

УДК 624.015:624.023:620.19

Матченко Т.І., к.т.н.;
Матченко П.Т.

РОЗРАХУНОК ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЩО ВІДНОСЯТЬСЯ ДО ПЕРШОЇ ГРУПИ ЗА МОЖЛИВІСТЮ КРИХКОГО ТА В'ЯЗКОГО РУЙНУВАННЯ

АНОТАЦІЯ

В даній статті наведені формули для розрахунку на опір крихкому та в'язкому руйнуванню зварних з'єднань сталевих конструкцій з тріщинами та без них, при динамічних і статичних навантаженнях з урахуванням сумісної дії зусиль розтягнення та згинаючих моментів.

Ключові слова: сталеві конструкції, крихке руйнування, зварні з'єднання, динамічні навантаження.

Вступ. Відомо [1], що залежно від можливості та різновидів досягнення граничних станів, а також виходячи з умов руйнування від втоми чи крихкого руйнування слід розрізняти три категорії конструкцій та їх елементів:

I — конструкції та елементи, які мають або не мають тріщини або інші пошкодження, досягнення граничних станів яких внаслідок втоми чи крихкого руйнування можливе в результаті безпосереднього впливу динамічного, циклічного чи вібраційного навантаження;

II — конструкції та елементи, які мають або не мають тріщини або інші пошкодження, досягнення граничних станів яких внаслідок втоми чи крихкого руйнування можливе лише при поєднанні несприятливих чинників (динамічного, циклічного чи вібраційного навантаження, концентраторів напружень, зон напружень розтягу тощо);

III — конструкції та елементи, які не мають тріщин та інших пошкоджень, досягнення граничних станів яких внаслідок втоми чи крихкого руйнування неможливе через відсутність несприятливих чинників, а можливе лише в'язке руйнування.

Сталеві конструкції за можливістю втоми чи крихкого руйнування поділяють на чотири групи:

Група 1 — основні зварювальні конструкції і елементи, які працюють в особливо тяжких умовах або які працюють при безпосередньому впливі динамічних, циклічних, вібраційних або підвищених навантажень (див. рис. 1);

Група 2 — основні зварні конструкції і елементи, які працюють при статичних навантаженнях переважно на розтягнення і/або згин, а також конструкції і елементи групи 1 при відсутності зварних з'єднань;

Група 3 — основні зварні конструкції і елементи, які працюють при статичних навантаженнях переважно на стиснення, а також конструкції і елементи групи 2 при відсутності зварних з'єднань;

Група 4 — допоміжні конструкції і елементи, а також конструкції і елементи групи 3 при відсутності зварних з'єднань.

Конструкції, та їх елементи, що відносяться до I категорії за різновидами досягнення граничних станів та/або до групи 1 за можливістю втоми чи крихкого руйнування, обов'язково перевіряються розрахунком на витривалість, втому, на опір крихкому руйнуванню та на міцність (в'язке руйнування); конструкції та їх елементи, що відносяться до II категорії за різновидами досягнення граничних станів та/або до групи 2 за можливістю втоми чи крихкого руйнування, перевіряються на витривалість, втому, на опір крихкому руйнуванню при наявності тріщин або за вимогою замовника, а також перевіряються на міцність (в'язке руйнування); конструкції та їх елементи, що відносяться до III категорії за різновидами досягнення граничних станів та/або до групи 3 і 4 не перевіряються розрахунком на витривалість, втому та опір крихкому руйнуванню, а перевіряються тільки на міцність (в'язке руйнування).

Але в ДБН В.2.6-198:2014 не викладені формули для розрахунку на опір крихкому руйнуванню сталевих конструкцій та їх зварних з'єднань з тріщинами, та не викладені формули для розрахунку на міцність (опір в'язкому руйнуванню) сталевих конструкцій та їх з'єднань з пошкодженнями та без них при дії динамічних навантажень.

Ціль роботи — викласти формули для розрахунку на опір крихкому руйнуванню сталевих конструкцій групи 1 і 2 та їх зварних з'єднань з тріщинами та формули для розрахунку на міцність (опір в'язкому руйнуванню) сталевих конструкцій та їх з'єднань з пошкодженнями та без них при дії динамічних навантажень.



