

MECHANIKA

**CZASOPISMO TECHNICZNE**  
**TECHNICAL TRANSACTIONS**  
MECHANICS

WYDAWNICTWO

POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1-M/2009

ZESZYT 3

ROK 106

ISSUE 3

YEAR 106

ELŻBIETA BOCIĄGA, TOMASZ STACHOWIAK\*

## WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI WYPRASEK WYTWARZANYCH METODĄ WTRYSKIWANIA WSPOMAGANEGO GAZEM

### SELECTED PROPERTIES OF PLASTIC PARTS PRODUCED BY GAS ASSISTED INJECTION MOULDING

#### Streszczenie

W artykule przedstawiona została metoda wtryskiwania wspomaganego gazem oraz analiza wybranych właściwości wyprasek wytwarzanych tą metodą. Badania zostały przeprowadzone w ścisłej współpracy z przemysłem. Wykazano, iż temperatura wtryskiwanego tworzywa, czas przełączania oraz czas wtrysku gazu znacząco wpływają na masę oraz grubość ścianki wyprasek.

*Słowa kluczowe: wypraska pusta, wtryskiwanie wspomaganie gazem*

#### Abstract

Gas – assisted injection moulding technology and analysis of selected properties of moulded parts were presented. Experiments were carried out with a close cooperation with the industry. It was found that injection moulding temperature, switching time and gas injection time influenced significantly mass and wall thickness of parts.

*Keywords: hollow moulded parts, gas assisted injection moulding*

---

\* Dr hab. inż. Elżbieta Bociąga, prof. P.Cz., mgr inż., Tomasz Stachowiak, Instytut Przetwórstwa Polimerów i Zarządzania Produkcją, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, Politechnika Częstochowska.

## 1. Wprowadzenie

Ponad 20 lat temu pojawiła się nowa metoda wytwarzania wyprasek pustych, a mianowicie wtryskiwanie wspomagane gazem. Proces ten szybko został zaadaptowany przez przemysł i wykorzystany w celu zmniejszenia zużycia tworzyw polimerowych. Przeprowadzenie procesu jest możliwe przy wykorzystaniu istniejącej konwencjonalnej wtryskarki wyposażonej w sterownik przepływu gazu oraz butle lub wytwornicę azotu. Większe zmiany konstrukcyjne dotyczą formy wtryskowej.

Rozróżnia się wiele odmian wtryskiwania wspomaganego gazem różniących się od siebie sposobem doprowadzenia gazu do formy. Należy tutaj wymienić: wtryskiwanie z doprowadzeniem gazu przez dyszę wtryskarki, z przepływem gazu przez gniazdo formujące, z zastosowaniem ruchomych rdzeni, z przepływem tworzywa do układu uplastyczniającego, z przepływem tworzywa do dodatkowego gniazda, z doprowadzeniem gazu na zewnątrz wypraski, z doprowadzeniem gazu do gniazda formującego [1-3].

Zastosowanie metody wtryskiwania wspomaganego gazem prowadzi do uzyskania wielu korzyści m.in. zmniejszenia masy wyprasek, skrócenia czasu cyklu, otrzymania wyprasek bez zapadnięć i zniekształceń, charakteryzujących się wysoką jakością powierzchni zewnętrznych. Metoda ta jest stosowana zarówno dla wyprasek o cienkich ściankach, jak i grubościennych z kanałem gazowym o dużym przekroju poprzecznym [1, 4, 5].

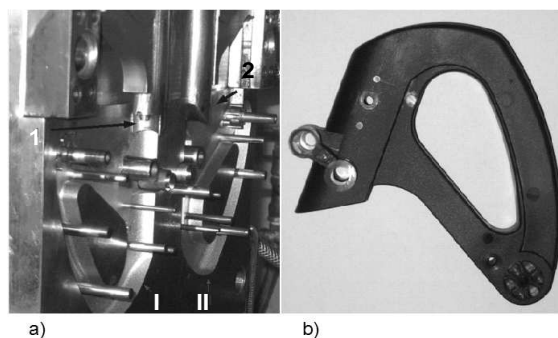
## 2. Badania eksperymentalne

W badaniach eksperymentalnych wykorzystana została metoda wtryskiwania wspomaganego gazem z doprowadzeniem gazu do gniazda formującego. Zastosowano formę dwugniazdowną (rys. 1a). Na rysunku 1b została przedstawiona przykładowa wypraska z tworzywa K 593 firmy Slovnaft, które jest kopolimerem polipropylnowo – polietylenowym o zawartości frakcji etylenu od 10 do 14 %. Formę zamontowano na wtryskarce firmy Haitian HTF300X. W formie znajdują się specjalne rdzenie doprowadzające gaz. Gniazda formy ponumerowano jako I oraz II, natomiast rdzenie umożliwiające wtrysk gazu jako 1 oraz 2. Urządzeniem sterującym przepływem gazu był sterownik firmy Cinpress PPC 3000 SF. Gaz doprowadzono z butli, a odpowiedni poziom ciśnienia niezbędny do przeprowadzenia procesu zapewniony został dzięki wykorzystaniu kompresora firmy HiCom n2.

