

Tomasz Jachowicz ¹⁾, Anna Godlewska ²⁾

SKURCZ PRZETWÓRCZY WYPRASEK WTRYSKOWYCH NAPEŁNIONYCH WŁÓKNEM SZKLANYM

Streszczenie: W artykule scharakteryzowano zjawisko skurczu przetwórczego wyprasek wtryskowych, przedstawiając jego definicję, klasyfikację oraz omawiając czynniki wpływające na przebieg i wartość skurczu wtryskowego. W oparciu o przeprowadzone badania doświadczalne został określony związek między skurczem wypraski wtryskowej a wybranymi parametrami procesu wtryskiwania oraz zawartością napelnacza w postaci włókna szklanego.

Słowa kluczowe: przetwórstwo tworzyw, wtryskiwanie, wypraska wtryskowa, skurcz przetwórczy, napelniacz.

WSTĘP

Wtryskiwanie jest jedną z najważniejszych metod wytwarzania części z tworzyw polimerowych. Jest to proces cykliczny, który występuje w wielu odmianach, umożliwiając przetwarzanie praktycznie wszystkich rodzajów tworzyw, głównie termoplastycznych i utwardzalnych, ale także mieszanek gumowych, ciekłych silikonów oraz kompozytów. Rezultatem wtryskiwania jest wypraska wtryskowa, która w zależności od odmiany wtryskiwania i użytego tworzywa charakteryzuje się bardzo szerokim zakresem możliwości użytkowych, zróżnicowaniem kształtu, dokładnością wykonania i właściwościami wytrzymałościowymi [5, 8]. Dla wypraski wtryskowej o cechach konstrukcyjnych określonych poprzez kształt i wymiary oraz właściwościach użytkowych i cechach estetycznych determinowanych przez rodzaj tworzywa i jego strukturę, podstawowy wpływ na przebieg zjawisk związanych ze skurczem przetwórczym mają warunki przetwórstwa. Między rozwiązaniem konstrukcyjnym wypraski, doбором tworzywa i ustaleniem metody przetwórstwa oraz warunków procesu przetwórczego istnieją różne wielostronne zależności, których dokładniejsze przedstawienie można znaleźć w literaturze [5, 6, 8, 9].

Proces projektowania wypraski wtryskowej determinują zatem: rodzaj tworzywa, metoda przetwórstwa i jej warunki technologiczne, konstrukcja narzędzia przetwórczego i możliwości użytkowe wtryskarki. Wszystkie wymienione wyżej czynniki wpływają bezpośrednio lub pośrednio na końcowe wymiary i kształt wypraski, zgodność z polem tolerancji przyjętym w procesie konstruowania oraz na anomalie przetwórcze, materiałowe i powierzchniowe, istotne z punktu widzenia użytkownika [3, 4, 10].

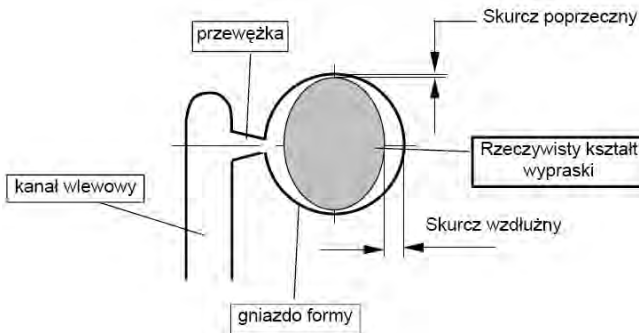
¹ Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Procesów Polimerowych.

² Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Studenckie Koło Naukowe Procesów Polimerowych.

SKURCZ PRZETWÓRCZY

Po wyjęciu wypraski z formy wtryskowej w tworzywie wciąż zachodzą zmiany. Następnym tych zmian jest skurcz, czyli zmniejszenie wymiarów liniowych wypraski po jej wyjęciu z formy.

Pod pojęciem skurczu przetwórczego rozumie się zmniejszenie objętości lub zmniejszenie wymiarów wytworu z tworzywa w stosunku do objętości lub odpowiadających wymiarów gniazda formującego narzędzia przetwórczego, zachodzące podczas końcowej fazy procesu przetwórstwa i w określonym czasie po jego zakończeniu [1, 8].



