

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Przemysława Narowskiego
pt. „Nierównomierne wypełnianie form wtryskowych zrównoważonych
geometrycznie”

Recenzja została opracowana na wniosek Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej z dnia 28 czerwca 2021 r., zgodnie z pismem Dziekana Wydziału Inżynierii Produkcji Pana prof. dr hab. inż. Tomasza Chmielewskiego. Po zapoznaniu się z treścią przesłanej mi rozprawy stwierdzam, że mogę podjąć się opracowania jej recenzji. Oświadczam, że nie prowadziłam z Doktorantem wspólnych badań naukowych oraz że nie jesteśmy współautorami żadnej publikacji naukowej.

Zakres rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Przemysława Narowskiego obejmuje 112 stron. Składa się z 6 rozdziałów, poprzedzonych wstępem, oraz spisu cytowanej literatury. Zamieszczono ponadto streszczenie rozprawy i słowa kluczowe w języku polskim i angielskim. Spis literatury zawiera 101 pozycji, z których 6 zostało opracowanych przy współudziale Doktoranta.

W rozdziale pierwszym przedstawiono aktualny stan wiedzy w zakresie badania zjawiska nierównomiernego wypełniania tworzywem polimerowym gniazd w formach wtryskowych wielogniazdowych. Wskazano na główne przyczyny występowania tego zjawiska oraz na stosowane dotychczas sposoby przeciwdziałania nierównomiernemu wypełnianiu gniazd formujących, zwracając szczególną uwagę na rozwiązania polegające na geometrycznej korekcie kanałów doprowadzających zaproponowane przez zespół Johna P. Beaumont'a. Stwierdzono, że pomimo wielu badań doświadczalnych i symulacyjnych w tym zakresie nie znaleziono jednoznacznego rozwiązania problemu nierównomiernego wypełniania form wielogniazdowych, ze zrównoważonym geometrycznie układem kanałów doprowadzających.

W rozdziale drugim Doktorant sformułował tezy i cele rozprawy oraz przedstawił zakres i metodykę badań.

Rozdział trzeci poświęcono badaniu wpływu warunków przepływu i ochładzania tworzywa w kanałach formy wtryskowej oraz budowy układu przepływowego na zjawisko nierównomiernego wypełniania gniazd formujących. W badaniach eksperymentalnych oraz symulacyjnych analizowano wypełnianie gniazd formy przy trzech zmiennych parametrach wtryskiwania: prędkości wtryskiwania, temperaturze formy oraz temperaturze tworzywa wtryskiwanego. Zastosowano cztery rozwiązania konstrukcyjne układu kanałów doprowadzających tworzywo do gniazd formy, a mianowicie standardowy układ nieskorygowany oraz układy wzorowane na rozwiązaniach Melt Flipper, proponowanych przez J.P. Beaumont'a, z pojedynczym, podwójnym i obwodowym elementem obracającym strumień ciekłego tworzywa. Materiałem stosowanym w badaniach był politereftalan butylenu (PBT). Proces wtryskiwania prowadzono na wtryskarce wyposażonej w specjalnie zaprojektowaną i wykonaną termostatowaną formę ośmiogniazdową, z wymiennymi wkładkami umożliwiającymi uzyskanie różnych rozwiązań konstrukcyjnych układu kanałów przepływowych. Nierównomierność wypełniania gniazd oceniano na podstawie wartości stopnia nierównomierności wypełniania formy, wyznaczanego poprzez porównanie masy wyprasek z gniazd określanych jako zewnętrzne i wewnętrzne. Wtryskiwanie prowadzono bez fazy docisku, przy około 80 % napełnieniu najszybciej wypełniających się gniazd. Do badań symulacyjnych zastosowano oprogramowanie Autodesk Simulation Moldflow Insight 2014.

Rozdział czwarty, zatytułowany „Analiza termo-reologiczna zagadnienia”, rozpoczęto zaprezentowaniem wyników badań symulacyjnych wykonanych w celu oceny wpływu właściwości przetwarzanego tworzywa oraz budowy układu kanałów doprowadzających tworzywo do gniazd formujących na nierównomierność ich wypełniania. Symulacje przeprowadzono z wykorzystaniem tego samego oprogramowania, dla tworzywa użytego w badaniach opisanych w rozdziale 3. Zmianę lepkości tworzywa PBT w funkcji szybkości ścinania opisano modelem Cross-WLF. W tej części badań wartość stopnia nierównomierności wypełniania formy obliczano na podstawie pomiaru pola powierzchni wyprasek. W badaniach eksperymentalnych porównano zjawisko nierównomiernego wypełniania gniazd formujących dla trzech rodzajów tworzyw, różniących się istotnie właściwościami reologicznymi: politereftalanu butylenu (PBT), mieszaniny poliwęglanu i politereftalanu butylenu (PC+PBT) oraz kopolimeru akrylonitryl butadien styren (ABS).

