

Elżbieta BOCIĄGA^{a)}, Milena TRZASKALSKA^{b)}

^{a)} Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki,
Zakład Przetwórstwa Polimerów,
Al. Armii Krajowej 19C, 42–201 Częstochowa

^{b)} Czestochowa University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Computer Science,
Department of Polymer Processing,
Armii Krajowej 19th C Avenue, 42–201 Czestochowa
e-mail: trzaskalska@ipp.pcz.pl

Warunki przetwórstwa a właściwości mechaniczne wyprasek z barwionego kopolimeru ABS

Streszczenie: W artykule omówiono wpływ parametrów wtryskiwania, takich jak temperatura formy T_f i temperatura wtryskiwania T_w na właściwości mechaniczne wyprasek wytworzonych z tworzywa ABS (akrylonitryl – butadien – styren) bez oraz z dodatkiem środka barwiącego w postaci koncentratu oraz pigmentu. Koncentrat dozowano w ilości 1% i 2%, a pigment w ilości 1‰ i 2‰. Właściwości mechaniczne wyprasek wyznaczano w badaniach twardości, udarności i statycznej próbie rozciągania. Analiza uzyskanych wyników badań pozwoliła stwierdzić, że dodatek środka barwiącego nie wpływa znacząco na uzyskane wartości twardości i udarności. Natomiast zmiana warunków przetwórstwa np. podwyższenie temperatury formy, przyczyniła się do zmniejszenia twardości i jednocześnie do zwiększenia udarności. Z kolei wytrzymałość na rozciąganie próbek z tworzywa ABS niebarwionego oraz zawierającego koncentrat barwiący jest zbliżona, bez względu na warunki przetwórstwa. Natomiast, w zależności od warunków wtryskiwania, zmienia się ich odkształcenie przy zerwaniu oraz moduł sprężystości przy rozciąganiu. Zastosowanie niskiej temperatury formy wtryskowej 30°C oraz niskiej temperatury wtryskiwania 230°C przyczynia się do zmniejszenia wartości modułu sprężystości, jednak umożliwia uzyskanie większej wartości odkształcenia wyprasek przy zerwaniu.

Słowa kluczowe: ABS, koncentrat barwiący, wtryskiwanie, twardość, udarność, wytrzymałość na rozciąganie

PROCESSING CONDITIONS VS. MECHANICAL PROPERTIES OF MOULDINGS MADE OF COLOURED COPOLYMER ABS

Abstract: The results of examination of the influence of mould and injection temperature on mechanical properties of samples made of terpolymer ABS (acrylonitrile – butadiene – styrene) without and with colouring agent in the form of pigment and its masterbatches are presented in the article. Pigment was added in amount of 1‰ and 2‰, while masterbatches were added in an amount of 1% and 2%. Mechanical properties of moulded parts were determined in static tensile tests and measurements of hardness and impact resistance. The analysis of the obtained results allowed to state that addition of colouring agent does not significantly affect values of hardness and impact strength. However the change in processing conditions, eg. increasing mould temperature contributed to decrease in hardness and, at the same time, increase in impact strength. The tensile strength of mouldings made of ABS without and with addition of masterbatch is similar, regardless of the injection moulding parameters. Whereas, their strain at break and Young's modulus change, depending on the injection moulding parameters. When using the low values of mould temperature 30°C and injection temperature 230°C the lower values of Young's modulus were found, but it allows to obtain higher strain at break.

Keywords: ABS, colouring agent, injection moulding, hardness, impact strength, tensile strength

1. WSTĘP

Tworzywa polimerowe zastosowane do wytworzenia elementów konstrukcyjnych muszą charakteryzować się odpowiednimi właściwościami wytrzymałościowymi, twardością, udurowieniem, odpornością na ścieranie itp. [1, 3, 4]. Cechy te determinują zdolność materiałów polimerowych do przenoszenia m.in. obciążeń mechanicznych. Właściwości mechaniczne zależą od dwóch rodzajów czynników: wewnętrznych tj. budowy chemicznej i fizycznej polimeru (siły wiązań chemicznych, oddziaływań międzycząsteczkowych, usieciowania polimeru i stopnia krystaliczności) oraz zewnętrznych tj. warunków kształtowania i użytkowania wytworów polimerowych [3]. Ciekawym przykładem amorficznych tworzyw konstrukcyjnych wykorzystywanych na szeroką skalę jest kopolimer akrylonitryl – butadien – styren (ABS), który swoją popularność zawdzięcza istotnym cechom m.in. dobrym właściwościom mechanicznym oraz przetwórczym, dużej sztywności, udurowieniem, odpornością na czynniki agresywne w ośrodku stosowania czy możliwością uzyskiwania wyrobów o wysokiej jakości powierzchni. ABS znalazł zastosowanie w motoryzacji, lotnictwie, w produkcji artykułów gospodarstwa domowego, sprzętu RTV, części maszyn biurowych, mebli, rur, urządzeń sanitarnych, korpusów urządzeń elektrycznych itp. oraz jako składnik licznych kompozytów polimerowych [1, 3, 4]. Mimo swoich licznych zalet, nie był powszechnie stosowany, potencjał wykorzystania ABS wzrósł (tak jak w przypadku pozostałych tworzyw polimerowych) dzięki możliwości modyfikowania jego właściwości [1, 3, 4]. W tym celu stosuje się środki pomocnicze, wśród których najczęściej wykorzystywaną grupę stanowią środki barwiące. Środki barwiące z reguły nie powodują zmian w strukturze cząsteczkowej polimeru, przy czym ważna jest postać oraz ilość dozowanego środka barwiącego. Ponadto istotna jest również zgodność międzyfazowa między zastosowanym dodatkiem a polimerem, ponieważ zależą od niej właściwości mechaniczne polimeru [1, 5, 6]. Na zmianę właściwości mecha-

nicznych wyrobów z tworzywa ABS wpływają nie tylko stosowane środki dodatkowe, ale również warunki przetwórstwa [1, 7, 8].

