

Komputerowo wspomagane projektowanie narzędzi wylączarskich stosowanych w przemyśle polimerowym

K. Jędrzejczak ^a, M. Król ^b

^a Studentka Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych
email: kinga-jedrzejczak4@wp.pl

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Technologii Procesów Materiałowych, Zarządzania i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie
email: mariusz.krol@polsl.pl

Streszczenie: Od ponad pięćdziesięciu lat systematycznie rośnie wykorzystanie tworzyw sztucznych w różnych gałęziach przemysłu. I tak dla przykładu przeciętny samochód w 1977 zawierał ok 50 kg tworzywa sztucznego, podczas gdy w 2003 roku zawierał już ok 130 kg. Zwiększone wykorzystanie tworzyw sztucznych jest szczególnie widoczne w przemyśle opakowaniowym. Europejski rynek opakowań elastycznych wzrósł z 10,5 mld USD do 11,8 mld USD w latach 2003-2008. Przewiduje się, że średnie wykorzystanie tworzyw sztucznych na mieszkańca wzrośnie o 46% w Stanach Zjednoczonych i Europie Zachodniej, o 85% w Azji Południowo-Wschodniej i do 104% w Europie Wschodniej w latach 2001-2010. W przypadku większości firm uzyskanie ostatecznego kształtu wylączanego produktu jest czasochłonnym procesem prób i błędów. Może zająć kilka, a nawet kilkanaście prób, które przyniosą pożądany kształt i odpowiednie wymiary komponentu. Dla doświadczonego projektanta narzędzi wylączarskich, pracującego nad prostym kształtem, proces ten może zająć trochę czasu, podczas gdy bardziej skomplikowane kształty mogą zająć do kilku miesięcy metodą prób i błędów. Przyczyn tego opóźnienia jest wiele, w większości z powodu braku zrozumienia fizyki i przepływu polimeru wewnątrz i na zewnątrz matrycy. W pracy przedstawiono możliwości aplikacyjne narzędzia wspomagającego projektowanie narzędzi wylączarskich stosowanych w przemyśle polimerowym jakim jest Moldflow.

Abstract: Application of plastics materials has been steadily increasing for more than fifty years. For example, an average car contained 50 kg of plastic in 1977, while in 2003 it contained about 130 kg. Increased usage of plastics is particularly evident in the packaging industries. The European flexible packaging market expects to grow from 10.5 mld USD to 11.8 mld USD between 2003 and 2008. The average per capita plastics consumption is forecasted to increase by 46% in the United States and Western Europe, by 85% in Southeast Asia and by 104% in Eastern Europe between 2001 and 2010. For most companies, obtaining the final shape of an extruded product is a time-consuming trial and error process. It can take

a few, or even a dozen or more, trials to get the correct die cut that will yield the desired part shape and dimensions. For an experienced die designer working on a simple shape, this process may take a short period of time, while more complicated shapes may take up to a few months using the trial and error method. There are many reasons for this delay, most involving a lack of understanding of the physics and the polymer flow inside and outside of the die. The paper presents the application possibilities of tools supporting the design of extrusion tools used in the polymer industry, i.e. Moldflow.

Słowa kluczowe: wytłaczanie, symulacja komputerowa, SolidWorks, Moldflow

1. WSTĘP

Wytłaczanie ma wśród metod przetwórstwa tworzyw polimerowych największe znaczenie, gdyż przetwarza się tą metodą ponad 50% wytwarzanych tworzyw. Proces wytłaczania polega na przekształceniu tworzywa sztucznego w stan plastyczny i przeciskaniu go pod wpływem dużego ciśnienia przez głowicę formującą wyrób. Po wyjściu z głowicy dany wyrób jest chłodzony i poddawany dalszej obróbce, w celu nadania ostatecznych wymiarów. Dzięki tej technologii można wytwarzać różnego rodzaju profile ciągłe: pręty, płyty, rury itp. [1].

