

**Roman WRÓBLEWSKI<sup>1</sup>, Piotr OSIŃSKI<sup>2</sup>, Michał STOSIAK<sup>2</sup>, Rafał CIEŚLICKI<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny  
Katedra Odlewnictwa, Tworzyw Sztucznych i Automatyki  
ul. Smoluchowskiego 25, 50-372 Wrocław

<sup>2</sup> Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, Katedra Eksploatacji  
Systemów Logistycznych, Systemów Transportowych i Układów Hydraulicznych  
ul. Smoluchowskiego 48, 50-372 Wrocław  
e-mail: rafal.cieslicki@pwr.edu.pl

## **Wpływ warunków eksploatacji rur wentylacyjnych na zmiany właściwości polipropylenu samogasnącego, z którego były wytworzone**

### **The Influence of Operating Conditions on Changes in the Properties of Ventilation Pipes Made of Self-extinguishing Polypropylene**

The article presents the results of comparative studies of selected mechanical properties (e.g. tensile modulus, tensile stress, notched impact, hardness) of self-extinguishing polypropylene (PPs) samples from three ventilation ducts. The samples were drawn from conduits used for a period of three years inside and outside the building (roof of the building) and, for comparison, from the new conduit. The climatic conditions on which the ventilation duct, placed on the roof, is exposed are temperate climate, group of warm climates, transitional type. Six pieces of samples were prepared for each material from each conduit to determine the mechanical properties. The results of the measurements are also compared with the catalog data provided by two manufacturers of this type of material. Based on the investigations of selected mechanical properties of self-extinguishing polypropylene derived from the operating elements of ventilation ducts, it can be stated that after three years of their use, no significant deterioration of the tested features of the material was observed. However, the impact strength and hardness assays have already shown changes in these properties for samples taken from the ducts used in comparison with the samples from the new duct. These data may indicate that the polypropylene aging process has started as a result of its operation for a period of three years both inside and outside the premises. However, comparing these results with catalog data for plastics dedicated to such applications, the stated changes in some properties do not disqualify the product for further use.

**Keywords:** polypropylene self-extinguishing, tensile test, bending test, impact test, hardness measurement, ventilation pipes

## **Wstęp**

Polipropylen jest jednym z najbardziej popularnych tworzyw konstrukcyjnych. Jest tworzywem częściowo krystalicznym o właściwościach zbliżonych do polietylenu dużej gęstości, cechuje się jednak mniejszą gęstością. Inne korzystne parametry w porównaniu do polietylenu to większa wytrzymałość mechaniczna,

wyższa temperatura zeszklenia, wyższa temperatura mięknięcia. Niekorzystną cechą polipropylenu jest natomiast jego słaba odporność na utlenianie, jak również brak odporności na działanie promieni UV [1, 2]. Materiał ten wykorzystywany jest praktycznie we wszystkich gałęziach przemysłu. W przemyśle chemicznym wykorzystywane są wanny galwaniczne i zbiorniki na chemikalia wykonane z polipropylenu. W budownictwie stosuje się rury wykonane z tego materiału w instalacjach wodnych, wentylacyjnych i centralnego ogrzewania. Korzystne własności polipropylenu wykorzystuje się także w przemyśle włókienniczym, gdzie przędzy polipropylenowych używa się w celu poprawy właściwości dzianin [3].

Popularność tego materiału wynika z jego wielu zalet [4, 5]:

- ciężar właściwy poniżej  $1\text{g/cm}^3$ ,
- możliwość stosowania w temperaturze  $100^\circ\text{C}$ , krótkotrwale do  $120^\circ\text{C}$ ,
- wysoka odporność na pęcznienie,
- dobra zgrzewalność,
- dobra odporność na ścieranie,
- dobra elastyczność,
- izolacyjność elektryczna,
- łatwość obróbki termoplastycznej,
- niska przewodność cieplna,
- bardzo niska higroskopijność,
- wysoka odporność chemiczna,
- podatność na recykling,
- obojętność fizjologiczna.

