

Kinga MENCEL<sup>1</sup>, Dorota CZARNECKA-KOMOROWSKA<sup>1</sup>, Tomasz GARBACZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Politechnika Poznańska

Instytut Technologii Materiałów

Zakład Tworzyw Sztucznych

e-mail: kinga.mencel@put.poznan.pl

## Wpływ krotności przetwórstwa na palność poliamidu 6

**Streszczenie:** W pracy określono wpływ krotności przetwarzania na palność poliamidu 6 oraz wybrane właściwości mechaniczne. Badaniom poddano granulaty oraz kształtki wtryskowe z polimerów pierwotnych oraz po 1-krotnym, 2-krotnym, 3-krotnym oraz 4-krotnym recyklingu. Właściwości mechaniczne PA 6 określono w próbie statycznego rozciągania. Palność próbek oceniono na podstawie testu UL94 oraz indeksu tlenowego OI. Stwierdzono, że na właściwości termiczne i krotność ich przetwarzania wpływa rodzaj użytego antypirenu.

**Słowa kluczowe:** poliamid 6, palność

### INFLUENCE OF THE MULTIPLICITY OF PROCESSING ON THE FLAMMABILITY OF POLYAMIDE 6

**Abstract:** In work defined impact times the processing on the flammability of polyamide 6 and mechanical properties. Research has been the primary polymer injection moulded parts and granules and 1 x, 2 x, 3 x and 4 x. The mechanical properties of PA 6 specified in the static stretching. Flammability samples was assessed on the basis of the test and the oxygen index UL94 OI. It was found that the thermal properties and times the processing affects the type of used antypirenu.

**Keywords:** polyamide 6, flammability

## 1. WPROWADZENIE

Poliamid 6 (PA6) jest jednym z ważniejszych polimerów konstrukcyjnych. Jest tworzywem, które pali się w płomieniu, kapiąc palącymi się kroplami po usunięciu źródła ognia. Stopione krople zwiększają powierzchnię palenia oraz powodują szybkie rozprzestrzenianie się ognia [1]. Jest to tworzywo o niezbyt dużej wartości indeksu tlenowego (OI $\approx$  22) [2]. W celu uodpornienia materiałów polimerowych na zapłon, spalanie płomieniowe, szerzenie się ognia oraz wydzielanie dymu i toksycznych gazów, najczęściej dodaje się do nich sproszkowane substancje chemiczne, nazywane antypirynami lub opóźniaczami palenia (flame retardant), które w procesie technologicznym powinny zostać jednorodnie zdyspergowane w tworzywie [3]. Zadaniem antypirenów jest zwiększenie ognioodporności materiałów polimerowych względnie modyfikacja ich zachowania się w płomieniu. [4]. Istotnym problemem jest czy wprowadzony modyfi-

kator zachowuje swoje właściwości w wyniku wielokrotnego przetwórstwa. W pracy zbadano wpływ krotności przetwórstwa na palność uniepalnionych poliamidów

## 2. CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Do badań stosowano następujące materiały:

- PA6 Tarnamid uniepalniony niewzmocniony T-27 MCS
- PA6 Tarnamid uniepalniony wzmocniony T-27 GF30

Znormalizowane próbki do badań palności i właściwości mechanicznych wykonywano za pomocą wtryskarki Engel (typu ES 80/20HLS, ze ślimakiem o średnicy 22 mm i stosunku L/D = 18). Przed wtryskiwaniem granulaty oryginalny PA6 oraz recyklaty suszono w takich samych warunkach (temp. 80 ° C w czasie 8 h). Parametry procesu wtryskiwania: temperatura dyszy 250 ° C a szybkość wtrysku na 80 mm/s dla PA6 Tarnamid T-27 GF30 FR V0

oraz 110 mm/s dla PA6 Tarnamid T-27 MCS V0. Ciśnienie wtrysku ustawione zostało na 960 bar a docisku na 700 bar, czas docisku 2s 18 a prędkość dozowania 165 obr/min.

