

**Karta zgłoszenia tematyki badawczej  
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych  
dla kandydatów do Szkoły Doktorskiej  
w roku akademickim 2022/2023**

Proponowana tematyka doktoratu
<b>Badania wpływu proekologicznych metod doprowadzania czynników chłodzących, smarujących i antyadhezyjnych do strefy obróbki na przebieg i wyniki procesu szlifowania</b>
Dyscyplina naukowa ( <i>*niewłaściwe skreślić</i> )
AUTOMATYKA, ELEKTRONIKA I ELEKTROTECHNIKA INŻYNIERIA ŁĄDOWA I TRANSPORT INŻYNIERIA MECHANICZNA
Proponowany promotor
prof. dr hab. inż. Krzysztof Nadolny Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Produkcji, ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin, budynek D, pokój 203, e-mail: krzysztof.nadolny@tu.koszalin.pl; tel.: 94 34 78 412

Krótki opis tematyki badawczej ze wskazaniem problematyki naukowej (max. 350 słów)
<p>Energia mechaniczna wprowadzana do procesu szlifowania w wyniku ruchu względnego narzędzia i materiału obrabianego, jest w dużej części zamieniana w ciepło. Prowadzi to do znacznego wzrostu temperatury w strefie kontaktu narzędzia z materiałem obrabianym, wywołanego tarcieniem i procesami deformacji prowadzącymi do formowania wiórów i usuwania materiału. Długa droga kontaktu czynnej powierzchni ściernicy ze szlifowaną powierzchnią sprawia, że w procesie szlifowania odprowadzenie ciepła ze strefy szlifowania stanowi jeden z najważniejszych czynników decydujących o skuteczności prowadzonej obróbki. Nadmierny wzrost temperatury w procesie szlifowania prowadzić może bowiem do powstawania defektów powierzchni obrobionej, takich jak mikropęknięcia, przypalenia szlifierskie czy niekorzystne naprężenia warstwy wierzchniej. Ponadto rosnąca temperatura w strefie szlifowania wywołuje nadmierne zużycie składników ściernicy (ziaren ściernych i spoiwa). Oddziaływanie wysokiej temperatury prowadzi do uplastycznienia wierzchołków aktywnych ziaren ściernych. Może również powodować termiczne zużycie mostków spoiwa i przedwczesne wykruszanie ziaren ściernych z czynnej powierzchni ściernicy. W skrajnych przypadkach, szybko zmieniający się gradient temperatury w narzędziu ściernym może wywołać nadmierne naprężenia cieplne, skutkujące drastycznym obniżeniem wytrzymałości całego narzędzia i jego rozerwaniem.</p> <p>W tym kontekście rodzaj, wydatek oraz sposób podawania cieczy chłodzącej ma niezwykle istotny wpływ na jakość i stabilność procesu szlifowania oraz powtarzalność jego wyników. Jednak obok korzyści wynikających z zastosowania płynów chłodzących powstaje jednak szereg problemów natury ekonomicznej i ekologicznej. Chodzi tu z jednej strony o obciążenia związane z kosztami zakupów, zastosowaniem i pielęgnacją, jak też z obciążeniem środowiska naturalnego</p>

wynikającym z utylizacji płynów. Całkowite koszty związane ze stosowaniem chłodziw szacuje się, w zależności od źródła, na około 5% do 17% ogólnych kosztów produkcji. Około 60% wszystkich kosztów związanych z użyciem chłodziw jest związanych z ich utrzymaniem i utylizacją.

Komponenty płynów chłodząco-smarujących, takie jak bakteriocydy i fungicydy, produkty reakcji powstające w PCS i zawierające obce substancje mogą stać się podstawową przyczyną chorób skóry i układu oddechowego operatorów. Wycieki substancji szkodliwych, emisje czy też woda zużywana do czyszczenia układów chłodzących stanowią źródła zanieczyszczeń ziemi, wody i powietrza. Utylizacja PCS polega na unieszkodliwianiu chemicznym (metodą rerafinacji, a także krakingu termicznego) lub poprzez biodegradację. Mogą być one również spalane oraz odzyskiwane poprzez oczyszczanie. Procesy te są kosztowne i często znacząco obciążają środowisko naturalne swoimi produktami.

