

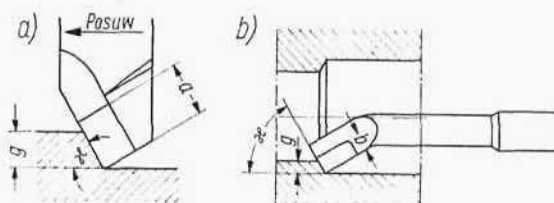
- g) kąt przystawienia głównej krawędzi skrawającej  $\alpha$  i w pewnych przypadkach
- h) wielkość narzędzia.

W praktyce przyjęło się tabelaryczne ujmowanie parametrów technologicznych dla obróbki skrawaniem, tak też przedstawiono w niniejszym opracowaniu. Graficzne przedstawienie normatywów szybkości skrawania czy posuwów jest przyjmowane niechętnie mimo niewątpliwych ich zalet, np. w ocenie intensywności wpływu poszczególnych czynników.

### 3. Dobór ilości przejść obróbkowych

Rozważania nad wpływem głębokości skrawania i wielkości posuwu na okresową szybkość skrawania i trwałość narzędzi skrawających przeprowadzono na wstępie rozdziału 0.II.2. Badania te wykazały, że najracjonalniej jest skrawać przy pełnej głębokości skrawania, jeśli to tylko jest możliwe. Gdy znana jest więc wielkość naddatku materiału oraz stan jakościowy materiału, a ponadto sprecyzowane są wymagania techniczne odnośnie jakości powierzchni po obróbce, to dane te na ogół wystarczają do określenia ilości przejść. Dla robót tokarskich przy wymaganej chropowatości  $\nabla 2 \div \nabla 4$  wystarcza jedno przejście z właściwym posuwem, natomiast przy chropowatości  $\nabla 5 \div \nabla 7$  klasy przy dużym nadadku i surowej powierzchni wyjściowej wymagane są co najmniej dwa przejścia: zdzierające i wykańczające. W czasie zdzierania zdejmuje się nadmiar materiału w postaci naddatku, a wykańczanie nadaje powierzchni obrabianej właściwą jakość. Ilość przejść zgrubnych może wynosić więcej niż jedno, gdy:

- a) wielkość naddatku materiałowego przekracza możliwości gabarytowe ostrza narzędzia (poziom materiał nie może sięgać poza wzniesienie roboczej krawędzi skrawającej — rys. 0/10),



Rys. 0/10. Głębokość skrawania  $g$  musi być mniejsza od wysokości wzniesienia krawędzi skrawającej: a) przy nożach-zdzierakach  $g < a \sin \alpha$  np. dla noża  $16 \times 25$ ,  $\alpha = 45^\circ$ ,  $a = 16$  mm;  $g < 11$  mm, b) przy nożach-wytaczakach  $g < b \sin \alpha$ , np. dla noża  $16 \times 16$ ,  $\alpha = 60^\circ$ ,  $b = 6$  mm;  $g < 5$  mm

- b) zachodzi znaczna nierównomierność wielkości naddatku, czy jednorodności wewnętrznej, powodująca tak silne drgania narzędzia i układu „obrabiarka-przedmiot”, że w wyniku nie otrzymuje się wystarczającej klasy chropowatości powierzchni dla dalszej obróbki wykańczającej,

- c) możliwości wytrzymałościowe narzędzia czy przedmiotu nie dopuszczają do zbyt dużych sił skrawania.

W praktyce decyzja co do ilości przejść zależy od zaplanowania samego procesu technologicznego. Warunki przygotowania odlewów, czy odkuwek dla produkcji seryjnej są na ogół na tyle korzystne, że w większości np. robót tokarskich stosuje się 1 lub 2 przejścia zgrubne. Określenie głębokości skrawania dla przejścia zgrubnego nie jest wówczas trudne. Pamiętać trzeba wtedy tylko o dwóch momentach:

a) jaki naddatek należy pozostawić na wykończenie przy określonym rodzaju obróbki zgrubnej,

b) jaki jest przypuszczalny maksymalny naddatek materiału, jeżeli weźmie się pod uwagę możliwe błędy w wykonaniu półfabrykatu (np. „rozbiecie” modelu czy matrycy, przesunięcie rdzenia, a także błąd wykonania w poprzedzającej operacji).

