



UNIwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

ROZPRAWY NR 169

Dariusz Sykutera

BADANIA PROCESÓW CIĘCIA I PODATNOŚCI NA ROZDRABNIANIE POLIOLEFIN POROWATYCH W ASPEKCIE ICH WTÓRNEGO PRZETWÓRSTWA

BYDGOSZCZ – 2013

REDAKTOR NACZELNY
prof. dr hab. inż. Józef Flizikowski

REDAKTOR DZIAŁOWY
dr hab. inż. Tomasz Piątkowski, prof. nadzw. UTP

OPINIODAWCY
prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski
prof. dr hab. inż. Józef Koszkul

OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE
mgr Dorota Ślachciak, mgr Tomasz Szałajda

© Copyright
Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
Bydgoszcz 2013

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany
ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych,
kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody
posiadacza praw autorskich.

Praca powstała przy wsparciu projektu
„Realizacja II etapu Regionalnego Centrum Innowacyjności”
współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego
Województwa Kujawsko-Pomorskiego na lata 2007-2013

ISBN 978-83-61314-99-8
ISSN 0209-0597

Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
ul. Ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, tel. 52 3749482, 3749426
e-mail: wydawucz@utp.edu.pl <http://www.wu.utp.edu.pl>

Wyd. I. Nakład 88 egz. Ark. aut. 10,3. Ark. druk. 9,5.
Oddano do druku i druk ukończono w sierpniu 2013
Uczelniany Zakład Małej Poligrafii UTP Bydgoszcz, ul. Ks. A. Kordeckiego 20

BADANIA PROCESÓW CIĘCIA I PODATNOŚCI NA ROZDRABNIANIE POLIOLEFIN POROWATYCH W ASPEKTCIE ICH WTÓRNEGO PRZETWÓRSTWA

Streszczenie

Recykling mechaniczny zużytych wytworów polimerowych odbywa się zwykle w złożonych systemach, w których zasadniczą rolę odgrywają procesy separacji, czyszczenia i dezintegracji. Przedmiotem rozprawy były badania procesów cięcia i rozdrabniania poliolefin o strukturze porowatej w aspekcie ich ponownego wykorzystania w przetwórstwie. Na podstawie analizy stanu literatury omówiono stan badań rozdrabniania tworzyw porowatych, scharakteryzowano procesy cięcia i rozdrabniania, a także odniesiono się do rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń do rozdrabniania tworzyw polimerowych. Przedstawiono także wpływ głównych czynników konstrukcyjnych i technologicznych na efektywność procesu rozdrabniania. Głównym celem badań doświadczalnych było podniesienie efektywności procesu dezintegracji tworzyw poliolefinowych o strukturze porowatej, a zwłaszcza ustalenie charakterystycznych, korzystnych parametrów konstrukcyjno-technologicznych procesów cięcia i rozdrabniania ze względu na możliwość dalszego przetwórstwa uzyskanych recyklatów porowatych w standardowych maszynach do wytłaczania i wtryskiwania termoplastów. Dążono do ustalenia wzajemnych relacji pomiędzy procesami składowymi, z uwzględnieniem specyfiki porowatej nadawy o właściwościach sprężysto-plastycznych.

Badaniom poddano porowate tworzywa poliolefinowe wytworzone w warunkach laboratoryjnych metodą wtryskiwania i wytłaczania z wykorzystaniem poroforów chemicznych o różnej charakterystyce. Ze względu na specyfikę dwufazowej struktury tworzyw porowatych procesy rozdrabniania i cięcia realizowano w specjalnie skonstruowanych stanowiskach badawczych. Analizowano wpływ cech konstrukcyjnych rozdrabniacza, zwłaszcza jego układu tnącego, na przebieg cięcia, opisany między innymi poprzez pomiar siły na nożu ruchomym i nieruchomym. Oszacowano także wpływ warunków technologicznych procesu rozdrabniania na jego efektywność, stosując ocenę wielokryterialną. Dla dużej próby badawczej ziaren recyklatów wyznaczono zbiór wskaźników określających ich cechy geometryczne. Badania te stanowiły podstawę do ustalenia korzystnego, w aspekcie wtórnego przetwórstwa, rozkładu uziarnienia rozdrobnionych poliolefin porowatych. Oznaczono ponadto podatność na przetwarzanie otrzymanych recyklatów. Do wytworzenia materiału wtórnego wykorzystano dwugniazdową formę z wymiennymi wkładami z systemem gorącokanałowym oraz wtryskarkę o napędach elektrycznych. Porównano wyniki badań właściwości mechanicznych wyprasek wtórnych do materiałów porowanych w pierwotnym przetwórstwie, a także odniesiono je do stopnia rozdrobnienia recyklatów.

