

Dr inż. Andrzej Nastaj
Politechnika Warszawska

AUTOREFERAT

1. Imię i Nazwisko: Andrzej Nastaj
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej:
 - 27.05.1998 Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Produkcji;
uzyskany stopień: magister inżynier
kierunek: Mechanika i Budowa Maszyn
specjalność: Technologia Maszyn
 - 24.01.2006 Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Produkcji;
uzyskany stopień: doktor nauk technicznych (z wyróżnieniem)
dziedzina: Budowa i Eksploatacja Maszyn
tytuł rozprawy doktorskiej: „Badania optymalizacyjne procesu wytłaczania jednoślimakowego tworzyw sztucznych”
promotor: prof. nzw. dr hab. inż. Krzysztof Wilczyński
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:
 - 2002-2006 : asystent, Wydział Inżynierii Produkcji, Politechnika Warszawska,
 - 2006-2018 : adiunkt, Wydział Inżynierii Produkcji, Politechnika Warszawska,
 - 2018- teraz: starszy wykładowca, Wydział Inżynierii Produkcji, Politechnika Warszawska;
4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):
 - a) tytuł osiągnięcia naukowego:
monografia: A. Nastaj „Optymalizacja i modelowanie procesu wytłaczania tworzyw polimerowych”, Prace naukowe Politechniki Warszawskiej, seria Mechanika, z.240 (2018), pp.87, OWPW 2018
 - b) omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania:



Ogólna charakterystyka pracy

W monografii podjęto problem zintegrowanego modelowania optymalizującego procesu wytlaczania tworzyw polimerowych, czyli optymalizacji wytlaczania na podstawie modelu komputerowego procesu. W celu rozwiązania tego zadania opracowano własne, oryginalne narzędzie optymalizujące (program komputerowy) i zintegrowano je z systemem modelowania procesu wytlaczania. Zagadnienie optymalizacji rozwiązano przy zastosowaniu technik ewolucyjnych (algorytmów genetycznych), w odniesieniu do dwóch technik wytlaczania, klasycznego wytlaczania jednoślímakowego z zasilaniem grawitacyjnym oraz niekonwencjonalnego wytlaczania jednoślímakowego z dozowanym zasilaniem. Rozwiązania modelowe i optymalizacyjne wytlaczania z dozowanym zasilaniem są absolutnie oryginalne i jak dotąd niedostępne na świecie. Opracowany, oryginalny program komputerowy GASEO umożliwia optymalizację wytlaczania z dowolną liczbą zmiennych optymalizowanych, przy różnych kryteriach optymalizacji i nieograniczonej dokładności przeszukiwania powierzchni odpowiedzi badanego procesu. Program ma charakter uniwersalny i może być stosowany do optymalizacji innych procesów przetwórstwa. Opracowane procedury optymalizacyjne zweryfikowano doświadczalnie, potwierdzając skuteczność proponowanych rozwiązań.

Geneza pracy

Wytlaczanie jest podstawową technologią przetwórstwa tworzyw ze względu na rozległe zastosowania w produkcji wyrobów profilowych oraz procesach przygotowawczych przetwórstwa, tzn. procesach mieszania tworzyw, wzmacniania, napełniania, granulacji itp. Jest najbardziej masową technologią przetwórstwa (ok. 70 % tworzyw jest przetwarzanych przez wytlaczanie). Może być realizowane w wytlaczarkach jednoślímakowych lub dwuślímakowych, z zasilaniem grawitacyjnym lub z dozowaniem tworzywa.

Komputerowe modelowanie procesu stanowi ważny element projektowania wytlaczania. Znane są na świecie systemy modelowania wytlaczania, które umożliwiają prognozowanie przebiegu procesu, ale nie rozwiązują one zagadnienia odwrotnego, tzn. zagadnienia optymalizacji warunków przetwórstwa wg określonych kryteriów optymalizacji.

Optymalizacja może być realizowana na podstawie badań doświadczalnych lub symulacyjnych procesu. Efektywna jest optymalizacja na podstawie badań symulacyjnych. Takie badania optymalizacyjne są prowadzone w nielicznych ośrodkach na świecie, które mają doświadczenie w modelowaniu procesów przetwórczych i zagadnieniach optymalizacji.

Celem pracy było rozwiązanie zagadnienia optymalizacji wytlaczania na podstawie modelu komputerowego procesu. Zagadnienie podjęto w odniesieniu do wytlaczania



jednoślimakowego z zasilaniem grawitacyjnym i z dozowanym zasilaniem. Zalety zasilania z dozowaniem tworzywa obserwowane przy wytłaczaniu dwuślimakowym, czyli szybkie uplastycznienie tworzywa i dobre wymieszanie, skłoniły do próby zastosowania tego typu zasilania przy wytłaczaniu jednoślimakowym. Jest to szczególnie obiecujące przy wytłaczaniu tworzyw zaawansowanych, mieszanin polimerów czy kompozytów polimerowych.

Modelowanie wytłaczania w przypadku różnego typu zasilania wymaga stosowania różnych algorytmów obliczeń, algorytmu postępującego przy zasilaniu grawitacyjnym oraz algorytmu wstecznego przy zasilaniu z dozowaniem. Wynika to z odmiennej mechaniki transportu tworzywa w procesie przetwórczym.

