

# Na styku nauki i przemysłu, czyli pierwsza praca dyplomowa

Milena Trzaskalska<sup>(1)</sup>, Michał Modławski<sup>(2)</sup>, Dominik Grzesiczak<sup>(3)</sup>, Mateusz Chyra<sup>(4)</sup>

(1) Politechnika Częstochowska, Zakład Przetwórstwa Polimerów ul. Armii Krajowej 19C  
Email: trzaskalaska@ipp.pcz.pl

(2) Politechnika Częstochowska, Zakład Przetwórstwa Polimerów ul. Armii Krajowej 19C  
Email: modlawski@ipp.pcz.pl

(3) Politechnika Częstochowska, Zakład Przetwórstwa Polimerów ul. Armii Krajowej 19C  
Email: grzesiczak@ipp.pcz.pl

(4) Politechnika Częstochowska, Zakład Przetwórstwa Polimerów ul. Armii Krajowej 19C  
Email: chyra@ipp.pcz.pl

## STRESZCZENIE

W publikacji poruszono problemy jakie pojawiają się podczas podejmowania współpracy między jednostkami naukowymi, a przedstawicielami przemysłu. Zwrócono uwagę na obawy oraz szanse, zarówno dla środowiska akademickiego, jak i biznesu. Wskazano na prowadzenie przez część ośrodków akademickich tzw. dobrych praktyk np. współpraca z przemysłem podczas realizowania prac dyplomowych, które są tak naprawdę odpowiedzią na realne potrzeby i problemy zgłaszane przez przemysł, czy prowadzenie studiów pomagających wyposażyć kadrę nowoczesnej gospodarki w specjalistyczną wiedzę z danego zakresu. Przytoczono również kilka przykładów prac realizowanych w Zakładzie Przetwórstwa Polimerów na potrzeby przemysłu oraz rozwiązania jakie zaproponowano po przeanalizowaniu uzyskanych wyników badań.

## ABSTRACT

The publication shows problems that arise during cooperation between academic institutions and industry. Attention was paid to concerns and opportunities for both, scientist and business. There were mentioned also so-called good practices which are leading by part of the academic units for example cooperation during implementation of theses, which are responses to the real needs and problems reported by industry or creation studies to help equip the personnel of the modern economy in specialist knowledge and skills in a given field. In the article quoted a few examples of the works carried out at the Department of Polymer Processing for industry and examples of solutions that have been proposed after analyzing the obtained results.

**Słowa kluczowe:** *współpraca, nauka, przemysł, szanse, zagrożenia, dobre praktyki*

**Keywords:** *cooperation, science, industry, threats, good practices*

## 1. WSTĘP

Raporty dotyczące współpracy nauki z przemysłem wskazują jednoznacznie, że stanowi ona margines działalności zarówno jednostek naukowych jak i przemysłowych. Statystyki są nieubłagane – te dwie gałęzie nie potrafią ze sobą współpracować na takim poziomie na jakim dzieje się to u naszych zachodnich sąsiadów.

Po części wynika to z braku środków. Uczelnie, szczególnie te małe, są mocno niedofinansowane. Często brakuje środków finansowych na właściwe wyposażenie laboratoriów. Także pozyskanie finansowania z systemu grantów i projektów np.

z Narodowego Centrum Nauki, czy Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, okazuje się poza zasięgiem takich jednostek. Wynika to z faktu, że składając wniosek o grant, w zdecydowanej większości przypadków, Wnioskodawca musi zapewnić m.in. zaplecze aparaturowe. Im lepiej wyposażone laboratoria, tym większa szansa na wykonanie ciekawych i innowacyjnych badań, a w związku z tym większa szansa na uzyskanie grantu. W momencie, gdy jednostka nie może wykazać się wystarczającą bazą sprzętową, szanse na uzyskanie grantu są małe. Także przemysł boryka się z niedofinansowaniem. Duże firmy inwestują we własne laboratoria oraz kadrę. Wypracowując własne „know – how”, często nie chcą się dzielić nim z jednostkami naukowymi – uważając, że nic nie wniosą do współpracy. Najczęściej to małe i średnie przedsiębiorstwa są zainteresowane innowacjami, które może zaoferować im sektor naukowy. Tutaj jednak pojawia się kwestia finansowania – MŚP rzadko kiedy mogą sobie pozwolić na inwestowanie co najmniej kilkuset tysięcy złotych w innowacyjne pomysły opracowane na Uczelniach.