Weryfikację uzyskanych rezultatów dotyczących wtórnego wtryskiwania recyklatów poliolefin porowatych był eksperyment przeprowadzony w warunkach przemysłowych, na przykładzie wytwarzania grubościennego elementu konstrukcyjnego, stosowanego w przemyśle samochodowym.

W celu rozszerzenia i pogłębienia interpretacji wyników przeprowadzono badania stopnia krystaliczności i rozkładu porów w strukturze materiałów wtórnych. Wyniki badań eksperymentalnych pozwoliły na ustalenie korzystnych rozwiązań konstrukcyjno-technologicznych dotyczących realizacji procesów składowych recyklingu mechanicznego poliolefin porowatych. Rozprawę zakończono podsumowaniem oraz wnioskami o charakterze poznawczym i utylitarnym.

THE SURVEY OF GRINDING PROCESSES OF POROUS POLYOLEFIN AND THEIR DISINTEGRATION SUSCEPTIBILITY CONSIDERED IN THE ASPECT OF THEIR RE-PROCESSING

Summary

Mechanical recycling of waste polymer products is usually conducted within complex systems, where the processes of separation, cleaning and grinding are of major importance. The subject of the present dissertation was the study of porous structure polyolefin cutting and grinding processes considered in the aspect of their re-use in processing. On the basis of current bibliography analysis, the status of the survey of porous plastic material grinding was discussed, physical models of cutting and grinding processes were presented as well as constructional solutions of polymer material grinding devices were referred to. Furthermore, the influence of major constructional and technological factors on the grinding process effectiveness was characterised. The primary target of experimental survey was to increase the effectiveness of porous structure polyolefin disintegration process, in particular – to define specific positive constructional-technological parameters of cutting and grinding from the point of view of the possibility of further processing of the porous recyclates obtained in standard thermoplastic material extrusion and injection machines. The pursued goal was to define the inter-relationship among the constitutive processes, taking into account the specifics of porous input material elasticity-plastic properties.

The survey was conducted upon porous polyolefin materials obtained in laboratory conditions by extrusion and injection moulding with the use of chemical porophores of differentiated characteristics. Due to the specifics of two-phase porous plastic material structure, the processes of grinding and cutting were realised at specially designed research stations. The influence of the grinder constructional features, especially its cutting unit, on the cutting efficiency, defined among others by the measurement of the force on the moving and fixed knives was analysed. Additionally, the influence of technological conditions of grinding process on its effectiveness was estimated with the use of multi-criteria evaluation. A set of factors defining their geometrical features was determined for a large survey sample of recyclate grains. The survey composed a basis to define the advantageous from the point of view of re-processing ground porous polyolefin granule distribution. In addition, the susceptibility of the obtained recyclate to processing was defined. A two-nest mould with interchangeable inserts and hot-runner system plus electrical injection machine were used to produce the recyclate. The results of testing the mechanical properties of recyclates were compared with porous materials in primary processing; moreover, the results were referred to the recyclate granularity degree.

The verification of the obtained results concerning porous polyolefin recyclate injection moulding was an experiment conducted in industrial conditions on the example of a thick-walled constructional part for automotive industry.

In order to extend and deepen the interpretation of the recyclate testing results, a study of their crystallisation degree and pore distribution in their structure was conducted. The experimental research results allowed to define advantageous constructional-technological solutions concerning the realisation of constitutive processes of porous polyolefin mechanical recycling. The dissertation is recapitulated with conclusions of cognitive and utilitarian character.