Podstawę pracy stanowią modele komputerowe klasycznego wytłaczania jednoślimakowego z zasilaniem grawitacyjnym i niekonwencjonalnego wytłaczania z dozowaniem tworzywa oraz nowe, oryginalne procedury optymalizujące. Modele komputerowe procesu stanowią źródło danych (wejściowych i wyjściowych) do optymalizacji. Zintegrowane z nimi procedury optymalizujące umożliwiają optymalizację procesu na podstawie technik ewolucyjnych wg wybranych kryteriów optymalizacji.

Techniki ewolucyjne, w porównaniu do innych metod, charakteryzują się stosowaniem probabilistycznych reguł wyboru i dużą efektywnością poszukiwań. Korzystają tylko z funkcji celu i nie jest wymagana przy ich stosowaniu znajomość modelu powierzchni odpowiedzi. Nikłe jest prawdopodobieństwo utknięcia w ekstremum lokalnym.

Aktualny stan wiedzy

Pierwszy model wytłaczania jednoślimakowego EXTRUD (z zasilaniem grawitacyjnym) został opracowany przez Tadmora w latach siedemdziesiątych. Następnie powstały inne modele, m.in. SSEM (Single Screw Extrusion Model) opracowany przez Wilczyńskiego w Zakładzie Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych (ZPTS) Politechniki Warszawskiej (PW). Ten model został w ostatnich latach wielostronnie rozwinięty, m.in. przy znaczącym udziale Autora monografii, w postaci oryginalnych rozwiązań modelowania wytłaczania za pomocą ślimaków niekonwencjonalnych i wytłaczania tworzyw zaawansowanych (mieszanin polimerów i kompozytów polimerowych), np. [1,5,9,17].

Pierwszy model wytłaczania dwuślimakowego współbieżnego Akro-Co-Twin został opracowany przez White'a w latach dziewięćdziesiątych. Następne modele opracowali Potente (SIGMA) oraz Vergnes (Ludovic). Pierwszy model wytłaczania dwuślimakowego przeciwbieżnego Akro-Counter-Twin opracowali White i Wilczyński na początku tego wieku.



Następnie badania te były kontynuowane w ZPTS PW, gdzie przy współudziale Autora monografii. opracowano model TSEM (Twin Screw Extrusion Model), np. [12,17,19].

Ostatnio, w ZPTS PW przy współudziale Autora monografii, opracowano pierwszy i jak dotąd jedyny na świecie model wytłaczania jednoślimakowego z dozowaniem SSEM_ST, umożliwiający modelowanie wytłaczania czystych tworzyw oraz mieszanin i kompozytów polimerowych, za pomocą ślimaków klasycznych i niekonwencjonalnych, np. [5,6,9,14].

Optymalizacja wytłaczania jest zagadnieniem bardzo złożonym. Istnieje wiele różnych kryteriów optymalizacji i często są one ze sobą sprzeczne, np. wydajność i zużycie energii. Liczba danych charakteryzujących proces jest bardzo duża (dane materiałowe, geometryczne i technologiczne). Relacje parametrów wytłaczania mają charakter nieliniowy. Trudne jest znalezienie optimum globalnego i uniknięcie rozwiązań lokalnych.

Optymalizacja polega na uzyskaniu wielowymiarowej przestrzeni wielkości wyjściowych procesu (przestrzeni odpowiedzi) na podstawie danych wejściowych i poszukiwaniu wartości ekstremalnych w tej przestrzeni (minimum lub maksimum). Te dane mogą być pozyskiwane na podstawie badań doświadczalnych lub przy zastosowaniu symulacji komputerowych. Pierwsza metoda jest kosztowna i ograniczona w swoim zakresie. Znacznie bardziej efektywna jest optymalizacja na podstawie danych symulacyjnych.

Pierwsze prace w tym obszarze polegały na badaniach statystycznych. Podstawą tych prac były badania symulacyjne wytłaczania i analiza regresji. Takie badania prowadził też Autor monografii [29]. Istotną wadą metod statystycznych jest konieczność budowy przestrzeni odpowiedzi o bardzo dużej gęstości danych oraz niebezpieczeństwo uzyskiwania rozwiązań lokalnych (optimów lokalnych), a nie globalnych.

Istnieją możliwości modelowania i optymalizacji przetwórstwa na podstawie technik sztucznej inteligencji, np. sieci neuronowych, algorytmów genetycznych i systemów rozmytych. Dostarczają one rozwiązań ciągłych lub dyskretnych z uwzględnieniem procesu uczenia na podstawie dostępnych danych. Zastosowanie tych technik w przypadku wytłaczania jest ograniczone do prób wykorzystania algorytmów genetycznych do optymalizacji wytłaczania jednoślimakowego z zasilaniem grawitacyjnym oraz wytłaczania dwuślimakowego współbieżnego. Autor monografii również podjął takie próby stosując sieci neuronowe [28] oraz algorytmy genetyczne [27,R1,R3,R7]. Brakuje rozwiązań optymalizacyjnych procesu wytłaczania jednoślimakowego z dozowanym zasilaniem wytłaczarki oraz wytłaczania dwuślimakowego przeciwbieżnego, mimo że zostały ostatnio opracowane modele matematyczne tych procesów, np. [5,6,9,14] oraz [12,17,19].



