

Prof. dr hab. inż. Wojciech Kacalak

wk5@tu.koszalin.pl

Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska

RECENZJA
OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH
I DYDAKTYCZNYCH

w postępowaniu habilitacyjnym
dr inż. PAWŁA LEŻAŃSKIEGO
z POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ

Tytuł osiągnięcia naukowego:

**AUTOMATYCZNE NADZOROWANIE PROCESU
SZLIFOWANIA WGLĘBNEGO KŁOWEGO**

KOSZALIN, GRUDZIEŃ 2012

Prof. dr hab. inż. Wojciech Kacalak
Politechnika Koszalińska

RECENZJA

OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH I DYDAKTYCZNYCH

w postępowaniu habilitacyjnym

dr inż. PAWŁA LEŻAŃSKIEGO
z POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ

Tytuł osiągnięcia naukowego:

AUTOMATYCZNE NADZOROWANIE PROCESU SZLIFOWANIA WGŁĘBNEGO KŁOWEGO

Opinię o dorobku naukowym i dydaktycznym dr inż. Pawła Leżańskiego przedstawiam na podstawie autoreferatu, opracowanego starannie i wyczerpująco, monografii, stanowiącej wskazane osiągnięcie naukowe, zbioru publikacji oraz wielu prezentacji wyników badań podczas konferencji naukowych.

1. CHARAKTERYSTYKA PRACY NAUKOWEJ KANDYDATA

1.1. Przebieg pracy zawodowej

Kandydat uzyskał tytuł mgr inż. mechanika o specjalności obrabiarki, narzędzia i technologia budowy maszyn w Politechnice Łódzkiej na Wydziale Mechanicznym w 1974 roku. Po studiach rozpoczął pracę w macierzystej Uczelni.

Już na początku pracy naukowej obrał ważny dla rozwoju technologii kierunek badawczy, obejmujący problemy automatyzacji procesów obróbki, sterowania numerycznego obrabiarek, a później zagadnienia sterowania adaptacyjnego w procesach szlifowania.

Osiągnięcia naukowe z tego okresu zostały podsumowane w zakończonej w 1983 roku pracy doktorskiej nt.: „Model procesu czołowego szlifowania płaszczyzn na szlifiernie ze stołem obrotowym w aspekcie zastosowania sterowania adaptacyjnego”.

W 1984 roku został adiunktem w Zakładzie Automatyzacji Obrabiarek (obecnie Zakład Robotyki i Automatyzacji) w Instytucie Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn, na Wydziale Mechanicznym Politechniki Łódzkiej.

Kandydat w okresie od 2001 roku do 2004 roku pełnił obowiązki kierownika Zakładu Automatyzacji Obrabiarek.

1.2. Rozwój naukowy

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora Kandydat uzyskał stypendium Fulbrigh'a i staż w Stanach Zjednoczonych, gdzie prowadził w latach 1987 i 1988 prace badawcze w Arizona State University i University of California w Berkeley.

W pierwszym okresie pobytu, obejmującym 15 miesięcy, pracował w zespole prof. M. C. Shaw w Arizona State University. Tematyka badawcza dotyczyła pól temperatur w ostrzach skrawających podczas frezowania z dużymi prędkościami skrawania.

W drugim okresie stażu dr inż. Paweł Leżański zajmował się zastosowaniami metod sztucznej inteligencji i ich wykorzystaniem do monitorowania i diagnostyki procesów szlifowania w zespole prof. D. A. Dornfeld w University of California w Berkeley. Wówczas Kandydat rozpoczął prace nad zastosowaniem sygnałów emisji akustycznej do monitorowania i diagnostyki procesów skrawania, z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych do identyfikacji stanów procesu.

Po powrocie do Politechniki Łódzkiej Autor zrealizował ważne zadania naukowe i rozwiązał wiele problemów, z których do ważniejszych zaliczam:

