

„Analiza niestabilności powstających w trakcie procesu wytlaczania”

Mateusz Barczewski

Stypendysta projektu pt. „Wsparcie stypendialne dla doktorantów na kierunkach uznanych za strategiczne z punktu widzenia rozwoju Wielkopolski”, Poddziałanie 8.2.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

Dotychczasowe działania związane z realizacją pracy doktorskiej pt. „Analiza niestabilności powstających w trakcie procesu wytlaczania” w latach 2010-2011 objęły zarówno odpowiednie przygotowanie merytoryczne, konieczne do zaplanowania jak i przeprowadzenia badań związanych ze zjawiskiem powstawania niestabilności wysokoczęstotliwościowych w trakcie wytlaczania tworzyw polimerowych. Opracowany i wykonany został układ pomiarowy umożliwiający detekcję wysokoczęstotliwościowych niestabilności przepływu polimeru występujących jako pierwsze tzw. skóry rekina [ang. Sharkskin]. Przeprowadzone badania weryfikacyjne potwierdziły słuszność postawionych założeń o możliwości detekcji i kontroli w/w zakłóceń przepływu co stworzyło przesłanki do kontynuowania prac i udoskonalaniu wstępnie wykonanego systemu pomiarowego. Poniższe opracowanie zawiera zestawienie dotychczas uzyskanych wyników badań.

Stanowisko badawcze

Wszystkie próby technologiczne przeprowadzone zostały z wykorzystaniem wytlaczarki jednoślimakowej Metal-Chem W25-30D o średnicy ślimaka $d=25\text{mm}$ oraz stosunku długości do średnicy ślimaka $l/d=34$. W celu uzyskania przepływu w kontrolowanych warunkach zaprojektowane oraz wykonane zostały dwie głowice pomiarowe. Pierwsza zaopatrzona w komplet wymiennalnych dysz kapilarnych o zmiennym stosunku l/d (Rys.1a) oraz druga szczelinowa głowica pomiarowa umożliwiająca montaż piezoelektrycznego czujnika ciśnienia (Rys.1b).



a)



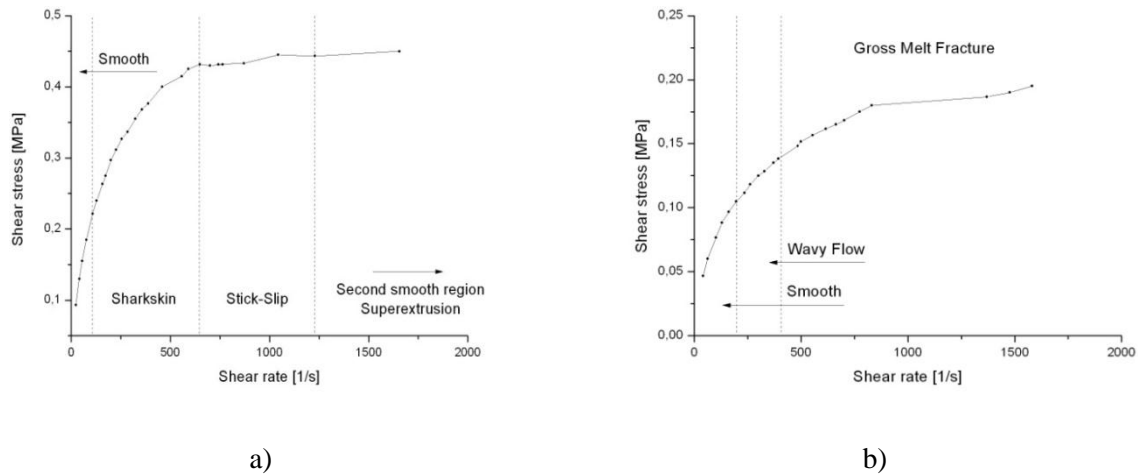
b)

Rys. 1 Głowice pomiarowe: a) pomiarowa głowica zaopatrzona w zestaw wymiennych dysz kapilarnych; b) szczelinowa głowica pomiarowa przystosowana do pracy z piezoelektrycznym czujnikiem ciśnienia

