

WPŁYW CECH KONSTRUKCYJNYCH ŚLIMAKÓW NA DEGRADACJĘ TWORZYWA W PROCESIE WYTŁACZANIA DWUŚLIMAKOWEGO

Andrzej Stasiek

Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników
ul. M. Skłodowskiej-Curie 55, 87-100 Toruń, a.stasiek@ipts.pl

Streszczenie. Zbadano wpływ różnych cech konstrukcyjnych segmentów ślimaków układów uplastyczniających na właściwości fizykomechaniczne polipropylenu przetwarzanego w procesie wytłaczania dwuślimakowego. Stwierdzono, że zastosowanie segmentu ugniatającego o przeciwnym kierunku transportowania uplastycznionego tworzywa powoduje uzyskanie polipropylenu o niższych właściwościach mechanicznych

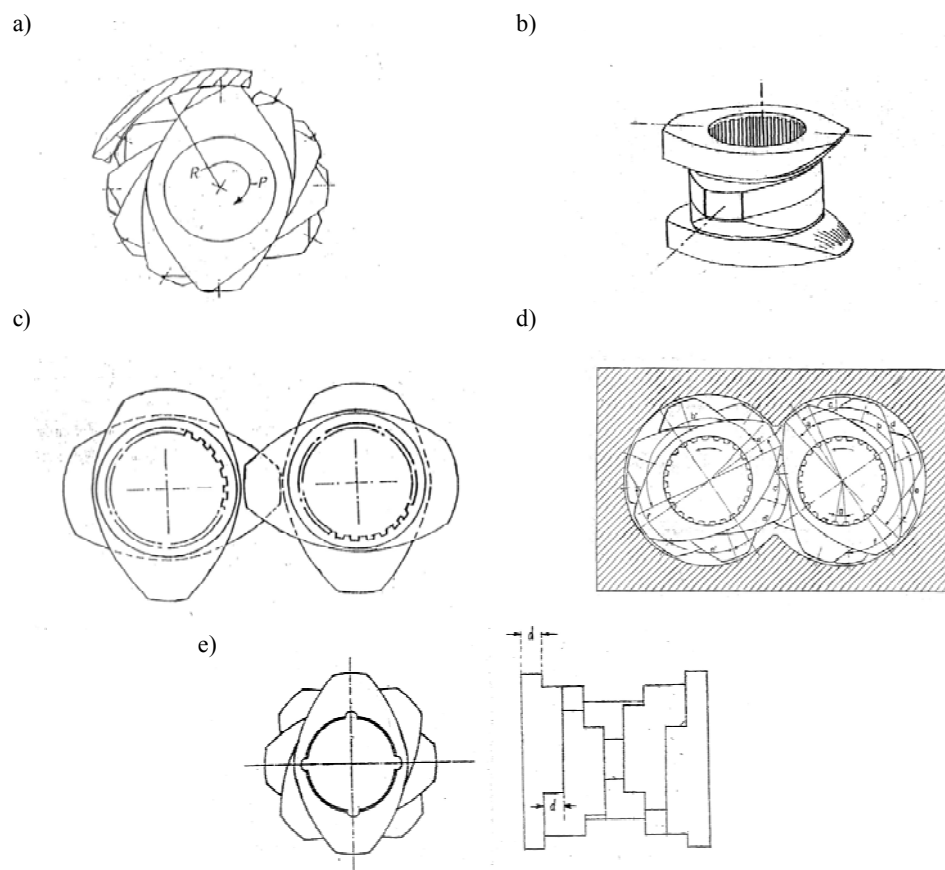
Słowa kluczowe: wytłaczanie, wytłaczarka dwuślimakowa współbieżna, segment ugniatający, degradacja