Rozdział piąty poświęcono omówieniu zagadnienia optymalizacji procesu wtryskiwania z zastosowaniem form wielogniazdowych i znalezieniu warunków prowadzenia tego procesu umożliwiających minimalizację nierównomierności wypełniania gniazd. Zastosowano trzy metody optymalizacji. Jako kryteria optymalizacji przyjęto stopień nierównomierności wypełniania gniazd oraz parametry procesu wtryskiwania: ciśnienie wtryskiwania, czas wtryskiwania i temperaturę wypraski. Natomiast parametrami optymalizowanymi były warunki technologiczne

wtryskiwania, prędkość wtryskiwania, temperatura tworzywa wtryskiwanego, temperatura formy oraz cechy geometryczne układu kanałów doprowadzających w formie, stanowiące parametry zmienne we wcześniejszych badaniach.

Pracę zakończono rozdziałem szóstym pt. „Zakończenie” stanowiącym krótkie podsumowanie wyników przeprowadzonych badań zjawiska nierównomiernego wypełniania gniazd form wtryskowych.

Treść rozprawy jest zgodna z jej tematem, kolejność rozdziałów została ustalona prawidłowo. Praca jest starannie zredagowana, wyniki badań zostały przedstawione na licznych rysunkach i w tabelach. Spis cytowanej literatury obejmuje książki dobrane według zakresu rozprawy, krajowe i zagraniczne publikacje naukowe oraz materiały informacyjne zamieszczone na stronach internetowych. Dobór literatury oceniam jako trafny i wyczerpujący pod względem merytorycznym.

Znaczenie tematyki rozprawy

Wtryskiwanie jest powszechnie stosowaną technologią przetwarzania tworzyw polimerowych. Ważnym zadaniem dla konstruktorów wyrobów z tworzyw, konstruktorów narzędzi oraz technologów sterujących procesem wtryskiwania jest przewidywanie albo kontrolowanie zjawisk zachodzących podczas przepływu tworzywa w kanałach narzędzi. W formach wtryskowych, które są często formami wielogniazdowymi, należy zapewnić wypełnianie wszystkich gniazd w możliwie jednakowych warunkach, w przeciwnym wypadku można spodziewać się różnych właściwości wyprasek z poszczególnych gniazd. Problemem jest określenie, czy przyczyną różnic masy albo innych właściwości wyprasek jest błąd wykonania gniazd, czy też układu chłodzenia albo układu doprowadzania tworzywa. Znajomość mechanizmów powstawania tych wad wyprasek oraz umiejętność przewidywania warunków sprzyjających ich występowaniu umożliwi zapobieganie im na etapie konstrukcji wyrobu, narzędzia czy też podczas ustalania warunków produkcji.

Zagadnienia związane z nierównomiernym wypełnianiem gniazd w formach wtryskowych wielogniazdowych geometrycznie zrównoważonych, z kanałami w tzw. układzie równoległym są podejmowane od ponad dwudziestu lat, przedstawiane w literaturze polskiej i zagranicznej. Układ równoległy kanałów doprowadzających w formach wtryskowych cechuje jednakowa odległość od punktu wtrysku, poprzez kanały doprowadzające, do każdego gniazda formującego, a także jednakowe przekroje poprzeczne kanałów doprowadzających i przewęzek. Układ taki jest podawany w wielu pozycjach literaturowych jako mający zapewnić równoczesne wypełnianie gniazd tworzywem. Jednakże liczne opracowania literaturowe wskazują na niedoskonałości tego rozwiązania. Kolejność wypełniania gniazd nie jest losowa, lecz powtarzalna i uzależniona od konstrukcji formy wtryskowej, a zwłaszcza układu doprowadzania tworzywa. Uzyskiwanie wyprasek o powtarzalnych wymiarach

i masie, takiej samej dokładności wykonania, a także jednakowej strukturze i właściwościach fizycznych jest istotne zwłaszcza w procesie wytwarzania wyprasek precyzyjnych.