Przeszkodą w porozumieniu się tych dwóch gałęzi jest także sama mentalność przedstawicieli obu środowisk. Z jednej strony naukowcy zamykają się na realne potrzeby rynku, nie próbują porozumieć się z przedstawicielami przemysłu na poziomie zrozumiałym dla obu stron żonglując naukowymi terminami, często nawet nie starają się przedstawiać wyników swoich badań w sposób wskazujący jednoznacznie jaka jest możliwość wykorzystania ich w praktyce. Z drugiej strony przedstawiciele przemysłu nie potrafią w sposób jasny i klarowny wskazać kierunku prowadzenia przyszłych badań, nie chcą przyjąć podstaw teoretycznych, które stoją za praktycznym zrozumieniem i rozwiązaniem zgłaszanego problemu, a wreszcie boją się, że owoce współpracy z nauką „wyłyną” przy okazji publikacji naukowych powodując zmniejszenie konkurencyjności firmy.

Należy jednak zdać sobie sprawę z tego, że wzajemna współpraca może być owocna i satysfakcjonująca dla obu stron głównie dlatego, że przyświecają im nieco inne cele i nie muszą ze sobą konkurować. Dla uczelni najważniejszym celem jest poszerzanie oraz upowszechnianie wiedzy, a także edukowanie kadry nowoczesnej gospodarki. Dla biznesu to przede wszystkim szukanie rozwiązań procesowych oraz kreowanie nowych technologii, umożliwiających utrzymanie przewagi konkurencyjnej, niezależnie od prowadzonej działalności.

## **2. REALIZOWANE PRACE DYPLOMOWE**

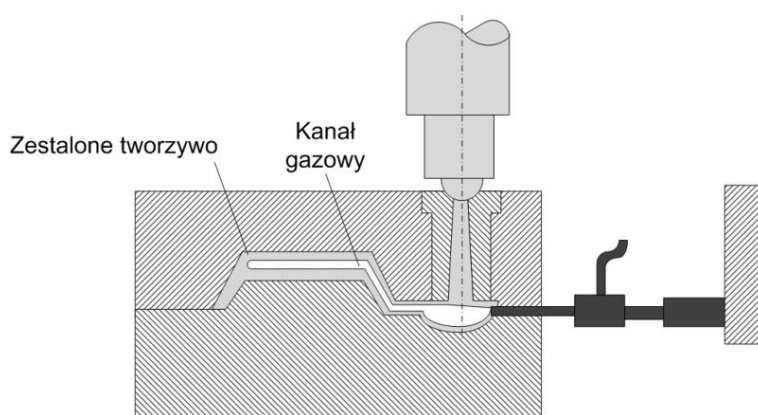
W Zakładzie Przetwórstwa Polimerów Politechniki Częstochowskiej już od wielu lat zabiegamy oraz dbamy o owocną i satysfakcjonującą współpracę na styku nauki z przemysłem. Współpraca ta odbywa się na kilku płaszczyznach m.in. udział we wspólnych projektach, wykonywanie badań zleconych z firm, kształcenie kadry (szkolenia i studia, w tym również podyplomowe) oraz realizacja prac dyplomowych będących jednocześnie analizą wyników badań przeprowadzonych na podstawie problemów zgłoszonych przez przedstawicieli przemysłu. Poniżej przedstawiono wybrane dysertacje doktorskie.

Jednym z przykładów jest rozprawa dr inż. Tomasza Stachowiaka pod tytułem: „Analiza wpływu warunków przetwórstwa na wybrane właściwości wyprasek wytwarzanych metodą wtryskiwania wspomaganego gazem”. Wiodąca firma produkująca elementy do wózków dziecięcych zgłosiła się z następującymi problemami:

- ścianki produkowanych elementów tzw. wyprasek, którymi były uchwyty do wózków dziecięcych mają niejednakową grubość. Powoduje to, że pod wpływem obciążenia pękają,
- gaz, który podawany jest w trakcie procesu wytwarzania elementu uszkadza lub przebija ściankę uchwytu.

