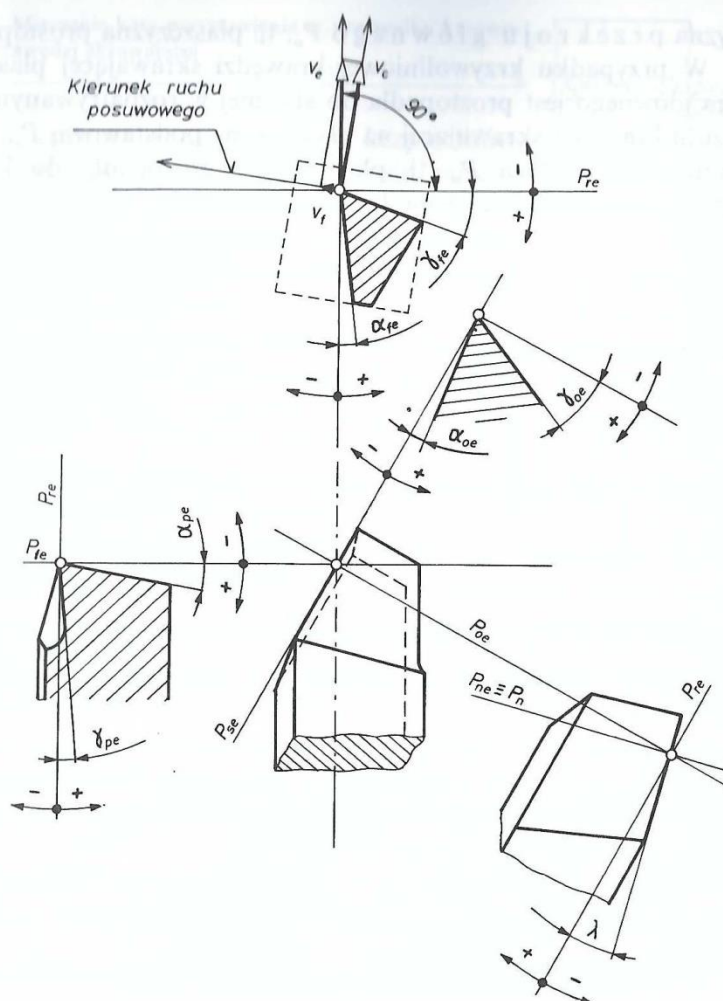
W układzie odniesienia roboczym (rys. 5-6) analogicznie: płaszczyzna  $P_r$  zajmuje położenie prostopadłe do wektora ruchu wypadkowego  $v_e$  i oznacza się ją symbolem  $P_{re}$ . Pozostałe płaszczyzny zmieniają swoje położenie o kąt  $\eta$  i są oznaczane takimi samymi symbolami, jak w układzie narzędzia, z dodatkowym indeksem  $e$ .

Płaszczyzny odniesienia układów roboczych i oznaczenia kątów w tych płaszczyznach są podane na rys. 5-7.

### 5.1.2. Kąty noża w układzie wymiarowania narzędzia

Kąty są podstawowymi parametrami części roboczej noża. Kąty noża będziemy rozpatrywać niezależnie od części obrabianej, tzn. w tak zwanym układzie wymiarowania kątów. Określone w ten sposób wartości kątów są podawane na rysunkach i stanowią podstawę wykonania noży. Wartości niektórych kątów rozpatrywane w odniesieniu do części obrabianej ulegają zmianie podczas pracy noża, o czym będzie mowa dalej.





Rys. 5-7. Płaszczyzny odniesienia układów roboczych i oznaczenia kątów w tych płaszczyznach

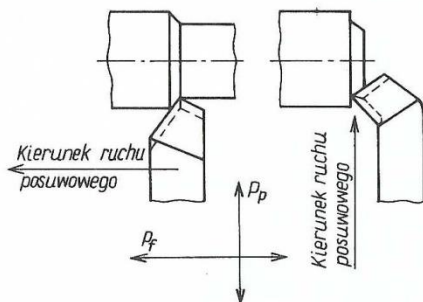
Kąty części roboczej noża tokarskiego są rozpatrywane w odniesieniu do czterech **płaszczyzn**. Są to:

- Płaszczyzna podstawowa  $P_r$ , tj. płaszczyzna prostopadła do kierunku ruchu głównego. W prostych nożach tokarskich i strugarskich jest to płaszczyzna równoległa do płaszczyzny bazowej narzędzia, a w nożach dłutowniczych — prostopadła do osi narzędzia.
- Płaszczyzna krawędzi skrawającej  $P_s$ , tj. płaszczyzna przechodząca przez główną krawędź skrawającą i prostopadła do płaszczyzny podstawowej  $P_r^*$ .

\* Określenie słuszne tylko dla noży z prostoliniową krawędzią skrawającą.



- Płaszczyzna przekroju głównego  $P_o$ , tj. płaszczyzna prostopadła do  $P_r$  i  $P_s$ . W przypadku krzywoliniowej krawędzi skrawającej płaszczyzna przekroju głównego jest prostopadła do stycznej w rozpatrywanym punkcie do rzutu krawędzi skrawającej na płaszczyznę podstawową  $P_r$ .
- Płaszczyzna normalna  $P_n$ , tj. płaszczyzna prostopadła do krawędzi skrawającej w rozpatrywanym punkcie krawędzi.



Rys. 5-8. Kierunki ruchów posuwowych w układzie wymiarowania kątów

Kąty noża rozpatrujemy w układzie wymiarowania, zakładając taki sposób ustawienia noża, że:

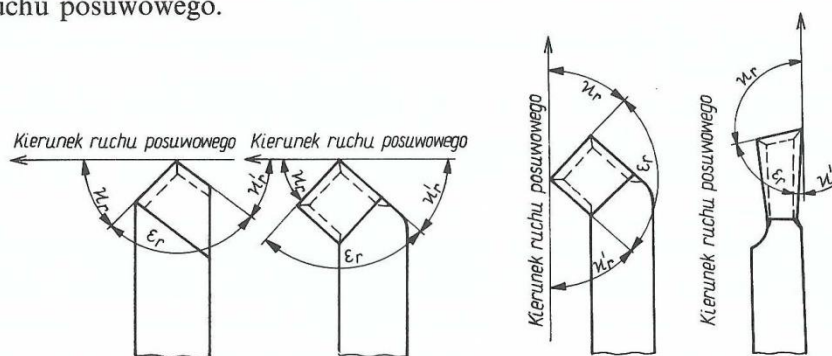
- płaszczyzna krawędzi skrawającej  $P_s$  jest prostopadła do płaszczyzny podstawowej  $P_r$ ,
- kierunek ruchu posuwowego jest prostopadły do płaszczyzny  $P_p$  przy posuwie wzdłużnym, a równoległy do niej przy posuwie poprzecznym (rys. 5-8).

W płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny podstawowej rozróżniamy następujące kąty (rys. 5-9):

- **kąt przystawienia** (kąt naroża)  $\kappa_r$  — między rzutem głównej krawędzi skrawającej na płaszczyznę podstawową a kierunkiem ruchu posuwowego,
- **kąt wierzchołkowy**  $\epsilon_r$  — między rzutami głównej i pomocniczej krawędzi skrawającej na płaszczyznę podstawową,
- **pomocniczy kąt przystawienia**  $\kappa'_r$  — między rzutem pomocniczej krawędzi skrawającej na płaszczyznę podstawową  $P_r$  a kierunkiem ruchu posuwowego

$$\kappa_r + \epsilon_r + \kappa'_r = 180^\circ \quad (5-1)$$

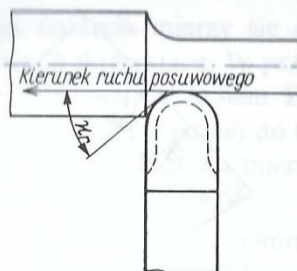
- **przejściowy kąt przystawienia**  $\kappa''_r$  (rys. 5-12) — między rzutem przejściowej krawędzi skrawającej na płaszczyznę podstawową a kierunkiem ruchu posuwowego.



