ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1975

Seria: Mechanika z. 57 Nr kol. 445

Jan Wójcikowski, Zygmunt Stachurski

Instytut Budowy Maszyn

BADANIA TRWAŁOŚCI OSTRZY 3-ZWOJNYCH FREZÓW ŚLIMAKOWYCH DO KÓŁ ZĘBATYCH WALCOWYCH PRZY FREZOWANIU DIAGONALNYM I METODĄ SHIFTING

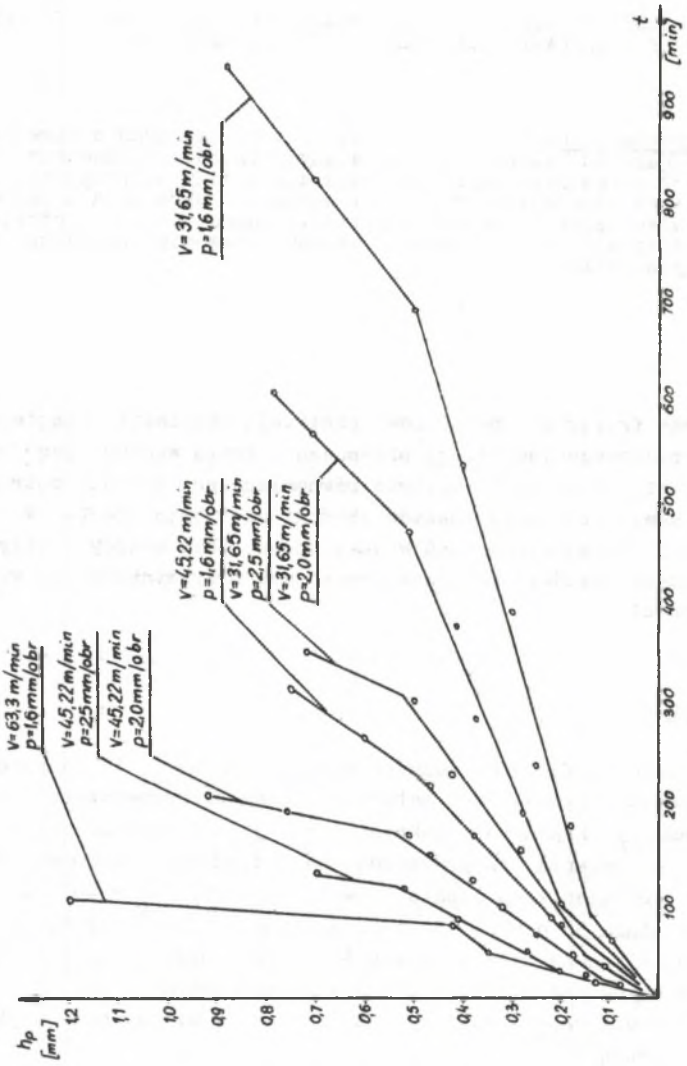
Streszczenie. W oparciu o liczne próby skrawania określono optymalną wartość zużycia ostrzy badanych frezów, wyznaczono okres i wartość przesunięć osiowych freza dla metody shifting oraz zależność trwałości ostrzy w funkcji szybkości skrawania i posuwu dla metody diagonalnej i metody shifting. Podano również kryteria i metodykę optymalizacji wartości i okresu przesunięć osiowych freza dla metody shifting.

