

BADANIA CHŁODZENIA PROCESÓW OBRÓBKI W PRZEMYŚLE MASZYNOWYM I SAMOCHODOWYM

Marta Kordowska, Wojciech Musiał

Tematyka publikacji dotyczy sposobu chłodzenia realizowanego w procesach skrawania jak i szlifowania. Chłodzenie sprężonym powietrzem jest stosowane do chłodzenia form wtryskowych. Stosuje się je w przemyśle maszynowym i może być z powodzeniem stosowane na liniach produkcyjnych wyposażonych w instalację sprężonego powietrza. Coraz częściej można spotkać systemy chłodzenia oparte na technologii rurek wirowych w przemyśle samochodowym.

Słowa kluczowe: chłodzenie, obróbka skrawaniem, obróbka ścierna

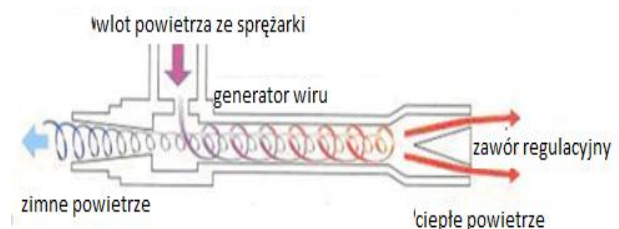
Wstęp

W przemyśle samochodowym obróbka ubytkowa stanowi ciągle wysoki odsetek realizowanych procesów technologicznych. Obecnie rozwijają się bardzo intensywnie technologie przyrostowe, które są już stosowane w przemyśle lotniczym i samochodowym. Jednak można prognozować, że obróbka skrawaniem oraz obróbka ścierna i erozyjna ze względu na swoją powszechność i wydajność będą jeszcze długo wykorzystywane w przypadku masowej produkcji, do której należy przemysł samochodowy.

Realizacja ubytkowych procesów wytwarzania zawsze związana jest z generowaniem znacznych ilości ciepła w strefie obróbki [1]. Odpowiedni dobór płynów chłodzących musi uwzględniać powinowactwo chemiczne przedmiotów obrabianych jak i budowę oraz skład narzędzi skrawających lub ściernych oraz procesów erodowania [7]. Proces chłodzenia powinien charakteryzować się dużą wydajnością ze względu na konieczność utrzymywania odpowiednich warunków termicznych w strefie obróbki [4,6]. Przegrzanie strefy obróbkowej może doprowadzić do wzrostu naprężeń rozciągających w warstwie wierzchniej obrabianego materiału i przyczynić się do degradacji powierzchni, jak i warstwy wierzchniej obrabianych materiałów. W realizacji chłodzenia i smarowania w procesach skrawania i szlifowania istotne znaczenie mają dysze, które służą do kierowania i podawania czynnika chłodząco-smarującego (SSP). Przykładami takich dysz są dysze chłodzące, których funkcjonowanie opiera się na zasadzie rurki wirowej, do której docierają dwa strumienie powietrza o przeciwnych kierunkach [5,9,8].

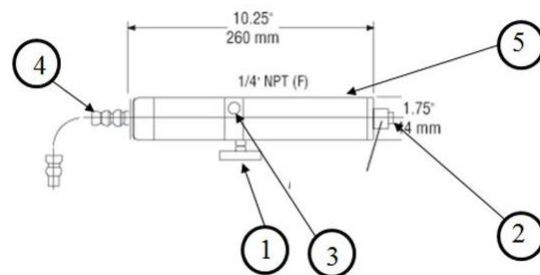
1. Przebieg i wyniki badań

W badaniach wykorzystano rurki wirowe firmy Aritex (rys. 1).



Rys. 1. Przykład rurki wirowej stosowanej do realizacji procesów chłodzenia [5]

Na rysunku 2 przedstawiono schemat funkcjonalny rurki wirowej i jej budowę.



Rys. 2. Przykład rurki wirowej stosowanej do realizacji procesów chłodzenia [5]

Schemat urządzenia: 1 – przystawka magnetyczna; 2 – wymiennik ciepła; 3 – doprowadzenie sprężonego powietrza do pistoletu na sprężone powietrze; 4 – dysza, przewód kierunkowy prowadzenia schłodzonego powietrza w strefę obróbki; 5 – obudowa komór rozdzielających ciepłe i zimne powietrze

Badania realizowano na robocie przemysłowym ABB 140 (rys. 3).