Uzyskanie ostatecznego wytłaczanego kształtu jest złożonym procesem i wymaga szczegółowej wiedzy na temat właściwości materiału, zjawisk przepływu oraz bogatego doświadczenia w dziedzinie wytłaczania materiałów polimerowych. Projektowanie narzędzi wylaczarskich to obecnie bardzo skomplikowane zadanie w przemyśle polimerowym. Główną ideą w projektowaniu narzędzi wylaczarskich jest osiągnięcie jak najlepszej wydajności na poziomie produktu o najwyższej jakości, dokładności wymiarowej oraz estetyce [2].

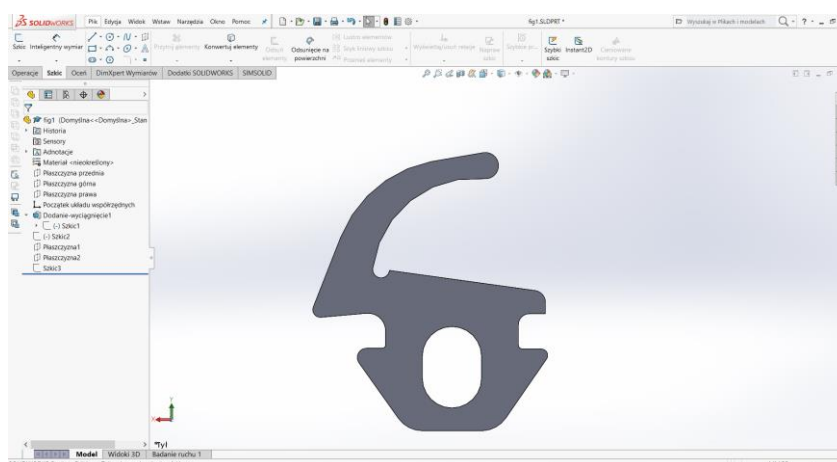
Projektanci narzędzi wylaczarskich często posługują się aplikacjami komputerowymi w celu zminimalizowania kosztów oraz czasu niezbędnego do opracowania nowego narzędzia wylaczarskiego. Symulacje numeryczne pozwalają przewidzieć istotne szczegóły procesu wytłaczania, które nie można wyznaczyć eksperymentalnie. W przemyśle tworzyw sztucznych szerokie zastosowanie znajdują takie programy jak [2, 3]:

- CompuPlast,
- Ansys Polyflow,
- Autodesk Moldflow,
- Solidworks Plastics,
- Altair Inspire Extrude Polymer dawniej Click2Extrude.

Celem niniejszej pracy jest zoptymalizowanie procesu wytłaczania na przykładzie zadanego profilu uszczelki. Symulację wykonano w programie Autodesk Moldflow Adviser 2019, gdzie poddano model analizie wypełnienia (Fill), docisku (Pack) oraz analizie deformacji (Warp).

2. OBIEKT BADAŃ

Obiektem badań jest uszczelka, która została zamodelowana w środowisku SolidWorks 2017 (rys. 1), ze względu na przyjazny w programie interfejs i łatwość opracowania modelu.



Rysunek 1. Model uszczelki wykonany w środowisku SolidWorks 2017

Figure 1. The gasket model made in the SolidWorks 2017

3. PRZYGOTOWANIE DO SYMULACJI

Symulację komputerową przeprowadzono w środowisku Moldflow, gdzie poddano uszczelkę analizie wypełniania (Fill), docisku (Pack) oraz deformacji (Warp) przy wykorzystaniu trójwymiarowej siatki elementów skończonych (3D). Do komputerowej symulacji zastosowano materiał Multiflex G 90 A 522 (Tabela 1), ze względu na jego możliwości aplikacyjne.

Tabela 1. Własności stosowanego materiału

Table 1. Properties of the used material

Multiflex G 90A 522							
Temp. formy	Temp. topnienia	Zalecamy zakres temp. formy	Zalecamy zakres temp. topnienia	Maksymalna temp. topnienia	Temp. wtrysku	Maksymalne naprężenia ścinające	Maksymalna prędkość ścinania
20 °C	190 °C	15-60 °C	165-250 °C	270 °C	108 °C	0,3 MPa	40000 1/s

4. WYNIKI SYMULACJI

W tablicy 2 przedstawiono wyniki wykonanej symulacji.