Wstęp

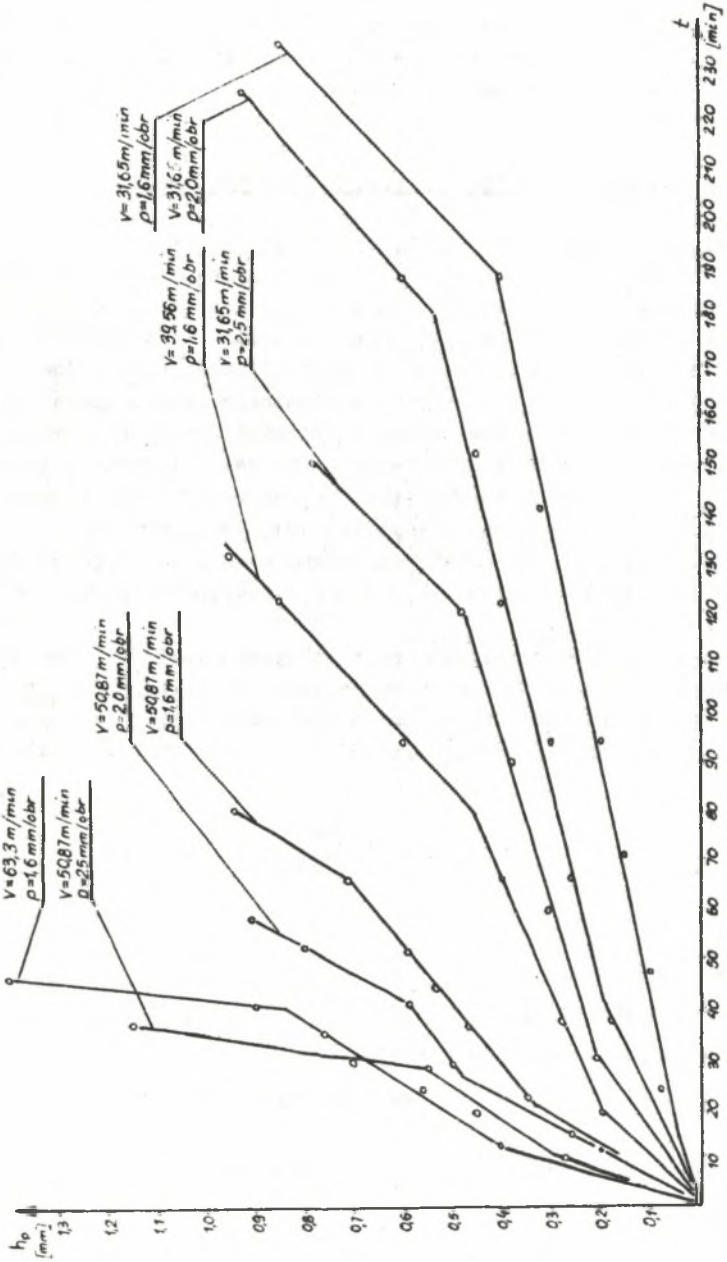
Nowoczesne frezarki obwiedniowe posiadają możliwość ciągłego (diagonalnego) i skokowego (shifting) przesuwania freza wzdłuż jego osi. Celem obu metod jest uzyskiwanie możliwie równomiernego zużycia ostrzy narzędzia i tym samym obniżenia kosztów obróbki uzębienia [1-3]. W literaturze brak jest jednak stwierdzeń w jaki sposób obie metody wpływają na trwałość ostrzy frezów. Niniejsza praca jest przyczynkiem dla wyjaśnienia tych zależności.

Zakres badań

Celem ustalenia wartości zużycia optymalnego hp_{opt} i zależności T-v przy frezowaniu diagonalnym i metodą shifting przeprowadzono próby zmieniając parametry skrawania w zakresie v = 31 - 63 m/min. i p = 1,6 - 2,5 mm/obr. stołu. Badania przeprowadzono na frezarce obwiedniowej typu ZFWZ-250x5, frezując koła zębate m = 2, z = 79, $\alpha_p = 20^o$ i $\beta = 8^o6'34''$ wykonane ze stali 55 o HB = 170-192. Szlifowane frezy ślimakowe produkcji włoskiej wykonane były w klasie A ze stali szybkotnącej SRMoK5(5% Co). Frezowano z chłodzeniem olejem 26Z jednym przejściem, z pozostawieniem naddatku na wiórkowanie. Pomiary zużycia ostrzy wykonywano lupką specjalną z dokładnością ± 0,01 mm.



Rys. 1. Krzywe zużycia ostrzy freza przy frezowaniu diagonalnym kół zębatych m = 2, z = 79



Rys. 2. Krzywe zużycia ostrzy freza przy frezowaniu metodą shifting kół zębatych m = 2, z = 79

Wyznaczenie optymalnego kryterium stępienia hp_{opt} ostrzy freza

Badano przebieg zużycia ostrzy freza ślimakowego na powierzchni przyłożenia w funkcji czasu skrawania. Otrzymane krzywe zużycia przedstawiono na rys. 1 i 2. W oparciu o te krzywe określono optymalne stępienie hp_{opt}, którego średnia wartość wynosiła 0,5 mm.

Wyznaczenie okresu i wartości przesunięć osiowych freza

Przesunięcia freza dotyczyły zarówno metody shifting jak i diagonalnej. Przy metodzie shifting przesuwano frez aż do pełnego wykorzystania jego długości roboczej. Przy metodzie diagonalnej, aby osiągnąć ten warunek, dokonano jednorazowego przemieszczenia freza dla kontynuowania przesuwu diagonalnego. Optymalizację okresu i wartości przesunięć osiowych freza przeprowadzono w oparciu o kryterium minimalnego kosztu operacji frezowania. Spośród licznych wyników obliczeń optymalizacyjnych wybrano tylko te przypadki, które zapewniały przesuwanemu frezowi osiągnięcie zużycia optymalnego hp_{opt} = 0,5 mm. Okazało się, że okres dokonywania przesunięć freza, równy jest takiemu czasowi, w jakim nieprzesuwany frez osiągnąłby hp = 0,4 mm. Czas ten jest oczywiście różny w zależności od zastosowanych parametrów skrawania i winien być dobrany z rodziny krzywych podanych na rysunku 1 lub 2.