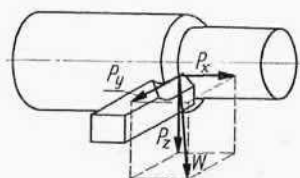
Na ten drugi moment należy zwrócić uwagę. Zbyt szablonowo podchodzą nie-raz normiści do sprawy naddatku materiałowego zapominając, że odlew, odkuwka, czy materiał walcowany mają także swoje tolerancje wykonania zarówno pod względem wymiaru, jak i kształtu.

I pod tym względem powierzchnie surowe odlewów i odkuwek zawsze będą sprawiać większy kłopot.

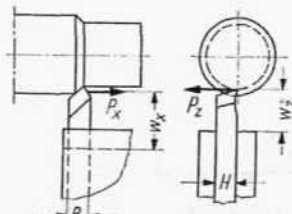
Przy innych metodach obróbki niż toczenie zachodzą podobne problemy, z tym że wiele z nich ma gotowe wypróbowane instrukcje co do ilości przejść, np. przy robotach wiertarskich, przy obróbce kół zębatych itp.

#### 4. Siły i moc skrawania

Z teorii obróbki skrawaniem wiadomo, że w czasie skrawania występuje pewien wypadkowy opór skrawania  $W$ , dający się rozłożyć na trzy siły składowe  $P_z$ ,  $P_y$ ,  $P_x$ . Opór ten pokonywany jest przez równą mu, lecz przeciwnie skierowaną siłę skrawania  $R$ . Dlatego też w praktyce można posługiwać się zarówno określeniem *siła skrawania*, jak i *opór skrawania*. W przypadku obróbki nożem tokarskim (rys. 0/11) obwodowa siła  $P_z$  zwana *główną siłą skrawania* decyduje o mocy skrawania i od niej powinien być uzależniony dobór noża o odpowiedniej wytrzymałości, gdyż wywołuje największy moment zginania  $M_g$  o ramieniu  $W_z$  (rys. 0/12).



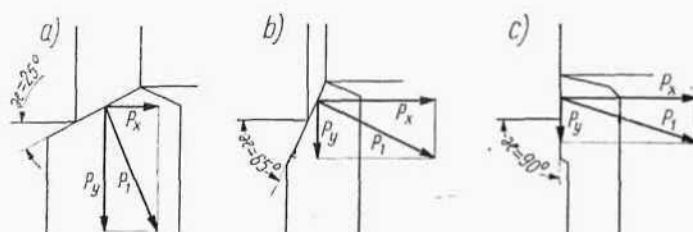
Rys. 0/11. Rozkład sił skrawania przy toczeniu



Rys. 0/12. Rozkład sił zginających trzonek noża tokarskiego zamocowanego w imaku narzędziowym

*Opór posuwu*  $P_x$  przeciwstawiający się *osiowej sile skrawania* nie ma na ogół wpływu na warunki wytrzymałościowe narzędzia, odgrywa istotną rolę w obróbce wielonarzędziowej ze względu na wytrzymałość mechanizmów posuwowych (np. na wiertarce wielowrzecionowej, z uwagi na dopuszczalną siłę osiową, redukuje się wielkości posuwu zależnie od średnicy wiertel i ich ilości). Jeśli zaś chodzi o moc skrawania, to wobec małej szybkości posuwu siła ta też nie odgrywa roli; moc posuwu nie przekracza nawet 0,1% ogólnej mocy skrawania.

*Promieniowa siła skrawania*  $P_y$  musi być dokładniej rozpatrywana, ponieważ powoduje zginanie przedmiotu oraz jest źródłem drgań przedmiotu i obrabiarki. Praktycznie przy ustalaniu np. warunków toczenia, gdy zachodzi niebezpieczeństwo zginania przedmiotu oraz mogą powstać znaczne drgania, siłę  $P_y$  zmniejsza się przez zwiększenie kąta przystawienia  $\alpha$  (patrz rys. 0/13 i tabl. 0-17). Na przykład



Rys. 0/13. Rozkład sił  $P_y$  i  $P_x$  przy toczeniu z różnym kątem przystawienia  $\alpha$ ; a) kąt  $\alpha = 25^\circ$ ; b)  $\alpha = 65^\circ$ ; c)  $\alpha = 90^\circ$