Rys. 1. Istota skurczu tworzywa w gnieździe formy wtryskowej [10]

Fig. 1. Nature of matter of polymer shrink in the mould cavity [10]

Skurcz powstaje na skutek następujących przyczyn [1, 8]:

- obniżania się temperatury tworzywa przetwarzanego w czasie końcowej fazy procesu przetwórstwa oraz związanej z tym zmiany jego stanu fizycznego,
- procesów chemicznych zachodzących w tworzywie przetwarzanym w końcowej fazie procesu przetwórstwa,
- warunków przetwórstwa, głównie temperatury, ciśnienia, czasu i warunków ochładzania oraz rozwiązania konstrukcyjnego narzędzia,
- właściwości lekkosprężystych, szczególnie stopniowego zanikania opóźnionego odkształcenia sprężystego oraz zmian struktury, zwłaszcza stopnia krystaliczności,
- warunków zabiegów cieplnych i cieplno-chemicznych, prowadzonych na przedmiotach po zakończonym procesie przetwórstwa oraz warunków ich przechowywania.

Rodzaje skurczu przetwórczego

Biorąc pod uwagę kryterium istoty fizycznej i chemicznej, skurcz dzieli się na cieplny, chemiczny i fizykochemiczny [5, 8]. Wymienione rodzaje skurczów nie występują samodzielnie w formie wyizolowanej, lecz łącznie. Suma wymienionych skurczów składowych daje skurcz łączny [1, 8]. Przy przetwórstwie tworzyw termoplastycznych skurcz łączny jest powodowany głównie przez obniżanie się temperatury tworzywa przetwarzanego w czasie końcowej fazy procesu prze-

twórstwa i zależy od parametrów wtryskiwania (temperatura, ciśnienie, czas, warunki chłodzenia) oraz parametrów późniejszych zabiegów cieplnych i cieplno-chemicznych. Natomiast przy przetwórstwie tworzyw utwardzalnych na skurcz łączny znaczący wpływ mają procesy chemiczne zachodzące w tworzywie przetwarzanym w końcowej fazie procesu przetwórstwa [1].

Ze względu na czas i miejsce powstawania skurcz przetwórczy dzieli się na skurcz pierwotny i wtórny. Jako skurcz pierwotny rozumie się zmniejszenie wymiarów wytworu podczas jego ochładzania w gnieździe formującym narzędzia przetwórczego i krótko po jego opuszczeniu [1, 5, 8]. Jako skurcz wtórny jest określana zmiana w funkcji czasu objętości i wymiarów wytworu po wyjęciu z gniazda narzędzia, dążąca do określonej stałej wartości. Suma skurczu pierwotnego i wtórnego jest nazywana skurczem całkowitym. Skurcz łączny i skurcz całkowity są zatem tożsame, a różnice w nazwie wynikają z odmiennych kryteriów ich definiowania [1, 5, 8].

Kolejnym kryterium podziału skurczu przetwórczego jest podział według rodzaju metod przetwórstwa. Jeżeli rozpatruje się skurcz podczas procesu wtryskiwania, to nosi on nazwę skurczu wtryskowego, jeżeli podczas procesu prasowania – jest to skurcz prasowniczy, jeżeli podczas procesu odlewania – nazywa się go skurczem odlewniczym [1, 8].

Odnosząc skurcz do zmiany wymiarów geometrycznych przedmiotu, wyróżnia się: skurcz liniowy, objętościowy, średni, wzdłużny i poprzeczny. Orientacja cząsteczek tworzywa powoduje występowanie różnic w wartości skurczu mierzonego w różnych kierunkach. Zjawisko to jest nazywane anizotropią skurczową.

Obliczanie skurczu przetwórczego

Skurczem liniowym nazywa się zmniejszenie wymiarów wypraski w określonym kierunku, co przedstawia wzór [8]:

$$S_1 = \frac{L_1 - L_2}{L_1} 100\% \quad (1)$$

gdzie: L_1 – wybrany wymiar w formie [m], zaś L_2 – ten sam wymiar zmierzony na wyprasce, przy określonej temperaturze i ciśnieniu [m].

