

Wielokrotne wytłaczanie kompozytu LDPE/kaolin

Adriana Brożyna, Jacek Iwko, Rafał Mrzygłód

W pracy zaprezentowano wyniki pomiarów właściwości mechanicznych i reologicznych oraz analizę energetyczną procesu wtryskiwania wyrobów z kompozytu LDPE/kaolin. Kompozyty te uzyskano w wyniku wielokrotnego wytłaczania układu LDPE/kaolin na klasycznej wytłaczarce jednoślindakowej z typowym ślindakiem trójstrefowym. Praca miała odpowiedzieć na pytanie, jakie zmiany w zużyciu energii w procesie wtryskiwania oraz w typowych właściwościach mechanicznych wprowadza wielokrotne wytłaczanie kompozytu zawierającego 20% napelnacza proszkowego.

K aolin stosowany jest, obok kredy, talku czy krzemionki powszechnie w przetwórstwie tworzyw sztucznych jako napelnacz proszkowy. W ok. 99% stanowi on mieszaninę glinokrzemianów, głównie kaolinitu i illitu z niewielką ilością skalenia oraz kwarcu. Może być stosowany m.in. do produkcji ceramiki, włókien szklanych, materiałów budowlanych, nawozów i produktów rolnych, w kosmetyce i farmacji. Klasyczne mineralne napelnacze proszkowe mają za zadanie głównie podwyższenie sztywności oraz obniżenie ceny otrzymanego materiału polimerowego, przy równoczesnym nieznanym obniżeniu jego wytrzymałości.

Proces wielokrotnego wytłaczania ma miejsce głównie w przypadku recyklingu materiałowego wyrobów wykonanych z termoplastycznych tworzyw polimerowych. Występuje wówczas z reguły nieznanne obniżenie niektórych właściwości wytrzymałościowych wyrobu po kolejnych cyklach przetwarzania. Wielokrotne wytłaczanie stosuje się również przy badaniu tworzyw polimerowych pod kątem analizy procesu starzenia tych materiałów. Można w ten sposób symulować w sposób przyspieszony procesy degradacji termicznej oraz mechanicznej, co w przypadku niektórych wyrobów ma duże znaczenie. Cel tych badań był nieco inny. Miały one odpowiedzieć na pytanie, jaka powinna być optymalna krotność mieszania tworzywa na bazie LDPE oraz kaolinu na klasycznej jednoślindakowej wytłaczarce w sytuacji, gdy nie jest możliwe zastosowanie wytłaczarek wieloślindakowych do otrzymania takiego kompozytu, pod kątem właściwości mechanicznych takiego układu.

BADANIA

Przeprowadzone badania polegały na uzyskaniu układów LDPE/kaolin o zawartości 20% napelnacza, różniących się krotnością przetwarzania na wytłaczarce jednoślindakowej, a następnie wyznaczeniu ich podstawowych właściwości mechanicznych oraz reologicznych, jak również analizie zużycia energii na wtryskarce podczas wytwarzania wyrobów z tych kompozytów. W tym celu sporządzono 10 kg mieszaniny, składającej się z 8,00 kg granulatu LDPE oraz 2,00 kg proszkowego kaolinu.

Do badań użyto LDPE o nazwie handlowej Malen E FABS 23D022. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe właściwości fizyczne i mechaniczne tego polimeru. Wykorzystano również kaolin KOM 502846. Ma on postać białego, bezwonnego proszku. Jest nierozpuszczalny w wodzie, rozpuszczalny w kwasie fluoro-

Tabela 1. Właściwości LDPE Malen E FABS 23D022 [1]

Parametr	Wartość
gęstość (20°C)	0,921 g/cm ³
wskaźnik szybkości płynięcia (MFI) (190°C/2,16 kg)	2 g/10 min
naprężenie zrywające	10 MPa
temperatura mięknięcia wg Vicata	91°C

Tabela 2. Właściwości kaolinu KOM 502846 [2]

Parametr	Wartość
gęstość nasypowa	300 kg/m ³
gęstość rzeczywista	2600 kg/m ³
pH	6,6
wilgotność	0,8%
zawartość SiO ₂	51,5%
zawartość Al ₂ O ₃	34,5%

wodorowym i niepalny. Jego podstawowe właściwości przedstawia tabela 2.

