

Dr inż. Paweł KAROLCZAK,
mgr inż. Kamil WASZCZUK (Politechnika Wroclawska):

OCENA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA MINIMALNEGO SMAROWANIA MQL W OBRÓBCE WYBRANEGO STOPU MIEDZI

Streszczenie

Artykuł przybliża zagadnienia związane z zastosowaniem minimalnego smarowania w obróbce skrawaniem materiałów nieżelaznych. Zaprezentowano wyniki badań pokazujące wpływ zastosowania MQL na chropowatość powierzchni w obróbce wybranego stopu miedzi – zarówno narzędziami powlekanymi, jak i niepowlekanymi. Określono efektywne zakresy stosowania minimalnego smarowania w obróbce stopów miedzi ze względu na otrzymywaną chropowatość powierzchni.

Słowa kluczowe: *chropowatość powierzchni, smarowanie strefy skrawania, narzędzia powlekane i niepowlekane*

ASSESSMENT OF APPLICATIONS FOR THE MINIMUM QUANTITY LUBRICATION WITH CHOSEN COPPER ALLOYS TURNING

Abstract

The main aim of the article is to present issue the related adhibition Minimum Quantity Lubrication in machining non-ferrous materials. In this work the influence Minimum Quantity Lubrication like MQL on the surface roughness in turning copper of alloy with using coated and uncoated tools has been presented. Shown effective machining properties of the application of minimum quantity lubrication on the surface roughness.

Keywords: *surface roughness, machining area of pressure lubrication, coated and uncoated tools*

OCENA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA MINIMALNEGO SMAROWANIA MQL W OBRÓBCE WYBRANEGO STOPU MIEDZI

Paweł KAROLCZAK¹, Kamil WASZCZUK¹

1. WPROWADZENIE

Dążenie do ciągłego wzrostu efektywności wytwarzania, przy jednoczesnym ograniczaniu kosztów, sprawia że poszukuje się coraz to nowszych metod obróbkowych. Efektywność obróbki i poprawę warunków skrawania uzyskuje się dzięki zastosowaniu cieczy chłodząco – smarujących. Z drugiej jednak strony płyny obróbkowe są szkodliwe dla zdrowia oraz trudne i kosztowne w utylizacji. Dlatego też dąży się do zmniejszenia ilości podawanego do stref skrawania chłodziwa, przy jednoczesnym zachowaniu efektów technologicznych obróbki.

Obróbka z minimalnym wydatkiem cieczy (ang. Minimum Quantity Lubrication – MQL) w postaci aerozolu jest stale rozwijającą się dziedziną. Techniki wytwarzania mgły olejowej (ang. Oil Mist – OM) znane były w Europie w już 1930 roku [7], jednak rozwój nowoczesnych materiałów narzędziowych umożliwił dopiero w latach 90-tych XX wieku zastosowanie mgły do obróbki skrawaniem. Niemniej w wykorzystaniu przemysłowym, zwłaszcza krajowym jest to ciągle nowość [1]. Świadomość ponoszonych kosztów związanych z zakupem, utrzymaniem i utylizacją cieczy obróbkowych zmusza do szukania alternatywnych rozwiązań. Gdy obróbka na sucho nie jest możliwa, a doprowadzanie cieczy metodą konwencjonalną nie technologiczne, zaleca się zastosowanie MQL. Mimo, że wdrożenie systemu wytwarzania mgły oraz zakup odpowiednich narzędzi generuje dodatkowe koszty to inwestycja przy produkcji średnio i wielkoseryjnej zwraca się szybko. Mgła olejowa nie tylko zmniejsza koszty związane z cieczą, ale także umożliwia recykling wiórów w pełnym zakresie.

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

Metodę MQL w porównaniu z obróbką na mokro i na sucho cechuje wzrost produktywności, krótsze czasy cyklu, obniżenie temperatury. Poprawia ona trwałość ostrzy, jest ekologiczna i mniej szkodliwa dla zdrowia, a także zmniejsza siły skrawania [3,6].

Badania i doświadczenia naukowe wykazują, że całkowite wyeliminowanie cieczy obróbkowych nie jest możliwe bez obniżenia jakości wyrobów końcowych, trwałości narzędzia czy wydajności obróbki. Alternatywą jest stosowanie minimalnego wydatku cieczy.