Celem pracy było określenie wpływu parametrów przetwórstwa takich jak temperatura formy T_f i wtryskiwania T_w , a także zawartości środka barwiącego w postaci pigmentu oraz jego koncentratów na właściwości mechaniczne wyprasek z kopolimeru ABS.

2. MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Do badań wykorzystano tworzywo akrylonitryl – butadien – styren (ABS) firmy BASF o nazwie handlowej Terluran GP 35 Natur, przeznaczony do wtryskiwania. Jako środek barwiący użyto żółty pigment z grupy azowej (ang. *pigment yellow*) PY 191 oraz jego koncentraty (ang. *masterbatch*) na osnowie z tworzywa ABS i PS (udział masowy pigmentu wyniósł 20%). Koncentrat, dostarczony przez Zakłady Chemiczne Permedia Sp. z o.o. z Lublina, dozowano w ilości 1% i 2% (udział masowy), natomiast pigment w ilości 1‰ i 2‰. Tworzywo mieszano z pigmentem w szczelnym worku strunowym, ważonym przy pomocy wagi Sartorius CP 225 z dokładnością do $\pm 0,01$ mg przed i po wymieszaniu środka barwiącego z polimerem w celu określenia ilości pigmentu pozostałego w opakowaniu. Pigment PY 191 charakteryzuje się stabilnością termiczną w zakresie od 230°C do 280°C w przypadku wykorzystania do barwienia ABS [9 ÷ 11]. Tworzywa ani koncentratu nie poddawano wstępnemu suszeniu, ponieważ były one przechowywane w szczelnych, oryginalnych workach.

Próbki do badań, w kształcie wiosełek typu A zgodnych z normą PN – EN ISO 527–2:1998 [12], wykonano na wtryskarce KM65–160 C4 firmy Krauss – Maffei. Próbki wytwarzano w różnych warunkach wtryskiwania. Parametry przetwórstwa dobrano na podstawie zaleceń producenta oraz literatury [13].

Określono zmienne warunki przetwórstwa:

- temperatura wtryskiwania $T_w = 230^\circ\text{C}$ oraz 250°C
- temperatura formy $T_f = 30^\circ\text{C}$, 50°C oraz 80°C

Pozostałe parametry wtryskiwania były następujące:

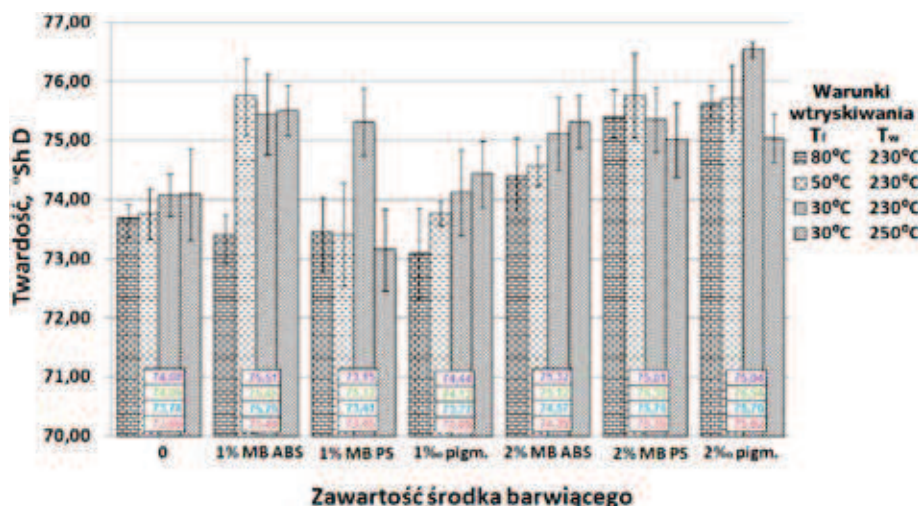
- prędkość wtryskiwania $V_w = 96$ mm/s
- ciśnienie docisku $p_d = 70$ MPa
- czas wtrysku $t_w = 0,8$ s
- czas docisku $t_d = 10$ s
- czas chłodzenia $t_{chl} = 10$ s

Wytworzone wypraski przeznaczono do badań właściwości mechanicznych. W celu określenia twardości wykonano badania metodą Shore'a typ D zgodnie z normą PN – ISO 868:2004 [14]. Twardość oznaczano w 5 punktach pomiarowych na powierzchni wypraski, numerowych kolejno w kierunku przepływu tworzywa, po upływie 1s od momentu przyłożenia iglicy twardościomierza do próbki. Kolejnym badaniem było określenie udarności z karbem metodą Charpy'ego z wykorzystaniem młota 1J (energia uderzenia), zgodnie z normą PN – EN ISO 179 – 1:2010 [15]. W badaniach twardości oraz udarności zastosowano 10 powtórzeń. W statycznej próbie jednoosiowego

rozciągania badano odkształcenie przy zerwaniu ϵ_B , wytrzymałość na rozciąganie σ_M oraz moduł sprężystości przy rozciąganiu E. Próbe rozciągania, z prędkością 10 mm/min, przeprowadzono z wykorzystaniem maszyny wytrzymałościowej Hegewald und Peschke Inspekt Desk 20 (maksymalne obciążenie – 20kN). W badaniach zastosowano 5 powtórzeń. Plan badań oraz przyjęte oznaczenia wyprasek wytworzonych w różnych warunkach wtryskiwania umieszczono w tabeli 1, gdzie MB ABS oznacza koncentrat na osnowie ABS, MB PS – koncentrat na osnowie PS, pigm. – pigment w postaci proszku.