Badania eksperymentalne i symulacyjne przeprowadzone w ramach recenzowanej rozprawy ułatwią uzyskanie odpowiedzi na pytanie, jak układ kanałów doprowadzających w formie wielogniazdowej, a także parametry wtryskiwania i właściwości przetwarzanych materiałów wpływają na nierównomierność wypełniania gniazd tworzywem, a przez to na różnice we właściwościach wyprasek wytwarzanych w poszczególnych gniazdach. Dużym problemem jest także zaprojektowanie formy wtryskowej, a także dobranie parametrów procesu, aby spełnić rosnące wymagania odnośnie dokładności wyprasek wtryskowych. Z tych względów przeprowadzona przez Doktoranta próba optymalizacji warunków wtryskiwania oraz budowy układu kanałów przepływowych w formie pod kątem równomiernego wypełniania gniazd dostarcza cennych informacji zarówno dla naukowców, jak i dla pracowników przemysłu przetwórstwa tworzyw polimerowych.

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy aktualnej i ważnej problematyki doskonalenia procesu wtryskiwania. Obszerne badania eksperymentalne i symulacyjne w zakresie oceny nierównomierności wypełniania gniazd w formach wtryskowych wnoszą istotny wkład w rozwój nauki w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Mają również znaczenie użytkowe, stanowią cenną podstawę do dalszego rozwoju procesów przetwórstwa.

Tezy badawcze i cele rozprawy

Sformułowano trzy tezy rozprawy:

1. Nierównomierne wypełnianie form wtryskowych geometrycznie zrównoważonych wynika z wzajemnych relacji parametrów materiałowych, geometrycznych i technologicznych procesu, charakteryzujących przepływ w kanałach doprowadzających układu wlewowego formy.

2. Nierównomierne wypełnianie form jest determinowane przez technologiczne warunki płynięcia i chłodzenia tworzywa, określające rozkład prędkości tworzywa, szybkości ścinania, temperatury i lepkości, oraz przez termo-reologiczne parametry materiałowe tworzywa, lepkość w funkcji temperatury i szybkości ścinania oraz dyfuzyjność cieplną i współczynnik przejmowania ciepła.

3. Technologiczny punkt pracy wtryskarki, warunkujący minimalną nierównomierność wypełniania formy można wyznaczyć na podstawie badań symulacyjnych procesu wtryskiwania, przy zastosowaniu odpowiedniej procedury optymalizacyjnej.

Tak przedstawione tezy uważam za merytorycznie poprawne, chociaż można byłoby połączyć tezy 1 i 2; teza 2 jest w zasadzie rozszerzeniem tezy 1.

Celem badawczym rozprawy było opracowanie metodyki modelowania zjawiska nierównomiernego wypełniania gniazd form wtryskowych zrównoważonych geometrycznie. Celem pracy było ponadto zdefiniowanie warunków wtryskiwania, parametrów materiałowych tworzywa wtryskiwanego oraz rozwiązań konstrukcyjnych układu przepływowego formy decydujących o nierównomierności wypełniania form oraz opracowanie metody wyznaczania technologicznego punktu pracy wtryskarki, warunkującego minimalną nierównomierność wypełniania gniazd. Osiągnięcie tak wyznaczonych celów rozprawy wymagało przeprowadzenia obszernych badań eksperymentalnych i symulacyjnych oraz wnikliwej analizy ich wyników.

Ocena merytoryczna rozprawy

W części wstępnej rozprawy Doktorant wskazał na złożoność zjawisk zachodzących podczas przepływu tworzyw polimerowych w formach wtryskowych, który jest przepływem nienewtonowskim, nieustalonym i nieizotermicznym. Jako przyczyny nierównomiernego wypełniania gniazd formujących wymienił nieliniowy rozkład prędkości przepływu tworzywa w kanałach formy, będący skutkiem określonego rozkładu szybkości ścinania, temperatury i lepkości tworzywa w przekroju poprzecznym kanału. Stwierdził, że problem nierównomiernego wypełniania gniazd pozostaje dotychczas nierozwiązany, mimo podejmowania tej tematyki, prowadzenia badań eksperymentalnych i symulacyjnych przez badaczy różnych ośrodków.