Celem pracy było określenie takich parametrów procesu wytwarzania, aby nie występowały wymienione wcześniej problemy oraz aby wytworzone uchwyty były poprawne wizualnie. [1]

Uchwyty do wózków dziecięcych wytwarzane są przez tę firmę metodą GAIM (*ang. Gas Assisted Injection Moulding*), czyli wtryskiwanie wspomaganego gazem. Wtryskiwanie konwencjonalne to proces cykliczny, w którym tworzywo polimerowe np. w postaci granulek, podane poprzez lej zasypowy do ogrzanego cylindra, ulega uplastycznieniu. Uplastycznione tworzywo jest następnie wtryskiwane przez dyszę i tuleję wlewka do gniazda formującego, w którym została się. Gotowy detal, tzw. wypraska, jest usuwany z formy, po czym cykl rozpoczyna się od nowa [2]. GAIM różni się od konwencjonalnego wtryskiwania tym, że gniazdo nie jest w całości wypełniane tworzywem, lecz tylko w ok. 80%. Jego całkowite wypełnienie następuje na skutek podania gazu kilka sekund po podaniu tworzywa. Schemat tej metody przedstawiony jest na rys. 1. Dzięki zastosowaniu metody GAIM otrzymuje się elementy, które są puste w środku, a jednocześnie sztywne. W ten sposób oszczędza się materiał, krótszy jest czas wytwarzania wyrobów, gdyż trzeba ochłodzić mniejszą masę tworzywa. [1, 3]



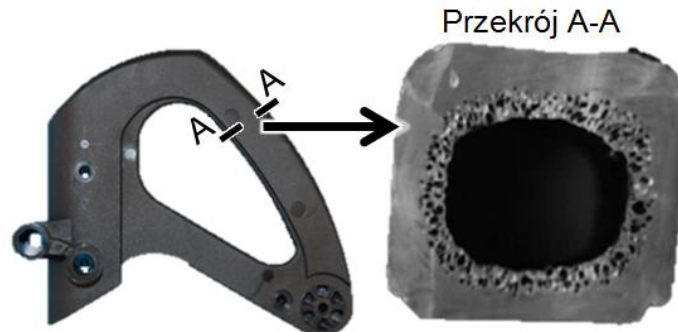
Rys. 1. Schemat wtryskiwania metodą GAIM. [1]

W ramach pracy został wykonany trójwymiarowy model uchwyty, który został przedstawiony na rys. 2., a następnie w programie Moldflow wykonano symulacje procesu wtryskiwania według ustalonego wcześniej planu badań. W tym planie zmieniano parametry przetwórstwa tj. temperaturę dozowanego tworzywa. Zmieniano również czas, po którym następuje podanie gazu oraz całkowity czas podawania gazu. [1]



Rys. 2. Uchwyt z zaznaczonym kanałem gazowym. [1]

W dalszej części pracy wykonano próbki – wypraski wg. założonego planu badań. Podczas tego procesu część gazu dyfunduje w głąb tworzywa powodując, że powierzchnia kanału gazowego nie jest gładka – wewnątrz materiału powstają pory, jak jest to przedstawione na rys. 3. Wpływa to zarówno na grubość ścianki jak i wytrzymałość wyrobu. Wykonane próbki zostały zważone, po czym były przebadane pod kątem wybranych właściwości mechanicznych tj.: twardość, czy wytrzymałość na zginanie. [1]



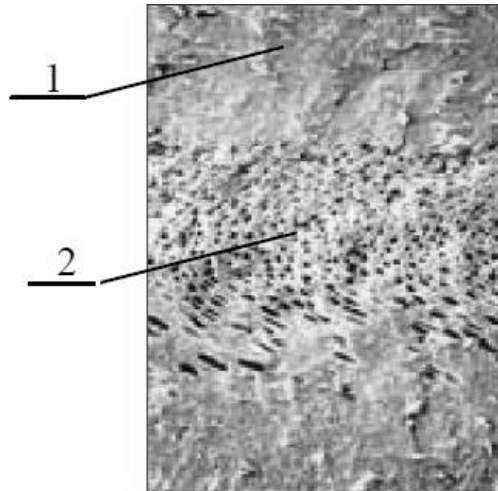
Rys. 3. Przekrój uchwyty przez kanał gazowy. [1]

Na podstawie uzyskanych badań zaproponowano parametry procesu pozwalające na uzyskanie wyrobów sztywnych, pustych w środku, o jednolitej grubości ścianki oraz spełniające wymagania dotyczące wytrzymałości elementu. W pracy określono wpływ wybranych parametrów procesu wtryskiwania: temperatury formy oraz czasu podania gazu, na grubość ścianki wyrobu, powstawanie porów dookoła kanału gazowego oraz na wytrzymałość elementu [1].

