ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1975

Seria: Mechanika z. 57 Nr kol. 445

Jan Wójcikowski, Michał Podwika
Instytut Budowy Maszyn

ANALIZA WPŁYWU TOLERANCJI OSTRZENIA 3-KROTNYCH FREZÓW ŚLIMAKOWYCH NA KOSZTY OBRÓBKI UZĘBIEŃ KÓŁ ZĘBATYCH

Streszczenie. W pracy wykazano ilościowy i jakościowy wpływ wartości tolerancji ostrzenia narzędzia na koszt operacji obwiedniowego frezowania uzębień kół zębatych oraz ustalono ekonomicznie uzasadnioną wartość tolerancji ostrzenia.

WSTĘP

W miarę pracy ostrze freza ślimakowego osiąga coraz większe stępienie h_p, które doprowadzamy do wielkości optymalnej. Stępione ostrza freza podlegają następnie ostrzeniu. Zabieg ten usuwa nie tylko ślady stępienia, ale także część nieuszkodzonego materiału ostrza Δh_h, co wynika z niedokładności procesu ostrzenia. Dopuszczalna niedokładność ostrzenia Δh_p wynosi 0,1 lub 0,3 mm [1, 2]. Wartość tej tolerancji ma z pewnością wpływ na ogólną długotrwałość ostrza U narzędzia, wynikającą z ilości możliwych przeostrzeń zębów freza.

Dotychczas brak ekonomicznego uzasadnienia wartości tej tolerancji, gdyż istnieje przekonanie, że koszty narzędziowe na ogół bardzo mało wpływają na koszty wytwarzania. Pogląd ten, słuszny w przypadku najczęściej stosowanych narzędzi, a więc takich jak noże, wiertła czy frezy, wydaje się jednak wątpliwy w przypadku narzędzi do obróbki uzębień. Postanowiono zatem przebadać odpowiednie zależności technologiczne i ekonomiczne, związane z obwiedniowym frezowaniem uzębień.

Zakres badań i stanowisko badawcze

Do badań użyto bardzo wydajnych 3-krotnych frezów ślimakowych klasy produkcji włoskiej (Cantamessa). Przy średnicy 90 mm i długości 120 mm frez posiadał 14 zębów na obwodzie. Ostrza o zarysie modyfikowanym,

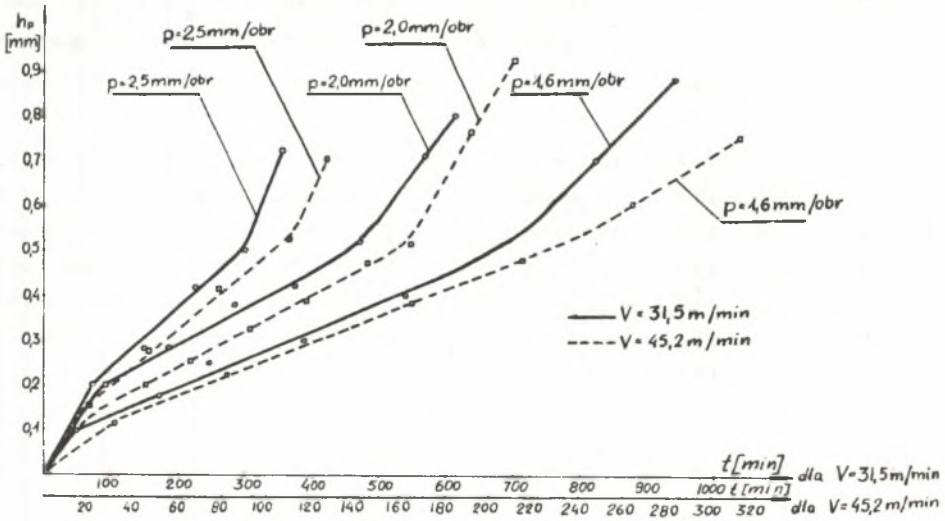
nane ze stali szybkotnącej SR Mo+K5 o twardości w granicach 63÷65 HRC, posiadały kąt natarcia $\gamma = 0^{o}$. Próby prowadzono na frezarce obwiedniowej do kół zębatych typu ZFWZ 250x5/II firmy "Modul" (NRD).