Schemat stanowiska badawczego został przedstawiony na rys. 2.

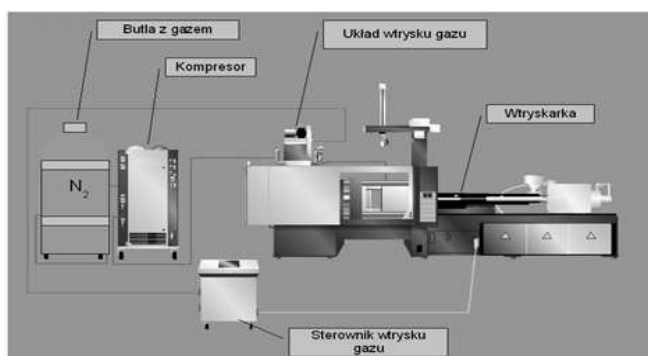
Celem badań było określenie wpływu warunków procesu wtryskiwania wspomaganego gazem na masę wyprasek oraz grubość ścianek wyprasek w różnych przekrojach. Parametrami zmiennymi podczas procesu były temperatura wtryskiwania, to jest temperatura tworzywa w strefie dozowania układu uplastyczniającego ( $T_w$ , °C), zmieniana w zakresie od 175°C do 225°C, czas przełączania określany jako czas od zakończenia fazy wtrysku tworzywa do rozpoczęcia fazy wtrysku gazu (tpg, s) wynoszący od 4 do 8 sekund oraz czas wtrysku gazu (td, s), który wynosił od 31 do 52 sekund.

Stałe parametry wtryskiwania były następujące: ciśnienie wtrysku tworzywa 4 MPa, ciśnienie wtrysku gazu 5 MPa, czas wtrysku tworzywa 4 s, czas chłodzenia 55 s.



Rys. 1. Dwugniazdowa forma do wtryskiwania wspomaganego gazem (a), wypraska wtryskowa (b) : I,II – gniazda formujące, 1,2 – rdzenie doprowadzające gaz

Fig. 1. Two cavity mould for gas assisted injection moulding technology (a), injection moulded part (b): I,II – mould cavities, 1,2 – gas injection cores



Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego

Fig. 2. Scheme of experimental stand

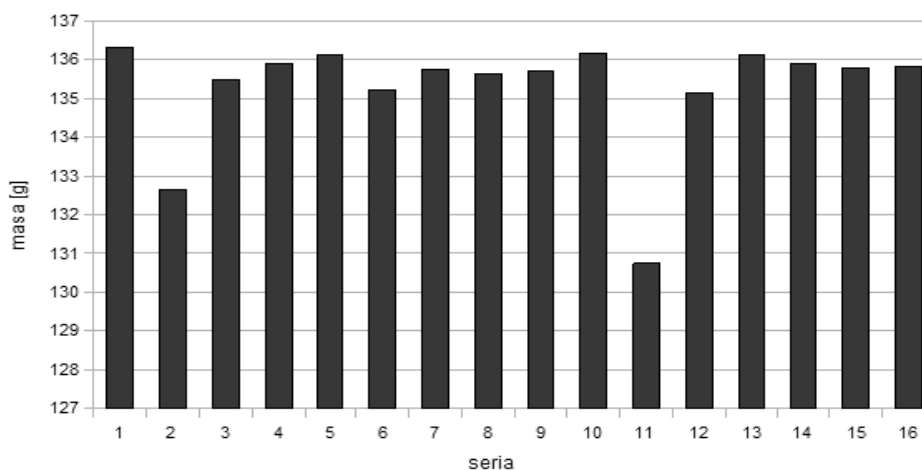
Badania zostały przeprowadzone według centralnego kompozycyjnego planu badań z powierzchniami odpowiedzi utworzonego przy pomocy pakietu Statistica 6.0 z wykorzystaniem modułu DOE (Design of Experiment). Plan badań wraz z wynikami przedstawiony został w tabeli 1. Obejmował on szesnaście układów, w tym dwa centralne (układy 15,16).

Wyniki badań masy wyprasek przedstawiono na rys. 3. Są to wyniki uzyskane przy dziesięciu powtórzeniach.

