

O C E N A

rozprawy doktorskiej mgr inż. Elżbiety BURY „*Badania doświadczalne i modelowanie numeryczne procesów pęknięcia elementów z karami, wykonanych z tworzyw sztucznych, w warunkach jedno- i dwuosiowego stanu obciążenia*” przedstawionej na Wydziale Mechanicznym Politechniki Białostockiej.

Podstawą przygotowania niniejszej oceny jest pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Wydziału Mechanicznego Politechniki Białostockiej prof. dr hab. inż. Romualda P. Mosdorfa z dnia 11.07.2023 r., sygnatura WM-IIM.4130.10.23, w którym zawiadomiono mnie o decyzji Senatu Politechniki Białostockiej powołującego mnie Uchwałą nr 381/XXXI/XVI/20023 na recenzenta rozprawy naukowej mgr. inż. Elżbiety Bury pt. „*Badania doświadczalne i modelowanie numeryczne procesów pęknięcia elementów z karami, wykonanych z tworzyw sztucznych, w warunkach jedno- i dwuosiowego stanu obciążenia*”.

1. Zakres opiniowanej rozprawy

Opiniowana rozprawa liczy 257 stron tekstu, w tym ponad 150 rysunków, 25 tabel oraz 149 pozycji literatury. Autorka podzieliła ją na 7 rozdziałów.

Rozdział pierwszy, zatytułowany wprowadzenie, zawiera krótki rys historyczny dotyczący negatywnego oraz pozytywnego wpływu materiałów sztucznych na środowisko naturalne. Autorka skupia się głównie na wszechstronnym zastosowaniu polimetakrylanu metylu, czyli materiale będącym głównym obiektem zainteresowania.

W rozdziale drugim, zatytułowanym przegląd literatury, Autorka nie ogranicza się do omówienia najważniejszych pozycji literatury dotyczącej badań eksperymentalnych w zakresie pęknięcia elementów z karami wykonanych z nowoczesnych tworzyw termoplastycznych, ale również przytacza najważniejsze z teorii pozwalających na modelowanie procesów pęknięcia.

W dalszej kolejności, w rozdziale trzecim, przedstawiane zostały teza, cel oraz zakres pracy.

Rozdział czwarty, zatytułowany badania doświadczalne, zawiera opis stanowiska badawczego, najważniejsze parametry materiałowe PLEXIGLAS@GS, wymiary próbek wioselkowych użytych do badań jak i same wyniki prób pęknięcia. Bardzo szczegółowy opis dotyczy kolejno wyników uzyskanych w próbach: jednoosiowego rozciągania, skręcania oraz równoczesnego i proporcjonalnego rozciągania ze skręcaniem. Autorka przedstawia w sposób bardzo rzetelny najważniejsze aspekty procesu pęknięcia: krytyczne wartości obciążenia, miejsce i moment inicjacji, kąty inicjacji oraz charakter propagacji pęknięcia.

W rozdziale piątym, zatytułowanym numeryczne modelowanie pól naprężeń i odkształceń, zostały przedstawione szczegółowo: model materiałowy, warunki brzegowe, siatka podziału na elementy skończone wraz z wynikami obliczeń numerycznych przeprowadzonych przy pomocy pakietu MSC MARC Mentat.

Rozdział szósty, zatytułowany prognozowanie pęknięcia, zawiera interesującą propozycję kryterium pęknięcia nawiązującą do definicji naprężenia zredukowanego typu Kachanova wraz próbą weryfikacji tego kryterium przez uzyskane wyniki eksperymentalne.

W ostatnim rozdziale siódmym zawarto podsumowanie wykonanych badań oraz nakreślono wnioski i kierunki dalszych badań.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

Tematyka opiniowanej rozprawy, poświęconej badaniom doświadczalnym oraz modelowaniu numerycznemu proces w pęknięcia elementów z karami wykonanych z tworzyw sztucznych w warunkach jedno- i dwuosiowego stanu obciążenia, należy do trudnych, nowoczesnych i aktualnych.

Trudność tematyki związana jest z faktem, iż z jednej strony rozprawa dotyczy zjawisk wymagających przeprowadzenia serii eksperymentów zaś z drugiej strony opisywanych na gruncie mechaniki pękania, którym towarzyszy propagacja pęknięcia.

Autorka bardzo słusznie postąpiła skupiając się w swojej pracy na badaniu polimetakrylanu metylu, gdyż jest to typowy materiał znajdujący zastosowanie w współczesnym budownictwie, architekturze, motoryzacji, elektronice jak również medycynie.

Autorka osiągnęła zamierzony cel wykonując serię eksperymentów o charakterze zarówno jedno- jak i dwuosiowym, podała liczne wyniki szczegółowe dla płaskich próbek wioselkowych o różnej grubości oraz różnych promieniach zaokrąglenia dna karbu typu V, by na koniec zaproponować skończenie-elementowy model do weryfikacji pól naprężenia oraz odkształcenia. Wszystkie oryginalne wyniki zostały starannie przedstawione na wykresach i w tablicach. Autorka wykazała bardzo dobre przygotowanie do przeprowadzania badań eksperymentalnych, analizy mikroskopowej przelomów próbek oraz wiedzę w zakresie modelowania skończenie-elementowego, a także gruntowną znajomość literatury pokrewnej.