Rys. 5-9. Kąty przystawienia i pomocnicze kąty przystawienia

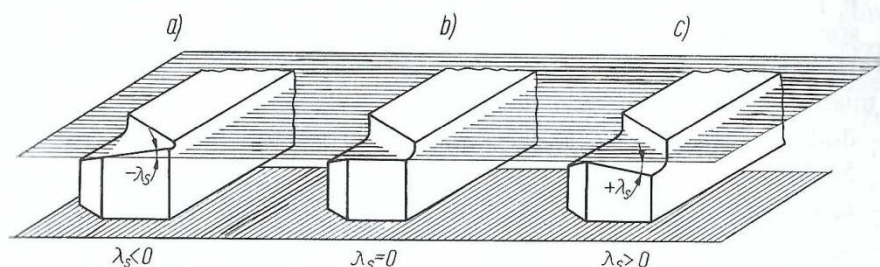
Rys. 5-10. Mierzenie kąta przystawienia w przypadku krzywoliniowej krawędzi skrawającej

Jeżeli krawędź skrawająca jest krzywoliniowa, to kąt przystawienia mierzy się między prostą styczną w rozpatrywanym punkcie do rzutu krawędzi skrawającej na płaszczyznę podstawową a kierunkiem ruchu posuwowego (rys. 5-10).



W płaszczyźnie krawędzi skrawającej  $P_s$  określa się **kąt pochylenia głównej krawędzi skrawającej**  $\lambda_s$  (rys. 5-4), tzn. kąt zawarty między główną krawędzią skrawającą a płaszczyzną podstawową  $P_r$ . Kąt  $\lambda_s$  (rys. 5-4 i 5-11) może być:

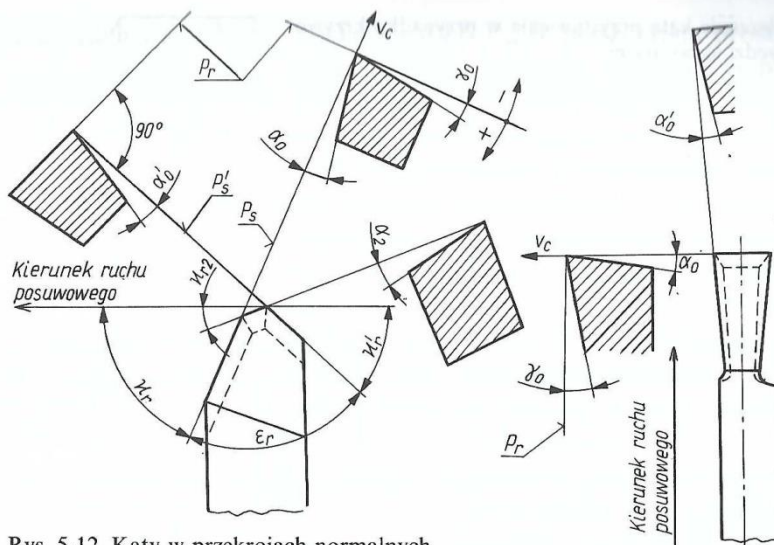
- ujemny, gdy wierzchołek noża jest najniższym punktem krawędzi skrawającej (rys. 5-11a),
- równy zero, gdy krawędź skrawająca jest równoległa do płaszczyzny podstawowej (rys. 5-11b),
- dodatni, gdy wierzchołek noża jest najwyższym punktem krawędzi skrawającej (rys. 5-11c).



Rys. 5-11. Wartości kąta  $\lambda_s$

W płaszczyźnie przekroju głównego  $P_o$  (rys. 5-12) rozróżniamy następujące kąty: kąt przyłożenia  $\alpha_o$ , ostrza  $\beta_o$ , skrawania  $\delta_o$ , natarcia  $\gamma_o$ , pomocniczy kąt przyłożenia  $\alpha'_o$ , przejściowy kąt przyłożenia  $\alpha_2$ .

- **Kąt przyłożenia**  $\alpha_o$  jest zawarty między powierzchnią przyłożenia a płaszczyzną krawędzi skrawającej  $P_s$ . W przypadku ścinowej powierzchni przyłożenia kąt  $\alpha_o$  mierzy się od powierzchni ścinu (rys. 3-5b i c).
- **Kąt ostrza**  $\beta_o$  jest zawarty między powierzchnią przyłożenia a powierzchnią natarcia (rys. 5-13).
- **Kąt skrawania**  $\delta_o$  jest równy sumie kątów przyłożenia i ostrza:  $\alpha_o + \beta_o = \delta_o$  (rys. 5-13).



Rys. 5-12. Kąty w przekrojach normalnych

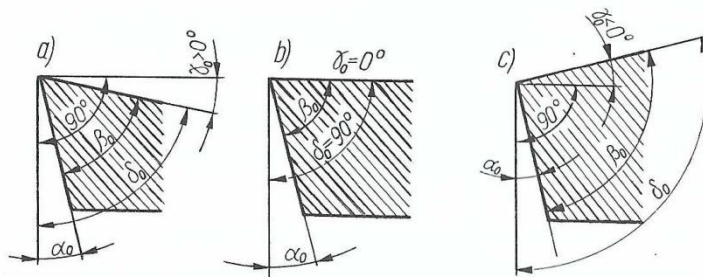
- **Kąt natarcia  $\gamma_o$**  (rys. 5-4 i 5-12) jest zawarty między powierzchnią natarcia a płaszczyzną podstawową  $P_r$ . Kąt natarcia  $\gamma_o$  może być dodatni, równy zero lub ujemny, w zależności od położenia zarysu powierzchni natarcia w płaszczyźnie przekroju głównego  $P_o$ , w stosunku do płaszczyzny podstawowej  $P_r$ .

Wartość kąta  $\gamma_o$  może być również określona w zależności od kąta skrawania, a mianowicie kąt natarcia  $\gamma_o$  może być:

- dodatni, jeżeli kąt skrawania jest mniejszy od kąta prostego,  $\delta_o < 90^\circ$  (rys. 5-13a),
- równy zero, jeżeli kąt skrawania jest równy  $90^\circ$  (rys. 5-13b),
- ujemny, jeżeli kąt skrawania jest większy od kąta prostego,  $\delta_o > 90^\circ$  (rys. 5-13c).

Suma algebraiczna kątów przyłożenia, ostrza i natarcia jest zawsze równa kątowi prostemu

$$\alpha_o + \beta_o + \gamma_o = 90^\circ \quad (5-2)$$



Rys. 5-13. Kąty ostrza



W przypadku wklęsłej powierzchni natarcia kąt natarcia mierzy się od stycznej do tej powierzchni przechodzącej przez krawędź skrawającą. W przypadku płaskiej powierzchni natarcia ze ścinem lub wklęsłej ze ścinem kąt natarcia mierzy się od powierzchni natarcia poza ścinem lub od stycznej do tej powierzchni przechodzącej przez krawędź ścinu (rys. 3-7b, d). Kąt  $\gamma_{o1}$  mierzy się od powierzchni ścinu i nazywa się kątem natarcia ścinu (rys. 3-7b, d).

- **Pomocniczy kąt przyłożenia  $\alpha'_o$**  (rys. 5-12) jest zawarty między pomocniczą powierzchnią przyłożenia a płaszczyzną  $P'_s$  przechodzącą przez pomocniczą krawędź skrawającą i prostopadłą do płaszczyzny podstawowej (rys. 5-12). W przypadku ścinowej pomocniczej powierzchni przyłożenia kąt  $\alpha'_o$  mierzy się od powierzchni ścinu.
- **Przejsiowy kąt przyłożenia  $\alpha_2$**  jest zawarty między przejściową powierzchnią przyłożenia a płaszczyzną przechodzącą przez przejściową krawędź skrawającą i prostopadłą do płaszczyzny podstawowej (rys. 5-12).

