

**Prof. dr hab. inż. Witold ELSNER**  
**Instytut Maszyn Ciepłych**  
**Politechnika Częstochowska**  
**ul. Armii Krajowej 21; 42-200 Częstochowa**  
tel.: (034) 3250507; fax: (034) 3250555  
e-mail: welsner@imc.pcz.czyst.pl

Częstochowa, 24.11.2016

### **Recenzja**

**wyodrębnionego jednotematycznego cyklu publikacji oraz dorobku naukowego,  
dydaktycznego i organizacyjnego w postępowaniu habilitacyjnym**

**Pana dr Piotra Michała Korczyka**

#### **Podstawa opracowania recenzji**

Pismo Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN prof. dr hab. inż. Zbigniewa Rachanowskiego z dnia 7 października 2016r informujące o powołaniu przez Centralną Komisję do Spraw Stopni i Tytułów mojej osoby na recenzenta (pismo nr BCK-VI-L-6679/16) w związku ze wszczętym postępowaniem o nadanie dr Piotrowi Michałowi Korczykowi z Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie mechanika. Przesłana dokumentacja zawiera m.in. autoreferat, kopie publikacji naukowych stanowiących podstawę ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, oświadczenie współautorów o ich udziale w tych pracach, wykaz wszystkich opublikowanych prac.

#### **Ogólna charakterystyka kandydata**

Dr Piotr Michał Korczyk jest absolwentem Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Ukończył tę uczelnię w 2003 roku otrzymując dyplom magistra. W latach 2007-2008 był asystentem a następnie adiunktem w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie. Po obronie w 2008 roku rozprawy doktorskiej pt. "Drobnoskalowa turbulencja w procesie mieszania chmury z otoczeniem – badania laboratoryjne", po kierunkiem Pana Prof. dr hab. inż. Tomasza A. Kowalewskiego, został zatrudniony, w ramach trzyletniego stażu podoktorskiego, w Instytucie Chemii Fizycznej PAN na stanowisku adiunkta. W grudniu 2011 dr Piotr Michał Korczyk ponownie podjął pracę w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN na stanowisku adiunkta. W latach 2012-2013 roku przebywał on na rocznym stażu badawczym w Uniwersytecie Południowej Australii w Adelajdzie.

#### **Ocena osiągnięcia naukowego Habilitanta na podstawie cyklu publikacji**

Przedmiotem oceny jest jednotematyczny cykl 4 współautorskich prac opublikowanych w latach 2011-2015, które Habilitant złożył jako osiągnięcie pt. „Mechaniczne podstawy zastosowania kropeł jako mikroreaktorów chemicznych w pasywnych układach mikroprzepływowych”. Wszystkie artykuły zostały opublikowane w wysokopunktowanych czasopiśmie z listy A MNiSzW. Wszystkie przedstawione do oceny prace są pracami

współautorskimi, przy czym w 3 Habilitant jest pierwszym autorem. Z deklaracji Habilitanta oraz oświadczeń współautorów wynika znaczący jego udział (50-90%) w przygotowaniu tych prac.

Na cykl prac składają się:

1. Korczyk P.M., Cybulski O., Makulska A., Garstecki P., Effects of unsteadiness of the rates of flow on the dynamics of formation of droplets in microfluidic systems, LAB ON A CHIP, ISSN: 1473-0197, DOI: 10.1039/C0LC00088D, Vol.11, No.1, pp.173-175, 2011
2. van Steijn V., Korczyk P.M., Derzsi L., Abate A.R., Weitz D.A., Garstecki P., Block-and-break generation of microdroplets with fixed volume, BIOMICROFLUIDICS, ISSN: 1932-1058, DOI: 10.1063/1.4801637, Vol.7, pp.024108-1-8, 2013
3. Korczyk P.M., Derzsi L., Jakiela S., Garstecki P., Microfluidic traps for hard-wired operations on droplets, LAB ON A CHIP, ISSN: 1473-0197, DOI: 10.1039/c3lc50347j, Vol.13, pp.4096-4102, 2013
4. Korczyk P.M., Dolega M.E., Jakiela S., Jankowski P., Makulska S., Garstecki P., Scaling up the throughput of synthesis and extraction in droplet microfluidic reactors, JOURNAL OF FLOW CHEMISTRY, ISSN: 2062-249X, DOI: 10.1556/JFC-D-14-00038, Vol.5, No.2, pp.110-118, 2015