Tablica 0-17. Współczynniki poprawkowe  $K_{\kappa p}$  do obliczania składowych sił skrawania  $P_z$ ,  $P_y$  i  $P_x$  przy toczeniu stali ( $R = 75 \text{ kG/mm}^2$ ) uwzględniające wpływ kąta przystawienia  $\alpha$

Składowe sił	Kąt przystawienia $\alpha$ w stopniach						
	10	20	30	45	60	75	90
	Wartość współczynnika $K_{\kappa p}$						
$P_z$	1,32	1,16	1,08	1,0	0,98	1,0	1,08
$P_y$	—	—	1,63	1,0	0,71	0,54	0,44
$P_x$	—	—	0,70	1,0	1,27	1,51	1,82

Tablica 0-18. Wartości współczynnika  $C_p$  i wykładników potęgowych  $e_p$  i  $u_p$  przy obliczaniu głównej siły skrawania dla obróbki nożem

Rodzaj obróbki	Materiał obrabiany $R_m, HB, HRC$ w $\text{kG/mm}^2$	$C_p$	$e_p$	$u_p$
Toczenie zewnętrzne i wewnętrzne	Stal, staliwo $R_m = 75$	200	1,0	0,75
	Stal hartowana $HRC = 51$	280	0,8	0,75
	Żeliwo szare $HB = 150$	100	1,0	0,75
	Żeliwo ciągliwe $HB = 150$	100	1,0	0,75
	Brąz średnio twardy	55	1,0	0,66
Przecinanie	Stal, staliwo $R_m = 75$	250	1,0	1,0
	Żeliwo $HB = 150$	140	1,0	1,0
Toczenie kształtowe	Stal $R_m = 75$	210	1,0	0,75

przy toczeniu długich, cienkich przedmiotów stosuje się noże boczne o kącie  $\alpha = 90^\circ$ . Promieniowa siła  $P_y$  maleje wówczas o 56% w stosunku do przypadku  $\alpha = 45^\circ$ .

Główną siłę skrawania  $P_z$  w obróbce tokarskiej określa się na podstawie ogólnego wzoru

$$P_z = C_p g e_p p^{u_p} K_{Mp} K_{\gamma p} K_{rp} K_{\alpha p} K_{fp} \quad [0.15]$$

gdzie:  $C_p$  — współczynnik materiałowy w zależności od obrabianego materiału i rodzaju obróbki tokarskiej,  $e_p$  i  $u_p$  — wykładniki potęgowe zależne od grupy materiału obrabianego i rodzaju narzędzia,  $K_{Mp}$  —  $K_{fp}$  — współczynniki poprawkowe w zależności od różnych zmieniających się warunków obróbki.

Z wyjątkiem obróbki stali hartowanej, wykładnik  $e_p = 1$ , tzn. że obwodowa siła skrawania  $P_z$  jest wprost proporcjonalna do głębokości skrawania. W większości rodzajów obróbki zachodzi podobna zależność. Natomiast wykładnik  $u_p$  przy posuwie w zasadzie nie jest równy jedności, lecz jest od niej mniejszy (tabl. 0-18) i wskutek tego ze wzrostem wielkości posuwu siła  $P_z$  rośnie wolniej. Znaczący to, że skrawanie dużymi posuwami jest ekonomiczniejsze z punktu widzenia wykorzystania mocy skrawania.

Jeśli posuw  $p$  powiększyć 2 razy, to siła  $P_z$  wzrasta  $2^{0.75}$  razy, tj.  $2^{\frac{3}{4}} = \sqrt[4]{2^3} = 1,68$  razy.

Współczynniki materiałowe  $C_p$  dotyczą materiałów wzorcowych (tabl. 0-18), a  $K_{Mp}$  — materiałów różniących się od nich. Podobnie jak przy normatywach szybkości skrawania, tu także odmiany gatunkowe obrabianych materiałów uwzględnia się przez porównanie z odpowiednim materiałem wzorcowym. Wartości współczynników  $K_{Mp}$  dla stali wahają się w granicach od 0,7 do 1,35 a przy żeliwach od 0,85 do 1,40.