Do badań użyto otoczek kół zębatych ze stali 55 ulepszonej cieplnie do twardości 170÷192 HB. Uzębienie śrubowe koła walcowego o module m = 2 i ilości zębów z = 79 nacinano metodą diagonalną jednym przejściem, przy następujących parametrach skrawania: v_{skr} = 31,5 m/min i 45,2 m/min z posuwami p = 1,6; 2,0 i 2,5 mm/obrót stołu.

W pierwszej fazie prowadzono próby skrawania dla ustalenia sposobu i intensywności tępienia się ostrzy freza, określono optymalne stępienie $h_{p_{opt}}$ i wyznaczono okres długotrwałości ostrza U freza. Przy ostrzeniu sprawdzano, jakie są techniczne możliwości zminimalizowania tolerancji ostrzenia Δh_p. W drugiej fazie w oparciu o ekonomiczne warunki przemysłowe z 1974 roku obliczono wpływ tolerancji ostrzenia na koszt operacji nacinania obwiedniowego uzębień.

Wyniki badań

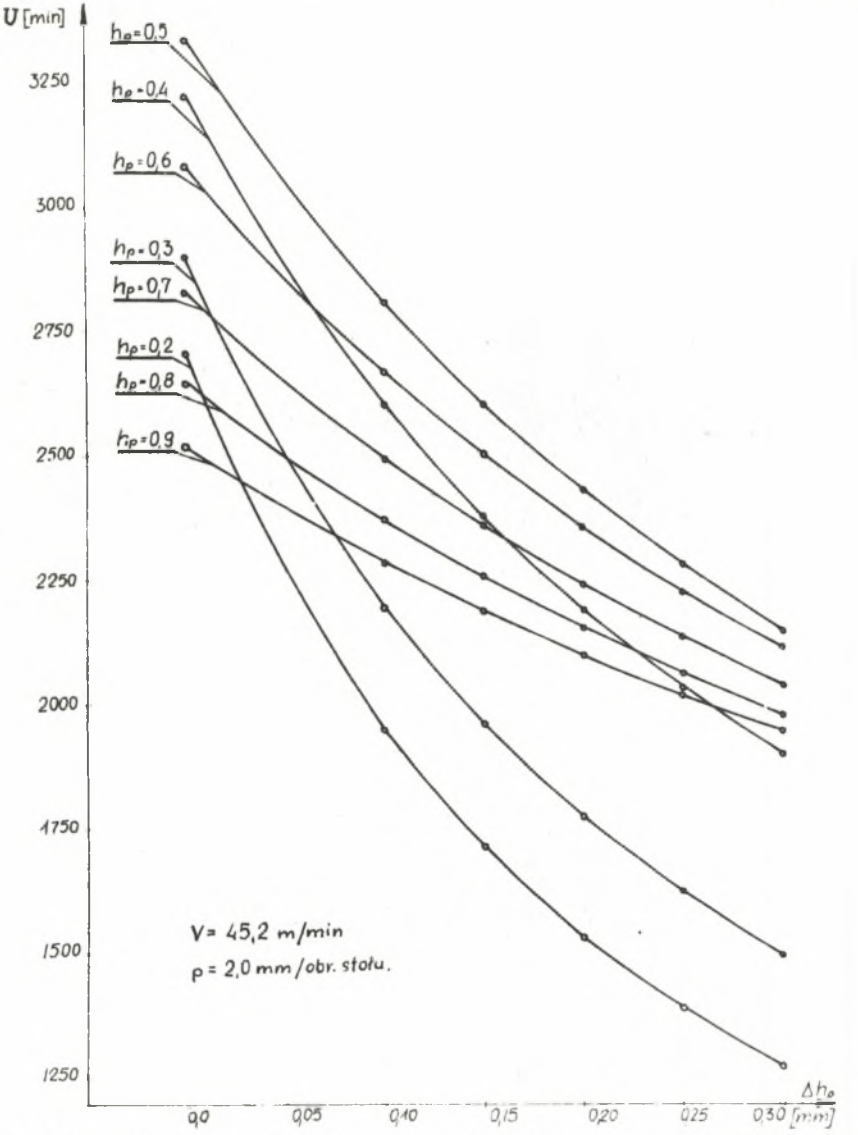
Wyniki badań przebiegu tępienia ostrzy h_p przedstawiono na wykresach rys. 1. Przebieg krzywych stępienia jest podobny do krzywych charaktery-



Rys. 1. Przebieg tępienia h_p w funkcji czasu dla v_{skr} = 31,5 m/min i dls v_{skr} = 45,2 m/min.

