

ЕФЕКТ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ НА ЕНЕРГОПОГЛИНАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. Експериментально-розрахунковий апарат для визначення впливу швидкості деформування на поглинання для арматурної сталі запропоновано.

Ключові слова: швидкість деформації, енергопоглинання, питома робота пластичної деформації

Abstract. A computational apparatus for determining the effect of strain rate on the energy absorption of plastic deformation for reinforcing steel is proposed

Keywords: strain rate, energy absorption, specific work of plastic deformation

При холодному пластичному деформуванні сталей, схильних до зміцнення в умовах динамічного навантаження, спостерігається підвищення енергопоглинання як в умовах експлуатації, так і в процесах обробки тиском. В аварійних ситуаціях, наприклад, при зіткненні транспортних засобів, цей фактор також слід враховувати для оцінювання швидкості руху транспортних засобів. [1, 2]. Мета роботи: розробка способу оцінювання енергопоглинання в умовах динамічного навантаження для задач технологічної механіки, а також для умов дорожньо-транспортних пригод.

В теорії пластичності прийнято апроксимувати залежності інтенсивності напружень від інтенсивності деформацій кривою зміцнення:

$$\sigma_i = A \varepsilon_i^n \quad (1)$$

де A і n – коефіцієнти апроксимації, що мають фізичний сенс, а саме: $A = \sigma_i$ для матеріалу, що зміцнюється ізотропно при $\varepsilon_i = 1$; $n = \varepsilon_i$ – величина інтенсивності деформації на умовній діаграмі розтягування при максимальному напруженні.

В роботі [2] апроксимацію кривої зміцнення запропоновано таким рівнянням:

$$\sigma_i = A_V \varepsilon_i^n, \quad (2)$$

де коефіцієнт A_V може змінюватися в залежності від швидкості деформування. Цей коефіцієнт визначають рівнянням:

$$A_V = A \left[1,045 + \frac{\ln(0,00227) \dot{\varepsilon}_i}{135} \right]. \quad (3)$$

Коефіцієнт n_V змінюється в формулі (2) відповідно до виразу:

$$n_V = n \times \exp[-0,1273 \ln(1 + \dot{\varepsilon}_i)]. \quad (4)$$

В формулах (2) і (3) – A_V – коефіцієнт апроксимації кривої течії, який враховує вплив швидкості деформації, $\dot{\varepsilon}_i$ – швидкість інтенсивності деформації (с^{-1}), n_V – показник степеню, який враховує вплив швидкості деформації; A і n – відповідно коефіцієнти апроксимації кривої зміцнення, яка побудована для умов квазістатичного деформування.

В якості прикладу розглянемо розрахунок енергії деформації для умов динамічного навантаження залізобетонних конструкцій, що армовано прокатом серповидного профілю класу А500С зі сталі 3Гпс. Після проведення експериментальних випробувань в статичних умовах циліндричних зразків на стиск до різних степенів деформацій побудовано криву зміцнення. Коефіцієнти A і n формули (1) виявились відповідно рівними: $A = 1032$ МПа, $n = 0,27$.

В таблиці наведено результати розрахунку відношення питомої потенційної енергії, отриманої інтегруванням функції кривої зміцнення, яка отримана для динамічних умов, до енергії, отриманої інтегрування кривої зміцнення для статичних умов випробування:

$$W_{vol} = \int_0^{\varepsilon_i} \sigma_i d\varepsilon_i = A \int \varepsilon_i d\varepsilon_i = \frac{A\varepsilon_i^{n+1}}{n+1}. \quad (5)$$

Коефіцієнт швидкісного ефекту $K_V = \frac{(W_{уд})_{dyn.}}{(W_{уд})_{stat.}}$ в таблиці розраховано в залежності від інтенсивності деформацій для різних швидкостей деформування:

$$\dot{\varepsilon}_i = 100 (c^{-1}), 150 (c^{-1}) \text{ и } 200(c^{-1}).$$

Таблиця – Залежність коефіцієнта K_V та питомої роботи пластичної деформації W_{vol} від інтенсивності деформації для арматурної сталі

Швидкість деформації $\dot{\varepsilon}_i$	Коефіцієнт K_V для різних швидкостей деформування			Питома робота пластичної деформації W_{vol} , Дж/см ³			
	100 (c^{-1})	150 (c^{-1})	200(c^{-1})	Статика	100 (c^{-1})	150 (c^{-1})	200(c^{-1})
0,2	1,446	1,477	1,499	105,68	152,06	155,347	157,640
0,3	1,377	1,403	1,420	176,024	242,413	246,901	250,028
0,4	1,330	1,352	1,367	253,676	337,490	342,997	346,832
0,5	1,295	1,314	1,327	336,809	436,242	442,619	447,059
0,6	1,267	1,284	1,296	424,587	538,024	545,144	550,100
0,7	1,244	1,259	1,269	516,426	642,398	650,147	655,541
0,8	1,224	1,238	1,247	611,891	749,042	757,320	763,083

З даних таблиці випливає твердження про те, що зі зростанням ступеню деформації спадає вплив швидкості деформації.

В таблиці також наведено результати розрахунків питомої роботи пластичної деформації в залежності від інтенсивності деформації для наведених швидкостей деформації.

За результатами, що наведено в таблиці, отримано залежність питомої роботи деформації від швидкості деформації для різних ступеней деформації. Ці залежності піддано апроксимації показниками функціями

$$(W_{уд})_{dyn} = B\varepsilon_i^m, \quad (6)$$

де $B = 812$ МПа для статичних умов, $B = 983$ МПа для $\dot{\varepsilon}_i = 100(c^{-1})$, $B = 977$ МПа для $\dot{\varepsilon}_i = 150(c^{-1})$, $B = 968$ МПа для $\dot{\varepsilon}_i = 200(c^{-1})$. Коефіцієнт m апроксимації в рівнянні (6) виявився таким, що слабо залежить від швидкостей деформацій ($m = 1,1$; $m = 1,14$; $m = 1,15$ для відповідних швидкостей деформації $\dot{\varepsilon}_i = 100 (c^{-1}), 150 (c^{-1})$ и $200(c^{-1})$). Для статичних умов $m \approx 1,23$.

Висновки. Показано, що швидкість деформації в досліджуваних межах здійснює вплив на питому енергію пластичного деформування. Здатність арматурної сталі поглинати енергію при динамічному навантаженні на 25 % більша, за квазістатичне навантаження.

Показано, що коефіцієнт швидкісного ефекту K_V залежить від величини швидкості динамічного навантаження і описується показниковою функцією $K_V = f(\varepsilon_i)$ (6), показник ступеня якої слабо залежить від швидкості деформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dell, H. Continuous Failure Prediction Model for Nonlinear Load Paths in Successive Stamping and Crash Processes. SAE-Paper 2001-01-113, New Sheet Steel Products and Sheet Metal Stamping (SP-1614). The 2001 World Congress, Michigan, March 5-8, 2001. – P.113-122.
2. Огородников В. А. Энергия. Деформации. Разрушение (задачи автотехнической экспертизы) /В. А. Огородников, В. Б. Киселев, И. О. Сивак. – Винница: Універсум, 2005. – 204 с.

Архіпова Тетяна Федорівна, к.т.н., доцент кафедри Опору матеріалів та прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail:tfarhipova@gmail.com

Arkhipova Tetyana Fedorivna, Ph.D, docent of Strength of Materials and Applied Mechanics, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, E-mail:tfarhipova@gmail.com