

UJEDNORODNIANIE TWORZYWA W PROCESIE WYTŁACZANIA

Emil Sasimowski

Katedra Procesów Polimerowych, Politechnika Lubelska,
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, e.sasimowski@pollub.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono badania wpływu długości układu uplastyczniającego wytłaczarki jednoślیمakowej oraz warunków wytłaczania na ujednorodnianie przetwarzanego tworzywa. Badania doświadczalne przeprowadzono na specjalnym stanowisku badawczym z zastosowaniem trzech układów uplastyczniających wytłaczarki o stosunku długości L części roboczej ślimaka do jego średnicy D wynoszącym 20, 25 oraz 30, przy prędkości obrotowej ślimaka zmienianej w zakresie od 1,67 do 3,0 s⁻¹. Ocenę ujednorodnienia tworzywa przeprowadzono metodą polegającą na wprowadzeniu znacznika koloryzującego i określeniu masy zabarwionej części wytłoczyny.

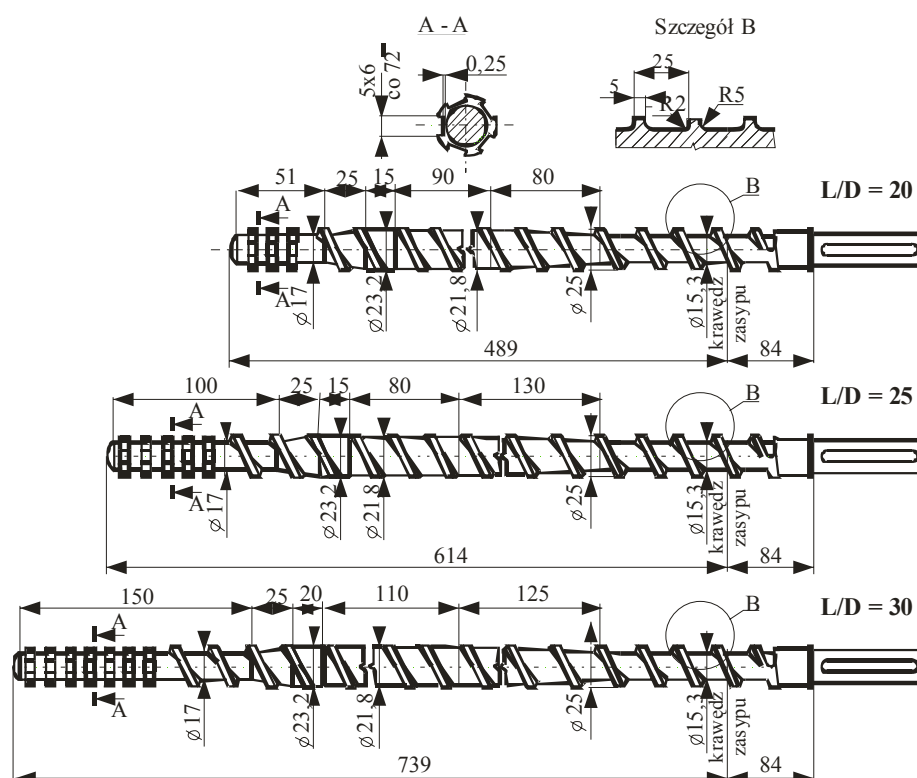
Słowa kluczowe: ujednorodnianie, homogenizacja, wytłaczanie, wytłaczarka jednoślیمakowa, znacznik koloryzujący

CHARAKTERYSTYKA BADAŃ

Celem badań było określenie wpływu długości układu uplastyczniającego wytłaczarki jednoślیمakowej oraz prędkości obrotowej ślimaka na ujednorodnianie przetwarzanego tworzywa.

Badania przeprowadzono na specjalnym stanowisku badawczym skonstruowanym w Politechnice Lubelskiej, wyposażonym w jednoślیمakową wytłaczarkę laboratoryjną z możliwością zmiany długości układu uplastyczniającego. Trzy długości układu uplastyczniającego uzyskano poprzez zastosowanie trzech ślimaków (rys. 1) zaopatrzonych w końcówki intensywnego ścinania i mieszania do przetwórstwa polietylenu małej gęstości, o stosunku L długości części roboczej do średnicy $D = 25$ mm wynoszącym 20, 25 oraz 30. Odpowiednia zmiana długości cylindra była możliwa dzięki jego segmentowej budowie. Zastosowany układ uplastyczniający miał rowkowaną strefę zasypu z czterema rowkami prostoliniowymi o szerokości 8 mm i głębokości 3,5 mm, zbieżnymi – zanikającymi na długości 68 mm. Otwór zasypowy był umieszczony niesymetrycznie w stosunku do osi układu uplastyczniającego, przesunięty w lewo o 4 mm, patrząc od strony układu napędowego. W skład stanowiska badawczego wchodziły także: głowica wytłaczarska z dyszą o przekroju kołowym i średnicy 3 mm, układ pomiarowy do zbierania i przetwarzania danych zintegrowany z komputerem, momentomierz, licznik energii elektrycznej i inne elementy składowe. Do badań użyto polietylenu małej gęstości