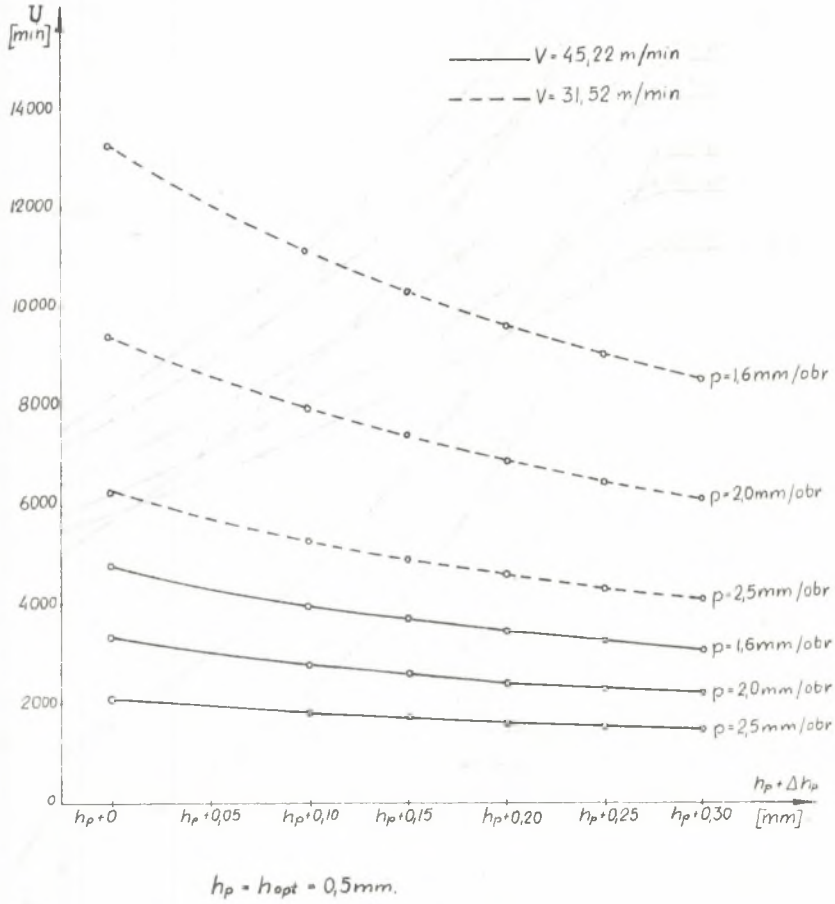
zujących zużycie ostrzy innych narzędzi, wykonywanych ze stali szybkotnącej. Z analizy tego rysunku wynika, że optymalna wartość stępienia wynosi około $h_{p_{opt}} = 0,5$ mm.

Wpływ różnych wartości stępienia h_p i różnych wartości tolerancji ostrzenia Δh_p na długotrwałość ostrza U freza sprawdzono dla $v_{skr} = 45,2$ m/min i posuwu p = 2,0 mm/obr. stołu i przedstawiono na rys. 2. Wykres



Rys. 2. Wpływ różnych tolerancji ostrzenia Δh_p na długotrwałość ostrza U freza ślimakowego

ten potwierdza, że dla optymalnej wartości stępienia $h_{p_{opt}}$ = 0,5 mm badany frez uzyskuje tym większą długotrwałość ostrza U, im mniejsza jest tolerancja ostrzenia. Podobnie wpływ różnych parametrów skrawania v i p na długotrwałość ostrza U badanych frezów dla optymalnej wartości stępienia $h_{p_{opt}}$ = 0,5 mm i różnych tolerancji ostrzenia w granicach Δh_p do 0,3 mm przedstawia rys. 3. Z przebiegu krzywych na tym rysunku wynika, że im mniejsza szybkość skrawania i im mniejszy posuw, tym większy wpływ na długotrwałość ostrza narzędzia ma tolerancja przeznaczona na ostrzenie.



