

Prof. dr hab. Andrzej Ziabicki

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. EWY OŁDAK

p.t.

„Efekty masy cząsteczkowej w modelowaniu procesów formowania włókien ze stopionego polimeru”

1. Informacje o autorce

Mgr inż. Ewa Boniecka - Ołdak urodzona w r. 1970 w Warszawie ukończyła w r. 1996 studia wyższe na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej na kierunku *Technologia Tworzyw Sztucznych*. W latach 1996-97 Ołdak odbywała studia doktoranckie w Pracowni Fizyki Polimerów Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN pod kierownictwem doc. dra hab. Leszka Jareckiego. W czasie odbywania studiów doktoranckich jesienią 1997 r. mgr Ołdak wyjechała do USA, gdzie kontynuowała rozpoczęte w IPPT prace nad rozprawą doktorską poświęconą matematycznemu modelowaniu procesu formowania włókien. W r. 1998 mgr Ołdak ukończyła kurs „*Chemical Methods and Instrumentation*” w Northampton Community College, Bethlehem, PA, a od r. 1999 pracuje w firmie chemicznej ESC Inc., Bethlehem PA jako specjalista d/s badań i rozwoju. Mgr Ołdak jest współautorką 1 publikacji w czasopiśmie „*Polimery*” (2005) i 2 referatów przedstawionych na konferencjach naukowych „*Melt spinning of polymers and glass*”, Dresden, 2002 oraz „*3-rd Conference on Modelling in Polymer Chemistry and Physics*” Rzeszów 2004.

2. Rozprawa doktorska

2.1. Cel pracy i wyniki

Celem badań teoretycznych składających się na rozprawę p.t. „*Efekty masy cząsteczkowej w modelowaniu procesów formowania włókien ze stopionego polimeru*” było poznanie wpływu masy cząsteczkowej i związanych z nią własności reologicznych na dynamikę procesu formowania i strukturę włókien. Badania przemysłowe wykazały, że podwyższenie masy cząsteczkowej na ogół wiąże się z poprawą mechanicznych własności włókien (moduł, wytrzymałość) lecz mechanizm takiego wpływu nie został wyjaśniony, a poglądy różnych autorów są rozbieżne. Masa cząsteczkowa polimeru jest jednym z ważnych parametrów procesu technologicznego, który pozwala na regulację samego procesu i modyfikowanie własności produktu. Dlatego też temat pracy należy uznać za aktualny, zarówno pod względem poznawczym (mechanizmy wpływu masy cząsteczkowej) jak i praktycznym (optymalizacja procesu).

Praca składa się z 7 rozdziałów. Rozdziały 1-2 to *Wstęp i Przegląd literatury*, cytujący ok. 150 pozycji. Autorka zapoznała się z literaturą na temat mas cząsteczkowych i struktury polimerów, z podstawami formowania włókien ze stopionych polimerów, a także z wynikami ważniejszych badań empirycznych wykonanych w przemyśle. Rozdział 3 – to *Cel i zakres pracy*. Rozdział 4 – *Charakterystyka modelu przedzenia włókien* omawia szczegółowo model opracowany w Pracowni Fizyki Polimerów IPPT stanowiący podstawę własnych badań autorki. Wyniki obliczeń własnych autorki zawarte są w rozdziałach 5. *Wyniki obliczeń numerycznych i dyskusja*, i rozdz. 6. – *Podsumowanie i wnioski*. Spis cytowanej literatury zawarty jest w rozdziale 7.

Przedmiotem modelowania było formowanie włókien poliestrowych PET o granicznej liczbie lepkościowej w granicach 0.4 – 1.4 dl/g. przy prędkościach odbioru 50 – 8000 m/min. W odróżnieniu od wcześniejszych badań modelowych, w których ustalano natężenie przepływu zmieniając prędkość odbioru równocześnie z (malejącą) grubością włókna, autorka badała procesy formowania włókien o stałej grubości, najczęściej w zakresie 0.1 – 10 dtex. Wybór taki jest bliski warunkom przemysłowym i pozwala na łatwe przełożenie wyników na język stosowany w badaniach przemysłowych. Poza tą zmianą autorka wykonywała obliczenia zgodnie z modelem

opracowanym w PFP, zawierającym sprzężenie krystalizacji polimeru z naprężeniem i zależną od krystalizacji lokalną lepkością polimeru.

Rozwiązanie zagadnienia odwrotnego – znalezienie siły początkowej, F_0 , zapewniającej spełnienie warunku brzegowego na prędkość końcową, V_L , – doprowadziło do bifurkacji rozwiązań. Warunki w jakich pojawia się bifurkacja - F_0^* , V_L^* wyraźnie zależą od masy cząsteczkowej i grubości włókna. Pozwoliło to autorce określić zakres warunków w jakich przedęcie daje włókna amorficzne, krystaliczne, a także obszar, w którym formowanie włókien przy zadanych warunkach brzegowych jest niemożliwe. Pomimo tego, że stosowany model zawiera liczne uproszczenia i słabo udokumentowane (niedostępne doświadczalnie) funkcje materiałowe, autorka uzyskała wyniki zadziwiająco zgodne z dostępnymi w literaturze danymi doświadczalnymi (por. rys. 34 i rys. 35 z badań Huismana i in.). Informacje o wpływie masy cząsteczkowej i grubości włókien na ograniczony zakres formowania mają bezpośrednie znaczenie praktyczne, a wyniki przedstawione na konferencji w Dreźnie w r. 2002 spotkały się z dużym zainteresowaniem przedstawicieli przemysłu włókien syntetycznych.