3. Uwagi szczegółowe

3.1 Uwagi o charakterze merytorycznym oraz formalnym

Studując uważnie rozprawę zwróciłem szczególną uwagę na rozdziały 5 oraz 6. W związku z nimi pozwałam sobie sformułować trzy uwagi natury bardzo ogólnej:

- Wszystkie krzywe umocnienia dla polimetakrylanu metyle, wyznaczone przez Autorkę i pokazane na rys. 109, wykazują w początkowej fazie efekt wzmocnienia odkształceniowego przechodzący z drugiej fazy w efekt osłabienia odkształceniowego. Tego typu zachowanie materiału wymaga od użytkownika dowolnego oprogramowania MES użycia specjalnych procedur typu Automatic-Load-Displacement-Control, lecz Autorka nie wspomina o tym w pracy.
- Warunki brzegowe pokazane na rysunkach 110, 112 oraz 113 dotyczą płaszczyzn symetrii, ścianki czołowej, natomiast brakuje informacji o typie warunków brzegowych zastosowanych do wszystkich ścianek zewnętrznych włącznie z karbem, dla których powinien obowiązywać warunek $\sigma_{ij}n_j=0$.
- Kryterium typu Kachanova, podane wzorem (6.1) na stronie 223, dobrze opisuje uszkodzenie o charakterze izotropowym tzn. takie, w którym mikropustki mają kształt sferyczny, co w efekcie przekłada się na wierne odwzorowanie nukleacji uszkodzenia w wierzchołku szczeliny obciążonej zgodnie z modelem I. Natomiast w przypadkach złożonego stanu naprężenia, którym towarzyszą złożone mody np. I oraz II lepiej posłużyć się kryterium typu Sdobyrieva, które w notacji stosowanej przez Autorkę przyjmuje postać

$$\max \frac{\sigma_1 + \sigma_{eq}}{2(1 - \omega)} = \sigma_{c0}$$

3.2 Uwagi o charakterze edytorskim

Autorka nie przeprowadziła starannego sprawdzenia tekstu pod kątem błędów edytorskich. Najczęściej mają one postać dodatkowej litery w słowie:

- str. 25, linia 8 od dołu, zamiast „... szczeliny od długości 2l ...” powinno być „... szczeliny o długości 2l ...”

niewłaściwego bądź brakującego słowa:

- str. 38, linia 3 od góry „... do zniszczenia przemieszczenia trawersy ...” lepszym zwrotem jest „... do zniszczenia, przy przemieszczeniach trawersy ...”
- str. 39 linia 4 od dołu, zamiast zwrotu „... deformacji karbu wykorzystano ...” lepiej użyć „... deformacji karbu poddano ...”
- str. 41 linia 4 od góry oraz str. 44 linia 1 od góry, zamiast zwrotu „inicjowało z krawędzi ...” lepiej zapisać „inicjowało się z krawędzi ...”

- str. 46 linia 8 od góry, zamiast zwrotu „... pęknięcie inicjuje ...” lepiej użyć „... pęknięcie inicjuje się ...”
- str 172 linia 65 od dołu, zamiast „... Powyższe pozwoliło ...” lepiej napisać „... Powyższe podejście pozwoliło ...”

użycia niewłaściwego fontu:

- str. 197 linia 3 od dołu, zamiast „... odkształcenia plastycznego ϵ_{\max} ...” należy zapisać „... odkształcenia plastycznego ϵ^p_{\max} ...”

W pracy daje się również zaobserwować brak porządku w przywoływaniu oraz cytowaniu pozycji literatury. W tekście pojawiają się przywołania następujących pozycji:

- str. 43, podpis pod rys. 13, „(Ayatollahi i in., 2015)” oraz „(Ayatollahi i Torabi, 2009)”
- str. 59, linia 5 od dołu „, w pracy Rahimiego i innych (2018)”
- str. 223, linie 5 oraz 6 od dołu „W pracy Bury i Seweryna (2018)”

których niestety brakuje w spisie literatury.

Równocześnie w spisie literatury pojawiają się następujące pozycje:

- 13. Ayatollahi M.R., Torabi A.R., Bahrami B. (2016b) ...
- 44. Gómez F.J., Elices M., Planas J. (2005) ...
- 140. Torabi A.R., Majidi H.R., Zabihi M. (2020) ...

które nie mają przywołania w tekście.

Brakuje przywołania oraz komentarza do rysunków o numerach 4 oraz 13.

4. Wniosek końcowy

Opiniowana rozprawa stanowi samodzielne studium na temat badania doświadczalnego i modelowania numerycznego procesów pęknięcia elementów z karbami, wykonanych z tworzyw sztucznych, w warunkach jedno- i dwuosiowego stanu obciążenia. W moim przekonaniu rozprawa spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez przepisy Ustawy z dn. 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789) w związku z § 179 ust. 1 Ustawy z dn. 3 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018r., poz. 1669). Stawiam więc wniosek o dopuszczenie mgr inż. Elżbiety Bury do publicznej dyskusji nad rozprawą. Dodatkowo pragnę zaanonsować, iż podczas obrony będę wnioskować o wyróżnienie omawianej rozprawy spełniającej warunki wyróżniania rozpraw doktorskich uchwalone przez Senat Politechniki Białostockiej - § 15 ust. 24 „Zasady przeprowadzania postępowania w sprawie nadania stopnia doktora w Politechnice Białostockiej”. Jako uzasadnienie wniosku o wyróżnienie podaję oryginalność oraz istotność przeprowadzonych badań eksperymentalnych jak również udział Autorki w realizacji projektu badawczego nr 2019/33N/ST8/02382 pt. „Procesy pęknięcia elementów z karbami wykonanych z tworzyw sztucznych, w warunkach prostych i złożonych stanów obciążenia”, finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach konkursu PRELUDIUM 17.

A. Ganczarski

prof. dr hab. inż. Artur Ganczarski