Polipropylen samogasnący (PPs) jest materiałem wykorzystywanym w systemach wentylacji, klimatyzacji i odprowadzania spalin. Jego zaletą jest to, że, zgodnie z normą DIN 4102 [6], należy do materiałów trudnozapalnych (B1). Producenci PPs jako jego główną wadę wskazują na to, że ulega on degradacji pod wpływem działania czynników atmosferycznych, zwłaszcza pod wpływem oddziaływania promieniowania UV. Działanie promieni UV przyspiesza starzenie materiału, co objawia się typowo obniżeniem masy molowej polimeru, zwiększeniem kruchości i spękaniem materiału, a także powstaniem przebarwień i w związku z tym pogorszeniem wizualnym jakości powierzchni zdegradowanego elementu [7, 8]. Aby zminimalizować niekorzystny wpływ działania tlenu i promieni UV, wprowadza się do polimeru środki pomocnicze w postaci odpowiednich stabilizatorów [1]. W przypadku wyrobów polimerowych eksploatowanych w różnych warunkach, zwłaszcza tych, które są narażone na oddziaływanie zespołu czynników atmosferycznych, w tym najbardziej destrukcyjnego promieniowania UV, prowadzi się tzw. badania starzeniowe dla oceny okresu możliwości eksploatacji tych wyrobów bez znaczącej zmiany ich właściwości użytkowych. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań porównawczych wybranych właściwości mechanicznych dla próbek pobranych z trzech przewodów wentylacyjnych wykonanych z PPs. Przewód wentylacyjny nr 1 był zainstalowany wewnątrz budynku. Przewód nr 2 był zamontowany na dachu budynku, przez co wystawiono go na oddziaływanie warunków atmosferycznych. Dla porównania zbadano odpowiednie właściwości

PPs, pochodzącego z rury wentylacyjnej nieeksploatowanej (nowej). Przewody nr 1 oraz nr 2 eksploatowano przez okres 3 lat.

Budynek, w którym eksploatowany był przewód wentylacyjny oznaczony jako nr 2, znajdował się na terenie Wrocławia. Warunki klimatyczne, na jakie był wystawiony, to klimat umiarkowany, grupa klimatów ciepłych typu przejściowego.

## 1. Metodyka badań

W celu wyznaczenia wybranych własności mechanicznych przygotowano próbki do badań. Do przeprowadzenia prób rozciągania, zginania i udarności przygotowano po 6 sztuk próbek pobranych z każdego przewodu. Ponieważ przewody mają kształt rury, jedyną metodą uzyskania próbek jest ich wycięcie. Zatem z każdego przewodu wycięto próbki wykrojnikiem na prasie hydraulicznej. Próbki wycięto wzdłuż osi przewodu, wybrano obszary, które charakteryzowały się najgładszą powierzchnią, o możliwie jak najmniejszych śladach użytkowania.

Zastosowany wykrojnik wykrawa próbki - wiorełka odpowiadające typowi 1B wg normy PN-EN ISO 527:2012 [9].

Próby rozciągania przeprowadzano na maszynie wytrzymałościowej Instron model 3369 wyposażonej w: uchwyty o zacisku ręcznym, ekstensometr o bazie pomiarowej 50 mm oraz głowicę pomiarową siły do 50 kN.

Próby zginania przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej Tinius Olsen H25KT, wyposażonej w głowicę o zakresie pomiarowym 10 kN oraz w uchwyt do zginania 3-punktowego. Rozstaw podpór wynosił 56,3 mm. Prędkość przesuwu trawersy wynosiła 1,8 mm/min.