Skrawanie w środowisku MQL w niektórych przypadkach powoduje spadek sił występujących w procesie nawet do 30% w porównaniu z obróbką w środowisku CCS (ciecz chłodząco – smarująca) oraz do 50% bez użycia cieczy [6]. Mniejsze wartości sił przy niezmiennych parametrach technologicznych powodują zmniejszenie odkształceń układu OUPN (obrabiarka – uchwyt – przedmiot – narzędzie), obniżenie uciążliwego hałasu, drgań oraz zapotrzebowania energetycznego obrabiarki. Przekłada się to w dużej mierze na dokładność wymiarowo kształtową. Dobór odpowiednich narzędzi do procesu obróbkowego w środowisku MQL powoduje znacznie lepsze efekty niż przy konwencjonalnym dostarczaniu cieczy [8].

Wpływ minimalnego smarowania na chropowatość powierzchni jest wciąż niejednoznaczny. Podczas obróbki kompozytów aluminiowych możliwa jest poprawa chropowatości, dzięki zastosowaniu MQL jedynie w niektórych warunkach obróbki [2,3]. Podczas obróbki innych materiałów możliwa jest poprawa chropowatości powierzchni, szczególnie przy długich czasach skrawania [9], lub nie zaobserwowano pozytywnego wpływu tej technologii na wartości parametrów chropowatości [5].

Szybki postęp technologiczny służący rozwojowi urządzeń do generowania mgły olejowej, mediów chłodząco – smarujących i nowych materiałów narzędziowych stwarza potrzebę kontynuowania badań oceniających wpływ techniki MQL na przebieg zjawisk fizycznych oraz właściwości warstwy wierzchniej procesów skrawania. W celu doboru optymalnych właściwości parametrów technologicznych toczenia jak i parametrów dozowania aerozolu.

2. CEL ORAZ METODYKA BADAŃ

Celem badań było określenie wpływu zastosowania minimalnego smarowania na chropowatość powierzchni uzyskiwaną po toczeniu materiałów nieżelaznych na przykładzie obróbki mosiądzu.

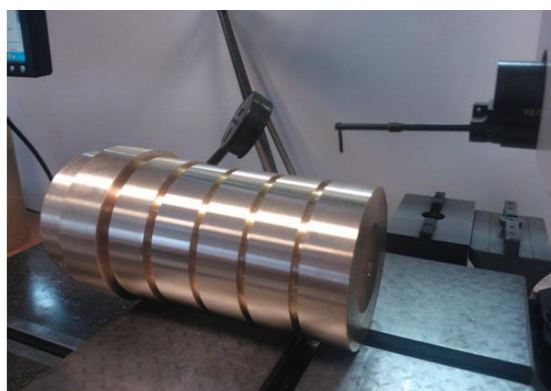
2.1. WARUNKI PROWADZENIA BADAŃ

Badaniom poddano stop miedzi o oznaczeniu CuZn40Pb2. Jest to stop stosowany produkcji części kutyh o skomplikowanych kształtach, zacisków przemysłowych, części do przewodów rurowych, elementów wodnokanalizacyjnych, grzewczych, armatury przemysłowej. Poza dobrą podatnością do przeróbki plastycznej charakteryzuje się zadowalającą skrawalnością.

Badania skrawania przeprowadzono na tokarce uniwersalnej CNC TUR 560 MN ze sterowaniem numerycznym Sinumerik 810D (rys.1). Przeprowadzono je w warunkach obróbki na sucho i z minimalnym smarowania strefy skrawania. Zastosowano system firmy Accu-Lube (rys.1). Mgła olejowa doprowadzana była zewnątrz dwoma przewodami prostopadle na powierzchnie natarcia i przyłożenia. Wydatek chłodziwa wynosił 25ml/h. Jako środek chłodząco – smarujący użyto cieczy o oznaczeniu LB – 500. Pomiary chropowatości przeprowadzono profilografometrem FORM TALYSURF 120L firmy TAYLOR HOBSON na odcinku pomiarowym 15 mm, elementarnym 2,5 mm z igłą w kształcie stożka o kącie wierzchołkowym 90° i promieniem zaokrąglenia 2 μm (rys. 2).