Z powyższego wynika, że badania dotyczące proekologicznych metod doprowadzania czynników chłodzących, smarujących i antyadhezyjnych do strefy obróbki mają duże znaczenie w rozwoju procesów ubytkowej obróbki ścierniej.

#### Uzasadnienie celowości podjęcia tematyki badawczej (max. 150 słów)

Rosnąca świadomość społeczna dotycząca ochrony zasobów naturalnych powoduje coraz większy nacisk na poszukiwanie metod przyjaznej środowisku obróbki ubytkowej, co w odniesieniu do procesów szlifowania przekłada się na zdecydowane ograniczenie użycia, powszechnie dziś stosowanych, wodnych emulsji olejowych oraz olei do chłodzenia i smarowania strefy obróbki. Można spodziewać się również wprowadzania kolejnych ograniczeń legislacyjnych dotyczących stosowania niektórych substancji chemicznych w procesach wytwarzania, co przyspieszy upowszechnianie, hybrydowych metod chłodzenia i smarowania strefy szlifowania. W tym kontekście uzasadnione jest prowadzenie badań nad opracowaniem innowacyjnych metod, stanowiących realną alternatywę dla chłodzenia zalewowego oraz umożliwiających ich dostosowywanie do wymogów konkretnych operacji technologicznych szlifowania w warunkach przemysłowych. W tym kontekście do najważniejszych kierunków badań należy zaliczyć

- poszukiwanie nowych rodzajów płynów chłodząco-smarujących (np. w wyniku upowszechniania nanomateriałów), które przy minimalnym wydatku zapewnią uzyskiwanie jeszcze korzystniejszych rezultatów szlifowania w porównaniu z dotąd stosowanymi substancjami;
- integracja znanych rozwiązań w zakresie doprowadzenia czynników chłodząco-smarujących do strefy szlifowania mająca na celu wyeliminowanie wad istniejących rozwiązań w nowych metodach hybrydowych;
- rozwój wiedzy dotyczącej wymiany ciepła w układach złożonych z przepływami turbulentnymi oraz przy wielu czynnikach chłodząco-smarujących będzie możliwy dzięki coraz bardziej doskonałym systemom modelowania i symulacji komputerowej, głównie z użyciem metody elementów skończonych (przykłady aktualnych możliwości tego typu oprogramowania można znaleźć w wielu fragmentach niniejszej pracy);
- poszukiwanie nowych substancji w stanie stałym stosowanych do impregnacji ściernic, które będą skutecznie realizowały funkcję smarną i antyadhezyjną, a jednocześnie nie będą uciążliwe dla środowiska naturalnego (np. substancje biodegradowalne lub pochodzące z recyklingu);
- poszukiwanie nowych sposobów wprowadzania do ściernicy substancji smarnych i antyadhezyjnych w stanie stałym, np. jako składniki spoiw lub w postaci agregatów ściernych;
- implementacja znanych rozwiązań do nowych typów narzędzi ściernych, np. przeznaczonych do obróbki integrującej szlifowanie zgrubne i wykończeniowe w jednej operacji.

Proponowane tematy prac doktorskich w ramach zgłaszanej tematyki badawczej (do 3 tematów)

1. Badania wpływu chłodzenia sprężonym schłodzonym powietrzem na jakość technologiczną ostrzy technicznych kształtowanych w procesie szlifowania obwodowego ściernicami z ziarnami regularnego azotku boru
2. Badania wpływu podawania płynu chłodząco-smarującego domieszkowanego nanocząsteczkami na przebieg i wyniki procesu szlifowania powierzchni płaskich
3. Badania możliwości realizacji procesu szlifowania bez podawania do strefy szlifowania czynników chłodząco-smarujących w stanie ciekłym

Źródła finansowania tematyki badawczej (tematyka realizowanych obecnie grantów naukowych finansowanych ze źródeł zewnętrznych lub w ramach subwencji)

Przewiduje się, że podstawowym źródłem finansowania badań będą środki na badania statutowe Katedry Inżynierii Produkcji. Możliwe jest również wnioskowanie o finansowanie zewnętrzne.