Najmniejszą masą (130,72 g) charakteryzują się wypraski uzyskane w warunkach, w których wartość temperatury wtryskiwania wynosiła 175°C, czas przełączenia 6 s, czas wtrysku gazu 41 s (tabela 1, układ 11 planu badań). Największą masę (136,3 g) mają wypraski otrzymane w temperaturze wtryskiwania 185°C, z czasem przełączenia 5 s oraz czasem wtrysku gazu 35 s (tabela 1, układ 1 planu badań). Wzrost temperatury do wartości maksymalnej (225°C, układ 12) nie powoduje znaczącego wzrostu masy.

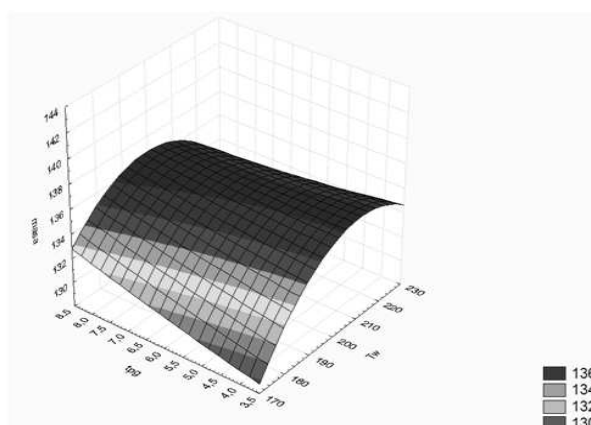
Plan badań wraz z wynikami pomiarów masy i grubości ścianki wyprasek

Lp.	Temperatura tworzywa $T_w, ^\circ\text{C}$	Czas przełączania $t_{pr}, \text{s}$	Czas fazy wtrysku gazu $t_d, \text{s}$
1	185	5	35
2	185	5	47
3	215	5	35
4	215	5	47
5	185	7	35
6	185	7	47
7	215	7	47
8	215	7	47
9	200	4	41
10	200	8	41
11	175	6	41
12	225	6	41
13	200	6	31
14	200	6	52
15	200	6	41
16	200	6	41



Rys. 3. Średnia masa wyprasek wtryskowych w różnych warunkach wtryskiwania (zgodnie z planem badań – tabela 1)

Fig. 3. Average mass of injection moulded part in different injection moulding conditions (as per with the research plan – table 1)



Rys. 4. Zmiana masy wyprasek wtryskowych w zależności od temperatury wtryskiwania ( $T_w$ ) oraz czasu przełączenia ( $t_{pg}$ )

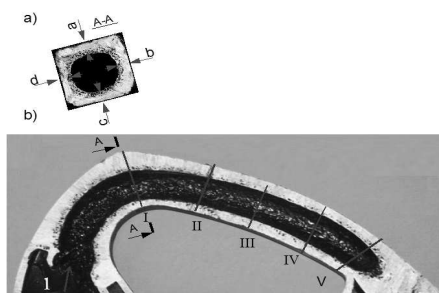
Fig. 4. Change of parts mass in function dependence of injection temperature ( $T_w$ ) and switching time ( $t_{pg}$ )

Na rys. 4 przedstawiona została zmiana masy wyprasek wtryskowych w zależności od temperatury wtryskiwania ( $T_w$ ) oraz czasu przełączenia ( $t_{pg}$ ). Można zauważyć, że najmniejszą masę wyprasek uzyskuje się przy krótkim czasie przełączenia oraz niskiej temperaturze wtryskiwania. Niska temperatura wtryskiwania przyczynia się do zmniejszenia masy wyprasek, może jednak przy niewłaściwie dobranych pozostałych parametrach prowadzić do powstania zapadnięć w wyprase.

Rozkład grubości ścianki wypraski analizowano w różnych przekrojach, przedstawionych na rys. 5. Cyfrą 1 oznaczony został punkt doprowadzenia gazu do wnętrza wypraski. Cyframi I-V zaznaczono poszczególne przekroje, w których była mierzona grubość ścianki. Grubość ścianki w danym przekroju wyznaczono w czterech miejscach, oznaczonych na rysunku 5a literami a – d.