Do próby udarności użyto młota Charpy'ego produkcji VEB Leipzig z wahadłem 0,1 kpm. Przeprowadzono pomiary twardości metodą wciskania kulki za pomocą twardościomierza produkcji VEB Leipzig - WMW Heckert. Średnica wciskanej kulki to 2,5 mm, a zastosowane obciążenie 15 kG. Czas prowadzenia każdej próby to  $15 \pm 1$  s. W zależności od pochodzenia próbki oznaczano je cyframi 1, 2 i 3 - odpowiednio do stosowanego oznaczenia przewodu, z którego pochodziły, z dodaniem litery odpowiednio dla prób przeznaczonych do analiz: R - rozciągania, Z - zginania, U - udarności oraz TZ - twardości mierzonej od strony zewnętrznej i TW - od strony wewnętrznej.

W tabelach 1 i 2 (odpowiednio szerokość i grubość) przedstawiono wymiary próbek. Szerokość próbek mierzono za pomocą suwmiarki z odczytem cyfrowym, wymiary w tabeli podano w mm. Odchylenie wyznaczono na poziomie ufności 95%.

Grubość próbek mierzono za pomocą śruby mikrometrycznej, wymiary w tabeli podano w mm. Odchylenie wyznaczono na poziomie ufności 95%.

Można zauważyć, iż zarówno szerokość, jak i grubość poszczególnych próbek nie są sobie równe. O ile rozrzut szerokości próbek wynika ze sposobu przygotowania próbek - w tym przypadku wykrawania próbek wykrojnikiem, o tyle rozrzut grubości próbek wynoszący w przybliżeniu 0,2 mm dla każdego z przewodów

świadczy o stałej zmienności grubości ścianek wytwarzanych przewodów mieszczącej się zazwyczaj w przedziale  $\pm 0,1$  mm.

Tabela 1. Zestawienie szerokości próbek wraz ze średnią i odchyleniem

Table 1. Summary of width of the samples with the average and deviation

Lp.	1R	2R	3R	1Z	2Z	3Z	1U	2U	3U
1	11,86	11,54	11,49	11,49	11,83	11,37	11,54	11,65	11,53
2	11,73	11,71	11,72	11,77	11,80	11,65	12,12	11,78	11,72
3	11,79	11,91	11,66	12,16	11,75	11,61	11,65	11,53	11,61
4	11,65	11,82	11,46	11,61	11,68	12,00	11,71	11,95	11,36
5	11,78	11,53	11,75	11,75	11,86	11,91	11,65	12,01	11,90
6	11,63	11,94	11,98	11,61	11,85	11,46	11,65	11,52	11,77
<b>Średnia</b>	<b>11,74</b>	<b>11,75</b>	<b>11,68</b>	<b>11,73</b>	<b>11,80</b>	<b>11,66</b>	<b>11,72</b>	<b>11,74</b>	<b>11,65</b>
<b>Odchylenie</b>	<b>0,10</b>	<b>0,23</b>	<b>0,22</b>	<b>0,27</b>	<b>0,08</b>	<b>0,29</b>	<b>0,23</b>	<b>0,24</b>	<b>0,22</b>

Tabela 2. Zestawienie grubości próbek wraz ze średnią i odchyleniem

Table 2. Summary of thick of samples with average and deviation

Lp.	1R	2R	3R	1Z	2Z	3Z	1U	2U	3U
1	3,70	3,93	3,78	3,54	3,86	3,68	3,61	3,99	3,78
2	3,54	4,07	3,75	3,56	3,81	3,77	3,63	3,81	3,74
3	3,58	3,98	3,69	3,52	3,86	3,74	3,58	3,90	3,90
4	3,54	4,07	3,81	3,73	3,83	3,64	3,53	3,98	3,74
5	3,58	3,88	3,61	3,65	3,86	3,59	3,67	4,02	3,74
6	3,56	4,02	3,64	3,69	3,85	3,74	3,66	3,80	3,67
<b>Średnia</b>	<b>3,58</b>	<b>3,99</b>	<b>3,71</b>	<b>3,61</b>	<b>3,85</b>	<b>3,69</b>	<b>3,61</b>	<b>3,80</b>	<b>3,76</b>
<b>Odchylenie</b>	<b>0,07</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	<b>0,10</b>	<b>0,03</b>	<b>0,08</b>	<b>0,06</b>	<b>0,11</b>	<b>0,09</b>