Рис. 1. Тріщини втоми в зоні сплавлення метала кутового зварного з'єднання

Основний зміст. Конструкції та їх елементи, що відносяться до I категорії за різновидами досягнення граничних станів та/або до групи 1 за можливістю крихкого руйнування, розрахунок зварного з'єднання з кутовими швами на опір крихкому руйнуванню при сумісній дії поздовжньої сили N , що проходить через центр ваги з'єднання; і/або моменту W у площині, перпендикулярній до площини розташування швів; згинального моменту M_x відносно осі x у площині розташування цих швів; і/або згинального моменту M_y відносно осі y у площині розташування цих швів (див. рис.4), слід перевіряти за формулами: при

$$\frac{\beta_f R_{wf} (1 - \omega(\tau)_R)}{0,45 \beta_z R_{uz} (1 - \omega(\tau)_R)} \leq 1$$

– у площині наплавленого металу (див.рис.3)

$$\left(\frac{1,12 N(\tau) \gamma_n (\pi L)^{1/2}}{\beta_f k_f l_w \gamma_{wl} [K_{шс}]_f (1 - \omega(\tau)_{кшс})} \right)^{0,6} \pm \left(\frac{1,12 M_z(\tau) \gamma_n (\pi L)^{1/2}}{W_f (1 - \omega(\tau)_w) \gamma_{wl} [K_{шс}]_f (1 - \omega(\tau)_{кшс})} \right)^{0,6} \pm \left(\frac{1,12 M_{x(y)}(\tau) \gamma_n (\pi L)^{1/2} (x^2 + y^2)^{1/2}}{(I_{fx} + I_{fy})(1 - \omega(\tau)_I) \gamma_{wl} [K_{шс}]_f (1 - \omega(\tau)_{кшс})} \right)^{0,6} \leq 1;$$

при

$$\frac{\beta_f R_{wf} (1 - \omega(\tau)_R)}{0,45 \beta_z R_{uz} (1 - \omega(\tau)_R)} > 1$$

– у площині металу межі сплавлення (див. рис. 3)

$$\left(\frac{1,12 N(\tau) \gamma_n (\pi L)^{1/2}}{\beta_z k_f l_w \gamma_{wl} [K_{шс}]_z (1 - \omega(\tau)_{кшс})} \right)^{0,6} \pm$$

$$\pm \left(\frac{1,12 M_z(\tau) \gamma_n (\pi L)^{1/2}}{W_z (1 - \omega(\tau)_w) \gamma_{wl} [K_{шс}]_z (1 - \omega(\tau)_{кшс})} \right)^{0,6} \pm$$

$$\left(\frac{1,12 M_{x(y)}(\tau) \gamma_n (\pi L)^{1/2} (x^2 + y^2)^{1/2}}{(I_{fx} + I_{fy})(1 - \omega(\tau)_I) \gamma_{wl} [K_{шс}]_z (1 - \omega(\tau)_{кшс})} \right)^{0,6} \leq 1.$$

де l_w – розрахункова довжина кутового шва, що дорівнює його сумарній геометричній довжині за вирахуванням двох катетів шва $2x k_f$ або 1 см на кожен неперервну ділянку шва; $[k_{шс}]$ – розрахункове значення критичного коефіцієнта інтенсивності напружень поздовжнього зсуву (різновид III) основного металу, $[k_{шс}]_f$ те саме металу шва, те саме межі сплавлення $[k_{шс}]_z$ в відповідності з рис. 2, приймаються за результатами випробувань зразків або за співвідношеннями приведеними нижче на початку експлуатації, МПах(м)^{0,5}; і β_z – коефіцієнти, значення яких приймаються за табл. 16.2 [1]; W_f і W_z – моменти опору розрахункових перерізів кутових швів у зварному з'єднанні відповідно за металом шва і за металом межі сплавлення; $\omega(\tau)_w$ – параметр пошкодження моменту опору розрахункового перерізу, долі від одиниці; x і y – координати точки зварного з'єднання, яка найбільш віддалена від центра ваги цього з'єднан-

ня (рис. 4); I_{fx}, I_{fy} – момент інерції розрахункового перерізу кутового шва у зварному з'єднанні за металом шва відносно його головних осей $x - x$ і $y - y$; I_{zx}, I_{zy} – те саме, за металом межі сплавлення; $\omega(\tau)_I$ – параметр пошкодження, зменшення моменту інерції перерізу, долі від одиниці.