Tabela reprezentuje wyniki symulacji zastosowania różnej ilości kanałów wtryskowych. Jak widać z powyższej tabeli, czas wypełniania uszczelki tworzywem termoplastycznym przy zastosowaniu jednego wtrysku jest wyraźnie krótszy niż w przypadku zastosowania 5 kanałów wtryskowych. Przy ustawieniu tego samego czasu w obu przypadkach zauważyć można, iż przy pojedynczym wtrysku uszczelka jest niemal cała wypełniona niżeli przy zastosowaniu 5 kanałów wtryskowych (rysunek 2).

Natomiast ciśnienie w przypadku zastosowania jednego wtrysku jest wyraźnie wyższe niż przy pięciu kanałach wtryskowych.

W kwestii analizy docisku (Pack) zarówno przy zastosowaniu jednego jak i pięciu kanałów

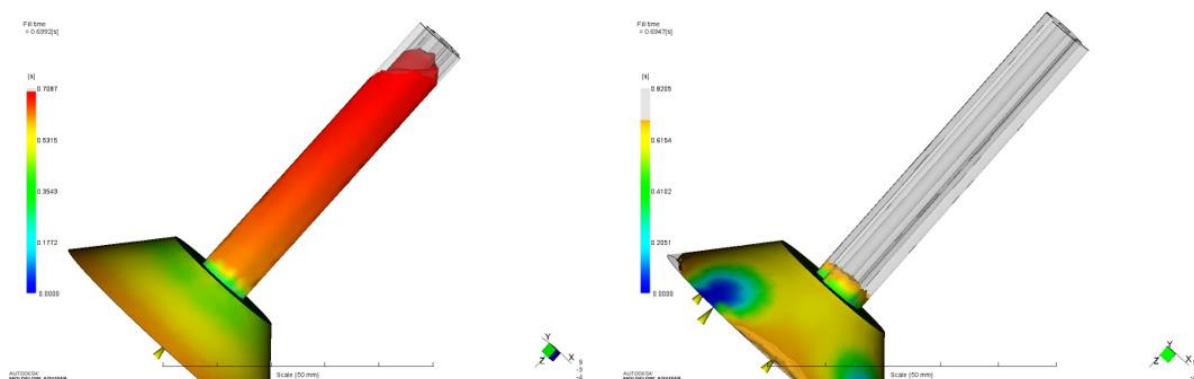
wtryskowych naprężenie nie przekracza maksymalnej granicy 0,3 MPa dla wybranego materiału.

Tabela 2. Wyniki symulacji

Tabela 2. The simulation results

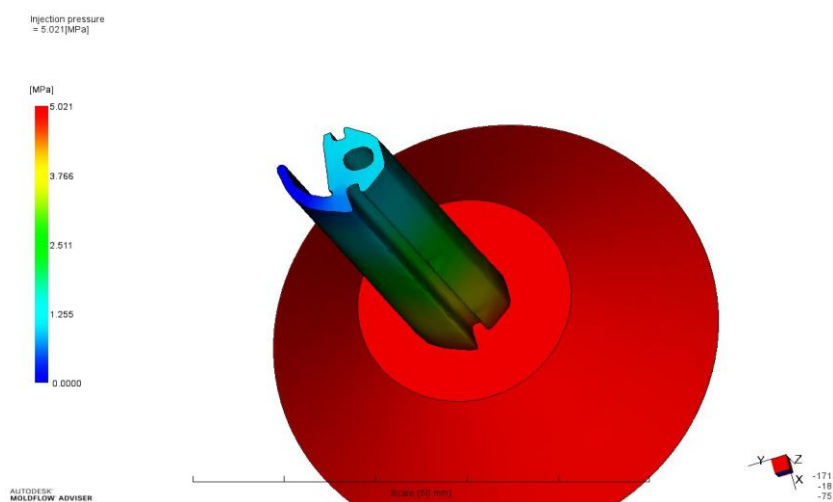
Fill	Parametry	Ilość kanałów wtryskowych zastosowanych w symulacji	
		1	5
Fill	Czas napełniania [s]	0,71	0,82
	Ciśnienie wtrysku [MPa]	5,021	4,944
Pack	Maksymalne naprężenia ścinania [MPa]	0,134	0,142
Warp	Maksymalne wygięcie [mm]	2,39	2,39