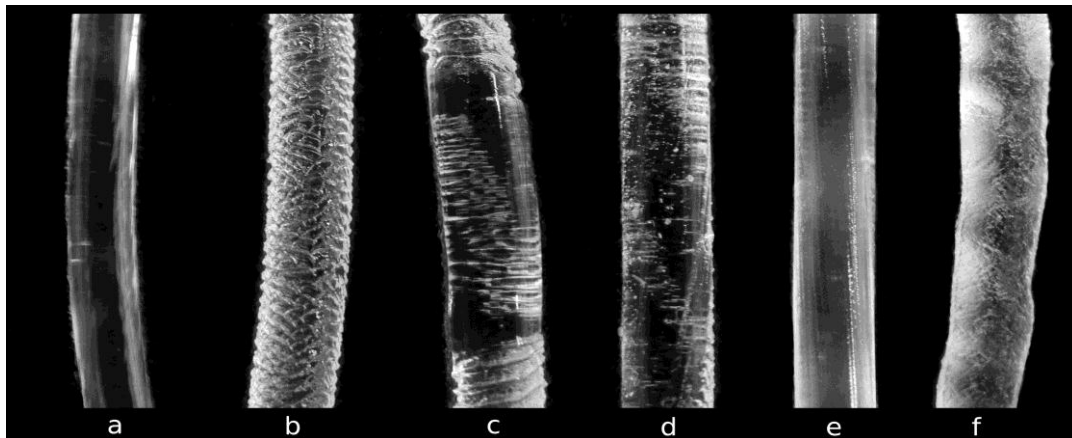
Szczelinowa głowica pomiarowa wyposażona została zarówno w tensometryczne czujniki ciśnienia umożliwiające odczyt statycznych wartości ciśnienia panującego w dyszy pomiarowej, jak i piezoelektryczny czujnik ciśnienia, dzięki któremu możliwe stało się zarejestrowanie dynamicznych zmian ciśnienia o wysokiej częstotliwości i niewielkiej amplitudzie (powstających w trakcie występowania niestabilności typu sharkskin).

Pomiary reologiczne z zastosowaniem dyszy kapilarnej

Dzięki zastosowaniu głowicy z wymiennymi dyszami kapilarnymi możliwe było wytypowanie odpowiednich gatunków polietylenów do badań (LDPE, LLDPE oraz HDPE) oraz określenie krytycznych wartości naprężeń ścinających, przy których zakłócenia typu sharkskin oraz (w przypadku polietylenu niskiej gęstości) niestateczności lepko sprężystej występują przy różnych temperaturach. Na poniższych wykresach oraz zdjęciu przedstawiono zakresy oraz postacie w jakich występują niestabilności wysokoczęstotliwościowe w trakcie wytłaczania z wykorzystaniem dyszy kapilarnej o średnicy $d=2\text{mm}$ oraz stosunku $l/d=15$ przy temperaturze $T=160\text{ }^{\circ}\text{C}$, dla LLDPE (Rys. 2a oraz 3a-d), LDPE (Rys. 2b oraz 3e-f). Dzięki poniżej przedstawionym wynikom możliwe było obliczenie optymalnej geometrii dla szczelinowej głowicy pomiarowej.



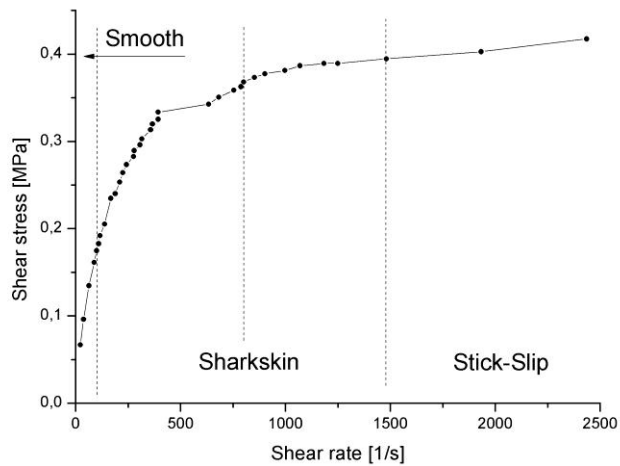
Rys. 2 Krzywe płynięcia (naprężenia ścinające [shear stress] w funkcji szybkości ścinania [shear rate]) dla a) LLDPE i b) LDPE uzyskane w dla przepływu przez dysze kapilarną o średnicy $d=2\text{mm}$ i stosunku długości do średnicy dyszy $l/d=15$ w temperaturze 160°C