Kolejną pracą zrealizowaną w Zakładzie Przetwórstwa Polimerów we współpracy z przemysłem była rozprawa doktorska dr inż. Pawła Palutkiewicza pod tytułem „Badanie zjawisk w procesie wytwarzania wyprasek wtryskowych z tworzyw termoplastycznych z poroforem” [4]. Jeden z czołowych polskich producentów akcesoriów wyposażenia łazienek zgłosił następujące problemy:

- zbyt duża waga produkowanych elementów
- zapadnięcia powstałe na powierzchni wyrobów

Jako rozwiązanie opisanego problemu zaproponowano produkcję detali technologią tzw. wtryskiwania porującego. Metoda ta pozwala na uzyskanie wyprasek mających porowatą rdzeń i litą warstwę zewnętrzną (naskórek). Struktura porowatej wyprasek uzyskiwana jest poprzez dodanie chemicznego środka porującego (poroforu chemicznego) lub wprowadzenie gazu obojętnego (poroforu fizycznego) do tworzywa uplastycznionego w układzie uplastyczniającym wtryskarki bądź bezpośrednio do gniazda formującego. Struktura przekroju poprzecznego wypraski porowatej została przedstawiona na rysunku 4.



Rys. 4. Przekrój poprzeczny wypraski porowatej: 1 – lity naskórek, 2 – porowaty rdzeń. [4]

Główną zaletą wtryskiwania porującego jest uzyskanie detali o mniejszej masie i gęstości oraz skrócenie czasu cyklu. [5]

Pierwszym etapem badań w pracy było wykonanie symulacji komputerowych wtryskiwania porującego wyprasek o zmiennej grubości ścianki. Przeprowadzono analizę dla dwóch tworzyw polimerowych: polietylenu oraz polipropylenu. Porównano tworzywa z dodatkiem oraz bez dodatku chemicznego środka porującego.

Z przeprowadzonych symulacji wywnioskowano, iż dodatek poroforu ma istotny wpływ na przebieg procesu wtryskiwania oraz właściwości wypraski. Dodatek środka porującego wpłynął w istotnym stopniu na zmniejszenie czasu oraz ciśnienia docisku w przypadku obu badanych tworzyw. Fakt ten wpływa na zmniejszenie nakładów energetycznych związanych z utrzymaniem ciśnienia docisku oraz siły zamykania formy. Analiza komputerowa wykazała również znacznie mniejszy skurcz dla wyprasek z poroforem.

W kolejnym etapie wykonano badania eksperymentalne wpływu grubości wyprasek wtryskowych, na przebieg procesu porowania. Określono również właściwości użytkowe wyprasek w zależności od zawartości środka porującego. Próbkę badawczą miały postać wyprasek schodkowych o zmiennej grubości, od 1 do 4 mm. Taki kształt próbki umożliwił ocenę wpływu grubości ścianki wypraski na przebieg procesu porowania. W ramach analizy przeprowadzono badania: struktury, udarności, stanu powierzchni, połysku, barwy, wytrzymałości na rozciąganie oraz dokładności wymiarowej.

W wyniku mikroskopowej obserwacji struktury wyprasek, pory zauważono jedynie dla grubości ścianek 3 i 4 mm. Wynika z tego, iż stosowanie środków porujących do wyprasek o mniejszej grubości ścianki jest bezcelowe.

Dodanie poroforu do tworzywa wtryskiwanego powoduje zmniejszenie udarności, ze względu na możliwość występowania w wypraskach porowatych efektu karbu. Zaobserwowano także, iż porofor wpłynął na zmniejszenie ilości zapadnięć na powierzchni wypraski oraz lepszą dokładność wymiarową przy zmniejszonym ciśnieniu docisku. Zawartość środka porującego niekorzystnie oddziałuje na właściwości wizualne detali powodując zmniejszenie połysku oraz zmianę barwy na bardziej żółtą.

Przedstawiona rozprawa doktorska pozwoliła rozwiązać problem zapadnięć oraz zredukować masę akcesoriów łazienkowych. Zastosowanie środków porujących przyczyniło się również do skrócenia czasu cyklu wtryskiwania oraz zmniejszenia nakładów energetycznych związanych z produkcją detali.