Potwierdzenie możliwości zapewnienia dostępu do aparatury naukowej oraz oprogramowania niezbędnego do realizacji proponowanej tematyki badawczej (\*niepotrzebne skreślić)

W PEŁNI / CZĘŚCIOWO / BRAK\*

W przypadku odpowiedzi CZĘŚCIOWO lub BRAK proszę wskazać rodzaj brakującej aparatury naukowej i/lub oprogramowania oraz źródła finansowania dostępu do nich

Nie dotyczy.

Wykaz ważniejszych publikacji (maksymalnie 5), związanych z proponowaną tematyką badawczą, publikowanych w czasopismach indeksowanych w Web of Science lub Scopus za okres ostatnich 3 lat (z uwzględnieniem współczynnika wpływu czasopisma oraz punktacji MEiN)

1. NADOLNY K.: Innowacyjne metody chłodzenia i smarowania w procesach szlifowania walcowych powierzchni wewnętrznych. Monografia Wydziału Mechanicznego nr 353, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2019.
2. NADOLNY K., KIERAŚ S.: Experimental Studies on the Centrifugal MQL-CCA Method of Applying Coolant during the Internal Cylindrical Grinding Process. *Materials*, 2020, 13(10), 2383. DOI: 10.3390/ma13102383.
3. NADOLNY K., KIERAŚ S.: New approach for cooling and lubrication in dry machining on the example of internal cylindrical grinding of bearing rings. *Sustainable Materials and Technologies*, Volume 24, July 2020, e00166. DOI: 10.1016/j.susmat.2020.e00166.
4. NADOLNY K., KIERAŚ S., SUTOWSKI P.: Modern approach to delivery coolants, lubricants and antiadhesives in the environmentally friendly grinding processes. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 8(2021)2, pp. 639-663. DOI: 10.1007/s40684-020-00270-y.
5. NADOLNY K., KAPŁONEK W., SUTOWSKA M., SUTOWSKI P., MYŚLIŃSKI P., GILEWICZ A., WARCHOLIŃSKI B.: Moving towards sustainable manufacturing by extending the tool life of the pine wood planing process using the AlCrBN coating. *Sustainable Materials and Technologies*, Volume 28, July 2021, e00259. DOI: 10.1016/j.susmat.2021.e00259

Wykaz grantów naukowych finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz European Research Council, w których promotor brał udział w okresie ostatnich 5 lat

1. „*Poprawa efektywności procesowej i materiałowej w przemyśle tartacznym*” – projekt finansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu „*Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo*” BIOSTRATEG, na podstawie umowy nr BIOSTRATEG3/344303/14/NCBR/2018; Projekt realizowany od 22.12.2017 r. do 21.12.2022 r. przez konsorcjum, którego liderem jest Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, a współwykonawcami Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego Warszawa, Politechnika Koszalińska oraz Koszalińskie Przedsiębiorstwo Przemysłu Drzewnego Szczecinek SA.

Wykaz usług badawczych realizowanych na rzecz przemysłu związanych z proponowaną tematyką badawczą za okres ostatnich 5 lat

2017-2018 realizacja zlecenia badawczego przedsiębiorstwa Andre Abrasives Articles Sp. z o.o., Sp. k. z Koła dotyczącego badań eksploatacyjnych małogabarytowych ściernic płaskich o wymiarach 35×10×10 mm przeznaczonych do szlifowania walcowych powierzchni wewnętrznych.