Rys. 1. Stanowiska i urządzenia wykorzystane w badaniach (tokarka, urządzenie do smarowania MQL, profilografometr Taylor Hobson)



Rys. 2 Stanowisko pomiarowe profilografometr Taylor Hobson z umiejscowioną próbką

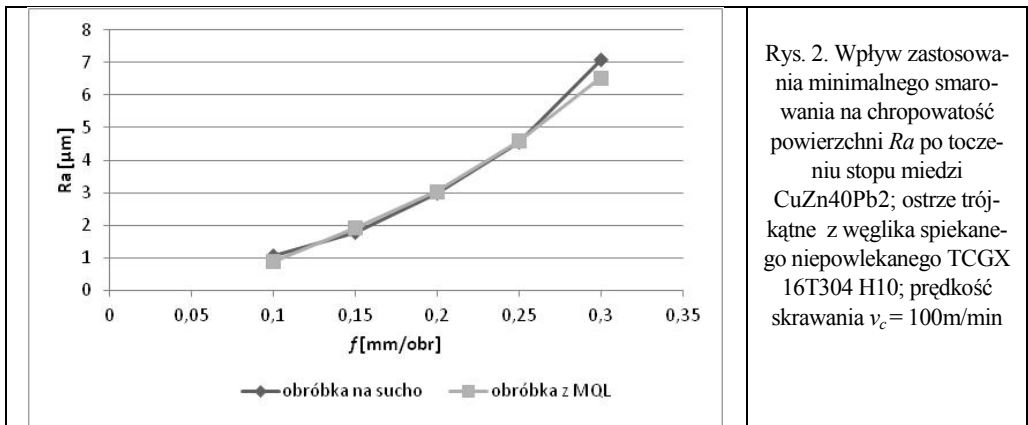
Do badań użyto 2 narzędzi skrawających firmy Sandvik zalecanych do obróbki materiałów nieżelaznych (stopów miedzi i aluminium). Były to płytki o kształcie trójkątnym bez powłoki TCGX 16 T3 04 – Al H10 i z powłoką diamentową TCGX 16

T3 04 – Al 1810. Płytki zamocowano w oprawce STGCR 2020K16 o kącie przystawienia $\kappa_r = 91^\circ$. Zastosowano szeroki zakres parametrów skrawania, tj.: $v_c = 100; 350$ i 600 m/min; $f = 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3$ mm/obr. Głębokość skrawania wynosiła $a_p = 0,5$ mm.

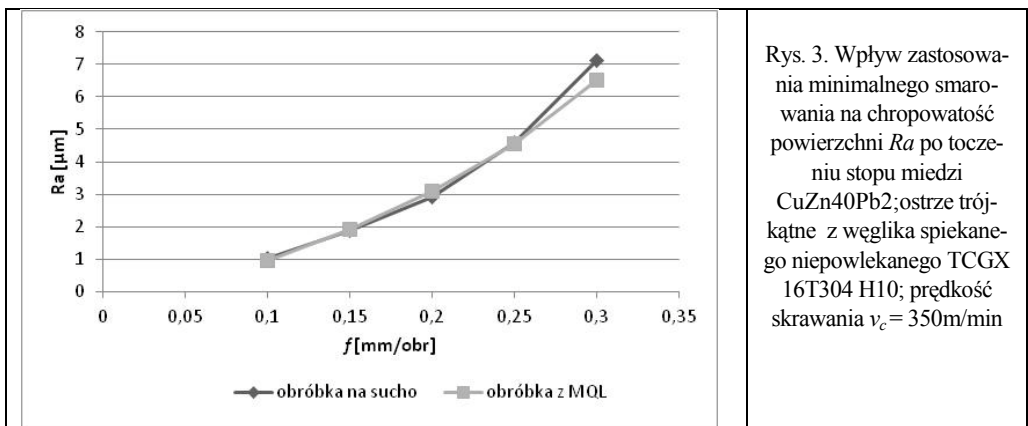
3. WYNIKI BADAŃ

3.1. WPLYW MINIMALNEGO SMAROWANIA NA CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI PO TOCZENIU BADANEGO STOPU MIEDZI OSTRZEM TRÓJKĄTNYM BEZ POWŁOKI

Na rysunkach 2 ÷ 4 przedstawiono porównanie chropowatości powierzchni R_a po toczeniu badanego stopu miedzi ostrzami trójkątnymi bez powłoki, na sucho i z MQL.



