

HYBRYDOWA METODA WYKORZYSTYWANA DO CHŁODZENIA STREFY SKRAWANIA W PROCESIE SZLIFOWANIA

Jakub ŚWIERCZYŃSKI¹

1. WPROWADZENIE

Obecnie inżynierowie używają najnowocześniejszych maszyn, które są konstruowane tak, aby uzyskać gotowy wyrób przy jak najniższych kosztach i w jak najkrótszym czasie. Ściernica w procesie szlifowania obraca się z dużą prędkością i usuwa wierzchnią warstwę materiału. Energia cieplna, wytworzona poprzez tarcie pomiędzy ściernicą, a przedmiotem obrabianym, może prowadzić do pęknięć w materiale, wzrostu sił skrawania, zmiany w geometrii przedmiotu obrabianego i wielu innych parametrów. Aby zmniejszyć tę energię stosowane są różnego rodzaju płyny chłodząco smarujące PCS. W procesie szlifowania, najpowszechniejszą metodą chłodząco smarującą strefę szlifowania jest tzw. metoda zalewowa. Metoda ta charakteryzuje się najlepszą zdolnością odbierania ciepła. Niestety z drugiej strony, wprowadzenie płynów powoduje wydłużenie czasu produkcyjnego ponieważ wyroby po zakończonym procesie należy umyć i odtłuścić [2–5]. Płyny te, często na bazie olei, wprowadzają do środowiska naturalnego jak i organizmu operatora maszyny wiele niebezpiecznych związków. Ponadto, koszty korzystania z metody zalewowej są kilkakrotnie wyższe niż koszty narzędzi. W celu ograniczenia niekorzystnego wpływu na środowisko i z ekonomicznego punktu widzenia, została wprowadzona metoda rozpylania drobinek oleju w strudze powietrza MQL (Minimum Quantity Lubrication) jako alternatywa dla tradycyjnego zastosowania płynu chłodzącego w przemyśle [2, 3, 7, 8, 9].

¹ Instytut Obrabiarek i TBM, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź

2. METODY CHŁODZENIA

2.1. METODA ZALEWOWA

Metoda zalewowa jest najbardziej popularną i najczęściej stosowaną metodą chłodzenia stosowaną w przemyśle. Opiera się ona na zalaniu strefy szlifowania mieszaniną wody i oleju. Wydajność pracy pomp to nawet 600 l/h. Podczas pracy chłodziwo to należy filtrować oraz chłodzić. Po długotrwałym eksploatacji mieszaninę taką trzeba wymieniać a przepracowane chłodziwo zutylizować. Proces ten jest kosztowny i nie przyjazny dla środowiska.

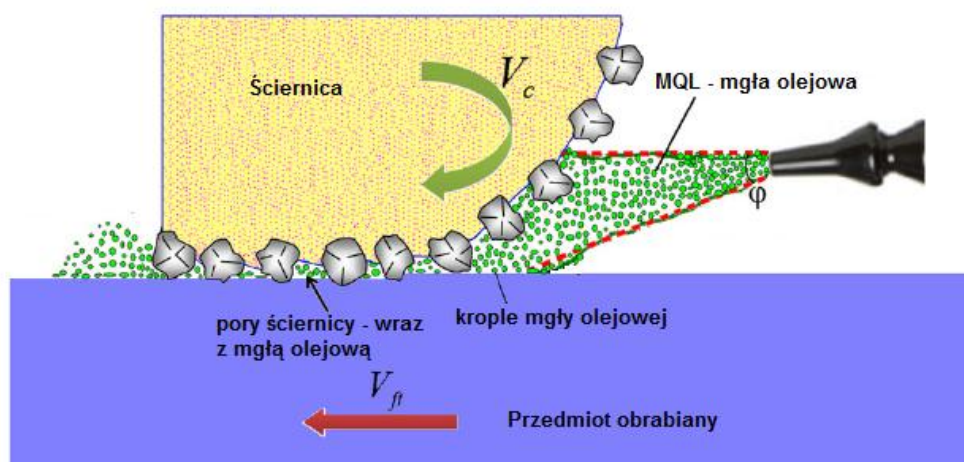
2.1. METODA MQL – MINIMALNEGO WYDATKU OLEJOWEGO

