

dr hab. inż. Arkadiusz Jamrozik, prof. PCz
Politechnika Częstochowska
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki
Katedra Maszyn Ciepłych
Al. Armii Krajowej 21, 42-201 Częstochowa
tel. 34 3250 543
e-mail: jamrozik@imc.pcz.pl

Częstochowa, 08.09.2021



Recenzja

dorobku naukowego, dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzatorskiego oraz osiągnięcia naukowego zatytułowanego „Formy wtryskowe nagrzewane indukcyjnie w sposób selektywny” w związku z postępowaniem habilitacyjnym dr inż. Krzysztofa Mrozka

Podstawa opracowania: pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej, dr hab. inż. Olafa Ciszaka, prof. PP z dnia 20.07.2021 oraz załączone dokumenty przewodu habilitacyjnego.

1. Sylwetka i przebieg pracy zawodowej

Pan dr inż. Krzysztof Mrozek urodził się w 1985 roku. Ukończył studia magisterskie na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej w roku 2009. Na tym samym wydziale, w roku 2015 obronił pracę doktorską, pt. Konstrukcja i badania form wtryskowych nagrzewanych indukcyjnie, której promotorem był prof. dr hab. inż. Roman Staniek. Od roku 2009, do chwili obecnej, Habilitant zawodowo związany jest z Politechniką Poznańską, Wydziałem Inżynierii Mechanicznej (obecna nazwa) oraz Instytutem Technologii Mechanicznej. W latach 2009-2011 pracował jako starszy referent techniczny, następnie do roku 2020 jako asystent, a obecnie jako adiunkt. Pan dr inż. Krzysztof Mrozek jeszcze podczas studiów podjął współpracę z przemysłem pracując jako konstruktor w zespole projektowym tokarek sterowanych numerycznie w firmie FAMOT Pleszew. W roku 2009 pracował jako konstruktor urządzeń medycznych w ALVO Gastrometal Group. Od 2011 do 2015 roku współpracował z firmą Phoenix Contact Wielkopolska sp. z o.o., w której zajmował stanowisko konstruktora form wtryskowych oraz był głównym wykonawcą projektu, realizowanego w latach 2013-2015, pt. *Indukcyjne formy wtryskowe dla złączy elektrotechnicznych i elektronicznych*, INNOTECH-K2/IN2/60/182932/NCBR/13. Od 2017 roku do chwili obecnej, dr Mrozek jest kierownikiem Działu Serwisu Form Wtryskowych w Phoenix Contact Wielkopolska sp. z o.o.

2. Obszar aktywności naukowej

Głównym obszarem zainteresowań naukowych Habilitanta jest analiza i optymalizacja procesu wtryskiwania tworzyw sztucznych jako najczęściej stosowanej technologii ich przetwórstwa. Znacząca część Jego działalności naukowej poświęcona jest badaniom symulacyjnym i eksperymentalnym nad nagrzewaniem form wtryskowych i wpływem podwyższonej temperatury na jakość wyprasek. Obecnie aktywność naukowa Habilitanta skupia się przede wszystkim na zagadnieniach projektowania, technologii i badań form wtryskowych pracujących z cykliczną zmianą temperatury ze szczególnym naciskiem na technologię nagrzewania indukcyjnego gniazda formującego i jego szybkim chłodzeniem.

3. Osiągnięcia naukowe

Osiągnięciem naukowym przedstawionym do oceny przez dr inż. Krzysztofa Mrozka jest cykl powiązanych tematycznie publikacji zatytułowany: *Formy wtryskowe nagrzewane indukcyjnie w sposób selektywny*, na który składa się 6 artykułów opublikowanych w czasopismach z bazy JCR (Journal Citation Reports), 3 patenty oraz 1 rozdział w monografii anglojęzycznej. W skład ocenianego cyklu publikacji wchodzi następujące pozycje:

- [A1] Mrozek K., Muszyński P., Poszwa P., Application of magnetic concentrator for improvement in Rapid Temperature Cycling technology, *Polymers*, 2021, 13(1), 91-1-91-17.
- [A2] Mrozek K., Muszyński P., Poszwa P., Influence of induction heating of injection molds on reliability of electrical connectors, *Eksplatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability*, 2020, 22(4), 676-683.
- [A3] Poszwa P., Muszyński P., Mrozek K., Numerical study on the influence of RHCM on the basic parameters of filling the cavity, *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2020, 30, 94-104.
- [A4] Mrozek K., Poszwa P., Muszyński P., Numerical study on the influence of Rapid Temperature Cycling (RTC) on polymer flow at maximum injection pressure, *Numerical Heat Transfer, Part A: Applications*, 2020, 77(9), 1-19.
- [A5] Mrozek K., Simulation study of induction heating of multi-metallic injection moulds, *International Journal of Simulation Modelling*, 2018, 17(2), 220-230.
- [A6] Mrozek K., Chen S.C., Selective induction heating to eliminate the fundamental defects of thin-walled moldings used in electrical industry, *Journal of Applied Polymer Science*, 2017, 134(26), 44992-1-44992-17.
- [P1] Mrozek K., Układ stacjonarnego nagrzewania indukcyjnego wybranych powierzchni formy wtryskowej, nr 232766, 2019.

- [P2] Mrozek K., Mierzwiczak M., Układ dynamicznego nagrzewania indukcyjnego wybranych powierzchni formy wtryskowej, nr 228608, 2018.
- [P3] Mrozek K., Muszyński P., Forma wtryskowa, nr 228607, 2018.
- [R1] Mrozek K., Poszwa P., Muszyński P., Staniek R., A simulative study into injection molding of parts with elastic hinges by applying selective heating, ASME 2017 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Vol. 2, Advanced Manufacturing, 2017, 71237-1-71237-8.

W grupie 6 artykułów i 1 rozdziału w monografii, tylko jedna to publikacja samodzielna. W 6 publikacjach współautorskich, aż w 5 Habilitant jest pierwszym autorem ze znaczącym udziałem własnym. W grupie patentów również jeden to wynalazek samodzielny. 6 artykułów posiada IF (Impact Factor) i znajduje się na liście czasopism punktowanych Ministerstwa Edukacji i Nauki. Należy podkreślić, że 2 przedstawione patenty zostały skomercjalizowane w 2017 roku.

W ostatnich latach wykorzystanie tworzyw sztucznych w wielu gałęziach przemysłu stale rośnie. Wynika to ze szczególnych właściwości tworzyw, które charakteryzują się wysoką wytrzymałością mechaniczną przy stosunkowo niewielkiej masie. Jednym z najistotniejszych procesów towarzyszących przetwarzaniu tworzyw sztucznych jest proces ich wtryskiwania. Nowoczesne technologie wtryskiwania tworzyw mają coraz większe znaczenie między innymi w motoryzacji, medycynie, przemyśle elektronicznym czy w budownictwie. Zaprezentowany cykl publikacji dotyczy optymalizacji technologii wtryskiwania tworzyw sztucznych wykorzystującej selektywne nagrzewania indukcyjne powierzchni form wtryskowych. Prace obejmują badania wpływu selektywnego nagrzewania gniazd formujących na przebieg procesu wtryskiwania i jakość wyprasek oraz opracowanie technologii selektywnego nagrzewania form wtryskowych. Głównym celem naukowym było uzyskanie szczegółowej wiedzy z zakresu projektowania, budowy i eksploatacji form wtryskowych pracujących w reżimie cyklicznych zmian temperatury gniazd formujących ze szczególnym uwzględnieniem wysokoczęstotliwościowego nagrzewania indukcyjnego form wykonanych z materiałów o odmiennych właściwościach magnetycznych. Celem praktycznym było opracowanie nowej technologii nagrzewania form wtryskowych, która znajdzie zastosowanie w przemyśle.

Cykl publikacji powiązanych tematycznie zawiera wiele oryginalnych i interesujących wyników, na podstawie których Habilitant sformułował wnioski o dużej wartości poznawczej i praktycznej. Do najważniejszych osiągnięć naukowych, stanowiących istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej *Inżynieria Mechaniczna* można zaliczyć:

- wykazanie, że możliwe jest podwyższenie jakości wyprasek i eliminacja ich wad produkcyjnych poprzez celowe wprowadzenie znacznego gradientu temperatury w obszarze jednego gniazda formującego;