## 2.1. METODY BADAŃ

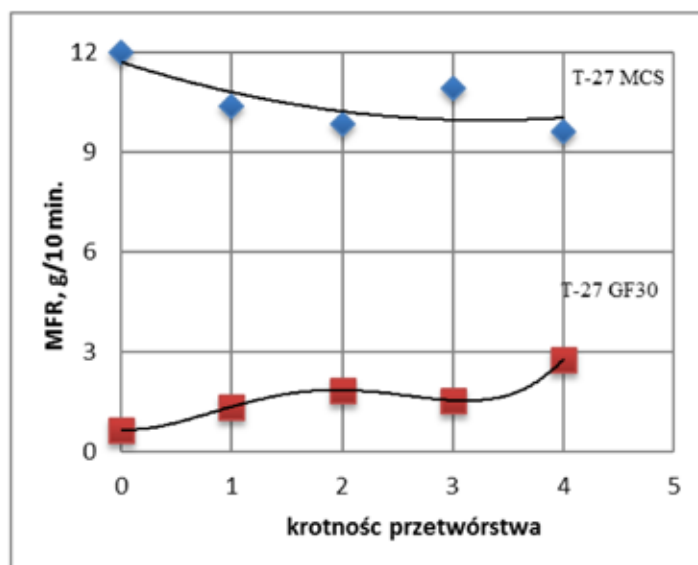
- Wskaźnik szybkości płynięcia (*MFR*) oznaczano w temperaturze  $230 \pm 1^\circ\text{C}$  przy obciążeniu 2,16 kg z użyciem plastomeru MP-IIIRT-M, zgodnie z normą PN-EN ISO 1133:2006.
- Test płomieniowy pionowo zamocowanych próbek (określenie klasy palności) wykonano zgodnie z normą PN-EN 60695-11-10 (odpowiednik testu UL-94).
- Palność próbek oznaczano metodą wskaźnika (indeksu) tlenowego wg PN-EN ISO 4589-2:2006, za pomocą aparatu produkcji angielskiej. Badano próbki o wymiarach  $100 \times 10 \times 4$  mm z oznakowaną długością odcinka spalania próbki 50 mm od wierzchołka, zapalanego palnikiem gazowym (gaz propanbutan) w ciągu 5 s. W warunkach stałej szybkości przepływu azotu wynoszącej  $14 \text{ dm}^3/\text{min}$ , dobierano szybkość przepływu tlenu tak, aby próbka spalała się w ciągu 180 s. Wartość in-

- deksu (wskaźnika) tlenowego OI (oxygen index), będącego miarą zapalności materiałów polimerowych i oznaczającego najmniejsze stężenie tlenu w mieszaninie z azotem o temp.  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ , przy którym palenie się materiału jest zaledwie podtrzymywane wyznaczono zgodnie z przepisami dostępnymi w literaturze [5,6].
- Próby statycznego rozciągania wykonano zgodnie PN-EN ISO 527-2:1998 stosując maszynę wytrzymałościową Instron model 4481, współpracującą z programem komputerowym BLUEHIL, rejestrującym wyniki pomiarów. Rozciągano znormalizowane próbki w postaci wiosełek z prędkością 50 mm/min, w temp.  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ .

## 3. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Na rysunku 1 przedstawiono wartości wskaźnika szybkości płynięcia (*MFR*) badanych materiałów, który jak wiadomo jest pośrednią miarą lepkości stopionego tworzywa [7].

Na podstawie przeprowadzonych badań nie stwierdzono istotnych różnic w przypadku poliamidu 6 ( T-27 MCS). Dla PA6 GF30 uzyskano 4-krotny wzrost *MFR* w czwartym recyklicie



Rys. 1. Wskaźnik szybkości płynięcia

Fig. 1. Melt Flow Index

w stosunku do polimeru pierwotnego. Wynika to prawdopodobnie z postępującej degradacji (skracania) włókna szklanego w kolejnych cyklach recyklingu i związanego z tym zwiększania zdolności do płynięcia stopu tworzywa (spadek lepkości).

Zadaniem antypirenu wprowadzonego do osnowy poliamidowej jest poprawa cech pożarowych PA6. Na podstawie przeprowadzonych badań palności testu UL- 94 stwierdzono, że w przypadku osnowy polimerowej zawierającej włókna szklane krotkość przetwórstwa nie wpływa na zmianę klasy palności. Zarówno materiał oryginalny jak po czterokrotnym przetwórstwie próbki zachowywały klasę palności V0 ( zgodna z karta technologiczna podawana przez producenta). Inne zjawisko zauważono w przypadku poliamidu 6 bez włókna szklanego. Drugi cykl przetwórstwa spowodował, że wykonane próbki zaczynały kapać, nie powodowały jednak zapalenia bawełny. Takie zachowanie materiału zgodnie z normą pozwala zakwalifikować materiał do klasy palności V1 (rys.2). Dalsze przetwórstwa wpłynęło na obniżenie klasy palności bowiem podczas próby od odrywających się kropli następowało zapalenie się bawełny. Oznacza to że materiał PA6 (T-27 MCS) należy zakwalifikować do klasy palności V2.

W tabeli 1 przedstawiono kategoryzację poszczególnych materiałów



Rys. 2. Sposób palenia próbki T-27 MCS po dwukrotnym przetwórstwie  
Fig. 2. How to burn a T-27 MCS sample double processing

Tabela 1. Klasy palności poszczególnych materiałów

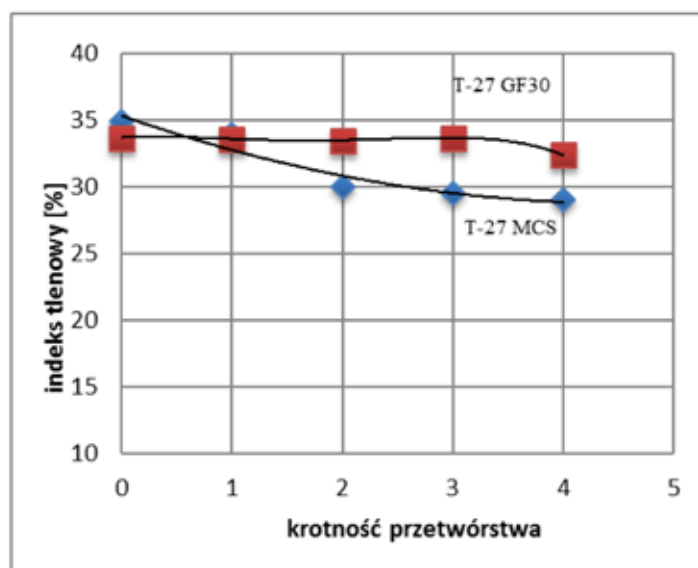
Table 1. Flammability class individual materials