Metoda chłodzenia wykorzystująca rozpyloną mgłą olejową (MQL) została wykorzystana do narzędzi skrawających jedno ostrzowych (noży tokarskich) oraz wielostrzowych (frezy, wiertła). Jak widać są to narzędzia metalowe, których przewodność cieplna jest znacznie lepsza niż w przypadku ściernicy. W obu przypadkach, przepływ ciepła, jak i jego bilans, jest znacznie lepszy niż w procesie szlifowania. Znacznie rzadziej można spotkać opis używania, mgły olejowej do procesu szlifowania, ze względu na złożoność procesu i narzędzi - ściernicy. W wielu operacjach szlifierskich, minimalne smarowanie mgłą olejową (MQL) jest kluczem do sukcesu dla obróbki na sucho. Wszelkie próby produkowania elementów funkcjonalnych wykonywanych w czasie obróbki na sucho zależą od zrozumienia MQL jako systemu, którego elementy, takie jak: parametry procesu, narzędzia oraz obrabiarki, są wzajemnie zależne i wpływają na wydajność wszystkich innych.

Istotną kwestią w procesie szlifowania jest sposób wytwarzania i dostarczania mgły olejowej. Mgła ta musi być wytwarzana poza obszarem szlifowania i transportowana przewodami w strefę bezpośredniego kontaktu ściernicy z przedmiotem obrabianym. Drobinki oleju mieszane są ze sprężonym powietrzem w specjalnej komorze lub bezpośrednio w dyszy napylającej. Wzrost zawartości oleju prowadzi do bardzo wysokiego zapylenia nie tylko w strefie szlifowania ale również przed i za. Stwarza to ogromne zagrożenie dla pracownika obsługującego szlifierkę, niezależnie od odmiany kinematycznej procesu. Z ekologicznego punktu widzenia, jest to negatywne i nie do zaakceptowania. Drugi czynnik - sprężone powietrze wraz ze wzrostem ciśnienia powoduje wzrost hałasu przy wylocie z dyszy. Dlatego niezbędne jest poszukiwanie odpowiedniej równowagi w wyborze ciśnienia i zawartości oleju. Drugim problemem jest zabezpieczenie otoczenia szlifierki przed nadmiernym zapyleniem. Dlatego niezbędne jest zainstalowanie specjalnych wysokiej wydajności odsysaczy w obszarze szlifowania.

Metoda hybrydowa polega na połączeniu metody chłodzenia za pomocą sprężonego schłodzonego powietrza i smarowania strefy skrawania minimalną ilością

mgły olejowej. Powietrze do chłodzenia ma temperaturę -21°C i jest skierowany tak aby przebić poduszkę powietrzną wytworzoną przez obrót ściernicy. Innym bardzo ważnym zadaniem schłodzonego sprężonego powietrza jest czyszczenie czynnej powierzchni ściernicy z zalepień oraz odkrywania nowych ziaren, które wezmą udział w procesie szlifowania. Niska temperatura powietrza pozwala na wprowadzenie micro



Rys. 1. Schemat rozpylania mgły olejowej (MQL) w strefie szlifowania [3]