3. WYNIKI BADAŃ

Uśrednione wyniki uzyskane w badaniach twardości metodą Shore'a typ D wyprasek wtryskowych uzyskanych przy zmiennej temperaturze wtryskiwania i temperaturze formy przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Wpływ zawartości środka barwiącego na twardość wyprasek wyznaczoną metodą Shore'a typ D
Fig.1. Influence of amount of colouring agent on hardness of mouldings determine by Shore type D

Zastosowanie środków barwiących wpływa na zmianę twardości wyprasek jednak trudno jest tutaj ustalić jednoznaczną zależność. Wypraski z niebarwionego tworzywa ABS charakteryzują się twardością w zakresie od 73,69 ShD do 74,09 ShD. W przypadku wyprasek

z tworzywa barwionego 2% koncentratu lub 2% pigmentu twardość była większa od uzyskanej dla wyprasek niebarwionych, wytwarzanych we wszystkich warunkach wtryskiwania, i zmieniała się od wartości 74,39 do 76,54 ShD. Można powiedzieć, że większa zawartość

środków barwiących skutkuje z reguły pewnym wzrostem twardości. Największą twardością charakteryzują się wypraski wytworzone przy temperaturze formy 30°C i wtryskiwania 230°C z tworzywa zawierającego 2‰ pigmentu (76,54 ShD), natomiast najmniejszą próbki wytworzone przy temperaturze formy 80°C i wtryskiwania 230°C i zastosowaniu środka barwiącego w ilości 1‰ pigmentu (73,09 ShD).

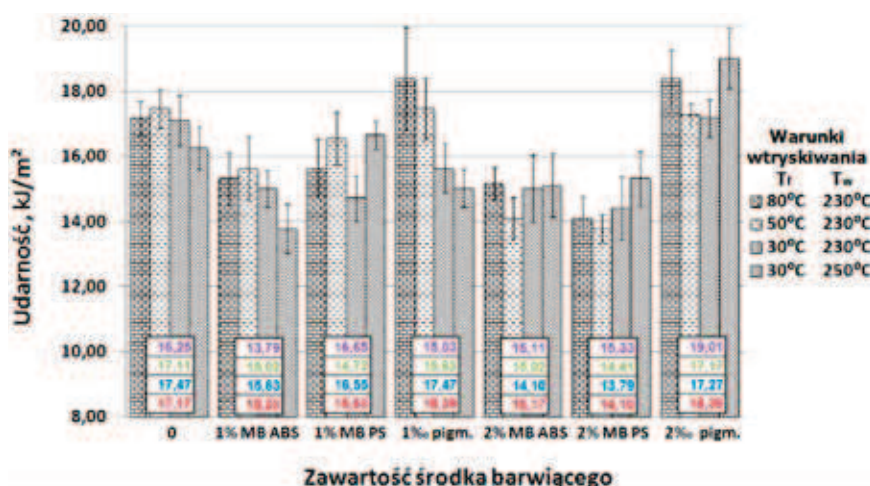
W przypadku wyprasek z ABS z dodatkiem koncentratu na bazie PS i pigmentu, bez względu na warunki wtryskiwania, ze wzrostem zawartości środka barwiącego zwiększa się twardość np. dla próbek barwionych 1% koncentratu na nośniku PS wytworzonych przy temperaturze formy 80°C twardość wyniosła 73,45 ShD, natomiast po zwiększeniu udziału koncentratu do 2% twardość zwiększyła się do 75,39 ShD. Zwiększenie twardości wyprasek z tworzywa zawierającego środek barwiący w postaci koncentratu na bazie ABS, ze wzrostem jego ilości, nastąpiło jedynie w przypadku wysokiej temperatury formy (80°C).

Można zauważyć, że zmiany twardości próbek wywołuje nie tylko dodatek pigmentu i koncentratu, ale również zmiana warunków przetworstwa. Przy zastosowaniu niskiej temperatury formy (30°C) prawie wszystkie wypraski z two-

rzywa niebarwionego oraz z dodatkiem środków barwiących charakteryzują się większą twardością niż uzyskane przy wyższej temperaturze formy. Temperatura wtryskiwania ma mniejszy wpływ na twardość wyprasek. Większość wyprasek wytworzonych przy zmiennej temperaturze wtryskiwania i niskiej temperaturze formy (30°C) charakteryzowała się zbliżoną twardością. Jedynie w przypadku wyprasek barwionych 1% koncentratu na bazie PS oraz pigmentem wzrost temperatury wtryskiwania spowodował zmniejszenie twardości.

Zmiany twardości wyprasek z tworzywa ABS z dodatkiem koncentratu na bazie PS, zwłaszcza przy jego większej zawartości, można tłumaczyć udziałem polistyrenu. Natomiast w przypadku wyprasek z tworzywa barwionego pigmentem oraz koncentratem na bazie ABS można mówić o wpływie samego krystalicznego pigmentu na niewielki wzrost twardości wyprasek. Należy jednak podkreślić, że zawartość środków barwiących zazwyczaj nie wywołuje dużych zmian twardości (stwierdzono niewielkie zmiany rzędu 1–3%).