Skurcz objętościowy wyznacza się z zależności [8]:

$$S_v = \frac{V_1 - V_2}{V_1} * 100\% \quad (2)$$

gdzie: V_1 – objętość gniazd formujących [m^3], natomiast V_2 – objętość wypraski przy określonej temperaturze i ciśnieniu [m^3].

Jeśli średnie wymiary liniowe można wyrazić zależnością [8]:

$$L_{1sr} = \sqrt[3]{V_1} \quad i \quad L_{2sr} = \sqrt[3]{V_2} \quad (3)$$

to można wprowadzić wartość [8]:

$$S_{sr} = \frac{L_{1sr} - L_{2sr}}{L_{1sr}} * 100\% \quad (4)$$

którą nazywa się skurczem średnim.

Czynniki wpływające na skurcz przetwórczy

Na skurcz przetwórczy, mający źródło w zjawiskach fizykochemicznych, ma wpływ wiele czynników, które można pogrupować na czynniki związane z:

- tworzywem (gęstość, ciężar cząsteczkowy, struktura),
- wytworem (kształt, wymiary, na przykład grubość ścianek),
- warunkami przetwórstwa (temperaturą tworzywa, temperaturą formy, sposobem i przebiegiem ochładzania wytworu),
- budową narzędzia (rozwiązaniem układu przepływowego, ukształtowaniem gniazda formującego),
- ulepszeniem fizycznym i chemicznym wypraski (normalizowaniem, wygrzewaniem, chlorowaniem, sulfonowaniem).

Wpływ warunków procesu przetwórstwa na skurcz przetwórczy jest skomplikowany. Wiadomo, że tworzywa krystaliczne mają większy skurcz niż tworzywa bezpostaciowe [1, 2, 5, 8]. Zjawisko skurczu jest najlepiej poznane w procesie wtryskiwania, a przeważająca część zależności opisujących wpływ warunków technologicznych procesu na przebieg skurczu i jego wartość jest podawana dla wyprasek wtryskowych. W tabeli 1 przedstawiono wartości pierwotnego skurczu liniowego dla najważniejszych tworzyw polimerowych.

Tabela 1. Wartość pierwotnego skurczu liniowego [8]

Table 2. Value of primary linear shrinkage [8]

Rodzaj tworzywa	Wartość skurczu [%]
Polistyren	0,5 -0,7
Kopolimery ABS	0,4 - 0,6
Polietylen wysokociśnieniowy	1,0 - 1,5
Polietylen niskociśnieniowy	2,0 - 4,0
Poliamid	1,2 - 3,0
Polichlorek winylu	0,1 - 0,4 twardy 1,0 - 3,5 zmięczony
Polipropylen	1,0- 2,0
Polimetakrylan metylu	0,4 - 0,8
Poliwęglany	0,4 - 0,8
Poliformaldehyd	3,0 - 5,0

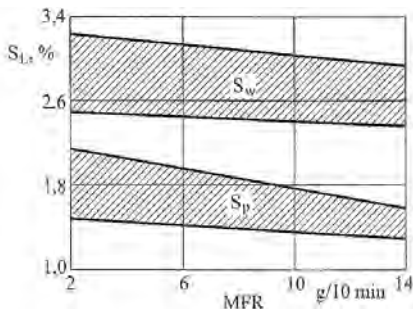
Tworzywa o większej gęstości wykazują większy skurcz przetwórczy. Jest to szczególnie ważne dla poliolefin, poliamidów oraz poliacetali. Tworzywa o mniejszej gęstości krystalizują nieco słabiej ze względu na swe silniejsze rozgałęzienie łańcucha, co prowadzi do mniejszego skurczu [1, 2].

