

Rodzaj płynu roboczego w obróbce skrawaniem a efekty obróbki

JOANNA KOWALCZYK, MONIKA MADEJ *

W artykule przedstawiono rezultaty badań dotyczących cech użytkowych nowej biodegradowalnej cieczy chłodząco-smarującej. Jej cechy porównano z cieczą tradycyjną. Porównano także wpływ obydwóch cieczy na topografię obrobionych powierzchni, a uzyskane wyniki porównano z efektami obróbki na sucho. Stwierdzono, że nowa ekologiczna ciecz chłodząco-smarująca spełnia lepiej niż ciecz tradycyjna oczekiwane cechy. Topografia obrobionych powierzchni także pozwala na efektywną realizację funkcji oczekiwanych przez węzeł tribologiczny.

Wprowadzenie

Ciecze obróbkowe stosowane w obróbce skrawaniem spełniają wiele funkcji, z których dwie są podstawowe: odprowadzanie ciepła, które wydziela się w strefie skrawania oraz zmniejszanie tarcia między narzędziem i obrabianą powierzchnią – rys. 1. Właśnie te dwie funkcje, ze względu na swoją istotność, budzą duże zainteresowanie ze strony przemysłu stosującego je w dużych ilościach, a także naukowców dążących do udoskonalania ich.

Już w XIX wieku we Francji i Anglii badano ciecze chłodząco-smarujące w różnych aspektach, przede wszystkim ich wpływu na intensywność zużycia narzędzi skrawających, a także na topografię obrabianych powierzchni. Jako ciecze obróbkowe stosowano: oleje zwierzęce, kwasy tłuszczowe oraz sodę. Składniki te łączono z wodą, w wyniku czego powstawała emulsja, która jednak także miała swoje wady, np. pienienie się. W połowie XX wieku nastąpił



Rys. 1. Najistotniejsze funkcje cieczy chłodząco-smarujących

dalszy rozwój badań nad cieczami obróbkowymi. Do ich produkcji zaczęto stosować mieszaniny[4]:

- oleju, który działał jako czynnik smarujący w strefie między narzędziem i obrabianym elementem,
- wody, która odprowadzała ciepło,

- detergentów zmniejszających napięcie powierzchniowe między olejem a wodą,
- siarki jako dodatku poprawiającego cechy użytkowe mieszaniny.

Siarka, która zmniejszała tarcie na współpracujących powierzchniach, miała także cechę niepożądaną, a mianowicie barwiła lub osłabiała niektóre obrabiane ozdobne wykończenia z metali i stopów specjalnych.

Ciecze chłodząco-smarujące stosowane podczas obróbki skrawaniem, do niedawna należały do najmniej istotnych elementów kosztów w obróbce metali, ponieważ ich naturalne składniki nie były szkodliwe dla środowiska, a recykling był w miarę prosty i nie generował dużych kosztów.

Obecnie, w wyniku wdrażania rezultatów badań ulepszających skuteczność płynów, stosowane ciecze obróbkowe to mieszaniny licznych komponentów, które dzięki wprowadzaniu w ich skład dodatków modyfikujących spełniają nowe funkcje, zaspokajając stale rosnące wymagania przemysłu. Sytuacja taka spowodowała znaczące zwiększe-

* Mgr inż. Joanna Kowalczyk, dr hab. inż. Monika Madej, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, mmadej@tu.kielce.pl.

nie obciążenia płynami środowiska (większa ilość i bardziej szkodliwe), a to z kolei poskutkowało zmianami w prawie o ochronie środowiska.

Ostatnie z wymienionych czynników wygenerowały potrzebę poszukiwań nowych, ekologicznych płynów chłodząco-smarujących, z jednej strony biodegradowalnych, z drugiej zaś – dobrze spełniających liczne, oczekiwane funkcje eksploatacyjne [3]. Przedstawione badania mają charakter wstępny, weryfikujący procedurę badawczą, a ich celem jest sprawdzenie czy taka nowa, biodegradowalna ciecz oczekiwane warunki spełnia.

Program badań

W prezentowanych badaniach toczenie, jako reprezentatywny rodzaj obróbki skrawaniem realizowano stosując dwa rodzaje cieczy chłodząco-smarujących:

- tradycyjną, zawierającą olej mineralny,
- biodegradowalną, zawierającą asparaginian cynku.