W przypadku ścinowej przejściowej powierzchni przyłożenia kąt  $\alpha_2$  mierzy się od powierzchni ścinu.

### 5.1.3. Zależności między kątami w różnych płaszczyznach układu narzędzia

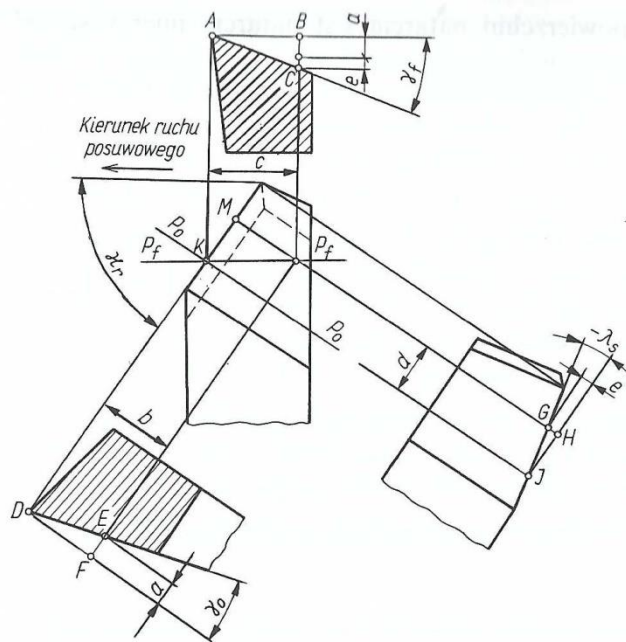
Kąty natarcia i przyłożenia rozpatrzyliśmy w płaszczyźnie przekroju głównego  $P_o$ , tzn. prostopadłej do rzutu krawędzi skrawającej na płaszczyznę podstawową. Kąty te mogą być rozpatrywane i w innych płaszczyznach, a między innymi: w płaszczyźnie  $P_f$  prostopadłej do osi noża i do płaszczyzny podstawowej oraz w płaszczyźnie  $P_p$  równoległej do osi noża i prostopadłej do płaszczyzny podstawowej  $P_r$ . Wyznaczanie wartości kątów w tych płaszczyznach jest potrzebne do konstruowania narzędzi o stałym zarysie oraz do prawidłowego ustawienia noża podczas ostrzenia.

Aby obliczyć wartości kątów w różnych płaszczyznach, trzeba znać zależności, jakie między nimi istnieją. Przez dowolny punkt  $K$  rzutu krawędzi skrawającej (rys. 5-14) prowadzimy płaszczyznę normalną  $P_o$  oraz płaszczyznę  $P_f$ . Kąt natarcia w płaszczyźnie  $P_o$  oznaczono  $\gamma_o$ . Kąt natarcia w płaszczyźnie  $P_f$  oznaczono  $\gamma_f$ . Kąt pochylenia krawędzi skrawającej oznaczono  $\lambda_s$ .

#### Wyznaczenie zależności między kątami $\gamma_o$ , $\gamma_f$ , $\gamma_p$ , $\lambda_s$

W trójkącie  $DEF$  przyprostokątna  $EF = a$ . Gdyby krawędź skrawająca była równoległa do płaszczyzny podstawowej, to w trójkącie  $ABC$  przyprostokątna  $BC$  również równałaby się  $a$ . Ponieważ krawędź jest pochylona pod kątem  $\lambda_s$ , przeto punkt  $M$ , znajdujący się na krawędzi skrawającej i w płaszczyźnie normalnej przechodzącej przez punkt  $L$ , przy stałej wartości kąta  $\gamma_o$  będzie obniżony o wartość  $e$  (patrz trójkąt  $GHJ$ ). Przyprostokątna  $BC$  trójkąta  $ABC$  równa się  $a + e$ .





Rys. 5-14. Zależności między kątami  $\gamma_o$  i  $\gamma_f$

Z trójkąta  $ABC$

$$\operatorname{tg} \gamma_f = \frac{a+e}{c}$$

Z trójkąta  $DEF$

$$a = b \cdot \operatorname{tg} \gamma_o$$

Z trójkąta  $KLM$

$$c = \frac{b}{\sin \kappa_r} \quad \text{ i } \quad d = c \cdot \cos \kappa_r$$

Z trójkąta  $GHJ$

$$e = d \cdot \operatorname{tg} \lambda_s = c \cdot \cos \kappa_r \cdot \operatorname{tg} \lambda_s = \frac{b \cdot \cos \kappa_r}{\sin \kappa_r} \cdot \operatorname{tg} \lambda_s$$

Możemy więc napisać

$$\operatorname{tg} \gamma_f = \frac{b \cdot \operatorname{tg} \gamma_o + b \cdot \operatorname{ctg} \kappa_r \cdot \operatorname{tg} \lambda_s}{c} = \frac{b(\operatorname{tg} \gamma_o + \operatorname{ctg} \kappa_r \cdot \operatorname{tg} \lambda_s) \cdot \sin \kappa_r}{b}$$

stąd

$$\operatorname{tg} \gamma_f = \operatorname{tg} \gamma_o \cdot \sin \kappa_r + \operatorname{tg} \lambda_s \cdot \cos \kappa_r \quad (5-3)$$

W podobny sposób można wyprowadzić podane niżej wzory

$$\operatorname{tg} \gamma_p = \operatorname{tg} \gamma_o \cdot \cos \kappa_r - \operatorname{tg} \lambda_s \cdot \sin \kappa_r \quad (5-4)$$

$$\operatorname{tg} \gamma_o = \operatorname{tg} \gamma_f \cdot \sin \kappa_r + \operatorname{tg} \gamma_p \cdot \cos \kappa_r \quad (5-5)$$

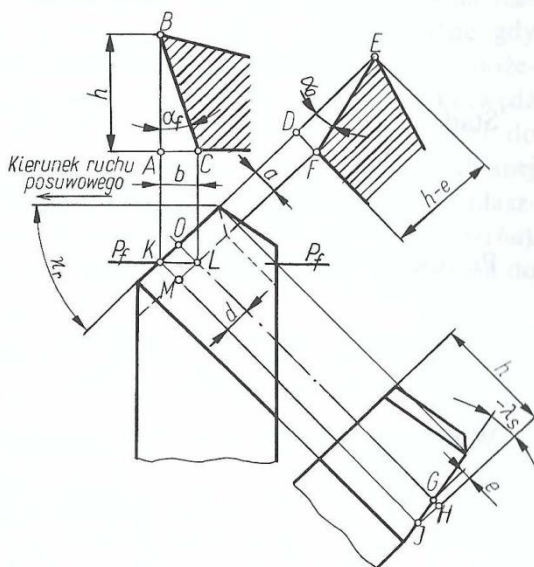
$$\operatorname{tg} \lambda_s = \operatorname{tg} \gamma_f \cdot \cos \kappa_r - \operatorname{tg} \gamma_p \cdot \sin \kappa_r \quad (5-6)$$

$$\operatorname{tg} \gamma_f = \operatorname{tg} \gamma_o \cdot \sin \kappa_r, \quad \text{jeżeli} \quad \lambda_s = 0 \quad (5-7)$$

$$\operatorname{tg} \gamma_p = \operatorname{tg} \gamma_o \cdot \cos \kappa_r, \quad \text{jeżeli} \quad \lambda_s = 0 \quad (5-8)$$