Odważone składniki zostały wymieszane do momentu osiągnięcia jednorodnej wizualnie mieszaniny. Uzyskany materiał został poddany przetwarzaniu metodą wytłaczania 20 razy, przy czym po wytłoczeniu i zmieleniu wytłoczyny pobierano 500 g materiału, a pozostałą część zwracano do zasobnika wytłaczarki i poddawano kolejnemu procesowi wytłaczania. Do badań po-

Tabela 3. Parametry techniczne wytłaczarki Almech 36

Parametr	Wartość
Średnica ślindaka D	36 mm
Długość ślindaka, L/D	20
Moc silnika	2,2 kW
Maksymalna prędkość obrotowa ślindaka	70 obr./min

Tabela 4. Parametry robocze wytłaczarki

Parametr	Wartość
temperatura cylindra	170°C
temperatura głowicy	170°C
prędkość obrotowa ślindaka	55 obr./min

brano układy po 1, 2, 3, 5, 7, 10, 13, 16 oraz 20 wytlóczeniu. W tym celu wykorzystano wytłaczarkę ALMECH 36. Jej parametry techniczne przedstawia tabela 3, natomiast parametry pracy wytłaczarki zawarto w tabeli 4.

Wytłoczyna po opuszczeniu dyszy wytłaczarki kierowana była do wanny chłodzącej w celu jej schłodzenia i zestalenia. Wytłoczyna po pierwszym cyklu wytłaczania została poddana zmieleniu za pomocą młynka nożowego (ze względu na nierównomierny profil wytłoczyny oraz częste zrywanie wytłoczyny po wyjściu z dyszy), a po kolejnych cyklach wytłaczania była rozdrabniana za pomocą granulatora. Całą linię wytłaczania, obejmującą wytłaczarkę, wannę chłodzącą oraz granulator przedstawia rysunek 1, przy czym zastosowana wanna i granulator są konstrukcji własnej.



Rys. 1. Linia technologiczna wytłaczania, wykorzystana do badań



Rys. 2. Wtryskarka ślimakowa Battenfeld PLUS 350/75, wykorzystana do procesu wtryskiwania oraz do pomiarów zapotrzebowania na moc

Tabela 5. Parametry techniczne wtryskarki Battenfeld Plus 350/75

Parametr	Wartość
średnica ślimaka	25 mm
L/D	17
długość strefy zasilania/sprężania/dozowania	14/4/4 [il. zwojów]
głębokość kanatu w strefie zasilania/dozowania	4,1/1,9 mm
skok linii śrubowej ślimaka	19 mm
szerokość zwoju	3,7 mm
maks. siła zwarcia	350 kN
maks. objętość wtrysku (PS)	49 cm ³
maks. ciśnienie wtrysku	157,5 MPa

Pobrane mieszaniny po 1, 2, 3, 5, 7, 10, 13, 16 oraz 20 wytlóczeniu, zgranulowaniu poddawano procesowi wtryskiwania w celu uzyskania kształtek do badań wytrzymałościowych. Do tego celu wykorzystano wtryskarkę Battenfeld Plus 350/75, którą przedstawiono na rysunku 2. Jej podstawowe parametry techniczne zawarto w tabeli 5, natomiast parametry pracy – w tabeli 6. Przed procesem wtryskiwania granulat suszono w suszarce półkowej w temperaturze 100°C celem doprowadzenia wilgotności materiału do wartości poniżej 0,05%.

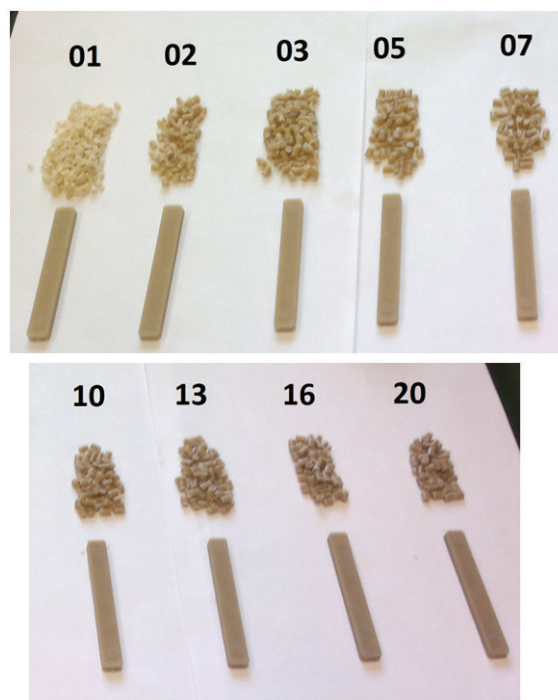
Uzyskano łącznie dziewięć układów, które poddano dalszym badaniom. Otrzymane kształtki zostały wykorzystane do badań wytrzymałościowych, a granulat – do badań reologicznych. Rysunek 3 przedstawia granulaty oraz wykonane z nich kształtki po kolejnych cyklach wytłaczania.