Malen E FABS 23-D022 oraz znacznika koloryzującego w postaci granulowanego koncentratu POLI-CH RED 39001 firmy Globar Colors Polska S.A. Proces wytłaczania rozpoczynano od nagrzania poszczególnych stref układów do zadanej temperatury, którą dobrano na podstawie doświadczeń własnych, zgodnie z wartościami podanymi w literaturze [Hansen i in. 1986, Sikora 1993, Stasiak 2007], wynoszącej odpowiednio $t_{sI} = 160^{\circ}\text{C}$, $t_{sII} = 180^{\circ}\text{C}$ oraz $t_{sIII} = 170^{\circ}\text{C}$, a w głowicy $t_{sIV} = 155^{\circ}\text{C}$. W przypadku najkrótszego z badanych układów ($L/D = 20$) był on podzielony na dwie strefy grzejne. Strefa zasypu była chłodzona powietrzem z wentylatora i miała temperaturę $t_{s0} = 40^{\circ}\text{C}$. Wytłaczanie przeprowadzono przy prędkości obrotowej ślimaka wynoszącej 1,67, 2,00, 2,33, 2,67 oraz $3,00\text{ s}^{-1}$.



Rys. 1. Ślimaki specjalne stosowane w badaniach o stosunku $L/D = 20, 25$ oraz 30

Fig. 1. The special screws used in the research $L/D = 20, 25$ and 30

Badania rozpoczynano po ustabilizowaniu się warunków przetwórstwa, co trwało około 15 min po każdej zmianie szybkości ślimaka. Obejmowały one wytłaczanie tworzywa z dodatkiem porcji znacznika koloryzującego o masie 0,018 g, którą dobrano na podstawie literatury [Radomski 2005] oraz pomiarów rozpoznawczych. Wytłaczanie prowadzono w sposób ciągły, dodając porcję znacznika w pięciu powtórzeniach i pobierając otrzymaną wytłoczynę. W celu obiektywnego rozgraniczenia obszarów zabarwionych od niezabarwionych zastosowano metodę komputerowej analizy obrazu. Otrzyma-

ne próbki wytłoczyny sfotografowano na białym tle w powtarzalnych warunkach, a otrzymane obrazy cyfrowe poddano odpowiedniej analizie. Zabarwioną część wytłoczyny określono poprzez zdefiniowanie koloru bazowego dla wszystkich próbek i procentowe określenie dopuszczalnej różnicy zabarwienia wytłoczyny w stosunku do koloru bazowego. Odcinki wytłoczyny spełniające przyjęte kryterium 15, 20 oraz 25% różnicy zabarwienia w stosunku do koloru bazowego pobierano i określano ich masę.

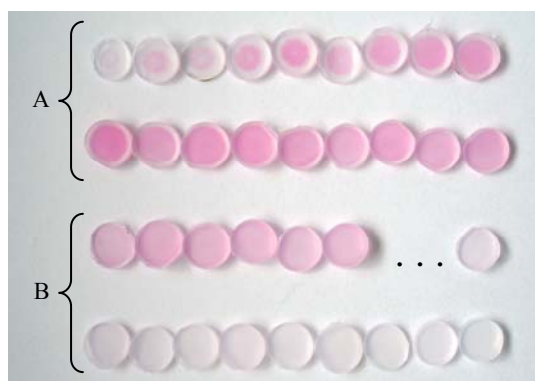
WYNIKI BADAŃ

Zaobserwowano, że otrzymana wytłoczyna charakteryzuje się zwiększeniem się zabarwienia na krótkim odcinku, a dalej stopniowo jego zanikaniem na znacznej długości do barwy własnej tworzywa (rys. 2). W wykonanych przekrojach poprzecznych wytłoczyny (rys. 3) zaobserwowano nierównomierne rozprowadzenie znacznika. Znacznik



Rys. 2. Wytłoczyna otrzymana w układzie uplastyczniającym o $L/D = 20$ przy prędkości ślimaka $1,67 \text{ s}^{-1}$