Rys. 3. Testy systemu chłodzenia realizowano na robocie przemysłowym firmy ABB, który wyposażony został w aktywną głowicę obróbkową przeznaczoną do obróbki ścierniej [5]

Badania wykonywano również na obrabiarce sterowanej numerycznie firmy Digima (rys. 4).



Rys. 4. Strefa obróbki wyposażona w rurkę wirową i doprowadzający przewód sprężonego powietrza [5]

Doprowadzenie SSP do strefy obróbki wykonano za pomocą (rys. 4): 1 – dyszy chłodzącej; 2 – przystawki magnetycznej; 3 – przewodu doprowadzającego sprężone powietrze.

Analizowano cztery konfiguracje doprowadzenia sprężonego powietrza do strefy obróbki.

Umieszczenie systemu chłodzenia bezpośrednio na głowicy prowadzącej narzędzie w strefie frezowania (przykład a) (rys. 5). Umieszczenie systemu chłodzenia za narzędziem w strefie frezowania (przykład b) (rys. 5). Umieszczenie systemu chłodzenia za narzędziem w strefie szlifowania (przykład c) (rys. 5). Umieszczenie systemu bezpośrednio na głowicy prowadzącej narzędzie w strefie szlifowania (przykład d) (rys. 5).



Rys. 5. Konfiguracje sposobu umieszczenia systemu chłodzenia w strefie obróbki [5]

Do badań zastosowano kamerę termowizyjną ThermoView Ti30 High –Performance Thermallmager, program do obróbki danych cyfrowych InsideIR (rys. 6).

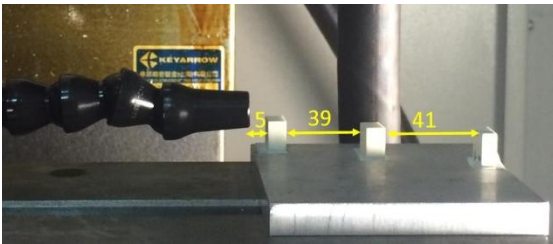
Metoda chłodzenia		
na sucho $f = 300 \text{ mm/min}$ $a_c = 1 \text{ mm}$ $n = 1000 \text{ obr/min}$	zalewowa $f = 300 \text{ mm/min}$ $a_c = 1 \text{ mm}$ $n = 1000 \text{ obr/min}$	SSP $f = 300 \text{ mm/min}$ $a_c = 1 \text{ mm}$ $n = 1000 \text{ obr/min}$
T = 23,1 °C	T = 21,6 °C	T = 22,1 °C

Rys. 6. Zarejestrowane zmiany temperatury w zależności od sposobu realizacji chłodzenia [5]

Celem badań było określenie:

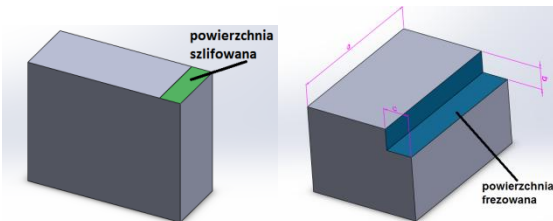
- Czy możliwa jest adaptacja systemu chłodzenia sprężonym powietrzem na zrobotyzowanym stanowisku obróbkowym, analiza sposobu mocowania infrastruktury systemu chłodzenia uwzględniająca obszar roboczy i kinematykę robota przemysłowego,
- określenie optymalnej odległości mocowania dysz względem narzędzia i przedmiotu obrabianego,
- badanie wpływu temperatury czynnika chłodzącego na temperaturę powierzchni obrabianej i jakość powierzchni po obróbce,
- badanie systemu chłodzenia sprężonym powietrzem w zakresie czyszczenia powierzchni czynnej narzędzia ściernego oraz narzędzi skrawających.

Badania przeprowadzono ustawiając dyszę wylotową w odpowiednich odległościach od próbek (rys. 7).