Proponowane w monografii algorytmy genetyczne, na tle innych metod optymalizacji, charakteryzują się stosowaniem probabilistycznych reguł wyboru i dużą efektywnością poszukiwań. Korzystają tylko z funkcji celu i nie jest tu wymagana znajomość modelu powierzchni odpowiedzi. Niskie jest prawdopodobieństwo utknięcia w ekstremum lokalnym.

Dotychczasowe zastosowania technik ewolucyjnych do optymalizacji wytlaczania ograniczały się do badań symulacyjnych i nie odnosiły się do warunków doświadczalnych procesu. W monografii, badania optymalizacyjne na podstawie symulacyjnych technik ewolucyjnych przedstawiono na tle badań doświadczalnych procesu z uwzględnieniem optymalizacji parametrów geometrycznych ślimaka. Jak dotąd, tego typu badania ograniczone były do optymalizacji parametrów technologicznych procesu.

Cel i zakres pracy

Wobec przedstawionego stanu wiedzy podjęto problem optymalizacji procesu wytlaczania tworzyw. Stwierdzono, że istnieje pilna potrzeba budowy jednolitego systemu symulacyjno-optymalizującego, który umożliwiałby optymalizację procesu na podstawie symulacji, za pomocą ewolucyjnego narzędzia, będącego integralną częścią systemu modelowania. Nie ma wówczas problemu gromadzenia danych symulacyjnych i ich przekazywania do programu optymalizującego. Prace naukowo-badawcze w tym zakresie są prowadzone tylko w dwóch ośrodkach na świecie, zespole Covasa (University of Minho, Portugalia) i zespole Wilczyńskiego (Politechnika Warszawska), przy wiodącym udziale Autora monografii, np. [3,4,17,R1,R3,R7].

Celem pracy było rozwiązanie zagadnienia zintegrowanego modelowania optymalizującego wytlaczania jednoślimalakowego, czyli optymalizacji na podstawie modelu komputerowego procesu. Opracowany system powinien umożliwiać dobór parametrów przetwórstwa (materiałowych, geometrycznych i technologicznych) wg zadanych kryteriów optymalizacji procesu.

Osiągnięcie tak sformułowanego celu wymagało opracowania własnego, oryginalnego narzędzia optymalizującego (programu komputerowego) i zintegrowania go z systemem modelowania procesu. Zagadnienie optymalizacji rozwiązano przy zastosowaniu efektywnych technik ewolucyjnych (algorytmów genetycznych).

Podstawę zintegrowanego systemu modelowania optymalizującego, czyli źródło danych do optymalizacji, stanowi komputerowy model procesu wytlaczania GSEM (Global Single Screw Extrusion Model) opracowany w ZPTS PW, zintegrowany z niezależnie



opracowanym przez Autora monografii programem optymalizującym GASEO (Genetic Algorithms Simulated Extrusion Optimization).

Zagadnienie optymalizacji podjęto w odniesieniu do wytłaczania jednoślismakowego z zasilaniem grawitacyjnym oraz niekonwencjonalnego wytłaczania jednoślismakowego z dozowanym zasilaniem. Rozwiązania modelowe jak i optymalizacyjne w odniesieniu do wytłaczania z dozowanym zasilaniem są w całości oryginalne i niedostępne na świecie.

Wykonano badania doświadczalne w szerokim zakresie technologicznych i geometrycznych parametrów procesu, a następnie dokonano w tym zakresie optymalizacji, wg wybranych kryteriów. Badania doświadczalne stanowią podstawę oceny proponowanych rozwiązań modelowych.

Podsumowanie

Rozwiązano zagadnienie zintegrowanego modelowania optymalizującego procesu wytłaczania. Opracowano własne, oryginalne narzędzie optymalizujące (program komputerowy) i zintegrowane je z systemem modelowania procesu wytłaczania. Zagadnienie optymalizacji procesu rozwiązano przy zastosowaniu technik ewolucyjnych.

Zadanie rozwiązano w odniesieniu do wytłaczania jednoślismakowego z zasilaniem grawitacyjnym oraz niekonwencjonalnego wytłaczania jednoślismakowego z dozowanym zasilaniem. Rozwiązania modelowe i optymalizacyjne wytłaczania z dozowanym zasilaniem są absolutnie oryginalne i jak dotąd niedostępne na świecie.

Opracowano oryginalny program GASEO, który umożliwia optymalizację procesu wytłaczania z dowolną liczbą zmiennych optymalizowanych, przy różnych kryteriach optymalizacji procesu i praktycznie nieograniczonej dokładności przeszukiwania powierzchni odpowiedzi badanego procesu. Program ma charakter uniwersalny i może być stosowany do optymalizacji innych procesów przetwórstwa.

Program GASEO ma budowę modułową, dwupoziomową. W jego skład wchodzi moduł wprowadzania i modyfikacji danych wejściowych oraz moduł optymalizacyjny. Te moduły są zbudowane z kilkudziesięciu procedur i funkcji obiektowych. Moduł danych wejściowych zbudowany jest z 95 procedur, których utworzenie wymagało napisania 1512 linii kodu źródłowego. Moduł optymalizacyjny jest zbudowany z 32 procedur i 14 funkcji, których utworzenie wymagało napisania 683 linii kodu źródłowego. Wydruk programu zajmuje ok. 80 stron maszynopisu.