- udowodnienie, że selektywne nagrzewanie indukcyjne pozwala na produkcję wyprasek cienkościennych o geometrii niemożliwej do uzyskania przy pomocy klasycznych technik wytwarzania;
- stwierdzenie, że wyroby produkowane przy użyciu selektywnego nagrzewania indukcyjnego są bardziej odporne na pękanie podczas ich eksploatacji dzięki zredukowaniu pierwotnych naprężeń wewnętrznych i zredukowaniu szybkości ścinania podczas wypełniania gniazda formującego;
- wykazanie, że selektywne nagrzewanie indukcyjne wybranych powierzchni formujących umożliwia efektywne i energooszczędne prowadzenie procesu wtryskiwania z dynamicznymi zmianami temperatury gniazda formującego;
- opracowanie nowej technologii selektywnego nagrzewania indukcyjnego form wtryskowych,
- wykazanie, że zastosowanie cewki indukcyjnej z koncentratorem pola magnetycznego może poprawić efektywność procesu nagrzewania gniazda formującego o 50%, w stosunku do cewki nieuzbrojonej w koncentrator;
- określenie wpływu zastosowania różnych materiałów do budowy form wtryskowych na efektywność procesu nagrzewania gniazd formujących.

Przedstawiony do oceny cykl publikacji zawierający 6 artykułów, 1 rozdział w monografii i 3 patenty jest zgodny z tematem osiągnięcia naukowego Habilitanta określonym w tytule oraz wskazuje, że Habilitant potrafi korzystać z nowoczesnego warsztatu badawczego i metod modelowania matematycznego z uwzględnieniem weryfikacji doświadczalnej. Podjęta przez Habilitanta tematyka jest bardzo aktualna i wpisuje się w trend poszukiwania optymalnych technologii przetwarzania tworzyw sztucznych. Wyniki badań prowadzonych w ramach przedstawionego cyklu publikacji są ważne z naukowego punktu widzenia oraz mają znaczny walor praktyczny, uwidoczniony dwoma skomercjalizowanymi wynalazkami. Stanowią oryginalne osiągnięcie Habilitanta wnoszące znaczny wkład w rozwój dyscypliny *Inżynieria Mechaniczna*. Uważam, że jednotematyczny cykl publikacji dr inż. Krzysztofa Mrozka pt. „Formy wtryskowe nagrzewane indukcyjnie w sposób selektywny” jest osiągnięciem naukowym spełniającym wymogi przepisów art. 219. Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” i może być podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

4. Dorobek naukowo-badawczy i aktywność naukowa

Habilitant przedstawił następujące publikacje składające się na Jego dorobek naukowo-badawczy:

- 11 publikacji w czasopismach z bazy JCR, w tym 10 po doktoracie, czasopisma te to między innymi: *International Journal of Mechanical Sciences* (IF 3,570), *Polymers* (IF 3,426), *Materials* (IF 3,057),

CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology (IF 2,991), *Numerical Heat Transfer, Part A: Applications* (IF 2,960);

- 5 publikacji w czasopismach spoza bazy JCR, w tym 1 po doktoracie, czasopisma te to: *Mechanik, Modelowanie Inżynierskie, Machines. Technologies. Materials., Postępy Nauki i Techniki*;
- 8 publikacji w materiałach konferencyjnych, w tym 5 po doktoracie;
- 2 rozdziały w monografii anglojęzycznej opublikowane po doktoracie.

Spośród wymienionych publikacji większość to prace współautorskie, ale ze znaczącym deklarowanym udziałem Habilitanta. Z przedstawionej dokumentacji wynika, że sumaryczny Impact Factor (IF) czasopism, w których ukazały się te publikacje, wg listy JCR, zgodny z rokiem opublikowania, wynosi 25,939. Liczby cytowań publikacji wg różnych baz wynoszą odpowiednio: 77 (wg Web of Science), 89 (wg Scopus), 125 (wg Google Scholar). Indeks Hirscha wynosi odpowiednio: 4 (wg Web of Science), 4 (wg Scopus), 5 (wg Google Scholar). W dniu sporządzania recenzji, wskaźniki te nieco się poprawiły i np. wg bazy Scopus liczba cytowań wzrosła do 112, a indeks Hirscha był równy 5.

Z przedstawionego wykazu publikacji wynika, że chociaż całkowita ich liczba nie jest zbyt duża, to w większości są to publikacje w renomowanych czasopismach naukowych, o wysokim IF. Ponadto publikacje habilitanta były również dość często cytowane.