W skład pierwszej z nich wchodzi głównie olej mineralny, a ponadto: etoksyloowane alkohole C16÷18 i C18-nienasycony, kwas borowy, dicykloheksyloaminę, 3-Iodo-2-propylnylbutylkarbaminian, 1,2-benzoizotiazol-3(2H)-jeden. Ciecz o takim składzie stosowana jest od ogólnej do ciężkiej obróbki skrawaniem: aluminium, stali, żeliwa, metali nieżelaznych, stopów aluminium, mosiądzu oraz miedzi.

Drugi płyn to nieobciążająca środowisko ciecz chłodząco-smarująca składająca się z:

- boranu alkanoloaminy – 60%;
- biodegradowalnego oligomeru na bazie poli (kwasu-asparaginowego) – 30%;
- wodnego roztworu poliasparaginianu cynku – 5%;
- wody demineralizowanej – 5%.

Podstawą biostabilności i biodegradowalności drugiej cieczy chłodząco-smarującej jest poliasparaginian cynku.

Wyniki uzyskane dla pierwszej z cieczy oznaczane będą literą T, natomiast dla oznaczenia wyników uzyskanych przy użyciu drugiej – użyto litery E. Wyniki uzyskane z zastosowaniem wymienio-

nych płynów porównano z rezultatami obróbki bez użycia płynu – „na sucho”, które oznaczono literą S.

Oceniając przydatność badanych cieczy określano skutki procesu zużywania ostrza narzędzia skrawającego, a także topografię powierzchni planowanej – obrabianej toczeniem poprzecznym.

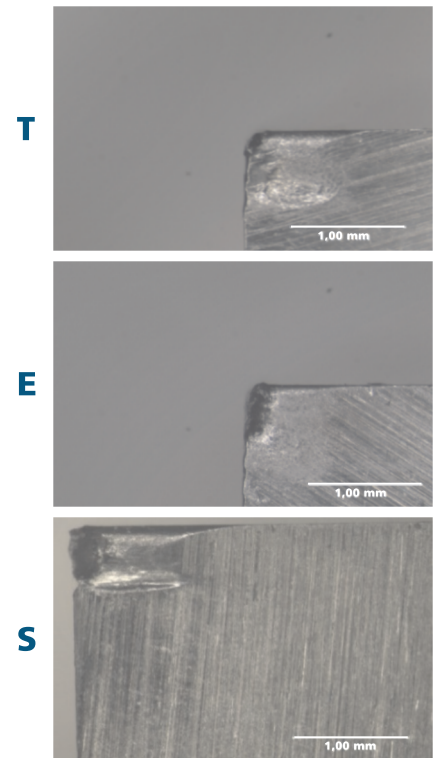
Po to, aby można było porównać uzyskane rezultaty, obróbkę realizowano przy takich samych parametrach obróbki, które były następujące:

- obroty wrzeciona: $n = 400$ obr/min.,
- posuw: $f = 0,25$ mm/obr.,
- głębokość skrawania: $a_p = 0,2$ mm.

Obrabiany przedmiot wykonany był ze stali C45 i miał kształt wałka o średnicy $d = 38$ mm, co powodowało, że przy stałych przyjętych obrotach wrzeciona, prędkość skrawania v_f zmieniała się w zakresie $(0 ÷ 47,5)$ m/min. Skrawano ostrzami wykonanymi ze stali szybko-tnącej HS6-5-2C. Dla każdego wariantu smarowania obróbkę realizowano nowymi ostrzami.

