

WYBRANE ASPEKTY WYTWARZANIA POWŁOK W PROCESIE PORUJĄCEGO WSPÓŁWYTŁACZANIA POWLEKAJĄCEGO

Tomasz Garbacz

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

Streszczenie. Odpowiednie właściwości wytrzymałościowe oraz eksploatacyjne kabli zapewnia ich powłoka zewnętrzna, wykonana najczęściej z polichlorku winylu (PVC). Modyfikacja prowadzona w Katedrze Procesów Polimerowych Politechniki Lubelskiej dotyczy wytworzenia powłoki z tworzywa porowatego, która ma mniejszą gęstość, a przez to koszty jego zakupu i transportu są niższe. Próbuje się jednocześnie zastąpić konwencjonalne procesy wytwarzania powłoki kabla procesem wytłaczania porującego. W artykule przedstawiono specyfikę procesu wytłaczania porującego tworzyw termoplastycznych. W badaniach tego procesu zastosowano nowoczesne środki porujące o endotermicznym procesie rozkładu, dozowane w ilości do 1% mas. w stosunku do masy tworzywa. Przeprowadzono obszerne badania procesu wytłaczania oraz wybranych właściwości użytkowych otrzymanych kabli.

Słowa kluczowe: tworzywa termoplastyczne, wytłaczanie porujące, środek porujący, powłoki kabli

WSTĘP

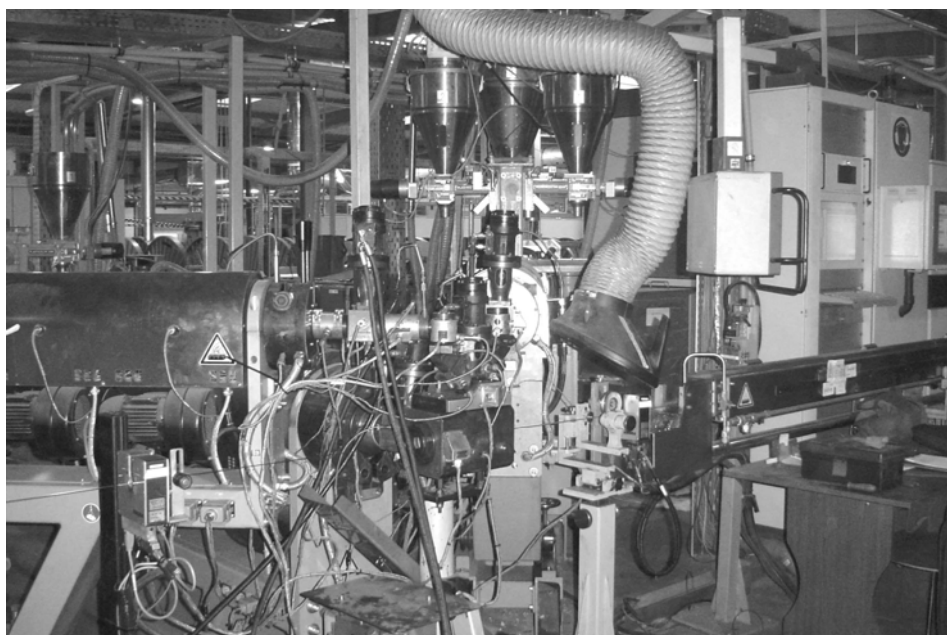
Wytłaczanie tworzyw porowatych różni się od wytłaczania tworzyw litych tym, że wytworowi w wyniku procesu przetwórczego nadaje się strukturę dwufazową tworzywo-gaz o możliwie małych i równomiernie rozmieszczonych pęcherzykach gazu. Strukturę porowatą uzyskuje się dzięki wprowadzeniu do tworzywa wejściowego środka porującego (poroforu) w postaci gazu obojętnego, cieczy niskowrzącej lub ciała stałego, który, jeżeli jest w stanie ciekłym lub stałym, przechodzi w gaz w określonych warunkach procesu wytłaczania [Sikora 1993, 2006, Tor 2006, Garbacz i Tor 2006].

Badania procesu wytłaczania porującego prowadzone w Katedrze Procesów Polimerowych [Samujło i in. 2005, Garbacz i in. 2005, Sikora i in. 2006] mają na celu m.in. uzyskanie wytworów z tworzyw porowatych. Zmniejsza to koszty zakupu tworzywa, koszty energetyczne procesu oraz koszty transportu. Badania dotyczą procesu, w którym modyfikacja właściwości wytworów jest przeprowadzana przez zmianę warunków wytłaczania oraz cech konstrukcyjnych elementów linii technologicznej. Otrzymana wytló-

czyna może mieć strukturę całkowicie litą, jak porowatą, może być porowata w całej masie, lub może mieć porowaty rdzeń, a litą powierzchnię zewnętrzną [Garbacz i in. 2005, Garbacz i Tor 2007, Sikora i in. 2007]. Efektem wytłaczania tworzyw z wykorzystaniem środków porujących są nowe, zmodyfikowane właściwości fizyczne i technologiczne wytworów porowatych [Garbacz i Tor 2006, 2007].