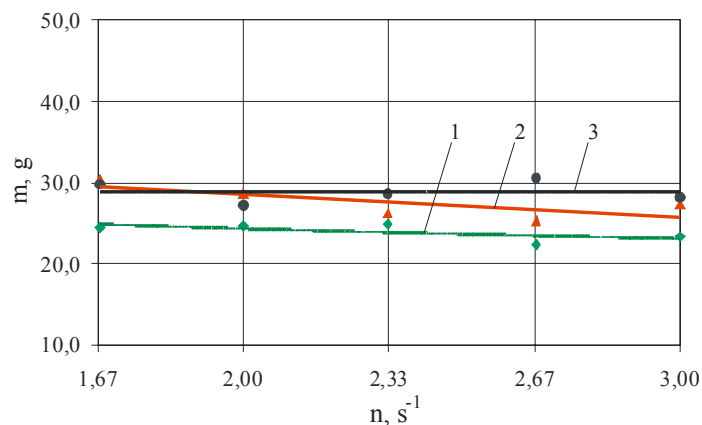
Fig. 2. The extrudate executed in the plasticizing unit about $L/D = 20$ at the speed of the screw 1.67 s^{-1}



Rys. 3. Przykładowe przekroje pobrane w odstępach A – 50 mm, B – 100 mm z wytłoczyny otrzymanej w układzie uplastyczniającym o $L/D = 30$ przy prędkości ślimaka $1,67 \text{ s}^{-1}$

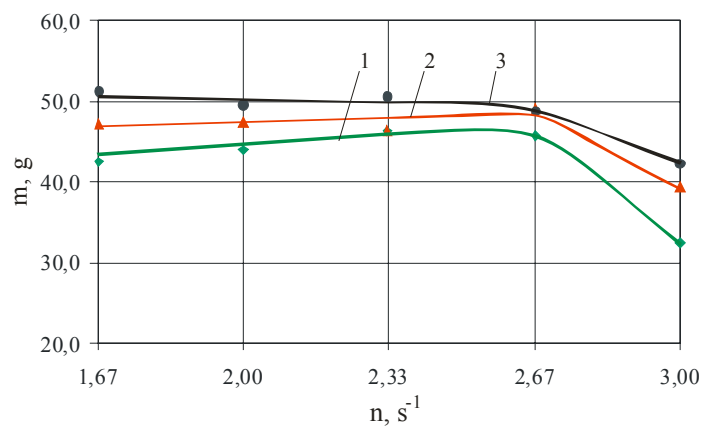
Fig. 3. The examples of cross-section tests in the space A – 50 mm, B – 100 mm from extrudate executed in plasticizing unit about $L/D = 30$ at the speed of the screw 1.67 s^{-1}

koloryzujący w początkowym odcinku wytłoczyny jest skupiony w jej środku, po czym jest rozprowadzany w kierunku powierzchni zewnętrznej. Po uzyskaniu równomiernego zabarwienia przekroju poprzecznego na odcinku długości kilkunastu centymetrów następuje stopniowe zanikanie znacznika, przy zachowaniu równomiernego jego rozprowadzenia w przekroju poprzecznym.



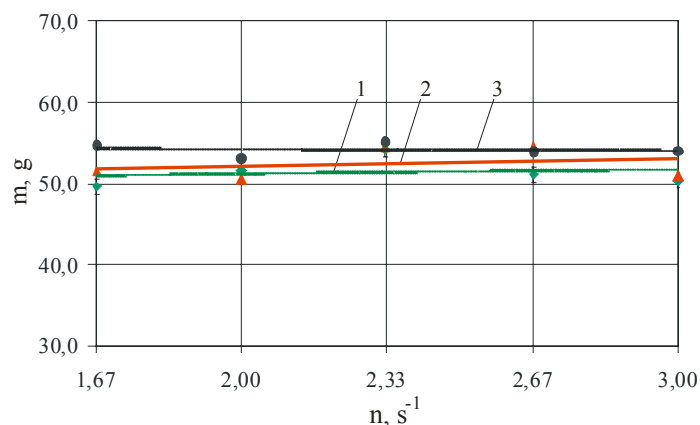
Rys. 4. Zależność masy zabarwionej części wytłoczyny (m) od prędkości obrotowej ślimaka (n), przy dopuszczalnej różnicy zabarwienia 15%, otrzymanej w układzie uplastyczniającym o długości: 1 – $L/D = 20$; 2 – $L/D = 25$; 3 – $L/D = 30$

Fig. 4. The dependence of the weight of the colored part of extrudate (m) on the velocity of the screw (n), at the possible difference of coloring 15%, executed at the plasticizing unit about length: 1 – $L/D = 20$; 2 – $L/D = 25$; 3 – $L/D = 30$



