

Dr inż. Marek KOŁODZIEJ,
dr inż. Maciej KOWALSKI (Politechnika Wrocławska):

BADANIA ZUŻYCIA OSTRZY W TOCZENIU Z ZASTOSOWANIEM MINIMALNEGO SMAROWANIA MQL

Streszczenie

Metoda minimalnego smarowania zyskuje w obróbce skrawaniem coraz większe uznanie, chociażby z powodu rosnącej świadomości ekologicznej, lecz także z uwagi na wysokie koszty zakupu i utylizacji cieczy obróbkowych. W artykule opisano podstawowe założenia dotyczące stosowania MQL, jak również zalety i wady tej metody. Przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań wpływu sposobu chłodzenia i smarowania strefy skrawania na wartości wskaźników zużycia ostrza skrawającego płytek węglkowych z powłoką przeciwzużyciową. Wyniki te porównano z analogicznymi badaniami przeprowadzonymi na sucho dla założonego zakresu parametrów skrawania.

Słowa kluczowe: *zużycie, chropowatość powierzchni, smarowanie strefy skrawania*

RESEARCH WEAR BLADES IN TURNING WITH THE USE OF MINIMUM QUANTITY LUBRICATION MQL

Abstract

Minimum lubrication method is gaining more and more recognition in the machining least because of a growing environmental consciousness, as well the cost of purchase and disposal of cutting fluids. The article described basic principles of use the minimum lubrication, ways, advantages but also disadvantages of this metod. The paper presents results of influence research of a metod of cooling and lubricating the cutting zone on wear indicators of carbide inserts antiwear coated. These results were compared with similar studies conducted under conditions of dry machining for the assumed range of cutting parameters.

Keywords: *wear, surface roughness, lubrication cutting zone*

BADANIA ZUŻYCIA OSTRZY W TOCZENIU Z ZASTOSOWANIEM MINIMALNEGO SMAROWANIA MQL

Marek KOŁODZIEJ¹, Maciej KOWALSKI¹

1. WPROWADZENIE

Obróbka skrawaniem stanowi jedną z najbardziej rozwijających się technologii na świecie. Na jej wykorzystaniu opiera się coraz większa ilość produktów. Najważniejszym kierunkiem rozwoju bez wątpienia jest ciągle poprawianie dokładności i jakości produktów oraz ze względu na dużą konkurencję rynkową na ograniczenie czasu produkcji. Aby zapewnić powyższe oczekiwania stosuje się wiele nowoczesnych technik wytwarzania. Między innymi obróbkę wysokowydajną – HPC (High Performance Cutting) oraz obróbkę z bardzo wysokimi prędkościami skrawania HSC (High Speed Cutting). Wykorzystanie tego typu metod niesie za sobą konsekwencje w postaci wydzielania dużej ilości ciepła. Ciepło to wpływa negatywnie na proces obróbki i podnosi koszty ze względu na konieczność stosowania dużych ilości cieczy chłodząco – smarujących.

Wady związane ze stosowaniem dużych ilości cieczy chłodzących to przede wszystkim:

- duże koszty związane zakupem i utrzymaniem instalacji do podawania chłodziwa,
- bardzo negatywny wpływ na środowisko,
- negatywny wpływ na zdrowie operatora,
- zmniejszenie elastyczności ustawień obrabiarki.

Dlatego coraz częściej obróbka skrawaniem na sucho lub z minimalnym udziałem cieczy (MQL – Minimum Quantity Lubrication) jest coraz częściej stosowana w praktyce przemysłowej. Sprzyjają ku temu obowiązujące przepisy dotyczące ochrony środowiska oraz postęp w rozwoju materiałów narzędziowych i powłok, zwiększających odporność ostrza na zużycie w trudnych warunkach skrawania.

¹ Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, Katedra Obrabiarek i Technologii Mechanicznych, ul. Łukasiewicza 5, 50-371 Wrocław

Z obróbką MQL mamy do czynienia wtedy, gdy ilość doprowadzonego do procesu skrawania czynnika smarującego jest mniejsza niż 100ml/h. W porównaniu z obróbką konwencjonalną natężenie przepływu wodnych emulsji olejowych w procesie skrawania wynosi około od 20 do 40 l/h [1].