Z tychże obliczeń optymalizacyjnych otrzymano wartości przesunięć S. Jednakże wartości te muszą być wyrażone jako wielokrotność S_{min} ze względu na warunek konieczności przecinania się osi symetrii luki międzyzębnej freza z osią koła obrabianego. Wartość S_{min} oblicza się z zależności:

$$S_{min} = \frac{k \cdot \pi \cdot m_n}{z_F \cdot \cos\gamma_F}$$

gdzie:

k - zwojność freza,

m_n - moduł normalny freza,

z_F - liczba rowków wiórowych freza,

γ_F - kąt pochylenia linii śrubowej ostrzy freza.

Dla frezów użytych w badaniach S_{min} = 1,3498 mm.

Optymalna wartość pojedynczego przesunięcia osiowego freza przy metodzie shifting wynosi $S = 5\ S_{min} = 6{,}75$ mm, natomiast pojedyncze przestawienie freza przy metodzie diagonalnej powinno się odbywać o wartość $S = 22\ S_{min} = 29{,}70$ mm.

Wyznaczenie zależności trwałości ostrzy T w funkcji szybkości skrawania v i posuwu p

Ustalenie okresu i liczby przesunięć osiowych freza pozwoliło na obliczenie okresu trwałości ostrzy narzędzia T dla każdego wariantu parametrów skrawania i obydwu badanych metod frezowania obwiedniowego, przy zachowaniu optymalnej wartości zużycia $hp_{opt} = 0{,}5$ mm. Rys. 3 przedstawia zależność pomiędzy okresem trwałości T i parametrami skrawania v i p. Zależność ta w całym zakresie badanych parametrów ma charakter monotoniczny. Dla frezowania diagonalnego można ją przedstawić następującym równaniem regresji:

$$T = \frac{5{,}977 \cdot 10^7}{v^{2{,}91} \cdot p^{1{,}93}},$$

lub po przekształceniu:

$$v = \frac{470}{T^{0{,}34} \cdot p^{0{,}66}}.$$

Natomiast dla frezowania obwiedniowego metodą shifting równanie to przyjmuje postać:

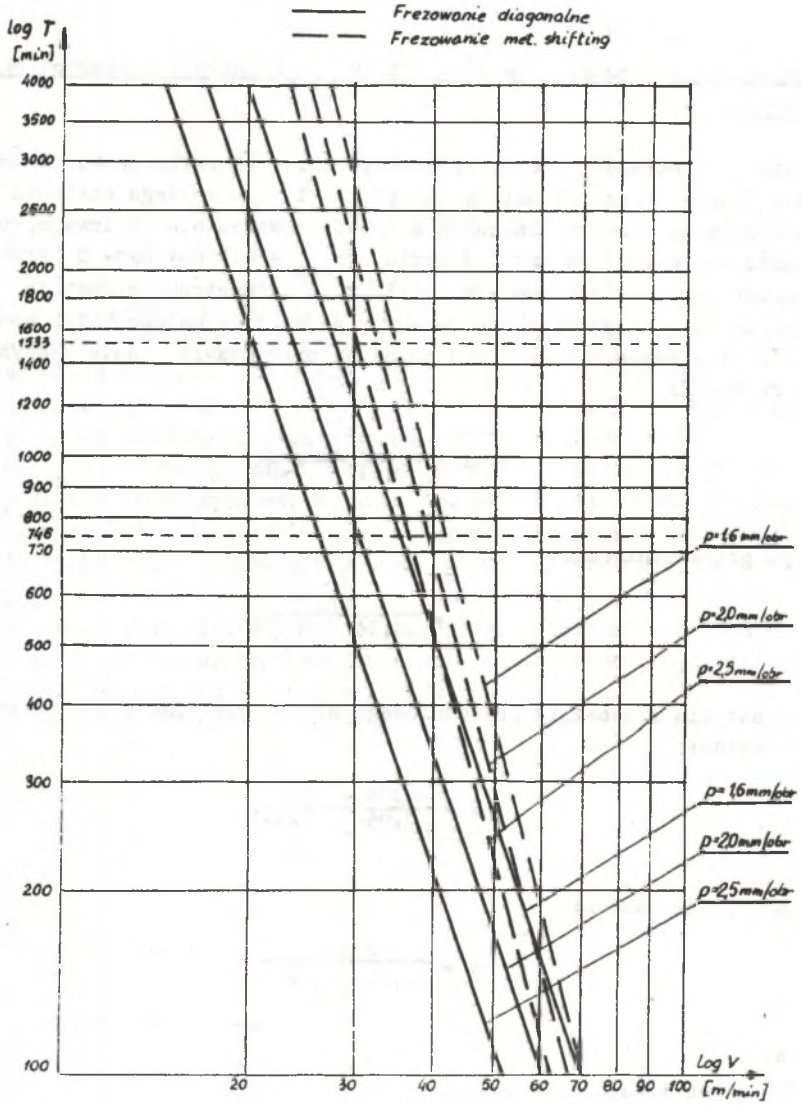
$$T = \frac{2{,}304 \cdot 10^9}{v^{3{,}84} \cdot p^{1{,}25}},$$