Zamodelowana uszczelka charakteryzuje się różną grubością ścianek w wyniku czego przepływ polimeru w obszarach cienkościennych jest wolniejszy niż obszarach grubościennych (rysunek 3).



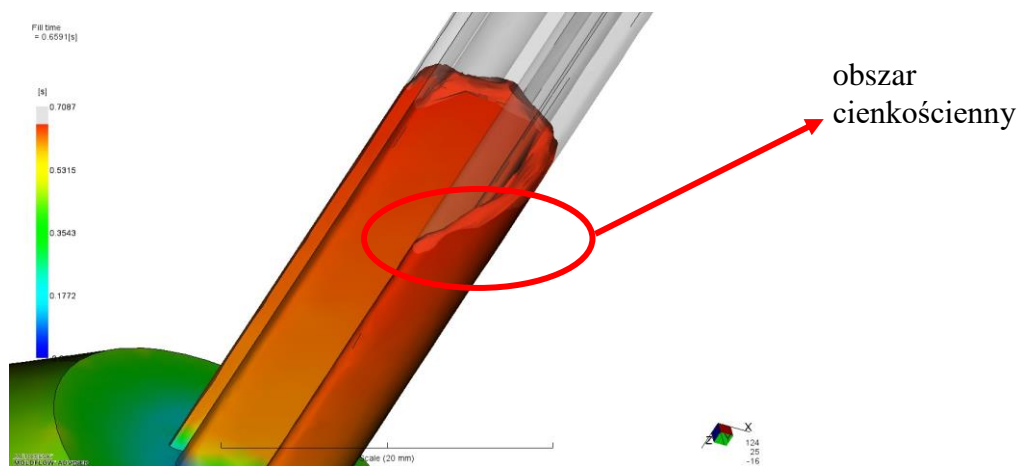
Rysunek 2. Analiza wypełnienia przy ustawieniu samego czasu wypełnienia

Figure 2. Analysis of the filling in constant time



Rysunek 3. Nierównomierny rozkład ciśnienia na końcu uszczelki przy zastosowaniu jednego kanału wtryskowego

Figure 3. Unequal pressure distribution at the end of the gasket using one injection point



Rysunek 4. Nierównomierne płynięcie tworzywa termoplastycznego

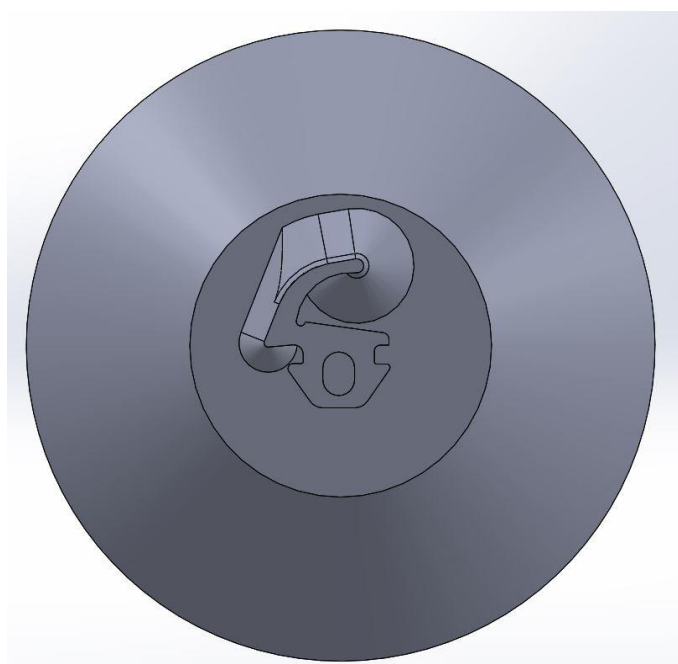
Figure 4. Unequal flow of thermoplastic material