Minimalne smarowanie w procesie skrawania może być realizowane na dwa sposoby [4]:

- przez modernizację układu chłodzenia obrabiarki, tzn. przez zmianę ciśnienia strugi chłodziwa, jej wydajności oraz przez ukierunkowanie strugi cieczy,
- przez wykorzystanie specjalnego oprzyrządowania umożliwiającego dawkowanie chłodziwa.

2. CEL ORAZ METODYKA BADAŃ

Celem badań było określenie wpływu sposobu smarowania na proces zużycia ostrza skrawającego oraz stan powierzchni obrabianej po toczeniu. Badania przeprowadzono ze smarowaniem metodą MQL oraz na sucho. W celu określenia zużycia ostrza skrawającego mierzono szerokość starcia powierzchni przyłożenia VB_B ostrza.

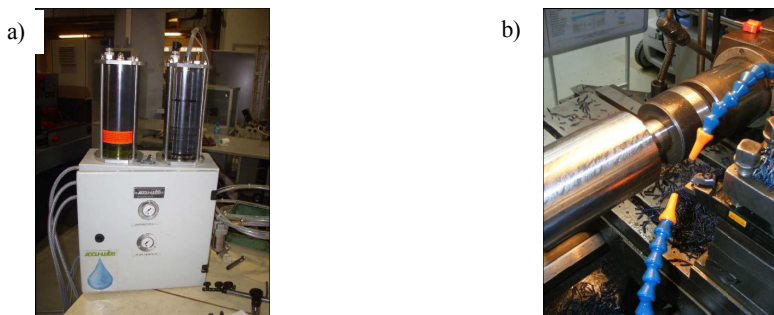
Materiałem obrabianym była stal C55, która jest używana na części maszyn i urządzeń średnio obciążone, o podwyższonej odporności na ścieranie, m.in. w przemyśle maszynowym, np. wały, osie, wrzeciona, wałki i koła zębate, tłoczyska, pierścienie, elementy maszyn i narzędzi rolniczych. Obrabianym przedmiotem był wałek o średnicy początkowej $\varnothing 197\text{mm}$.

Do badań wybrano narzędzie skrawające składające się z płytki węglkowej firmy Sandvik o oznaczeniu katalogowym CNMG 12 04 04 – PF GC4215. Jest to węglak spiekany pokrywany powłoką TiN, i według producenta, węglak ma małe naprężenia wewnętrzne co zapewnia dużą wytrzymałość ostrza skrawającego. Płytki wykonane z tego materiału przeznaczone są do:

- obróbki wysoko produktywnej zarówno do zgrubnej jak i do wykańczającej,
- obróbki przy wysokich temperaturach,
- obróbki zarówno z, jak i bez chłodziwa.

Badania zostały przeprowadzone z parametrami skrawania: prędkość skrawania $v_c=230, 275$ i 320 m/min, głębokość skrawania $a_p=0,5$ mm, posuw $f=0,3$ mm/obr.

Stanowisko badawcze składało się z tokarki uniwersalnej Tur 50 produkcji FAT Ponar-Wrocław oraz urządzenia do minimalnego smarowania Minibooster firmy Ac-cu-Lube (rys.1).



Rys. 1 Urządzenie do minimalnego smarowania Minibooster firmy Accu-Lube, a) widok urządzenia, b) sposób doprowadzenia mgły olejowej do strefy skrawania

Całość urządzenia do minimalnego smarowania jest zasilana pneumatycznie. W strumień powietrza w odpowiednich odstępach czasu podawana jest niewielka ilość oleju, który pod ciśnieniem zostaje rozproszony, w wyniku czego otrzymujemy mgiełkę z mieszaniny obu składników. Proces mieszania mgiełki odbywa się na kilka centymetrów przed dyszą. Do tego miejsca powietrze i olej docierają osobnymi kanałami węża. Ciśnienie powietrza nie powinno być mniejsze niż 4 bary, a ilość podawanego oleju (w zależności od rodzaju obróbki) 2 – 10 ml/h. Urządzenie pozwala na płynną regulację zarówno ciśnienia powietrza jak i ilość środka smarującego z częstotliwością 1 – 200 cykli dawek oleju na minutę.

