

MECHANIKA

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

WYDAWNICTWO  
POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1-M/2009  
ZESZYT 3  
ROK 106  
ISSUE 3  
YEAR 106

KRZYSZTOF WILCZYŃSKI, ADRIAN LEWANDOWSKI,  
KRZYSZTOF J. WILCZYŃSKI\*

## MODELOWANIE MES PRZEPEŁYWU STOPIONYCH POLIMERÓW W PROCESIE WYTŁACZANIA

### FEM MODELING FOR POLYMER MELT FLOW IN EXTRUSION PROCESS

#### Streszczenie

Przedstawiono zagadnienie modelowania MES przepływu tworzyw w wylączarkach jednoślakowych i dwuślakowych. Zaproponowano metodę implementacji charakterystyk przepływowych ślimaków do budowy całościowych modeli procesu wytłaczania.

*Słowa kluczowe: modelowanie, wytłaczanie jednoślakowe, wytłaczanie dwuślakowe*

#### Abstract

FEM modeling is presented for single and twin screw extrusion. Implementation of screw pumping characteristics obtained through FEM simulation is proposed to develop composite extrusion models.

*Keywords: computer modeling, single screw extrusion, twin screw extrusion*

---

\* Prof. dr hab. inż. Krzysztof Wilczyński, mgr inż. Adrian Lewandowski, mgr inż. Krzysztof J. Wilczyński, Zakład Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych, Wydział Inżynierii Produkcji, Politechnika Warszawska.

## 1. Wprowadzenie

Jednym z ważniejszych kierunków rozwoju wytłaczania tworzyw jest komputerowe modelowanie tego procesu. Na świecie znanych jest kilka modeli komputerowych wytłaczania [1], głównie dotyczących wytłaczania jednoślیمakowego. Ze względu na dużą złożoność i różnorodność zjawisk zachodzących w procesie wytłaczania, skomplikowaną geometrię przepływu, a także dużą czasochłonność obliczeń, znane modele komputerowe, jak dotąd, nie wykorzystują możliwości metody elementów skończonych MES.

Stosowanie metody elementów skończonych jest trudne i czasochłonne, i dlatego niechętnie wykorzystywane w praktyce przemysłowej. Jawi się więc potrzeba opracowania metody modelowania, umożliwiającej dokładne obliczenia numeryczne, przy rozsądnym czasie obliczeń i przystępnym sposobie użytkowania.

Koncepcja zastosowania metody elementów skończonych do modelowania procesu wytłaczania polega na budowie bezwymiarowych charakterystyk ślimaków [3], definiujących zależności natężenia przepływu i ciśnienia tworzywa:

$$Q^* = f(Q_p^*) \quad (1)$$

gdzie:

$Q^*$  - bezwymiarowe natężenie przepływu, stosunek całkowitego natężenia przepływu do natężenia przepływu wlezonego,

$Q_p^*$  - bezwymiarowe ciśnienie, stosunek natężenia przepływu ciśnieniowego do natężenia przepływu wlezonego.

Takie zależności można zapisać w postaci związków regresyjnych  $Q^* = f(Q_p^*)$ , które można odpowiednio implementować do całościowego modelu procesu. W rezultacie uzyskuje się rozwiązania zapewniające dużą dokładność obliczeń (wynikającą ze stosowania numerycznych metod MES), przy rozsądnym czasie tych obliczeń.

Metoda może być stosowana w odniesieniu do różnych technik wytłaczania, np. wytłaczania jednoślیمakowego (ze ślimakami klasycznymi lub niekonwencjonalnymi) czy też wytłaczania dwuślیمakowego współbieżnego lub przeciwbieżnego.

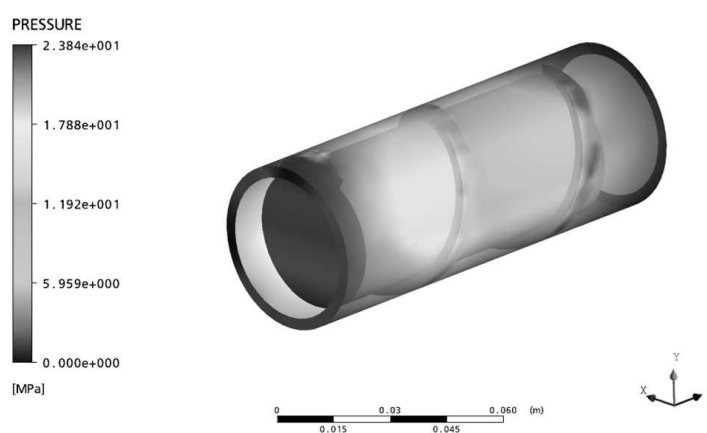
Modelowanie MES przepływu tworzyw w układach ślimakowych wytłaczarek może być realizowane za pomocą komputerowych narzędzi modelowania obliczeniowej mechaniki płynów (ang. Computational Fluids Dynamice, CFD). W tej pracy zastosowano do tego celu program Polyflow-Fluent [4].

Modelowanie MES przepływu tworzyw w procesie wytłaczania nie jest łatwe i jak dotąd jest niewiele doniesień literaturowych na ten temat. Badania modelowe MES różnych odmian wytłaczania są prowadzone m.in. w Zakładzie Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych Politechniki Warszawskiej. W tej pracy przedstawiono przykładowe wyniki takich badań.

