

ФЕНОМЕНОЛОГІЧНА ТЕОРІЯ ПЛАСТИЧНОЇ ТЕЧІЇ ДЛЯ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ЗОНОЮ ПЛИННОСТІ

Павло Стеблянко¹, Олександр Петров², Юрій Черняков²

¹Інститут механіки імені С.П.Тимошенка НАН України, м. Київ, caf-vmi@ukr.net,
²Дніпровський національний університет імені О. Гончара, м. Дніпро

Для формування визначальних співвідношень використано теорію пластичної течії з комбінованим зміцненням. Швидкість деформації подано сумою пружної і пластичної частин; швидкість пружної деформації відповідає закону Гука; пластична деформація виникає при умові плинності з комбінованим зміцненням $f = \sqrt{\frac{1}{2}(s - \alpha) : (s - \alpha) - \tau_r - \bar{r}(\tau_e, \lambda)} = 0$, де α – девіатор залишкових напружень, який визначає кінематичне зміцнення, $s = \sigma - \frac{1}{3}\text{tr}(\sigma)e$ – девіатор тензора напружень Коші, $\sqrt{\frac{1}{2}s : s}$ – інтенсивність дотичних напружень, $r(\tau_e, \lambda)$ – функція, що характеризує ізотропне зміцнення і визначає поточний опір руху дислокацій.

Оскільки метою є дослідити поведінку матеріалу із зоною плинності, потрібно врахувати особливості такого деформування. Ці особливості можуть бути пов'язані з поведінкою функцій $r(\tau_e, \lambda)$. Для визначення поведінки цієї функції розглянемо наступні проміжки зміни параметра довжини траєкторії пластичної деформації: $0 < \lambda \leq \lambda_s$, $\lambda > \lambda_s + \lambda_L$ та $\lambda_s < \lambda \leq \lambda_s + \lambda_L$, де λ_s – деформація, яка відповідає досягненню межі плинності $\tau_e(\lambda_s) = \tau_s$, λ_L – деформація Людерса. Функцію $r(\tau_e, \lambda)$ задано наступним чином: $\bar{r}(\tau_e, \lambda) = r(\lambda) - \eta(\tau_e, \lambda)$, де функція $r(\lambda)$ характеризує зміцнення і є однаковою для всіх значень $\lambda \geq \lambda_s$, а функція $\eta(\tau_e, \lambda)$ буде характеризувати зменшення міцності. Зрозуміло, що конкретний вигляд функції $\eta(\tau_e, \lambda)$ залежить від властивостей матеріалу.

З урахуванням зроблених припущень умова плинності набуває вигляду:

$$\rho(s - \alpha) = \begin{cases} \tau_r + r(\lambda), & \text{при } 0 < \lambda \leq \lambda_s \text{ і } \lambda > \lambda_s + \lambda_L; \\ \tau_r - \eta(\lambda - \lambda_1), & \text{при } \lambda_s \leq \lambda \leq \lambda_s + \lambda_L, \end{cases}$$

Тут ρ – інтенсивність активних напружень $s - \alpha$.

Швидкість пластичної деформації підпорядковується принципу градієнтальності $\dot{\epsilon}_p = \dot{\lambda} \frac{\partial f}{\partial s}$, де $\dot{\lambda}$ – інтенсивність швидкості пластичної деформації зсуву.

Розглянуто наступні проміжки зміни λ : $0 \leq \lambda < \lambda_s$ та $\lambda \geq \lambda_s + \lambda_T$. Тоді знайдемо $\frac{\partial f}{\partial s} = \frac{s - \alpha}{2\rho} = n$, де n – направляючий девіатор. У такому випадку $\dot{\epsilon}_p = \dot{\lambda} n$.

Рівняння еволюції параметрів ізотропного і кінематичного зміцнення на проміжках зміни $\dot{\lambda}$, подамо у вигляді $\dot{r} = 2G_r(r)\dot{\lambda}$, $\dot{\alpha} = 2G_\alpha(\alpha)\dot{\lambda}$, де G_r та G_α – функції ізотропного та кінематичного зміцнення. Величину $G_p = n : G_\alpha + G_r$ назвемо пластичним модулем. Таким чином, остаточна побудови визначальних співвідношень на зазначених вище проміжках зміни λ зводиться до задання функцій G_r , G_α , тобто законів розвитку ізотропного і кінематичного зміцнень.

PHENOMENOLOGICAL THEORY OF PLASTIC FLOW FOR MATERIALS WITH A LIQUID FIELD

To form the governing relationships, we use the theory of plastic flow with combined strengthening. Since we want to investigate the behavior of a material with a yield point, we must take into account some features of such deformation. These features can obviously be related to the behavior of functions $r(\tau_e, \lambda)$. To determine the behavior of this function, consider the following intervals of change in the length parameter of the plastic deformation trajectory: $0 < \lambda \leq \lambda_s$ and $\lambda_s < \lambda \leq \lambda_s + \lambda_L$, where λ_s is the deformation that corresponds to reaching the yield point, λ_L is Lueders deformation.