Tematyka cyklu prac dotyczy zagadnień związanych z przepływem kropli w układach mikroprzepływowych, analizą mechanizmów odpowiedzialnych za ich ruch i wykorzystania tych mechanizmów dla pasywnego sterowania generacją, łączeniem, dzieleniem i mieszaniem kropel. Przedstawione prace mają istotny ładunek poznawczy, ale również duże znaczenie praktyczne zwłaszcza w zastosowaniach dla chemii analitycznej oraz biologii molekularnej, gdzie potrzebne są precyzyjne narzędzia operujące na bardzo małych objętościach płynów. Niestety z przedstawionej dokumentacji, nie w każdym przypadku, jasno wynika jaki jest wkład Habilitanta w przeprowadzenie badań i przygotowanie publikacji. Dotyczy to zwłaszcza pozycji [2]. Dodatkowo w Autoreferacie Kandydat powinien wyraźnie wskazać co jest własnym oryginalnym wkładem naukowym w rozwój uprawianej przez Niego dyscypliny naukowej. Niestety, w niektórych przypadkach tego brakuje. Przykładowo, omawiając pracę [4] wskazano co było celem publikacji, natomiast efekt naukowy jest omówiony bardzo ogólnikowo.

Artykuł [1] dotyczy analizy przyczyn fluktuacji prędkości przepływów obserwowanych w mikrokanalach przez innych badaczy. W oparciu o przeprowadzone pomiary z zastosowaniem dwóch różnych systemów zasilania Habilitant wykazał, że źródłem oscylacji są najczęściej stosowane układy strzykawkowe z napędem śrubowym a nie jak powszechnie do tej pory sądzono niestabilności hydrodynamiczne. W artykule stwierdzono również, że oscylacje te negatywnie wpływają na objętość kropli oraz na przejście pomiędzy reżimami generowania kropli. Zwrócono uwagę na rolę czasu próbkowania na uzyskanie poprawnych statystycznie wyników. W podsumowaniu stwierdzono, że w dalszych badaniach wskazane jest stosowanie bezpulsacyjnych układów zasilających.

Należy jednak zauważyć, że publikacja ta nie jest sensu stricto artykułem naukowym (research paper) a trzystronicową notką techniczną (Technical note). Wartość naukowa tej

pracy jest więc mniejsza, bowiem rozwiązuje pewien problem techniczny (tu pomiarowy i interpretacyjny w złączu typu T) a w mniejszym stopniu przyczynia się do rozwoju nowej wiedzy. Ma więc ona raczej charakter raczej przyczynkowy. Według deklaracji udział Habilitanta w tym artykule wynosi 80%.