Budowa modułu optymalizacyjnego wymagała opracowania oryginalnej metody kodowania algorytmu genetycznego, która umożliwia pracę z chromosomami o praktycznie



nieograniczonej długości, co umożliwi zwiększenie liczby optymalizowanych parametrów. Zwykle występuje tutaj ograniczenie do 254 znaków, co praktycznie uniemożliwiłoby pełną optymalizację tak złożonego procesu, jak proces wytłaczania.

Program GASEO został napisany w języku programowania Delphi firmy Borland, który stanowi funkcjonalne rozwinięcie języka Object Pascal. Jest językiem obiektowym.

Badania optymalizacyjne wykonano z uwzględnieniem badań doświadczalnych wytłaczania, podejmując także optymalizację parametrów geometrycznych ślimaka. Jak dotąd, tego typu badania były ograniczone do parametrów technologicznych procesu. Badania potwierdziły skuteczność proponowanych rozwiązań modelowych i optymalizacyjnych.

Potwierdzono ograniczenia optymalizacji wytłaczania na podstawie badań doświadczalnych. Liczba prób eksperymentalnych i_{exp} , definiowana potęgową zależnością liczby optymalizowanych parametrów n i liczby poziomów wartości tych parametrów k , tzn. $i_{\text{exp}}=k^n$, tylko przy $n=4$ parametrach geometrycznych trójstrefowego ślimaka (np. głębokości kanału ślimaka w strefie zasilania i strefie dozowania oraz długości tych stref), na $k=3$ poziomach wartości, wynosiłaby $i_{\text{exp}}=3^4=81$. Wymagałoby to wykonania 81 ślimaków. Rozszerzenie optymalizacji o 2 parametry technologiczne, np. prędkość obrotową ślimaka i temperaturę głowicy, a więc zwiększenie liczby parametrów do $n=6$, prowadziłoby do $i_{\text{exp}}=3^6=729$ prób doświadczalnych.

Proces wytłaczania jest definiowany przez kilkadziesiąt parametrów materiałowych, technologicznych i geometrycznych, a potencjalnych kryteriów optymalizacji może być kilkanaście, np. wydajność procesu, pobór mocy, temperatura tworzywa, szybkość uplastyczniania tworzywa, stopień wymieszania itp. Tak więc, optymalizacja na podstawie badań doświadczalnych jest praktycznie niemożliwa.

Wskazano przyszłe kierunki badań w zakresie modelowania i optymalizacji procesu wytłaczania. W pierwszej kolejności należy podjąć próbę optymalizacji wytłaczania dwuślimakowego przeciwbieżnego, gdyż takie zagadnienie nie jest dotąd rozwiązane na świecie. Obecnie, istnieje tylko jeden aktywny model tego procesu TSEM, opracowany przy udziale Autora monografii w ZPTS PW [12], który może stanowić podstawę rozwiązania zagadnienia.

Ważnym elementem projektowania procesów przetwórczych jest skalowanie, czyli zmiana skali przetwórstwa wg określonego kryterium skalowania. Jak dotąd, skalowanie wytłaczania było realizowane na podstawie jednoparametrowych kryteriów skalowania, które charakteryzowały jedynie wybrane cechy procesu. Skalowanie na podstawie modelu komputerowego procesu umożliwi zmianę skali wytłaczania na podstawie charakterystyki

całego procesu. Polega na poszukiwaniu parametrów procesu, przy których występują najmniejsze różnice wyników procesu skalowanego i procesu odniesienia (względem którego skalowanie zostało podjęte), tzn. najmniejsze różnice wartości globalnych funkcji celu (globalnego kryterium skalowania). Zastosowanie tutaj ewolucyjnych technik optymalizacyjnych powinno prowadzić do minimalizacji rozbieżności między parametrami procesów skalowanych.

BIBLIOGRAFIA

Artykuły naukowe – po doktoracie

- [1] Wilczyński K., Buziak K., Wilczyński K.J., Lewandowski A., **Nastaj A.**: „*Computer Modeling for Single-Screw Extrusion of Wood-Plastic Composites*”, Polymers 2018, s.1-18, DOI: 10.3390/polym10030295, MNiSW=40pkt, IF=2,935 IF5=3,509
Aktualna liczba pobrań artykułu przez czytelników: **892**
- [2] **Nastaj A.**, Wilczyński K.: „*Optymalizacja procesu wytłaczania jednoślismakowego tworzyw polimerowych – badania symulacyjne*”, Polimery 2018, s.297-304, DOI: <https://doi.org/10.14314/polimery.2018.4.7>, MNiSW=15pkt, IF=0,713 IF5= 0,785
- [3] **Nastaj A.**, Wilczyński K.: „*Optymalizacja procesu wytłaczania jednoślismakowego tworzyw polimerowych – badania doświadczalne*”, Polimery 2018, s.38-44, DOI: <https://doi.org/10.14314/polimery.2018.1.6>, MNiSW=15pkt, IF=0,713 IF5=0,785
- [4] Wilczyński K.J., **Nastaj A.**, Buziak K.: „*Modelowanie procesu wytłaczania jednoślismakowego z dozowanym zasilaniem polimerowych kompozytów drzewnych*”, Polimery 2018, s.542-548, DOI: <https://doi.org/10.14314/polimery.2018.7.9>, MNiSW=15pkt, IF=0,713 IF5=0,785
- [5] Wilczyński K.J., Lewandowski A., **Nastaj A.**, Wilczyński K.: „*A Global Model for Starve-Fed Nonconventional Single-Screw Extrusion of Thermoplastics*”, Advances in Polymer Technology 2017, s.23-35, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adv.21570>, DOI: 10.1002/adv.21570, MNiSW=30pkt, IF=2,073
- [6] Wilczyński K.J., **Nastaj A.**, Wilczyński K.: „*A computer model for starve-fed single-screw extrusion of polymer blends*”, Advances in Polymer Technology 2017, s.1-10, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adv.21873>, DOI: 10.1002/adv.21873, MNiSW=30pkt, IF=2,073