Bardzo ważnym elementem dorobku naukowo-badawczego Habilitanta są patenty. Z dokumentacji wynika, że w trakcie swojej kariery naukowej Habilitant uzyskał 9 patentów (w tym 3 po doktoracie) oraz zgłosił 4 patenty. Spośród nich, 4 to wynalazki samodzielne. Należy podkreślić, że znacząca część, bo 5 patentów, zostało skomercjalizowanych, w tym 3 po uzyskaniu stopnia doktora.

Dr inż. Krzysztof Mrozek uczestniczył w 13 konferencjach naukowych krajowych i zagranicznych, które odbywały się między innymi w Stanach Zjednoczonych, RPA, Danii, Grecji i Chorwacji.

Na szczególne podkreślenie zasługuje udział Habilitanta w projektach badawczych. Spośród wszystkich 9 projektów, w 2 zakończonych, pełnił funkcję kierownika projektu, w 1 realizowanym obecnie, jest również kierownikiem. Kierowane przez Habilitanta projekty badawcze to:

- Hybrydowe formy wtryskowe nagrzewane indukcyjnie w sposób selektywny, LIDER/13/0049/L-9/17/NCBR/2018, 2019-2021.
- Opracowanie nowatorskiego rozwiązania w zakresie uniwersalnych form do produkcji elementów samochodowych z tworzyw sztucznych w ramach prac B+R, INNOMOTO, POIR.01.02.00-00-0292/16, 2017-2018.
- Opracowanie i badania nowego systemu chłodzenia form wtryskowych, no. 503222 02/22/1090, 2013-2014.

Habilitant był także recenzentem 11 artykułów publikowanych w międzynarodowych czasopismach z listy JCR, w tym 7 po uzyskaniu stopnia doktora. W czasie swojej kariery zawodowej

brał udział w 4 krajowych i 2 międzynarodowych stażach naukowych (Azzur Technology s.r.o. – Czechy, Technical University of Sofia – Bułgaria) oraz współpracował z kilkoma zagranicznymi ośrodkami naukowymi (np. Chung Yuan Christian University – Tajwan, RWTH Aachen University – Niemcy). W ramach współpracy z prof. Shia-Chung Chenem z Chung Yuan Christian University prowadził badania w zakresie projektowania i technologii form wtryskowych nagrzewanych indukcyjnie. Współpraca zaowocowała publikacją współautorską, w 2017 roku, w czasopiśmie z bazy JCR, dotyczącą badań symulacyjnych procesu wysokoczęstotliwościowego nagrzewania indukcyjnego form wtryskowych. Obecnie Habilitant jest w trakcie składania kolejnej publikacji współautorskiej z prof. Chenem, która dotyczy efektywności procesu nagrzewania gniazd formujących do produkcji wyrobów osiowo-symetrycznych.

Habilitant za swoją działalność naukowo-badawczą został wyróżniony 18 nagrodami i wyróżnieniami (4 po doktoracie). Na szczególną uwagę zasługują:

- Złoty Medal, INPEX USA, Pittsburg 2013;
- Złoty Medal Międzynarodowych Targów Poznańskich, ITM Polska 2013;
- Złoty Medal z wyróżnieniem, International Trade Fair for Technological Innovation – Eureka, Bruksela 2013;
- Srebrny Medal, Seul International Invention Fair SIIF, Seul 2013;
- Złoty Medal Międzynarodowych Targów Poznańskich ITM Polska 2014;
- Srebrny Medal INST, Taipei 2014, Tajwan;
- Nagroda Specjalna World Invention Intellectual Property Associations, Taipei 2014, Taiwan;
- Złoty Medal Międzynarodowych Targów Wynalazczości i Innowacyjności INOEX, Pittsburgh 2015, USA;
- Nagroda Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia naukowe , 2012, 2014, 2015, 2018, 2019.