Przeprowadzono następujące badania właściwości uzyskanych układów:

- 1) próba wytrzymałościowa z wykorzystaniem maszyny wytrzymałościowej Tinius Olsen typ H25KT przy prędkości rozciągania 5 mm/min;
- 2) udarność z wykorzystaniem młota Charpy'ego i młota o energii 4J; próbki bez karbu oraz z karbem znormalizowanym 0,8 mm

Tabela 6. Parametry pracy wtryskarki

Parametr	Wartość
temperatura I strefy	170°C
temperatura II strefy	180°C
temperatura dyszy	180°C
temperatura formy	40°C
ciśnienie wtrysku	90 MPa
ciśnienie docisku	55 MPa
czas docisku	6 s
czas chłodzenia	30 s
prędkość obrotowa ślimaka	250 obr./min



Rys. 3. Granulaty oraz wykonane z nich belki po kolejnych cyklach przetwórstwa

- nie łamały się, postanowiono wykonać więc badanie porównawcze dla próbek z karkbem nieznormalizowanym 2 mm;
- 3) twardość metodą Brinella (obciążenie 5N, kulka o średnicy 2,5 mm);
 - 4) MFI z wykorzystaniem plastometru firmy ToRoPol Equipment, model TRZ-400A+ w temp. 170°C i pod obciążeniem 2,16 kg.

WYNIKI BADAŃ WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH

Wynik pomiarów wytrzymałości na rozciąganie kompozytu polimerowego LDPE – kaolin w funkcji krotności przetwórstwa ilustruje rysunek 4.

Widać, iż wzrost krotności przetwórstwa powoduje nieznaczny, asymptotyczny wzrost wytrzymałości kompozytu na rozciąganie aż do osiągnięcia pewnej stałej wartości równej ok. 12,5 MPa. Wzrost wytrzymałości jest spowodowany prawdopodobnie stopniowym wzrostem homogenizacji napełniacza w matrycy polimerowej w wyniku kolejnych procesów wyłaczania. Wpływ procesu homogenizacji jest najbardziej widoczny do 10. cyklu wyłaczania. Po kolejnych cyklach przetwórstwa wytrzymałość na rozciąganie utrzymuje się na poziomie ok. 12,4 MPa, co daje poprawę tego parametru o ok. 10% w stosunku do wartości początkowej.

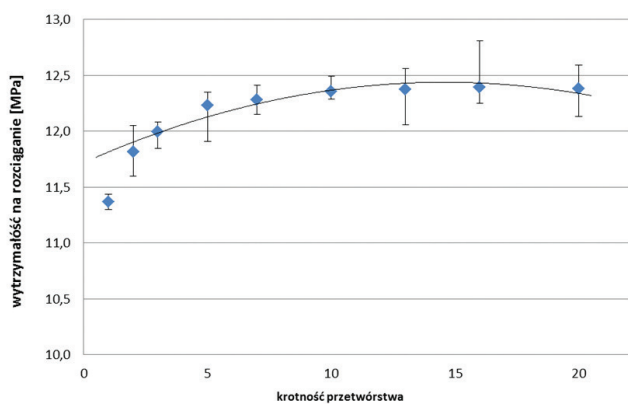
Rysunek 5 przedstawia wpływ krotności przetwórstwa kompozytu polimerowego LDPE – kaolin na wydłużenie względne przy maksimum siły.

Analizując rysunek 5 można stwierdzić, że zależność wydłużenia od krotności przetwórstwa ma, uwzględniając rozrzuty wyników, charakter nieomal liniowy. Wraz ze wzrostem cykli przetwó-

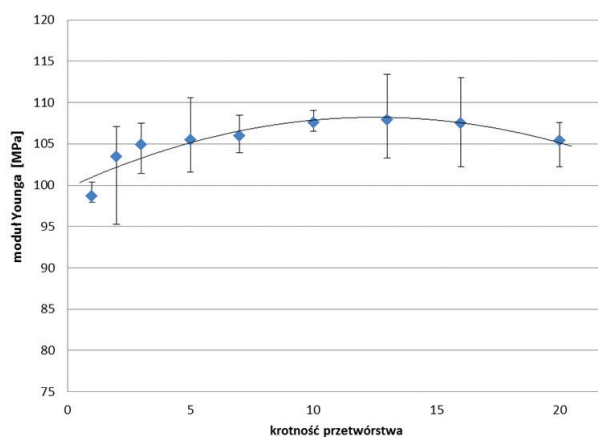
stwa kompozytu, obserwuje się bardzo nieznaczne zmniejszenie wartości wydłużenia do pewnego minimum obserwowanego po 10. procesie przetwórstwa, a następnie jego minimalny wzrost. Nieznaczne zmniejszenie wartości tego parametru może być wywołane stopniowym wzrostem sztywności materiału jako wynik jego homogenizacji po kolejnych procesach wyłaczania, co obrazuje również kolejny wykres.

