

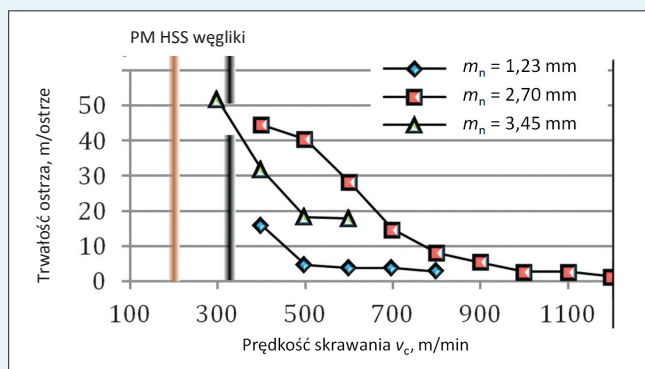
## Narzędzia z węglików do szybkościowego nacinania zębów

Koła zębate o modułach  $m_n$  w zakresie od 1 do 4 mm są szeroko stosowane w samochodowych skrzyniach biegów. W celu uzyskania maksymalnej wydajności koła te obrabia się narzędziami z węglików spiekanych, których potencjał jest nie do końca wykorzystywany ze względu na nieznane ograniczenia procesu i mechanizmy zużycia. Próby trwałości ostrza, przeprowadzone z prędkościami sięgającymi 1000 m/min, pozwoliły na uzupełnienie tej luki informacyjnej.

Badania mechanizmów zużycia i zależności pomiędzy wydajnością a okresem trwałości ostrza wykonano dla trzech przypadków frezowania obwodniowego kół zębatych, reprezentatywnych dla automatycznych ( $m_n = 1,23$  mm,  $d = 60$  mm) i ręcznych ( $m_n = 2,7$  mm,  $d = 100$  mm) skrzyń biegów, a także dla skrzyń pojazdów użytkowych ( $m_n = 3,45$  mm,  $d = 80$  mm). Próby polegające na frezowaniu współbieżnym frezami z węglika K30 prowadzono bez chłodzenia. W celu zaoszczędzenia czasu i materiału zastosowano frezy o jednym zębie wyciętym z rzeczywistego frezu obwodniowego. Dzięki temu zapewniono znacznie szybszy wzrost zużycia ostrza.

Główną zaletą frezów obwodniowych z ostrzami z węglików spiekanych jest możliwość zwiększenia prędkości skrawania. Przemysłowym standardem są prędkości  $v_c = 300\div 400$  m/min dla modułów do  $m_n = 4$  mm. W omawianym przypadku prędkość znacznie przekraczała ten zakres.

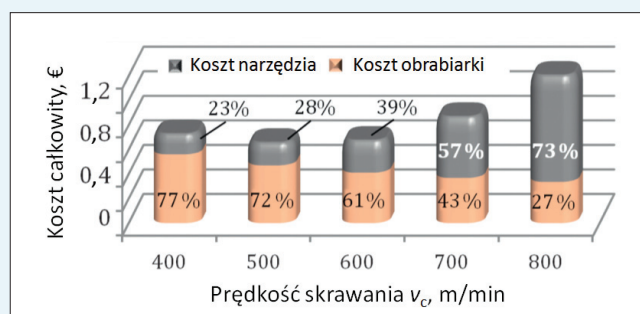
Na rys. 1 przedstawiono zależność trwałości ostrza od prędkości skrawania. Ostrza wytrzymują prędkości  $v_c > 1000$  m/min bez katastroficznego stępienia. Choć trwałość ostrza maleje wraz ze wzrostem prędkości skrawania, to jednocześnie rośnie wydajność obróbki, co oznacza lepsze wykorzystanie czasu pracy obrabiarek.



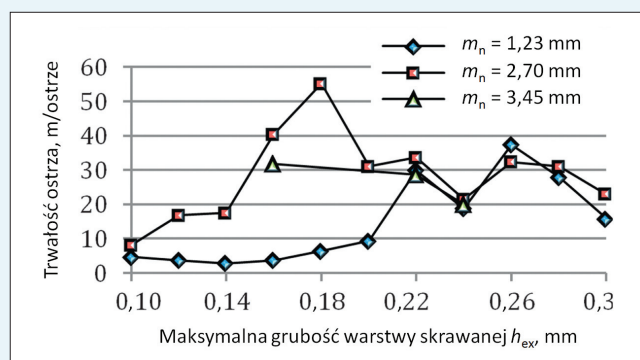
Rys. 1. Wpływ prędkości skrawania na trwałość ostrza frezu obwodniowego z ostrzami z węglików spiekanych. Zaznaczono stosowane w praktyce prędkości dla narzędzi ze stali szybko tnących spiekanych (PM HSS) i węglików

Jak wynika z rys. 2, obniżenie trwałości ostrza niekoniecznie prowadzi do zwiększenia całkowitego kosztu obróbki. Wprawdzie obniżenie trwałości powoduje wzrost kosztu narzędzia, jednak koszt obrabiarki maleje wraz ze wzrostem prędkości skrawania. Dla modułu  $m_n = 2,7$  mm optymalna okazała się prędkość  $v_c = 520$  m/min.

W przypadku obwodniowej obróbki kół zębatych do określania posuwu osiowego stosuje się maksymalną grubość warstwy skrawanej  $h_{ex}$ , będącą miarą obciążenia ostrza.



Rys. 2. Zależność kosztu wytworzenia koła zębatego od prędkości skrawania



Rys. 3. Zależność trwałości ostrza frezu obwodniowego z węglików spiekanych od maksymalnej grubości warstwy skrawanej

Ze względu na kruchość węglików spiekanych w przemyśle stosuje się zaniżone grubości (zwykle  $h_{ex} \approx 0,14$  mm). Aby określić rzeczywiste możliwości takich frezów, zbadano wpływ grubości warstwy skrawanej na trwałość ostrza (rys. 3). Frez o największym module  $m_n = 3,45$  mm na wzrost  $h_{ex}$  reagował spadkiem trwałości. Dwa pozostałe frezy zachowały się odmiennie. Wzrost grubości  $h_{ex}$  wywołuje dwa efekty. Z jednej strony całkowita liczba uderzeń ostrza maleje, co jest korzystne, z drugiej zaś obciążenie w trakcie pojedynczego uderzenia rośnie. Do pewnego stopnia frez węglikowy lepiej więc znosi pojedyncze obciążenie niż dużą liczbę uderzeń ( $h_{ex} = 0,18\div 0,2$  mm). Dalszy wzrost obciążenia prowadzi do obniżenia trwałości ostrza, a często nawet do jego wykruszenia.

Opracował: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak

### LITERATURA

Karpuschewski B. et al. „Cemented carbide tools in high speed gear hobbing applications”. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 66 (2017): s. 117–120. ■