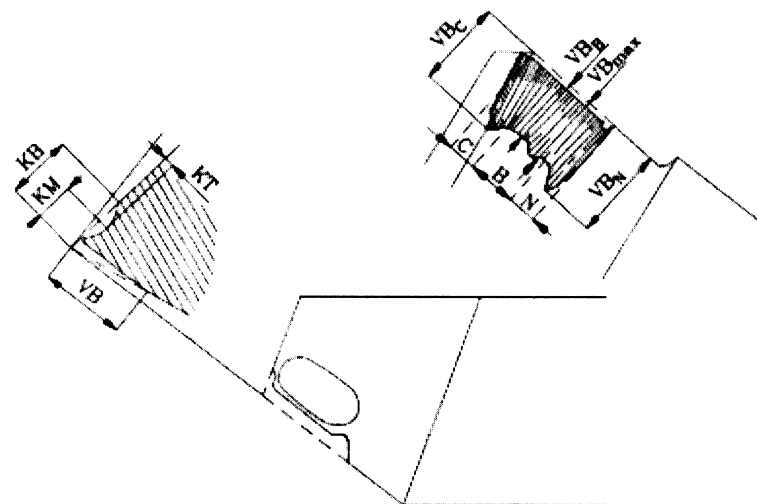
Rezultaty badań

W pierwszej fazie badań porównano zużycie ostrzy po obróbce. Obserwacje przeprowadzono po obróbce 10 powierzchni, a wyniki tych obserwacji przedstawiono na rys. 2. Widoczny jest pozytywny wpływ obecności cieczy chłodząco-smarującej, przy czym różnice między wariantami ze stosowanym różnymi płynami są małe. Z tego powodu do oceny procesu zużywania użyto standardowych miar zużycia ostrza – rys. 3.

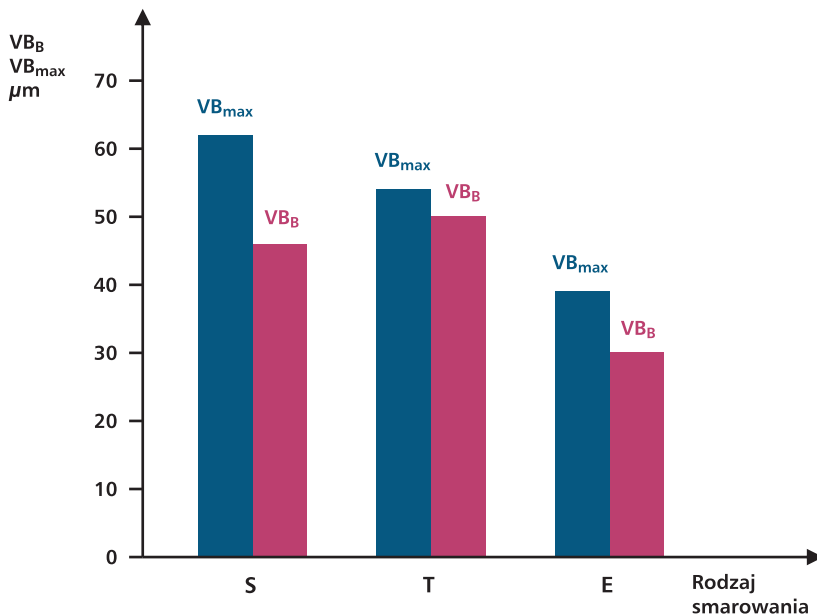


Rys. 2. Zużycie ostrzy skrawających przy planowaniu w trzech wariantach chłodzenia i smarowania

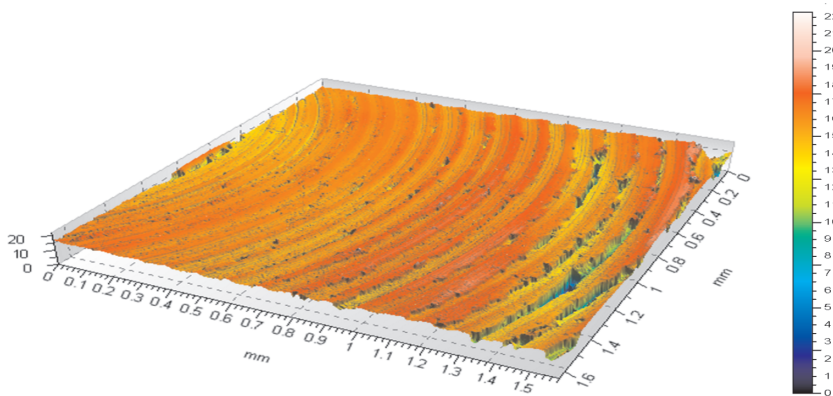
Zużywanie ostrza skrawającego występuje praktycznie na wszystkich jego powierzchniach, lecz ma zróżnicowaną formę [1, 2]. Na powierzchni przyłożenia, którą obserwowano i mierzono w opisywanych badaniach, jako miarę zużycia przyjmuje się szerokość starcia VB_b w środkowej części czynnej głównej krawędzi skrawającej. Rejestrowano także maksymalne wartości tego parametru zużycia VB_{max} . Wyniki tych pomiarów zestawiono na rys. 4.