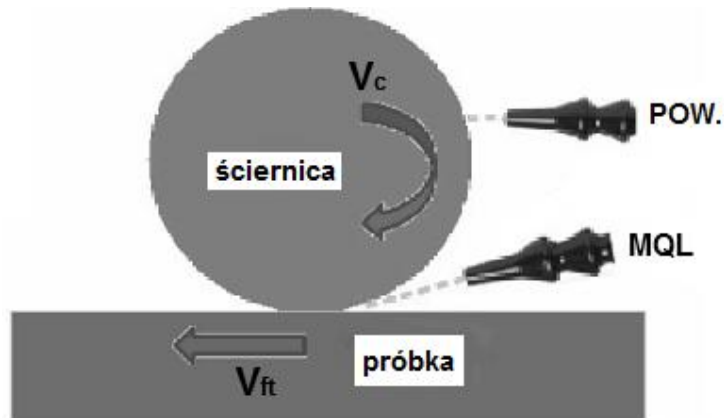
2.2. METODA HYBRYDOWA

naprężeń cieplnych tak, że siła odśrodkowa pozwala na oderwanie nieaktywnych ziaren od ściernicy. Mgła olejowa jest używana do nanoszenia na przedmiot obrabiany bardzo cienkiej warstwy filmu olejowego, który został zaprojektowany w celu zmniejszenia tarcia pomiędzy ściernicą a przedmiotem obrabianym. Rysunek 2 przedstawia metodę podawania obu czynników w strefę szlifowania - obiektu. Tak stworzony system pozwala na wyeliminowanie z procesu bardzo dużej ilości płynów chłodząco smarujących. Płyny takie zawierają mikro-wiórki i pozostałości ściernicy. Przed ponownym wykorzystaniem ich niezbędna jest długa i bardzo kosztowny proces uzdatniania.

3. BADANIA

Badania przeprowadzone zostały z wykorzystaniem płaskich próbek tytanu TIGR5 szlifowanych z wykorzystaniem różnych metod chłodzenia i smarowania strefy skrawania. Przed każdą próbą ściernica była ostrzona diamentem jednoziarnistym.

Tabela 1 przedstawia warunki, które były wykorzystywane podczas testów.



Rys. 2. Metoda podawania czynników chłodząco-smarujących do strefy szlifowania

Tabela 1. Parametry podczas szlifowania

Warunki Obróbki	
Rodzaj obróbki	Szlifowanie płaszczyzn metodą wgłębną
Ściernica	5TGP 54K VX
Materiał obrabiany	TIGR 5 C 0,23; Fe 0,15; Al 6,5; V 4,4; N 0,017; O 0,13; H 0,0024
Obroty ściernicy	$V_c = 1800$ obr/min
Posuw	$V_{ft} = 100$ mm/s
Głębokość szlifowania	$a_e = 20$ μ m
Warunki smarowania	Na sucho, Met. Zalewowa, MQL, Met. Hybrydowa
Wydajność MQL	$Q = 100$ ml/h
Ciśnienie powietrza	$P = 0.6$ MPa
Obciążacz	Diament jednoostrzowy M1020

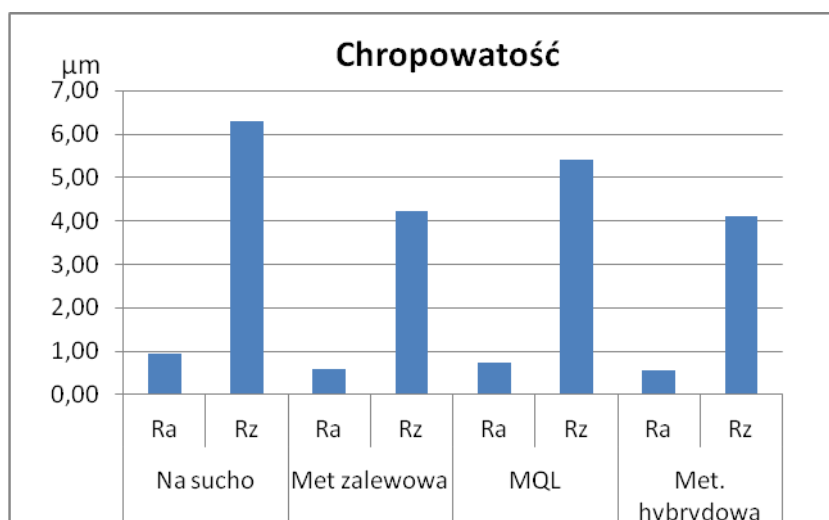
Po każdej próbie badano parametry chropowatości i falistości powierzchni próbek. Oba parametry próbki mierzono na urządzeniu HOMMELWERKE. W pomiarach wykorzystana została końcówka pomiarowa TKU300. Pomiar składał się z 41 cykli, w których igłą pomiarową pokonywała odcinek pomiarowy $l_c=4,8$ mm. Po każdym cyklu końcówka odsuwała się o 1 mm, aby wykonać kolejny pomiar. Dzięki takiemu sposobowi mierzenia można uzyskać podgląd powierzchni obrabianego przedmiotu

o wymiarach 40mm x 4,8mm. Tabela 2 przedstawia wyniki uzyskane w trakcie szlifowania powierzchni przy użyciu różnych metod chłodzenia i smarowania.