Wyniki pomiarów udarności wyprasek wtryskowych uzyskanych przy zmiennej temperaturze wtryskiwania i temperaturze formy przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Wpływ zawartości środka barwiącego na udarność wyprasek wyznaczoną metodą Charpy'ego z karbem

Fig.2. Influence of amount of colouring agent on notched impact strength of mouldings determine by Charpy method

Środki barwiące z reguły przyczyniają się do zmniejszenia udarności wyprasek, zwłaszcza wówczas, gdy mają postać koncentratu. Największą udarnością charakteryzują się wypraski z niebarwionego ABS oraz barwionego pigmentem w postaci proszku, natomiast dodatek koncentratu (bez względu na ilość) przyczynia się zazwyczaj do jej zmniejszenia (rzędu 10–22%). W przypadku wyprasek barwionych największa udarność cechuje próbki z tworzywa barwionego 2‰ pigmentu wytworzone przy temperaturze formy $T_f = 30^\circ\text{C}$ oraz temperaturze wtryskiwania $T_w = 250^\circ\text{C}$ i wynosi $19,01 \text{ kJ/m}^2$. Najmniejsza udarność, wynosząca $13,79 \text{ kJ/m}^2$, została odnotowana dla próbek z ABS barwionego 2‰ koncentratu na bazie PS, wytworzonych przy temperaturze formy $T_f = 50^\circ\text{C}$ oraz temperaturze wtryskiwania $T_w = 230^\circ\text{C}$. Taką samą wartość uzyskano również dla wyprasek z ABS zawierającego 1‰ koncentratu na nośniku ABS, wytworzonych przy temperaturze formy $T_f = 30^\circ\text{C}$ oraz temperaturze wtryskiwania $T_w = 250^\circ\text{C}$.

Wzrost udziału koncentratu na bazie PS przyczynia się do zmniejszenia udarności barwionych wyprasek wtryskowych (o około 20%). Może być to spowodowane obecnością nośnika o innych właściwościach niż polimer niebarwiony i wynikającej stąd niejednorodności materiału. Natomiast zwiększenie zawartości koncentratu na bazie ABS oraz pigmentu przyczynia się do zwiększenia wartości udarności o ok. 10% przy zastosowaniu koncentratu i o ok. 26% przy zastosowaniu pigmentu. Ponadto w przypadku wyprasek z tworzywa barwionego pigmentem w postaci proszku w ilości 1‰ i 2‰ udarność była porównywalna bądź większa o ok. 7% niż wyprasek z ABS niebarwionego.

Rozpatrując wpływ warunków przetwórstwa na udarność próbek można zauważyć, że obniżenie temperatury formy z 80°C do 30°C przyczynia się z reguły do zmniejszenia udarności wyprasek. Jednakże w przypadku wyprasek z tworzywa niebarwionego oraz ABS z dodatkiem koncentratu na bazie ABS (1‰ i 2‰) i PS (2‰) wartości udarności są zbliżone (różnice na poziomie błędu). Istotne zmniejszenie udar-

ności przy zmianie temperatury formy odnotowano dla wyprasek z tworzywa barwionego 1‰ i 2‰ pigmentu. Dla wyprasek z tworzywa zawierającego koncentrat na bazie PS (bez względu na ilość) i 2‰ pigmentu zaobserwowano zwiększenie udarności (o około 6–11%) wraz ze wzrostem temperatury wtryskiwania do 250°C .

Tabela 1. Plan badań eksperymentalnych

Table 1. Experimental research plan

Lp.	Oznaczenie próbki	Zawartość środka barwiącego	Temperatura formy T_f [$^\circ\text{C}$]	Temperatura wtryskiwania T_w [$^\circ\text{C}$]
1	A1	0	80	230
2	A2	0	50	230
3	A3	0	30	230
4	A4	0	30	250
5	B1	1% MB ABS	80	230
6	B2	1% MB ABS	50	230
7	B3	1% MB ABS	30	230
8	B4	1% MB ABS	30	250
9	C1	2% MB ABS	80	230
10	C2	2% MB ABS	50	230
11	C3	2% MB ABS	30	230
12	C4	2% MB ABS	30	250
13	D1	1% MB PS	80	230
14	D2	1% MB PS	50	230
15	D3	1% MB PS	30	230
16	D4	1% MB PS	30	250
17	E1	2% MB PS	80	230
18	E2	2% MB PS	50	230
19	E3	2% MB PS	30	230
20	E4	2% MB PS	30	250
21	F1	1‰ pigm.	80	230
22	F2	1‰ pigm.	50	230
23	F3	1‰ pigm.	30	230
24	F4	1‰ pigm.	30	250
25	G1	2‰ pigm.	80	230
26	G2	2‰ pigm.	50	230
27	G3	2‰ pigm.	30	230
28	G4	2‰ pigm.	30	250

Wzrost udziału koncentratu na bazie PS przyczynia się do zmniejszenia udarności barwionych wyprasek wtryskowych (o około 20%). Tak jak poprzednio można to tłumaczyć obecnością nośnika o innych właściwościach niż bazy polimer niebarwiony i niejednorodnością materiału. Natomiast zwiększenie zawartości koncentratu na bazie ABS oraz pigmentu przyczynia się do zwiększenia wartości udarności o ok. 10% przy zastosowaniu koncentratu i o ok. 26% przy zastosowaniu pigmentu. Ponadto w przypadku

wyprasek z tworzywa barwionego pigmentem w postaci proszku w ilości 1‰ i 2‰ udarność była porównywalna bądź większa o ok. 7% niż wyprasek z ABS niebarwionego.