Wpływ krotności wyłaczania kompozytu polimerowego LDPE – kaolin na moduł Younga obrazuje rysunek 6. Badania wykazały, iż wraz z kolejnymi cyklami wyłaczania kompozytu LDPE – kaolin ma miejsce nieznaczny wzrost wartości modułu Younga aż do 13. cyklu, kiedy parametr ten osiąga wartość maksymalną, a następnie obserwuje się jego minimalny spadek. Początkowy wzrost wartości modułu Younga tłumaczyć można stopniową poprawą jednorodności materiału w wyniku kolejnych cykli wyłaczania, dzięki czemu nastąpiła poprawa wartości modułu o ok. 10% w porównaniu do wartości początkowej. Widać tutaj analogiczne zmiany do tych przy wydłużeniu względnym – wzrost sztywności powoduje spadek elastyczności i odwrotnie.

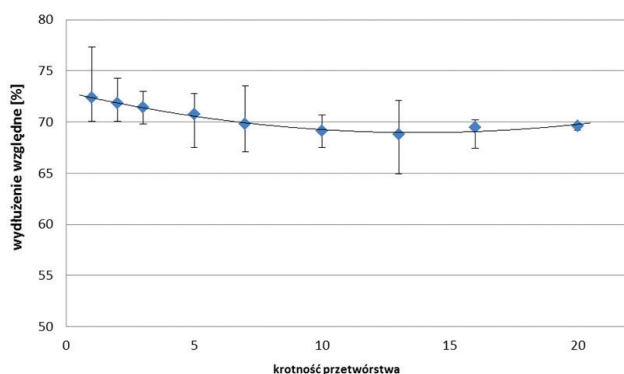
Na rysunku 7 przedstawiono zależność wartości udarności z karkbem kompozytu LDPE – kaolin od krotności wyłaczania. Badania wykazały, iż wzrost krotności przetwórstwa kompozytu bardzo korzystnie wpływa na udarność materiału. Wartość udarności materiału poddanego 20 razy kolejnym cyklom wyłaczania wzrosła niemal trzykrotnie w stosunku do wartości udarności materiału po pierwszym wytłoczeniu. Wzrost odporności materiału na uderzenie wraz ze wzrostem cykli przetwórczych należy tłumaczyć jako stopniowy wzrost homogeniczności ma-



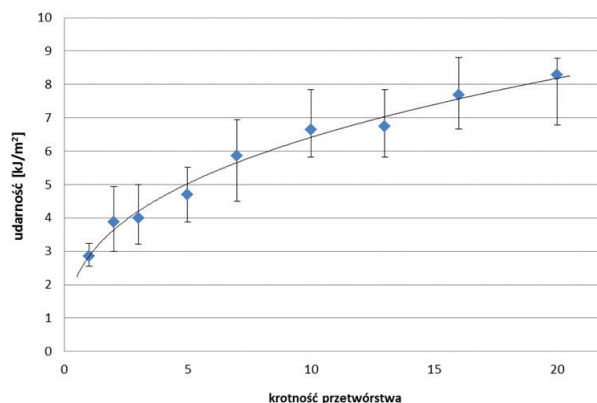
Rys. 4. Wytrzymałość na rozciąganie kompozytu LDPE - kaolin w funkcji krotności przetwórstwa



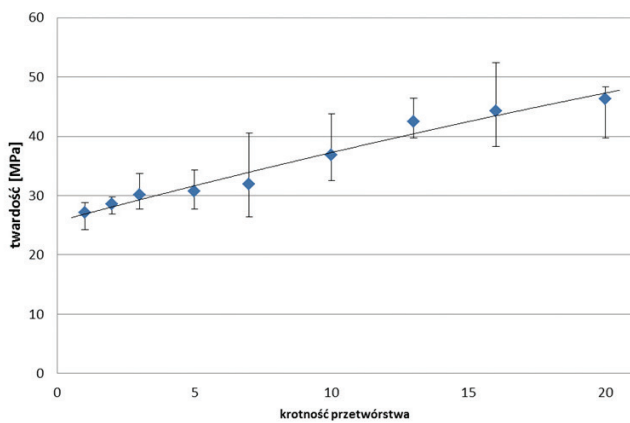
Rys. 6. Moduł Younga kompozytu LDPE - kaolin w funkcji krotności przetwórstwa



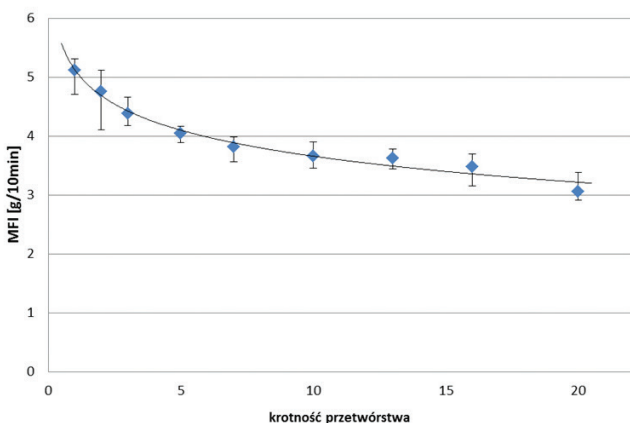
Rys. 5. Wydłużenie względne kompozytu LDPE - kaolin przy maksimum siły w funkcji krotności przetwórstwa



Rys. 7. Udarność kompozytu LDPE - kaolin w funkcji krotności przetwórstwa



Rys. 8. Twardość kompozytu LDPE - kaolin w funkcji krotności przetwórstwa



Rys. 9. Wskaźnik szybkości płynięcia kompozytu LDPE - kaolin w funkcji krotności przetwórstwa

teriału, zapewniający jego większą spójność wewnętrzną oraz adhezję.