1. Zbudowanie stanowiska do badań nadzorowania procesu szlifowania wałków, wyposażonego w silniki krokowe, bezluzową przekładnię ślimakową i układy cyfrowego sterowania prędkości i położenia wrzeciennika ściernicy oraz układy pomiaru składowych siły szlifowania, drgań, emisji akustycznej oraz przyrząd do aktywnej kontroli średnicy i błędów kształtu szlifowanego przedmiotu. Następnie do układu badawczego dołączono bezprzewodowy czujnik emisji akustycznej, układy pomiaru zarysu profilu czynnej powierzchni ściernicy oraz autorskie algorytmy i pakiet programów do przetwarzania danych.
2. Określenie struktur funkcjonalnych systemu nadzorowania, zależnych od rodzaju funkcji, które przewidziano do realizacji i od metod modelowania oraz klasyfikacji stanów procesu. Powstał inteligentny, elastyczny system, konfigurowany według zadań, który zapewniał monitorowanie i diagnostykę procesu szlifowania wałków.
3. Zapewnienie konfigurowalności systemu, który umożliwia ekstrakcję cech sygnałów pomiarowych oraz posiada zdolność selekcji cech najbardziej istotnych dla oceny stanu procesu, z uwzględnieniem, iż funkcje realizowane przez system są zróżnicowane dla kolejnych faz cyklu szlifowania.
4. Zbudowanie wielopoziomowego systemu monitorowania, diagnostyki i sterowania, w tym w warunkach sterowania adaptacyjnego i z realizowaną optymalizacją początkowych wartości parametrów procesu.
5. Opracowanie hybrydowego systemu optymalizacji procesu (powstał podczas realizacji projektu kierowanego przez Kandydata), w którym wykorzystuje się cztery źródła wiedzy. Pierwszym jest baza wiedzy o procesie szlifowania wałków, przydatna do wyznaczenia początkowych parametrów procesu. Drugim jest nauczona sieć neuronowa do optymalizacji cyklu szlifowania ze względu na wskaźniki jakości przedmiotu i wydajność obróbki. Trzecim źródłem wiedzy jest zbiór algorytmów do sterowania adaptacyjnego. Czwartym jest wie-

dza eksperta, wykorzystywana do weryfikacji warunków i parametrów procesu.

6. Opracowanie teoretycznych i doświadczalnych podstaw nadzorowania procesu szlifowania wałków z zastosowaniem sieci neuronowych i logiki rozmytej. Sieć neuronowa realizuje zadanie selekcji cech sygnałów pomiarowych, a moduł neuronowo-rozmyty jest wykorzystywany do klasyfikacji stanu zużycia ściernicy za pomocą algorytmu wnioskowania rozmytego.
7. Wykazanie, że w badanych procesach szlifowania redukcja liczby wejść do modelu pozwala na zmniejszenie liczby reguł rozmytych, reprezentujących wiedzę, co zwiększa efektywność nadzorowania.

1.3. Doświadczenia organizacyjne

Kandydat był wykonawcą dwóch projektów celowych, siedmiu projektów badawczych oraz jednego projektu w programie operacyjnym „Innowacyjna Gospodarka”. Kierował dwoma projektami badawczymi:

- Projekt badawczy KBN nr PB 242 T07 98 14, „Automatyczny nadzór procesu szlifowania wzdłużnego wałków”, 1998 - 2000.
- Projekt badawczy KBN nr PB 4 T07D 014 27, „Hybrydowy system sztucznej inteligencji do optymalizacji warunków szlifowania kłowego wałków”, 2004 – 2007.

2. CHARAKTERYSTYKA DOROBKU NAUKOWEGO

2.1. Główne kierunki badawcze

Głównym kierunkiem badawczym Kandydata jest tworzenie podstaw automatyzacji procesów technologicznych poprzez rozwój automatycznych systemów nadzorowania, w warunkach dysponowania niepełnymi, niepewnymi i nieścisłymi informacjami o procesach szlifowania.

Temu kierunkowi odpowiada tematyka i zakres zagadnień zawartych w monografii. Autor wykazuje, że skuteczne nadzorowanie procesu szlifowania jest zadaniem wielokryterialnej optymalizacji decyzji w warunkach niepewności. Automatyzacja zadania nadzorowania jest możliwa poprzez wykorzystanie wielu źródeł wiedzy, z zastosowaniem metod sztucznej inteligencji do selekcji wykorzystywanych cech diagnostycznych oraz do klasyfikacji stanu narzędzi ściernych.

2.2. Ocena dorobku i aktywności naukowej oraz zasięgu publikacji

Autor dołączył do dokumentacji wniosku analizy cytowań publikacji po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, z których wynika, że łączna liczba cytowań 7 publikacji, według systemu Scopus, wynosi 77. Według innego źródła - (sprawdzenie przez recenzenta) - łączna liczba cytowań dla 9 publikacji wynosi 138, co statystycznie daje 84 cytowania przypadające na Kandydata. Wskazuje to na dobry poziom i istotne znaczenie wyników badań naukowych.

