

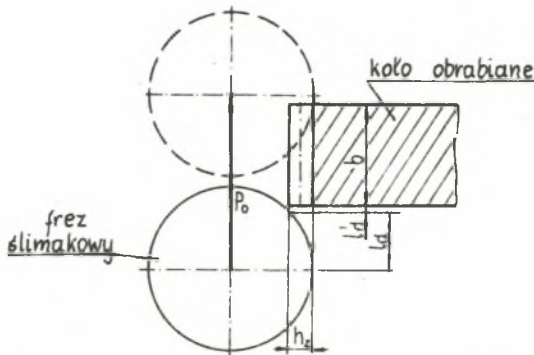
Jan Gamrot, Zygmunt Stachurski
Instytut Budowy Maszyn

BADANIA NAD WPLYWEM KIERUNKU I WARTOŚCI POSUWU RUCHU WCIKAJĄCEGO NA TRWAŁOŚĆ OSTRZY FREZA PRZY FREZOWANIU OBWIEDNIOWYM UZĘBIEŃ

Streszczenie. W artykule dokonano porównania frezowania obwiedniowego uzębien kół zębatych z wcinaniem osiowym i promieniowym określając przedziały parametrów skrawania, przy których metody te dają krótsze czasy obróbki. Ponadto omówiono wyniki badań wpływu kierunku i wartości posuwu ruchu wcinającego na trwałość ostrzy. Wykazano, że wcinanie osiowe powoduje mniejsze zużycie ostrzy i w pewnym przedziale posuwów jest korzystniejsze w stosunku do wcinania promieniowego również pod względem wydajności obróbki.

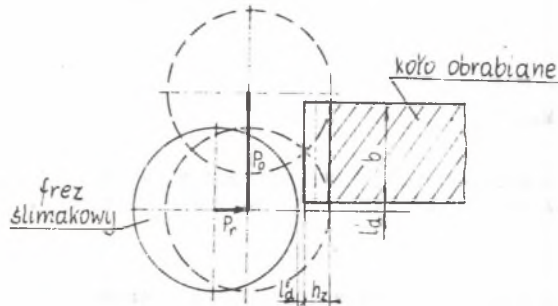
Wstęp

W cyklu operacji frezowania obwiedniowego faza wcinania może się odbywać z posuwem wzdłuż osi przedmiotu obrabianego (rys. 1) lub do niego pro-



Rys. 1. Frezowanie z wcinaniem osiowym

mieniowo (rys. 2). Posuw promieniowy stanowi z reguły podwielokrotność posuwu ruchu roboczego. W pracach [1,2] preferowany jest sposób promieniowy ze względu na: małą drogę dobiegu oraz uniezależnienie długości drogi dobiegu od średnicy freza.



Rys. 2. Frezowanie z wcinaniem promieniowym.

Wcinanie osiowe odbywa się posuwem równym posuwowi ruchu roboczego, podczas gdy dla wcinania promieniowego ogranicza się wartość posuwu do 0,7 mm/obr stołu [2] ze względu na nadmierny wzrost zużycia ostrzy freza. Dotąd nie porównano wpływu obydwu sposobów wcinania na wydajność obróbki jak również na zużycie ostrzy frezów. Stanowi to przedmiot niniejszej pracy.

Sposób przeprowadzenia badań

W badaniach stosowano metodę frezowania diagonalnego [1], przy której każde z ostrzy freza bierze udział w innej fazie operacji. W związku z tym można wyodrębnić ostrza, które pracują tylko przy wcinaniu i ocenić ich zużycie. Próby przeprowadzono na frezarce obwodniowej typ ZFWZ 250x5. Frezowano koła zębate $m=2$, $z=79$, $\beta=8^{\circ}6'34''$, wykonane ze stali 55 o twardości 170-192 HB. Obróbkę uzębienia przeprowadzano wspólnie, w jednym przejściu, z chłodzeniem olejem 26Z pozostawiając naddatek na wiórkowanie. Jako narzędzia użyto włoskiego freza ślimakowego 3-zwojnego, o klasie dokładności A, wykonanego ze stali szybko tnącej o oznaczeniu SR Mo K5, (wg firmy włoskiej Pons Cantamessa). Stosowano szybkości skrawania 31 - 63 m/min i posuwu 1,6 do 2,5 mm/obr. stołu. Posuwu przy wcinaniu promieniowym stanowiły 1/2 lub 1/4 posuwu osiowego.