Wpływ kąta natarcia  $\gamma$  na siłę skrawania  $P_z$  praktycznie może być pominięty. Zapamiętać tylko trzeba, że wzrost kąta natarcia zmniejsza siły skrawania i że ujemne kąty  $\gamma$  i ściny wywołują powiększanie się oporów podczas obróbki.

Jeśli chodzi o współczynniki poprawkowe  $K_{rp}$  uwzględniające wpływ zaokrąglenia wierzchołka noża  $r$  na siłę  $P_z$ , to również w granicach stosowanych wartości  $r = 1 \div 3$  mm można tych współczynników nie uwzględniać.

Kąt przystawienia  $\alpha$  wywiera znaczny wpływ na układ sił skrawania (rys. 0/13) i na wielkości sił  $P_y$  i  $P_x$ , a na główną siłę skrawania  $P_z$  oddziałuje w małym stopniu (tabl. 0-17). Praktycznie kąt  $\alpha$  waha się w granicach  $30^\circ \div 90^\circ$ , a więc współczynnik  $K_{\alpha p}$  dla siły  $P_z$  o wartości  $0,98 \div 1,08$  nie odgrywa roli.

Współczynnik poprawkowy  $K_{fp}$  dotyczący wpływu kształtu krawędzi skrawającej tak ze względu na stosunkowo rzadkie stosowanie, jak i na małe posuwy, także może nie być uwzględniany przy określaniu sił i mocy skrawania.

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że dla celów technicznego normowania w warunkach produkcji średnioseryjnej wzór [0.15] daje się sprowadzić do uproszczonej postaci

$$P_z = C_p g p^{u_p} K_{Mp} \quad [0.16]$$

Znajomość oporu skrawania  $P_z$  oraz szybkości skrawania  $v$  pozwala na bezpośrednie określenie efektywnej mocy skrawania  $N_e$  wg zależności

$$N_e = \frac{P_z v}{6120} \text{ kW} \quad [0.17]$$

Wymagana moc silnika napędzającego  $N_s$  obrabiarki będzie wtedy równa

$$N_s = \frac{N_c}{\eta} \quad [0.18]$$

gdzie  $\eta$  — sprawność wykorzystania mocy na samą pracę skrawania.

Praktycznie przyjmuje się  $\eta = 0,75 \div 0,8$ .

Główna siła  $P_z$  działając na nóż (rys. 0/11) wywołuje w nim naprężenie zginające  $\sigma_g$ . W takim razie można napisać równanie momentu zginającego  $M_g$ , dla belki (rys. 0/12) zamocowanej sztywno jednym końcem

$$M_g = P_z w_z = \frac{BH^2}{6} \sigma_g \quad [0.19]$$

Ponieważ dla noży przyjmuje się dopuszczalną wartość naprężeń  $\sigma_{g \text{ dop}} = 20 \text{ kG/mm}^2$ , a za normalny wysięg uważa się  $w_z = 1,5 H$ , więc dla danego przekroju trzonka noża  $B \times H$  otrzymamy

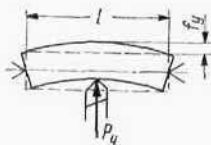
$$P_{z \text{ dop}} = \frac{BH^2}{6w_z} 20 = \frac{20BH}{9} \text{ kG} \quad [0.20]$$

np. dla  $B \times H = 20 \times 32$  będzie  $P_z = 1420 \text{ kG}$

Dla większych wysięgów noży, jak np. przy nożach-wytaczakach, dopuszczalna siła  $P_z$  będzie proporcjonalnie mniejsza. W związku z tym dla każdego narzędzia przy uwzględnieniu sposobu zamocowania i wielkości wysięgu można określić dopuszczalne obciążenie narzędzia siłą skrawania  $P_z$  i w przypadkach wątpliwych należałoby porównać opór skrawania z tą siłą. Siła  $P_x$  też działa zginająco (rys. 0/12), ale jak już powiedziano, nie bierze się jej pod uwagę.

Jeśli zaś chodzi o ostrze nakładane płytkami z węglików spiekanych, to w danym przypadku grubość płytki może być tym elementem, który ogranicza siłę  $P_z$ , gdyż ona też pracuje na zginanie. Zazwyczaj dobiera się gabaryty płytek względem wielkości ich oprawek i korpusów narzędzia tak, że grubość wyjątkowo może limitować siły skrawania przy obróbce z dużymi posuwami. Ale wtedy dobiera się odpowiedni gatunek węglików spiekanych charakteryzujący się dużą wytrzymałością na zginanie (np. S40).