WSTĘP

We współczesnych wytłaczarkach dwuślimakowych współbieżnych strumień ciepła generowany wskutek tarcia tworzywa w układzie uplastyczniającym w większości procesów wytłaczania tworzyw polimerowych jest wystarczający do przebiegu procesu (tzn. proces wytłaczania jest prowadzony autotermicznie). Występują jednak problemy z uzyskaniem odpowiedniego przebiegu strumienia ciepła generowanego w tworzywie wzdłuż układu uplastyczniającego i formującego głowicy. Powoduje to miejscowe znaczne przegrzanie, nawet degradację tworzywa i pogorszenie jakości wytworu. Czynniki determinujące stopień degradacji tworzywa to m.in.: lokalne wartości temperatury i jej rozkład wzdłuż układu uplastyczniającego i formującego, intensywność odkształcenia w układzie uplastyczniającym, czas przebywania w układzie uplastyczniającym [Rauwendaal 1990, Sikora 1991, Żuchowska 2000].

Wpływ wymienionych czynników na degradację tworzywa zależy w istotny sposób od rozwiązania konstrukcyjnego uplastyczniającego i głowicy oraz warunków prowadzenia procesu. Szybkość ścinania tworzywa w układzie uplastyczniającym współbieżnym w kanale ślimaka osiąga wartość 360 s^{-1} , a w szczelinach międzyzwojnych ślimaków do $10\,000 \text{ s}^{-1}$, co jest wartością wysoką w porównaniu z klasycznymi wytłaczarkami jednoślimakowymi, gdzie wymieniona wartość wynosi odpowiednio 70 s^{-1} i 1400 s^{-1} .

W celu zmniejszenia szybkości ścinania, szereg firm produkujących wylączarki dwu-ślimakowe współbieżne stosuje zmodyfikowane segmenty ugniatające (rys. 1).



Rys. 1. Niektóre z rozwiązań zmodyfikowanych klasycznych segmentów ugniatających (dwugarbnych): a) segment ze zukosowanymi tarczami krzywkowymi (zmniejszającymi kąt grzbietu) [EP 0522390], b) segment ze zmniejszającą się grubością tarczy krzywkowej [EP 1035 960], c) segment o obniżonej wysokości niektórych grzbietów tarcz krzywkowych (12,5–75% głębokości kanałów ślimaka) [WO 00/47 393], d) segment o zróżnicowanej wartości kątów (α_i) między osiami symetrii tarcz krzywkowych [EP 1508 424], e) segment o zwiększonej (powyżej luzu montażowego) odległości dystansowej pomiędzy tarczami [EP 0422 272]

Fig. 1. Some solutions modified kneading elements (two lobe units): a) segment with chamfered discs (reduced angle of the lobe crest) [EP 0522390], b) segment of reduced disc thickness [EP 1035 960], c) segment of reduced height of selected lobe crests (concerning from 12,5% to 75% depth of the screw channel) [WO 00/47 393], d) segment of diversified angle value (α_i) between axis of symmetry of discs [EP 1508424] e) segment of enhanced distance between discs (above mounting clearance)

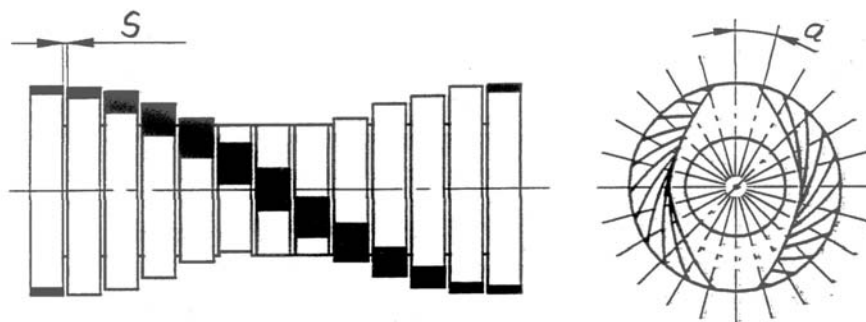
CEL, ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Materiały i linia doświadczalna

Do badania degradacji tworzywa w procesie wytłaczania dwuślimakowego użyto polipropylenu w postaci granulatu, produkcji Basell ORLEN S.A o symbolu Moplen EP 440G. Do otworu zasypowego wytłaczarki wprowadzano granulaty polipropylenu za pomocą dozownika grawimetrycznego.