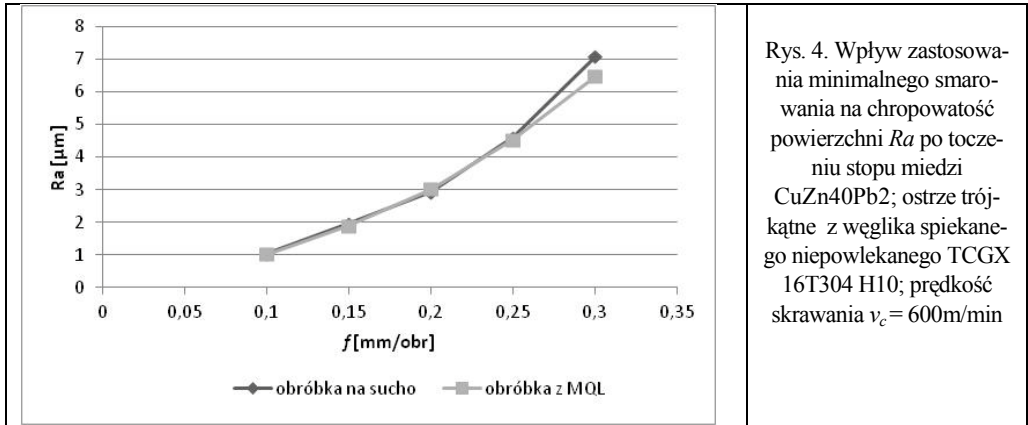
Rys. 2. Wpływ zastosowania minimalnego smarowania na chropowatość powierzchni R_a po toczeniu stopu miedzi CuZn40Pb2; ostrze trójkątne z węglaka spiekane-go niepowlekanego TCGX 16T304 H10; prędkość skrawania $v_c = 100$ m/min



Rys. 3. Wpływ zastosowania minimalnego smarowania na chropowatość powierzchni R_a po toczeniu stopu miedzi CuZn40Pb2; ostrze trójkątne z węglaka spiekane-go niepowlekanego TCGX 16T304 H10; prędkość skrawania $v_c = 350$ m/min

Analizując otrzymane wyniki można stwierdzić, że tylko dla największych zastosowanych posuwów $f = 0,3$ mm/obr zauważalne są różnice w wartościach parametru R_a wyni-

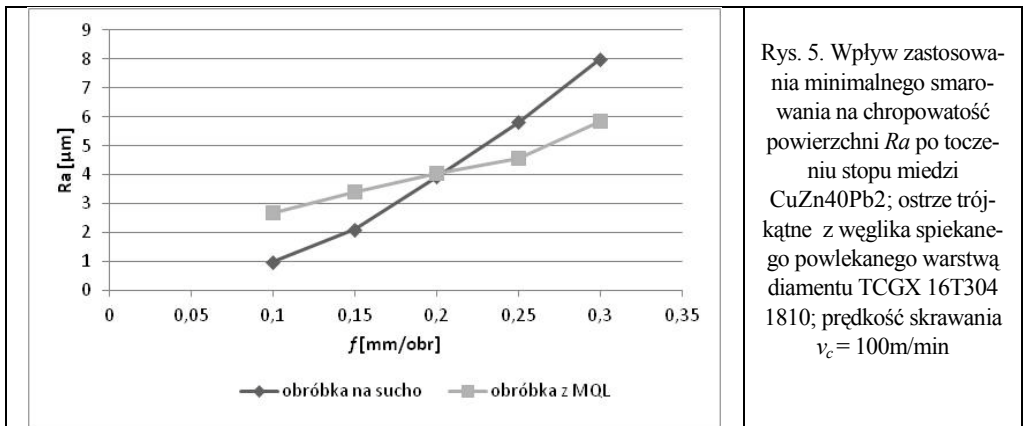
kające z różnych warunków obróbki. Różnice te są nieznaczne i wynoszą około 9% na korzyść obróbki z MQL. Dla pozostałych zastosowanych posuwów, bez względu na prędkość skrawania, wpływ MQL na chropowatość powierzchni w toczeniu badanego mosiądzu jest niezauważalny.



Rys. 4. Wpływ zastosowania minimalnego smarowania na chropowatość powierzchni R_a po toczeniu stopu miedzi CuZn40Pb2; ostrze trójkątne z węgla spiekane niepowlekanego TCGX 16T304 H10; prędkość skrawania $v_c = 600\text{m/min}$

3.2. WPŁYW MINIMALNEGO SMAROWANIA NA CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI PO TOCZENIU BADANEGO STOPU MIEDZI OSTRZEM TRÓJKĄTNYM POWLEKANYM DIAMENTEM