Dla oznaczenia twardości wycięto dodatkowo po dwie próbki z każdego przewodu ze względu na konieczność oznaczenia twardości po stronie zewnętrznej i wewnętrznej. Grubości próbek do pomiarów twardości oraz wielkość powierzchni, na której prowadzono pomiary, przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Grubość próbek do pomiaru twardości

Table 3. The thickness of the samples for measurement of hardness

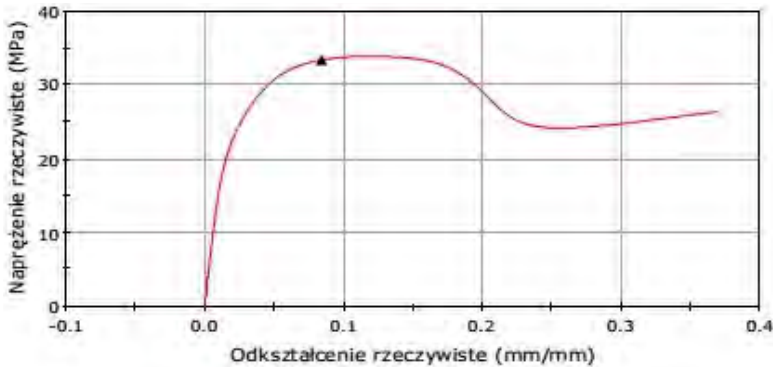
	1TZ	1TW	2TZ	2TW	3TZ	3TW
Średnia	3,77	3,73	3,75	4,02	3,87	3,73
Odchylenie	0,01	0,02	0,03	0,01	0,05	0,04
Pole powierzchni	1500	1500	1500	1200	1720	1870

Grubość próbek mierzono za pomocą śruby mikrometrycznej, długość i szerokość z użyciem suwmiarki z odczytem cyfrowym, wyniki pomiarów w tabeli podano w mm. Odchylenie wyznaczono na poziomie ufności 95%.

Po wycięciu wszystkie próbki były kondycjonowane, tzn. przebywały w pomieszczeniu o temperaturze pokojowej przez okres minimum 48 h przy wilgotności względnej powietrza wynoszącej ok. 50%.

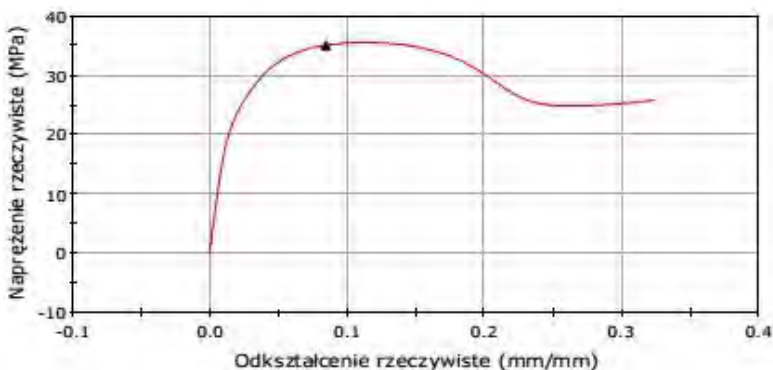
## 2. Wyniki badań

W trakcie badań przeprowadzono: próby rozciągania, zginania i próbę udarności oraz pomiar twardości. Poniżej zamieszczono przykładowe wykresy z próby rozciągania. Wyniki z prób zamieszczono w tabelach 4-8.