Określenie wpływu kierunku i wartości posuwu ruchu wcinającego na czas obróbki

Czas wcinania osiowego obliczano z zależności:

$$t_o = \frac{(l_d + l'_d) \cdot z \cdot 60}{p_c \cdot k \cdot n_f} \quad [s], \quad (1)$$

zaś czas trwania wcinania promieniowego z zależności:

$$t_r = \frac{(l_d'' + h_z) \cdot z \cdot 60}{p_r \cdot k \cdot n_f} + \frac{l_d' \cdot z \cdot 60}{p_o \cdot k \cdot n_f} \quad [s], \quad (2)$$

gdzie:

- l_d - teoretyczna droga dobiegu osiowego obliczana wg wzoru XII-10 [1] w [mm],
- l_d' - wg oznaczeń na rys. 1 i 2 ($l_d' = 1$ mm z założenia),
- l_d'' - wg oznaczenia na rys. 2, $l_d'' = 1$ mm wg [3],
- h_z - wysokość zęba koła obrabianego w [mm],
- z - liczba zębów koła obrabianego,
- p_o - posuw osiowy w [mm/obr stołu],
- p_r - posuw promieniowy w [mm/obr stołu],
- k - zwojność freza,
- n_f - liczba obrotów freza w [obr/min].

Obliczono różnicę czasów trwania wcinania osiowego i promieniowego jako:

$$\Delta t = t_o - t_r = \left(\frac{l_d}{p_o} - \frac{l_d'' + h_z}{p_r} \right) \cdot \frac{z \cdot 60}{k \cdot n_f} \quad [s]. \quad (3)$$

Z zależności tej wynika, że czas wcinania promieniowego t_r będzie równy czasowi wcinania osiowego t_o , gdy:

$$\frac{p_r}{p_o} = \frac{l_d'' + h_z}{l_d} \cdot z. \quad (4)$$

Dla narzędzi i kół zębatych użytych w badaniach obliczono:

$$l_d = 20,726 \text{ mm},$$

$$h_z = 2,35 m_o = 4,7 \text{ mm}$$

oraz

$$\frac{p_r}{p_o} = 0,275. \quad (5)$$

Wynika stąd, że dla $\frac{p_r}{p_o} > 0,275$ krótszy jest czas t_r wcinania promieniowego, natomiast dla $\frac{p_r}{p_o} < 0,275$ krótszy jest czas t_o wcinania osiowego. Ilustracją tego są wyniki obliczeń (tablica 1) przeprowadzonych zgodnie z zależnością (3) dla wymienionych parametrów stosowanych w badaniach.

Tablica 1

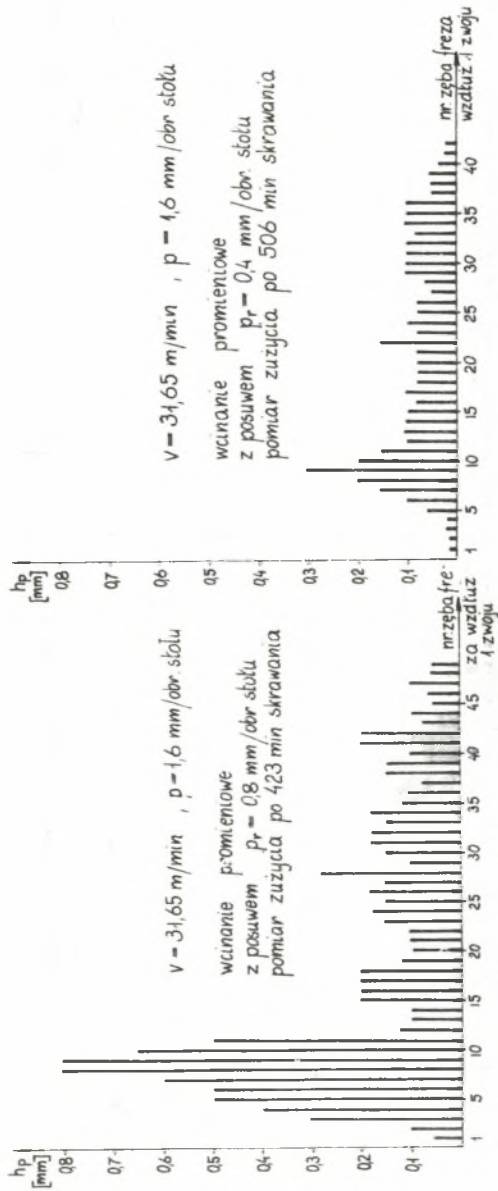
Zestawienie wyników obliczeń różnic czasów trwania wcinania osiowego i promieniowego Δt dla wybranych parametrów obróbki