- [7] Wilczyński K.J., **Nastaj A.**: „*Modelowanie procesu wytłaczania jednoślindakowego mieszanin polimerów z zastosowaniem ślimaków mieszających przy dozowanym zasilaniu wytłaczarki*”, *Polimery* 2016, nr 4, s.279-285,
DOI: <https://doi.org/10.14314/polimery.2016.279>, MNiSW=15pkt, IF=0,633, IF5=0,804
- [8] Wilczyński K.J., **Nastaj A.**: „*Modelowanie procesu wytłaczania jednoślindakowego mieszanin polimerów z zastosowaniem ślimaków niekonwencjonalnych przy dozowanym zasilaniu wytłaczarki*”, *Polimery* 2016, nr 5, s.347-352,
DOI: <https://doi.org/10.14314/polimery.2016.357>, MNiSW=15pkt, IF=0,633, IF5=0,804
- [9] Wilczyński K.J., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.: „*Modeling for Starve Fed/Flood Fed Mixing Single-Screw Extruders*”, *International Polymer Processing Journal* 2016, s.1-13, DOI: 10.3139/217.3154, MNiSW=15pkt, IF=0,512, IF5=0,598
1 miejsce na liście Ten Top Papers International Polymer Processing Journal 2016
- [10] Wilczyński K.J., **Nastaj A.**: „*Modelowanie procesu wytłaczania jednoślindakowego z dozowanym zasilaniem mieszanin tworzyw termoplastycznych*”, *Polimery* 2015, nr 3, s.199-208,
DOI: [dx.doi.org/10.14314/polimery.2015.199](https://doi.org/10.14314/polimery.2015.199), MNiSW=15pkt, IF=0,633, IF5=0,804
- [11] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Integrated Computer Model for Intermeshing Counter-Rotating Twin-Screw Extrusion*”,
Plastics Research Online, Society of Plastics Engineers 2015, s.6224,
DOI: 10.2417/spepro.005228
- [12] Lewandowski A., Wilczyński K.J., **Nastaj A.**, Wilczyński K.: „*A Composite Model for an Intermeshing Counter-Rotating Twin-Screw Extruder and Its Experimental Verification*”, *Polymer Engineering and Science* 2015, s.2838-2848, DOI: 10.1002/pen.24175, MNiSW=25pkt, IF=1,52, IF5=1,608
- [13] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J., Buziak K.: „*Experimental Study for Extrusion of Polypropylene/Wood Flour Composites*”, *International Polymer Processing Journal* 2015, s.113-120, DOI: 10.3139/217.3007, MNiSW=15pkt, IF=0,523
3 miejsce na liście Ten Top Papers International Polymer Processing Journal 2015
- [14] Wilczyński K.J., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.: „*A Composite Model for Starve Fed Single Screw Extrusion of Thermoplastics*”, *Polymer Engineering and Science* 2014, s.2362-2374, DOI: 10.1002/pen.23797, MNiSW=25pkt, IF=1,52, IF5=1,608
- [15] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Melting in Starve Fed Single Screw Extrusion*”, *Plastics Research Online, Society of Plastics Engineers* 2013, 10.2417/spepro.005228, DOI: 10.2417/spepro.005228



- [16] Wilczyński K, **Nastaj A.**, Wilczyński K.J.: „*Melting Model for Starve Fed Single Screw Extrusion of Thermoplastics*”, International Polymer Processing Journal 2013, s.34-42, DOI: 10.3139/217.2640, MNiSW=20pkt, IF=0,682, IF5=0,588
3 miejsce na liście Ten Top Papers International Polymer Processing Journal 2013
- [17] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Multipurpose Computer Model for Screw Processing of Plastics*”, Polymer-Plastics Technology Engineering 2012, s.626-633, DOI: 10.1080/03602559.2012.659313, MNiSW=20pkt, IF=1,481, IF5=1,314
- [18] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Polyblend Melting in Intermeshing Counter-Rotating Twin Screw Extruders*”, Plastics Research Online, Society of Plastics Engineers 2011, 10.1002/spepro.003872, DOI: 10.1002/spepro.003872
- [19] Wilczyński K, **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Modelowanie przepływu tworzyw w procesie wytłaczania dwuślimakowego przeciwbieżnego. Cz.2. Badania symulacyjne i doświadczalne - weryfikacja modelu*”, Polimery 2011, nr 1, s.45-50, MNiSW=10pkt
- [20] Wilczyński K., **Nastaj A.**: „*Projektowanie głowic wytłaczarskich. Komputerowe modelowanie procesu wytłaczania*”, Mechanik 2010, nr 10, s.714-718, MNiSW=9pkt
- [21] Wilczyński K., **Nastaj A.**: „*Głowice wytłaczarskie*”, Tworzywa sztuczne i Chemia 2009, nr 2, s.40-43
- [22] Wilczyński K, Garbarski J., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Model komputerowy procesów wytłaczania i wtryskiwania*”, Czasopismo Techniczne Mechanika 2009, Kraków 28-30.09.2009, s.367-373, MNiSW=4pkt
- [23] Wilczyński K., **Nastaj A.**: „*Modelowanie procesów przetwórstwa tworzyw*”, Tworzywa sztuczne 2008, nr 3, s.106-109
- [24] Wilczyński K.J., **Nastaj A.**: „*Badania symulacyjne przepływu tworzywa w geometrycznie zrównoważonych kanałach doprowadzających form wtryskowych*”, praca zbiorowa: Materiały polimerowe i ich przetwórstwo, Politechnika Częstochowska 10.2008, s.103-110, MNiSW=4pkt
- [25] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Wilczyński K.J.: „*Symulacja komputerowa równoważenia przepływu w formach wtryskowych z układem MeltFlipper*”, Mechanik 2008, s.327-330, MNiSW=9pkt
- [26] Wilczyński K., **Nastaj A.**: „*System SSEM-AG optymalizacji procesu wytłaczania tworzyw*”, Czasopismo techniczne Mechanika 2006, z.6, s.503-505,