Poza nożem istnieje w samej obrabiarce zawsze jakiś element, który ogranicza maksymalną siłę skrawania  $P_z$ . Takim elementem może być np. w tokarce koło zębate, współpracujące z zębatką łoża tokarki. Jednakże na ogół w charakterystyce obrabiarek brak jest tego rodzaju danych.



Rys. 0/14. Ugięcie wałka o długości  $l$  zamocowanego w kłach, pod wpływem siły promieniowej  $P_y$

Przy projektowaniu obrabiarki uwzględnia się zwykle odpowiednie warunki skrawania i wobec tego podczas pracy nie zachodzi niebezpieczeństwo przeciążenia obrabiarki siłą  $P_z$ .

Siła promieniowa  $P_y$  działa zginająco na sam przedmiot obrabiany (rys. 0/14). Otóż sprawdzanym elementem jest wielkość ugięcia przedmiotu w najbardziej niekorzystnym położeniu.

Traktując wałek zamocowany w kłach (rys. 0/14) jak belkę podpartą swobodnie na obu końcach i obciążoną w środku siłą skupioną  $P_y$ , można napisać, że strzałka ugięcia  $f_y$  wynosi

$$f_y = \frac{P_y l^3}{48EI} \quad [0.21]$$

gdzie:  $E$  — moduł sprężystości równy dla stali węglowych  $2,2 \cdot 10^4$  kG/mm<sup>2</sup>,  $I$  — moment bezwładności,  $l$  — rozstaw punktów podparcia.

Dla przekroju kołowego  $I = \frac{\pi d^4}{64}$  i wobec tego

$$f_y = \frac{64 P_y l^3}{48 E \pi d^4} = 0,424 \frac{P_y l^3}{E d^4}$$

Przy toczeniu operuje się pojęciem smukłości  $\lambda = \frac{l}{d}$  i dlatego dla przypadku obróbki w kłach wzór będzie miał następującą postać

$$f_y = 0,424 \frac{P_y \lambda^3}{E d} \quad [0.22]$$

Dla przedmiotu mocowanego tylko w uchwycie wzór [0.22] będzie przedstawiał się następująco

$$f_y = 6,8 \frac{P_y \lambda^3}{E d} \quad [0.23]$$

Należałoby teraz sprawdzić, jak bardzo jest potrzebne obliczanie siły  $P_y$  i sprawdzanie wielkości strzałki ugięcia  $f_y$ . Niech będzie przykładem wzorcowym wałek  $\varnothing 50$  ze stali węglowej ( $R_m = 75$  kG/mm<sup>2</sup>) obrabiany nożem zdzierakiem o kącie  $\alpha = 45^\circ$  przy głębokości  $g = 5$  mm i posuwie  $p = 1$  mm/obrót. Dla tych warunków obróbki w oparciu o wzór [0.16] i dane z tabl. 0-18 można napisać, że główna siła skrawania  $P_z$  wynosi

$$P_z = 200 \cdot 5 \cdot 10^{0,75} = 1000 \text{ kG}$$

a więc jest prawie równa maksymalnej dopuszczalnej wartości dla średniej wielkości tokarek.

Siła promieniowa  $P_y$  dla stali ( $R_m = 75$  kG/mm<sup>2</sup>) i przy kącie przystawienia  $\alpha = 45^\circ$  będzie wg wzoru z teorii obróbki skrawaniem

$$P_y = C_{py} g^{0,9} p^{0,75} \quad [0.24]$$

tzn.  $P_y = 125 \cdot 5^{0,9} \cdot 1^{0,75} = 550$  kG

W takim razie przy mocowaniu w kłach i smukłości  $\lambda = 10$  oraz w myśl wzoru [0.22] wypadnie ugięcie  $f_y$  równe

$$f_y = 0,424 \frac{550 \cdot 10^3}{2,2 \cdot 10^4 \cdot 50} = 0,21 \text{ mm}$$

a przy smukłości  $\lambda = 6$

$$f_y = 0,424 \frac{550 \cdot 6^3}{2,2 \cdot 10^4 \cdot 50} = 0,045 \text{ mm}$$

W obróbce zgrubnej za dopuszczalne ugięcie uważa się wielkość  $0,001d$  (tzn. dla  $d = 50$  mm,  $f_{y \text{ dop}} = 0,05$  mm). Zatem w przypadku obróbki w kłach przedmiot o smukłości  $\lambda = 6$  można określić jako przedmiot sztywny, natomiast przedmiot o  $\lambda = 10$  jest przedmiotem niesztynym.