Uśrednione wartości wyników uzyskanych w próbie rozciągania zestawiono w tabeli 2, gdzie F – wartość siły maksymalnej, σ_M – wytrzymałość na rozciąganie, ϵ_M – odkształcenie przy sile maksymalnej, L_m – maksymalne wydłużenie, ϵ_B – odkształcenie przy zerwaniu, E – moduł sprężystości przy rozciągnięciu (moduł Young'a).

Tabela 2. Wartości uzyskane w próbki jednoosiowego rozciągania wyprasek z tworzywa bez oraz z dodatkiem środka barwiącego

Table 2. Results obtained in static tensile test of mouldings made of polymer without and with addition of colouring agent

Lp.	Oznaczenie próbki	F [N]	σ_M [MPa]	ϵ_M [%]	L_m [mm]	ϵ_B [%]	E [MPa]
1	A1	1814,92	45,37	15,30	6,12	18,89	2372,59
2	A2	1802,36	45,06	17,05	6,82	27,81	2347,46
3	A3	1795,52	44,89	16,45	6,58	17,98	2292,57
4	A4	1788,22	44,71	16,24	6,49	21,44	2369,53
5	B1	1798,36	43,79	17,00	6,80	24,83	2337,28
6	B2	1813,58	45,18	15,17	6,07	18,93	2395,74
7	B3	1818,86	44,49	16,22	6,49	17,49	2314,19
8	B4	1799,80	44,73	15,90	6,36	22,68	2391,18
9	C1	1751,64	44,96	16,60	6,64	18,34	2379,10
10	C2	1807,26	45,34	16,33	6,53	24,45	2339,03
11	C3	1779,44	45,47	16,77	6,71	18,11	2383,28
12	C4	1789,06	44,99	15,90	6,36	23,50	2392,68
13	D1	1714,02	43,44	14,67	5,87	24,27	2412,33
14	D2	1737,72	42,77	15,32	6,13	25,18	2287,48
15	D3	1742,18	43,55	14,92	5,97	23,93	2415,06
16	D4	1700,48	42,51	15,38	6,15	19,56	2401,96
17	E1	1694,28	42,36	13,52	5,41	22,96	2405,87
18	E2	1693,86	42,35	13,94	5,57	20,22	2393,40
19	E3	1705,06	42,63	15,43	6,17	23,85	2362,71
20	E4	1579,30	39,48	11,28	4,51	20,85	2392,38
21	F1	1624,14	40,60	13,18	5,27	14,35	2374,72
22	F2	1614,22	40,36	11,68	4,67	21,54	2390,79
23	F3	1544,72	38,62	11,38	4,55	11,54	2336,48
24	F4	1547,92	38,70	11,90	4,76	14,95	2361,20
25	G1	1575,16	39,38	11,98	4,79	18,66	2377,61
26	G2	1551,84	38,80	12,65	5,06	12,88	2317,03
27	G3	1701,32	42,53	12,92	5,17	19,64	2405,08
28	G4	1472,76	36,82	10,25	4,10	11,05	2404,99

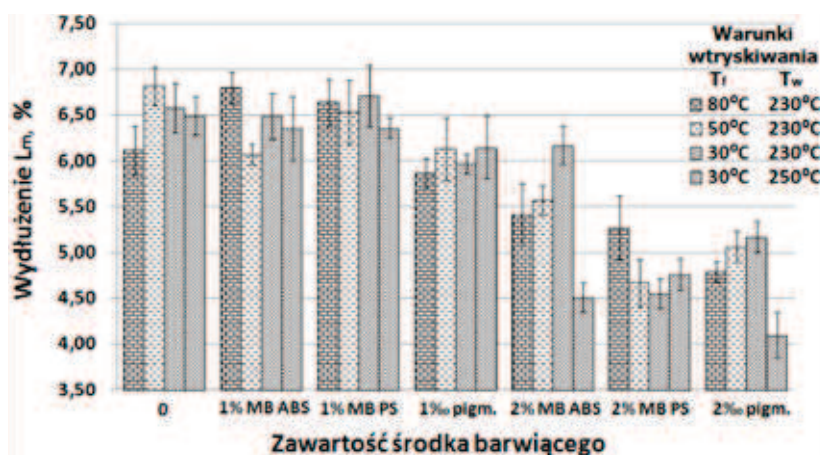
Analizując wyniki uzyskane w próbie jednoosiowego rozciągania (tab. 2) można stwierdzić, że w przypadku zastosowania temperatury formy $T_f = 80^\circ\text{C}$ i temperatury wtryskiwania $T_w = 230^\circ\text{C}$, największym odkształceniem przy zerwaniu ϵ_B charakteryzują się wypraski z tworzywa ABS z dodatkiem 1% koncentratu na bazie ABS. Niewiele mniejszą wartością odkształcenia przy zerwaniu charakteryzują się próbki wytworzone z ABS barwionego 1% koncentratu na nośniku PS. Zwiększenie zawartości koncentratu do 2% skutkuje zmniejszeniem odkształcenia przy zerwaniu, którego wartość jest zbliżona (dla kształtek z tworzywa zawierającego 2% koncentratu na nośniku PS oraz ABS) lub nieznacznie mniejsza (dla kształtek z ABS barwionego 2‰ pigmentu) w porównaniu z uzyskaną dla wyprasek z niebarwionego ABS.