Artykuły naukowe – przed doktoratem

- [27] Wilczyński K., **Nastaj A.**: „*Optymalizacja procesu wytłaczania jednoślismakowego. Metoda algorytmów genetycznych*”, *Mechanik* 2005, s.606-608 , MNiSW=4pkt
- [28] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Abramczyk P.: „*Optymalizacja procesu wytłaczania jednoślismakowego. Metoda sieci neuronowych*”, *Mechanik* 2004, s.470-472
- [29] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Krutysz P.: „*Optymalizacja procesu wytłaczania jednoślismakowego. Metoda statystyczna*”, *Mechanik* 2003, s.618-620
- [30] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Modelowanie wytłaczania wielowarstwowego tworzyw. Przepływy lepkie*”, *Polimery* 2003, s.204-210, IF=0,474
- [31] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Badanie wpływu warunków przepływu na rozszerzanie strugi polimerów za pomocą systemu POLYFLOW*”, *Polimery* 2002, s.130-135, IF=0,703
- [32] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Morphology Development During Polyblend Single-Screw Extrusion*”, *Advances in Manufacturing Science and Technology* 2001, 4, s.39-48
- [33] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Modelowanie rozwoju morfologii mieszanin tworzyw w procesie wytłaczania jednoślismakowego*”, *Prace naukowe WIP PW, PAN-PW* 2001, z.68, s.7
- [34] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Modelowanie problemu odwrotnego do problemu rozszerzania strugi polimerów za pomocą systemu POLYFLOW*”, *Polimery* 2000, s.631-638, IF=0,332

Referaty naukowe (publikowane) – po doktoracie

- [1] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J., Buziak K.: „*An Integrated Computer System for Modeling and Optimization/Scale-Up of Polymer Extrusion*”, 34th Annual Meeting of the Polymer Processing Society PPS-34, Taipei 2018, G02-11
- [2] Wilczyński K., Buziak K., Wilczyński K.J., Lewandowski A., **Nastaj A.**: „*Modeling, Rheology and Processing of Wood-Polymer Composites*”, *Proceedings of the 44th IUPAC World Polymer Congress, Cairns 2018*, s.380.
- [3] **Nastaj A.**, Wilczyński K.: „*Optimization for Starve Fed/Flood Fed Single Screw Extrusion*”, *European Meeting of the Polymer Processing Society PPS-2017, Dresden 2017*, s.245
- [4] Wilczyński K., Buziak K., Lewandowski A., Wilczyński K.J., **Nastaj A.**: „*Modeling and Experimental Studies on Single Screw Extrusion of Wood-Polymer Composites*”,



- 33rd Annual Meeting of the Polymer Processing Society PPS-33, Cancun 2017, s.7
- [5] Wilczyński K., Buziak K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Experimental and Theoretical Study on Single Screw Extrusion of Wood Plastic Composites*”, Proceedings of the XVIIth World Congress on Rheology, Kyoto 2016, s.4, MNiSW=15pkt
- [6] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.: „*Experimental and Theoretical Study on Starve Fed Single Screw Extrusion of Polymer Blends*”, Proceedings of the 32nd Annual Meeting of the Polymer Processing Society PPS-32, Lyon 2016, s.80-81, DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5016714>, MNiSW=15pkt
- [7] **Nastaj A.**, Szymaniak Z., Wilczyński K.: „*Modeling and Optimization for Starve Fed Single Screw Extrusion*”, Proceedings of the European Meeting of the Polymer Processing Society, Graz 2015
- [8] Wilczyński K., Buziak K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J., Genzels K., Tusznió T., Żakowski L.: „*Modeling for Single Screw Extrusion of Wood Plastic Composites*”, Proceedings of the European Meeting of the Polymer Processing Society, Graz 2015, s.170 (**keynote lecture**)
- [9] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*FEM Simulations for Composite Modeling of Starve Fed/Flood Fed Single Screw Extrusion Using Mixing Screws*”, Proceedings of the 31st Annual Meeting of the Polymer Processing Society PPS-31, Jeju Island 2015, art. S-02-27
- [10] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Experimental and Theoretical Studies on the Flood Fed/Starve Fed Single Screw Extrusion of Polyblends*”, Proceedings of the European Meeting of the Polymer Processing Society, Tel Aviv 2014, s.17 (**keynote lecture**)
- [11] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J., Buziak K.: „*Experimental and Theoretical Studies for Extrusion of Wood Plastic Composites*”, Proceedings of the 42nd IUPAC World Polymer Congress, Chiang Mai 2014, s.252, PROCOM O-4
- [12] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Composite Modeling for Counter-Rotating Twin Screw Extrusion*”, Proceedings of the 30th Annual Meeting of the Polymer Processing Society PPS-30, Cleveland 2014, art. S-09-65 (**keynote lecture**)