Znaczący wpływ na skurcz wywierają parametry wtryskiwania, a w szczególności ciśnienie i czas fazy docisku oraz temperatura formy i czas chłodzenia. Zbyt

krótki czas docisku, będący najczęściej następstwem przedwczesnego zastygnięcia wlewka lub zbyt niskie ciśnienie docisku są przyczynami powstawania zapadnięć i jam skurczowych. Zbyt wysokie ciśnienie docisku powoduje nadmierne sprężenie i przeładowanie tworzywa w gnieździe formy. Następstwem tego jest natychmiastowe lub późniejsze tworzenie się rys i pęknięć wypraski [1, 9]. Temperatura powierzchni gniazda formującego i grubość ścianek wypraski decyduje o równomierności jej ochładzania. Im czas chłodzenia i grubości ścianek będą większe, tym proces przekazywania ciepła będzie wolniejszy i tym więcej będzie czasu na uzyskanie przez łańcuchy cząstek równowagi naprężeń, a w przypadku tworzyw częściowo krystalicznych również i na krystalizację [1, 2, 7]. Wprawdzie wraz ze wzrostem temperatury formy zwiększa się wartość skurczu całkowitego, ale udział skurczu wtórnego jest wtedy tak niewielki, że można uzyskać wystarczającą stabilność wymiarową wypraski [1, 4].

Konstrukcja wypraski i związany z nią sposób doprowadzenia tworzywa decydują o równomierności skurczu w poszczególnych jej fragmentach. Nierównomierność grubości ścianek wpływa na różną wartość skurczu, co prowadzi do powstania naprężeń własnych i wypaczeń [1, 4]. Przy bardzo cienkich ściankach wyprasek występuje silna orientacja makrocząsteczek i anizotropia skurczowa. Skurcz jest wyraźnie mniejszy, jeżeli wypraska nie ma ostrych krawędzi, na przykład przy przejściu z dna w ściankę boczną. Wynika to stąd, że zaokrąglenia ułatwiają płynięcie tworzywa i mniejsze są straty ciśnienia [4, 10].

Konstrukcja formy wtryskowej ma decydujący wpływ na równomierność rozkładu skurczu w wyprasce. Najczęściej wymieniane czynniki konstrukcyjne wpływające na wartość skurczu to: liczba i układ gniazd formujących, długość drogi płynięcia, typ układu wlewowego oraz miejsce doprowadzenia tworzywa do gniazda formującego, przekrój i kształt przewężek oraz przebieg kanałów regulacji temperatury. W pobliżu wlewka skurcz ma wartość mniejszą niż przy odległej krawędzi wypraski, dlatego wyrównanie wartości skurczu osiąga się między innymi przez zastosowanie wielu punktów wtrysku [3, 10].



Rys. 2. Zależność skurczu pierwotnego liniowego S_L (wzdłużnego S_w i poprzecznego S_p) od wskaźnika szybkości płynięcia MFR w przypadku poliotriksanu [8]

Fig. 2. Dependence of the primary linear shrinkage S_L (longitudinal S_w and transverse S_p) from the melt flow rate MFR for polytrioxane [8]

Napełniacze, jako substancje dodatkowe, wprowadzane do tworzywa na różnych etapach przetwórstwa, mają wyraźny wpływ na zmianę właściwości otrzymywanych wytworów oraz przebieg procesu wtryskiwania. Jeśli chodzi o zjawisko skurczu przetwórczego, napełniacze, zarówno w postaci proszku jak i włókien

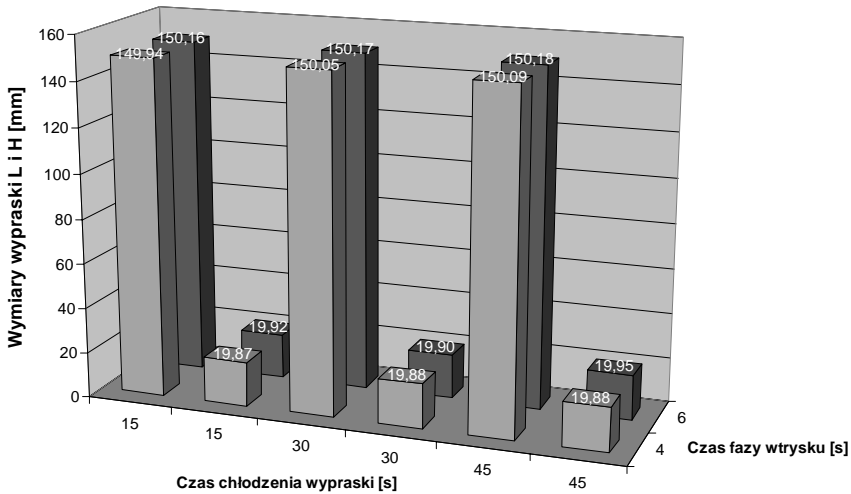
krótkich, wykazują działanie pozytywne, powodując zmniejszenie się skurczu i jego stabilizację. W przypadku napełniaczy włóknistych w zależności od warunków wtryskiwania i budowy wypraski może dochodzić do wyraźnej orientacji włókien, prowadzącej do anizotropii skurczowej. Dodatek napełniaczy wpływa jednakże na pogorszenie warunków pracy wtryskarki, działając erozyjnie na powierzchnię cylindra i ślimaka, ponadto niektóre napełniacze pogarszają właściwości reologiczne tworzywa, utrudniając jego płynięcie [1, 8, 9].