OPTIMALIZACJA PROCESU WYTŁACZANIA

Optymalizacja procesu wytłaczania uszczelki wykonano za pomocą modyfikacji modelu w środowisku Solidworks. Przy użyciu operacji sfazowania dostępnym w programie Solidworks jest możliwość uzyskania równomiernej prędkości płynięcia tworzywa termoplastycznego na powierzchni wyjściowej. Poniżej przedstawiono model pierwotny (rysunek 5) i oraz po modyfikacji (rysunek 6).

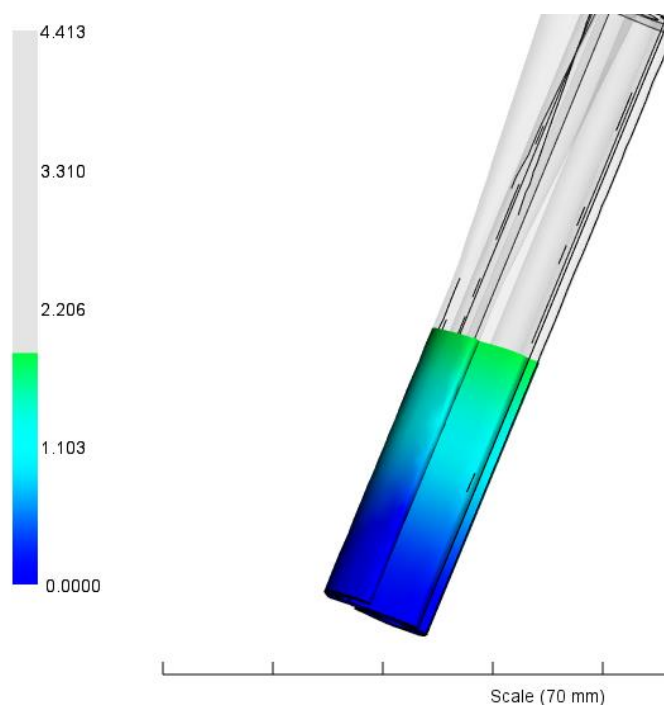


Rysunek 5. Pierwotny model uszczelki
Figure 5. The original gasket of the model



Rysunek 6. Zmodyfikowany model uszczelki
Figure 6. Modified gasket of the model

Wykonana symulacja zmodyfikowanej uszczelki przy zastosowaniu tego samego materiału Multiflex G 90A 522 dowiodła, iż tworzywo termoplastyczne płynie równomiernie (rysunek 7).



Rysunek 7. Równomierne płynięcie tworzywa termoplastycznego
Figure 7. Uniform flow of thermoplastic material

5. PODSUMOWANIE

Proces wytłaczania jest zależny od bardzo wielu czynników. Począwszy od doboru odpowiedniego materiału poprzez dobór odpowiednich parametrów przetwórstwa i na dokładności i wydajności maszyn kończąc. Dzięki programowi Autodesk Moldflow możliwe jest oszacowanie z pewną dokładnością proces technologiczny wytłaczania. Zaprojektowanie prawidłowego narzędzia wytłaczarskiego jest bardzo kosztowne i czasochłonne, dlatego programy komputerowe są coraz częściej stosowane w przemyśle polimerowym. Symulacje pozwalają na przewidzenie problemów już na etapie projektowania.

6. LITERATURA

1. Wilczyński K., Przetwórstwo tworzyw sztucznych, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2000.
2. Pepliński K., Mozer A., Design of extrusion die for plastic profile using Ansys Polyflow Software
3. Praca zbiorowa, Wybrane zagadnienia przetwórstwa tworzyw sztucznych, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2011.