Następną pracą zrealizowaną w Zakładzie Przetwórstwa Polimerów we współpracy z przemysłem była rozprawa doktorska dr inż. Mileny Trzaskalskiej pod tytułem: „Analiza oddziaływania środków barwiących na wybrane właściwości fizyczne i użytkowe wyprasek z terpolimeru ABS” [6]. Wiodący producent środków barwiących zgłosił się z następującymi problemami:

- kłopoty z wytworzeniem poprawnych wizualnie wyprasek
- niejednorodna barwa wyprasek barwionych tym samym pigmentem, ale na różnych osnowach
- różna barwa wyprasek barwionych tym samym środkiem barwiącym

Celem pracy było określenie wpływu ilości i rodzaju środka barwiącego w postaci żółtego pigmentu i jego koncentratów na osnowie tworzyw z grupy styrenowej: ABS i PS na właściwości przetwórcze terpolimeru akrylonitryl – butadien – styren (ABS) oraz właściwości np. użytkowe (barwę i połysk) wyprasek wtryskowych z tego tworzywa. Badano również wpływ warunków przetwórstwa na właściwości wyprasek niebarwionych oraz barwionych.

Praca swoim zakresem obejmowała realizację zadań podzielonych na kilka etapów, w których m.in. wykonano wypraski z różną zawartością i rodzajem środka barwiącego, a także przy zmiennych parametrach wytwarzania.

Badania wykonane w ramach pracy dowiodły, że dodanie do tworzywa ABS środka barwiącego w różnej postaci przyczynia się do zmiany właściwości użytkowych wyprasek wtryskowych takich jak barwa i połysk, nie powodując jednocześnie pogorszenia pozostałych właściwości (np. twardość, udarność, wytrzymałość na rozciąganie), a czasem wręcz ich polepszenie. Wykazano również, że dobór odpowiednich parametrów przetwórstwa pomaga w uzyskaniu wyprasek charakteryzujących się wysokim połyskiem i jednorodną barwą.

W wyniku przeprowadzonych badań zaproponowano konkretne parametry wytwarzania wyprasek przy zastosowaniu wybranego środka barwiącego. Przyczynia się to do możliwości wybrania sposobu barwienia wyprasek, ponieważ dzięki zastosowaniu określonych warunków przetwórstwa (charakterystycznych dla poszczególnych kolorantów) można otrzymać wypraski o barwie możliwie najbardziej zbliżonej do wzorca.

Zauważono także bardzo ciekawą zależność. W przypadku pomiarów połysku prowadzonych przy padaniu światła na powierzchnię wypraski w kierunku zgodnym z kierunkiem przepływu tworzywa w gnieździe oraz w kierunku przeciwnym stwierdzono, że kierunek ten ma istotny wpływ na uzyskane wyniki. Większą wartość połysku uzyskano w badaniach wykonywanych przy padaniu światła na powierzchnię zgodnie z kierunkiem przepływu tworzywa w gnieździe. Połysk mierzony w kierunku przeciwnym do kierunku przepływu tworzywa w gnieździe formującym był mniejszy o ok. 5%. Istotne różnice w połysku wyprasek mogą być związane nie tylko z kierunkiem, ale również kątem padania światła na badaną powierzchnię. Tego typu zmiany należy uwzględnić np. przy montażu elementów z tworzyw w określonym położeniu.

Ww. prace zostały już zakończone. Obecnie w Zakładzie Przetwórstwa Polimerów realizowana jest dysertacja doktorska mgr inż. Dominika Grzesiczaka pt. Ocena możliwości wielokrotnego przetwórstwa paliwowych zbiorników samochodowych z PE-HD.

Przedmiotem prowadzonych badań są zbiorniki na paliwo zdemontowane po eksploatacji samochodów (rys. 5). W pracy skupiono się na wykorzystaniu metody recyklingu materiałowego, polegającej na rozdrobieniu odpadów i ponownym ich uformowaniu np. poprzez metodę wtryskiwania. [7,8]

Celem badań było określenie krotności ponownego przetwórstwa zbiorników na paliwo oraz zmiany właściwości termicznych i mechanicznych związanych z tym procesem. Ten typ

odpadów wybrano ze względu na trudności przetwórcze wynikające z kontaktu z paliwem, które sygnalizowane są przez wiodące firmy recyklingowe.

Badania przeprowadzono na zbiornikach i próbkach pozyskanych ze zmielenia zbiornika. Wykonywano je w cyklu przemiał – wtryskiwanie, odkładając część z nich do badań a pozostałe ponownie mielono i wtryskiwano. Otrzymane próbki poddano badaniom różnicowej kalorymetrii skaningowej DSC, dynamicznej analizie mechanicznej DMTA i badaniu czasu indukcji utleniania OIT.