Dokładna charakterystyka wpływu poszczególnych czynników na wartość i przebieg skurczu przekracza ramy tego opracowania, zaś szczegółowe informacje na ten temat przedstawiono w literaturze [1, 5, 6, 9]. Jako przykład wpływu wybranych czynników na wartość skurczu przetwórczego na rys. 2 przedstawiono zależność skurczu wtryskowego pierwotnego liniowego S_L od masowego wskaźnika szybkości płynięcia MFR politrioksanu.

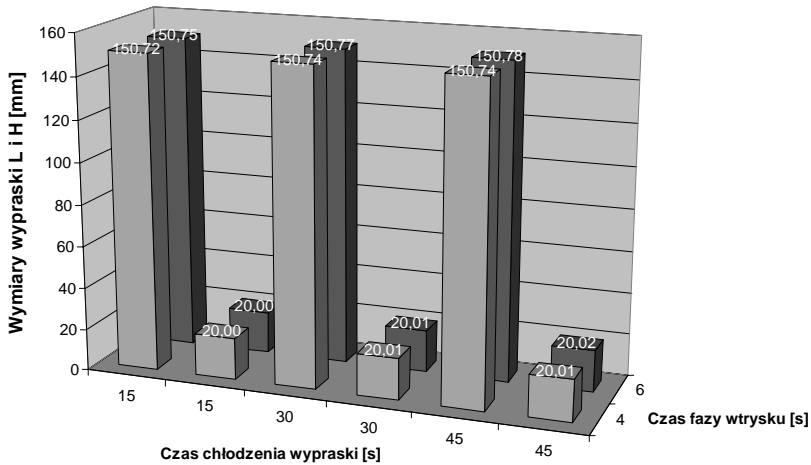
BADANIA DOŚWIADCZALNE

Do badań doświadczalnych umożliwiających ocenę wpływu zawartości napełniacza oraz wybranych parametrów procesu wtryskiwania na wartość skurczu liniowego wykorzystano wypraski wtryskowe w kształcie próbek przeznaczonych do badań wytrzymałości na rozciąganie. Wypraski otrzymano na ślimakowej wtryskarce laboratoryjnej CS88/63, przyjmując jako czynniki zmienne: czas fazy wtrysku równy 4 i 6 sekund oraz czas fazy chłodzenia wynoszący 15, 30 i 45 sekund. Wypraski wykonano z polipropylenu firmy Basell Orlen Polyolefins o nazwie handlowej Moplen EP440G. Użyтым napełniaczem było włókno szklane krótko cięte, w postaci gotowego koncentratu PP/GF. Do wtryskiwania przygotowano porcje tworzywa o zawartości odpowiednio 10%, 20%, 30%, 40% i 50% włókna szklanego. Temperatura na poszczególnych strefach grzewczych w układzie uplastyczniającym wzrastała od 220°C do 240°C, osiągając na dyszy wtryskowej 245°C. Narzędzie stanowiła dwugniazdowa forma wtryskowa, termostatowana w temperaturze 50°C. Wymiary gniazda formującego, niezbędne do późniejszych obliczeń wartości skurczu liniowego, były następujące: długość $L=152\text{mm}$, szerokość $H=20,15\text{mm}$ oraz grubość $B=4\text{mm}$.

