

**Karta zgłoszenia tematyki badawczej
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
dla kandydatów do Szkoły Doktorskiej
w roku akademickim 2025/2026**

Proponowana tematyka doktoratu
Badania wpływu proekologicznych metod doprowadzania czynników chłodzących, smarujących i antyadhezyjnych do strefy obróbki na przebieg i wyniki procesu szlifowania
Dyscyplina naukowa
INŻYNIERIA MECHANICZNA
Proponowany promotor
prof. dr hab. inż. Krzysztof Nadolny Wydział Inżynierii Mechanicznej i Energetyki, Katedra Inżynierii Produkcji ul. Racławicka 15-17, 75-620 Koszalin, budynek D, pokój 203 e-mail: krzysztof.nadolny@tu.koszalin.pl ; tel.: 94 3478412

Krótki opis tematyki badawczej ze wskazaniem problematyki naukowej (max. 350 słów)
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 tarciem 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. 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 proble-

mów natury ekonomicznej i ekologicznej. Chodzi tu z jednej strony o obciążenia związane z kosztami zakupów, zastosowaniem i pielęgnacją, jak też z obciążeniem środowiska naturalnego 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
W PEŁNI
W przypadku odpowiedzi CZĘŚCIOWO lub BRAK proszę wskazać rodzaj brakującej aparatury naukowej i/lub oprogramowania oraz źródła finansowania dostępu do nich
-

Wykaz dorobku naukowego promotora w tematyce wskazanych problemów naukowych
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., 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. 2. 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. 3. 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. 4. 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. 5. ZIELIŃSKI B., NADOLNY K., ZAWADKA W., CHACIŃSKI T., STACHURSKI W., BATALHA G.F.: Effect of Pro-Ecological Cooling and Lubrication Methods on the

Sharpening Process of Planar Blades Used in Food Processing. Materials 2022, 15(21), 7842. DOI: 10.3390/ma15217842.
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. „ <i>Poprawa efektywności procesowej i materiałowej w przemyśle tartacznym</i> ” – projekt finansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu „ <i>Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo</i> ” 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
-