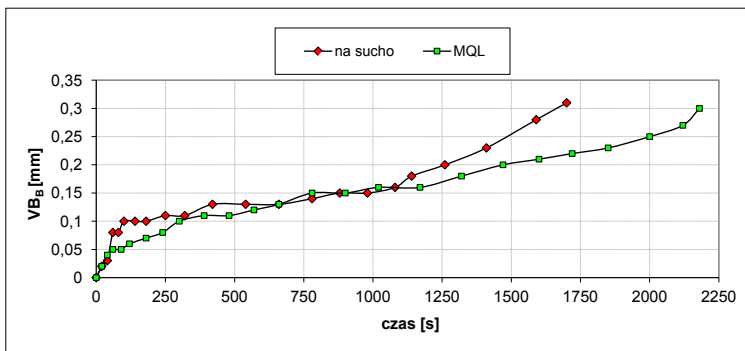
3. WYNIKI BADAŃ

Badania zużycia ostrza przeprowadzane były poprzez pomiar szerokości pasma starcia VB_B na powierzchni przyłożenia ostrza skrawającego w ustalonych odstępach czasu. Odstępki te dobierane były na podstawie literatury [2, 3], a także własnych doświadczeń uzyskanych podczas prowadzonych badań wstępnych. Pomiary wskaźnika VB_B przeprowadzono po każdym ustalonym okresie skrawania. Płytkę była zdejmowana z trzonka noża i poddawana pomiarom i rejestracji wielkości zużycia na mikroskopie. Po zakończonym pomiarze zużycia płytkę była ponownie mocowana w trzonku noża tokarskiego a badania były kontynuowane. Szerokość pasma starcia mierzona była zgodnie z normą PN-ISO 3685. W badaniach przyjęto, że wartość wskaźnika stępienia ostrza będzie wynosiła 0,3 mm zmierzonej szerokości pasma starcia VB_B . Już podczas badań wstępnych stwierdzono, że praca narzędziem powyżej tej wartości wskaźnika $VB_B=0,3$ mm nie będzie przynosiła oczekiwanych rezultatów w postaci prawidłowych warunków obróbki, czy też odpowiedniej chropowatości powierzchni.

Wyniki z przeprowadzonych badań zamieszczono w tabeli 1, w której zawarto wartości zmierzonych czasów oraz odpowiadające im wartości wskaźnika VB_B . Na tej podstawie sporządzono wykres zużycia ostrzy, dla obróbki na sucho i z minimalnym smarowaniem MQL (rys. 2).

Tabela 1. Wyniki zużycia ostrza nr 1 i nr 2

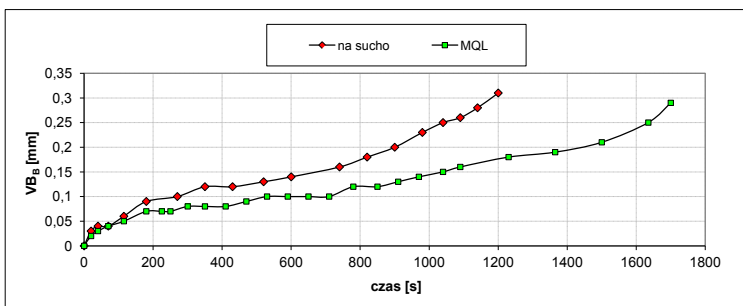
Ostrze: 1	Parametry: $v_c = 230$ [m/min] $f = 0,3$ [mm/obr] $a_p = 0,5$ [mm] NA SUCHO										
Czas [s]	20	40	60	80	100	140	180	250	320	420	540
VB_B [mm]	0,02	0,03	0,08	0,08	0,1	0,1	0,1	0,11	0,11	0,13	0,13
Czas [s]	660	780	880	980	1080	1140	1260	1410	1590	1700	
VB_B [mm]	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,18	0,2	0,22	0,28	0,31	
Ostrze: 2	Parametry: $v_c = 230$ [m/min] $f = 0,3$ [mm/obr] $a_p = 0,5$ [mm] MQL										
Czas [s]	20	40	60	90	120	240	300	390	480	660	780
VB_B [mm]	0,02	0,04	0,05	0,04	0,06	0,08	0,1	0,11	0,11	0,13	0,15
Czas [s]	900	990	1170	1320	1470	1600	1720	2000	2120	2180	
VB_B [mm]	0,15	0,15	0,16	0,18	0,2	0,21	0,22	0,25	0,27	0,3	