Przy zastosowaniu temperatury formy $T_f = 50^\circ\text{C}$ oraz niskiej temperatury wtryskiwania $T_w = 230^\circ\text{C}$ zauważono, że największą wartością odkształcenia ϵ_B , wynoszącą 27,8%, charakteryzują się próbki z tworzywa niebarwionego (tab. 2). Najmniejszymi wartościami odkształcenia przy zerwaniu charakteryzowały się próbki z ABS barwionego pigmentem. Wynosiły one 21,54% oraz 12,88% odpowiednio dla tworzywa zawierającego 1‰ lub 2‰ pigmentu. W przypadku ABS barwionego koncentratami uzyskano wartości odkształcenia w zakresie od 18,93 (dla tworzywa z dodatkiem 1% koncentratu na osnowie ABS) do 25,18% (ABS barwiony 1% koncentratu na bazie PS).

Z kolei w przypadku wyprasek wytworzonych przy niskiej temperaturze zarówno formy (30°C) jak i wtryskiwania (230°C) zauważono, że największą wartością odkształcenia przy zerwaniu ϵ_B charakteryzują się wypraski z ABS barwionego koncentratem na nośniku PS (bez względu na ilość). Zastosowanie 1% koncentratu na bazie ABS oraz 1‰ pigmentu do barwienia próbek skutkuje uzyskaniem mniejszej wartości odkształcenia przy zerwaniu w stosunku do tej otrzymanej dla kształtek z tworzywa niebarwionego (tab. 2). Jednak zwiększenie zawartości środka barwiącego we wspomnianych formach przyczynia się do uzyskania wyprasek charakteryzujących się większym odkształceniem przy zerwaniu niż próbki z niebarwionego ABS.

Przy zastosowaniu niskiej temperatury formy $T_f = 30^\circ\text{C}$ i wysokiej temperatury wtryskiwania $T_w = 250^\circ\text{C}$ stwierdzono, że dodatek koncentratu na bazie ABS oraz zwiększenie jego zawartości do 2% przyczynia się do wzrostu wartości odkształcenia przy zerwaniu ϵ_B w porównaniu do odkształcenia próbek niebarwionych, dla których $\epsilon_B = 21,44\%$ (tab. 2). Natomiast dodanie pozostałych środków barwiących powoduje zmniejszenie wartości odkształcenia przy zerwaniu. Najmniejsze odkształcenia przy zerwaniu wynoszące 14,95% oraz 11,05% odnotowano dla próbek barwionych 1‰ i 2‰ pigmentu.

Na rysunku 3 przedstawiono wpływ środków barwiących na wytrzymałość na rozciąganie σ_M .



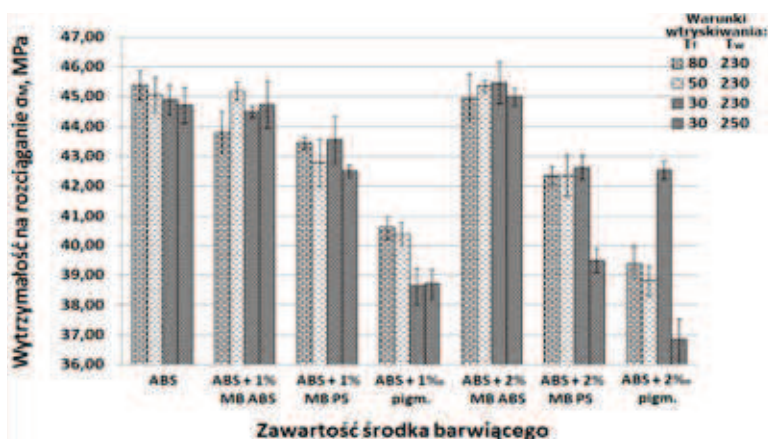
Rys.3. Wpływ zawartości środka barwiącego na wydłużenie maksymalne mierzone w próbie jednoosiowego rozciągania

Fig.3. Influence of amount of colouring agent on maximum elongation measured in tensile strength test

Dla wyprasek wytworzonych przy $T_f = 80^\circ\text{C}$ i $T_w = 230^\circ\text{C}$ stwierdzono, że wytrzymałość na rozciąganie σ_M wyprasek z tworzywa niebarwionego oraz barwionego koncentratem (zarówno na nośniku ABS jak i PS) ma zbliżoną wartość i mieści się w zakresie od 42,36 MPa do 45,57 MPa. Natomiast wypraski barwione pigmentem charakteryzują się mniejszą wytrzymałością na rozciąganie, w przedziale od 39,38 MPa do 40,60 MPa. Analizując wartości wytrzymałości na rozciąganie σ_M przy zastosowaniu średniej temperatury formy wynoszącej 50°C zauważono podobne tendencje jak przy zastosowaniu wysokiej temperatury formy. Z kolei zastosowanie niskiej temperatury formy $T_f = 30^\circ\text{C}$ i wtryskiwania $T_w = 230^\circ\text{C}$ nie wpływa znacząco na wytrzymałość na rozciąganie σ_M wyprasek z tworzywa niebarwionego oraz barwionego koncentratami – jej wartości są zbliżone, w zakresie od 42,35 MPa do 45,47 MPa. Nieco mniejsze wartości uzy-

skano w przypadku wyprasek barwionych 1‰ pigmentu, gdzie wytrzymałość wyniosła 38,62 MPa. Wypraski barwione koncentratem na bazie ABS (bez względu na ilość), wytworzone przy niskiej temperaturze formy (30°C) i wysokiej temperaturze wtryskiwania (250°C) charakteryzują się wytrzymałością na rozciąganie σ_M zbliżoną do wartości uzyskanych dla wyprasek z tworzywa niebarwionego. Barwienie koncentratem na nośniku PS oraz pigmentem powoduje zmniejszenie wytrzymałości na rozciąganie, której wartość maleje wraz ze zwiększeniem ilości wspomnianych środków barwiących. Przykładowo wypraski z ABS barwionego 2‰ pigmentu charakteryzowały się wytrzymałością na rozciąganie mniejszą o ok.18% od wyprasek z tworzywa niebarwionego.