Parametry obróbki			$\Delta t = t_o - t_r$ (s)
n_r (obr/min)	p_o (mm/obr st.)	$\frac{p_r}{p_o}$	
112	1,6	0,50	82,2
		0,25	- 18,3
112	2,0	0,50	65,8
		0,25	- 14,7
112	2,5	0,50	52,6
		0,25	- 11,7
160	1,6	0,50	57,6
		0,25	- 12,8
160	2,0	0,50	46,0
		0,25	- 10,2
160	2,5	0,50	36,8
		0,25	- 8,2

Graniczna wartość posuwu promieniowego $p_r = 0,275 p_o$ została obliczona dla freza ślimakowego o średnicy 90 mm. Przy zastosowaniu frezów o średnicy mniejszej, wartość l_d maleje zgodnie z zależnością XII-10 [1], a zatem jak wynika ze wzoru (4) granica opłacalności stosowania wcinania promieniowego przesuwają się w kierunku wyższych wartości posuwów p_r .

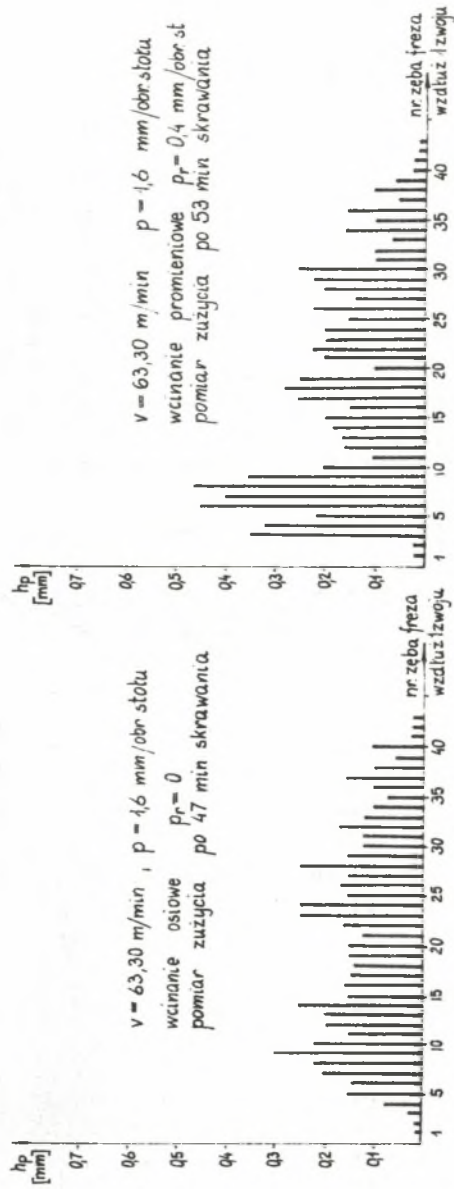
Określenie wpływu kierunku i wartości posuwu ruchu wcinającego na zużycie ostrzy freza

Przy wyborze sposobu wcinania nie można ograniczyć oceny tylko do kryterium czasu skrawania. Równie ważnym jest kryterium zużycia ostrzy freza. Przeprowadzono więc badania nad zużyciem ostrzy przy zastosowaniu różnych parametrów wcinania osiowego i promieniowego. W badaniach stosowano posuw wcinające promieniowe zarówno większe jak i mniejsze od posuwu granicznego określonego zależnością (5) ze względu na kryterium czasu obrótki, a mianowicie: $p_r = 0,50 p_o$; $0,25 p_o$ oraz 0 (wcinanie osiowe).



Rys. 3. Porównanie rozkładu zużycia h_p ostrzy freza wzdłuż jednego zwoju dla różnych posuwów promienio-

wych przy wcinaniu.



Rys. 4. Porównanie rozkładu zużycia h_p ostrej frezy wzdłuż jednego zwoju dla frezowania z wcinaniem promieniowym i osiowym.

Rys. 3 przedstawia rozkład zużycia h_p wzdłuż ostrzy jednego zwoju freza ślimakowego dla parametrów: $v = 31,65$ m/min i $p_o = 1,6$ mm/obr. stołu w przypadku stosowania posuwu promieniowego o wartościach $p_r = 0,8$ i $0,4$ mm/obr. stołu. Z rysunku tego wynika, że najbardziej tępią się ostrza freza biorące udział we wcinaniu, a wpływ posuwu promieniowego na szybkość zużywania się ostrzy jest bardzo wyraźny.