Odpowiadające wymiarom gniazda formującego właściwe wymiary geometryczne wyprasek z poszczególnych serii różniących się zawartością napełniacza, otrzymanych w różnych warunkach przetwórstwa, były mierzone z dokładnością do 0,01mm przy pomocy elektronicznego przyrządu pomiarowego. Pomiarów dokonywano czterokrotnie – zaraz po wyjęciu wypraski z formy wtryskowej (do analizy skurczu pierwotnego), a następnie po upływie jednej doby, tygodnia oraz miesiąca (do analizy skurczu wtórnego). Po obliczeniach wstępnych do dalszego opracowania wyników pozostawiono długość wypraski L oraz jej szerokość H , a analizy wyniki pomiarów grubości B zaniechano, z uwagi na znaczne rozbieżności statystyczne otrzymanych rezultatów pomiarów.



Rys. 3. Zmiana wymiarów wypraski o zawartości 10%GF po wyjęciu z gniazda formy w zależności od czasu fazy wtrysku oraz czasu chłodzenia wypraski w formie
Fig. 3. Resizing of moulded part containing 10% GF after out of the mould cavity, depending on the time of the injection phase and the time of the cooling phase



Rys. 4. Zmiana wymiarów wypraski o zawartości 50%GF po wyjęciu z gniazda formy w zależności od czasu fazy wtrysku oraz czasu chłodzenia wypraski w formie
Fig. 4. Resizing of moulded part containing 50% GF after out of the mould cavity, depending on the time of the injection phase and the time of the cooling phase

Na rys. 3 i rys. 4 przedstawiono przykładowe wykresy przedstawiające zmianę wymiarów wypraski L i H po wyjęciu jej z formy wtryskowej w zależności od czasu fazy wtrysku oraz czasu fazy chłodzenia wypraski, wybrane dla dwóch skrajnych zawartości włókna szklanego, czyli 10%GF oraz 50%GF. Stopniowe

wydłużanie czasu obu faz powodowało zwiększanie się wartości analizowanych wymiarów liniowych, natomiast różnice między odpowiednimi wymiarami były tym wyraźniejsze, im mniejsza była zawartość napełniacza. Wydłużanie czasu fazy wtrysku, umożliwiającej większe upakowanie tworzywa w gnieździe formującym wpływało w większym stopniu na wzrost wymiarów wypraski niż wydłużanie czasu chłodzenia wypraski w formie.

Tabela 2. Wartość skurczu [%] dla próbek o zawartości 10% GF

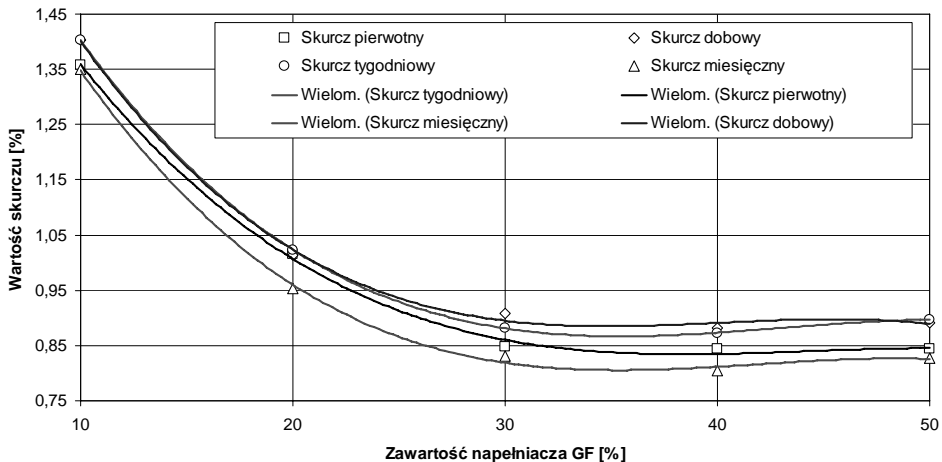
Table 2. Value of shrinkage [%] for parts with content 10%GF