- [13] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Szymaniak Z., Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Study for Extrusion of Wood Plastic Composites*”, Proceedings of the 84th Annual Meeting of the Society of Rheology, Pasadena 2013, art.BC14
- [14] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Composite Modeling vs Screw Pumping Characteristics for Screw Extrusion*”, Proceedings of the 28th Annual Meeting of the Polymer Processing Society PPS-28, Pattaya 2012, art. O-01-135
- [15] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*A Composite Model for Closely Intermeshing Counter-Rotating Twin Screw Extrusion*”, Proceedings of the XVIth World Congress on Rheology, Lisbon 2012, art.835
- [16] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*A Composite Model for Starve Fed Single Screw Extrusion*”, Proceedings of the XVIth World Congress on Rheology, Lisbon 2012, art.13
- [17] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Computer Modeling for Starve Fed Single Screw Extrusion*”, Proceedings of the 27th Annual Meeting of the Polymer Processing Society PPS-27, Marrakesh 2011, art. KN-14-417 (keynote lecture)
- [18] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Computer Modeling for Counter-Rotating Twin Screw Extrusion*”, Proceedings of the 27th Annual Meeting of the Polymer Processing Society PPS-27, Marrakesh 2011, art. OP-4-418
- [19] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Study for Counter-Rotating Twin Screw Extrusion of Polyblends*”, Proceedings of the European Meeting of the Polymer Processing Society, October, Istanbul 2010, S02-126
- [20] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Modeling for Starve Fed Single Screw Extrusion*”, Proceedings of the 5th Pacific Rim Conference on Rheology, Sapporo 2010, 2-P-07
- [21] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Modeling for Counter-Rotating Twin Screw Extrusion*”, Proc. of the 5th Pacific Rim Conference on Rheology, Sapporo 2010, C-4-4
- [22] Wilczyński K., Garbarski J., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Computer Modeling for Polymer Screw Processing*”, Proceedings of the 5th International Conference on Advances in Production Engineering, Warsaw 2010, s.154-163.
- [23] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Experimental and Theoretical Study for Starve Fed Single Screw Extrusion*”, Proceedings of the European Meeting of the Polymer Processing Society, Larnaca 2009, art. 9-0, s.31

- [24] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Experimental and Theoretical Study for Study for Counter-Rotating Twin Screw Extrusion*”, Proceedings of the European Meeting of the Polymer Processing Society, Larnaca 2009, art. 176-0, s.30
- [25] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A., Wilczyński K.J.: „*Study for Counter-Rotating Twin Screw Extrusion*”, Proceedings of the 25th Annual Meeting of the Polymer Processing Society PPS-25, Goa 2009, art. GS-I, OP4
- [26] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Studies for Polyblend Behaviour in Screw Extrusion and Injection Molding Processes*”, Proceedings of the XVth World Congress on Rheology, Monterey 2008, art. MP55, s.175, DOI: <https://doi.org/10.1063/1.2964486>
- [27] Wilczyński K. **Nastaj A.**: „*Modeling and Optimization for Counter-Rotating Twin Screw Extrusion*”
Proceedings of the 42nd IUPAC World Polymer Congress, Taipei 2008, s.94
- [28] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Wilczyński K.J.: „*Simulations of Filling Imbalance in Geometrically Balanced Runner Systems*”, Proceedings of the Twenty Fourth Annual Meeting of the Polymer Processing Society PPS-24, Salerno 2008, art. S03-476, s.59
- [29] Wilczyński K., **Nastaj A.**, Lewandowski A.: „*A Composite Computer Model for Counter-Rotating Twin Screw Extrusion*”, Proceedings of the Twenty Fourth Annual Meeting of the Polymer Processing Society PPS-24, Salerno 2008, art. S01-361, s.12
- [30] Wilczyński K., **Nastaj A.**: „*Optimization for Polymer Single-Screw Extrusion*”,
Proceedings of the IVth International Conference on Advances in Production Engineering, Warsaw 2007, s.200
- [31] Wilczyński K., **Nastaj A.**: „*SSEM-AG Computer Model for Optimization of Polymer Extrusion*”, Proc. of the Intern. Mechanical Eng. Congress, Chicago 2006, art.13074