Aby wyjaśnić mechanizm wpływu masy cząsteczkowej na bifurkację rozwiązań i ograniczenia warunków przedęcia autorka obliczyła profile prędkości i lokalnego gradientu prędkości. Zachowanie się gradientu (np. rys. 40, 41) ze zmianą masy cząsteczkowej jest niemonotoniczne, co autorka tłumaczy przesunięciem maksimów w obszar bliższy punktowi wypływu, a więc obszar o wyższej temperaturze, kompensujący efekt wzrostu masy. Szkoda, że obok gradientu prędkości nie obliczono profilu naprężenia rozciągającego, a także profili gradientu prędkości i naprężenia w funkcji lokalnej temperatury (zamiast zmiennej z). Mogło by to rzucić dodatkowe światło na mechanizm obserwowanych zjawisk.

Wyniki uzyskane przez autorkę przez zastosowanie stosunkowo prostego modelu są oryginalne i mają istotne znaczenie poznawcze i praktyczne.

2.3. Forma pracy i uwagi szczegółowe

Praca zredagowana jest na ogół starannie, choć autorka nie ustrzegła się sformułowań niepoprawnych lub niezrozumiałych. Omówienie uzyskanych wyników jest miejscami zbyt lakoniczne. Czytelnik nie zorientowany w temacie może nie zrozumieć czym różnią się wyniki na rys. 37-38 wyróżnione liniami pogrubionymi odpowiadające *krystalizacji orientowanej* (zresztą pogrubienie i tak nie jest dobrze

widoczne). Można by sądzić, że autorka porównuje wyniki przy $A=500$ (krystalizacja orientowana) i $A=0$ (krystalizacja nie orientowana). Tymczasem chodzi zapewne o dwie gałęzie rozwiązań, obie z założeniem $A=500$ - jedną (wirtualną?) dającą włókna amorficzne, drugą silnie krystaliczną. To nie są sprawy oczywiste i wymagają jasnego przedstawienia.

0 (str. 0, Tytuł). **Tytuł pracy** sugeruje uniwersalność modelu i stosowalność wyników do dowolnych polimerów. W istocie przedmiotem modelowania było formowanie **krystalizujących włókien PET**. Z literatury wiadomo, że polimery niezdolne do krystalizacji (lub takie, których krystalizacja jest mało czuła na naprężenie) będą zachowywały się zupełnie inaczej. Brak bifurkacji rozwiązań i związanych z nią ograniczeń widać zresztą na rys. 26 na krzywych z parametrem $A=0$. Dlatego w tytule należało albo zaznaczyć, że przedmiotem badań są „włókna ze stopionego PET” albo „włókna ze stopionych polimerów krystalizujących”.

4⁴ (str. 4, wiersz 4 od góry) – „przesunięcie profilu prędkości” – o co tu chodzi?

4¹² – „wzrost profilu lokalnego naprężenia” – profil nie może rosnąć, może rosnać naprężenie.

48¹ „struktura włókien w szybkim przędzeniu” . To nie jest dobry styl!

49 na tej stronie autorka omawia sprzeczne wyniki Kolba z jednej oraz Huismana z drugiej strony. Który z tych poglądów został w pracy pozytywnie zweryfikowany? W dyskusji wyników warto by to szerzej omówić.

90-91 Przy modelowaniu procesów z wieloma parametrami dąży się do znalezienia zależności zredukowanych, niezmienniczych względem niektórych parametrów.

Wydaje się, że krzywe dla różnych $[\eta]$ na rys. 90-91 znacznie zbliżyłyby się do siebie przy zamianie siły F_0 na stosunek siły do lepkości początkowej, η_0 . Interesujące wydają się zależności V_L przy $W = \text{const}$ i $d = \text{const}$ odniesione nie do siły F_0 lecz do stosunku F_0/d^2

93₈ „rozwiązania w bifurkacji” To nie jest dobry styl!

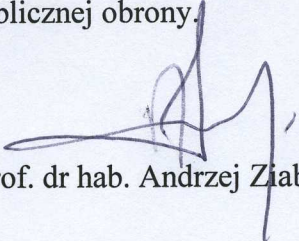
Powyższe uwagi nie dyskwalifikują pracy, ale warto by je uwzględnić przy ostatecznej redakcji materiałów do publikacji a także przedstawieniu pracy na obronie.

3. Ocena ogólna

Ogólna ocena pracy jest zdecydowanie pozytywna. Praca zawiera oryginalne i interesujące wyniki i spełnia warunki formalne stawiane rozprawom doktorskim.

Wnioskuje o dopuszczenie pracy do publicznej obrony.

Warszawa, 4 lipca 2005


Prof. dr hab. Andrzej Ziabicki