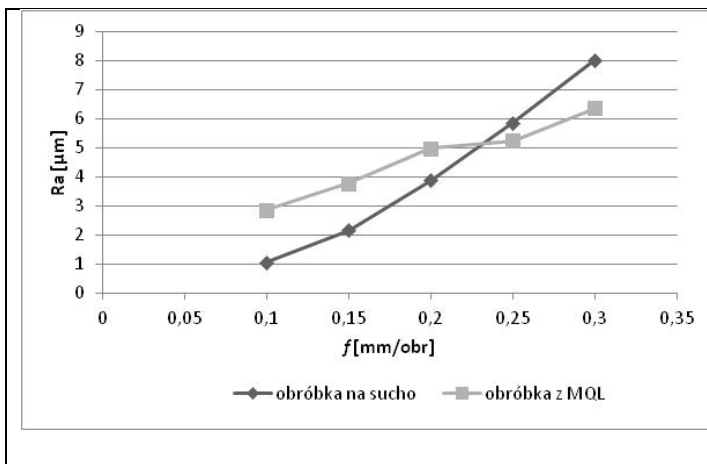
Na rysunkach 5 ÷ 7 przedstawiono wyniki pomiarów chropowatości powierzchni po toczeniu badanego stopu miedzi ostrzami trójkątnymi powlekanymi diamentem, na sucho i z MQL.



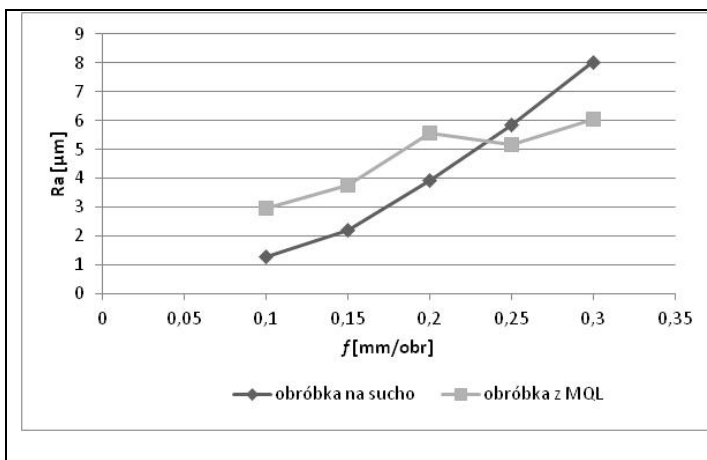
Rys. 5. Wpływ zastosowania minimalnego smarowania na chropowatość powierzchni R_a po toczeniu stopu miedzi CuZn40Pb2; ostrze trójkątne z węgla spiekane powlekanego warstwą diamentu TCGX 16T304 1810; prędkość skrawania $v_c = 100\text{m/min}$

Podczas toczenia badanego stopu miedzi ostrzami z powłoką diamentową zauważono znaczny wpływ MQL na otrzymywaną chropowatość powierzchni. Dla posuwów mniej-

szych niż 0,2 mm/obr, a dla prędkości 350 i 600 m/min dla posuwów mniejszych niż 0,25 mm/obr chropowatość po toczeniu na sucho była zdecydowanie mniejsza. Zmniejszenie to dochodziło nawet do 74%. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem posuwu niekorzystny wpływ MQL maleje, a dla posuwu $f = 0,3 \text{ mm/obr}$ zmierzono chropowatość R_a nawet o 25% po obróbce z minimalnym smarowaniem. Wpływ MQL na jakość powierzchni po toczeniu mosiądzu ostrzami z powłoką diamentową jest zdecydowanie bardziej widoczny niż w przypadku obróbki ostrzami niepowlekanymi. Są to spostrzeżenia odmienne niż w przypadku obróbki kompozytów aluminiowych [SOS 1, 2]. Wynika to z odmiennych właściwości porównywanych materiałów, a także zalecanego zastosowania narzędzi. Ostrza z powłoką diamentową zalecane są do obróbki materiałów trudnoobrabialnych, a do takich można zaliczyć kompozyty aluminiowe, a nie mosiądze.