Tabela 2. Parametry chropowatości uzyskanej po procesie szlifowania

		X_{sr}	X_{max}	X_{min}	różnica	σ
Na sucho	Ra	0,95	1,25	0,7	0,16	0,55
	Rz	6,31	9,15	5,67	1,02	3,48
Met zalewowa	Ra	0,59	0,76	0,29	0,06	0,47
	Rz	4,23	5,26	1,84	0,47	3,42
MQL	Ra	0,75	1,09	0,48	0,11	0,61
	Rz	5,4	7,94	3,76	0,82	4,18
Met. hybrydowa	Ra	0,57	0,86	0,45	0,09	0,41
	Rz	4,1	5,9	2,73	0,74	3,17

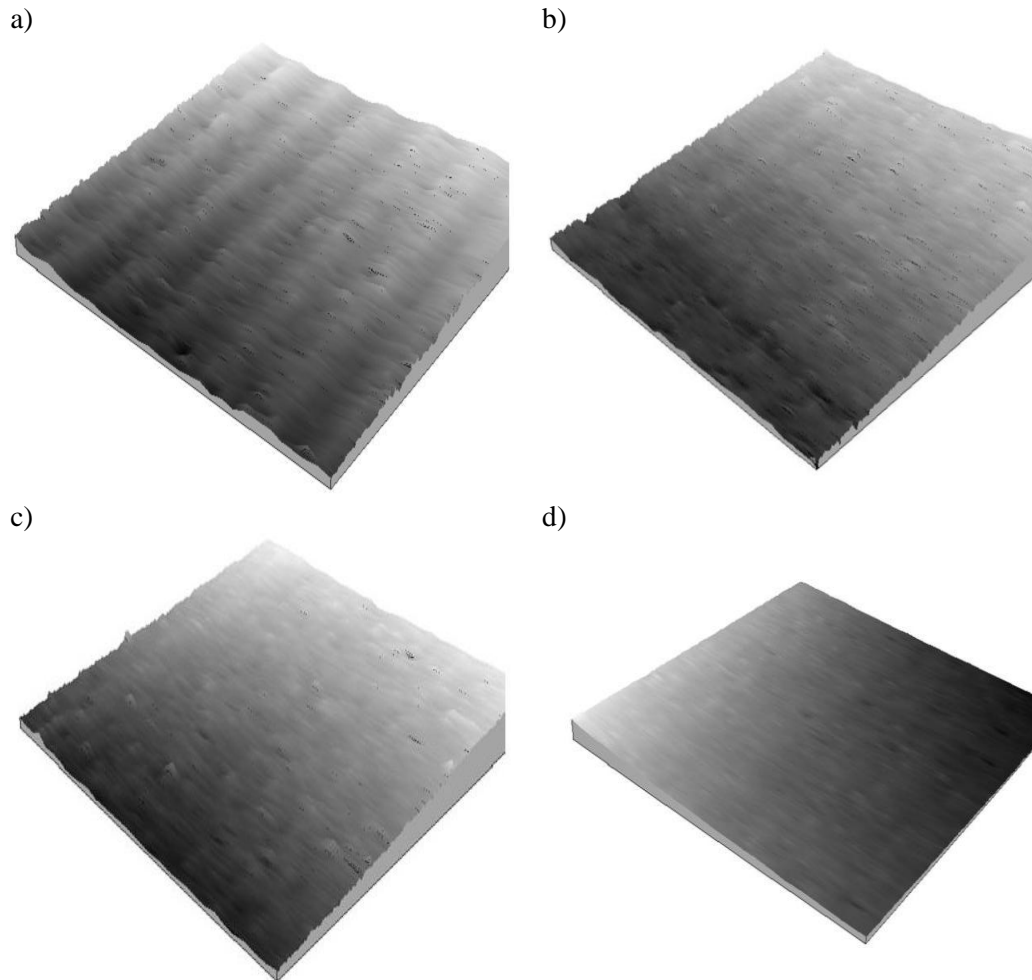
Rysunek 3 przedstawia wielkość parametrów chropowatości uzyskanej po 41 pomiarach.



