

Tomasz Łodygowski
Instytut Konstrukcji Budowlanych
Politechniki Poznańskiej
ul. Piotrowo 5, 60-965 Poznań
tomasz.lodygowski@put.poznan.pl

Poznań, 8 października 2010

Opinia na temat rozprawy doktorskiej pana mgr inż. **Michała Kursy**,
pt.: **Modelowanie deformacji plastycznych w kryształach metali metodą
przyrostowej minimalizacji energii**

1. Uwagi ogólne i treść pracy

Recenzowana rozprawa liczy 170 stron. Składa się z ośmiu rozdziałów oraz zawiera zestawienie bibliografii. Praca dotyczy symulacji procesu plastycznego płynięcia kryształów metali w zakresie skończonych deformacji. Koncentruje się na sformułowaniu i budowie algorytmów komputerowych na wykorzystaniu procedur minimalizacji przyrostu energii na skończonej długości kroku całkowania po czasie. W sformułowaniu problemu fundamentalne jest założenie, że ścieżka deformacji stabilnej (jednoznacznej) odpowiada minimalizacji przyrostu energii. Pozwala to Autorowi na dokonanie wyboru zbioru aktywnych systemów poślizgu.

Praca skonstruowana jest według następującego schematu. Rozdział 2 zawiera dogłębny i wyczerpujący przegląd i opis znanych z literatury modeli deformacji kryształów metali sprężysto-plastycznych, niezależnych od skali czasu. Przedstawione modele konstytutywne są dyskutowane z wykorzystaniem różnych miar deformacji (w tym niesymetrycznych) uwzględniających możliwe mechanizmy plastycznego płynięcia. Przedstawiono prawa wzmocnienia odpowiadające samoumocnieniu systemów poślizgu oraz wynikających z plastycznie odkształcanych kryształów. Omówiono metody symetryzacji operatorów konstytutywnych.

W kolejnym Rozdziale Autor zaproponował nową koncepcję symetryzacji macierzy modułów interakcji systemów poślizgu plastycznego w kryształach. Metoda ta polega na ograniczeniu się wyłącznie do systemów aktywnych.

W Rozdziale 4 Autor zdefiniował przyrost energii układu dla procesów quasi statycznych, o stałej temperaturze. Sformułował metodę minimalizacji przyrostu energii przy sterowaniu kinematycznym. W tej procedurze optymalizacyjnej parametrami sterującymi są przyrosty ścinania, przyrosty gradientu deformacji przy ograniczonych więzach kinematycznych oraz wielkości określające dodatkowe stopnie swobody w modelu podziału ziarna.

Rozdział 5 zawiera opracowanie algorytmów minimalizacji przyrostowej energii. Zastosowanie niejawnego całkowania wg schematu Eulera. Efektywne poszukiwanie minimum wspomagane jest zastosowaniem rozszerzonych mnożników Lagrange'a. Sformułowano algorytmy modelowania opisu procesu deformacji przy sterowaniu kinematycznym z więzami. Algorytm ten porównano z algorytmem Eulerowskim oraz algorytmem uproszczonym dla zakresu małych odkształceń bez uwzględnienia obrotów sieci krystalicznej.

W kolejnym Rozdziale Autor zawarł wyniki obliczeń symulacyjnych modelowania procesów deformacji kryształów. Metodę zilustrowano na przykładzie modelowania prostego ścinania kryształu o różnych orientacjach sieci krystalograficznej. Przykłady obliczeniowe

porównano ze znanymi z literatury wynikami eksperymentów laboratoryjnych dla kryształów o sieci regularnie ściennie centrowanej.

W ostatnim Rozdziale przedstawiono możliwości zastosowania proponowanego algorytmu do modelowania polikryształów metali z użyciem schematu uśredniania. Zaproponowane modelowanie dotyczy zakresu małych i skończonych deformacji wraz z odtworzeniem rozwoju tekstury.

Rozprawa podsumowana została w Rozdziale 8 wnioskami końcowymi.

Pracę kończy zestawienie bibliograficzne liczące 125 pozycji.

2. Ocena rozprawy i uwagi krytyczne

Rozprawa zawiera elementy oryginalne. Należą do nich: 1) opracowanie metody symetryzacji macierzy modułów interakcji aktywnych w sposób selektywny uwzględniający wyłącznie składowe odpowiadające aktywnym systemom poślizgu. Proponowany sposób ma lepsze uzasadnienie fizyczne i prowadzi do wyników bardziej zgodnych z eksperymentem niż stosowanie znanych innych metod symetryzacji. 2) Opracowanie algorytmów minimalizacji przyrostów energii i ich 3) zastosowanie w środowisku systemu obliczeniowego Mathematica.

O jakości algorytmów częstokroć świadczy ich zachowanie, tu wybór właściwej ścieżki deformacji, w sytuacjach pełnej symetrii.

1. W jaki sposób algorytm dokonuje wyboru właściwego mechanizmu deformacji plastycznych dla przypadków pełnej symetrii obciążeń i sieci krystalograficznej, kiedy minimum przyrostu energii jest takie samo dla różnych mechanizmów?
2. Czy sprawdzono, czy wybór ścieżek (uaktywnianie się mechanizmów poślizgu) jest zależny od przyjętego przyrostu czasu? Czy zawsze dla różnych wielkości przyrostów czasu końcowy efekt aktywnych ścieżek poślizgu jest taki sam?

Powyższe pytania dotyczą problemu jednoznaczności i stabilności proponowanych algorytmów.

3. Nie bardzo mi się podoba wymienne stosowanie terminu: „metoda przyrostowej minimalizacji energii” oraz „metoda minimalizacji przyrostu energii”. Wydaje się, że tylko to drugie sformułowanie oddaje istotę rzeczy.

Wobec złożoności podejmowanych problemów powyższe pytania mają charakter dyskusyjny, nie podważają mojej bardzo pozytywnej oceny osiągnięć naukowych Autora i wartości samej rozprawy.

Praca napisana jest zwięzłym, czytelnym i precyzyjnym językiem. Jest wydana na bardzo dobrym poziomie edytorskim. Zawiera cenne odniesienie do literatury problemu i stanowi kompendium wiedzy o stosowanych podejściach ich zaletach i słabych stronach. Zawiera również własne oryginalne wyniki. Uważam, że rozprawa doktorska pana mgr. Michała Kursy powinna być w całości opublikowana i zasługuje na wyróżnienie.

3. Ogólna ocena rozprawy i wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr inż. Michała Kursy jest opracowaniem naukowym na bardzo wysokim poziomie merytorycznym. Dotyczy aktualnego problemu naukowego i zawiera oryginalne sformułowania i nowatorskie aplikacje komputerowe.

W trakcie opracowywania i formułowania niniejszej rozprawy Autor wykazał bardzo zaawansowane przygotowanie do pracy naukowej, umiejętność samodzielnego rozwiązywania problemów naukowych, teoretycznych i numerycznych oraz posługiwanie się literaturą naukową. Uzyskane poprzez to opracowanie doświadczenie i warsztat naukowy pozwalają na kontynuację badań naukowych oraz dają nadzieję na dalszy rozwój naukowy Doktoranta.

Wobec powyższego uważam, że recenzowana praca spełnia wszystkie wymagania formalne i zwyczajowe stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej obrony.



Tomasz Łodygowski