Rys. 5. Zależność masy zabarwionej części wytłoczyny (m) od prędkości obrotowej ślimaka (n), przy dopuszczalnej różnicy zabarwienia 20%, otrzymanej w układzie uplastyczniającym o długości: 1 – $L/D = 20$; 2 – $L/D = 25$; 3 – $L/D = 30$

Fig. 5. The dependence of the weight of the colored part of extrudate (m) on the velocity of the screw (n), at the possible difference of coloring 20%, executed at the plasticizing unit about length: 1 – $L/D = 20$; 2 – $L/D = 25$; 3 – $L/D = 30$



Rys. 6. Zależność masy zabarwionej części wytłoczyny (m) od prędkości obrotowej ślimaka (n), przy dopuszczalnej różnicy zabarwienia 25%, otrzymanej w układzie uplastyczniającym o długości: 1 – $L/D = 20$; 2 – $L/D = 25$; 3 – $L/D = 30$

Fig. 6. The dependence of the weight of the colored part of extrudate (m) on the velocity of the screw (n), at the possible difference of coloring 15%, executed at the plasticizing unit about length: 1 – $L/D = 20$; 2 – $L/D = 25$; 3 – $L/D = 30$

Na podstawie pomiarów stwierdzono, że zmiana prędkości obrotowej ślimaka w badanym zakresie przy założonej 15 i 25% tolerancji różnicy zabarwienia nie wpływa na masę zabarwionych odcinków wytłoczyny (rys. 4 oraz 6). Z literatury [Radomski 2005] znane jest natomiast zjawisko zmniejszania się masy zabarwionej wytłoczyny wraz ze zwiększeniem szybkości ślimaka klasycznego. Zmniejszenie masy zabarwionej wytłoczyny wystąpiło tylko, gdy ślimak obracał się z największą z badanych prędkością ($3,0 s^{-1}$), przy założeniu 20% tolerancji różnicy zabarwienia (rys. 5). Brak tego efektu w pozostałych przypadkach można tłumaczyć zastosowaniem w badaniach ślimaków zaopatrzonych w końcówki intensywnego ścinania i mieszania, które z pewnością poprawiają ujednorodnienie przetwarzanego tworzywa. Zwiększenie długości zastosowanego układu uplastyczniającego z $L/D = 20$ do 25, a następnie 30 powodowało wzrost masy zabarwionej wytłoczyny, który obserwowano niezależnie od przyjętej tolerancji różnicy zabarwienia.

WNIOSKI I USTALENIA

Na podstawie przeprowadzonych badań i obserwacji można stwierdzić, że w przypadku uplastyczniania tworzywa w układzie jednoślindakowym znacznik koloryzujący jest rozprowadzany od środka wytłoczyny w kierunku jej powierzchni zewnętrznej. Otrzymana wytłoczyna charakteryzuje się zwiększeniem się zabarwienia na krótkim odcinku, a następnie stopniowym jego zanikaniem. Zmiana prędkości obrotowej ślimaka nie wpływa na masę zabarwionej części wytłoczyny. Zwiększenie długości układu uplastyczniającego powoduje wzrost masy zabarwionej wytłoczyny, co świadczy o poprawie ujednorodniania przetwarzanego tworzywa.

PIŚMIENNICTWO

- Hansena F., Knappe W., Potente H. 1986. Handbuch der Kunststoff-Extrusionstechnik. II Extrusionsanlagen, Carl Hanser Verlag, München–Wien.
- Radomski G. 2005. Porównanie ujednokorniania tworzywa w trakcie wytłaczania w wytłaczarce ślimakowej i ślimakowo-tarczowej. *Polimery* 50, 374.
- Sikora R. 1993. Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych. Wyd. Edukacyjne, Warszawa.
- Stasiek J. 2007. Wytłaczanie tworzyw polimerowych. Wyd. Uczelniane Uniwersytetu Techniczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz.

HOMOGENIZATION OF POLYMER IN THE EXTRUSION PROCESS

Summary. There are presented investigations on the effect of the length of plasticizing unit of the single screw extruder and extrusion parameters on the homogenization of processing polymer. The experimental research was conducted on the special research stand with the use of the three plasticizing units of the extruder in the relationship of the length L of the operating part to the diameter D of the screw equaling 20, 25 and 30. The speed of the screw was changed in the scope from 1.67 to 3.0^{-1} . The assessment of the polymer homogenization was conducted on the method based on the insert of the coloring marker into the processing polymer and the determination of the weight of the colored part of extrudate.

Key words: homogenization, extrusion, single-screw extruder, coloring marker