#### Wyznaczenie zależności między kątami $\alpha_o$ , $\alpha_f$ , $\alpha_p$ , $\lambda_s$ .

Przez dowolny punkt  $K$  rzutu krawędzi skrawającej na płaszczyznę podstawową prowadzimy płaszczyznę  $P_f$  prostopadłą do osi noża i do płaszczyzny podstawowej. Płaszczyzna ta przetnie się z dolną krawędzią powierzchni przyłożenia w punkcie  $L$  (rys. 5-15). Przez punkt  $L$  prowadzimy płaszczyznę prostopadłą do rzutu krawędzi skrawającej na płaszczyznę podstawową. Płaszczyzna ta przetnie się z krawędzią skrawającą w punkcie  $O$ . Oznaczmy kąty przyłożenia  $\alpha_o$  i  $\alpha_f$  oraz kąt pochylenia krawędzi skrawającej  $\lambda_s$ . Punkt  $K$  na krawędzi skrawającej leży w odległości  $h$  od płaszczyzny podstawowej. Gdyby krawędź skrawająca miała kąt pochylenia  $\lambda_s = 0$ , to punkt  $O$  byłby oddalony o  $h$  od płaszczyzny podstawowej. Ponieważ jednak krawędź skrawająca jest pochylona pod kątem  $\lambda_s \neq 0$ , przeto odległość punktu  $O$  od płaszczyzny wyniesie nie  $h$ , lecz  $h - e$ .



Rys. 5-15. Zależności między kątami  $\alpha_o$  i  $\alpha_f$

Z trójkąta  $ABC$

$$h = \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha_f}$$

Z trójkąta  $DEF$

$$h - e = \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha_o}, \quad \text{stąd} \quad h = \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha_o} + e$$

więc

$$\frac{b}{\operatorname{tg} \alpha_f} = \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha_o} + e$$

Dzieląc obie strony równania przez  $b$ , otrzymamy

$$\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_f} = \frac{a}{b \cdot \operatorname{tg} \alpha_o} + \frac{e}{b}$$

Z trójkąta  $KLM$

$$\frac{a}{b} = \sin \kappa_r$$

Z trójkąta  $JGH$

$$e = d \cdot \operatorname{tg} \lambda_s$$

Z trójkąta  $KLM$

$$b = \frac{d}{\cos \kappa_r}$$

Stąd

$$\frac{e}{b} = \operatorname{tg} \lambda_s \cdot \cos \kappa_r$$

Po podstawieniu otrzymamy

$$\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_f} = \frac{\sin \kappa_r}{\operatorname{tg} \alpha_o} + \operatorname{tg} \lambda_s \cdot \cos \kappa_r \quad (5-9)$$

W podobny sposób można wyprowadzić podane niżej wzory

$$\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_p} = \frac{\cos \kappa_r}{\operatorname{tg} \alpha_o} - \sin \kappa_r \cdot \operatorname{tg} \lambda_s \quad (5-10)$$

$$\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_o} = \frac{\sin \kappa_r}{\operatorname{tg} \alpha_f} + \frac{\cos \kappa_r}{\operatorname{tg} \alpha_p} \quad (5-11)$$

$$\operatorname{tg} \lambda_s = \frac{\cos \kappa_r}{\operatorname{tg} \alpha_f} - \frac{\sin \kappa_r}{\operatorname{tg} \alpha_p} \quad (5-12)$$

$$\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_f} = \frac{\sin \kappa_r}{\operatorname{tg} \alpha_o}, \quad \text{jeżeli} \quad \lambda_s = 0 \quad (5-13)$$

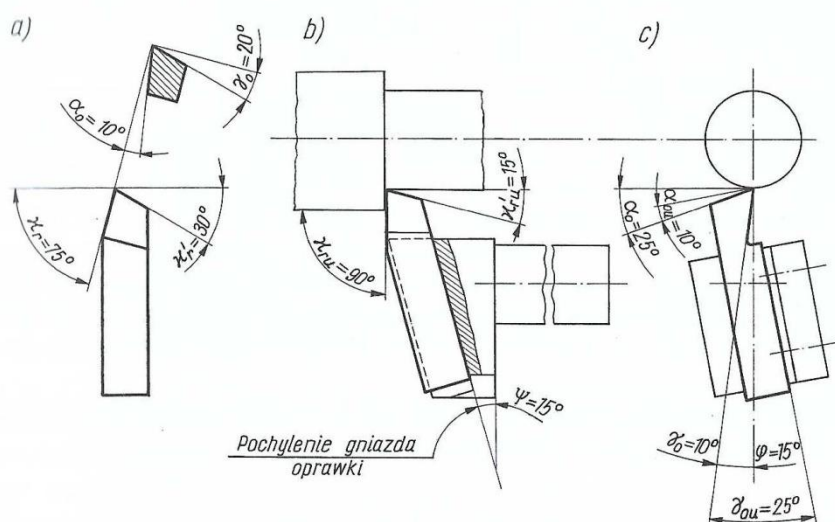
$$\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_p} = \frac{\cos \kappa_r}{\operatorname{tg} \alpha_o}, \quad \text{jeżeli} \quad \lambda_s = 0 \quad (5-14)$$

#### 5.1.4. Kąty ostrza w pomocniczym układzie ustawienia

W dotychczasowych rozważaniach kąty noża rozpatrywaliśmy w układzie narzędzia niezależnie od części obrabianej. Dla układu narzędzia przyjęto następujące założenia:

- 1) kierunek ruchu posuwowego jest prostopadły lub równoległy do płaszczyzny  $P_p$  i  $P_f$  (rys. 5-4 i 5-8),
- 2) krawędź skrawająca leży w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny podstawowej  $P_r$  i przechodzi przez oś toczenia,
- 3) powierzchnia bazowa noża leży w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny podstawowej  $P_r$ ,
- 4) oś noża (powierzchnia boczna noża) jest prostopadła do płaszczyzny  $P_f$ , a równoległa do płaszczyzny  $P_p$ .

Spełnienie tych założeń zależy od ustawienia noża w stosunku do części obrabianej. Rozpatrzmy, jaki wpływ na kąty przystawienia  $\kappa_r$  i  $\kappa'_r$ , kąt natarcia  $\gamma_o$  i kąt przyłożenia  $\alpha_o$  ma ustawienie noża w stosunku do części obrabianej. Zgodnie z założeniami przyjętymi w układzie wymiarowania rzeczywiste kąty  $\kappa_r$ ,  $\kappa'_r$ ,  $\gamma_o$ ,  $\alpha_o$  nie będą się różniły od kątów w tym układzie, gdy ustawienie noża w stosunku do części obrabianej będzie odpowiadało założeniom przyjętym w układzie wymiarowania. Nastąpi to wtedy, gdy krawędź skrawająca noża będzie (dla  $\lambda_s = 0$ ) leżała w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny podstawowej  $P_r$  i przechodzącej przez oś obrotu części obrabianej (krawędź skrawająca ustawiona w osi części obrabianej), wtedy bowiem płaszczyzna skrawania jest prostopadła do płaszczyzny podstawowej  $P_r$  (rys. 5-16a). Ustawienie noża będzie takie, że jego oś będzie prostopadła lub równoległa do kierunku ruchu posuwowego noża (rys. 5-16a).



