

ВПЛИВ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ В ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЯХ НА ГРАНИЧНІ НАПРУЖЕННЯ ЦИКЛУ

Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка НАН України, Україна

Анотація

Запропоновано метод розрахунку діаграм граничних напружень циклу зварних з'єднань з будь-якою величиною залишкових напружень за результатами випробувань зразків без залишкових напружень.

Ключові слова: діаграма граничних напружень циклу, зварне з'єднання, залишкове напруження.

Вступ

В літературі прийнято вважати залишкові напруження розтягування (ЗН) високими, що впливають на міцність зварних конструкцій, коли дотримується умова $\sigma_{зал} > 0,5\sigma_T$, де σ_T - границя плинності матеріалу. ЗН, які рівні $\sigma_{зал} < 0,5\sigma_T$, вважаються низькими і на міцність не впливають. Але це поділ суто умовно, тому що, залежно від величини максимального напруження від зовнішнього навантаження, вони змінюються у широкому діапазоні з різним ступенем впливу на опір втомних зварних елементів металоконструкцій.

Мета роботи передбачала розробку методу розрахунку граничних напружень циклу зварних з'єднань з будь-якою величиною залишкових напружень за результатами випробувань зразків без залишкових напружень.

Результати дослідження

Обробка результатів втомних випробувань стикових з'єднань низьковуглецевої та низьколегованої 09Г2С сталей з різним рівнем вихідних ЗН показала, якщо спільно врахувати вплив усталеного залишкового ЗН $\sigma_{зал}^y$ та границю витривалості σ_R при будь-якому значенні коефіцієнта асиметрії циклу R_σ , то діаграма граничних напружень циклу (ДГНЦ) з ЗН збігається з ДГНЦ зразків без ЗН (пряма 1).

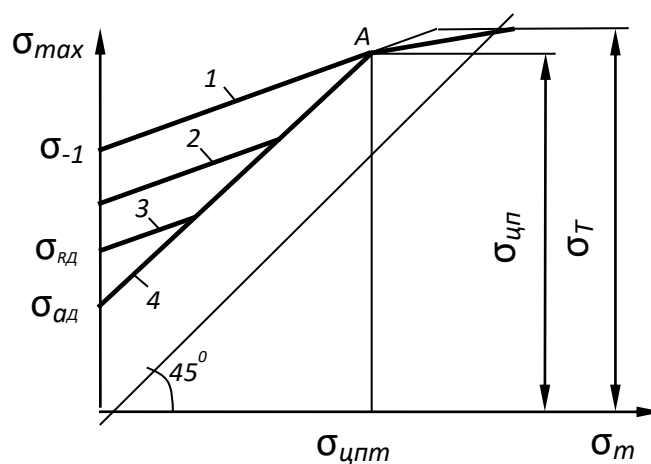


Рис. 1 – Діаграми граничних напружень циклу зварних з'єднань

Задаючись на прямій 1 будь-якою точкою та розглядаючи її у вигляді суми напружень $\sigma_{R\Sigma} = \sigma_{ocm}^y + \sigma_R$, можна визначити середнє напруження циклу σ_m і граничну амплітуду циклу σ_a^n , при дії яких у зразку залишається $\sigma_{зал}^y$, що є граничним у вигляді

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{R\Sigma} - \sigma_R}{1 - \Psi_\sigma} + \sigma_{mR} - \sigma_{зал}^y, \quad (1) \quad \sigma_a^n = \frac{\sigma_B - \sigma_{R\Sigma}}{\sigma_B / \sigma_{-1} - 1}. \quad (2)$$

де σ_{-1} -границя витривалості зварного з'єднання без ЗН при симетричному циклі навантаження, Ψ_σ - коефіцієнт впливу асиметрії навантаження, σ_{mR} - середнє напруження циклу в зразку без ЗН, σ_B -границя міцності матеріалу. Після деяких перетворень границю витривалості з'єднання з $\sigma_{зал}^y$ можна визначити за формулою

$$\sigma_{RD} = \frac{\sigma_{-1}(\sigma_B - \sigma_{ocm}^y) + \sigma_m(\sigma_B - \sigma_{-1})}{\sigma_B}. \quad (3)$$

При дотриманні умови $\sigma_{зал}^y = \sigma_{цп} - \sigma_{RD}$ неважко переконатися, що чим більша границя витривалості, тим менше $\sigma_{зал}^y$, де $\sigma_{цп}$ - мінімальна границя циклічної повзучості (к. А), яка, як показали дослідження низьколегованих сталей, на 10-14 % менша за σ_T . Запропонована методика повною мірою буде реалізована у разі дотримання умови $\sigma_R + \sigma_{зал}^y < \sigma_{цп}$. У цьому випадку вихідні залишкові напруження при циклічному навантаженні зварного з'єднання не досягають граничної величини і не змінюються. Тому у всіх вищенаведених формулах можна використовувати значення вихідного ЗН, визначене після зварювання виробу. Було також встановлено, що ДГНЦ з'єднань не тільки паралельні між собою (прямі 2,3), а й паралельні ДГНЦ зразків без ЗН. Причому зі збільшенням усталених ЗН кожна діаграма розташовується трохи нижче попередньої. Закінчуються такі діаграми на прямій 4, яка вважається ДГНЦ зварного з'єднання з високим значенням ЗН, у якій гранична амплітуда циклу $\sigma_{ад}$ не залежить від σ_m , а сама діаграма при $\sigma_{K\Sigma} = \sigma_{цп}$, задаючись любим значенням R_σ , описується рівнянням

$$\bar{\sigma}_{RD} = \frac{2 \cdot \sigma_{ад}}{1 - R_\sigma} = \frac{2}{1 - R_\sigma} \left(\frac{\sigma_R - \Psi_\sigma \cdot \sigma_{цп}}{1 - \Psi_\sigma} - \sigma_{mR} \right). \quad (4)$$

Кожна точка на цій прямій відповідає границі витривалості зварного з'єднання зі своїм значенням $\sigma_{зал}^y$. У виразі 4 замість $\sigma_{цп}$ можна використовувати границю плинності, проте використання $\sigma_{цп}$ підвищує точність розрахунку. Встановлено, що зі збільшенням залишкового напруження відбувається зниження границі витривалості досліджуваних зварних з'єднань на більш значиму величину. Залежно від марки матеріалу вплив залишкових напружень виявляється дещо різним. Якщо до теперішнього часу вважалось, що ЗН рівні $0,5\sigma_T$ низькі і не впливають на опір втоми, то така їх величина знижує опір втоми з'єднання з низьковуглецевої сталі на 30 %, а з низьколегованої на 33 %.

Висновок

Аналіз діаграм граничних напружень циклу стикових зварних з'єднань низьковуглецевих і низьколегованих сталей з високими залишковими напруженнями і без них дозволив отримати рівняння, що дозволяє визначати границі витривалості зварних з'єднань з усталеними залишковими напруженнями за результатами випробувань невеликих зразків без залишкових напружень.

Дегтярев Вячеслав Олексійович - канд. техн. наук, ст. наук. співробітник, Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка НАН України

THE INFLUENCE OF RESIDUAL STRESSES IN WELDED STRUCTURES ON THE LIMIT STRESSES OF THE CYCL

Abstract

Author proposes a method of determination of the diagrams of ultimate stresses in a cycle for welded components structural elements with different level of steady-state residual stresses based on test results for small specimens.

Keywords: cycle limit stress diagram, welded joint, residual stress.

Dehtiarev Viacheslav – Cand. Sc, Art. of science employee, G.S. Pisarenko Institute for problems of strength of the NAS of Ukraine.