Gdyby zamocować ten wałek jednostronnie w uchwycie, to przy wysięgu  $l = 3d = 150$  mm (tzn.  $\lambda = 3$ ) ugięcie  $f_y$  wg wzoru [0.23] wyniosłoby

$$f_y = 6,8 \frac{550 \cdot 3^3}{2,2 \cdot 10^4 \cdot 50} = 0,092 \text{ mm}$$

a zatem dla tego rodzaju mocowania wielkość wysięgu przedmiotu równa  $3d$  jest za duża.

Przy założeniu więc, że dopuszczalna wartość strzałki ugięcia  $f_{y \text{ dop}} \leq 0,001d$ , na podstawie przeprowadzonych obliczeń zostały sprawdzone średnie wartości max. smukłości, które w praktyce przyjmuje się:

- przy zamocowaniu przedmiotu w kłach bez podtrzymki  $\lambda \leq 6$ ,
- przy zamocowaniu przedmiotu w uchwycie bez podparcia kłem  $\lambda \leq 2$ .

Za pomocą obliczeń można udowodnić, że najszywniejsze mocowanie przedmiotu jest wtedy, gdy zamocowany jest on w uchwycie i podparty kłem. Dla przypadku  $\lambda = 10$  i  $d = 50$  wypadłoby  $f_y = 0,095$  mm, a więc 2,2 razy mniejsze ugięcie niż przy mocowaniu obustronnym w kłach.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że potrzeba sprawdzania strzałki ugięcia przedmiotów przy obróbce zgrubnej zachodzi tylko przy przedmiotach nieszywnych. Warto zaznaczyć, że zastosowanie innego kąta przystawienia niż  $45^\circ$  (dla którego były obliczone wartości) np.  $\kappa = 30^\circ$ , podwyższa siłę  $P_y$  o 63% (jak wynika z tabl. 0-17), co powoduje konieczność niewielkiego zwiększenia sztywności przedmiotu. Współczynnik dopuszczalnej smukłości zmniejsza się wtedy bowiem o 15%. Natomiast przy kącie  $\kappa = 90^\circ$  siła  $P_y$  zmniejsza się o 56% i wtedy dopuszczalna granica smukłości wzrasta o 30% (np. przy mocowaniu w kłach  $\lambda_{\text{dop}} = 8$ ).

Określenie dopuszczalnej strzałki ugięcia  $f_{y \text{ dop}} \leq 0,001d$  rozwiązuje – jak wykazują badania – jednocześnie wymogi zachowania jednakowych warunków trwałości ostrza; nie wystarcza tu kryterium smukłości  $\lambda$ , ważna jest i równość stosunku  $\lambda^3 : d$ . Znaczenie tego wymagania sprawdzano eksperymentalnie tocząc wałki  $\varnothing 160$  i  $\varnothing 63$  o różnej smukłości  $\lambda$ . Okazało się, że jednakową trwałość ostrza uzyskano np. przy toczeniu wałków  $\varnothing 160 \times 1200$  i  $\varnothing 63 \times 350$  mimo, że w pierwszym przypadku wałek był raczej nieszywny ( $\lambda = 7,5$ ), a w drugim można było uznać za sztywny ( $\lambda = 5,5$ ). Okazało się, że w obu przypadkach była zachowana równość stosunku  $\lambda^3 : d = 2,6$ . A zatem ostatecznie o trwałości ostrza decydowała nie tyle sztywność wałka, co strzałka ugięcia  $f_y$ . Oczywiście sztywność całego układu obrabiarka – przedmiot – narzędzie ma istotne znaczenie dla trwałości ostrza narzędzia, ale głównie z powodu powstających cyklicznych drgań i ich amplitudy.