Rys. 5-16. Wartości kątów ostrza noża w układach: a) narzędzia, b) i c) ustawienia



Jeżeli nóż ustawimy tak, że jego oś będzie nachylona pod kątem  $\psi = 15^\circ$  (rys. 5-16b), to kąty  $\kappa_{ru}$  i  $\kappa'_{ru}$  zmienią swe wartości wyrażone zależnościami

$$\kappa_{ru} = \kappa_r + \psi = 75^\circ + 15^\circ = 90^\circ \quad (5-15)$$

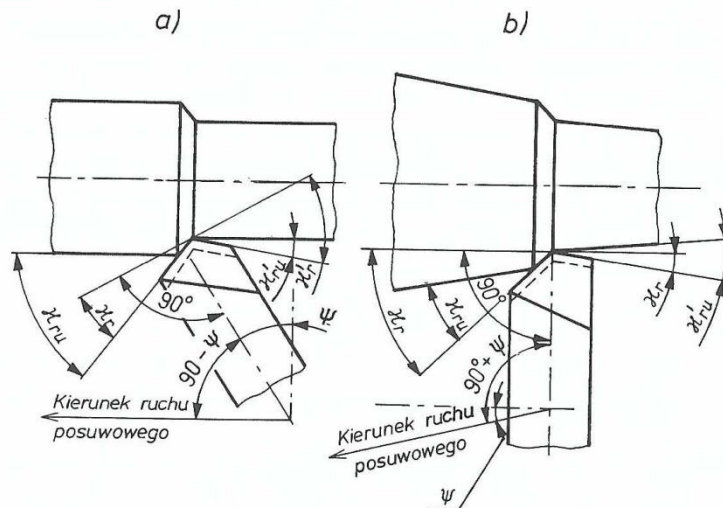
$$\kappa'_{ru} = \kappa'_r - \psi = 30^\circ - 15^\circ = 15^\circ \quad (5-16)$$

Należy przy tym pamiętać, że kąty  $\alpha_o$  i  $\gamma_o$  (rys. 5-15a) również zmieniają się w związku ze zmianą kąta przystawienia ( $\kappa_{ru} = \kappa_r + 15^\circ$ ) przy nachyleniu noża o kąt  $\psi = 15^\circ$ .

Jeżeli mamy ustawić przecinak w oprawce tak, aby jego krawędź skrawająca znajdowała się w osi toczenia (rys. 5-16c), to oprawkę trzeba obrócić o kąt  $\varphi = 15^\circ$ , wówczas podane kąty  $\gamma_o$  i  $\alpha_o$  na rysunku wykonawczym zmieniają swe wartości wyrażone zależnościami

$$\gamma_{ou} = \gamma_o - \varphi = 25^\circ - 15^\circ = 10^\circ \quad (5-17)$$

$$\alpha_{ou} = \alpha + \varphi = 5^\circ + 15^\circ = 20^\circ \quad (5-18)$$



Rys. 5-17. Wpływ ustawienia noża na wartości kątów  $\kappa_r$  i  $\kappa'_r$

W przypadku ustawienia noża w sposób przedstawiony na rys. 5-17a wartości kątów  $\kappa_{ru}$  i  $\kappa'_{ru}$  wyrażą się takimi samymi zależnościami jak na rys. 5-16b.

Jeżeli przy toczeniu stożka ustawimy nóż w sposób przedstawiony na rys. 5-17b, wartości tych kątów określają zależności

$$\kappa_{ru} = \kappa_r - \psi \quad (5-19)$$

$$\kappa'_{ru} = \kappa'_r + \psi \quad (5-20)$$

W praktyce przyjmujemy kierunek działania przeciwny: ustalamy według rysunku wartości kątów  $\gamma_u$ ,  $\alpha_u$ ,  $\kappa_{ru}$ ,  $\kappa'_{ru}$  i  $\alpha'_u$  oprawki, wytaczadła, korpusu głowicy nożowej itp., jakie powinny być dla projektowanej obróbki, a następnie — po uwzględnieniu zmian ich wartości — podajemy na rysunku wykonawczym noża wartości kątów  $\gamma_o$ ,  $\alpha_o$ ,  $\kappa_p$ ,  $\kappa'_r$  i  $\alpha'$ .

### 5.1.5. Kąty ostrza w układzie roboczym

Układ, w którym jest uwzględniony wpływ ruchu posuwowego na wartości kątów nazywamy układem roboczym. Płaszczyzna podstawowa robocza  $P_{re}$  w tym układzie jest prostopadła do kierunku ruchu wypadkowego  $v_e$  (rys. 5-7).

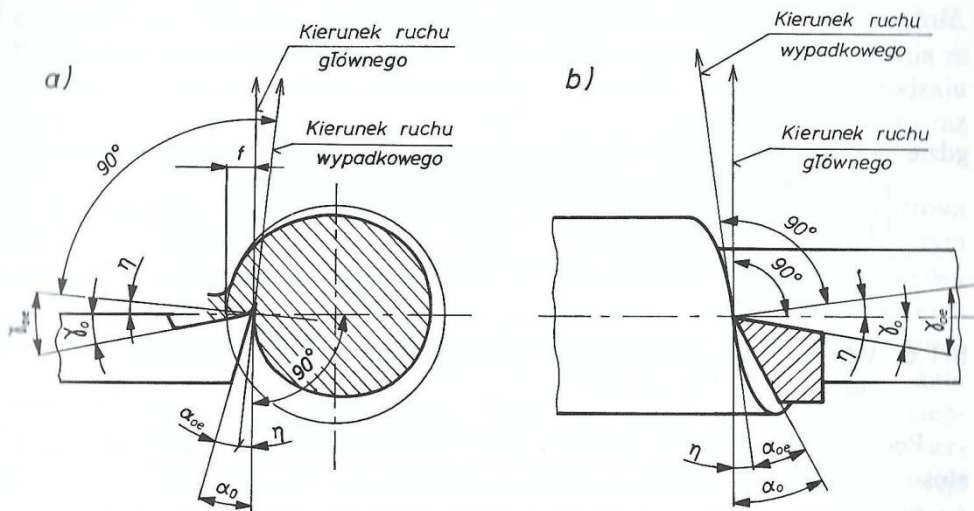
Rozpatrzmy teraz wpływ ruchu posuwowego podczas skrawania na wartości kątów roboczych ostrza przy założeniu, że kierunek ruchu wypadkowego, tj. wektora prędkości  $v_e$ , jest prostopadły do płaszczyzny przechodzącej przez oś toczenia.

W przypadku toczenia poprzecznego ze stałym posuwem zarys powierzchni toczenia będzie spiralą Archimedesusa (rys. 5-18a). Widzimy więc, że przy toczeniu prostopadłym do osi zwiększa się kąt natarcia i zmniejsza kąt przyłożenia, przy czym

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \eta \quad (5-21)$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o - \eta \quad (5-22)$$

$$\operatorname{tg} \eta = \frac{f}{\pi \cdot d}$$



Rys. 5-18. Wpływ ruchu posuwowego na wartości kątów  $\alpha_o$  i  $\gamma_o$ : a) przy toczeniu poprzecznym, b) przy toczeniu wzdłużnym

Kąt  $\eta$  jest bardzo mały i w miarę zbliżania się do środka części obrabianej wzrasta. Kąta  $\eta$  nie bierzemy pod uwagę przy wyznaczaniu wartości kątów dla noży do rowków i przecinaków, jeżeli układ ustawienia pokrywa się z układem wymiarowania noża. Jednakże w pewnych przypadkach trzeba się liczyć z istnieniem tego kąta (np. przy zataczaniu zębów, szczególnie w kierunku prostym do osi toczenia, kąt  $\eta$  osiąga wartość kilkunastu stopni, wpływając na wartości kątów roboczych).

W przypadku toczenia wzdłużnego ze stałym posuwem powierzchnia toczenia będzie powierzchnią śrubową (rys. 5-17b). Widzimy, że kąty zmieniają się w taki sam sposób, jak w przypadku toczenia poprzedniego, przy czym

$$\operatorname{tg} \eta = \frac{f}{\pi \cdot d} \quad (5.23)$$

gdzie:  $d$  — średnica odpowiadająca rozpatrywanemu punktowi na krawędzi skrawającej w mm,

$f$  — posuw w mm na 1 obrót części obrabianej.

