

Zadanie laboratoryjne nr 2

Wstęp

- Rozpatrujemy procesy kształtowania stali na gorąco.
- Modelowanie w skali makro (najczęściej metodą elementów skończonych) wymaga zdefiniowania naprężenia uplastyczniającego.
- Naprężenie uplastyczniające wyznaczone jest na podstawie prób plastometrycznych. Po analizie z doświadczeń otrzymuje się zestaw danych dla różnych temperatur i prędkości odkształcania w postaci zbiorów: odkształcenie, naprężenie $\{\varepsilon, \sigma\}$.
- W modelowaniu stosuje się funkcje obliczające naprężenie uplastyczniające w funkcji odkształcenia, temperatury i prędkości odkształcania. Przykładem może być poniższa zależność:

$$\sigma_p = \sigma_0 + (\sigma_{ss(e)} - \sigma_0) \left[1 - \exp\left(-\frac{\varepsilon}{\varepsilon_r}\right) \right]^{\frac{1}{2}} - R \quad (1)$$

$$R = \begin{cases} 0 & \varepsilon \leq \varepsilon_c \\ (\sigma_{ss(e)} - \sigma_{ss}) \left\{ 1 - \exp\left[-\left(\frac{\varepsilon - \varepsilon_c}{\varepsilon_{xr} - \varepsilon_c}\right)^2\right] \right\} & \varepsilon > \varepsilon_c \end{cases}$$

$$Z = \dot{\varepsilon} \exp\left(\frac{Q_{def}}{RT_{def}}\right)$$

$$\sigma_0 = \frac{1}{\alpha_0} \sinh^{-1}\left(\frac{Z}{A_0}\right)^{\frac{1}{n_0}}, \quad \sigma_{ss(e)} = \frac{1}{\alpha_{sse}} \sinh^{-1}\left(\frac{Z}{A_{sse}}\right)^{\frac{1}{n_{sse}}}, \quad \sigma_{ss} = \frac{1}{\alpha_{ss}} \sinh^{-1}\left(\frac{Z}{A_{ss}}\right)^{\frac{1}{n_{ss}}}$$

$$\varepsilon_r = [q_1 + q_2(\sigma_{ss(e)})^2] / 3.23, \quad \varepsilon_{xr} - \varepsilon_c = \frac{\varepsilon_{xs} - \varepsilon_c}{1.98}, \quad \varepsilon_c = C_c \left(\frac{Z}{\sigma_{ss(e)}^2}\right)^{N_c}, \quad \varepsilon_{xs} - \varepsilon_c = C_x \left(\frac{Z}{\sigma_{ss(e)}^2}\right)^{N_x}$$

gdzie:

$R = 8,314 \text{ J/(mol K)}$ stała gazowa

ε – odkształcenie

$\dot{\varepsilon}$ prędkość odkształcania, s^{-1}

T -temperatura, $^{\circ}\text{C}$

$\mathbf{a} = \{A_0, n_0, \alpha_0, A_{sse}, n_{sse}, \alpha_{sse}, q_1, q_2, A_{ss}, n_{ss}, \alpha_{ss}, C_c, N_c, C_x, N_x\}$ – współczynniki.

Współczynniki wyznaczone są każdorazowo dla danego materiału.

Zadanie

Korzystając z zależności danej równaniem (1) oraz danych doświadczalnych zawartych w pliku excela Doswiadczenie wyznacz współczynniki równania (1).

Jak wykonać zadanie? Wskazówki

1) Zdefiniuj funkcję celu postaci:

$$\Phi(\mathbf{a}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} \left(\frac{\sigma_{ij}^d - \sigma(\mathbf{a})_{ij}^o}{\sigma_{ij}^d} \right)^2 \quad (2)$$

gdzie:

n – liczba doświadczeń (dla różnych temperatur i prędkości odkształcania)

m_i – liczba pomiarów dla i -tego doświadczenia

indeks d – dane doświadczalne

indeks o – dane obliczone na podstawie równania (1)

W pliku excela „Doswiadczenia-v03.xlsx” znajduje się 9 arkuszy. W każdym z nich są dane doświadczalne dla jednej temperatury i jednej prędkości odkształcania.

W pliku „ograniczenia-wspolczynniki.xlsx” znajdują się dziedziny dla poszczególnych współczynników.

2) Funkcję celu daną równaniem (2) należy zminimalizować korzystając z dowolnej metody optymalizacji.

3) Funkcję celu (2) można zmodyfikować dodając „karę”:

$$\Phi(\mathbf{a}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} \left(\frac{\sigma_{ij}^d - \sigma(\mathbf{a})_{ij}^o}{\sigma_{ij}^d} \right)^2 + \gamma \right] \quad (3)$$

gdzie:

$$\gamma = \begin{cases} \delta |\sigma_0 - \sigma^*| & \text{jeżeli } \sigma^* < \sigma_0 \\ 0 & \text{wpp} \end{cases} \quad (4)$$

gdzie $\sigma^* = \min \{ \sigma(T_i, \dot{\epsilon}_i, \varepsilon) : 1 < \varepsilon < 3 \}$, $\delta > 0$ – stała dodatnia (na przykład 10).

Uwagi

- Zadanie może zostać zrealizowane w dowolnej technologii
- Można skorzystać z już zaimplementowanych funkcji optymalizacyjnych lub zaimplementować je samodzielnie (np. PSO – particle swarm optimisation, algorytm genetyczny z kodowaniem zmiennoprzecinkowym, metody bezgradientowe (np. Nelder-Mead) lub gradientowe (np. metoda najszybszego spadku).
- Zadanie można podzielić na dwa etapy:
 - I. optymalizacja współczynników dla σ_0 ,
 - II. optymalizacja pozostałych współczynników.

Sprawozdanie

Z zadania należy przygotować sprawozdanie zawierające:

- treść zadania (równanie, funkcja celu),
- wyniki obliczeń:
 - wartość funkcji celu,
 - zmianę wartości funkcji celu w kolejnych iteracjach algorytmu optymalizacyjnego (wykres)
 - wykresy naprężenia uplastyczniającego w funkcji odkształcenia obliczone i doświadczalne dla wszystkich temperatur i prędkości odkształcania (na jednym wykresie powinny się znajdować wyniki dla jednej temperatury i wszystkich prędkości odkształcania, na drugim dla jednej prędkości odkształcania i wszystkich temperatur)
- sprawozdanie należy przesłać przez platformę upel.