		Wymiar	Skurcz pierwotny	Skurcz dobowy	Skurcz tygodniowy	Skurcz miesięczny
czas wtrysku 4s	czas chłodzenia 15s	L	1,36	1,40	1,40	1,35
	czas chłodzenia 30s	L	1,28	1,38	1,33	1,28
	czas chłodzenia 45s	L	1,25	1,32	1,29	1,26
czas wtrysku 6s	czas chłodzenia 15s	L	1,21	1,32	1,31	1,24
	czas chłodzenia 30s	L	1,20	1,30	1,32	1,26
	czas chłodzenia 45s	L	1,20	1,28	1,26	1,22

Tabela 3. Wartość skurczu [%] dla próbek o zawartości 50% GF

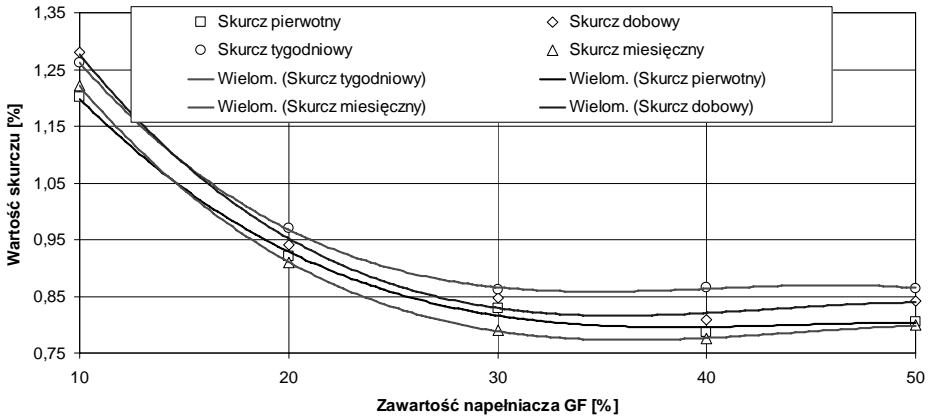
Table 3. Value of shrinkage [%] for parts with content 50%GF

		Wymiar	Skurcz pierwotny	Skurcz dobowy	Skurcz tygodniowy	Skurcz miesięczny
czas wtrysku 4s	czas chłodzenia 15s	L	0,84	0,89	0,90	0,83
	czas chłodzenia 30s	L	0,83	0,88	0,86	0,82
	czas chłodzenia 45s	L	0,83	0,88	0,87	0,84
czas wtrysku 6s	czas chłodzenia 15s	L	0,82	0,90	0,88	0,84
	czas chłodzenia 30s	L	0,81	0,88	0,88	0,84
	czas chłodzenia 45s	L	0,81	0,84	0,86	0,80



Rys. 5. Zależność skurczu liniowego od zawartości napełniacza (odniesiona do długości wypraski L), przy czasie wtrysku 4s i czasie chłodzenia 15s

Fig. 5. Dependence of linear shrinkage on filler content (relative to the length of moulded part L), with injection time 4 second and cooling time 15 second



Rys. 6. Zależność skurczu liniowego od zawartości napelniacza (odniesiona do długości wypraski L), przy czasie wtrysku 6s i czasie chłodzenia 45s

Fig. 6. Dependence of linear shrinkage on filler content (relative to the length of moulded part L), with injection time 6 second and cooling time 45 second

W tabeli 2 oraz tabeli 3 zamieszczone zostały przykładowe wyniki przedstawiające wyznaczone wartości skurczu pierwotnego, dobowego, tygodniowego i miesięcznego, dla próbek o skrajnych zawartościach 10% i 50% włókna szklanego, odniesione do poszczególnych zmiennych czasów faz wtrysku i chłodzenia. Podobne zależności wyznaczone zostały dla pozostałych pośrednich wartości napelniacza, a otrzymane na ich podstawie przykładowe wykresy, dla wybranych parametrów wtryskiwania, przedstawiające zmianę skurczu przetwórczego wyprasek wtryskowych w zależności od zawartości napelniacza zostały zamieszczone na rys. 5 i rys. 6. Zwiększanie zawartości napelniacza powoduje wyraźne zmniejszenie się wartości skurczu, szczególnie wyraźne przy zmianie zawartości napelniacza z 10 na 20 i potem 30%. Dalsze zwiększanie procentowego udziału napelniacza nie powodowało wyraźnego zmniejszenia się skurczu.