**Rysunek 5.** Widok badanego zbiornika

Badania nie zostały jeszcze w pełni zakończone, ale na podstawie uzyskanych wyników można wyciągnąć następujące wnioski. Na skutek każdego kolejnego przetwórstwa:

- pojawiają się problemy związane płynięciem tworzywa (jego przetwarzalnością),
- zwiększa się sztywność detalu, a w związku z tym zmniejsza się możliwości tłumienia drgań,
- materiał łatwiej ulega degradacji.

W Zakładzie Przetwórstwa Polimerów Politechniki Częstochowskiej we współpracy z przemysłem, wykonywane były również prace magisterskie oraz inżynierskie. Zestawienie tematów wybranych prac umieszczono poniżej:

- Wpływ dodatku D2P® na rozwój drobnoustrojów na elementach z tworzyw sztucznych.
- Prasowanie polietylenu o ultra wysokiej masie cząsteczkowej, określenie wpływu parametrów na właściwości gotowego wyrobu.
- Analiza właściwości mechanicznych materiałów wzmacnianych długimi włóknami szklanymi.

Prace dyplomowe tworzone w ramach współpracy z przemysłem pokazują istniejącą potrzebę realizacji wspólnych celów oraz rozwiązywania pojawiających się problemów.

### **3. WNIOSKI**

Wzajemny kontakt oraz wspólne rozwiązywanie problemów praktycznych przez jednostki naukowe oraz firmy produkcyjne niesie ze sobą nie tylko zagrożenia (np. obawa firm przed upublicznieniem „know – how”), ale przede wszystkim wiele korzyści.

Z punktu widzenia uczelni możliwe jest:

- poszerzanie istniejącego stanu wiedzy,
- poznanie nowoczesnych technologii, które nie są dostępne w jednostkach naukowych
- praca nad aktualnymi problemami występującymi podczas rzeczywistej produkcji,

- zdobywanie nowych doświadczeń oraz pozyskiwanie kontaktów biznesowych, dzięki którym uczelnia może pełnić rolę koordynatora w kontaktach między różnymi podmiotami gospodarczymi,
- wychodzenie naprzeciw realnym potrzebom zgłaszanym przez przemysł,
- pozyskiwanie materiałów, na zakup których uczelnia nie miałaby wystarczających środków finansowych.

Firmy produkcyjne z kolei mają okazję:

- skorzystania z profesjonalnych laboratoriów badawczych, jeśli nie dysponują niezbędną aparaturą,
- pozyskania fachowych opinii wykwalifikowanej kadry naukowej,
- pozyskania wartościowego partnera przy aplikowaniu o grant ministerialny,
- wpływać na kierunki rozwoju badań prowadzonych na uczelniach,
- wykształcić swoją kadrę pracowniczą.

Wszelkie inicjatywy oddolne wskazują jednoznacznie, że współpraca instytucji naukowych z firmami jest niezbędna zarówno z punktu widzenia nauki, jak i przemysłu. Pozwala na efektywne kształcenie przyszłej kadry oraz zaspokojenie aktualnych potrzeb rynkowych. Z drugiej strony dzięki kooperacji możliwe jest edukowanie studentów w sposób ciekawy i praktyczny, co stanowi wartość dodaną dla ich przyszłych pracodawców.

## LITERATURA

- [1] Stachowiak T.: Analiza wpływu warunków przetwórstwa na wybrane właściwości wyprasek wytwarzanych metodą wtryskiwania wspomaganego gazem, 2010, rozprawa doktorska.
- [2] Sikora R.: Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych, Wydawnictwo Edukacyjne, Warszawa, 1993.
- [3] Szostak M.: Przegląd metod wtryskiwania tworzyw sztucznych wspomaganym gazem (Gas Assisted Injection Moulding - GAIM), 2002, *Plastics Review*, nr. 8 (21).
- [4] Palutkiewicz P.: Badanie zjawisk w procesie wytwarzania wyprasek wtryskowych z tworzyw termoplastycznych z poroforem, 2011, rozprawa doktorska
- [5] Bociąga E.: Specjalne metody wtryskiwania tworzyw sztucznych. WNT, Warszawa 2008.
- [6] Trzaskalska M.: Analiza oddziaływania środków barwiących na wybrane właściwości fizyczne i użytkowe wyprasek z terpolimeru ABS, 2015, rozprawa doktorska
- [7] Borowski K.: Przemysł tworzyw sztucznych – materiałów XXI wieku, 2015, *Mechanik* nr 4.
- [8] Kowalska E. i in.: Recykling odpadów dywanów i wykładzin dywanowych, 2006, *Polimery*, nr 9.