Indeks Hirscha według bazy Web of Science wynosi $h=2$, według bazy Scopus $h=3$, a według Harzing's Publish or Perish $h=4$. To w dziedzinie badań, obejmującej problemy technologiczne w budowie maszyn, wyróżniające się dużą różnorodnością, a przez to mniejszą liczebnością określonego zainteresowania i zastosowania, należy uznać za dobry wynik.

W dysproporcji do osiągnięć naukowych Kandydata oraz dat realizacji ważnych projektów badawczych pozostaje natomiast fakt, iż trzy publikacje zagraniczne o dużej liczbie cytowań zostały wydane odpowiednio w latach 1990, 1993 i 2003.

Osiągnięcia naukowe zawarte w monografii oraz innych publikacjach dr inż. Pawła Leżańskiego należy uznać za ważne dla rozwoju zautomatyzowanych systemów wytwarzania

3. OCENA MONOGRAFII, JAKO WSKAZANEGO OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

3.1. Rozwiązane problemy naukowe

Monografia wnosi nowe elementy do wiedzy o zadaniach optymalizacji, procesach nadzorowania i automatyzacji procesów szlifowania.

Do najważniejszych rozwiązanych problemów naukowych zaliczam:

1. Przeprowadzenie kompleksowych analiz przyczyn i skutków losowości procesów szlifowania oraz właściwości narzędzi ściernych.
2. Określenie cech procesu i miar przydatnych dla określenia trwałości narzędzi ściernych, z uwzględnieniem zalet i wad metod bezpośredniego opisu mikrogeometrii czynnej powierzchni ściernicy do automatycznego nadzorowania szlifowania, w tym trudności pomiarowych w warunkach przemysłowych, a także niedoskonałości oceny stanu narzędzia na podstawie siły szlifowania.
3. Wykazanie, że wybrane cechy sygnału emisji akustycznej są skorelowane z mikrogeometrią powierzchni czynnej ściernicy.
4. Stwierdzenie, że właściwości warstwy wierzchniej przedmiotu po obróbce najlepiej opisuje wskaźnik w postaci iloczynu właściwej mocy szlifowania i czas oddziaływania źródła ciepła na dowolnego punkt na powierzchni przedmiotu.
5. Wykazanie, że stosowanie prostych, uzyskiwanych bezpośrednio z pomiaru (uśrednionych) miar sygnałów diagnostycznych, nie daje zadowalających rezultatów oceny stanu procesu i konieczne jest wykorzystanie miar opisujących ich cechy dynamiczne.
6. Opracowanie metod skutecznej klasyfikacji stanu procesu, poprzedzonych szczegółowymi analizami zdolności klasyfikacyjnej różnych wskaźników oceny, oraz sformułowanie podstaw tworzenia klasyfikatora stanu procesu z zastosowaniem teorii zbiorów przybliżonych z uwzględnieniem relacji dominacji.

Monografia jest zbiorem dokonań Autora, mających duże znaczenie dla rozwoju wiedzy i jej zastosowań w automatyzacji procesów technologicznych. Praca tworzy podstawy automatycznego inteligentnego nadzorowania procesów szlifowania wgłębnego, ale jej wyniki mogą być przydatne również w nadzorowaniu innych procesów szlifowania.

3.2. Uwagi dotyczące rozprawy habilitacyjnej

Autor w wielu analizach wnikliwie ocenia cechy geometryczne powierzchni czynnej ściernicy i unika uproszczeń, jakie mogłyby wystąpić z wykorzystaniem parametrów uśredniających współrzędne powierzchni narzędzia. Ocena wysokości wyniesień i głębokości wgłębień oraz parametrów pochodnych zapewnia poprawną klasyfikację stanu powierzchni narzędzia.

Ocena cech geometrycznych powierzchni obrobionej nie jest jednak już tak wnikliwa. Posługiwanie się parametrem R_a dla oceny wysokości nierówności powierzchni prowadzić musi do utraty cennych informacji, zawartych w zbiorze danych. Wniosek stwierdzający, że „chropowatość prawie zawsze rośnie ze wzrostem objętości usuniętego materiału” (str. 81), jest zbyt dużym uproszczeniem.