Rys. 1. Przykładowy wykres w próbie rozciągania materiału wyciętego z przewodu „1”

Fig. 1. Sample graph in tensile test of the samples cut from the pipe “1”

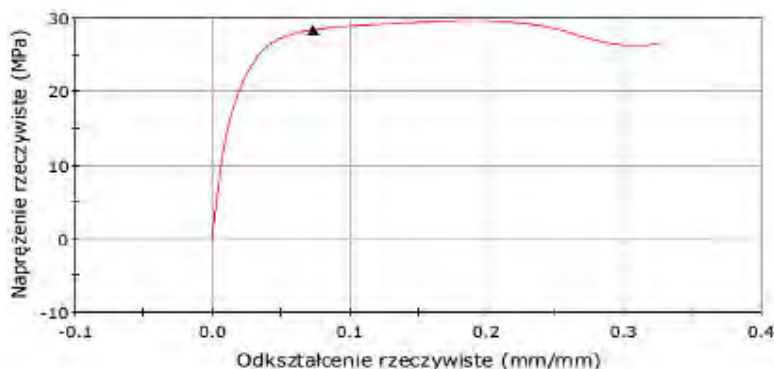


Rys. 2. Przykładowy wykres w próbie rozciągania materiału wyciętego z przewodu „2”

Fig. 2. Sample graph in tensile test of the samples cut from the pipe “2”

Na podstawie przeprowadzonych prób rozciągania próbek 1R i 2R (rys. 1 i 2) można stwierdzić, iż otrzymane wykresy mają bardzo do siebie zbliżony przebieg.

Z wykresu otrzymanego dla próbki 3R (rys. 3) można odczytać, iż zarówno granica plastyczności, jak i wytrzymałość na rozciąganie jest mniejsza w porównaniu do próbek 1R i 2R. Granica plastyczności oraz wytrzymałość dla próbek 1R i 2R są praktycznie takie same, również spadek wytrzymałości po przekroczeniu granicy plastyczności jest bardzo do siebie zbliżony oraz jest on większy aniżeli dla próbki 3R.



Rys. 3. Przykładowy wykres w próbie rozciągania PPs wyciętego z przewodu „3”

Fig. 3. Sample graph in tensile test of the samples cut from the pipe “3”

Wartości średnie wyników otrzymanych w testach rozciągania wraz z odchyleniem na poziomie ufności 95% zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Wyniki próby rozciągania

Table 4. The results of the tensile test

Lp.		Przewód „1”	Przewód „2”	Przewód „3”
1	Moduł sztywności przy rozciąganiu $E$ , MPa	1402 $\pm$ 213	1616 $\pm$ 240	1573 $\pm$ 43
2	Granica plastyczności przy rozciąganiu $\sigma_y$ , MPa	32,9 $\pm$ 0,5	32,9 $\pm$ 0,7	27,5 $\pm$ 0,5
3	Wydłużenie przy granicy plastyczności $\epsilon_y$ , %	8,9 $\pm$ 0,2	7,6 $\pm$ 0,5	7,6 $\pm$ 0,5

Próbie zginania przeprowadzono w celu wyznaczenia modułu sztywności przy zginaniu ( $E_f$ ) oraz wytrzymałości na zginanie ( $\sigma_{f3,5\%}$ ). Ponieważ podczas przeprowadzonych testów zginania próbki nie pękały, przyjęto odkształcenie równe 3,5% jako kryterium zakończenia próby i dla tego odkształcenia wyliczono naprężenie zginające, które dla takiego przypadku przyjmuje się jako wytrzymałość na zginanie.

W tabeli 5 przedstawiono wartości średnie dla przeprowadzonych prób oraz wyznaczono odchylenie na poziomie ufności 95%.