Rys. 3 Parametry chropowatości uzyskane w 41 pomiarach po szlifowaniu próbek z różnymi metodami chłodząco – smarującymi

Z wykresu można zauważyć, że stosując metodę MQL uzyskują się lepszą jakość powierzchni w porównaniu do obróbki na sucho. Niestety, ilość smaru używanego do tej metody nie była wystarczająca, ponieważ metoda zalewowa okazała się lepsza. Najważniejszą przewagą metody hybrydowej nad metodą zalewową jest zużycie oleju, czyszczenie czynnej powierzchni ściernicy i przebijanie strumieniem powietrza "poduszkę powietrzną".

Na kolejnych rysunkach przedstawiona została falistość próbek.



Rys. 4. Falistość próbek uzyskana w wyniku szlifowania z zastosowaniem różnych metod chłodząco smarujących a) na sucho, b) met. zalewowa, c) MQL, d) met. hybrydowa

Z rysunku 4 a) zauważyć można, że siły skrawania były na tyle duże, aby pokonać sztywność maszyny. Ściernica odbijała się od próbki tworząc na powierzchni bardzo dużą i widoczną falistość. Najbardziej akceptowalny profil falistości udało się uzyskać dzięki metodzie hybrydowej.

4. PODSUMOWANIE

Dzięki metodzie hybrydowej zastosowanej w procesie szlifowania jesteśmy w stanie zmniejszyć efekt falistości i chropowatość powierzchni przedmiotu obrabianego. Chropowatość próbki została zredukowana o 40% w porównaniu do obróbki na sucho, a o 4% w porównaniu do obróbki z metodą zalewową. Oprócz lepszej jakości powierzchni metoda hybrydowa zużywa znacznie mniejsze ilości oleju. Metoda ta jest mniej energochłonna i nie wymaga całej infrastruktury uzdatniającej PCS. Wióry jak i maszyna pozostaje sucha. Proces produkcji skraca się, ponieważ można wyeliminować procesy mycia i odtłuszczania wyrobów gotowych.

LITERATURA

- [1] WEINERT K., INASAKI I., SUTHERLAND J. W., WAKABAYASHI T., *Dry Machining and Minimal Quantity Lubrication*, CIRP Annals – Manufacturing Technology Volume 53, Issue 2, 2004, str. 511–537.
- [2] OCZOŚ K., HEBRAT W., *Doskonalenie procesów obróbki ściernej cz III chłodzenie i smarowanie w procesach szlifowania* – Mechanik 10/2010
- [3] TAWAKOLI T., HADAD M.J., SADEGHI M.H., *Investigation on Minimum Quantity Lubricant – MQL Grinding of 100Cr6 Hardened Steel using Different Abrasive and Coolant – Lubricant Types.*, International Journal of Machine Tools & Manufacture 50, 2010, str. 698–708
- [4] BARCZAK L.M., BATKO A.D.L., MORGAN M.N., *A Study of Plane Surface Grinding under Minimum Quantity Lubrication (MQL) Conditions* – International Journal of Machine Tools & Manufacture 50, 2010 Pages 977–985
- [5] T. HADAD M.J., SADEGHI M.H., DANESHI A., STÖCKERT S., RASIFARD A., *An Experimental Investigation of the Effects of Workpiece and Grinding Parameters on Minimum Quantity Lubrication - MQL Grinding*, International Journal of Machine Tools & Manufacture 49, 2009 str. 924–932
- [6] T., HADAD M.J., SADEGHI M.H., *Influence of Oil Mist Parameters on Minimum Quantity Lubrication – MQL Grinding Process* - International Journal of Machine Tools & Manufacture 50, 2010 str. 521–531
- [7] SILVA L.R., BINACHI E.C., CATAI R.E., FUSSE R.Y., FRANCA T.V., AGUIAR P.R., *Study on the Behavior of the Minimum Quantity Lubrication – MQL Technique under Different Lubrication and Cooling Conditions when Grinding ABNT 4340 Steel.* - Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering XXIII, 2005, str. 192–199
- [8] CHOI H.Z., LEE S.W., JEONG H.D., *The Cooling Effects of Compressed Cold Air in Cylindrical Grinding with Alumina and CBN Wheels*, Journal of Materials Processing Technology 127 (2) (2002) 155–158
- [9] WOJCIK R., ROSIK R., *Glikol propylenowy jako ciecz obróbkowa podawana z minimalnym wydatkiem w strefę szlifowania* – XXXIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, 2010, str. 349–356