Rys. 7. Optymalne rozmieszczenie próbek [5]

Badania wykonywano na próbkach aluminiowych, ceramicznych i stalowych w postaci prostokątów. Próbki aluminiowe i ceramiczne poddane zostały procesowi szlifowania i frezowania. Procesy obróbkowe realizowano na wybranych powierzchniach próbek (rys. 8).



Rys. 8. Kształt próbek oraz zaznaczone obszary obróbki

Badania procesu szlifowania wykonywano zgodnie z przyjętymi parametrami obróbkowymi (tab. 1).

Tab. 1. Parametry szlifowania

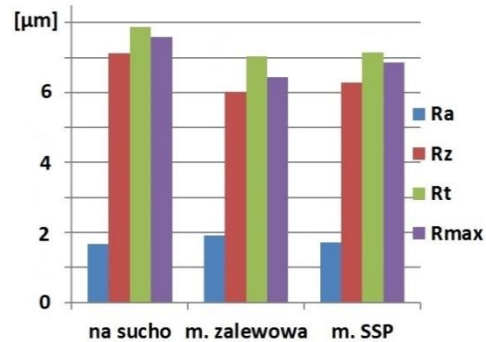
Warunki obróbki		
Materiał obrabiany	aluminium	ceramika
Rodzaj obróbki	szlifowanie	
Narzędzie	narzędzie ścieme Trizact	
Prędkość obrotowa n [obr./min]	2500	2500
Posuw f [mm/s]	480	480
Głębokość szlifowania a_p [mm]	0,2	0,2
Warunki smarowania	na sucho, sprężonym powietrzem	
Ciśnienie powietrza p [MPa]	0,6	0,6

Proces frezowania został zrealizowany zgodnie z przyjętymi parametrami (rys. 9).

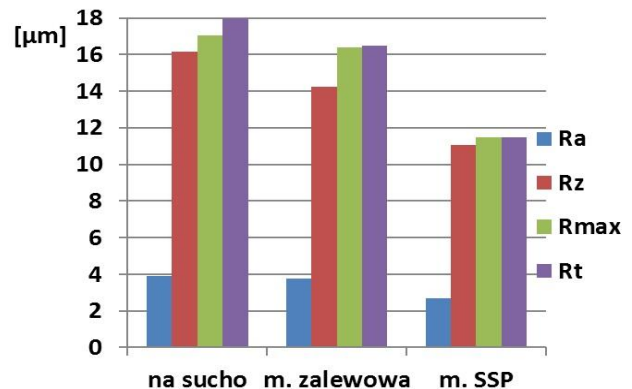
Metoda chłodzenia		
na sucho	na sucho	na sucho
$f = 300$ mm/min	$f = 300$ mm/min	$f = 300$ mm/min
$a_c = 0,3$ mm	$a_c = 0,6$ mm	$a_c = 1$ mm
$n = 1000$ obr./min	$n = 1000$ obr./min	$n = 1000$ obr./min
Metoda chłodzenia		
na sucho	zalewowa	SSP
$f = 300$ mm/min	$f = 300$ mm/min	$f = 300$ mm/min
$a_c = 1$ mm	$a_c = 1$ mm	$a_c = 1$ mm
$n = 1000$ obr./min	$n = 1000$ obr./min	$n = 1000$ obr./min

Rys. 9. Parametry stosowane w procesie frezowania [5]

Po przeprowadzeniu obróbki uzyskane powierzchnie poddano badaniom na profilometrze. Uzyskano następujące wyniki (rys. 10 i 11).

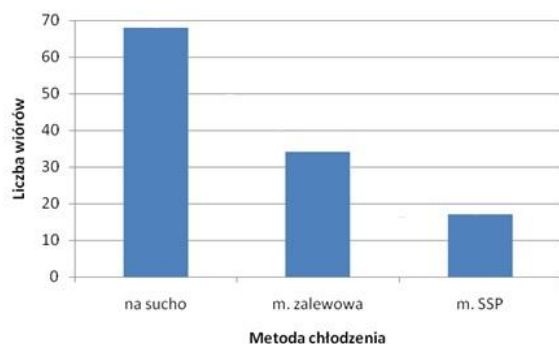


Rys. 10. Wyniki po szlifowaniu ceramiki korundowej [5]