W przypadku zwykłego toczenia wzdłużnego wartość kąta  $\eta$  jest bardzo mała (nie przekracza  $30^\circ$ – $40^\circ$ ) i dlatego nie bierzemy go pod uwagę. Przy toczeniu gwintów trapezowych, rowków śrubowych, zataczaniu wzdłuż i poprzecznie do osi tokarki kąt  $\eta$  może mieć wartość kilkunastu stopni i musi być uwzględniony.

Obliczenie wartości kątów w różnych płaszczyznach układu roboczego można wykonać w podobny sposób, jak podany w rozdz. 5.1.3.

Przy przejściu z układu narzędzia (rozdz. 5.1.3.) na układ roboczy należy uwzględnić wpływ kąta  $\eta$  — kierunku ruchu wypadkowego

$$\operatorname{tg} \eta = \frac{\sin \varphi}{\frac{v_c}{v_f} + \cos \varphi} \quad (5-24)$$

gdzie:  $\varphi$  — kąt kierunku ruchu posuwowego,

$v_c$  — prędkość skrawania (prędkość ruchu głównego),

$v_f$  — prędkość ruchu posuwowego (wyrażona w tych samych jednostkach, co prędkość skrawania).

#### 5.1.6. Wpływ poszczególnych kątów części roboczej noża na przebieg skrawania

Podane niżej czynniki wpływające na wartości kątów  $\gamma_o$  i  $\alpha_o$  mają zastosowanie do noży ogólnego użytku i przyjmujemy je z tablic.

Kąty noży projektowanych do obróbki części o dużym posuwie w kierunku wzdłużnym bądź poprzecznym, np. do gwintów trapezowych o dużym skoku, rowków śrubowych, frezów zataczanych itp., rozpatrujemy w układzie



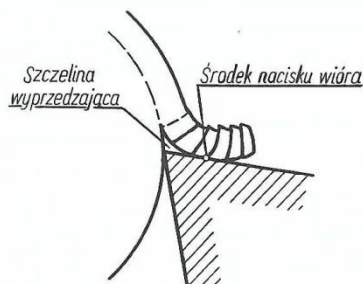
płaszczyzn  $P_r$ ,  $P_f$  i  $P_p$ . Szczególną uwagę należy zwrócić na wartości kątów  $\alpha_f$  i  $\alpha_p$ , które powinny być większe co najmniej o  $2^\circ$  od kąta kierunku ruchu wypadkowego  $\eta$ .

O wyborze wartości poszczególnych kątów decydują rozmaite względy, które są ze sobą niejednokrotnie sprzeczne. Z pewnych względów wymaga się, aby dany kąt był możliwie duży, z innych, aby był możliwie mały. Decydują, oczywiście, względy ważniejsze. Ustalenie wartości poszczególnych kątów w drodze rozważań teoretycznych nie jest możliwe. Przyjęte w praktyce wartości kątów zostały ustalone na podstawie licznych badań. Ich wyniki posłużyły do ułożenia tablic zalecanych wartości kątów noży, zależnie od materiału obrabianego i warunków obróbki. Tablice te nie uwzględniają jednak wszystkich przypadków występujących w konkretnych warunkach obróbki. W takich sytuacjach zachodzi konieczność zastosowania innych niż zalecane w tablicach wartości kątów noży, dlatego trzeba wiedzieć, jaki wpływ mają poszczególne kąty ostrza noża na przebieg skrawania.

**Kąt przyłożenia  $\alpha_o$**  ma za zadanie zmniejszyć tarcie między powierzchnią przyłożenia a powierzchnią skrawania. Teoretycznie przy ustawieniu głównej krawędzi skrawającej noża w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny podstawowej i przechodzącej przez oś obrotu części obrabianej nóż styka się z powierzchnią obrabianą wzdłuż krawędzi skrawającej. W praktyce jednak tak nie jest, bowiem ani nóż, ani część obrabiana nie są idealnie sztywne. Podczas skrawania zachodzą odkształcenia plastyczne i sprężyste w warstwie zewnętrznej części obrabianej zarówno przed krawędzią skrawającą, jak i poniżej tej krawędzi. Występuje zetknięcie się i tarcie między powierzchnią przyłożenia a powierzchnią części obrabianej. Na podstawie badań stwierdzono, że wartość kąta przyłożenia ma duży wpływ na trwałość noża. Ze wzrostem kąta przyłożenia zmniejsza się zużycie noża i zwiększa jego trwałość. Doświadczalnie ustalono, że najwłaściwszy zakres wartości kąta przyłożenia ze względu na trwałość noża wynosi  $6 \div 15^\circ$ . Wartość ta zależy od rodzaju materiału obrabianego i materiału, z którego jest wykonane ostrze noża oraz od wartości posuwu. Wartości kąta  $\alpha_o$  podano w tabl. 6-2 i 6-9.

**Kąt natarcia  $\gamma_o$**  ma duży wpływ na przebieg skrawania. Od jego wartości zależą odkształcenia, jakim ulega wiór. Im większy jest kąt natarcia, tym mniejszym odkształceniom ulega wiór. Mniejszym odkształceniom warstwy skrawanej odpowiadają mniejsze opory skrawania, a tym samym większa trwałość narzędzia umożliwiającą zwiększenie wydajności obrabiarki (zastosowanie większej prędkości skrawania). Zbyt duże jednak powiększenie kąta natarcia osłabia krawędź skrawającą, pogarsza warunki odprowadzania ciepła, co powoduje zmniejszenie trwałości noża. Na podstawie badań stwierdzono, że przy zmianie kąta natarcia w granicach od  $30^\circ$  do  $45^\circ$  maleje tępienie się ostrzy noża oraz obniża się temperatura skrawania, jednak już przy kącie powyżej  $45^\circ$  krawędź skrawająca noża zbyt szybko się osłabia. Zmniejszanie kąta natarcia w granicach od  $45^\circ$  do  $30^\circ$ , w związku z działaniem





Rys. 5-19. Nacisk wióra na powierzchnię natarcia przy obróbce materiałów ciągliwych

szeregu czynników, powoduje zwiększenie wytrzymałości ostrza bez widocznego zwiększenia intensywności jego tępienia się oraz wzrostu temperatury skrawania.

Na dobór wartości kąta natarcia  $\gamma_o$  ma wpływ m.in. kształt powierzchni natarcia. Przy toczeniu metali ciągliwych krawędź skrawająca ulega naciskowi wióra tylko w momencie wcinania się noża. Schodzący wiór wywiera nacisk na powierzchnię natarcia w pewnej odległości od krawędzi skrawającej. Część powierzchni natarcia znajdująca się w obszarze szczeliny wyprzedzającej nie ulega naciskowi wióra (rys. 5-19). Wartość kąta natarcia tej części powierzchni nie wpływa na odkształcenie wióra i na siły skrawania. Jeśli na części powierzchni natarcia znajdującej się w obszarze szczeliny wyprzedzającej kąt natarcia będzie mały ( $0 \div 5^\circ$ ), w celu zapewnienia jej wytrzymałości, a na pozostałej powierzchni natarcia kąt natarcia będzie większy (do  $30^\circ$ ), to przy małym zniekształceniu wióra otrzymamy dostatecznie wytrzymałą i trwałą krawędź skrawającą.

Wybór wartości kąta natarcia  $\gamma_o$  zależy również od własności mechanicznych materiału części obrabianej i rodzaju materiału, z którego jest wykonane ostrze noża. W narzędziach ze stali szybko tnącej stosujemy kąty natarcia  $\gamma_o$  o wartości  $0 \div 30^\circ$ , a w narzędziach z węglików spiekanych  $\pm 20^\circ$  do  $-20^\circ$ . Większe wartości kątów natarcia są stosowane do obróbki materiałów o niskich własnościach wytrzymałościowych.

Wartości kąta  $\gamma_o$  podano w tablicach 6-1 i 6-9.

Kąt ostrza  $\beta_o$  otrzymujemy jako rezultat doboru kątów  $\alpha_o$  i  $\gamma_o$ , gdyż  $\beta_o = 90^\circ - (\alpha_o + \gamma_o)$ .

