

dr hab. inż. Zbigniew Lewandowski, prof. ATH  
Instytut Inżynierii Tekstyliów i Materiałów Polimerowych  
Akademia Techniczno – Humanistyczna w Bielsku – Białej.

## Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Ewy Ołdak p.t. „Efekty masy cząsteczkowej w modelowaniu procesów formowania włókien ze stopów polimerów”

Podstawowym celem rozprawy było zbudowanie (stworzenie) matematycznego modelu formowania włókien ze stopionego polimeru ze szczególnym uwzględnieniem znaczenia masy cząsteczkowej w tym procesie. Model matematyczny został stworzony na podstawie praw zachowania masy, pędu i energii, konstytutywnych równań reologicznych, a także równań opisujących kinetykę krystalizacji orientowanej. Model opracowano na przykładzie włókien z poli (tereftalanu etylenowego) PET, który jest powszechnie stosowanym włóknem syntetycznym. Wybór PET wynika również z tego, że polimer ten krystalizuje z różną prędkością w zależności od szybkości formowania włókien.

Modelowanie matematyczne oparte jest na szeregu założeniach dotyczących właściwości polimeru i procesu formowania włókien.

Porównanie wyników obliczeń komputerowych z danymi doświadczalnymi umożliwia ocenę poprawności przyjętych procedur modelowania z punktu widzenia zgodności wyników badań modelowych z procesami rzeczywistymi.

Badania nad matematycznym modelowaniem procesu formowania włókien zostały oparte na następujących założeniach:

- Stacjonarność procesu, w sensie ustalonych w czasie osiowych profili prędkości i temperatury, prowadząca do otrzymania jednorodnych włókien o niezmiennych właściwościach użytkowych. Warunkiem stacjonarności procesu jest stabilność

temperatury i prędkości podawania polimeru, szybkości i temperatury powietrza chłodzącego strugę polimeru oraz prędkości odbioru włókien.

- Założenie cienkiej strugi dopuszczające pominięcie radialnego zróżnicowania temperatury i szybkości strugi polimeru i redukujące model matematyczny do zagadnienia jednowymiarowego z odległością osiową od dyszy przedziałniczej jako jedyna zmienna niezależną. Upraszczające założenie cienkiej, pojedynczej strugi jest stosowane w modelowaniu komputerowym i pracach doświadczalnych. W przemysłowym modelu komputerowym oddziaływanie aerodynamiczne i termiczne w wiązce włókien powinny być uwzględnione. Ponadto to uproszczenie ma fizyczne uzasadnienie w przypadku włókien o standardowej masie liniowej (kilka dtex), włókna grubsze mają jednak zróżnicowaną strukturę poprzeczną wynikającą z niejednorodnego radialnego rozkładu temperatury i prędkości. Na rys. 18 na stronie 59 przedstawiającym schemat formowania włókna ze stopionego polimeru występuje rozszerzenie strugi spowodowane relaksacją naprężeń ścinających. W istocie takie zjawisko pojawia się przy grawitacyjnym formowaniu włókien, ale niewystępuje ono w warunkach oddziaływania zewnętrznej siły rozciągającej na strugę polimeru. Ma to pewne znaczenie, ponieważ w obliczeniach modelowych przyjęto, że początkowa średnica strugi jest równa średnicy otworka dyszy przedziałniczej.
- Właściwości reologiczne polimeru opisano za pomocą modelu newtonowskiego lepkiej cieczy z lepkością zależną wyłącznie od temperatury. Autorka, powołując się na publikację, przyjęła, że nieliniowe efekty wynikające z zależności lepkości od szybkości rozciągania mogą być pominięte jako niewielkie w stosunku do wzrostu lepkości wynikającego z krystalizacji i obniżenia temperatury. Wydaje się jednak, że lepkość podłużna zwiększająca się ze wzrostem gradientu prędkości, jest jednym z warunków

ciągłości strugi i parametr ten powinien być uwzględniony w pracach nad doskonaleniem matematycznego modelu formowania włókien.

Na podstawie przyjętych założeń autorka przeprowadziła obliczenia modelowe polegające na rozwiązaniu układu równań stacjonarnego procesu przedzenia włókien z uwzględnieniem wpływu średniej masy cząsteczkowej PET na prędkość odbioru włókien, zakres szybkości przedzenia osiowe profile charakteryzujące kinetykę i dynamikę przedzenia oraz orientację amorficzną i stopień krystaliczności otrzymywanych włókien. Opracowany do tego celu stacjonarny model przedzenia jest modelem jednowymiarowym ze współrzędną osiową „z” jako jedyną zmienną niezależną.

Obliczenia przeprowadzono na przykładzie PET w szerokim zakresie lepkości istotnej od 0,4 dl/g do 1,5 dl/g. Układ równań modelu wyznacza osiowe profile prędkości, temperatury, stopnia krystaliczności i orientacji amorficznej wzdłuż osi formowanej w całym zakresie szybkości przedzenia. Równania oparto na danych literaturowych i doświadczalnych (149 pozycji literaturowych). Układ równań rozwiązano z wykorzystaniem znanych procedur matematycznych. Obliczenie przeprowadzono z założeniem stałej masy liniowej włókien (5 dtex) z wydatkiem masy proporcjonalnym do prędkości odbioru oraz dla procesów ze stałym wydatkiem masy  $w = 0,04$  g/s. Wyniki obliczeń przedstawione są na 27 wykresach (rys.25 ÷ 51).

#### **Najważniejsze wnioski wynikające z przeprowadzonych obliczeń modelowych:**

1. Górna granica szybkości przedzenia rośnie z obniżaniem masy cząsteczkowej polimeru w obu typach procesów, ze stałym wydatkiem masy i ze stałą masą liniową odbieranych włókien. Otrzymanie włókien o niskiej masie cząsteczkowej (do 0,1 dtex) możliwe jest w przypadku polimeru o masie liniowej  $M_n$  poniżej 20.000.