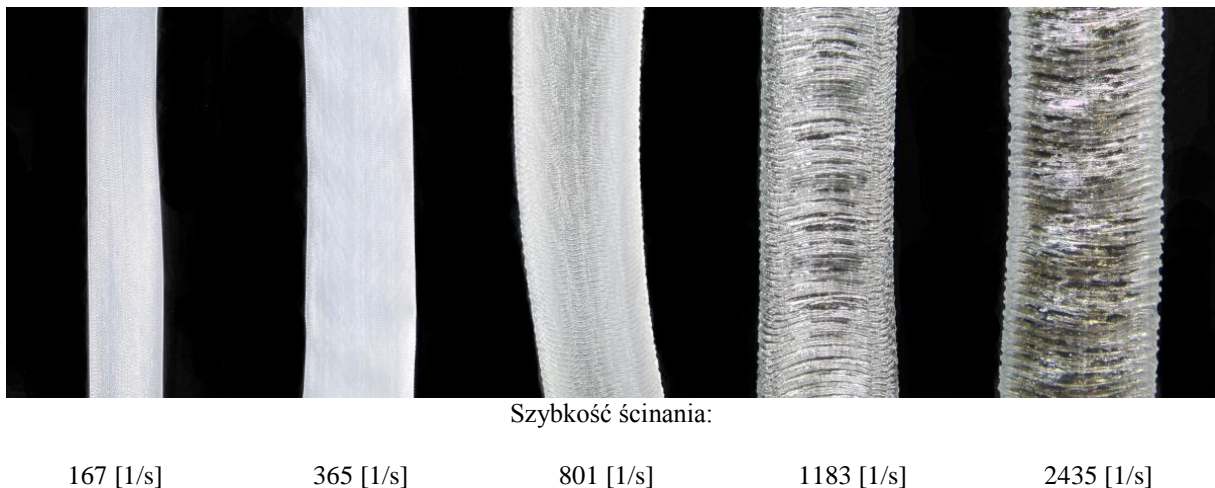
Rys. 3 Zdjęcia wytłocznin obrazujących powstające niestabilności przepływu dla a-d LLDPE (odpowiednio przepływ stabilny, skóra rekina, obszar czasowego poślizgu, drugi obszar stabilny) oraz e-f LDPE (odpowiednio: przepływ stabilny: niestabilność lepko sprężysta z oznakami przepływu falistego)

Pomiary reologiczne z wykorzystaniem dyszy szczelinowej oraz analiza częstotliwościowa sygnałów ciśnienia

W trakcie pomiarów reologicznych z wykorzystaniem głowicy szczelinowej wyznaczone zostały krytyczne wartości powstawania niestabilności typu sharkskin (skóra rekina) oraz stick-slip (naprzemiennych obszarów poślizgu oraz tarcia) (Rys. 4, 5) przy jednoczesnej rejestracji sygnałów odwzorowujących przebiegi ciśnienia za pomocą standardowych czujników tensometrycznych oraz piezoelektrycznego czujnika ciśnienia.