Wpływ krotności przetwórstwa kompozytu polimerowego LDPE – kaolin na twardość przedstawia rysunek 8. Wraz ze wzrostem krotności wytłaczania następuje liniowy wzrost twardości materiału. Fakt ten należy tłumaczyć stopniowym wzrostem homogeniczności oraz sztywności materiału. Wzrost twardości po 20 cyklach wytłaczania wynosi ok. 70% w stosunku do wartości początkowej.

W ramach pomiarów reologicznych wykonano badania wskaźnika szybkości płynięcia (MFI) dla otrzymanych układów LDPE / kaolin. Otrzymane wyniki ilustruje rysunek 9.

Wykonane pomiary wskazują na wyraźny, asymptotyczny spadek wartości wskaźnika MFI wraz ze wzrostem krotności przetwórstwa. Obserwowany spadek wartości MFI należy tłumaczyć zwiększeniem stopnia zdyspergowania napełniacza proszkowego w płynnej osnowie polimerowej, a więc wzrostem jednorodności materiałowej układów po kolejnych cyklach przetwórstwa. Zmniejszenie wartości MFI jest rzędu 40% w wykonanym zakresie badań.

POMIARY ENERGOCHŁONNOŚCI PROCESU WTRYSKIWIANIA KOMPOZYTÓW

Na podstawie pomiaru mocy dostarczonej do układu uplastyczniającego wtryskarki wyznaczono energię zuży-

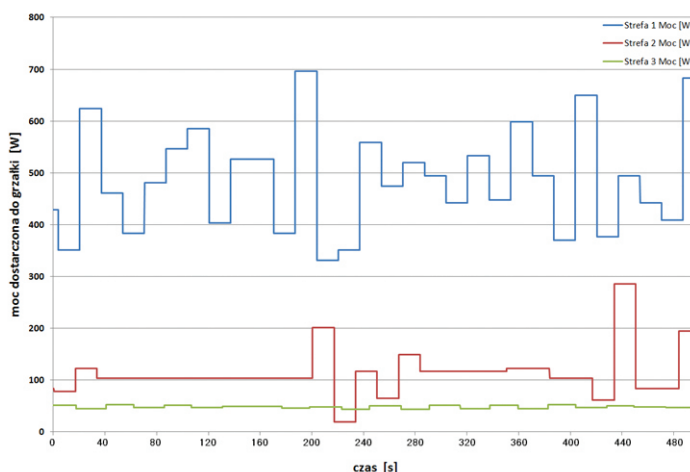
tą w jednym cyklu wtryskiwania w funkcji krotności przetwórstwa wtryskiwanego kompozytu. Energia ta stanowi ok. 80% całkowitej ilości energii zużywanej w procesie wtryskiwania (włączając w to urządzenia schładzające oraz energię pobieraną przez układ zamykania oraz sterowania wtryskarki). Z przeprowadzonych dotychczas badań wiadomo bowiem, iż zużycie mocy podczas procesu wtryskiwania jest zdominowane głównie przez silnik hydrauliczny wtryskarki (ok. 50%) oraz elementy grzejne na cylindrze (ok. 30%) [4, 5]. Przykładowe, bardziej precyzyjne analizy zużycia mocy podczas poszczególnych etapów cyklu wtryskowego przedstawiono w pracach [3–5]. Wynika z nich, iż etap uplastyczniania (rotacji i ruchu wstecznego ślimaka) jest najbardziej krytycznym etapem całego cyklu z punktu widzenia energochłonności. Wpływ tego etapu procesu wtryskiwania na średnią energochłonność całego procesu wtryskiwania jest jeszcze większy dla wtryskarek w pełni elektrycznych [3].