W tych warunkach zastosowanie kryteriów sztywności mocowania przedmiotów wg wskaźnika smukłości  $\lambda$  i dostosowanie do niego wielkości posuwów tylko częściowo reguluje sprawę eliminacji szkodliwego wpływu strzałki ugięcia  $f_y$  na trwałość ostrza. Konieczne jest korzystanie z posuwów ustalonych przy dopuszczalnych z góry strzałkach ugięcia, nie tylko wg przedziałów stopni sztywności.

Wnioski z przeprowadzonych analiz warunków występowania sił i odkształceń przy obróbce nożem tokarskim odnoszą się również do innych rodzajów narzędzi. Przy narzędziach wielostrzowych ilość ostrzy jest oczywiście czynnikiem zwiększającym opory skrawania.

Ogólny wniosek będzie więc taki, że w obróbce zgrubnej jednym narzędziem można w zasadzie sprawdzać jedynie dopuszczalną moc skrawania. Przy obróbce wielonarzędziowej obliczenia głównej siły skrawania  $P_z$  i siły posuwu  $P_x$  są często konieczne.

W obróbce wykańczającej wobec małych przekrojów warstwy skrawanej nie ma potrzeby sprawdzania sił skrawania. Oczywiście w warunkach produkcji wielkoseryjnej i masowej, w wyniku dążenia do maksymalnego wykorzystania mocy obrabiarki, przy obróbce zgrubnej powinny być stosowane maksymalne siły skrawania i wtedy nieodzowne będzie dokładne sprawdzanie wszystkich możliwych odkształceń strzałek ugięcia w układzie „obrabiaarka — narzędzie — przedmiot”.

### 5. Dobór wielkości posuwu

Obróbka zgrubna (zdzierająca) ma za zadanie zdjęcie możliwie jak największej ilości materiału. W takim razie, przy wybranej głębokości skrawania należy zastosować największy posuw, jaki tylko dopuszczają względy wytrzymałościowe narzędzia i przedmiotu, o ile sama obrabiarka nie ograniczy wielkości posuwu.

Dla przypadku noża tokarskiego, punktem wyjścia będzie wzór [0.20], określający dopuszczalną siłę  $P_{z\text{ dop}}$ . Korzystając ze wzoru [0.16] i podstawiając do niego wzór [0.20] otrzymamy

$$p = \sqrt[n_p]{\frac{P_z}{C_p g K_{Mp}}} = \left( \frac{P_z}{C_p g K_{Mp}} \right)^{\frac{1}{n_p}} \quad [0.25]$$

Gdy więc dla noża o przekroju  $20 \times 32$  mm dopuszczalne obciążenie  $P_z = 1420$  kG, to w przypadku stali  $R_m = 75$  kG/mm<sup>2</sup> i głębokości skrawania  $g = 5$  mm wartość posuwu wyniesie

$$p = \left( \frac{1420}{200 \cdot 5} \right)^{\frac{1}{0,75}} = 1,6 \text{ mm}$$

Teraz należałoby obliczyć wielkość posuwu biorąc pod uwagę dopuszczalne ugięcie przedmiotu. Niech tym przedmiotem będzie wałek  $\varnothing 50 \times 300$  mm mocowany w kłach ( $\lambda = 6$ ), a dopuszczalne ugięcie  $f_y = 0,001d$ .

Wielkość maksymalnej siły  $P_y$  przy danej dopuszczalnej strzałce ugięcia można obliczyć przekształcając wzór [0.22]

$$P_y = \frac{f_y E d}{0,424 \lambda^3} \quad [0.26]$$

Po podstawieniu odpowiednich wartości do wzoru [0.26] wielkość siły  $P_y$  w nowym przykładzie wyniesie

$$P_y = \frac{0,05 \cdot 2,2 \cdot 10^4 \cdot 50}{0,424 \cdot 6^3} = 600 \text{ kG}$$

W takim razie posługując się wzorem [0.24] można napisać

$$p = \sqrt[0,75]{\frac{P_y}{C_{py} g^{0,9}}} = \left( \frac{P_y}{C_{py} g^{0,9}} \right)^{\frac{1}{0,75}} \quad [0.27]$$

Wykorzystując wartość liczbową dla współczynnika  $C_{py}$  oraz wartość wykładników potęgowych podanych przy wzorze [0.24], po podstawieniu obliczonej war-