Badania procesu wytłaczania PP prowadzono przy dwóch konfiguracjach ślimaków, wykorzystując linię badawczą, której podstawowym urządzeniem była wytłaczarka dwuślimakowa współbieżna firmy BÜHLER o średnicy ślimaków 20 mm i długości $L = 40D$.

Na rysunku 2 przedstawiono zastosowany w badaniach segment badawczy ugniatający, który charakteryzowany jest odstępem między tarczami krzywkowymi (s) oraz kątem wzajemnego położenia współpracujących tarcz krzywkowych (α). W każdym z segmentów badawczych użyto 13 tarcz krzywkowych o jednakowej grubości. Odstęp między tarczami uzyskano stosując tulejki dystansowe.



Rys. 2. Segment badawczy ugniatający

Fig. 2. Kneading test element

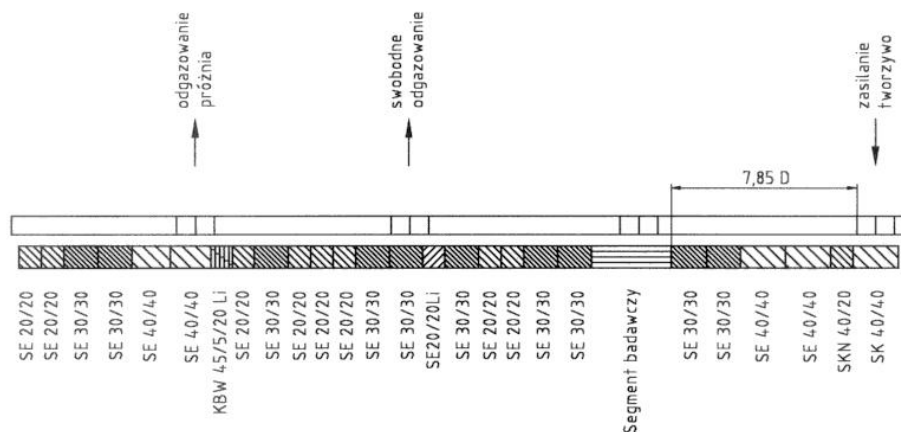
W pierwszej konfiguracji ślimaków K1 zastosowano segment badawczy I ($s = 0,5$ mm, $\alpha = 15^\circ$) natomiast w drugiej konfiguracji ślimaków K2 zastosowano segment badawczy II ($s = 5$ mm, $\alpha = -15^\circ$) (rys. 2).

Proces wytłaczania PP był wykonany przy stałej wydajności 3,5 kg/h, temperaturze stref grzejnych cylindra 195°C, 195°C, 195°C, oraz temperaturze głowicy 195°C. Szybkość obrotowa ślimaków wynosiła 3,3 s⁻¹ i 8,3 s⁻¹.

Przygotowanie próbek i metody badań

Próbki do badań wykonywano wg PN-EN ISO 294-1 metodą wtryskiwania, używając wtryskarki laboratoryjnej firmy Battenfeld GmbH Plus 35/75. Próbki poddano badaniom, określając wytrzymałość na rozciąganie (σ_M), naprężenie przy zerwaniu (σ_B), wydłużenie względne przy maksymalnym naprężeniu rozciągającym (ϵ_M), wydłużenie względne przy zerwaniu (ϵ_M), moduł sprężystości przy rozciąganiu (E_T). Zastosowano maszynę wytrzymałościową typu TIRAtest 27025 firmy TIRA GmbH Schalkau, Niemcy.

Masowy wskaźnik szybkości płynięcia MFR wg PN-93/C-89069 został wyznaczony za pomocą plastometru obciążnikowego typu LMI 4003 firmy Dynisco USA.