Energię zużytą przez układ uplastyczniający wtryskarki w jednym cyklu wtryskiwania wyznaczono jak sumę energii pobranej przez elementy grzejne wtryskarki oraz energii zużytej przez napęd ślimaka w trakcie procesu wtryskiwania na etapie pobierania tworzywa przez układ uplastyczniający. Można to przedstawić zależnością (1):

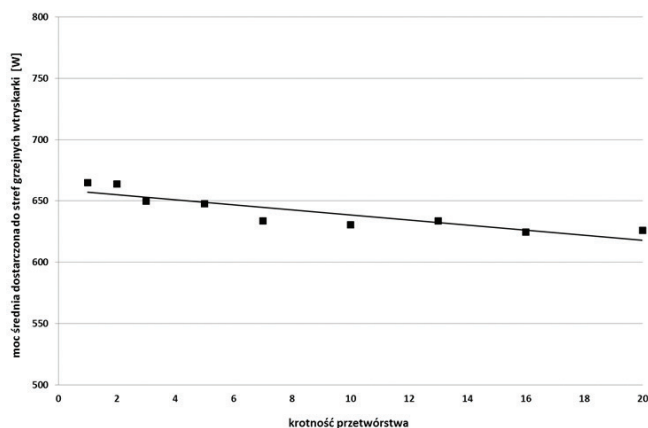
$$E = P_g \times t_c + P_n \times t_r \tag{1}$$

gdzie: E – energia zużyta podczas jednego cyklu wtryskiwania [J]; P_g – moc dostarczona do stref grzejnych [W]; t_c – średni czas cyklu [s]; P_n – moc dostarczona do napędu ślimaka [W]; t_r – średni czas rotacji ślimaka [s].

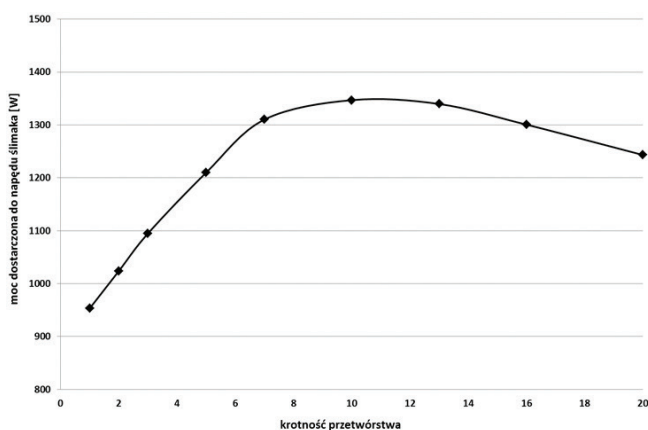
W pierwszej kolejności wyznaczono średnią, sumaryczną moc P_g dostarczoną do stref grzejnych wtryskarki w funkcji krotności wytłaczania wtryskiwanego kompozytu polimerowego LDPE – kaolin. Moc tę wyznaczono jako sumę średnich wartości mocy P1-P3 dostarczonych do grzałek strefy 1, 2 oraz 3 (dysza wtryskowa). Przykładowe przebiegi wartości mocy P1-P3 dostarczonych do wtryskarki podczas wtryskiwania układu po 10. cyklu wytłaczania przedstawiono na rysunku 10. Czas jednego cyklu wtryskowego wynosił ok. 40s. Wartości średnie mocy P1-P3 wyznaczono jako średnią wartość mocy dla danej grzałki wyznaczoną w czasie ok. 8 minut. Pomiary dostarczonej mocy rozpoczynano za każdym razem po pięciu cyklach wtryskowych, w których uzyskiwano już próbki do badań. Miało to na celu ustabilizowanie ewentualnych wahań



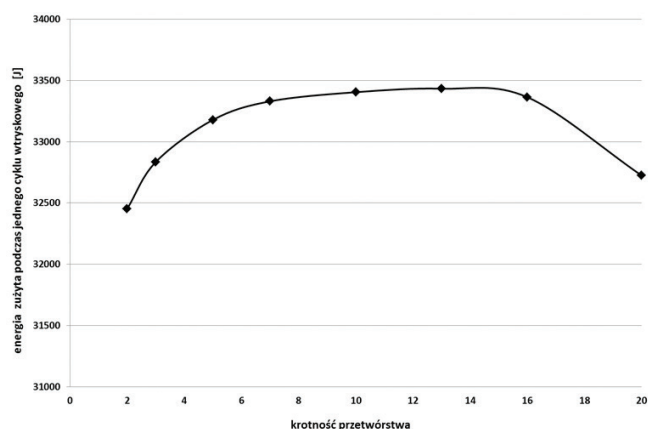
Rys. 10. Przykładowe przebiegi zmian mocy dostarczonej do grzałek na cylindrze podczas wtryskiwania



Rys. 11. Zależność sumarycznej mocy dostarczonej do stref grzejnych wtryskarki w funkcji krotności przetwórstwa kompozytu polimerowego LDPE - kaolin



Rys. 12. Zależność mocy dostarczanej do układu napędowego ślimaka wtryskarki w funkcji krotności przetwórstwa wtryskiwanego kompozytu polimerowego LDPE - kaolin



Rys. 13. Energia zużyta podczas jednego cyklu wtryskiwania w funkcji krotności wytlaczania dla układu LDPE - kaolin

zapotrzebowania na moc w wyniku zmiany materiału zasilającego wtryskarkę.

