

Jan Darlewski  
Ryszard Zdanowicz  
Instytut Budowy Maszyn

KRYTERIUM CELOWOŚCI PODPARCIA WYTACZADŁA JEDNONOŻOWEGO  
PRZY OBRÓBCE OTWORÓW NA WIERTARKO-FREZARKACH

**Streszczenie.** Rozpatrzono przypadek wytaczania otworu wytaczadłem swobodnym i podpartym. Przyjęto za celowe stosowanie wytaczadła podpartego w przypadku, jeśli pozwoli to na zwiększenie wydajności możliwe do uzyskania przez wykorzystanie następnego wyższego posuwu obrabiarki przy założonej niezmiennej dokładności. Wyprowadzono wzór na średnicę podparcia wytaczadła przy założonych warunkach.

Operacje wytaczarskie prowadzone są z zastosowaniem wytaczadeł swobodnych lub podpartych. Podparcie jednostronne realizowane może być w podtrzymaniu lub w uchwycie obróbkowym, przy zastosowaniu sztywnego zamocowania wytaczadła w stożku narzędziowym obrabiarki. Podparcie obu stronnie w uchwycie obróbkowym wymaga przegubowego połączenia wytaczadła z wrzecionem obrabiarki. W niniejszym artykule rozpatrzono przypadek wytaczadła z jednostronnym przednim podparciem. Celem podparcia jest wzrost sztywności narzędzia, pozwalający na zwiększenie dokładności obróbki i umożliwiający zwiększenie parametrów skrawania, a tym samym wzrost wydajności obróbki. Można przyjąć, że dla obróbki kształtującej decydujące znaczenie ma wzrost wydajności, zaś dla obróbki wykańczającej wzrost dokładności. Podparcie wytaczadła zwiększa jednak koszt narzędzia i czasy pomocnicze związane z zabiegiem. Określenie opłacalności podparcia wymaga przeprowadzenia analizy ekonomicznej obu przypadków obróbki.

Koszt zabiegu wytaczania otworu o długości  $L$  można, w przypadku operacji jednozabiegowej, wyrazić wzorem [1]:

$$K_z = \frac{1}{60} \left[ \left( \frac{L}{p \cdot n} + t_{po} \right) k_u + \frac{t_{pz}}{m} \right] (Z_r + Z_s) + \frac{K_w}{I}$$

Zastosowanie podparcia powoduje wzrost kosztu  $K_w$  oraz zwiększenie czasu pomocniczego  $t_{po}$  i przygotowawczo-zakończeniowego  $t_{pz}$ , rzutując na wzrost kosztów zabiegu.

Pozostałe wielkości występujące we wzorze jak: współczynnik czasu uzupełniającego  $k_u$ , stawka robotnika z narzutem na koszty ogólne  $Z_r$  w zł/godz., koszt stanowiska  $Z_s$  w zł/godz., liczba sztuk przedmiotów ob-

rabianych w serii  $m$ , liczba przewidywanych zastosowań wytaczadła  $i > m$  pozostaną niezmiennione.

Przy obróbce kształtującej umożliwiony dzięki podparciu wzrost posuwu  $p$  spowoduje zmniejszenie kosztów. Wzrost posuwu przy założonym okresie trwałości ostrza  $T$  wywoła jednak konieczność zmniejszenia szybkości skrawania  $v_T$ , a tym samym prędkości obrotowej  $n$ . Decydujący o wydajności obróbki iloczyn  $p \cdot n$  wzrośnie z uwagi na ułamkową wartość wykładnika przy posuwie  $u_v < 1$  we wzorze na okresową szybkość skrawania  $v_T$  [2]

$$v_T = \frac{C_{vT}}{T^m \cdot g \cdot v \cdot p^{u_v}}$$

Zwiększenie posuwu np. o 30% powoduje przy wytaczaniu żeliwa potrzebę zmniejszenia prędkości obrotowej wrzeciona o niecałe 9%, co dla obrabiarek o stopniowej regulacji prędkości obrotowej wrzeciona ze współczynnikiem ciągu geometrycznego  $\psi \geq 1,25$  nie spowoduje zmiany obrotów  $n$ .