Rys. 3. Formy zużycia ostrza i jego wskaźniki



Rys. 4. Wartości współczynników zużycia ostrza dla trzech wariantów smarowania



Rys. 5. Przykładowy izometryczny obraz obrabianej powierzchni (dla obróbki z użyciem cieczy ekologicznej)

nia zrealizowano za pomocą mikroskopu skaningowego JSM-7100F.

Na rys. 5. Przedstawiono przykładowy obraz izometryczny obrabianej powierzchni, natomiast na rys. 6 – profile pierwotne chropowatości uzyskane przy trzech rodzajach smarowania. Widoczne są charakterystyczne dla toczenia poprzecznego ślady obróbki – spiralnie usytuowane ślady wzniesień.

W rezultacie pomiarów topografii powierzchni określono kilka podstawowych parametrów chropowatości istotnych dla cech eksploatacyjnych współpracujących powierzchni. Ich wartości zestawiono w Tabeli 1.

Analizując dane zawarte w Tabeli 1 stwierdzono, że:

- najmniejszą wartość średniej arytmetycznej wysokości powierzchni – Sa , wysokości średniokwadratowej powierzchni – Sq , maksymalnej wysokości piku powierzchni – Sp , maksymalnej wysokości powierzchni – Sz oraz asymetrii powierzchni – Ssk , zaobserwowano po toczeniu z zastosowaniem cieczy obróbkowej zawierającej asparaginian cynku (E), zaś największą – po toczeniu na sucho (S);
- najmniejszą wartość maksymalnej wysokości wgłębienia powierzchni – Sv , stwierdzono po toczeniu z chłodziwem zawierającym olej mineralny (T), a największą po toczeniu na sucho (S);
- największą wartość kurtozy powierzchni – Sku , zarejestrowano po toczeniu z zastosowaniem chłodziwa zawierającego olej mineralny (T) i jest ona zbliżona do rozkładu normalnego, zaś najwięk-

Najistotniejszymi skutkami procesu zużycia ostrza są:

- zmiany topografii obrabianej powierzchni,
- odchyłki wymiarowe powierzchni,
- zwiększenie poziomu drgań i hałasu,
- zwiększenie temperatury w strefie skrawania,
- zwiększenie wartości sił skrawania.

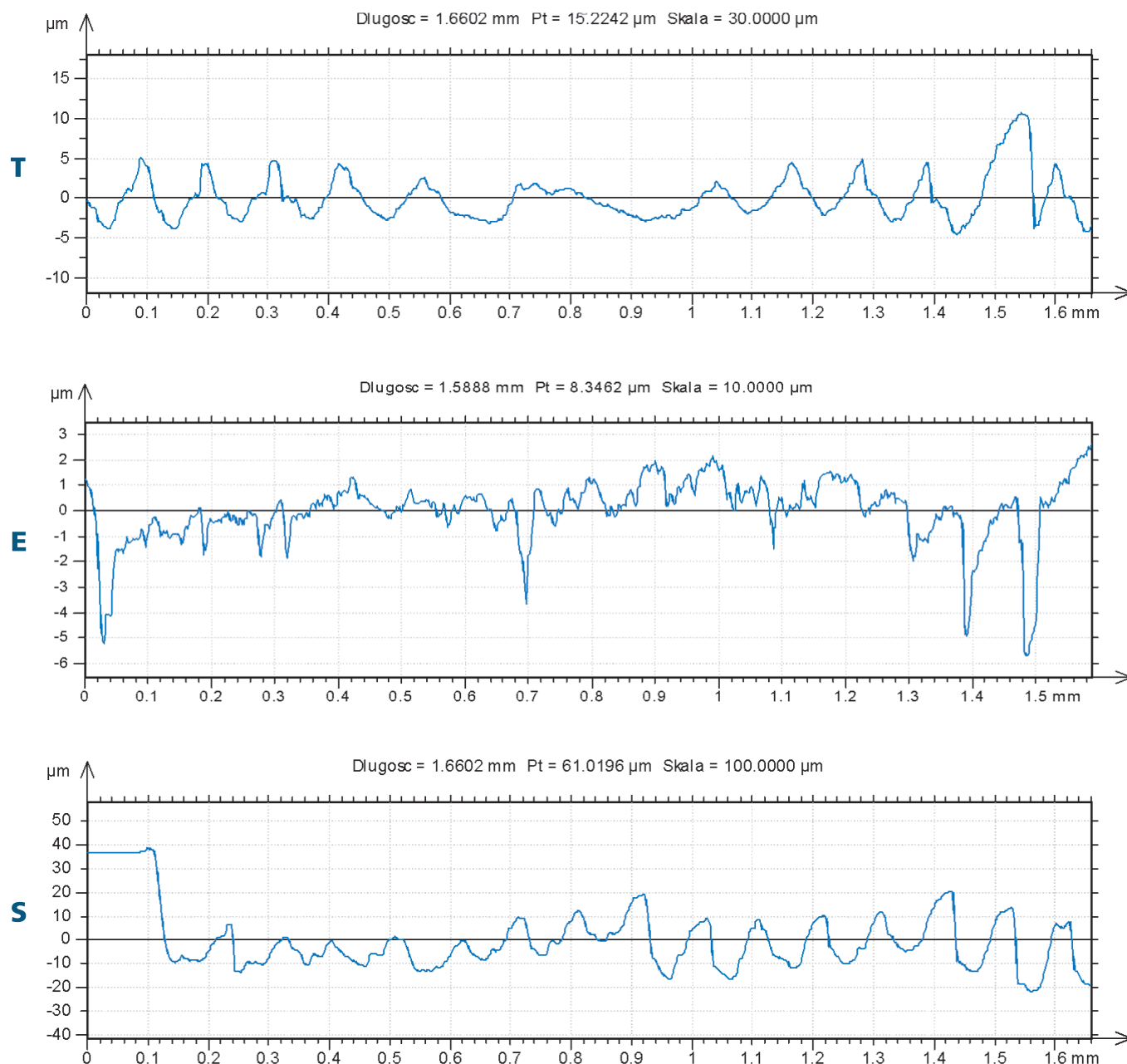
Na podstawie przedstawionych wykresów stwierdzono, że największe wartości wskaźników zużycia zarejestrowanych przy toczeniu na sucho, co potwierdza spostrzeżenia dokonane na podstawie rys. 2. Najmniejsze zużycie mierzone na powierzchni przyłożenia stwierdzono natomiast przy toczeniu z użyciem płynu biodegradowalnego

