

STRESZCZENIE

Niniejsza rozprawa doktorska opisuje zagadnienia z zakresu technologii wytwarzania wylewanych wielowarstwowych folii PP (CAST PP) oraz doboru odpowiednich modyfikatorów celem poprawy ich właściwości mechanicznych w niskich temperaturach (-20°C) w porównaniu do standardowej folii CAST PP. Podzielona została na dwie główne części badawczą i wdrożeniową. Pierwsza z nich obejmuje 4 rozdziały: Pierwszy z nich - wprowadzenie, przedstawia pokrótce polipropylen jako materiał opakowaniowy, opisuje metody produkcji folii wylewanych z tworzyw sztucznych oraz pokazuje główne problemy technologiczne w produkcji wielowarstwowych folii na bazie poliolefin. W rozdziale 3 przedstawiono cele, tezy i zakres pracy. Rozdział 4 to opis prac badawczych, które obejmowały trzy główne obszary: (1) Analizę wpływu ilości modyfikatora na właściwości folii CAST PP, (2) Analizę możliwości zastosowania wtórnego PP i ocena jego wpływu na właściwości folii CAST PP, (3) Określenie wpływu dodatku bio-węgla na właściwości folii CAST PP. Kolejny 5 rozdział rozprawy doktorskiej obejmuje część wdrożeniową doktoratu i przedstawia przygotowania do procesu wdrożenia modyfikowanej folii CAST PP, wykorzystywane materiały, opis linii technologicznej i jej wstępne parametry pracy. Zawiera on także opis technologii wytworzenia prototypu folii CAST PP ze zdefiniowaną zawartością modyfikatora i ewentualnych napelnaczy. Ponadto prezentuje sporządzoną dokumentację techniczną i technologiczną oraz uzyskane certyfikaty. Rozdział ten zawiera również opinie klientów na temat nowego typu folii CAST PP. W rozdziale 6 pracy przedstawiono wnioski końcowe (poznawcze i użytkowe) a w rozdziale 7 dalsze kierunki badań. Ponadto rozprawa doktorska zawiera: spis treści oraz bibliografię, streszczenie w języku polskim i angielskim a także 5 załączników.

Celami niniejszej rozprawy doktorskiej było opracowanie udoskonalonej technologii produkcji folii CAST PP pozwalającej na wytwarzanie minimum trójwarstwowej folii polipropylenowej o wysokiej udarności w ujemnych temperaturach (-20°C) poprzez jej modyfikację plastomerami lub elastomerami nadającymi się do procesu wylewania oraz opracowanie receptury folii polipropylenowej w zakresie grubości 25–40 mikrometrów o znacząco podwyższonych właściwościach mechanicznych w niskich temperaturach, w stosunku do folii PP aktualnie dostępnych na rynku. Postawiona hipoteza badawcza zakładała, że istnieje możliwość wytworzenia wielowarstwowej folii polipropylenowej technologią wylewania (CAST) umożliwiającą uzyskanie podwyższonych właściwości mechanicznych folii, zwłaszcza w niskich temperaturach. Przeprowadzone w ramach doktoratu badania umożliwiły

wytworzenie prototypu wielowarstwowej folii polipropylenowej CastfolPP XP002 technologią wylewania (CAST) o podwyższonej udarności w niskich temperaturach. Uzyskano ją poprzez modyfikację elastomerem nadającym się do procesu wylewania. Ponadto opracowano receptury folii polipropylenowej w zakresie grubości od 25 do 40 mikrometrów o znacząco podwyższonych właściwościach mechanicznych w niskich temperaturach, w stosunku do folii aktualnie dostępnych na rynku. Uzyskane rezultaty prac umożliwiły wdrożenie do praktyki przemysłowej prototyp folii CastfolPP XP002 na bazie dodatku COHERE co pozwala stwierdzić, że powyższa Hipoteza została potwierdzona. Przeprowadzone badania pozwoliły na wykazanie, że dodanie modyfikatora COHERE do receptury kompozycji produkcyjnej folii CAST PP pozwala na uzyskanie jej podwyższonych właściwości mechanicznych. Potwierdzono ponadto możliwość zastosowania wtórnego polipropylenu do produkcji folii CAST PP przy zachowaniu jej właściwości wytrzymałościowych i barierowych, jak dla oryginalnych folii. Wykazano również, że dodatek - do wylewanej folii polipropylenowej CAST PP może być w niektórych zastosowaniach alternatywnym napełniaczem w stosunku do kredy wykorzystywanej obecnie do jej modyfikacji. W ramach prac wdrożeniowych przygotowano skład recepturowy, dokumentację technologiczną i techniczną folii CAST PP, uzyskano wymagane certyfikaty oraz wykonano z pozytywnym wynikiem testy u klientów. Opracowane w ramach doktoratu rozwiązania umożliwiają wytwarzanie znacząco ulepszonych wielowarstwowych folii CAST PP, głównie dla przemysłu opakowaniowego. Wykonane w ramach niniejszego doktoratu wdrożeniowe prace pozwoliły także na stworzenie unikalnej w skali świata wiedzy technicznej, którą firma Eurocast będzie mogła implementować w zastosowaniach praktycznych zarówno na polskim, jak i europejskim rynku produkcji wielowarstwowych folii CAST PP. Opracowana i wdrożona w ramach doktoratu wdrożeniowa folia CastfolPP XP002 jest produktem, który spółka dostarczać będzie na rynki w całej Europie do produkcji głównie woreczków typu „wicket”, ulepszonym zarówno pod względem mechanicznym oraz materiałochłonnym. Wytwarzając folię o dużo mniejszej grubości dajemy możliwość znacznego zmniejszenia wagi opakowania oraz zwiększenia wydajności produkcji. Folia CastfolPP XP002 wpisuje się również w grupę folii do produkcji woreczków do pakowania świeżych warzyw i owoców na pionowych automatach pakujących. Jest to bardzo wymagająca aplikacja pod względem wytrzymałości mechanicznej. Powyżej wspomniana folia idealnie nadaje się na te zastosowanie, bo dzięki niej możliwe będzie zmniejszenie grubości opakowania co obecnie jest niemożliwe ze względu na obniżoną odporność mechaniczną. Taka oszczędność jest doskonałym rozwiązaniem zgodnym z aktualnymi trendami rynkowymi dążącymi do zmniejszenia wagi opakowań.