Praca [2] poświęcona jest opracowaniu nowego typu generatora kropli typu złącze T. W pracy, w której Habilitant jest drugim autorem, zaproponowano bardzo ciekawe rozwiązanie, które pozwala na wytwarzanie kropli o objętości określonej przez zdefiniowaną geometrię generatora, a nie przez szybkość przepływu cieczy. Sam pomysł polega na uzupełnieniu klasycznego generatora typu T o dodatkowy kanał obejściowy (bypass channel), który umożliwia opływ powstającej kropli przez fazę ciągłą i w konsekwencji wyrównuje ciśnienie przed i za fazą dyspersyjną aż do momentu kiedy czoło kropli zamknie ten kanał. W tym momencie następuje ściskanie fazy dyspersyjnej aż do momentu, kiedy ona pęknie i uwolni kroplę o określonej objętości. Rozmiar kropli zależy więc od odległości pomiędzy wlotem kanału zasilającego a wylotem kanału obejściowego. Generator taki pozwala na niezależne sterowanie objętością kropli, prędkością oraz częstotliwością ich uwalniania. Projektując układ wykorzystano obserwacje przepływu w mikrokanalach o przekroju kwadratowym oraz własności zjawiska napięcia powierzchniowego. Potwierdzeniem poprawności działania zaprojektowanego układu były testy przeprowadzone przy różnych strumieniach przepływu zasilającego, różnych koncentracjach rozpuszczonych substancji oraz wytwarzaniu kropli w układach równoległych. W przypadku tej pracy trudno się zorientować jaki jest wkład naukowy Habilitanta bowiem w Autoreferacie używana jest forma mnoga. Natomiast stwierdzenie, że zaplanował On i wykonał dużą część eksperymentów i uczestniczył w edycji artykułu nie jest wystarczająco precyzyjne. Według deklaracji udział Habilitanta w tym artykule wynosi 50%.

W kolejnej publikacji [3] Habilitant z zespołem wykorzystał opracowaną koncepcję separacji kropli i fazy ciągłej do zaprojektowania tzw. pułapek mikroprzepływowych. Pułapki te, to złożone układy mikroprzepływowe oparte na kombinacji pojedynczych modułów. Jak wykazano, przez modyfikacje geometrii kanałów głównego i obejściowego (różne długości, wprowadzanie dodatkowych przewężeń), można sterować ruchem kropli, powodować jej deformację, pękanie, a więc sterować jej wielkością. Odpowiednio małe średnice mikrokanalów gwarantują dużą powtarzalność generacji kropli, dla danych zakresów prędkości przepływu. Te złożone układy mikroprzepływowe mają dużą wartość aplikacyjną bowiem mogą wykonywać precyzyjne operacje dozowania, mieszania różnych substancji, co pozwala na ich zastosowanie w chemii analitycznej oraz biologii molekularnej. Według deklaracji Habilitant był głównym pomysłodawcą, konstruktorem układów i edytorem tekstu artykułu. Jego udział w tym artykule wynosi 90%.

Dużym ograniczeniem opracowanych układów mikroprzepływowych jest ich niska wydajność. Dlatego w kolejnej pracy [4] podjęto próbę sprawdzenia możliwości przeskalowania takich układów mikroprzepływowych, w tym przypadku mikrogeneratorów chemicznych do większych rozmiarów, tak aby zwiększyć ich wydajność. Przeanalizowano w jaki sposób zwiększenie kanałów mikroprzepływowych wpłynie na tworzenie się kropli, mieszanie reagentów oraz na wydajność reakcji chemicznych. W tym celu przebadano szereg

kanałów o średnicach od 200  $\mu\text{m}$  do 2 mm. Efektem tych prac są opracowane zasady projektowania systemów mikroprzepływowych pozwalających zwiększyć przepustowość instalacji przy wymaganej/założonej kinetyce reakcji. W pracy wskazano, że może to być realizowane zarówno poprzez wzrost przekrojów kanałów jak i poprzez ich zrównoleglenie. Wskazano, że jest to jednak zależne od typu analizowanego procesu, bowiem niektóre reakcje takie jak np. krystalizacja białek, są bardziej skuteczne w większych objętościach.

Zwrócono uwagę, że jednym z najważniejszych warunków dla właściwego funkcjonowania mikro-reaktorów jest aby krople nie zwilżały ścianek kanału, lecz były zawsze od nich oddzielone cienką warstwą fazy ciągłej. W tym celu do wyprodukowania układów stosowano poliwęglan, lub polimer PDMS (polydimethylsiloxane). Właściwości zwilżające mają zasadnicze znaczenie dla stabilnego procesu formacji kropeł jak i ich transport przez mikrokanały. Według deklaracji udział Habilitanta w tym artykule wynosi 70%.