Kąt skrawania  $\delta_o$  otrzymujemy również jako rezultat doboru kątów  $\alpha_o$  i  $\gamma_o$ ;  $\delta_o = 90^\circ - \gamma_o$ ;  $\delta_o = \alpha_o + \beta_o$ .

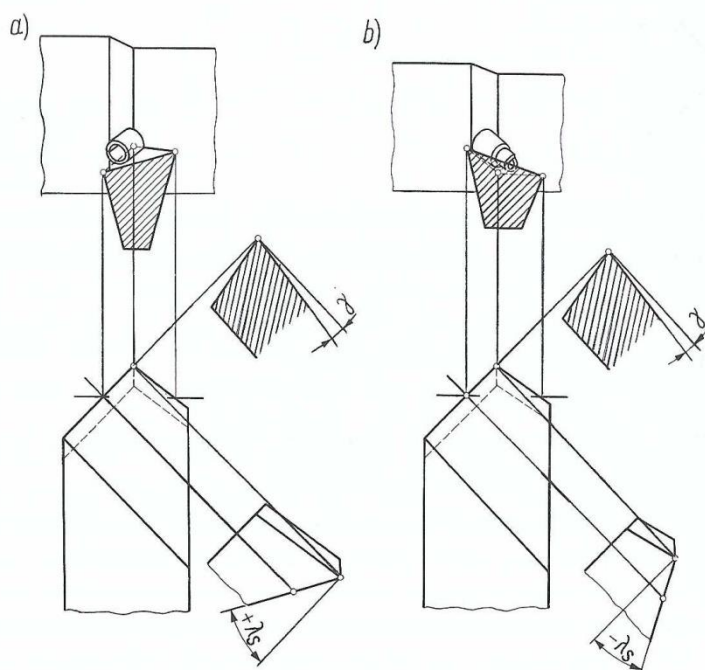
Kąt przystawienia  $\kappa_r$  ma złożony wpływ na przebieg skrawania. Im mniejszy zastosujemy kąt  $\kappa_r$  przy tej samej głębokości skrawania, tym dłuższa część krawędzi skrawającej będzie brała udział w skrawaniu. Dzięki temu polepszy się odprowadzanie ciepła wytwarzającego się podczas skrawania i zwiększy się trwałość noża, ale jednocześnie zwiększy się siła odpychająca nóż od części obrabianej (składowa odporowa siły skrawania), co jest przyczyną drgania części obrabianej, narzędzia i obrabiarki. Powoduje to pogorszenie się jakości obrabianej powierzchni oraz prowadzi do przedwczesnego zużycia się narzędzia. Zjawisko to szczególnie jaskrawo występuje przy obróbce części mało sztywnych.

Wybór wartości kąta  $\kappa_r$  zależy od: kształtu, sztywności, wartości naddatku na obróbkę i rodzaju materiału części obrabianej, wytrzymałości obrabiarki i narzędzia oraz wartości kąta natarcia. Kąt przystawienia w przeciętnych

warunkach obróbki przyjmuje się w granicach  $30 + 90^\circ$ . Najmniejsze wartości kątów  $\kappa_r$  stosuje się w pracy nożami o dużym kącie natarcia, na sztywnych obrabiarkach, w obróbce sztywnych części obrabianych, przy sztywnym zamocowaniu noża i części obrabianej.

Wartości kątów  $\kappa_r$  — zależnie od rodzaju noża, materiału noża, charakteru obróbki i sztywności układu — podano w tablicach 6-3 i 6-10.

Kąt pochylenia krawędzi skrawającej  $\lambda_s$  ma wpływ na kierunek spływania wióra (rys. 5-20). W toczeniu przerywanym pochylenie krawędzi skrawającej powoduje stopniowe wcinanie się jej w kierunku wierzchołka, dzięki czemu uderzenie w momencie wcinania się noża jest łagodzone i przejmowane przez bardziej wytrzymałe odcinki krawędzi skrawającej, co powoduje zwiększenie trwałości noża. Jest to szczególnie ważne w toczeniu przerywanym ostrzami z nakładkami z węglików spiekanych. W tych przypadkach stosuje się ujemne kąty pochylenia krawędzi skrawającej, dochodzące do  $30^\circ$ . Wartości kątów  $\lambda_s$  są podane w tablicach 6-4 i 6-11.



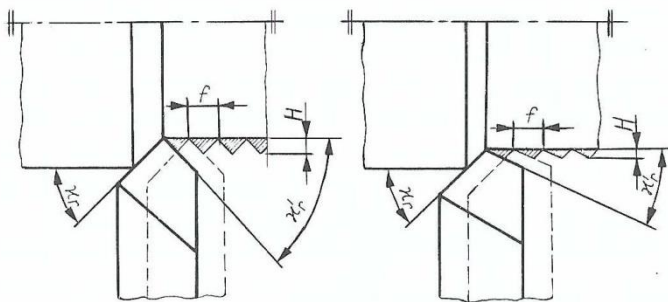
Rys. 5-20. Wpływ kąta  $\lambda_s$  na kierunek spływania wióra

Przy dodatnim kącie  $\lambda_s$  (rys. 5-20a) wierzchołek noża jest położony wyżej niż pozostałe punkty krawędzi skrawającej i wiór spływa po powierzchni natarcia w kierunku powierzchni obrabianej, a przy ujemnym kącie  $\lambda_s$  (rys. 5-20b) wierzchołek noża jest najniższym punktem i wiór jest spychany ku powierzchni obrobionej.



**Pomocniczy kąt przyłożenia  $\alpha'_0$ .** Na podstawie obserwacji ustalono, że nawet wówczas, gdy na głównej powierzchni przyłożenia zachodzi bardzo intensywne zużywanie się noża, na pomocniczej powierzchni przyłożenia zużycie nie występuje. Tylko przy niewielkiej głębokości skrawania można zauważyć małe oznaki ścierania się noża. Tłumaczy się to tym, że główną pracę skrawania wykonuje krawędź skrawająca. Wartości pomocniczych kątów przyłożenia są podane w tabl. 6-2.

**Pomocniczy kąt przystawienia  $\kappa'_r$**  ma za zadanie zmniejszyć powierzchnię zetknięcia pomocniczej powierzchni przyłożenia z powierzchnią części obrabianej. Gdyby nóż miał tylko pomocniczy kąt przyłożenia, a nie miał pomocniczego kąta przystawienia, to cała krawędź skrawająca zetknęłaby się z powierzchnią obrobioną. Dzięki istnieniu pomocniczego kąta przystawienia z po-



Rys. 5-21. Wpływ pomocniczego kąta przystawienia  $\kappa'_r$  na wysokość chropowatości

wierzchnią obrobioną styka się tylko nieduży odcinek tej krawędzi. Kąt  $\kappa'_r$  ma wpływ na jakość obróbki: ze zwiększeniem się tego kąta wzrasta wysokość nierówności (rys. 5-21) obrobionej powierzchni. Wartości pomocniczych kątów przystawienia podano w tablicach 6-3 i 6-10.

#### 5.1.7. Wpływ ustawienia noża poniżej lub powyżej osi toczenia na jakość powierzchni obrobionej

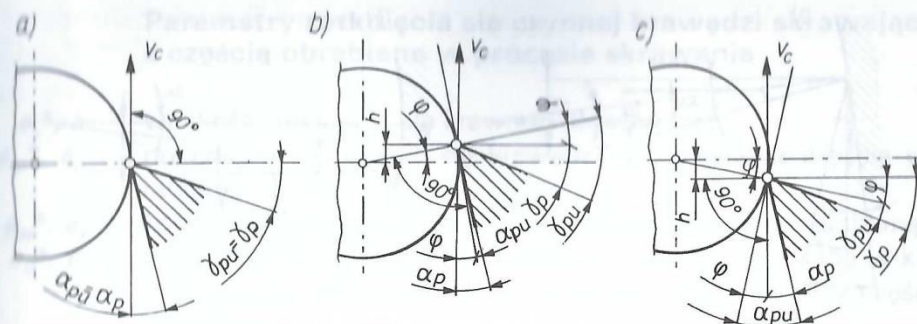
W praktyce zaobserwowano, że ustawienie wierzchołka noża w odległości ok. 1/50 średnicy obrabianej części powyżej lub poniżej osi toczenia ma wpływ na jakość powierzchni obrabianej.