W rozdziale zatytułowanym „Aktualny stan wiedzy” Doktorant przedstawił najważniejsze osiągnięcia i ustalenia w zakresie rozpoznawania przyczyn nierównomiernego wypełniania gniazd form wtryskowych oraz proponowane metody minimalizowania tej nierównomierności. Zwrócił uwagę na liczne prace zespołu J.P. Beaumont’a i ich propozycje wprowadzenia korekty geometrycznej kanałów przepływowych (Melt Flipper), polegającej na obrocie strumienia tworzywa zapobiegającemu tworzeniu się przepływu niesymetrycznego po zmianie kierunku przepływu. Doktorant wskazał również na prace dotyczące badania skutków nierównomiernego wypełniania gniazd formy, w tym na właściwości użytkowe i mechaniczne, dokładność wymiarową, cechy estetyczne i morfologię wyprasek.

Na podstawie analizy dostępnych danych literaturowych stwierdzono brak jednoznacznego i uniwersalnego rozwiązania problemu nierównomiernego wypełniania gniazd form wtryskowych wielogniazdowych. W pracy podjęto więc próbę znalezienia rozwiązania optymalizującego technologiczne warunki przetwórstwa oraz budowę kanałów doprowadzających, zapewniającego minimalną

nierównomierność wypełniania formy, z wykorzystaniem badań eksperymentalnych i symulacyjnych i zastosowaniem różnych metod optymalizacyjnych.

Analiza konstrukcyjno-technologiczna zjawiska nierównomiernego wypełniania formy, przedstawiona w rozdziale trzecim, obejmowała badania eksperymentalne i symulacyjne. W badaniach eksperymentalnych wykorzystano specjalnie zaprojektowaną i wykonaną 8-gniazdową formę wtryskową ze zrównoważonym geometrycznie układem kanałów przepływowych. Oceniano wpływ trzech parametrów procesu wtryskiwania, zmiennych na trzech poziomach, oraz czterech rozwiązań konstrukcyjnych układu przepływowego formy na równomierność wypełniania gniazd formujących.

Wyniki badań eksperymentalnych i symulacyjnych wskazują na istotny wpływ wszystkich badanych czynników na nierównomierność wypełniania formy. Stwierdzono, że wyniki symulacji są zasadniczo zgodne z doświadczeniem, przy czym rozbieżności między nimi wzrastają wówczas, gdy nierównomierność wypełniania jest większa. Największy wpływ na to zjawisko ma prędkość przepływu tworzywa w formie, z jej wzrostem zwiększa się nierównomierność wypełniania gniazd. Ciekawą obserwacją jest fakt odmiennego wypełniania gniazd przy zastosowaniu różnych rozwiązań konstrukcyjnych układu kanałów doprowadzających. W przypadku układu niekorygowanego ($G = 0$) oraz z obwodowym elementem obracającym strumień ciekłego tworzywa ($G = 3$) stwierdzono tzw. dodatnią nierównomierność, oznaczającą, że stopień wypełnienia gniazd wewnętrznych (bliższych kanału wlewowego) jest większy niż gniazd zewnętrznych. W układach z pojedynczym ($G = 1$) oraz podwójnym ($G = 2$) elementem obracającym strumień tworzywa uzyskano ujemną wartość stopnia nierównomierności wskazującą na szybsze wypełnianie gniazd zewnętrznych. W żadnym z analizowanych przypadków nie udało się jednak całkowicie wyeliminować nierównomierności wypełniania gniazd.

Dalsze badania, opisane w rozdziale „Analiza termo-reologiczna zagadnienia”, prowadzono w celu określenia wpływu właściwości przetwarzanego tworzywa (jego parametrów reologicznych: lepkości zerowej, czasu relaksacji, wykładnika płynięcia oraz parametrów termicznych: dyfuzyjności cieplnej, współczynnika przejmowania ciepła) na stopień nierównomierności wypełniania formy. Badania te wykonano dla zmiennych warunków wtryskiwania i różnych układów kanałów przepływowych formy, stosowanych w badaniach analizowanych w poprzednim rozdziale. Na podstawie symulacji numerycznych stwierdzono, że rozkład prędkości przepływu tworzywa i rozkład szybkości ścinania, a także warunki wymiany ciepła między formą a tworzywem są głównymi czynnikami determinującymi nierównomierność wypełniania formy. Badania eksperymentalne w tym zakresie zostały przeprowadzone dla trzech rodzajów tworzyw. Politerftalan butylenu PBT traktowano jako tworzywo odniesienia, natomiast pozostałe charakteryzowały się właściwościami reologicznymi

podobnymi do PBT (mieszanka PC + PBT, nazywana tworzywem „zgodnym”) bądź odmiennymi (ABS, nazywany „niezgodnym”). Jak można się było spodziewać tworzywa „zgodne” charakteryzowały się podobnym sposobem wypełniania gniazd formy. Stopień nierównomierności wypełniania formy dla tworzywa ABS w większości przypadków miał mniejszą wartość niż dla pozostałych materiałów.