Rys. 3. Wpływ stępienia $h_{p_{opt}}$ i różnych tolerancji ostrzenia Δh_p na długotrwałość ostrza U freza dla różnych warunków skrawania

Bardziej interesującym zagadnieniem od długotrwałości ostrza narzędzia jest koszt operacji K_{op} nacinania uzębienia kół zębatych. Analizy wpływu wartości tolerancji ostrzenia na koszt operacji dokonano w oparciu o zależność:

$$K_{op/szt} = t_m \frac{m}{60} + \frac{t_{os} \cdot k_{os} + t_{wN} \cdot \frac{m}{60} + \frac{N}{i+1}}{\frac{T_i}{t_m}},$$

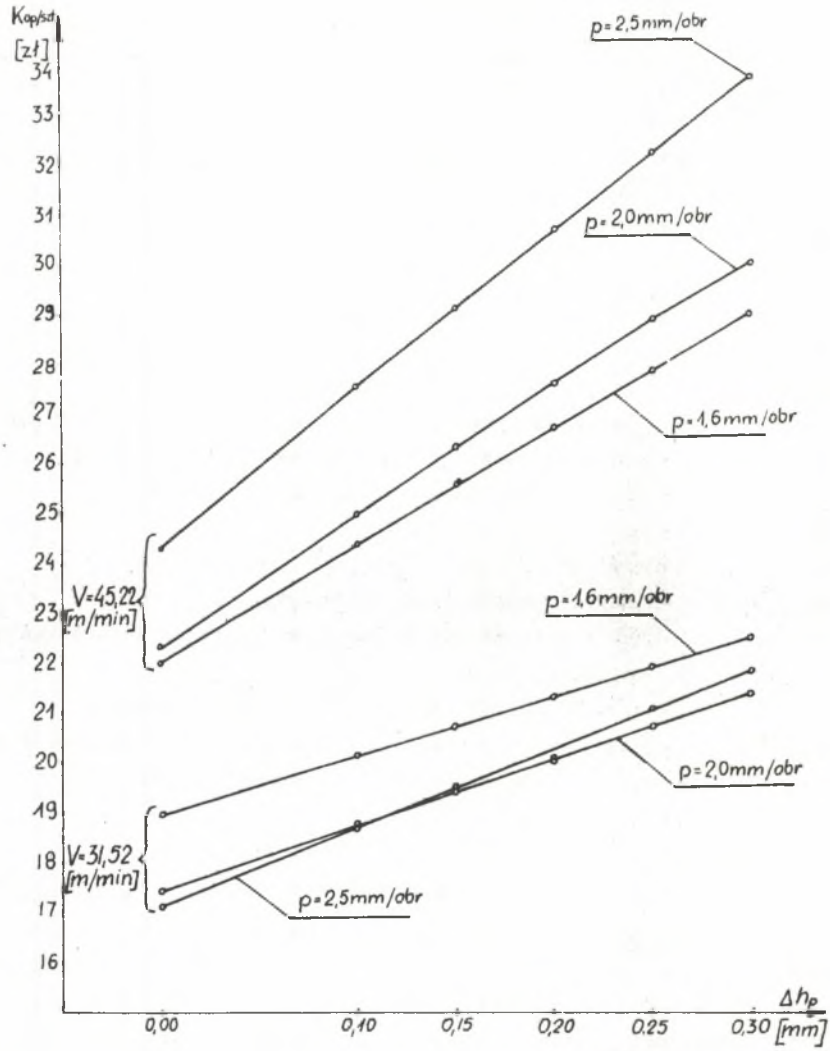
przy czym:

$$t_m = \frac{l \cdot z}{p \cdot k \cdot n_f}$$

gdzie:

t_m - czas maszynowy obróbki jednego koła zębatego (min),
l - droga narzędzia podczas skrawania uzębienia (mm),
z - liczba zębów koła nacinanego,
p - posuw freza (mm/obrót),
k - krotność freza,
n_f - liczba obrotów freza na minutę,
m - koszt roboczo-godziny stanowiska frezowania obwiedniowego (zł/godz.),
t_{os} - czas ostrzenia stępionego narzędzia (godz.),
k_{os} - koszt godziny pracy stanowiska ostrzenia frezów (zł/godz.).
t_{wN} - czas potrzebny na wymianę narzędzia (min.),
N - koszt nowego narzędzia (zł),
$i = \frac{L}{h_p + \Delta h_p}$ - liczba możliwych przeostrzeń narzędzia,
T_i - czas pracy narzędzia aż do osiągnięcia $h_p = h_{p_{opt}}$ (min.)