ABSTRACT

This doctoral dissertation describes issues related to the technology of manufacturing multilayer PP CAST films (CAST PP) and the selection of appropriate modifiers to improve their mechanical properties at low temperatures (-20°C) compared to standard CAST PP film. It is divided into two main parts: research and implementation. The first one includes 4 chapters: The first one - introduction, briefly presents polypropylene as a packaging material, describes the methods of manufacturing CAST films from plastics and shows the main technological problems in the production of multilayer films based on polyolefins. Chapter 3 presents the objectives, theses and scope of the work. Chapter 4 is a description of research work, which covered three main areas: (1) Analysis of the effect of the amount of modifier on the properties of CAST PP film, (2) Analysis of the possibility of using secondary PP and assessment of its effect on the properties of CAST PP film, (3) Determination of the effect of biochar addition on the properties of CAST PP film. The next 5th chapter of the doctoral dissertation covers the implementation part of the doctorate and presents preparations for the implementation process of the modified CAST PP film, the materials used, a description of the technological line and its initial operating parameters. It also contains a description of the technology for producing a prototype of the CAST PP film with a defined content of the modifier and possible fillers. In addition, it presents the prepared technical and technological documentation and the obtained certificates. This chapter also contains customer opinions on the new type of CAST PP film. Chapter 6 of the work presents the final conclusions (cognitive and utilitarian) and Chapter 7 presents further directions of research. In addition, the doctoral dissertation contains: a table of contents and a bibliography, a summary in Polish and English as well as 5 annexes.

The objectives of this doctoral dissertation were to develop an improved technology for the production of CAST PP film, which allows for the production of a minimum of three-layer polypropylene film with high impact strength at negative temperatures (-20°C) by modifying it with plastomers or elastomers suitable for the CASTing process, and to develop a recipe for a polypropylene film in the thickness range of 25–40 micrometers with significantly improved mechanical properties at low temperatures, compared to the PP films currently available on the market. The research hypothesis assumed that it is possible to produce a multilayer polypropylene film using CASTing technology that allows for obtaining improved mechanical properties of the film, especially at low temperatures. The research conducted as part of the doctoral dissertation enabled the production of a prototype of a multilayer polypropylene film CastfolPP XP002 using CASTing technology with increased impact strength at low temperatures. It was obtained by modifying it with an elastomer suitable for the CASTing

process. In addition, polypropylene film recipes were developed in the thickness range from 25 to 40 micrometers with significantly improved mechanical properties at low temperatures, compared to the films currently available on the market. The obtained results of the work allowed the implementation of the CastfolPP XP002 film prototype based on the COHERE additive into industrial practice, which allows us to state that the above Hypothesis has been confirmed. The conducted studies allowed to demonstrate that adding the COHERE modifier to the production composition recipe of the CAST PP film allows to obtain its improved mechanical properties. In addition, the possibility of using secondary polypropylene for the production of CAST PP film was confirmed, while maintaining its strength and barrier properties, as for the original films. It was also shown that the addition of biochar to the CAST polypropylene film may be an alternative filler in some applications in relation to chalk currently used for its modification.

As part of the implementation work, the recipe composition, technological and technical documentation of the CAST PP film were prepared, the required certificates were obtained and tests were carried out with positive results at customers. The solutions developed as part of the doctorate enable the production of significantly improved multilayer CAST PP films, mainly for the packaging industry. The work carried out as part of this implementation doctorate also allowed the creation of unique technical knowledge on a global scale, which Eurocast will be able to implement in practical applications both on the Polish and European market for the production of multilayer CAST PP films. The CastfolPP XP002 film developed and implemented as part of the implementation doctorate is a product that the company will supply to markets throughout Europe for the production of mainly "wicket" type bags, improved both in terms of mechanics and material consumption. By producing a film of much lower thickness, we make it possible to significantly reduce the weight of the packaging and increase production efficiency. The CastfolPP XP002 film also fits into the group of films for the production of bags for packaging fresh vegetables and fruits on vertical packaging machines. This is a very demanding application in terms of mechanical strength. The developed and implemented film is ideally suited for this application, because it will allow for a reduction in the thickness of the packaging, which is currently impossible due to reduced mechanical resistance. Such savings are an excellent solution in line with current market trends aimed at reducing the weight of packaging.