lub po przekształceniu:

$$v = \frac{273{,}4}{T^{0{,}26} \cdot p^{0{,}33}}$$

gdzie:

T - okres trwałości w [min],
v - szybkość skrawania w [m/min],
p - posuw w [mm/obr. stołu].



Rys. 3. Wpływ szybkości skrawania, posuwu i metody frezowania na trwało ć ostrzy freza

Korzystając z podanych zależności oraz danych ekonomicznych uzyskanych w Fabryce Maszyn Elektrycznych i Motoreduktorów "Indukta" obliczono ze znanego wzoru [4] wartość ekonomicznych okresów trwałości. Zakładając pełne wykorzystanie czynnej długości części roboczej narzędzia ekonomiczne okresy trwałości wynoszą:

T_{ek} = 746 min - dla frezowania diagonalnego,

T_{ek} = 1533 min. - dla metody shifting.

Wnioski

Badania wykazały, że optymalne zużycie ostrzy freza hp_{opt} wynosi średnio 0,5 mm zarówno dla frezowania diagonalnego, jak i dla metody shifting.

Wartość przesuwu skokowego (met. shifting) oraz okres przesunięć należy przyjmować w oparciu o kryterium minimalnego kosztu operacji. Dla zakresu opisanych badań okres przesunięć osiowych odpowiada czasowi pracy freza związanemu z wartością stępienia hp = 0,4 mm, a wartość przesunięcia dla metody shifting wynosi 6,75 mm.

Trwałość ostrzy freza jest ok. 2 razy większa przy metodzie shifting w porównaniu z frezowaniem diagonalnym, jest to wynikiem stwierdzonej nierównomierności zużycia ostrzy przy frezowaniu diagonalnym, spowodowanej faktem, że zawsze te same nieliczne ostrza biorą udział we wcinaniu, a więc silniej są obciążone i szybciej się zużywają [5]. Przy frezowaniu metodą shifting wszystkie ostrza freza pracują zarówno przy wcinaniu jak i w czasie skrawania na pełną głębokość.

Analiza ekonomiczna wykazała, że koszt operacji frezowania obwiedniowego metodą shifting jest niższy o około 25% w porównaniu z metodą diagonalną.

LITERATURA

[1] Castelli R.: Macchine 28, 1973, 135.

[2] Ochęduszko K.: Koła zębate, t. II, WNT Warszawa, 1971.

[3] Rohmert J.: Techn.Zbl. für Praktische Metallbearbeitung 10, 1972, 431.

[4] Kaczmarek J.: Podstawy obróbki wiórowej, ściernej i erozyjnej, WNT, Warszawa, 1970.

[5] Wójcikowski J., Stachurski Z.: IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna "Postępy w teorii i technice obróbki materiałów" Komunikaty, IOS Kraków, 1973, 40.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОУСТОЙЧИВОСТИ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ТРЕХЗАХОДНЫХ ЧЕРВЯЧНЫХ ФРЕЗ ДЛЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПРИ ФРЕЗОВАНИИ ДИАГОНАЛЬНОМ И ПО МЕТОДУ ШИФТИНГ

Р е з ю м е

На основании многократного опытного резания был определен оптимальный износ режущей кромки исследуемых фрез, был определен метод и значение осевых перемещений фрезы для метода шифтинг и зависимость долговечности режущей кромки как функция скорости резания и подачи для диагонального метода и для метода шифтинг. Кроме того даются критерии и методики оптимизации значения и периода осевых перемещений фрезы для метода шифтинг.

TOOL LIEFE EXAMINATIONS OF TRIPLE-THREAD HOBS FOR CYLINDRICAL GEARS USING DIAGONAL HOBBING AND SHIFTING METHOD

S u m m a r y

On the base of numerous cutting tests the optimal rate of cutter wear on the examined hobs has been determined. A period and a rate of axial hob shift in shifting method as well as tool-liefe dependance in cutting speed and feed rate function for both methods has been evaluated. Also criteria and methodies for axial shift rate and period optimization in shifting method has been determined.