Wpływ środków barwiących na odkształcenie przy sile maksymalnej ϵ_m przedstawiono na rysunku 4.



Rys.4. Wpływ zawartości środka barwiącego na wydłużenie przy sile maksymalnej mierzone w próbie jednoosiowego rozciągania

Fig.4. Influence of colouring agent amount on elongation at the maximum force measured in tensile strength test

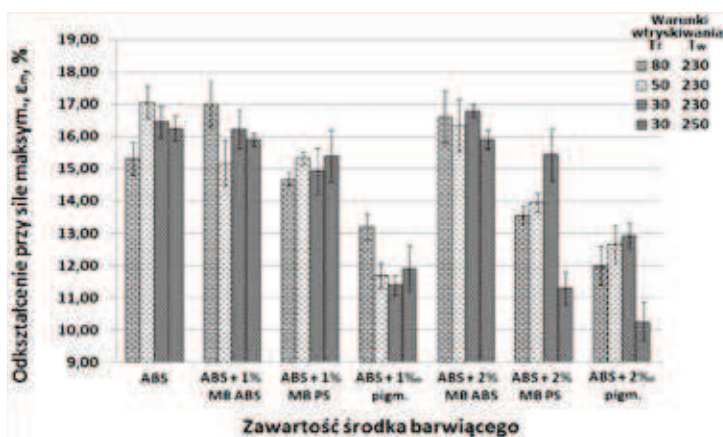
Dla wyprasek wytworzonych przy $T_f = 80^\circ\text{C}$ i $T_w = 230^\circ\text{C}$ stwierdzono, że dodatek środka barwiącego na osnowie PS i pigmentu, bez względu na ilość, przyczynia się do zmniejszenia wartości odkształcenia przy sile maksymalnej ϵ_m (np. 33% dla próbek z ABS barwionego 2‰ pigmentu w stosunku do wartości uzyskanych dla wyprasek z niebarwionego ABS, rys. 4). Dla kształtek z tworzywa z dodatkiem koncentratu na osnowie ABS stwierdzono tendencję odwrotną. Również przy za-

stosowaniu średniej $T_f = 50^\circ\text{C}$ dodatek środka barwiącego, bez względu na ilość oraz postać, powoduje zmniejszenie odkształcenia przy sile maksymalnej ϵ_m . Przy czym największy wpływ na odkształcenie odnotowano dla próbek barwionych pigmentem, gdzie ϵ_m zmniejszyło się kolejno o 31% po dodaniu 1‰ pigmentu i o 26% po zwiększeniu jego zawartości do 2‰ (rys. 4). Dodatek środka barwiącego, bez względu na jego ilość oraz postać, także przy zastosowaniu niskiej temperatury formy

wynoszącej 30°C powoduje zmniejszenie odkształcenia przy sile maksymalnej ϵ_m o około 2÷30% (rys. 4). Zwiększenie temperatury wtryskiwania z 230°C do 250°C powoduje również

zmniejszenie odkształcenia przy sile maksymalnej ϵ_m o ok. 2÷37% (rys. 4).

Na rysunku 5 zestawiono wyniki uzyskane dla pomiarów modułu Young'a E.



Rys.5. Wpływ zawartości środka barwiącego na moduł Young'a uzyskany w próbie jednoosiowego rozciągania
Fig.5. Influence of colouring agent amount on Young's modulus measured in tensile strength test

Dla wyprasek wytworzonych przy wysokiej temperaturze formy (80°C) i niskiej wtryskiwania (30°C) zauważono, że moduł sprężystości przy rozciąganiu E ulega niewielkim zmianom (rys. 5). Stwierdzono, że dodatek 1% koncentratu na osnowie ABS przyczynia się do zmniejszenia modułu E (z 2372,59 MPa do 2337,28 MPa), natomiast dodanie koncentratu na osnowie PS powoduje zwiększenie jego wartości do 2412,33 MPa przy 1% zawartości środka barwiącego i do 2405,87 MPa przy zastosowaniu 2% koncentratu. Z kolei przy niższej temperaturze formy 50°C odnotowano, że zwiększenie zawartości koncentratu na osnowie ABS oraz pigmentu powoduje zmniejszenie wartości modułu sprężystości przy rozciąganiu E. Odwrotną tendencję odnotowano dla próbek z tworzywa barwionego koncentratem na osnowie PS (rys. 5). Przy zastosowaniu $T_f = 30^\circ\text{C}$ i $T_w = 230^\circ\text{C}$ stwierdzono, że dodatek środka barwiącego skutkuje zwiększeniem o około 1÷5% modułu sprężystości przy rozciąganiu E. Podobną tendencję zauważono dla wyprasek wytworzonych przy wysokiej temperaturze wtryskiwania równej 250°C, gdzie dodatek środka barwiącego przyczynia się z reguły do zwiększenia modułu sprężystości przy rozciąganiu E (o ok. 1÷3%, rys. 5).

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone pomiary i analiza ich wyników pomogły wykazać wpływ parametrów przetwórstwa tj. temperatury wtryskiwania T_w i temperatury formy T_f na właściwości mechaniczne wyprasek wytworzonych z kopolimeru ABS bez oraz z dodatkiem środka barwiącego.