Rys. 3. Schemat konstrukcji ślimaków: SE – segment transportujący, KBW – segment ugniatający

Fig. 3. Screw configuration: SE – conveying element, KBW – kneading element

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Właściwości przetwórcze i mechaniczne polipropylenów uzyskanych w procesie wytłaczania dwuślimakowego współbieżnego przedstawiono w tabeli 1. Analiza wyników badań wskazuje, że istnieje zależność właściwości fizycznych PP od użytej konfiguracji ślimaków i warunków prowadzenia procesu. Zastosowanie konfiguracji ślimaków K1 powoduje uzyskanie PP o większej wytrzymałości na rozciąganie i większym module sprężystości przy rozciąganiu niż w przypadku zastosowania konfiguracji ślimaków K2. Ślimaki K2, w których zastosowano segment badawczy II charakteryzujący się przeciwnym kierunkiem transportowania uplastycznionego tworzywa powodował większe rozproszenie energii napędu ślimaka.

Tabela 1. Właściwości fizykomechaniczne PP

Table 1. Mechanical properties of PP

Badane własności	Szybkość obrotowa ślimaków (n)			
	$n = 3,3 \text{ s}^{-1}$		$n = 8,3 \text{ s}^{-1}$	
Rodzaje ślimaków	K1	K2	K1	K2
MFR _(230°C, 2,16) , g/10 min	1,4	1,5	3,2	8,3
σ_M , MPa	31,7	31,7	28,6	27,1
σ_B , MPa	25,9	25,6	4,4	16,5
ε_M , %	14,2	13,7	10,5	12,3
ε_B , %	38,3	38,0	63,2	684,2
E_T , MPa	1138,1	1127,6	1025,4	975,6

Polipropylen wytłaczany przy zastosowaniu konfiguracji ślimaków K2 i szybkości obrotowej ślimaków $n = 8,3 \text{ s}^{-1}$ miał: ok. 590% większy masowy wskaźnik szybkości płynięcia, ok. 17% mniejszą wytrzymałość na rozciąganie, ok. 1790% większe wydłużenie względne przy zerwaniu, ok. 17% mniejszy moduł sprężystości przy rozciąganiu, niż polipropylen wytłaczany przy zastosowaniu konfiguracji ślimaków K1 i szybkości obrotowej ślimaków $n = 3,3 \text{ s}^{-1}$. Jest to związane z degradacją tworzywa w procesie wytłaczania spowodowaną oddziaływaniem mechaniczno-cieplnym na tworzywo. O degradacji tworzyw może świadczyć znaczny wzrost masowego wskaźnika szybkości płynięcia i spadek wytrzymałości na rozciąganie.

Zwiększanie szybkości obrotowej ślimaków powoduje wzrost masowego wskaźnika szybkości płynięcia bez względu na zastosowaną konfigurację ślimaków.

PIŚMIENNICTWO

- Patent EP 0422 272, 1989. Misch- und knetvorrichtung.
Patent EP 0522390, 1992. Twin screw extruder.
Patent EP 1035 960, 1999. Mixing element for screw extruder.
Patent WO 00/47 393, 2000. Multi-schaft extruder kneading discs, kneading disc blocks and extruder.
Patent EP 1508 424, 2003. Schneckenmaschine mit misch- und knet-scheiben.
Rauwendaal Ch. 1990. Polymer Extrusion. Hanser Publishers, Munich, Vienna, New York.
Sikora R. 1991. Tworzywa wielkocząsteczkowe, rodzaje, właściwości i struktura. Wyd. Uczelniane Politechniki Lubelskiej, Lublin.
Żuchowska D. 2000. Polimery konstrukcyjne. WNT, Warszawa.

INFLUENCE OF THE GEOMETRY OF SCREWS ON THE DEGRADATION OF POLYMER DURING TWIN SCREW EXTRUSION

Summary. Influence of geometry of screws on physical and mechanical parameters of PP has been described. Higher values of tensile strength and elasticity modulus for PP extruded, using kneading element K1 have been obtained. Kneading element K2 has lower conveying capacity than kneading element K1. Using kneading element K2 lower values of mechanical properties of PP have been obtained.

Key words: composite, kneading element, co-rotating twin screw extruder, degradation