Określoną objętość materiału można usunąć w różnym czasie obróbki oraz z zastosowaniem różnych parametrów, wpływających na energię właściwą procesu. Od tego mogą zależeć cechy stereometryczne procesu kształtowania powierzchni, ale także mechanizm zużywania się narzędzia, a zatem i siły oraz drgania. Można oczekiwać, iż stosunek parametrów R_t do R_a może być silniej skorelowany ze wskaźnikami oceny stanu narzędzia niż sam parametr R_a .

Potwierdza to wniosek zawarty w monografii, że w zależności od zastosowanych parametrów procesu, znak współczynnika korelacji pomiędzy siłą szlifowania, a chropowatością powierzchni przedmiotu może się zmieniać w zależności od dominującego mechanizmu zużycia ściernicy oraz rozwoju drgań samowzbudnych wraz z postępującym zużyciem narzędzia.

Autor, określając wartość przyrostu zużycia promieniowego ściernicy niepotrzebnie wprowadza sformułowanie „sztywność zużycia ściernicy”. To wprowadzenie ułatwia ujednoczenie składników w opisie zmian położenia względnego powierzchni narzędzia i przedmiotu, ale jest to niepotrzebne, bo odkształcenia mając wymiar jednostki długości, mogą być sumowane z innymi przyczynami zmian położenia bez takich odniesień do pojęcia *sztywność*.

Stosunek składowej normalnej siły szlifowania do przyrostu zużycia ściernicy, w jednostkowym przedziale czasu, można określać wprost, jako umowny wskaźnik zużycia.

Przyrosty zużycia promieniowego ściernicy nie zawsze są większe, gdy występuje większa wartość siły szlifowania. Zużywanie się ściernicy może być mniej intensywne wraz ze wzrostem sił szlifowania, jeżeli zwiększać się będzie prędkość obwodowa ściernicy, czyli prędkość szlifowania. Ponadto warto zauważyć, iż zużywanie się ściernicy jest procesem, zużycie zaś jest zjawiskiem, a przypisywać miarę możemy tylko określonym cechom.

Usterki redakcyjne występują w monografii w stopniu, który nie zmniejsza jej wartości naukowej i przydatności praktycznej. Jako przykładowe mogę wymienić opis osi na rys. 4. 8 – podpis „Zmiany falistości przedmiotu w okresie trwałości ściernicy”, a na osi odciętych są wartości „właściwego ubytku materiału”.

3.3. Znaczenie naukowe i aplikacyjne wyników

Autor formułuje w monografii praktyczne podstawy automatycznego inteligentnego nadzorowania procesu szlifowania wgłębnego. Praca może być wykorzystywana w tworzeniu metodyki nadzorowania również innych procesów szlifowania. Autor dobrze wykorzystał wiedzę tworzoną i upowszechnianą przez prof. dr hab. inż. Krzysztofa Jemielniaka, obejmującą zaawansowane metody przetwarzania sygnałów w diagnostyce stanu narzędzia i procesu skrawania.

Ważne są dla zastosowań praktycznych opracowane metody integracji danych z wielu źródeł wiedzy w hybrydowym systemie optymalizacji procesów szlifowania.

Autor określił dalsze zadania badawcze wyróżniając:

- prace ukierunkowane na doskonalenie metod pomiarowych i poszukiwanie nowych algorytmów przetwarzania sygnałów w celu lepszej klasyfikacji stanów procesu,
- rozszerzanie doświadczalnej bazy danych o wiedzę, dotyczącą procesów obróbki nowych materiałów i z zastosowaniem nowych narzędzi ściernych.

Kierunki te oceniam, jako właściwe. Można się ponadto spodziewać, że postęp w wytwarzaniu sensorów i układów przetwarzania sygnałów, w przyszłości prowadzić będzie, do wyposażania narzędzi w bezprzewodowe miniaturowe układy akwizycji i transmisji danych.

4. CHARAKTERYSTYKA DOROBKU DYDAKTYCZNEGO

4.1. Opracowania dydaktyczne

Kandydat posiada duże doświadczenie i znaczny dorobek dydaktyczny. Prowadzone wykłady obejmują następujące przedmioty:

1. Robotyzacja i automatyzacja urządzeń technologicznych.
2. Elastyczne systemy wytwarzania.
3. Zagadnienia sztucznej inteligencji.
4. Warsztaty pracy twórczej.
5. Manufacturing Technology - (w języku angielskim).
6. Intelligent Manufacturing Systems - (w języku angielskim).
7. Automation of Manufacturing Processes - (w języku angielskim).