METODYKA BADAŃ

Proces wytwarzania powłoki żyły przewodu elektrycznego przy zastosowaniu PVC z zawartością środka porującego przeprowadzono w przedsiębiorstwie „NKT Cables” Sp. z o.o. w Warszawicach. Wykorzystano znajdującą się tam linię technologiczną współwytłaczania. W jej skład wchodzi trzy wytłaczarki firmy Rosendahl usytuowane poziomo. Wytłaczarka główna jest położona pod kątem 90° do osi głównej linii technologicznej. Po obu jej bokach są umieszczone symetrycznie wytłaczarki dodatkowe pod kątem 45° do osi głównej linii technologicznej (fot. 1).



Fot. 1. Fragment linii technologicznej współwytłaczania
Phot. 1. Technological line section for co-extrusion process

Wytłaczarka główna, w której następowało mieszanie tworzywa ze środkiem porującym, jest wyposażona w klasyczny dozownik tworzywa podstawowego oraz specjalny dozownik ślimakowy środka pomocniczego (Plasticolor 2200), umożliwiający podawanie środka porującego w ilości od 0,1% mas.

Wytłaczarka główna ma układ uplastyczniający ze ślimakiem o średnicy zewnętrznej 120 mm, zaś wytłaczarki dodatkowe charakteryzują się układami uplastyczniającymi o średnicy ślimaka 60 mm. W skład linii technologicznej wchodzi też głowica wytłaczarska kątowna stosowana do współwytłaczania powlekającego, urządzenie chłodzące (wanna chłodząca), urządzenia odbierające oraz inne niezbędne elementy. W nowatorskim procesie porującego współwytłaczania powlekającego zastosowano następujące parametry: temperatura w poszczególnych strefach grzejnych układu uplastyczniającego: 40, 160, 170, 180 oraz 175 z dokładnością $\pm 1^\circ\text{C}$; temperatura głowicy wytłaczarskiej w pięciu strefach grzania: 170, 165, 170, 170 oraz 175 z dokładnością $\pm 1^\circ\text{C}$, temperatura czynnika chłodzącego, określona za pomocą czujnika temperatury 20 z dokładnością $\pm 1^\circ\text{C}$, zadana prędkość odbioru wytwarzanej żyły przewodu elektrycznego 500 m/min; była to minimalna prędkość, z jaką może pracować opisana linia.

W programie badań przyjęto jako czynnik zmienny zawartość środka porującego w tworzywie przetwarzanym, dozowanego w zakresie 0–1% mas, odpowiednio: 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1% mas.

Jako wielkości wynikowe przyjęto: szybkość obrotową ślimaka (obr/min), zużycie energii elektrycznej w linii technologicznej współwytłaczania (kWh), oszczędności energetyczne oraz oszczędności materiałowe.

W badaniach użyto polichlorku winylu PVC o nazwie handlowej PXI-92-155-000 o gęstości 1470 kg/m^3 (według danych uzyskanych z firmy).

PVC modyfikowano nowym środkiem porującym o endotermicznej charakterystyce procesu rozkładu oraz właściwościach nukleidyzujących. Jest to środek stanowiący układ materiałowy o nazwie handlowej Hydrocerol 530, w postaci granulatu, w którym nośnikiem środka porującego jest PVC. Środkiem porującym jest mieszanina w odpowiednich proporcjach związków chemicznych, m.in.: wodorowęglanu sodowego oraz kwasu 2-hydroksypropano-trikarboksylowego.

WYNIKI BADAŃ

Podczas badań wytworzono żyły przewodu elektrycznego o symbolu YDY 450/750V $1,5 \text{ mm}^2$. Są to żyły o powłoce trójwarstwowej z PVC. Warstwa zewnętrzna (1) oraz wewnętrzna (3) powłoki są wykonane z PVC litego, zaś warstwa środkowa (2) z PVC z zawartością środka porującego. Grubość nominalna poszczególnych warstw wynosi odpowiednio: 1 – 0,2 mm, 2 – 0,37 mm, 3 – 0,1 mm.