Wyniki sumarycznej mocy P_g dostarczonej do grzałek układu uplastyczniającego wtryskarki w funkcji krotności wytlaczania kompozytu LDPE/kaolin przedstawiono na rysunku 11. Widać, iż różnice w strukturze materiału, wynikające z różnej krotności wytlaczania kompozytu polimerowego LDPE – kaolin wpływają w niewielkim stopniu na sumaryczną moc P_g dostarczaną do

stref grzejnych wtryskarki. Wraz ze wzrostem liczby cykli wytlaczania, jakim został poddany kompozyt, obserwuje się nieznaczny spadek mocy P_g .

W dalszej kolejności przeanalizowano zmiany średniego momentu obrotowego ślimaka w procesie wtryskiwania w zależności od krotności wytlaczania układu LDPE – kaolin. Wartość mocy dostarczonej do napędu ślimaka P_n wyznaczono poprzez bezpośredni pomiar momentu obrotowego na ślimaku, który przeliczono następnie na moc z wykorzystaniem znanej zależności

$$P_n = M \times \omega / 9550 [kW] \quad (2)$$

gdzie: M – moment obrotowy ślimaka [Nm]; ω – prędkość obrotowa ślimaka [obr./min].

Zależność mocy dostarczonej do układu napędowego ślimaka podczas etapu zasilania wtryskarki w tworzywo (podczas ruchu obrotowo-wstecznego ślimaka) w procesie wtryskiwania kompozytów LDPE – kaolin w funkcji krotności wytlaczania badanych układów przedstawia rysunek 12. Widzimy dość znaczny wzrost mocy dostarczanej do układu napędowego ślimaka od wartości 950W aż do maksymalnej wartości rzędu ok. 1350W dla krotności wytlaczania $k=10$, a następnie obserwujemy powolny jej spadek.

Znając moc średnią P_g dostarczoną do elementów grzejnych oraz średnią moc P_n dostarczoną do układu napędowego ślimaka, można już, wyznaczwszy średnie wartości czasu rotacji ślimaka t_r oraz czasu t_c pełnego cyklu wtryskowego, wyznaczyć ze wzoru (1) energię zużytą podczas jednego cyklu wtryskiwania w funkcji krotności wytlaczania wtryskiwanego kompozytu polimerowego LDPE/kaolin. Zależność tę przedstawia rysunek 13. Widać na nim, iż energia pobrana przez układ uplastyczniający wtryskarki podczas jednego pełnego cyklu wtryskiwania wzrasta nieznacznie wraz ze wzrostem krotności przetwórstwa od wartości 32,5 kJ aż do maksimum równego ok. 33,4 kJ odpowiadającego kompozytowi poddanemu procesom wytlaczania $k=13$ razy, a następnie spada dla $k=20$. Wzrost zużycia energii jest prawdopodobnie spowodowany wzrostem homogenizacji uplastycznionego materiału wskazywanym przez spadek jego płynności, co przedstawiono wcześniej na rys. 9. Należy jednak wskazać, iż wzrost ten jest minimalny i wynosi ok. 3% dla skrajnych wartości energii. Wyznaczone, bardzo niewielkie zmiany energii spowodowane są tym, iż we wzorze (1) zdecydowanie większą wartość przyjmuje człon związany z energią pobraną przez grzałki z racji ok. 10-krotnie większego czasu cyklu wtryskowego od czasu rotacji ślimaka, przy porównywalnych wartościach mocy – moc dostarczona do grzałek jest tylko ok. 2-krotnie mniejsza od zapotrzebowania mocy przez ślimak. Warto jeszcze dodać, iż wyznaczone w ten sposób zużycie energii na jednostkę masy wyrobu wynosi ok. 2,00 MJ/kg.

PODSUMOWANIE

Przedmiotem badań była analiza wpływu krotności wytlaczania na wybrane właściwości kompozytu polimerowego LDPE – kaolin. Kompozyt polimerowy poddano procesowi wytlaczania na wytlaczarce jednoślindakowej 20 razy, przy czym po odpowiednich krotnościach przetwórstwa ($k = 1, 2, 3, 5, 7, 10, 13, 16, 20$) odbierano po 500 g materiału, z których wykonano metodą wtryskiwania wiósełka i belki, użyte do badań właściwości wytrzymałościowych.