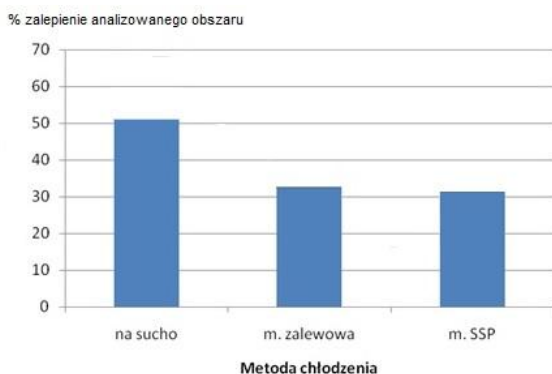


Rys. 11. Wyniki po szlifowaniu aluminium [5]

Przeprowadzono również analizę wpływu zastosowanych w badaniach metod chłodzenia na stan zalepiania narzędzi skrawających i powierzchni czynnej ściernicy. Wyniki analizy zaprezentowano na rysunkach 12-13.



Rys. 12. Stan zanieczyszczenia frezu w obserwowanym obszarze 6 mm²



Rys. 13. Stan zalepienia narzędzia ściernego w obserwowanym obszarze 6 mm²

Analiza wyników badań wskazuje, że zastosowane metody chłodzenia polepszają warunki realizacji procesów obróbkowych oraz umożliwiają oczyszczanie powierzchni czynnej ściernicy i ostrzy skrawających. Zrealizowane badania wykazały, że parametry topografii powierzchni po obróbce charakteryzują się niższymi wartościami Ra, Rz, Rt oraz Rmax w stosunku do obróbki na sucho bez czynnika chłodzącego. W przypadku obróbki ścierną zrealizowanej z wykorzystaniem ściernicy z ziarnami Trizact zauważono małą różnicę między metodą zalewową a stosowaniem sprężonego powietrza przy badanych parametrach obróbkowych. Należy jednak podkreślić, że brak chłodzenia powodował wzrost parametrów Ra, Rt, Rz oraz Rmax na badanych powierzchniach. W przypadku frezowania zaobserwowano wyraźną różnicę między obróbką na sucho a obróbką z zastosowaniem czynników chłodzących. Zaobserwowano również wyraźną różnicę między stosowaniem chłodzenia zalewowego a chłodzeniem sprężonym powietrzem. Zastosowanie chłodzenia sprężonym powietrzem (SSP) w przypadku frezowania wykazało zmniejszenie parametrów Ra, Rz, Rt oraz Rmax w stosunku do metody zalewowej i tym bardziej w porównaniu z obróbką na sucho bez czynnika chłodzącego.

Przeprowadzono również analizę stopnia zalepienia narzędzia ściernego oraz frezu wykorzystanego w procesie skrawania. Pomiarów dokonano po każdym przejściu narzędzia na obszarze jego ostrza (6 mm²). Wykonano analizy na powierzchni czynnej ściernicy oraz na powierzchni frezu. Badania przeprowadzono za pomocą mikroskopu cyfrowego. Uzyskane wyniki wskazują, że stopień zalepienia frezu bez czynnika chłodzącego jest największy. W tym przypadku zaobserwowano najwięcej wiórów i mikro wiórów na powierzchni ostrza skrawającego (rys. 12). Dla metody zalewowej oraz z wykorzystaniem sprężonego powietrza jako czynnika chłodzącego, zaobserwowano wyraźny spadek liczby wiórów obserwowanych w ustalonym obszarze pomiarowym. Najmniej wiórów i mikro wiórów zaobserwowano dla metody chłodzenia z wykorzystaniem sprężonego powietrza (rys. 12). Można to wytłumaczyć dodatkowym efektem uzyskanego strumienia sprężonego powietrza w stosunku do metody zalewowej, gdzie strumień płynu chłodzącego okazał się zbyt słaby.

W przypadku procesu szlifowania również zaobserwowano zmniejszenie stopnia zalepienia powierzchni czynnej ściernicy dla metody zalewowej jak i chłodzenia sprężonym powietrzem w porównaniu ze szlifowaniem bez czynnika chłodzącego. Nie zaobserwowano jednak znaczącej różnicy między metodą zalewową i SSP (rys. 13).