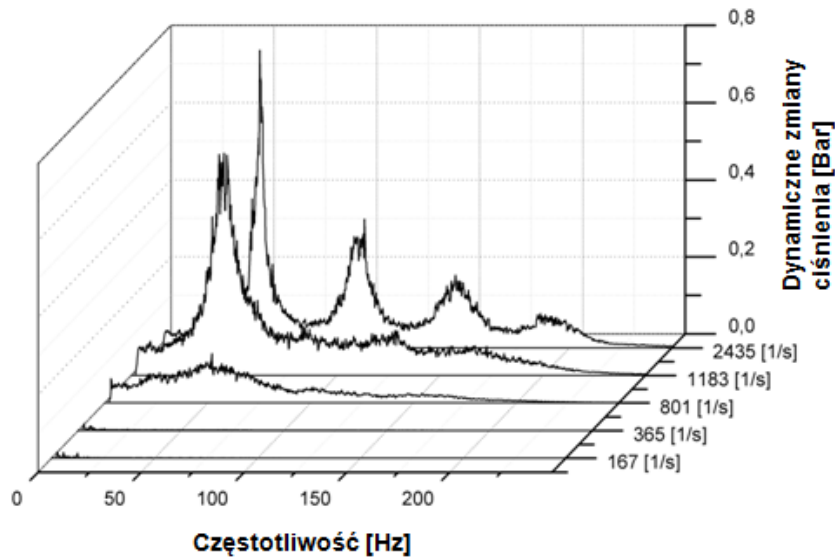


Rys. 4 Krzywa płynięcia liniowego polietylenu niskiej gęstości LLDPE uzyskana z wykorzystaniem dyszy szczelinowej o wymiarach poprzecznych 0,8x10 mm i stosunku długości do wysokości szczeliny L/H=37,5 w temperaturze 160°C



Rys. 5 Zdjęcia wytłocznin przedstawiające powstające niestabilności przepływu w trakcie wytłaczania LLDPE przez dyszę szczelinową HxB=0,8x10 mm L/H=37,5 w temperaturze 160 °C

Dzięki odpowiedniej obróbce sygnału ciśnienia pochodzącego z piezoelektrycznego czujnika ciśnienia możliwe było uzyskanie widm częstotliwościowych, z których odczytana została częstotliwość charakterystyczna 50 [Hz]. Częstotliwość ta odpowiadała pęknięciom występującym na wytłoczynie co jednoznacznie wskazuje na możliwość uzyskania informacji o występowaniu niestabilności wysokoczęstotliwościowych z sygnału odwzorowującego przebiegi ciśnienia. Zestawienie widm zaprezentowane zostało na poniższym wykresie (Rys. 6).



Rys. 6 Zestawienie widm sygnałów ciśnienia w trakcie wytlaczania LLDPE przez dysze szczelinową o wymiarach $H \times B = 0,8 \times 10$ mm i $L/H = 37,5$ w temperaturze $T = 160^\circ\text{C}$

Z powyżej przedstawionych wykresów można wnioskować, iż możliwa jest detekcja niestabilności wysokoczęstotliwościowych o małej amplitudzie typu „sharkskin” z wykorzystaniem zaproponowanego systemu pomiarowego. Spośród wybranych wartości szybkości ścinania dopiero przy wartości 801 1/s możliwe stało się zaobserwowanie charakterystycznej wartości 50 Hz. W celu zwiększenia czułości układu konieczne jest zmiana umiejscowienia piezoelektrycznego czujnika ciśnienia oraz dostosowanie jego zakresu do warunków panujących w trakcie wytłaczania.

Podsumowanie

Dotychczasowe wyniki badań jednoznacznie wskazują, iż detekcja niestabilności wysokoczęstotliwościowych (w szczególności typu sharkskin) z wykorzystaniem zaproponowanego układu pomiarowego jest możliwa, świadczy to o słuszności postawionych początkowo założeń. W dalszej części badań podjęta zostanie próba usprawnienia systemu wykrywania powstających niestabilności oraz wykonanie w szerszym zakresie badań reologicznych uwzględniających zmiany geometrii głowicy pomiarowej, większą ilość tworzyw polimerowych oraz określenie wpływu środków poślizgowych na powstawanie zakłóceń przepływu (zastosowanie komercyjnych fluoropolimerów oraz silseskwioksanów).