Dr inż. Paweł Leżański jest autorem nowych programów studiów oraz wielu stanowisk laboratoryjnych.

Jest współautorem skryptu: „Automatyzacja obrabiarek i procesów technologicznych. Laboratorium” pod red. Jana Rafałowicza. Łódź 1992.

4.2. Osiągnięcia dydaktyczne

Kandydat jest promotorem 35 prac dyplomowych.

Jest współorganizatorem Centrum Kształcenia Międzynarodowego w Politechnice Łódzkiej i prowadzi w nim zajęcia w języku angielskim.

Od roku jest 2003 członkiem Wydziałowej Komisji Dydaktycznej ds. kierunku Automatyka i Robotyka.

Był członkiem zespołu przygotowującego raport samooceny kierunku Automatyka i Robotyka na Wydziale Mechanicznym dla Państwowej Komisji Akredytacyjnej, a następnie członkiem zespołu reprezentującego Wydział w czasie wizytacji.

Od roku 2012 jest prowadzącym grupę studentów kierunku Automatyka i Robotyka w ramach programu kierunku zamawianego.

Jest członkiem Komisji opracowującej program studiów dla kierunku Automatyka i Robotyka na Wydziale Mechanicznym.

5. PRACE INNOWACYJNE I WDROŻENIOWE

5.1. Patenty i wdrożenia

Kandydat realizował, jako wykonawca, program Foresight Technologiczny dla Regionu Łódzkiego LORIS WIZJA w charakterze eksperta w zakresie mechatroniki, 2007 – 2011. Był wykonawcą w czterech programach europejskich, dziesięciu projektach badawczych i celowych, w tym kierował dwoma ważnymi projektami. Opracował i wdrożył wiele stanowisk badawczych i dydaktycznych.

5.2. Upowszechnienia wyników badań

Opisane w autoreferacie projekty badawcze i dydaktyczne zostały zastosowane w zadaniach edukacyjnych i praktyce przemysłowej.

6. WSPÓŁPRACA KRAJOWA I MIĘDZYNARODOWA

6.1. Staże naukowe

Dr inż. Paweł Leżański odbył naukowe staże zagraniczne w:

- Arizona State University, Phoenix, USA, Stypendium Fulbright'a, 01. 1987-02. 1988,
- University of California, Berkeley, USA, Stypendium Fulbright'a, 03. 1988-05. 1988
- Universite Libre de Bruxelles, Belgia, realizacja projektu badawczego Unii Europejskiej MESSINA, 4 kilkudniowe wizyty robocze w latach 1994-1995.

6.2. Efekty współpracy

Efektom współpracy naukowej były wspólne publikacje oraz prace badawcze, a w późniejszym okresie ważny projekt badawczy Komisji Europejskiej MESSINA (Mobile Execution and Surveillance Systems Intended for Nuclear Application) nr F12T-CT92-0029/ERBCIPDCT930444 "Complex Motion Generation for Multibody Mobile Robots", w którym Kandydat był wykonawcą, (1994 -1995).

7. WYRÓŻNIENIA I ODZNACZENIA

Dr inż. Paweł Leżański został wyróżniony Srebrnym Krzyżem Zasługi, Srebrną Honorową Odznaką Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich, Złotym Medalem za Długoletnią Służbę oraz wieloma nagrodami Rektora za osiągnięcia w działalności naukowej, dydaktycznej, organizacyjnej.

8. WNIOSEK KOŃCOWY

W wyniku analizy dorobku naukowego dr inż. Pawła Leżańskiego oceniam, iż Autor:

- wybrał tematykę pracy naukowej ważną dla przyszłych zastosowań i rozwoju systemów nadzorowania złożonych procesów technologicznych,
- osiągnął uznane efekty naukowe i praktyczne, w postaci teoretycznych i doświadczalnych podstaw budowy systemów nadzorowania,
- wykazał się twórczym podsumowaniem wiedzy i własnych opracowań w zakresie budowy inteligentnych systemów do wspomagania optymalizacji i nadzorowania procesów szlifowania,
- przedstawił zastosowania opracowanych metod,
- efekty naukowe i praktyczne wyników badań przedstawił na poziomie, który uzasadnia ich wysoką ocenę.

Oceny zawarte w podsumowaniu składają się na opinię, iż dorobek naukowy i inne osiągnięcia Kandydata wypełniają wymagania stawiane w przewodach habilitacyjnych. To uzasadnia pozytywną ocenę wniosku o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