Podsumowanie

- Stosowanie metody chłodzenia SSP może podnieść wydajność realizowanych procesów obróbkowych (frezowania i szlifowania) oraz zakłada się, że również toczenia, a także innych obróbek wiórowych. To z kolei będzie umożliwiało podniesienie jakości uzyskiwanych powierzchni oraz może zminimalizować koszty realizacji procesów produkcyjnych.
- Wykorzystanie metody chłodzenia SSP, jak wykazały badania oraz analiza literatury dotycząca tego zagadnienia, może wydłużyć czas eksploatacji narzędzi obróbkowych. Zarówno w odniesieniu do obróbki ścierną (kondycjonowanie powierzchni czynnej ściernicy), jak i stanu ostrzy skrawających.
- Zastosowanie SSP w realizacji procesów obróbkowych nie wymaga specjalnego i trudnego dostosowywania systemów technologicznych. Wystarczy odpowiednie rozmieszczenie niezbędnej infrastruktury w strefie obróbkowej (obszarze roboczym urządzenia technologicznego) oraz wykonanie odpowiednich przyłączy do instalacji sprężonego powietrza.
- Wykorzystanie sprężonego powietrza do schładzania strefy roboczej urządzeń technologicznych oraz strefy obróbkowej jest rozwiązaniem ekologicznym. Minimalizuje stosowanie płynów chłodzących (zarówno syntetycznych, jak i opartych na substancjach naturalnych). Nie wymaga utylizacji tych substancji.
- Wykorzystanie SSP może być połączone z innymi metodami tworząc rozwiązania hybrydowe umożliwiające intensyfikację procesów obróbkowych w szerokim zakresie stosowania i z uwzględnieniem różnych materiałów obrabianych.

Bibliografia

1. Choi H.Z., Lee S.W., Hae Do Jeong.: The cooling effects of compressed cold air in cylindrical grinding with alumina and CBN wheels. *Journal of Materials Processing Technology*. 127 (2002): pp. 155÷158.
2. Kordowska M., Musiał W., Stefanowicz K., Wykorzystanie systemów rapid prototyping do modelowania części samochodowych. *Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe* 2014, nr 6.
3. Kordowska M., Wykorzystanie systemów CAD/CAM w procesie projektowania na potrzeby przemysłu samochodowego. *Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe* 2011, nr 5.
4. Lee Pil-Ho, Sang Won Lee: Experimental characterization of microgrinding process using compressed chilly air.

- International Journal of Machine Tools & Manufacture*. 51 (2011): pp. 201÷209.
5. Musiał W., Mazurek D., Kordowska M., Jordan W.: Badania procesu chłodzenia strefy obróbki w procesach wygładzania oraz szlifowania z zastosowaniem robota przemysłowego. *Mechanik NR 8-9/2016*.
 6. Nguyen T., Zhang L.C.: An assessment of the applicability of cold air and oil mist in surface grinding. *Journal of Materials Processing Technology*. 140 (2003): pp. 224÷230.
 7. Perec A.: Artificial neural networks in modeling the high pressure, suspension waterjet cutting. *Archives of Mechanical Technology and Automation*. Vol. 33 no.4. 2013.
 8. Wójcik R.: Nowe media i sposoby ich doprowadzania do strefy szlifowania. *Archiwum Technologii Maszyn i Automatykacji*. 28/4 (2008): s. 137÷145.
 9. Wójcik R.: Wpływ sposobu mocowania i kierunku chłodzenia sprężonym powietrzem na odkształcenia cieplne przedmiotu w procesie szlifowania płaszczyzn. *Archiwum Technologii Maszyn i Automatykacji*. 27/2 (2007): s. 33÷40.

Autorzy:

Mgr inż. **Marta Kordowska** – Doktorantka Politechnika Koszalińska, ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin, Polska, e-mail: marteczka.kordowska@vp.pl

Dr inż. **Wojciech Musiał** – Politechnika Koszalińska, ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin, Polska, e-mail: wojciech.musial@tu.koszalin.pl

The study of cooling of machining processes in the machinery industry and car

The subject publication relates to a method for cooling a process carried out in the cutting and grinding. Compressed air cooling is used to cool the injection molds. They are used in the machinery industry and can be successfully used on production lines equipped with compressed air systems. Increasingly, you can meet cooling systems based on the vortex tube technology in the automotive industry.

Key words: cooling, machining, abrasive finishing.