Rys. 4 przedstawia rozkład zużycia h_p ostrzy freza ślimakowego dla parametrów: $v = 63,30$ m/min. i $p_o = 1,6$ mm/obr. stołu, przy posuwie promieniowym $0,4$ mm/obr. stołu i dla przypadku, gdy frezowano z wcinaniem osiowym. Bardziej równomierne zużycie ostrzy obserwuje się przy frezowaniu z wcinaniem osiowym.

Wyniki badań przedstawione na rys. 3 i 4 wskazują na to, że stosowanie wcinania promieniowego z posuwem $0,8$ mm/obr. stołu jest niekorzystne ze względu na szybko rosnące a zatem znaczne zużycie ostrzy w tej fazie operacji. Przy wcinaniu promieniowym z posuwem $0,4$ mm/obr. stołu przebieg zużycia jest korzystniejszy, ale czas wcinania jest dłuższy. Wobec tego uzasadnione jest zrezygnowanie z wcinania promieniowego. Należy jednak zwracać sobie sprawę, że wcinanie osiowe również nie gwarantuje pełnej równomierności tępienia się ostrzy, a zróżnicowanie stępień przy ruchu wcinającym i roboczym jest tym większe, im obróbka jest bardziej intensywna.

Wnioski

Analiza czasu trwania wcinania promieniowego i osiowego wykazała, że dla znanych wymiarów freza i koła obrabianego można wyznaczyć minimalną wartość posuwu wcinającego promieniowego, która gwarantuje krótszy czas wcinania w porównaniu z zastosowaniem wcinania osiowego; dla przypadku omówionego w niniejszej pracy wartość ta wynosi $p_r = 0,275 p_o$.

Graniczna wartość posuwu promieniowego p_r jest tym większa im mniejsza jest średnica freza.

Stosowanie wcinania promieniowego z posuwem $p_r = 0,8$ mm/obr. stołu jest nieuzasadnione dla zakresu parametrów skrawania stosowanych w badaniach, gdyż powoduje nadmierne zużycie ostrzy freza, zaś wcinanie z posuwem promieniowym $0,4$ mm/obr. stołu jest ekonomicznie nieopłacalne ze względu na wydłużenie czasu obróbki.

Zaleca się stosować wcinanie osiowe, dające bardziej równomierne zużycie ostrzy; jest to szczególnie istotne przy frezowaniu diagonalnym użebien kół zębatych.

LITERATURA

- [1] Ochęduszek K.: Koła zębate t. II, WNT, Warszawa 1971.
- [2] Burbeck E.: Was beim Wälzfräsen von Stirnräder die Leistung und die Genauigkeit beeinflusst, Klepzig - Fachberichte, 1962.
- [3] Woźk R.: Techniczne normowanie czasów obróbki. Normowanie obróbki skrawaniem, PWT, Warszawa, 1960.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ВЛИЯНИЮ НАПРАВЛЕНИЯ И ВЕЛИЧИНЫ ПОДАЧИ
ВРЕЗАЮЩЕГО ДВИЖЕНИЯ НА ИЗНОСОУСТОЙЧИВОСТЬ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ФРЕЗЫ
ПРИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ ЗУБЬЕВ

Р е з ю м е

В статье дается сравнение фрезерования с осевым и радиальным врезанием, определяется диапазон параметров резания, при которых эти методы дают более короткое время обработки. Кроме того описываются результаты исследований по определению влияния направления и величины подачи врезającego движения на износоустойчивость режущей кромки. Было установлено, что осевое врезание вызывает меньший износ фрезы и в некотором диапазоне подач даёт более выгодные результаты с точки зрения производительности обработки в сравнении с радиальным врезанием.

**STUDY ON THE INFLUENCE OF NICK MOTION DIRECTION
AND FEED ON MILLING CUTTER LIFE WHILE HOBBING**

S u m m a r y

The article contains a comparison of hobbing with axial and radial nicking. The ranges of cutting parameters have been determined by which both methods give the shortest time of machining. The results of tests provided for determination of nick motion direction and feed rate influence on tool-life, have been discussed. It has been pointed out, that axial nicking causes less cutter wear and in a certain range of feed rates appears competitive to radial nicking also regarding the efficiency of machining.