Badany materiał		Klasa palności
T-27 MCS	oryginał	V0
	X 1	V1
	X 2	V2
	X 3	V2
	X 4	V2
T-27 GF30	oryginał	V0
	X 1	V0
	X 2	V0
	X 3	V0
	X 4	V0

Zmiany indeksu tlenowego zostały przedstawione na rysunku 3. Dla poliamidu T-27 GF 30 uzyskano niewielkie zmiany OI (zakres zmian 32,4-33,7%). Natomiast w przypadku osnowy poliamidowej bez dodatku włókna szklanego zmiany indeksu tlenowego były znaczne (29,9 – 34,9). Prawdopodobnie związane jest to z czę-

ściową degradacją polimeru, lub też antypirenu podczas kolejnego przetwórstwa.

Krotność przetwórstwa jak i obecność antypirenow wpływa na właściwości mechaniczne materiałów polimerowych. Wartości wytrzymałości na rozciąganie, modułu Younga przedstawiono w tabeli 2–3.



Rys. 3. Wyniki indeksu tlenowego  
Fig. 3. Oxygen index

Tabela 2. Właściwości mechaniczne T-27 MCS

Table 2. Mechanical properties T - 27 MCS

Badany materiał	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	Moduł Younga [MPa]	Odkształcenie [mm]	
T-27 MCS	oryginał	43,66±0,68	1837±21	56,63±28,14
	X 1	43,24±1,12	1742±64	26,36±14,40
	X 2	45,3±0,84	1900±61	65,29±24,47
	X 3	67,43±2,47	2725±64	5,89±3,22
	X 4	72,7±2,07	2714±93	4,64±0,10

Tabela 3. Właściwości mechaniczne T-27 GF30

Table 3. Mechanical properties T-27 GF30

Badany materiał	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	Moduł Younga [MPa]	Odkształcenie [mm]	
T-27 GF30	oryginał	106,52±1,37	5719±311	4,67±0,23
	X 1	91,26±0,81	5660±169	4,82±0,06
	X 2	100,26±1,06	6764±112	4,08±0,16
	X 3	94,16±0,72	5965±683	4,3±0,06
	X 4	87,01±0,93	6123±235	4,16±0,09

Na podstawie analizy wyników badań właściwości wytrzymałościowych w próbie statycznego rozciągania stwierdzono, że wytrzymałość badanych materiałów w wyniku krotnego przetwórstwa ulega nieznacznemu obniżeniu (T-27 GF30). Zgodnie z oczekiwaniami krotność przetwórstwa wpływa na obniżenie wydłużenia, przy czym największą zmianę można było zauważyć pomiędzy oryginalnym poliamidem T-27 bez włókna szklanego, a czterokrotnie przetworzonym.

#### 4. PODSUMOWANIE

Krotność przetwórstwa wpływa na zmianę klasyfikację palności niemodyfikowanej osnowy poliamidowej, z klasy V0 (podawane przez producenta) do klasy palności V2. Klasa palności V2 charakteryzuje materiały, które pomimo braku utrzymywania płomienia powodują zapalenie innych części poprzez kapanie palących kropli. Ma to istotne znaczenie w przypadku stosowania recyklatów polimerowych na elementy

narażone na ogień. W wyniku wielokrotnego przetwórstwa następuje poprawa wytrzymałości na rozciąganie i sztywności materiałów.

#### LITERATURA:

1. B.N. Jang, C.A. Wilkie, *Polymer* 2005, 46, nr 10, 3264.
2. Y. Liu, Q. Wang, *J. Polym. Res.* 2009,16, nr 5, 583.
3. S. Boryniec, W. Przygocki, *Polimery*,1999,44, nr 2, 87.
4. K.Kelar, K.Mencel, Ł. Kemnitz *Przem. Chem.* 2013, 92,, 9, 1755
5. G. Janowska, W. Przygocki, A. Łochowicz, *Palność polimerów i materiałów polimerowych*, WNT, Warszawa 2007
6. Praca zbiorowa, *Materiały polimerowe oobniżonej palności*, red.B. Jurkowski, H. Rydarowski, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – Państwowego Instytutu Badawczego, Radom 2
7. Li S., Yuan H., Yu T., Yuan W., Ren J., *Flame-retardancy and anti-dropping effects of intumescent flame retardant incorporating montmorillonite on poly(lactic acid)*, *Polym. Adv. Technol.*, 2009, no. 20, 1114-1120.

Data wpłynięcia artykułu do redakcji: 14-07-2017

Data akceptacji publikacji do druku: 26-07-2017