Referaty naukowe (publikowane) – przed doktoratem

- [32] Wilczyński K., **Nastaj A.**: „*Modelowanie i optymalizacja procesu wytłaczania na podstawie sieci neuronowych*”, Konferencja „Materiały polimerowe i ich przetwórstwo”, Częstochowa 2004, s.343
- [33] Wilczyński K., **Nastaj A.**: „*Optymalizacja procesu wytłaczania tworzyw na podstawie algorytmów genetycznych*”, Konferencja „Materiały polimerowe i ich przetwórstwo”, Częstochowa 2004, s.337
- [34] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Melting of Polymers in Twin Screw Extrusion*”, Proceedings of the IIIrd International Conference on Advances in Production Engineering, Warsaw 2004, s.168

- [35] Wilczyński K., **Nastaj A.**: „*Modeling and Optimization for Plasticating Extrusion*”, Proceedings of the 40th IUPAC World Polymer Congress, Paris 2004, s.179
- [36] Wilczyński K., **Nastaj A.**: „*Optymalizacja procesu wytłaczania tworzyw na podstawie metod statystycznych*”, Konferencja „Materiały polimerowe i ich przetwórstwo”, Częstochowa 2004, s.332
- [37] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Modelowanie wytłaczania wielowarstwowego tworzyw sztucznych*”, Konferencja „Postęp w przetwórstwie materiałów polimerowych”, Częstochowa-Poraj 2002, s.315
- [38] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Modelowanie MES procesu wytłaczania jednoślismakowego*”, Konferencja „Postęp w przetwórstwie materiałów polimerowych”, Częstochowa-Poraj 2002, s.63
- [39] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Morphology Development of LDPE/PS Blend in Single-Screw Extrusion*”, Proceedings of the VIth European Rheology Conference, Erlangen 2002, s.439
- [40] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Morphology and Melting of Polyblends in Extrusion Process*”, Proc. of the 39th IUPAC World Polymer Congress, Beijing 2002, s.1032
- [41] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Development of Morphology in Single-Screw Extrusion of Polyblends*”, Proceedings of the Eighteenth Annual Meeting of the Polymer Processing Society PPS-18, Guimaraes 2002, s.26
- [42] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Study for Polyblend Extrusion*”, Proceedings of the IInd International Conference on Advances in Production Engineering, Warsaw 2001, s.387
- [43] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Study for Morphology Development During Polyblend Extrusion*”, Proceedings of the IIIrd Pacific Rim Conference on Rheology, Vancouver 2001, s.34.
- [44] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Modelowanie zjawiska rozszerzania strugi polimerów*”, Konferencja „Materiały polimerowe i ich przetwórstwo”, Poraj 2000, s.164
- [45] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Badanie przebiegu uplastyczniania tworzyw i ich mieszanin w wytłaczarce jednoślismakowej*”, Konferencja „Materiały polimerowe i ich przetwórstwo”, Poraj 2000, s.51
- [46] Wilczyński K., Szymaniak Z., **Nastaj A.**: „*Theoretical and Experimental Study for Morphology Development During Single-Screw Extrusion of Polyblends*”, Proceedings of



the Sixteenth Annual Meeting of the Polymer Processing Society PPS-16, Shanghai 2000,
s.356

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

Głównym obszarem działalności naukowo-badawczej Autora monografii jest modelowanie procesów przetwórstwa tworzyw polimerowych, zwłaszcza procesów wytłaczania i wtryskiwania. Autor monografii ma znaczący udział w oryginalnych opracowaniach modelowych Zakładu Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych PW, obejmujących klasyczne wytłaczanie jednoślیمakowe, wytłaczanie dwuślیمakowe przeciwbieżne oraz niekonwencjonalne wytłaczanie jednoślیمakowe z dozowaniem tworzywa. Opracowane modele komputerowe umożliwiają nie tylko modelowanie wytłaczania czystych tworzyw, ale także tworzyw zaawansowanych (mieszanin polimerów i kompozytów polimerowych), za pomocą nie tylko klasycznych ślimaków, ale także ślimaków niekonwencjonalnych (np. mieszających i ścinających). W wielu obszarach są oryginalne w skali światowej. Cechą charakterystyczną stosowanej w tych pracach metodyki badawczej jest kompleksowe rozumienie problematyki modelowania procesów przetwórczych. Obejmuje ona reologiczne badania materiałowe, stosowanie teorii przepływów, komputeryzację obliczeń, modelowanie przy użyciu profesjonalnych pakietów obliczeniowej mechaniki płynów i badania doświadczalne procesów przetwórczych. Na podstawie tych badań modelowych Autor zaproponował własne rozwiązania optymalizacyjne procesu wytłaczania, które są przedmiotem monografii.

Podsumowując, Autor ma w swoim dorobku **34** artykuły naukowe, w tym **15** artykułów w czasopismach z listy JCR (Journal Citation Reports), a także **46** opublikowanych materiałów konferencyjnych, w tym **35** materiałów z najpoważniejszych światowych konferencji reologicznych i przetwórstwa tworzyw np.: IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), SOR (The Society of Rheology), PPS (Polymer Processing Society), SPE (Society of Plastics Engineers), ACS (American Chemical Society).

Ten dorobek Autora charakteryzują następujące parametry bibliometryczne:

- liczba publikacji na liście Journal Citation Reports (JCR): **15**
- sumaryczny Impact Factor wg listy Journal Citation Reports (JCR): **17,357**
- liczba cytowań publikacji wg bazy Web of Science (WoS): **130**
- Indeks Hirscha wg bazy Web of Science (WoS): **7**
- sumaryczna liczba punktów MNiSW: **347**