Tabela 5. Wyniki próby na zginanie

Table 5. The results of bending tests

Lp.		Przewód „1”	Przewód „2”	Przewód „3”
1	Moduł sztywności przy zginaniu $E_f$ , MPa	1644 ±52	1643 ±155	1687 ±313
2	Naprężenie zginające przy $\sigma_f = 3,5\%$ , MPa	37,1 ±2,2	36,0 ±3,3	28,5 ±2,3

W wyniku przeprowadzonych wstępnych prób udarności badanych próbek dla posiadanego młota nie było możliwe ich zniszczenie bez zastosowania karbu. W związku z tym wykonano karb na głębokość równą 3,7 mm na nacinarce do karbów, czego efektem była szerokość pozostałej w miejscu nacięcia próbki równej  $8 \pm 0,1$  mm. W tabeli 6 przedstawiono średnie wyniki próby udarności oraz wyznaczono odchylenie na poziomie ufności 95%.

Tabela 6. Wyniki próby udarności

Table 6. The results of impact tests

Lp.		Przewód „1”	Przewód „2”	Przewód „3”
1	Udarność z karbem, kJ/m <sup>2</sup>	12,2 ±0,7	10,4 ±1,3	13,0 ±0,9

Pomiary twardości wykonano w taki sposób, aby zachować minimalną odległość wynoszącą około 5 mm od brzegów próbki oraz poprzednich miejsc pomiarów. Przeprowadzono po 10 oznaczeń twardości po stronie zewnętrznej i wewnętrznej próbek pobranych z każdego badanego przewodu. Wyniki próby twardości przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Wyniki pomiaru twardości

Table 7. The results of the measurement of hardness

Lp.		Przewód „1”	Przewód „2”	Przewód „3”
1	Twardość (H147/15) - po stronie zewnętrznej, MPa	49,0 ±3,1	48,0 ±2,4	39,8 ±1,8
2	Twardość (H147/15) - po stronie wewnętrznej, MPa	42,8 ±1,5	43,1 ±1,4	33,3 ±0,4

Przeprowadzone badania wskazują, że wartości średnie wytrzymałości na rozciąganie (tab. 4) i zginanie (tab. 5) dla próbek pobranych z przewodów wentylacyjnych 1 i 2, eksploatowanych przez okres 3 lat w różnych warunkach, nie odbiegają znacząco od wartości tych parametrów dla próbki PPs pobranej z przewodu nr 3, który był elementem całkowicie nowym. Dostatecznie różnią się pomiary

modułu sztywności przy rozciąganiu - wyznaczone wartości dla próbek z przewodów nr 1 i 2 przyjmują dużo większy rozrzut wyników w porównaniu do próbek z przewodu nr 3 - nieeksploatowanego. Dodatkowo dla przewodu wentylacyjnego nr 2, który był wystawiony na działanie warunków atmosferycznych, granica plastyczności przy rozciąganiu oraz twardość z obu stron próbki mają wartości większe niż nowy element nawet o około 17%. Ponadto oznaczenia udarności (tab. 6) i twardości (tab. 7) pokazują już zmiany tych właściwości w przypadku próbek pobranych z kanałów eksploatowanych przez okres trzech lat. I tak, wytrzymałość na udar starzonych próbek z PPs jest mniejsza w stosunku do próbki niestarzonej, szczególnie w przypadku materiału eksploatowanego na dachu.

Tabela 8. Zestawienie wyników pomiarów z danymi katalogowymi dwóch producentów rur wykorzystywanych w układach wentylacyjnych

Table 8. Summary of the results of measurements including catalog data of two manufacturers of pipes used in ventilation systems