Rys. 2 Wykres zużycia ostrza dla parametrów skrawania: $v_c=230$ m/min, $f=0,3$ mm/obr, $a_p=0,5$ mm

Kolejne badania przeprowadzono dla wyższych prędkości skrawania wynoszących 275 m/min. Wyniki badań, tak jak poprzednio zamieszczono w tabeli 2 oraz na wykresie (rys. 3).

Tabela 2. Wyniki zużycia ostrza nr 3 i nr 4

Ostrze: 3	Parametry: $v_c = 275$ [m/min] $f = 0,3$ [mm/obr] $a_p = 0,5$ [mm] NA SUCHO										
Czas [s]	20	40	70	115	180	270	350	430	520	600	740
VB_B [mm]	0,03	0,04	0,04	0,06	0,09	0,1	0,12	0,12	0,13	0,14	0,16
Czas [s]	820	900	980	1040	1090	1140	1200				
VB_B [mm]	0,18	0,2	0,23	0,25	0,26	0,28	0,29				
Ostrze: 4	Parametry: $v_c = 275$ [m/min] $f = 0,3$ [mm/obr] $a_p = 0,5$ [mm] MQL										
Czas [s]	20	40	70	115	180	225	250	300	410	470	530
VB_B [mm]	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,1
Czas [s]	710	850	910	970	1040	1090	1230	1365	1500	1635	1700
VB_B [mm]	0,1	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21	0,25	0,29

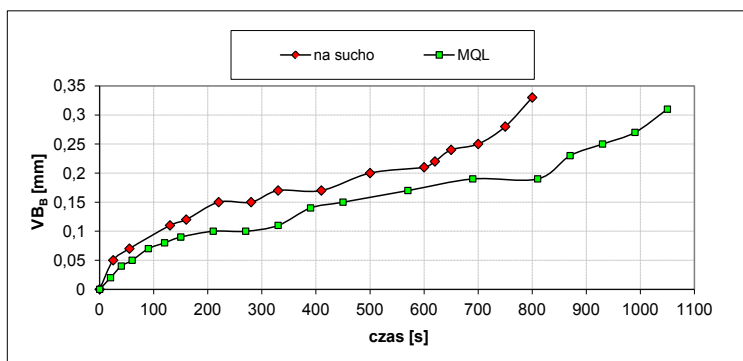


Rys.3 Wykres zużycia ostrzy dla parametrów skrawania: $v_c=275$ m/min, $f=0,3$ mm/obr, $a_p=0,5$ mm

Wyniki z badań dla prędkości 320 m/min zamieszczono w tabeli 3 i na rys. 4.

Tabela 3. Wyniki zużycia ostrza nr 5 i nr 6

Ostrze: 5	Parametry: $v_c = 320$ [m/min] $f = 0,3$ [mm/obr] $a_p = 0,5$ [mm] NA SUCHO											
Czas [s]	25	55	130	160	220	280	330	410	500	600	620	
VB_B [mm]	0,05	0,07	0,11	0,12	0,15	0,15	0,17	0,17	0,2	0,21	0,22	
Czas [s]	650	700	750	800								
VB_B [mm]	0,24	0,25	0,28	0,33								
Ostrze: 6	Parametry: $v_c = 320$ [m/min] $f = 0,3$ [mm/obr] $a_p = 0,5$ [mm] MQL											
Czas [s]	20	40	60	90	210	270	330	390	450	570	810	
VB_B [mm]	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07	0,1	0,11	0,14	0,15	0,17	0,19	
Czas [s]	870	930	990	1050								
VB_B [mm]	0,23	0,25	0,27	0,31								