W trakcie prowadzonych prób mierzono oraz odczytywano całkowitą moc elektryczną w linii technologicznej współwytłaczania oraz szybkość obrotową ślimaków każdej z trzech wytłaczarek.

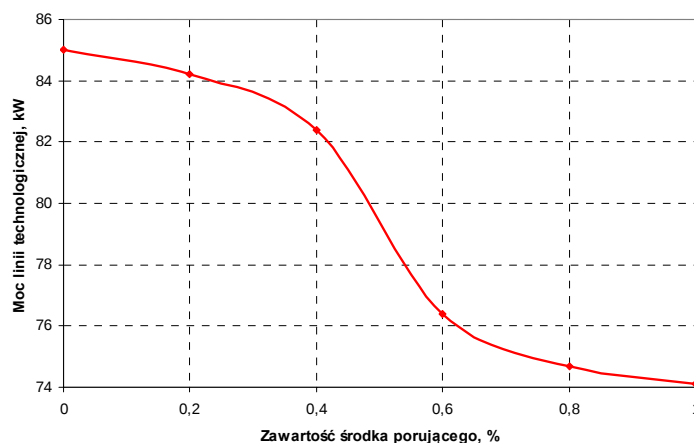
Wyniki pomiarów wymienionej mocy elektrycznej oraz jej zmiany w zależności od zawartości środka porującego w przetwarzanym PVC zestawiono w tabeli 1. W tej samej tabeli przedstawiono także szybkość obrotową ślimaków poszczególnych wytłaczarek linii technologicznej w powiązaniu z ilością środka porującego w wytłaczanym PVC. Wyniki są wartościami średnimi wszystkich pomiarów odczytywanych w czasie danej próby przemysłowej.

Tabela 1. Rezultaty pomiarów mocy elektrycznej i szybkości obrotowej ślimaków wytłaczarek linii technologicznej

Table 1. Research results of electric power and screws rotational speed of extruders in technological line

Zawartość środka porującego %	Moc linii technologicznej kW	Zmiana mocy linii technologicznej %	Szybkość obrotowa ślimaka obr/min		
			wytłaczarka 1 główna	wytłaczarka 2 dodatkowa	wytłaczarka 3 dodatkowa
0	85,0	100	12,5	16,1	22,9
0,2	84,2	98	12,1	15,7	22,4
0,4	82,0	97	12,0	15,4	22,0
0,6	76,1	89	8,6	11,1	15,8
0,8	74,7	87	7,8	10,0	14,3
1,0	74,0	86	7,7	9,9	14,2

Interpretację graficzną części danych zawartych w tabeli 1 przedstawiono na rysunku 2. Rysunek jest oryginalny w skali światowej, ale jego omówienie przekracza ramy tego raportu.



Rys. 2. Zależność mocy elektrycznej w linii technologicznej współwytłaczania od zawartości środka porującego w PVC przetwarzanym

Fig. 2. Dependence of electric power in co-extrusion technological line on contents of blowing agent in processing PVC

W obliczeniach prowadzących do wykazania oszczędności energetycznych trzeba zauważyć fakt, że tylko część mocy linii technologicznej przypada na trzy wytłaczarki. Po konsultacjach z firmą NKT „Cables” Sp. z o.o. założono, że jest to 70%. Na podstawie uzyskanych danych dotyczących: obliczeniowego czasu pracy linii technologicznej, współczynnika wykorzystania czasowego linii oraz danych o mocy trzech wytłaczarek określono oszczędności energetyczne w linii technologicznej współwytłaczania, wynikające z prowadzonego procesu wytłaczania porującego. Uzyskane wyniki obliczeń energetycznych zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie wyników obliczeń oszczędności energetycznych w kwartale

Table 2. Statement of calculation results of energetical savings in quarter

Zawartość środka porującego %	Moc trzech wyłaczarek kW	Zużycie energii kWh	Oszczędności energii kWh	Procentowe oszczędności energii %
0	59,5	122094	0	0
0,2	59,0	120945	1149	0,9
0,4	57,0	117785	4309	3,5
0,6	53,3	109310	12784	10,5
0,8	52,3	107299	14795	12,1
1,0	51,8	106294	15800	13,0

WNIOSKI I USTALENIA KOŃCOWE

Wyniki badań, ich analiza i interpretacja pozwalają na sformułowanie następujących wniosków oraz ustaleń końcowych.