Rozpatrzmy (w przypadku toczenia wzdłużnego), jaki wpływ na kąt natarcia  $\gamma_p$  i kąt przyłożenia  $\alpha_p$  będzie miało takie ustawienie noża, przy założeniu że kąt  $\kappa_{ru} = \kappa_r$  i kąt  $\lambda_s = 0$  (rys. 5-22).

1. Rozpatrywany punkt krawędzi skrawającej leży p o w y ż e j osi obrotu części obrabianej (rys. 5-22b). Z rysunku widzimy, że w płaszczyźnie  $P_p$  kąty ustawcze różnią się od kątów noża, przy czym

$$\gamma_{pu} = \gamma_p + \varphi \quad (5-25)$$

$$\alpha_{pu} = \alpha_p - \varphi \quad (5-26)$$



Rys. 5-22. Wpływ ustawienia noża na wartości kątów  $\alpha_p$  i  $\gamma_p$  przy toczeniu zewnętrznym, gdy rozpatrywany punkt krawędzi skrawającej leży: a) w osi toczenia, b) powyżej osi toczenia, c) poniżej osi toczenia

2. Rozpatrywany punkt krawędzi skrawającej leży poniżej osi obrotu części obrabianej (rys. 5-22c). W tym przypadku:

$$\gamma_{pu} = \gamma_p - \varphi \quad (5-27)$$

$$\alpha_{pu} = \alpha_p + \varphi \quad (5-28)$$

W podobny sposób ustawienie noża wpływa na wartości kątów w toczeniu poprzecznym.

W pierwszym przypadku na skutek zwiększenia się kąta natarcia zmniejsza się kąt skrawania. Poprawiają się dzięki temu warunki obróbki, ponieważ opór skrawania jest mniejszy niż przy ustawieniu krawędzi skrawającej na osi. Z drugiej strony, nóż ma tendencję do zdejmowania grubszej, niż to jest przewidziane, warstwy materiału, gdyż przy zginaniu się noża pod działaniem siły skrawania jego wierzchołek zagłębia się w materiał. Poza tym nóż ma tendencję do drgania. Powierzchnia obrobiona w tym przypadku nie jest gładka, sposób ten nie nadaje się więc do obróbki wykańczającej.

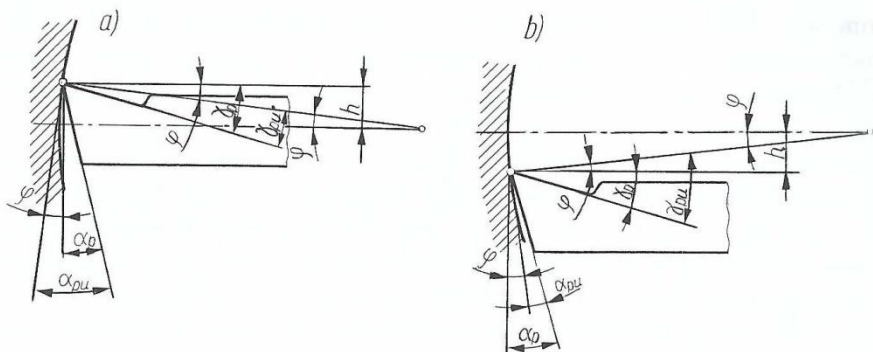
W przypadku drugim nóż ma tendencję do zdejmowania mniejszej warstwy materiału, gdyż przy zginaniu się noża jego wierzchołek oddala się od obrabianego materiału.

Powyższe rozważania odnoszą się do toczenia zewnętrznego. W wytaczaniu zachodzą zjawiska odwrotne do poprzednio omówionych (co przedstawiono na rys. 5-23).

Ustawienie rozpatrywanego punktu krawędzi skrawającej noża powyżej osi części obrabianej powoduje zmniejszenie kąta  $\gamma_p$  i zwiększenie kąta  $\alpha_p$  o kąt  $\varphi$  (rys. 5-23a), a ustawienie poniżej osi części obrabianej powoduje zwiększenie kąta  $\gamma_p$  i zmniejszenie kąta  $\alpha_p$  (rys. 5-23b).

W przypadku wytaczania zmniejszenie kąta skrawania następuje przy ustawieniu noża poniżej osi części toczonej i dlatego do obróbki zgrubnej należy nóż ustawić poniżej środka, a do wykańczającej — na środku lub powyżej środka.





Rys. 5-23. Wpływ ustawienia noża na wartości kątów  $\alpha_p$  i  $\gamma_p$  przy toczeniu wewnętrznym, gdy rozpatrywany punkt krawędzi skrawającej leży w płaszczyźnie: a) powyżej osi toczenia, b) poniżej osi toczenia

Ostateczne wnioski można sformułować w sposób następujący.

- Nóż ustawia się **w osi lub powyżej osi** części obrabianej:
  - do obróbki zewnętrznej zgrubnej,
  - do obróbki wewnętrznej (wytaczania) zgrubnej bardzo twardych materiałów,
  - do obróbki wewnętrznej (wytaczania) wykańczającej.
- Nóż ustawia się **w osi lub poniżej osi** części obrabianej:
  - do obróbki zewnętrznej zgrubnej bardzo twardych materiałów,
  - do obróbki zewnętrznej wykańczającej,
  - do obróbki wewnętrznej (wytaczania) zgrubnej.

#### Pojęcie związane z czynną krawędzią skrawającą

- $S_a$  — czynna krawędź skrawająca wyznaczona punktami A–C,  
 krzywa A–B — główna czynna krawędź skrawająca,  
 krzywa B–C — pomocnicza czynna krawędź skrawająca,
- $l_{Sa}$  — długość czynnej krawędzi skrawającej (długość krzywej A–C),
- $D$  — główny punkt krawędzi skrawającej (zaleca się, aby  $A-D = D-B$ ),
- $P_D$  — płaszczyzna przechodząca przez punkt  $D$ , prostopadła do kierunku ruchu głównego w tym punkcie.  
 Profil czynnej krawędzi skrawającej — krzywa wyznaczona punktami A, D, B i C w płaszczyźnie przekroju warstwy skrawanej.
- $l_{SaD}$  — długość profilu czynnej krawędzi skrawającej (wyznaczona punktami A, D, B i C).

**Parametry zetknięcia się czynnej krawędzi skrawającej z częścią obrabianą w procesie skrawania**

- $a_s^*, a$  — wielkość zetknięcia się krawędzi skrawającej,  
 $a_{sp}^*, a_p$  — poprzeczne zetknięcie się krawędzi skrawającej z częścią obrabianą,  
 $a_{so}^*, a_o$  — robocze zetknięcie krawędzi skrawającej z częścią obrabianą,  
 $a_{sl}^*, a_l$  — zetknięcie się krawędzi skrawającej z częścią obrabianą w kierunku ruchu posuwowego (posuwowe zetknięcie się z częścią obrabianą).

\* Gdy nie jest jednoznaczne, że oznaczenie dotyczy pojedynczej krawędzi, należy dodać indeks  $s$ .

**Pytania kontrolne:**

- 1) Omów kąty ostrza w układzie roboczym.
- 2) Omów wpływ ustawienia noża na jakość powierzchni obrabianej.