Istotną część rozwiązywanego zagadnienia naukowego, sformułowanego w tezach rozprawy, stanowią badania optymalizacyjne nierównomierności wypełniania form wtryskowych wielogniazdowych zrównoważonych geometrycznie. Optymalizację przeprowadzono trzema metodami: metodą badania powierzchni odpowiedzi RSM, metodą Taguchi oraz metodą automatycznego uczenia maszynowego BCA. Procedury optymalizacyjne umożliwiły ustalenie optymalnych parametrów procesu wtryskiwania. Porównanie wyników optymalizacji wymienionymi trzema metodami pozwoliło na stwierdzenie, że najbardziej efektywną procedurą optymalizacji jest metoda BCA. Według tej procedury optymalne efekty procesu wtryskiwania uzyskuje się przy dużej prędkości wtryskiwania równej 68 mm/s, w układzie kanałów przepływowych z pojedynczym elementem obracającym strumień tworzywa ($G = 1$).

Zaprezentowane wyniki badań eksperymentalnych i symulacyjnych, ich analiza były podstawą do sformułowania krótkiego podsumowania oraz wniosków, potwierdzających słuszność przyjętych celów pracy i stanowiących wyczerpującą weryfikację tezy rozprawy.

Uzyskane wyniki badań są oryginalne i stanowią znaczący wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna, a w szczególności wiedzy o tworzywach polimerowych i ich przetwarzaniu metodą wtryskiwania. Jest to praca o dużej wartości poznawczej. Ma również znaczenie użytkowe, zawiera cenne wskazówki odnośnie możliwości wykorzystania symulacji numerycznych do projektowania form wtryskowych oraz ustalania optymalnych warunków prowadzenia procesu. Wyniki badań są cennym materiałem rozszerzającym dotychczasową wiedzę w zakresie zjawisk występujących w procesie wtryskiwania.

Doktorant wykazał się umiejętnością prowadzenia eksperymentu i wykorzystania symulacji numerycznych do doskonalenia procesu wtryskiwania tworzyw polimerowych, co świadczy o Jego dojrzałości naukowej i dobrym przygotowaniu do samodzielnego prowadzenia prac naukowych.

Wskazał kierunki dalszych badań, których celem byłoby modelowanie przepływu tworzywa w procesie wtryskiwania, uwzględniające nie tylko przepływ w formie, ale również w układzie uplastyczniającym wtryskarki.

Uwagi szczegółowe

Rozprawa jest zredagowana w sposób przejrzysty, napisana poprawnym językiem, chociaż Doktorant nie uniknął pewnych nieścisłości:

- Str. 18, tabela 3.2: Zamieszczono wartości temperatury i obciążenia bez informacji, że były to warunki, w których wyznaczano wskaźnik szybkości płynięcia.
- Str. 19, wiersz 9 d: zamiast T_M powinno być T_m .
- Str. 48, p. 4.1.2.: „Lepkość tworzywa określano na podstawie nienuwtonowskiego modelu Cross-WLF, który opisuje rozrzedzanie ścinaniem i wpływ temperatury na lepkość.” Równanie Cross-WLF nie opisuje rozrzedzania ścinaniem tylko zmianę lepkości tworzywa rozrzedzanego ścinaniem w wyniku zmiany temperatury. Równania (4.1) i (4.3) już zostały przedstawione na str. 17.
- Str. 52, wiersze 7-8 d: Nieprecyzyjne sformułowanie „...generuje przepływ o wyższych gradientach temperatury...”; lepiej byłoby np. generowanie przepływu strumienia tworzywa charakteryzującego się większym gradientem temperatury.
- Str. 52-54, p. 4.1.4.1.: Niepoprawne sformułowanie „Wpływ lepkości zerowej/czasu relaksacji/wykładnika płynięcia na nierównomierność wypełniania formy jest dodatni...” To nie wpływ jest dodatni, lecz stopień nierównomierności wypełniania formy ma wartości dodatnie.
- Str. 76, podpis pod rysunkiem 4.34: Powinno być „Zdjęcie próbki otrzymanej przy największej ujemnej wartości stopnia nierównomierności...”.