Rys. 6. Wpływ zastosowania minimalnego smarowania na chropowatość powierzchni R_a po toczeniu stopu miedzi CuZn40Pb2; ostrze trójkątne z węgla spiekanego powlekanego warstwą diamentu TCGX 16T304 1810; prędkość skrawania $v_c = 350 \text{ m/min}$



Rys. 7. Wpływ zastosowania minimalnego smarowania na chropowatość powierzchni R_a po toczeniu stopu miedzi CuZn40Pb2; ostrze trójkątne z węgla spiekanego powlekanego warstwą diamentu TCGX 16T304 1810; prędkość skrawania $v_c = 600 \text{ m/min}$

4. PODSUMOWANIE

W pracy zaprezentowano wyniki badań toczenia stopu miedzi CuZn40Pb2. Obróbkę przeprowadzono płytkami skrawającymi trójkątnymi z węglików spiekanych niepowlekanych i powlekanych warstwą diamentu zalecanych do obróbki stopów nieżelaznych. Badania przeprowadzono w warunkach minimalnego smarowania strefy skrawania oraz na sucho. Najważniejsze wnioski płynące z opisanych badań to:

- nie zaobserwowano znaczącego wpływu MQL na chropowatość powierzchni po toczeniu stopu miedzi narzędziami niepowlekаныmi;
- największą poprawę wartości parametru Ra , dzięki zastosowaniu MQL, uzyskano podczas obróbki z posuwem 0,3 mm/obr; poprawa ta wyniosła 9% dla ostrzy trójkątnych;
- dla każdego zastosowanego typu ostrzy pozytywny wpływ MQL rośnie wraz ze wzrostem posuwu; można zakładać, że przy jeszcze większych posuwach efektywność zastosowania MQL wzrośnie;
- największy wpływ MQL na chropowatość powierzchni zaobserwowano po toczeniu ostrzami powlekаныmi diamentem; dla posuwów poniżej $0,2 \div 0,25$ mm/obr otrzymano lepszą chropowatość podczas toczenia na sucho, a przy posuwach 0,3 mm/obr uzyskano poprawę o około 25%, dzięki zastosowaniu MQL;
- wyniki przedstawione w pracy są odmienne od otrzymanych podczas obróbki kompozytów aluminiowych [2, 3]; można wnioskować, że pomimo przynależności tych materiałów do tej samej grupy materiałów obrabianych, ich odmienne właściwości sprawiają, że możliwości zastosowania MQL w ich obróbce są różne.

LITERATURA

- [1] CIHOSZ P.: *Narzędzia skrawające*, Warszawa, WNT 2006.
- [2] KAROLCZAK P., KOWALSKI M., WAŚCIŃSKA H.: *Wpływ minimalnego smarowania na chropowatość powierzchni po toczeniu materiałów kompozytowych na osnowie aluminium*, Obróbka skrawaniem. Nauka a Przemysł, Wit Grzesik (red), Wydawnictwo Sutoris, Wrocław/Opole 2011, 103–110.
- [3] KAROLCZAK P., KOWALSKI M., *Ocena wpływu zastosowania minimalnego smarowania MQL na chropowatość powierzchni po toczeniu aluminiowych materiałów kompozytowych wzmocnionych włóknami Al_2O_3* , Mechanik 8–9/2012, s.415–422.
- [4] KAROLCZAK P., KOŁODZIEJ M., *Badania wpływu zastosowania minimalnego smarowania MQL na siły skrawania i postać wióra w obróbce kompozytów aluminiowych*, Mechanik 8–9/2014, s.387–394.
- [5] KOŁODZIEJ M., SYNOWIEC R., TOMOV M., *Influence of minimum quantity lubrication on technological effects of 2017A aluminum alloy turning*, Technologické Inžinierstvo. 2010, Roc. 7, cis. 2, 18–21.

- [6] LEPPERT T.: *Kształtowanie toczniem warstwy wierzchniej w warunkach skrawania na sucho lub z MS i smarowaniem ostrza*, Rozprawa nr 151, Bydgoszcz 2011.
- [7] NIDEC MOTOR CORPORATION: *History Of Oil Mist Lubrication*, artykuł dostępny na stronie: www.usmotors.com [5 maj 2015r].
- [8] OCZOŚ K.: *Doskonalenie strategii chłodzenia i smarowania w procesach obróbkowych*, *Mechanik* 10/ 2004, s. 597–606.
- [9] SREEJITH P. S., *Machining of 6061aluminium alloy with MQL, dry and flooded lubricant conditions*, *Materials Letters* 62(2008) 276–278.
- [10] WSZOŁEK J., STÓS J., POŁOWSKI W., CZECHOWSKI K.: *Unieszkodliwianie zużytych cieczy obróbkowych stosowanych w obróbce skrawaniem*, *Obróbka skrawaniem. Współczesne problemy*, Bogdan Kruszyński (red), Łódź 2010, 129–136.