

- 1 Omów zasadę kontinuum w aspekcie definicji naprężenia. Podaj zakres stosowania definicji naprężenia jako ilorazu siły i powierzchni na której ta siła działa.
- 2 Wymień i zdefiniuj znane Ci miary odkształcenia.
- 3 Omów zasadę stałej objętości (prawo zachowania masy). Jak jest jej zastosowanie w modelowaniu odkształceń materiałów.

Prawo zachowania masy jest równoznaczne z warunkiem ciągłości ośrodka. Zakładamy, że gęstość ρ jest funkcją położenia x i czasu t . Całkowita masa bryły M jest obliczana jako:

$$M = \int_{\Omega_t} \rho(x, t) d\Omega_t$$

Jeżeli rozważymy dowolny podobszar ω_t wewnątrz Ω_t to odpowiadająca temu obszarowi masa m_ω powinna pozostać stała podczas całego procesu odkształcania materiału. Na tej podstawie możemy zapisać **prawo zachowania masy**:

$$\frac{dm_\omega}{dt} = \frac{d}{dt} \int_{\omega_t} \rho(x, t) d\omega_t$$

4 Przedstaw zasadę pracy wirtualnej.

Zasada pracy wirtualnej mówi, że dla pola naprężeń pozostającego w równowadze wewnątrz bryły i z przyłożonymi siłami zewnętrznymi, praca wewnątrz bryły jest równa pracy sił zewnętrznych przyłożonych na przegu obszaru dla każdego pola przyrostów przemieszczeń, które jest ciągle i ciągle różniczkowalne:

$$\int_{\Omega} \sigma \delta \varepsilon d\Omega = \int_{\Gamma} \sigma n \delta u d\Gamma + \int_{\Omega} \rho g \delta u d\Omega$$

Zasada pracy wirtualnej może być udowodniona, a więc można ją nazywać twierdzeniem. Zasada pracy wirtualnej jest podstawą sformułowania wariacyjnego w rozwiązaniu MES-em. Sformułowanie całkowe jest bardzo wygodne dla rozwiązania tą metodą, ze względu na ogólną dostępność metod optymalizacji wykorzystywanych przy poszukiwaniu minimum tego wyrażenia.

5 Model konstruktywny a model reologiczny materiału.

Model konstruktywny jest relacją między dwiema wielkościami ch-stycznymi dla danego pola. W modelu konstruktywnym występują własności materiału lub substancji z którego jest zbudowany ośrodek - model ten ma charakter fenomenologiczny lub jest wyprowadzany z zasad pierwszych. **Model reologiczny** natomiast jest to model opisujący zachowanie się tego materiału w warunkach odkształceń plastycznych. W tym rozumieniu modelem reologicznym będą zależności opisujące naprężenie uplastyczniające lub lepkość materiału w funkcji zmiennych zewnętrznych (temperatura, prędkość odkształcenia itp.) lub zmiennych wewnętrznych (gęstość dyslokacji, wielkość ziarna itp.)

- 6 Przedstaw idee zmiennych zewnętrznych i zmiennych wewnętrznych w modelowaniu zachowania się materiałów odkształcanych plastycznie. Wymień najważniejsze zmienne zewnętrzne i zmienne wewnętrzne.
- 7 Omów problemy związane z wyznaczaniem naprężenia uplastyczniającego na podstawie prób plastometrycznych. W jaki sposób metoda analizy odwrotnej pozwala rozwiązać te problemy.

Wszystkie próby plastometryczne charakteryzują się wpływem zakłóceń, które powodują, że bezpośrednia interpretacja wyników próby, polegająca na obliczaniu naprężenia jako stosunku siły do powierzchni, daje błędne wyniki. Najdokładniejszą metodą wyeliminowania wpływu wszystkich zakłóceń jest **analiza odwrotna**. Ponieważ tarcie jest dominującym składnikiem w procesach przetwórstwa materiału, opracowanie dokładnego modelu tarcia jest kluczowe. Rozwiązanie odwrotne dla tarcia składa się z trzech części:

- doświadczenia - wyniki pomiarów z prób plastometrycznych są danymi wejściowymi
- symulacji doświadczenia z zastosowaniem modelu rozwiązania wprost wykorzystującego MES
- procedur optymalizacyjnych służących do minimalizacji f.c. w analizie odwrotnej.

- 8 Jakie zjawiska oraz parametry i w jaki sposób wpływają na naprężenie uplastyczniające metali odkształcanych mechanicznie w wysokich temperaturach.
- 9 Podaj ogólną postać równania opisującego kinetykę przemiany. W jaki sposób można zastosować to równanie dla modelowania przemiany zachodzącej w zmiennej temperaturze.

Równanie różniczkowe kinetyki przemiany ma postać:

$$\frac{dX_f}{dt} = a_f (SIG^3)^{0.25} \left[\ln \left(\frac{1}{1 - X_f} \right) \right]^{0.75} (1 - X_t)$$

gdzie:

- X_f - ułamek objętości w której zaszła przemiana ferrytyczna
- I - prędkość zarodkowania
- G - prędkość przemiany
- S - względna powierzchnia ziarna

Drugi mechanizm przemiany jest opisany równaniem:

$$\frac{dX_f}{dt} = k_f \frac{6}{D_\gamma} G (1 - X_f)$$

gdzie:

- D_γ - wielkość ziarna austenitu
- k_f - stała materiałowa

9.1 Modelowanie przemiany w zmiennej temperaturze

Gdy lokalna temperatura spada poniżej A_{C3} rozpoczyna się symulacja przemiany austenit-ferryt wg pierwszego równania. Kiedy wartość pochodnej obliczona z drugiego równania staje się większa od określonej pierwszym równaniem, to dalszy przebieg przemiany jest obliczany z równania drugiego. Ułamek objętości ferrytu X_f liczony jest w każdej iteracji w stosunku do maksymalnej zawartości ferrytu X_{f0} . Symulacja przemiany ferrytycznej jest prowadzona do momentu aż $X_f = 1$. Jeżeli zawartość węgla w austenicie osiągnie wcześniej graniczną wartość, w pozostałej objętości rozpoczyna się przemiana perlityczna lub bainityczna, która jest obliczana z **równania Avrami’ego**.