Dane o czasie maszynowym obróbki jednego koła, liczbie obrotów freza i posuwie, jak również czasie wymiany stępionego narzędzia i czasie ostrzenia narzędzia uzyskano podczas przeprowadzania prób skrawania uzębień. Koszty stanowiska frezowania obwiedniowego i stanowiska ostrzenia przyjęto wg danych krajowej wytwórni motoreduktorów "Indukta". Zależność przedstawiającą koszt operacji na sztukę ($K_{op/szt}$) w funkcji Δh_p, przedstawia rys.4. Z analizy tego rysunku wynika, że wpływ wartości tolerancji ostrzenia Δh_p na koszt operacji $K_{op/szt}$ jest tym większy, im większe są szybkości skrawania i posuwy zastosowane podczas obróbki uzębień kół zębatych.



Rys. 4. Zależność kosztów operacji $K_{op/szt}$ w funkcji tolerancji Δh_p ostrzenia przypadających na jedno obrabiane koło zębate

Wnioski

Praca ostrzy 3-krotnych frezów ślimakowych powinna być prowadzona do osiągnięcia optymalnej wartości stępienia $h_{p_{opt}}$.

Tolerancja ostrzenia Δh_p jest czynnikiem wpływającym na długotrwałość ostrza narzędzia; zmniejszenie tolerancji Δh_p ostrzenia frezów z war-

tości +0,3 mm do wartości +0,1 mm powoduje zmniejszenie kosztów operacji $K_{op/szt}$ nacinania uzębień od 10% do 18%.

Zmniejszenie tolerancji Δh_p ostrzenie frezów do +0,1 mm wymaga większej uwagi robotnika i powoduje wydłużenie czasu ostrzenia oraz zwiększenie kosztu ostrzenia; korzyści wynikające z uzyskania większej żywotności freza pokrywają jednak zwiększone koszty ostrzenia.

Ze względu na specyfikę technologii ostrzenia frezów, jak również znaczne oszczędności kosztów operacji wynikające z zacieśnienia tolerancji ostrzenia, proponuje się przyjęcie tolerancji ostrzenia $\Delta h_p = 0{,}05$ mm i ostrzenie na wymiar $h_{p_{opt}}{}^{+0{,}00}_{-0{,}05}$. Wtedy na powierzchni przyłożenia najbardziej zużytego ostrza freza pozostanie jeszcze ślad stępienia mniejszy od 0,05 mm. Pozostawienie tak małego stępienia nie ma wpływu na dalszy przebieg tępienia się ostrza w okresie zużycia umiarkowanego.

Korzyści płynące z zastosowania proponowanej metody ostrzenia frezów ślimakowych dają poważny wzrost ich żywotności i zmniejszenie kosztów nacinania uzębień kół zębatych w warunkach przemysłowych o około 20%.

LITERATURA

[1] Kiepuszewski B.: "Podstawy obróbki metali skrawaniem". Wyd. Uczelniane Politechniki Poznańskiej, Poznań, 1965.

[2] Kaczmarek J.: "Podstawy obróbki wiórowej, ściernej i erozyjnej" WNT, Warszawa, 1971.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ПРИ ЗАТОЧКЕ ТРЕХКРАТНЫХ ЧЕРВЯЧНЫХ ФРЕЗ НА СТОИМОСТЬ ОБРАБОТКИ ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Р е з ю м е

В работе дается количественное и качественное влияние величины допускаемых отклонений при заточке инструмента на стоимость операции фрезерования зубьев зубчатых колес и были определены экономически обоснованные значения отклонений при заточке фрез.

THE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF TRIPLE-THREAD HOB SHARPENING TOLERANCE ON THE COST OF HOBBING

S u m m a r y

The work shows a quantitative and qualitative effect of a tool sharpening tolerance on cost of hobbing operation. The economicaly substantiated value of sharpening tolerance has been determined.