i było wyraźnie mniejsze niż przy użyciu płynu tradycyjnego.

W kolejnym etapie badań określono wpływ rodzaju smarowania na topografię obrabianych powierzchni. Bada-

Tabela 1. Parametry struktury geometrycznej powierzchni obrabianych toczeniem poprzecznym

Warunki smarowania	Parametry struktury geometrycznej powierzchni						
	Sa	Sq	Sp	Sv	Sz	Ssk	Sku
	μm	μm	μm	μm	μm	–	–
S	7,90	10,27	49,03	21,59	70,52	1,17	5,31
T	2,94	3,72	15,29	9,17	24,46	0,82	3,42
E	0,88	1,43	6,31	15,96	22,28	-3,35	23,31



Rys. 6. Profile pierwotne powierzchni obrobionych w trzech wariantach chłodzenia i smarowania

szą wartość stwierdzono po toczeniu z użyciem cieczy chłodząco-smarującej zawierającej asparaginian cynku (E).

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzić można, że zaproponowana procedura badawcza pozwala na określenie przydatności (bądź nie) badanego płynu chłodząco-smarującego do obróbki skrawaniem. Badania przeprowadzono dla toczenia jednak uwzględniając fakt, że mechanizmy innych rodzajów obróbki wiórowej są podobne, można przyjąć, że będzie ona przydatna dla innych sposobów

i odmian tego rodzaju obróbki skrawaniem.

W opisanym powyżej przykładzie obróbki stosując ekologiczny, biodegradowalny płyn chłodząco-smarujący uzyskano najmniejsze wartości parametrów opisujących strukturę geometryczną powierzchni, a więc o topografii umożliwiającej (najczęściej) poprawną współpracę elementów węzłów tribologicznych.

Literatura

1. Jemielniak K.: Automatyczna diagnostyka stanu narzędzia i procesu skrawania.

Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.

2. Leppert T.: Kształtowanie warstwy wierzchniej w warunkach skrawania na sucho lub z minimalnym chłodzeniem i smarowaniem ostrza. Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, s. Rozprawy nr 151, Bydgoszcz 2011.

3. Ozimina D., Kowalczyk J., Madej M., Nowakowski Ł., Kulczycki A.: The impact of the type of cutting fluid on the turning process. *Tribologia*. 3 (2017), 119–126.

4. Smith G.T.: Cutting Tool Technology. Industrial Handbook. Springer-Verlag, London 2008.