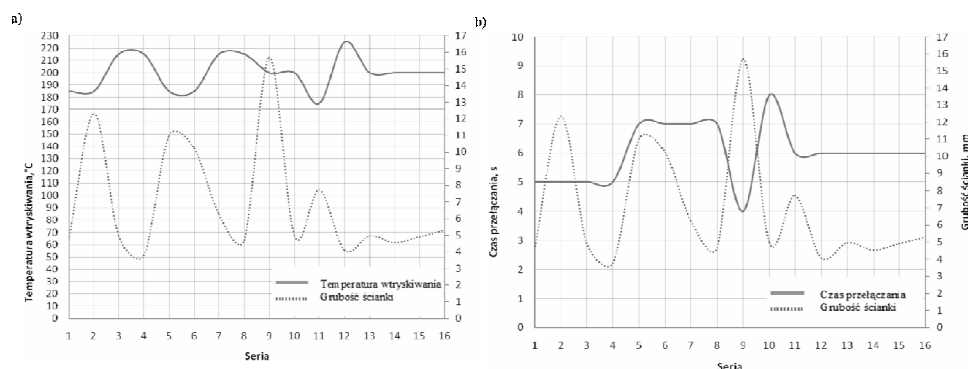
Na rys. 6 pokazano przykładowe wyniki pomiaru grubości ścianki w miejscu „c” w przekroju I w zależności od temperatury wtryskiwania (6a) oraz czasu przełączenia (6b). Największą grubość ścianki w tym miejscu (15,71 mm) mają wypraski wytwarzane w warunkach wtryskiwania oznaczonych w planie badań numerem 9, które charakteryzują się następującymi parametrami: temperatura wtryskiwania 200°C, czas przełączenia 4s, czas wtrysku gazu 41 s. Przy tak dobranych parametrach wtrysk gazu następuje w chwili zakończenia fazy wtrysku tworzywa. Czas wtrysku gazu jest stosunkowo długi co sprawia, że tworzywo zostaje równomiernie rozprowadzone w formie. Ścianka wypraski w tym przekroju jest najbardziej narażona na uszkodzenie podczas użytkowania, dlatego większa grubość ścianki w miejscu „c” jest korzystna. Najmniejszą grubość ścianki „c” (3,78 mm) w przekroju I mają wypraski wytwarzane w warunkach wtryskiwania oznaczonych w planie badań numerem 4, które charakteryzują się następującymi parametrami: temperatura wtryskiwania 215°C, czas przełączenia 5 s, czas wtrysku gazu 47 s. Wysoka temperatura tworzywa wtryskiwanego w połączeniu z krótkim czasem przełączenia oraz długim

czasem wtrysku gazu wpłynęła negatywnie na rozkład grubości ścianek, doprowadzając do jej pocienienia w miejscu najbardziej obciążonym podczas użytkowania wypraski.



Rys. 5. Miejsca pomiaru grubości ścianek wypraski a) przekrój poprzeczny, b) przekrój wzdłużny, I – miejsce doprowadzenia gazu, I – V – badane przekroje, a – d – miejsca pomiaru

Fig. 5. Places of thickness measurement a) crosswise cut, b) lengthwise cut, I – gas injection point, I – V examined sections, a – d measurement places



Rys. 6. Wykres zmiany grubości ścianki wypraski (w przekroju I, miejsce „c”) w zależności od temperatury wtryskiwania (a) oraz czasu przełączenia (b)

Fig. 6. Diagram of wall thickness (section I cut „c”) vs. plastic temperature (a) and diagram of wall thickness vs. switching time (b)

### 3. Podsumowanie

Odpowiedni dobór parametrów wtryskiwania tworzywa oraz gazu wpływa znacząco na ich masę oraz rozkład grubości ścianek wyprasek. Z punktu widzenia ilości zużywanego tworzywa oraz nakładów energetycznych związanych z wytworzeniem pojedynczego elementu, korzystne jest uzyskanie jak najmniejszej masy wyprasek. Ważny jest jednak rozkład grubości ścianek wypraski, zwłaszcza w przekrojach, które będą najbardziej obciążone podczas jej użytkowania. W analizowanej wyprawce miejscem takim jest przekrój I. Wła-

ściwy dobór temperatury tworzywa wtryskiwanego, czasu przełączenia oraz czas wtrysku gazu powinien pozwolić na uzyskanie wyprasek o mniejszej masie, ale bez nadmiernego pocienienia ścianki w przekroju I. Dobrą jakość wyprasek uzyskano przy temperaturze wtryskiwania (175°C), czasie przełączenia 6 s oraz czasie wtrysku gazu 41 s. Wypraski te charakteryzują się najmniejszą masą i jednocześnie dostatecznie grubą ścianką wynoszącą około 8 mm.

#### Literatura

- [1] B o c i ą g a E., *Specjalne metody wtryskiwania tworzyw sztucznych*, WNT, Warszawa 2008
- [2] K e n n e d y P., *Flow analysis of injection molds*, Hanser Gardner Publications, Munich 1995.
- [3] S z o s t a k M., *Przegląd metod wtryskiwania tworzyw sztucznych wspomaganych gazem (Gas Assisted Injection Moulding - GAIM)*, Plastic Review 2002, Nr 8 (21), 62-70.
- [4] A v e r y J., *An overview of gas assist injection moulding*, Hanser Gardner Publications, Munich 2001.
- [5] C h a o S-M., W a n g S-M. and C h e n S-C., *Evaluation of gas pressure dynamics for gas assisted injection molding process*, Int. Comm. Heat Mass Transfer, Vol. 26, No. 1, 1999, 85-93.