Należy zauważyć, że niektóre składowe kosztów zabiegu zależą od wielkości serii lub powtarzalności użycia wytaczadła, co niejednokrotnie jest z góry trudne do ustalenia i tym samym obniża dokładność analizy kosztów. W tych warunkach podparcie wydaje się celowe, jeżeli umożliwi zwiększenie wydajności obróbki poprzez zastosowanie następnego wyższego rzeczywistego posuwu obrabiarki. Maksymalny wzrost wydajności w rozpatrywanym przypadku wymaga założenia niezminionej dokładności obróbki, czyli takiej samej strzałki ugięcia wytaczadła swobodnego i podpartego. Zwiększenie wydajności można uzyskać również przez powiększenie głębokości skrawania  $g$ , co wymagać może jednak zmiany wielkości operacyjnego naddatku na obróbkę. Zwiększenie posuwu jest przypadkiem do realizacji w warsztacie prostszym. Dla wiertarko-fezarek można przyjąć, że średnio posuw następny jest o około 30% większy od poprzedniego [3].

W czasie wytaczania otworu decydująca jest sztywność w kierunku działania siły promieniowej  $P_y$  wirującej z ostrzem. Wielkość tej siły jest zależna od głębokości "g", posuwu "p" i szeregu innych czynników. Chwilową wartość tej siły można określić z uproszczonego wzoru statystyczno-doświadczalnego:

$$P_y = C_y \cdot g^e \cdot p^u$$

Dla żeliwa szarego i stali  $u_y = 0,75$ . Wzrost posuwu o 30% przy niezminionej głębokości skrawania, dla  $u_y = 0,75$ , spowoduje przyrost wirującej z ostrzem siły promieniowej  $P_y$  o około 20%.

Rozpatrujemy wytaczadło jednostronnie zamocowane (rys. 1) o długości  $l_1$ , średnicy  $D_1$  i wytaczadło podparte o długości  $l_1$ , długości  $l$ , średnicy podparcia  $D_2$ . Przy obróbce korpusów posiadających 2 lub więcej ścian średnica podparcia  $D_2$  powinna być mniejsza od średnicy  $d_1$  najmniejszego otworu znajdującego się za otworem obrabianym w tej samej osi.

Otwór o średnicy  $d_1$  umożliwi wprowadzenie wytaczadła do podtrzymki obrabiarki.

Średnicę wytaczadła  $D_1$  można określić z zależności [4]:

$$D_1 = d - 2 l_e,$$

gdzie:

$d$  - średnica otworu obrabianego,

$l_e$  - długość wysunięcia noża.

Na rysunku 2 przedstawiono obciążenie wytaczadła jednostronnie zamocowanego i wytaczadła podpartego. Ugięcie wytaczadła jednostronnie zamocowanego  $y_1$  wynosi:

$$y_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{P_{y_1} \cdot l_1^3}{E_1 \cdot I_1}$$

gdzie:

$P_{y_1}$  - siła promieniowa,

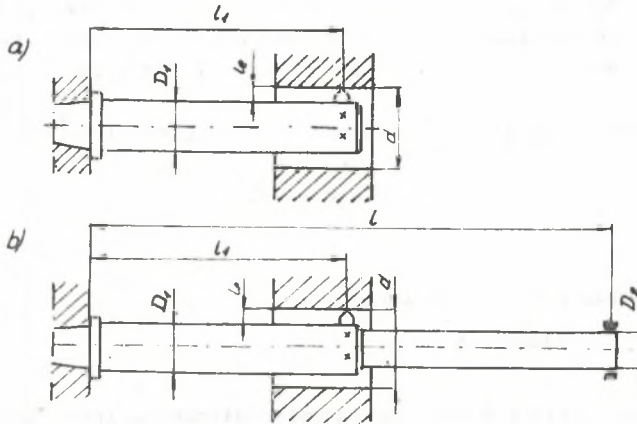
$l_1$  - długość wytaczadła,

$E_1$  - moduł sprężystości,

$I_1$  - moment bezwładności przekroju wytaczadła.

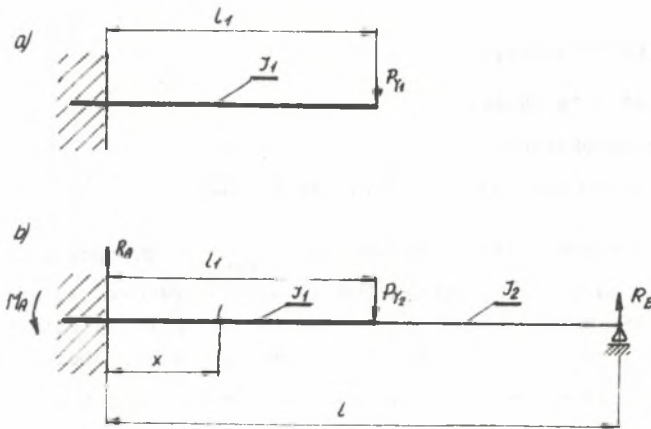
Założony 20% wzrost siły promieniowej  $P_{y_2}$  po podparciu wytaczadła przy niezmiennym ugięciu, wymaga 20% wzrostu sztywności wytaczadła. Na podstawie analizy wytrzymałościowej wytaczadła o zmiennej sztywności, stanowiącego układ jednokrotnie statycznie niewyznaczalny, obciążonego skupioną siłą  $P_{y_2}$ , po wprowadzeniu współczynników  $a = \frac{1,2}{I_1}$ ,  $b = \frac{1}{I_1}$  otrzymano wielkość ugięcia  $y_2$  w punkcie przyłożenia siły:

$$y_2 = \frac{1,2 P_{y_1} \cdot (1-b) l^3 b^2 \left( \frac{1}{6} ab^2 + \frac{1-b^3}{6(1-b)} - \frac{b^2}{6} - \frac{1-b}{6} - \frac{(1+b)b}{6} + \frac{(1-b)b}{18} \right)}{2 M_2 I_1 \cdot \left( ab + \frac{1+b}{2} + \frac{ab^2}{2(1-b)} - b - \frac{ab^2}{2} - \frac{1-b^3}{6(1-b)} + \frac{b^2}{2} - \frac{ab^3}{6(1-b)} \right)}$$



Rys. 1. Wytaczadko

a) swobodne (jednostronnie zamocowane), b) podparte



Rys. 2. Obciążenie wytaczadła

a) swobodnego, b) podpartego

W przypadku jednakowych modułów sprężystości materiałów  $E_1 = E_2$ , z porównania wielkości ugięć  $y_1 = y_2$ , po zredukowaniu otrzymujemy:

$$a = \frac{2(1-b)^3}{b(b^2 - 12b + 21)}$$

W przypadku wytaczadeł o przekroju kołowym momenty bezwładności przekroju wytaczadła  $I_1$  i  $I_2$  określimy z zależności:

$$I_1 = \frac{D_1^4}{64}, \quad I_2 = \frac{D_2^4}{64}$$

ponieważ

$$a = \frac{I_2}{I_1},$$

$$D_2 = D_1 \cdot \sqrt[4]{\frac{2(1-b)^3}{b(b^2 - 12b + 21)}}$$

ponieważ  $D_1 = d - 2 l_e$ , zależność na obliczenie średnicy podparcia wytaczadła przybierze postać:

$$D_2 = (d - 2 l_e) \sqrt[4]{\frac{2(1-b)^3}{b(b^2 - 12b + 21)}}$$

### Wnioski

Wyprowadzony wzór pozwala na obliczenie średnicy podparcia wytaczadła  $D_2$  z zachowaniem warunku zwiększonej sztywności o 20%. Umożliwia ona maksymalne zwiększenie wydajności obróbki wytaczadłem podpartym przy zachowaniu niezmięnionej dokładności, wyrażającej się taką samą strzałką ugięcia wytaczadła jak bez podparcia. Przy wytaczaniu stali i żeliwa ten wzrost wydajności można uzyskać zwiększając posuw o około 30%.

Jeżeli obliczona średnica  $D_2$  okaże się większa od średnicy  $d_1$  otworu znajdującego się w tej samej osi za otworem obrabianym, należy zrezygnować z podparcia wytaczadła.

## LITERATURA

- [1] Tymowski J.: Technologia budowy maszyn. WNT, Warszawa 1970.
- [2] Kaczmarek J.: Podstawy obróbki wiórowej, ściernej i erozyjnej. WNT, Warszawa 1970.
- [3] Praca zbiorowa: Obrabiarki do skrawania metali. WNT, Warszawa 1974.
- [4] Kunstetter S.: Narzędzia skrawające do metali. WNT, Warszawa 1969.

КРИТЕРИИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПОДДЕРЖИВАНИЯ РАСТОЧНОЙ ОПРАВКИ  
ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ НА ПРОДОЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

## Р е з ю м е

Рассмотрен случай расточков отверстия свободной и поддерживаемой расточной оправкой. Признано целесообразным применение поддерживаемой расточной оправки в случае, когда это даёт возможность увеличить производительность путём использования следующей более высокой подачи при принятой постоянной точности. Была выведена формула для расчета диаметра поддержания расточной оправки при определённых условиях.

EXPEDIENCY CRITERIA FOR BORING-BAR PIVOT WHILE  
BORE MACHINING ON DRILLING BORING AND MILLING MACHINES

## S u m m a r y

The case of a hole boring with a free and pivoted boring-bar has been examined. The use of pivoted boring-bar was regarded suitable if it enabled a rise in productivity obtainable by use of the next higher machine-tool feed rate at assumed unchanged accuracy. A formula for a pivot diameter of a bar has been attained under the assumed conditions.