Na podstawie analizy dorobku naukowo-badawczego Habilitanta można stwierdzić, że Jego aktywność naukowa charakteryzuje stałym rozwojem, a obejmując problematykę udoskonalania technologii wtryskiwania tworzyw sztucznych, dobrze wpisuje się w dyscyplinę *Inżynieria Mechaniczna*. Po uzyskaniu stopnia doktora dorobek publikacyjny Habilitanta, znacznie się zwiększył, zwłaszcza udział artykułów w uznanych międzynarodowych czasopismach naukowych. Świadczy to o dużym potencjale naukowym Habilitanta i upoważnia mnie do pozytywnej oceny Jego dorobku naukowo-badawczego.

5. Działalność dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska

Niestety w dokumentacji dostarczonej przez dr inż. Krzysztofa Mrozka nie ma zbyt wielu informacji na temat Jego działalności dydaktycznej i organizacyjnej. Należy przypuszczać, że w okresie swojej pracy na Wydziale Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej, początkowo jako asystent, a następnie jako adiunkt, prowadził zajęcia dydaktyczne ze studentami oraz był promotorem wielu prac dyplomowych. Potwierdzają to informacje ogólnie dostępne na stornach internetowych *Systemu Informacji Naukowej Politechniki Poznańskiej*, gdzie można znaleźć między innymi wykaz kilkudziesięciu prac dyplomowych, których Habilitant był promotorem lub recenzentem.

Habilitant wymienił tylko najistotniejsze, Jego zdaniem, osiągnięcia dydaktyczne. Należą do nich:

- utworzenie, w 2016 roku, nowego przedmiotu *Konstrukcja form wtryskowych* (wykład, projekt) dla studentów *Mechaniki i Budowy Maszyn* na Wydziale Inżynierii Mechanicznej;
- pełnienie funkcji promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim Pana mgr inż. Pawła Muszyńskiego pt. *Układ chłodzenia form wtryskowych stosowany w warunkach dynamicznych zmian temperatury (RHCM)*, zamkniętym w 2021 roku.

Do osiągnięć organizacyjnych i popularyzatorskich Habilitanta można zaliczyć:

- udział w komisji rekrutacyjnej Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania w latach 2012 i 2013;
- koordynację ds. współpracy Politechniki Poznańskiej z Chung Yuan Christian University, Tajwan, od 2014 do chwili obecnej;
- prowadzenie rankingu punktowego Zakładu Maszyn Technologicznych na potrzeby ewaluacji w latach 2016-2017;
- prezentację wynalazków zgłaszanych do Złotego Medalu Międzynarodowych Targów Poznańskich ITM Polska w latach 2016-2017;
- członkostwo w zespole eksperckim oceniającym wynalazki zgłoszone do Złotego Medalu Międzynarodowych Targów Poznańskich ITM Polska w latach 2011-2015.

Ponadto, Pan dr inż. Krzysztof Mrozek jest autorem 14 opinii o innowacyjności w dziedzinie budowy maszyn, w tym 3 sporządzonych po doktoracie, w latach 2016-2018.

6. Konkluzja

Podsumowując osiągnięcia naukowo-badawcze dr inż. Krzysztofa Mrozka należy ocenić je pozytywnie. Habilitant jest autorem bądź współautorem kilkunastu artykułów opublikowanych w renomowanych czasopismach naukowych; twórcą bądź współtwórcą kilkunastu wynalazków, w tym również skomercjalizowanych; jest aktywnym uczestnikiem projektów badawczych, pełniąc również funkcję kierownika projektów; ponadto odbył staże naukowe zarówno w kraju jak i za granicą. Jego dorobek naukowy przyczynił się do poszerzenia stanu wiedzy o technologii wtryskiwania tworzyw

sztucznych. Cykl powiązanych tematycznie publikacji i pozostały dorobek naukowy wnoszą istotny wkład do rozwoju dyscypliny *Inżynieria Mechaniczna*.

Chociaż można mieć pewne zastrzeżenia co do przedstawionych w dokumentacji osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzatorskich Habilitanta, można uznać je za wystarczające.

Biorąc wszystkie powyższe argumenty stwierdzam, że przedstawiony do recenzji dorobek naukowy, dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski, stanowiący przedmiot postępowania Komisji Habilitacyjnej spełnia w stopniu wystarczającym warunki określone w art. 219 ust. 1 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”. W związku z tym rekomenduję nadanie dr inż. Krzysztofowi Mrozkowi stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie *Nauk Inżynieryjno-Technicznych* w dyscyplinie *Inżynieria Mechaniczna*.

Arkadiusz Jemioła