Na podstawie uzyskanych wyników można wyciągnąć następujące wnioski:

- 1) Wraz ze wzrostem krotności przetwórstwa kompozytu polimerowego LDPE – kaolin obserwuje się nieznaczny poprawę wytrzymałości na rozciąganie oraz modułu Younga.
- 2) Wzrost krotności przetwórstwa kompozytu polimerowego LDPE – kaolin powoduje znaczący, liniowy wzrost udarności oraz twardości badanych układów.
- 3) Wzrostowi krotności przetwórstwa kompozytu polimerowego LDPE – kaolin towarzyszy asymptotyczny spadek wskaźnika szybkości pływnięcia MFI.
- 4) Zużycie energii przez układ uplastyczniający podczas jednego cyklu wtryskiwania kompozytu polimerowego LDPE – kaolin rośnie bardzo nieznacznie, o ok. 3% wraz ze wzrostem krotności przetwórstwa do cyklu wyłaczania $k=13$, a następnie maleje;
- 5) Wyznaczona energia pobrana przez układ uplastyczniający wtryskarki podczas jednego pełnego cyklu wtryskiwania wynosi ok. 33,4 kJ, co daje jednostkowe zużycie energii rzędu 2,00 MJ/kg.

LITERATURA

- [1] karta materiałowa LDPE Malen E FABS 23D022: http://plasticker.de/recybase/docs/24217_1381314687.pdf, dostęp: 2.03.2015
- [2] karta materiałowa kaolinu KOM 502846: <http://www.brenntag.pl/fileadmin/pdf/st/502846.pdf?t=1435841945>, dostęp: 2.03.2015
- [3] A. Thiriez, T. Gutowski: An environmental analysis of injection molding. Electronics and the Environment, 2006. Proceedings of the 2006 IEEE International Symposium on. IEEE, 2006.

edings of the 2006 IEEE International Symposium on. IEEE, 2006.

[4] F. Qureshi, et al.: Unit process energy consumption models for material addition processes: a case of the injection molding process. Leveraging Technology for a Sustainable World. Springer Berlin Heidelberg, 2012. 269-274.

[5] I. Ribeiro, P. Peças, E. Henriques: Assessment of energy consumption in injection moulding process. Leveraging Technology for a Sustainable World. Springer Berlin Heidelberg, 2012. 263-268.

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki, nr wniosku N N519 6518 40

dr inż. Jacek Iwko
Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny
Katedra Odlewnictwa, Tworzyw Sztucznych i Automatyki
Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław
Adriana Brożyna
Rafał Mrzygłód

Warunki uplastyczniania a struktura wyprasek porowatych

Paweł Palutkiewicz, Jakub Wawrzyniak

W artykule dokonano oceny wpływu warunków uplastyczniania: ciśnienia uplastyczniania i dekompresji po dozowaniu na masę, grubość, właściwości mechaniczne, stan powierzchni i strukturę wyprasek wtryskowych z polietylenu dużej gęstości z 3% dodatkiem poroforu chemicznego. Zmieniano również wybrane warunki wtryskiwania (ciśnienie docisku, czas docisku i prędkość wtryskiwania), umożliwiające wytworzenie poprawnie wykonanych wyprasek przy zadanych warunkach uplastyczniania. Wykazano, że wykonanie poprawnych wyprasek przy zastosowaniu dekompresji po dozowaniu wymaga zwiększonego ciśnienia i czasu docisku. Udział struktury porowatej w wypraskach jest odwrotnie proporcjonalny do wartości dekompresji po dozowaniu oraz ciśnienia i czasu docisku. Ciśnienie uplastyczniania ma niewielki wpływ na grubość, masę, wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenie przy rozciąganiu, wpływa jednak na strukturę wyprasek.

Powstawanie struktury porowatej w wypraskach wtryskowych jest procesem złożonym, zależnym od rodzaju polimeru, poroforu oraz od warunków wtryskiwania oraz budowy kanałów przepływowych i gniazd formy wtryskowej. Rozmiary oraz rozłożenie porów w tworzywie mają wpływ na właściwości wyprasek. W literaturze można znaleźć opis oraz wyniki badań wpływu podstawowych warunków wtryskiwania na przebieg procesu porowania [1–11]. Nieliczne są natomiast wyniki badań wpływu warunków uplastyczniania na otrzymywaną strukturę porowatą. W niniejszej pracy dokonano zatem oceny wpływu warunków uplastyczniania na wybrane

właściwości i strukturę wyprasek z PE-HD z poroforem chemicznym.

W pracy [12] zbadano wpływ procentowej zawartości poroforu (dodawanego w ilościach 0,4–1,6% masy tworzywa), temperatury formy (40–85°C), temperatury wtryskiwania (160–190°C), ciśnienia wtryskiwania (70–142 MPa) i ciśnienia uplastyczniania (0–45 MPa) na strukturę wyprasek wtryskowych z PE-LD z poroforem egzotermicznym (Celogen 754-A). Celem badań było ustalenie optymalnych warunków wtryskiwania do wytwarzania wyprasek o cienkim litym naskórku i małych, gęsto i równomiernie rozłożonych porach. Wykazano, że procentowa