Pozostałe uwagi:

- Str. 9, wiersze 6-8 g.: W pracy [4] nie prowadzono badań właściwości wyprasek z tworzywa napełnionego włóknem szklanym, tylko z polietylenu z talkiem.
- Str. 17 wiersze 1-2 d oraz str. 67, tabela 4.4: Nie podano źródła, na podstawie którego przyjęto wartości parametrów równania reologicznego Cross-WLF dla badanych tworzyw.
- Str. 25-26, tabele 3.4 i 3.5: Brakuje rysunku układu przepływowego formy z podanymi wymiarami i kształtem kanałów i przewężek. W pracy nie ma też wymiarów gniazda formującego. Czy w tabelach są przedstawione wartości średnie z pomiarów 8 kanałów i przewężek z danego układu?
- Str. 48, tabela 4.1.: Podano, że czas cyklu (wypełnianie, docisk, chłodzenie) wynosił 10 s. Czy mógł być taki sam czas cyklu wtryskiwania przy różnych wartościach parametrów wtryskiwania i różnych układach przepływowych formy?
- Str. 52, wiersze 8-9 g: „Pole powierzchni częściowo wypełnionych gniazd mierzono przy 80 % wypełnieniu formy...” Jak ustalano ilość tworzywa wtryskniętego do formy?

Przedstawione uwagi nie obniżają merytorycznej wartości rozprawy, którą oceniam wysoko.

Wniosek końcowy

Opiniowana rozprawa doktorska ma charakter oryginalnej pracy naukowej, odznacza się szeregiem wartościowych osiągnięć poznawczych z zakresu modelowania procesu wtryskiwania tworzyw polimerowych. Oryginalnym dorobkiem Doktoranta jest podjęcie próby optymalizacji zjawiska nierównomierności wypełniania form wtryskowych wielogniazdowych z geometrycznie zrównoważonym układem przepływowym. Uzyskane rezultaty obszernych badań eksperymentalnych i symulacyjnych mają również istotne znaczenie praktyczne dla przetwórców tworzyw, zwłaszcza w zakresie optymalizacji warunków wtryskiwania, umożliwiającej wprowadzenie zmian na etapie wyboru parametrów technologicznych procesu, parametrów materiałowych i budowy formy wtryskowej.

Rozprawa jest zrealizowana i przedstawiona zgodnie z metodologią wykonywania prac naukowych, przy wykorzystaniu nowoczesnych metod badawczych. Mgr inż. Przemysław Narowski wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz bardzo dobrą znajomością niezbędnej do realizacji tematyki rozprawy wiedzy z zakresu modelowania numerycznego. Opis metodyki prowadzenia badań oraz sposób prezentowania ich wyników świadczy o dużym zaangażowaniu Doktoranta i zrozumieniu znaczenia uzyskanych wyników badań. Na uwagę zasługuje dotychczasowy dorobek publikacyjny Doktoranta, uwzględniony w bibliografii. Jest on współautorem czterech artykułów opublikowanych w czasopismach indeksowanych w bazie JCR, w tym parce w wysoko punktowanych czasopismach „Polymers” i „Polymer Engineering and Science” oraz w polskim czasopiśmie „Polimery”. Imponująca jest liczba pobrań Jego artykułów ze stron internetowych (2712 i 1831 pobrań artykułów opublikowanych w czasopiśmie “Polymers”, dane z dnia 11.08.2021), świadcząca o dużym zainteresowaniu tą tematyką i osiągniętymi rezultatami. Z tych względów wnoszę o wyróżnienie Jego rozprawy doktorskiej.

Uważam, że recenzowana praca mgr inż. Przemysława Narowskiego pt. „Nierównomierne wypełnianie form wtryskowych zrównoważonych geometrycznie” spełnia wszystkie warunki stawiane rozprawom doktorskim, zgodnie z Ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym. Jego przewód doktorski został otwarty w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn, natomiast obecnie tematyka rozprawy mieści się w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Stawiam wniosek do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

E. Bocipko