Lp.	Parametr	Przewód „1” zamontowany wewnątrz budynku	Przewód „2” zamontowany na dachu budynku	Przewód „3” rura nowa	Deklaracja „Producenta A” rura nowa	Deklaracja „Producenta B” rura nowa
1	Moduł sztywności przy rozciąganiu $E$ , MPa	1402 ±213	1616 ±240	1573 ±43	min. 1200	1600
2	Granice plastyczności przy rozciąganiu $\sigma_y$ , MPa	32,9 ±0,5	32,9 ±0,7	27,5 ±0,5	min. 30	32
3	Wydłużenie przy granicy plastyczności $\epsilon_p$ , %	8,9 ±0,2	7,6 ±0,5	7,6 ±0,5	–	8
4	Moduł sztywności przy zginaniu $E_f$ , MPa	1644 ±52	1643 ±155	1687 ±313	b/d	b/d
5	Napężenie zginające przy $\epsilon_f = 3,5\%$ , MPa	37,1 ±2,2	36,0 ±3,3	28,5 ±2,3	b/d	b/d
6	Udarność z karbem, kJ/m <sup>2</sup>	12,2 ±0,7	10,4 ±1,3	13,0 ±0,9	10	6
7	Twardość (H147/15) - po stronie zewnętrznej MPa	49,0 ±3,1	48,0 ±2,4	39,8 ±1,8	–	70
8	Twardość (H147/15) - po stronie wewnętrznej MPa	42,8 ±1,5	43,1 ±1,4	33,3 ±0,4	–	70
9	Ciężar właściwy, g/cm <sup>3</sup>	nie badano	nie badano	nie badano	0,90÷0,95	0,95
10	Udarność, kJ/m <sup>2</sup> DIN EN ISO 179	nie pęka	nie pęka	nie pęka	nie pęka	nie pęka
11	Palność DIN 4102	nie badano	nie badano	nie badano	DIN 4102 B1 trudnozapalny 2 do 20 mm	DIN 4102 B1 trudnozapalny 2 do 20 mm
12	Odporność na przebicie kV/mm	nie badano	nie badano	nie badano	–	22
13	Zakres temperatur roboczych, °C	nie badano	nie badano	nie badano	od 0 do +100	od 0 do +100



Z kolei twardość obydwu materiałów starzonych jest wyraźnie większa w stosunku do tego parametru określonego dla próbki pochodzącej z nowego kanału. Dane te mogą wskazywać na zapoczątkowany już proces starzenia polipropylenu w wyniku jego eksploatacji, zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz pomieszczeń przez okres trzech lat.

W celu stwierdzenia przydatności do dalszej eksploatacji testowanych przewodów wentylacyjnych porównano uzyskane dla nich wyniki z danymi katalogowymi dwóch producentów tworzyw przeznaczonych do takich wyrobów (tab. 8). W tym przypadku różnice wartości wybranych parametrów są bardzo zbliżone i nie różnią się więcej niż o 20%. Wyjątkiem jest twardość, która w przypadku badanych próbek jest niższa od deklarowanej przez jednego z producentów nawet o 41%. Należy też zaznaczyć, że producenci zastrzegają, iż podane wartości są wartościami orientacyjnymi i mogą się różnić w zależności od metod przetwarzania i produkcji próbek badawczych.

Z przedstawionych wyżej wyników badań porównawczych można wnioskować, że okres trzech lat eksploatacji testowanych rur wentylacyjnych jest relatywnie krótki w porównaniu do całkowitego czasu, w jakim tego typu wyroby zwykle są eksploatowane, choć już po tym czasie zauważono symptomy zapoczątkowanej degradacji badanego PPs, jednak w stopniu, który nie dyskwalifikuje badanych wyrobów do dalszego użytkowania. W celu oceny okresu możliwej eksploatacji przewodów wentylacyjnych z badanego polipropylenu samogasnącego należałoby powtórzyć badania po dłuższym okresie użytkowania przewodów albo wykonać dla takich próbek przyspieszone testy starzenia atmosferycznego w warunkach laboratoryjnych, pozwalające na znaczne skrócenie czasu dla uzyskania pożądanej odpowiedzi.

## Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań wybranych właściwości mechanicznych polipropylenu samogasnącego (PPs) pochodzącego z eksploatowanych elementów przewodów wentylacyjnych można stwierdzić, iż po 3-letnim okresie ich użytkowania nie zaobserwowano znaczącego pogorszenia badanych cech tworzywa. I tak, dla PPs z przewodu „1” zaobserwowano około 10% spadek modułu sztywności w porównaniu do odpowiedniej wartości oznaczonej dla materiału przewodu „3” - niepoddanego eksploatacji. W odniesieniu do wydłużenia przy granicy plastyczności materiał przewodu „1” wykazuje zwiększenie wydłużenia o około 15% w stosunku do materiału przewodu niepoddanego eksploatacji. W publikacjach naukowych wskazywane jest, iż w wyniku degradacji spowodowanej oddziaływaniem tlenu i promieni UV spadkowi ulega przede wszystkim odporność materiału na udar. Przeprowadzone badania wskazały, że wszystkie badane próbki nie pękają bez zastosowania karbu. Jednak po wprowadzeniu do nich karbu stwierdzono już wyraźne obniżenie parametru udarności, szczególnie w przypadku materiału pochodzącego z przewodu narażonego na działanie warunków środowiska, w tym

bezpośredniego działania promieniowania UV (spadek udarności o około 20%). W celu potwierdzenia zapoczątkowanej już degradacji materiału należałoby przeprowadzić bardziej dogłębne badania testowanych materiałów, w tym szczególnie w zakresie zmian ich struktury oraz masy molowej.

## Literatura

- [1] Hylla L., Tworzywa sztuczne. Własności, przetwórstwo, zastosowanie, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000.
- [2] Saechtling H., Żebrowski W., Tworzywa sztuczne. Poradnik, Wydanie 4 zmienione i poszerzone, WNT, Warszawa 1978.
- [3] Janicka J., Walak A., Mielicka E., Zielińska A., Kształtowanie właściwości dzianin poprzez zastosowanie przędz polipropylenowych z włókien modyfikowanych, Przegląd Włókienniczy - Włókno, Odzież, Skóra 2013, 11, 31-34.
- [4] Maier C., Calafut T., Polypropylene: the Definitive User's Guide and Databook, Norwich, Plastics Design Library, New York 1998.
- [5] Grellmann W., Seidler S., Polymer Testing, Carl Hanser Verlag, Munich 2007.
- [6] DIN 4102, Reaction to fire tests - Ignitability of building products subjected to direct impingement of flame.
- [7] Ehrenstein G., Pongratz S., Resistance and Stability of Polymers, Volume 1, Hanser Publishers, Munich 2013.
- [8] Tochacek Z.V.J., Polymer life-time prediction: The role of temperature in UV accelerated ageing of polypropylene and its copolymers, Polymer Testing 2014, Juni, 82-87.
- [9] PN-EN ISO527:2012, Tworzywa sztuczne - Oznaczanie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu.

<sup>1</sup> Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Mechanical Engineering  
Department of Foundry, Plastics and Automation  
ul. Smoluchowskiego 25, 50-372 Wrocław

<sup>2</sup> Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Mechanical Engineering  
Department of Maintenance and Operation of Logistics, Transportation  
and Hydraulic Systems  
ul. Smoluchowskiego 48, 50-372 Wrocław  
e-mail: rafal.cieslicki@pwr.edu.pl

## Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań porównawczych wybranych właściwości mechanicznych PPs (polipropylen samogasnący) dla próbek pobranych z trzech przewodów wentylacyjnych. Badaniom poddano próbki pochodzące z przewodów wentylacyjnych pracujących w różnych warunkach. Dla porównania do badań dołączono próbki pobrane z nowych przewodów. W celu wyznaczenia wybranych właściwości mechanicznych wykonywano analizy sześciu równoległych próbek. Wyniki pomiarów zestawiono z danymi katalogowymi podawanymi przez dwóch producentów tego typu elementów.

**Słowa kluczowe:** polipropylen samogasnący, próba rozciągania, próba zginania, próba udarności, pomiar twardości, rury wentylacyjne