## 2. Wyniki symulacji

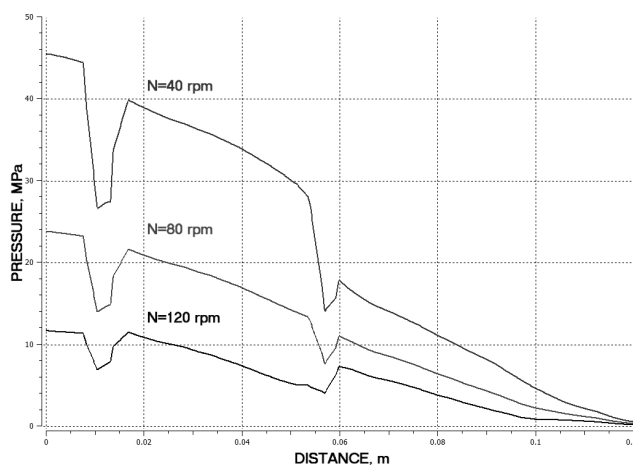
Na rys. 1-3 przedstawiono przykładowe wyniki symulacji rozkładu ciśnienia w procesie wytłaczania jednoślیمakowego, ze ślimakiem klasycznym i mieszającym. W obydwu przypadkach występuje ujemny gradient ciśnienia. Rys.2 pokazuje ponadto, jak zmienia się rozkład ciśnienia ze zmianą (wzrostem) prędkości obrotowej ślimaka, przy stałym

natężeniu przepływu tworzywa. Wzrost przepływu wlezonego wynikający ze wzrostu prędkości obrotowej ślimaka jest tutaj rekompensowany spadkiem przepływu ciśnieniowego, tak aby została zachowana stała wartość całkowitego natężenia przepływu. Rys. 2 pokazuje również charakterystyczne dla przepływów ślimakowych pulsacje ciśnienia. Rys. 4 przedstawia przykładowy rozkład ciśnienia przy wytłaczaniu dwuślimakowym przeciwbieżnym, gdzie obserwujemy dodatni gradient ciśnienia. W wyniku symulacji można też uzyskać wiele innych parametrów charakteryzujących przepływ tworzywa, np. rozkłady prędkości, szybkości ścinania, temperatury itp.



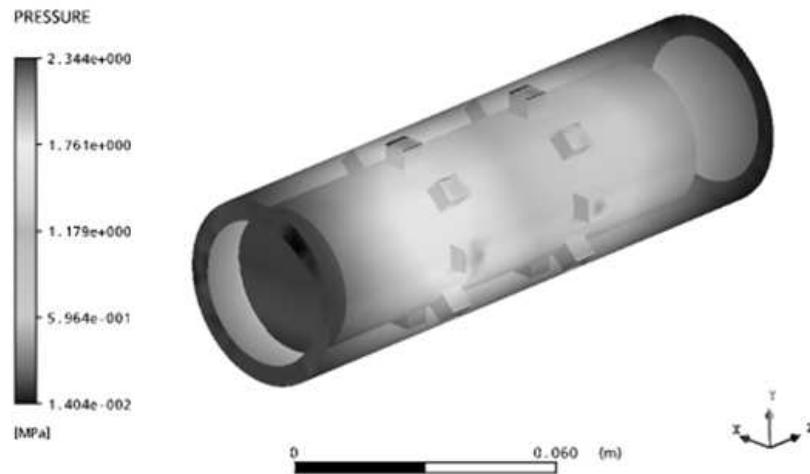
Rys. 1. Wyniki symulacji wytłaczania jednoślimakowego (ślimak konwencjonalny)

Fig. 1. Simulation results for single screw extrusion (conventional screw)



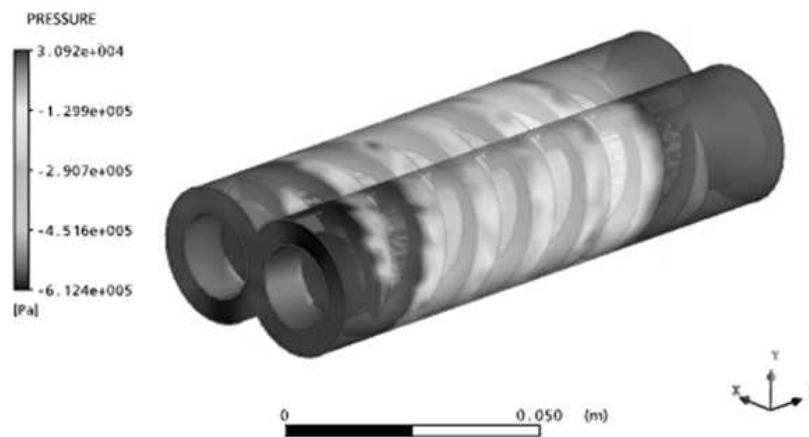
Rys. 2. Wyniki symulacji wytłaczania jednoślimakowego (ślimak konwencjonalny)

Fig. 2. Simulation results for single screw extrusion (conventional screw)



Rys. 3. Wyniki symulacji wytłaczania jednoślindakowego (ślindak mieszający)

Fig. 3. Simulation results for single screw extrusion (mixing screw)



Rys. 4. Wyniki symulacji wytłaczania dwuślindakowego przeciwbieżnego

Fig. 4. Simulation results for counter-rotating twin screw extrusion

## Literatura

- [1] Wilczyński K.: *Mechanik* 78, 2005, 515.
- [2] Tadmor Z., Gogos C., *Principles of Polymer Processing*, Wiley, New York 2006.
- [3] Wilczyński K., *Reologia w przetwórstwie tworzyw sztucznych*, WNT, Warszawa 2001.
- [4] [www.fluent.com/software/polyflow](http://www.fluent.com/software/polyflow).