Wskazano nieznaczny wzrost twardości Shore'a typ D próbek z ABS zawierającego koncentrat na tym samym osnowie oraz pigment. Natomiast jej zmniejszenie nastąpiło w przypadku wyprasek barwionych koncentratem na nośniku PS. Większy wpływ na twardość próbek zaobserwowano podczas zmiany parametrów przetwórstwa – temperatury formy T_f oraz temperatury wtryskiwania T_w .

Środek barwiący w postaci koncentratu, z reguły, powoduje zmniejszenie udarności próbek. Jednakże próbki barwione pigmentem charakteryzują się prawie taką samą bądź większą udarnością niż próbki niebarwione.

W badaniach wytrzymałości na rozciąganie stwierdzono, że próbki wykonane z tworzywa ABS niebarwionego oraz barwionego koncentratem na bazie ABS (bez względu na warunki przetwórstwa) charakteryzują się zbliżoną

wartością wytrzymałości na rozciąganie σ_M . Dodatek środka barwiącego w postaci koncentratu na nośniku PS oraz pigmentu przyczynia się do zmniejszenia wytrzymałości na rozciąganie (nawet o 19%). Ponadto dla próbek barwionych wykazano, że zwiększenie zawartości koncentratu na bazie ABS przyczynia się, z reguły, do zwiększenia wartości odkształcenia przy zerwaniu ϵ_B , natomiast dodanie większej ilości koncentratu na nośniku PS zazwyczaj skutkuje jego zmniejszeniem. Na skutek dodania środków barwiących oraz zmiany warunków przetwórstwa, moduł sprężystości przy rozciąganiu E ulega stosunkowo niewielkim zmianom. Zaobserwowane zmiany odkształcenia przy zerwaniu i siły maksymalnej oraz wytrzymałość na rozciąganie mogą być skutkiem obciążenia zadanego podczas próby rozciągania. W rozciąganych wypraskach makrocząsteczki obracają się, prostują i przesuwiają względem siebie, a niekiedy efektem może też być zrywanie makrocząsteczek. Łatwość, z jaką makrocząsteczki przesuwiają się względem siebie, zależy w znacznym stopniu od struktury i orientacji polimeru, którą uzyskuje się m.in. podczas przetwórstwa.

Zmiany właściwości wytrzymałościowych mogą być spowodowane nie tylko warunkami przetwórstwa, ale także budową samego koncentratu. W skład koncentratów barwiących wchodzi nie tylko tworzywo bazowe i barwne pigmenty, ale również rozjaśniacze optyczne (np. biel tytanowa TiO_2) i substancje pomocnicze np. stabilizatory, środki ułatwiające homogenizację, plastyfikatory itp. Nawet niewielki ich dodatek może przyczynić się do znaczących zmian właściwości mechanicznych.

LITERATURA

1. Bociąga E., Postawa P., Trzaskalska M.: *Wpływ środków barwiących oraz warunków procesu wtryskiwania na właściwości mechaniczne ABS*, Przetwórstwo Tworzyw 2012, nr 3 (18), p. 143–146
2. Bociąga E., Trzaskalska M.: *Influence of ageing on the gloss, color and structure of colored ABS*, Color Research and Application 2015, vol. 40, nr 4, p.1–7
3. Żenkiewicz M.: *Tworzywa wielkocząsteczkowe. Polimeryzacja – właściwości – badania*, Wyd. Akademii Bydgoskiej, Bydgoszcz 2002
4. Seachtling H.: *Tworzywa sztuczne. Poradnik*, WNT, Warszawa 2000
5. Özkan Gülsoy H., Münir T.: *The effect of bronze particles on the physical and mechanical properties of acrylonitrile – butadiene – styrene copolymer*, Polymer – Plastics Technology and Engineering 2007, nr 46, p. 789–793
6. Cheang P., Khor P.A.: *Effect of particulate morphology on the tensile behaviour of polymer – hydroxyapatite composites*, Material Science and Engineering 2003, nr 345, p. 47–54
7. Trzaskalska M.: *Analiza oddziaływania środków barwiących na wybrane właściwości fizyczne i użytkowe wyprasek z terpolimeru ABS*, rozprawa doktorska, Częstochowa 2015
8. Je Kyun Lee J.K., Scott Ch.E., Virkler T.L.: *Effects of rheological properties and processing parameters on ABS thermoforming*, Polymer Engineering and Science 2001, vol. 41, nr 2, p. 240–261
9. Ivashevskaya S.N. i in.: *Structure determination of seven phases and solvates of Pigment Yellow 183 and Pigment Yellow 191 from X-ray powder and single-crystal data*, Acta Crystallographica Section B 2009, vol. B65, p. 212–222
10. Hunger K.: *The effect of crystal structure on colour application properties of organic pigments*, Review of Progress in Coloration and Related Topics 1999, vol. 29, p. 71–84.
11. Müller A.: *Coloring of plastics. Fundamentals – Colorants – Preparations*, Carl Hanser Verlag, Munich 2003
12. Norma PN – EN ISO 527 – 2: 1998: *Tworzywa sztuczne – Oznaczanie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu*
13. Zawistowski H., Zięba Sz.: *Ustawianie procesu wtrysku*, Wyd. Plastech, Warszawa 1995
14. PN – ISO 868: 2004: *Tworzywa sztuczne i ebonit. Oznaczanie twardości metodą Shore'a*
15. PN – EN ISO 179–1: 2010: *Tworzywa sztuczne – Oznaczanie udarności metodą Charpy'ego – Część 1: Nieinstrumentalne badanie udarności*

Publikację przyjęto do druku: 21.06.16