WNIOSKI

Złożoność procesu wtryskiwania tworzyw polimerowych i wyjątkowo duża ilość czynników wpływających na jego przebieg i efekty powodują, że ustalenie najlepszych warunków wtryskiwania wiąże się z koniecznością znajomości cech tworzywa, konstrukcji narzędzia i możliwości maszyny przetwórczej. Przeprowadzone badania dotyczyły wybranych aspektów procesu wtryskiwania, uwzględniając zmianę cech tworzywa przetwarzanego (zawartość napelniacza) oraz zmianę niektórych, stosunkowo najprostszych do regulacji parametrów wtryskiwania (czas fazy wtrysku i czas fazy chłodzenia). Zjawisko skurczu przetwórczego tworzyw, powodujące zmianę kształtu i wymiarów wypraski wtryskowej, jest jednym z ważniejszych problemów, jaki musi zostać rozwiązany, zarówno na etapie pro-

jektowania narzędzia jak i doboru parametrów przetwórstwa. Przeprowadzona analiza zmiany skurczu przetwórczego wskazuje, że można nań efektywnie wpływać zarówno przez dobór odpowiednich warunków procesu wtryskiwania w zakresie dopuszczalnym przez możliwości technologiczne wtryskarki, ale także, jeśli zaistnieje taka potrzeba, modyfikować właściwości przetwórcze tworzywa, w celu otrzymania wypraski o założonych uprzednio cechach geometrycznych i wytrzymałościowych. Zarówno zwiększanie do określonej wartości ilości napełniacza w tworzywie, jak i wydłużanie czasu wtryskiwania wpływało wyraźnie na zmniejszenie skurczu, a tym samym na zwiększenie dokładności wymiarowej wykonanych wyprasek, co znacząco przekłada się na poprawienie jakości ich wykonania i wzrost walorów użytkowych.

PIŚMIENNICTWO

1. Fisher J. M.: Handbook of molded part shrinkage and warpage. Plastic Design Library, William Andrew Inc., Norwich 2003.
2. Gershon A. L., Gyger L. S., Bruck H. A., Gupta S. K.: Thermoplastic Polymer Shrinkage in Emerging Molding Processes. *Experimental Mechanics* 2008, 48, 6, 789-798.
3. Kazmer D. O.: Injection Mold Design Engineering. Carl Hanser Verlag, Munich 2007.
4. Malloy R. A.: Plastic Part Design for Injection Molding. An Introduction. Carl Hanser Verlag, Munich 1994.
5. Rosato D. V., Rosato D. V., Rosato M. G.: Injection Molding Handbook. Kluwer Academic Publisher, Norwell 2000.
6. Sikora R. (red.): Przetwórstwo tworzyw polimerowych. Podstawy logiczne, formalne i terminologiczne. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2006.
7. Sikora R., Jachowicz T.: Wpływ czasu ochładzania na skurcz przetwórczy wytworów otrzymanych metodą wytłaczania z rozdmuchiwaniem. *Polimery* 2000, 45, 10.
8. Sikora R.: Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych. Wydawnictwo Edukacyjne. Warszawa 1993.
9. Smorawiński A.: Technologia wtrysku. WNT, Warszawa 1989.
10. Zawistowski H., Frenkler D.: Konstrukcja form wtryskowych do tworzyw termoplastycznych. Wydawnictwo Poradników i Książek Technicznych Plastech, Warszawa 2003.

PROCESSING SHRINKAGE OF INJECTION MOULDED PARTS FILLED BY GLASS FIBRE

Summary

The article characterized the phenomenon of processing shrinkage of injection moulded parts, presenting its definition, classification, and discusses factors affecting the course and the value of the injection moulding shrinkage. Based on experimental studies was defined relationship between the injection moulding shrinkage and selected injection moulding process parameters, and the filler content in the form of fibreglass.

Keywords: polymer processing, injection moulding, injection moulded part, processing shrink, filler.