1. Rodzaj oraz ilość dozowanego środka porującego była tak dobrana, że przy założonych warunkach procesu porującego współwytłaczania powlekającego otrzymano żyły przewodu elektrycznego rodzaju YDY 450/750V 1,5 mm², z powłoką trójwarstwową, mającą warstwę środkową porowatą.
2. Zastosowany podczas prób sposób dozowania środka porującego do PVC za pomocą układu ślimakowego Plasticolor 2200 okazał się efektywny. Nie stwierdzono zmian wizualnych oraz właściwości geometrycznych powłoki, wynikających z takiego sposobu dozowania i mieszania PVC ze środkiem porującym.
3. Wzrost zawartości środka porującego w PVC przetwarzanym powoduje obniżenie szybkości obrotowej ślimaków wyłaczarek linii technologicznej w zakresie od 3 do aż 39%, odpowiednio dla zawartości środka porującego w PVC od 0,2 do 1% mas.
4. Zmniejszanie się szybkości obrotowej poszczególnych ślimaków wyłaczarek skutkuje spadkiem całkowitej mocy elektrycznej w linii technologicznej współwytłaczania W3 nawet do 14%, przy zachowaniu zadanej wydajności i prędkości odbioru wytwarzanych żył przewodu elektrycznego.
5. Zmienia się charakter zależności poboru mocy w linii technologicznej od zawartości środka porującego w PVC (rys. 2) – najpierw krzywa jest wypukła, potem wklęsła, co świadczy o tym, że przy dużej zawartości środka porującego (powyżej 0,6%) w tworzywie jego działanie jest mniej skuteczne.
6. Stosowanie w procesie środka porującego w ilości od 0,4 do 0,5% mas. pozwala otrzymać wyrób w postaci żyły przewodu elektrycznego, której koszt wytworzenia jest bardzo korzystny ekonomicznie, przy zachowaniu dobrej jakości.

PIŚMIENNICTWO

- Sikora R. 1993. Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych. Wyd. Edukacyjne, Warszawa 1993, 164–166.
- Sikora R., Tor A., Garbacz T. 2007. Sposób wytwarzania powłoki polimerowej. Zgłoszenie patentowe nr P 381696.
- Tor A. 2006. The characteristics of cellular extrusion process. 9th International Symposium of Student and Young Mechanical Engineers. Advances in Mechanical Engineering, Gdańsk.
- Garbacz T., Samujło B., Jachowicz T. 2005. Foaming of extruded layers of telecommunication cables using endothermal foaming agents. 21st Annual Meeting of The Polymer Processing Society, Germany, 281.
- Samujło B., Sikora J.W., Kowalska B. 2005. Otrzymywanie wytworów z polistyrenu porowatego integralnie. Przetw. Tworzyw, 11, 6, 179.
- Sikora W., Samujło B., Kowalska B. 2006. Otrzymywanie wytworów z polistyrenu porowatego strukturalnie. Przetw. Tworzyw, 12, 1, 4.
- Sikora R. (red.) 2006. Przetwórstwo tworzyw polimerowych. Podstawy logiczne, formalne i terminologiczne. Lublin, 325–341 i 418–431.
- Garbacz T., Tor A. 2006. Aspekty wytwarzania oraz właściwości wytworów porowanych otrzymanych w procesie wytłaczania. Zesz. Nauk. 246, Chemia i Technologia Chemiczna, Przetwórstwo tworzyw polimerowych, Bydgoszcz, 37.
- Garbacz T., Tor A. 2007. Wpływ zawartości środka porującego na właściwości użytkowe zewnętrznych powłok kabli. Polimery, 52, 4, 47.
- Garbacz T., Tor A. 2007. Characteristics of producing cellular products in the extrusion process. International Conference on Polymer Processing, ICPP, China, 129.
- PN-EN 60811-1-1:1999. Wspólne metody badania materiałów stosowanych na izolację i powłoki przewodów i kabli elektrycznych.

SELECTED ASPECTS OF COATINGS PRODUCING IN CELLULAR COATING CO-EXTRUSION PROCESS

Summary. In dependence on the type and later application, the layers of cables are made from many different kinds of polymers. However, most often, because of good mechanical properties and many other advantages, they are first of all made from polyvinyl chloride (PVC).

The Department of Polymer Processing at the Lublin University of Technology conducts the research into cable coat modification. The main purpose of the research is to produce a coat made of cellular plastics and the effects of the research are as follows: the decreased of polymer density, purchase cost and transport cost. Simultaneously it causes that the cellular extrusion process replaces the standard coating extrusion process.

In the article specification of cellular extrusion process of thermoplastics was presented. In the research, the endothermal chemical blowing agents in amount 1.0% by mass were used. The quantity of used blowing agent has direct influence on density and structure of the received extrusion product of modified polymers.

Key words: thermoplastics polymers, coating extrusion, blowing agents, cables coatings