Do najważniejszych osiągnięć Habilitanta w zakresie omawianego cyklu prac zaliczam:

- współdziałanie w opracowaniu nowego typu generatora kropeł typu złącze T, który pozwala na niezależne sterowanie objętością kropeł, prędkością oraz częstotliwością ich uwalniania,
- wykorzystanie zdobytej wiedzy do opracowania tzw. pułapek mikroprzepływowych, których budowa oparta jest na kombinacji pojedynczych modułów. Przez modyfikacje geometrii kanałów można sterować ruchem kropli w kanale głównym oraz jej wielkością a odpowiednio małe średnice mikrokanałów gwarantują dużą powtarzalność generacji kropeł,
- wskazanie możliwości skalowania reaktorów mikroprzepływowych, nie tylko z punktu widzenia generacji, dozowania kropeł, ale również z uwzględnieniem kinematyki procesów chemicznych w których mogą one mieć zastosowanie.

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiony cykl jest spójny i ma istotny wpływ dla rozwoju dyscypliny mechanika, a konkretnie mechaniki mikroprzepływów. Podkreślić należy, że prace zostały opublikowane w renomowanych czasopismach z listy filadelfijskiej o wysokich wartościach IF od 1.878 do 6.115. Poziom i oryginalność publikacji była więc oceniana przez grono międzynarodowej grupy recenzentów. Wartość opublikowanych prac potwierdza również dość duża liczba cytowań, zwłaszcza pierwszej pracy z przedstawionego cyklu, wynosząca 36. Na podkreślenie zasługuje również fakt, że wszystkie prace zostały wykonane w ramach różnych projektów międzynarodowych w tym, programu TEAM Fundacji na rzecz Nauki, European Research Council Starting Grant 279647, Marie Curie International Outgoing Fellowship, 7th European Community Framework, grantu Iuventus Plus. Niestety w cyklu publikacji brakuje chociaż jednej pracy samodzielnej a własny wkład naukowy w pracy [2] nie jest wyraźnie zaznaczony.

**Podsumowując przedstawione do oceny osiągnięcia naukowe stwierdzam, że wyniki zawarte w przedstawionym cyklu publikacji są wartościowe i stanowią znaczący wkład do rozwoju dyscypliny naukowej mechanika. Pomimo wskazanych powyżej niedostatków i faktu, że wszystkie publikacje są współautorskie i można stwierdzić, że,**

**w stopniu wystarczającym, spełnione zostały kryteria oceny w zakresie osiągnięć naukowo-badawczych.**

### **Ocena pozostałego dorobku naukowego Habilitanta**

Po uzyskaniu stopnia doktora zasadnicza działalność dr Piotra Michała Korczyka dotyczyła szeregu zagadnień związanych mikroprzepływami. Do zagadnień tych, które nie były ujęte w przedstawionym do oceny osiągnięciu naukowym, należy zaliczyć, aktywne metody tworzenia kropeł na żądanie pozwalające na kontrolowaną generację i łączenie kropeł o zadanim rozkładzie wielkości, zawierającym różne reagenty, metody tworzenia emulsji wieloskładnikowych, w tym tworzenie trójwymiarowych struktur zbudowanych z kropeł jednego typu, zamkniętych w otocze innej fazy kroplowej oraz analiza zjawisk występujących podczas poruszania się kropli w mikrokanale o przekroju prostokątnym. Dodatkowo, podjętym tematem była analiza efektu elektrokoalescencji kropeł złożonych z wodnego roztworu soli. Przeprowadzone badania wykazały, że poziom polaryzacji jonowej interfejsów ciecz-ciecz może być regulowany dynamicznie przez odpowiedni dobór siły i częstotliwości zewnętrznego pola elektrycznego. Kolejnym zagadnieniem będącym w obszarze zainteresowania Habilitanta jest proces oddziaływania kropeł z powierzchniami cząstek stałych, co ma zastosowanie min. w procesie flotacji.