Rys.4 Wykres zużycia ostrzy dla parametrów skrawania: $v_c=320$ m/min, $f=0,3$ mm/obr, $a_p=0,5$ mm

Przeprowadzone badania zużycia ostrzy skrawających, zgodnie z założeniami, pokazały widoczny wpływ sposobu smarowania na trwałość narzędzi. W każdej z badanych prędkości skrawania widoczne jest wydłużenie czasu pracy ostrza

w przypadku minimalnego smarowania. Analizując poszczególne wykresy można zauważyć pewną analogię. Różnica wartości VB_B w obu przypadkach (obróbka na sucho i z minimalnym smarowaniem) zwiększa się wraz z czasem obróbki. Różnice wartości wskaźnika VB_B w pierwszej fazie obróbki nie różnią się istotnie między sobą. Z upływem czasu oddziaływanie czynnika smarnego zawartego w mgłę olejowej powoduje zmniejszenie zużycia powierzchni przyłożenia i przez to wzrost trwałości ostrza. W większości przypadków dopiero po osiągnięciu $VB_B=0,12$ mm widoczna jest różnica intensywności wzrostu zużycia ostrza w czasie. Różnica czasu gdy starcie osiągnęło wartość 0,3 mm między obróbką na sucho a tą z minimalnym smarowaniem wynosi od 250 (dla $v_c=320$ m/min) do około 500 sekund (dla $v_c=230$ i 275 m/min). Różnica ta stanowi nawet do około 30% czasu obróbki ostrzem na sucho.

Kolejnym aspektem podczas porównywania tych dwóch sposobów obróbki jest wpływ prędkości skrawania na przebieg zużycia ostrzy. Czas obróbki do momentu osiągnięcia kryterium stopienia ostrza w przypadku toczenia z prędkością 320 m/min był dwukrotnie mniejszy niż ten z najmniejszą badaną prędkością 230 m/min.

4. PODSUMOWANIE

Badania oraz analiza wyników pozwoliła na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Oba zastosowane w badaniach sposoby obróbki (obróbka na sucho i MQL) stanowią alternatywę dla obróbki z konwencjonalnym chłodzeniem. Wybór między zastosowaniem jednego z nich musi zostać poprzedzona dokładną analizą ekonomiczną z uwagi na uzyskiwane różne trwałości narzędzi skrawających, co potwierdziły przeprowadzone badania.
2. Rodzaj oraz sposób doprowadzania środka chłodząco – smarującego ma znaczący wpływ na zużywanie się krawędzi skrawającej.
3. Zastosowanie już niewielkich ilości środka smarnego w postaci mgły olejowej pozwala na wydłużenie czasu pracy narzędzia nawet o 1/3 (przy niższych prędkościach skrawania) w stosunku do obróbki na sucho.
4. Badania pokazały, że zastosowanie metody MQL w porównaniu do obróbki na sucho daje potencjalne możliwości zwiększenia efektywności obróbki skrawaniem w produkcji przemysłowej z uwagi na różnice w trwałości ostrza.

LITERATURA

- [1] Accu-Lube. *Minimalna ilość cieczy chłodząco-smarującej Accu-Lube alternatywą chłodziw dla obróbki na tokarkach*, Narzędziowiec, 2007
- [2] Attanasio, Gelfi, Giardii. *Minimal quantity lubrication in turning*, Wear, 2008
- [3] Leppert, T. *Zużycie ostrza w warunkach toczenia na sucho i z MQL*. W H. Latoś (Red.), *Obróbka skrawaniem zaawansowana technika*. Bydgoszcz: Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, 2009
- [4] Słupik H. *Obróbka skrawaniem*, Warszawa, 2010