Z przedstawionej dokumentacji wynika, że w okresie po uzyskaniu awansu naukowego na stopień doktora w 2008 roku Habilitant wykazał się dużą aktywnością naukową, opublikował łącznie 16 prac indeksowanych w bazie JCR. Wszystkie te prace są współautorskie, przy czym w czterech pracach jest on pierwszym autorem i tam jego udział w realizacji badań jest znaczący od 70 do 90%. Sumaryczny Impact Factor wynosi 85. Sumaryczna liczba cytowań, bez autocytowań prac wynosi 216, zaś indeks H ma wartość 10. Są to wartości ponad przeciętne świadczące, że Kandydat publikuje w renomowanych czasopismach a poziom oddziaływania Jego prac jest wysoki. Dodatkowo Kandydat wygłosił referaty na 6 krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych, z których jeden na IV Konferencji Nano i Mikromechaniki był referatem zapraszonym.

Na podkreślenie zasługuje działalność aplikacyjna Habilitanta wykazana poprzez współautorstwo dwóch patentów, w tym jednego przyznanego przez Unites States Patents and Trademark Office oraz dwóch zgłoszeń patentowych.

Dr Piotr Michał Korczyk po uzyskaniu stopnia doktora uczestniczył w 3 projektach badawczych, w tym programu TEAM Fundacji na rzecz Nauki, programu Marie-Curie Action (PIOF-GA-2011-302803), w ramach którego odbył jednoroczny staż na uniwersytecie w Australii oraz obecnie realizowanego (2015-2018) grantu NCN w ramach programu SONATA, którego jest kierownikiem.

Jest laureatem nagród i wyróżnień IPPT PAN za osiągnięcia naukowe, stypendium naukowych, w tym, stypendium naukowego MNiSzW dla wybitnych młodych naukowców, stypendium naukowego w ramach Marie-Curie Action i Fundacji Nauki Polskiej.

## **Ocena w zakresie dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego i współpracy międzynarodowej**

Z racji zatrudnienia w instytutach Polskiej Akademii Nauk (IPTT, IChF) Jego aktywność dydaktyczna była ograniczona i sprowadzała się do prowadzenia praktyk studenckich, oraz kierowania zespołami składającymi się ze studentów i doktorantów.

Uczestniczył w Festiwalu Nauki (2014) oraz prowadził pokazy popularnonaukowe w ramach Pikniku Naukowego Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik. W ramach działalności organizacyjnej uczestniczył w organizacji Kongresu ICTAM w Warszawie w 2004 roku oraz III Krajowej konferencji Nano i Mikromechaniki w 2012.

Habilitant odbył roczny staż badawczy w Uniwersytecie Południowej Australii w Adelajdzie 2012/2013, tygodniowy pobyt w National Taiwan University w 2013 oraz do chwili obecnej współpracuje z dr van Steijnem z Harvard University, (od 2011 afiliowanym przy Delft University of Technology).

Był powoływany na recenzenta prac w kilku renomowanych czasopismach, Analyst, Microsystem Technologies, Archives of Mechanics, Flow Turbulence and Combustion, Physical Review E, Physical Review Applied, Experiments in Fluids.

### **Ocena końcowa**

Podsumowując ocenę przedłożonej w postępowaniu habilitacyjnym dokumentacji należy stwierdzić, że pomimo niedostatków wskazanych przy omawianiu przedstawionego do recenzji osiągnięcia naukowego, to wartość naukowa pozostałego dorobku naukowego i wysokie wskaźniki bibliometryczne świadczące o dużym poziomie oddziaływania prac Habilitanta, w znacznym stopniu równoważą te braki. Pozwala to stwierdzić, że Kandydat spełnia wymogi ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (ze zmianami z dnia 18 marca 2011r).

**Pozwala to sformułować wniosek o dopuszczenie dr Piotra Michała Korczyka do dalszego postępowania habilitacyjnego.**