У випадку, коли на зварного з'єднання з кутовими швами

Конструкції, та їх елементи, що відносяться до II категорії за різновидами досягнення граничних

станів та/або до групи 2 за можливістю крихкого руйнування, розрахунок зварного з'єднання з кутовими швами на опір крихкому руйнуванню при сумісній дії поздовжньої сили N , що проходить через центр ваги з'єднання; і/або моменту M_z у площині, перпендикулярній до площини розташування швів; згинального моменту M_x відносно осі $x y$ площині розташування цих швів; і/або згинального моменту M_y відносно осі y у площині розташування цих швів(див. рис.4), слід перевіряти за формулами:

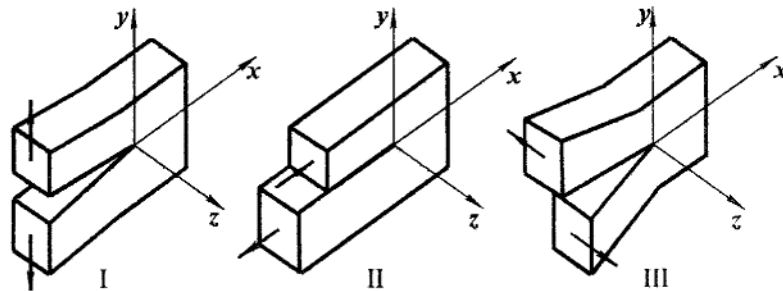


Рис. 2. Різновиди переміщення берегів тріщин і відповідно різновиди руйнувань (I – нормального відриву, II – поперечного зсуву, III – поздовжнього зсуву)

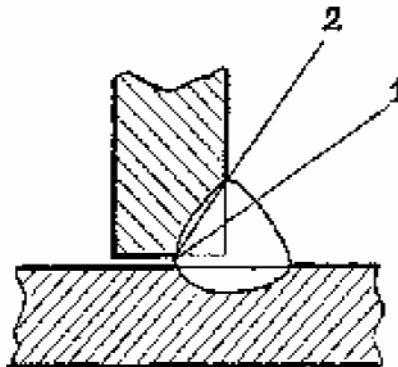


Рис. 3. Поперечний розріз кутового шва із зазначенням умовних площин руйнування: 1 – площина наплавленого металу (металу шва); 2 – площина металу межі сплавлення

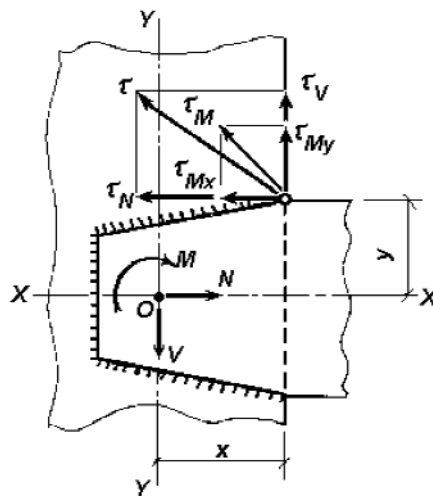


Рис. 4. Розрахункова схема зварного з'єднання з кутовими швами

при

$$\frac{\beta_f R_{wf} (1 - \omega(\tau)_R)}{0,45 \beta_z R_{un} (1 - \omega(\tau)_R)} \leq 1$$

– у площині наплавленого металу (див.рис.3)

$$\frac{1,12 N(\tau) \gamma_n (\pi L)^{1/2}}{\beta_f k_f l_w \gamma_{wl} [K_{IIIc}]_f (1 - \omega(\tau)_{KIIIc})} \pm \frac{1,12 M_z(\tau) \gamma_n (\pi L)^{1/2}}{W_f (1 - \omega(\tau)_w) \gamma_{wl} [K_{IIIc}]_f (1 - \omega(\tau)_{KIIIc})} \pm \frac{1,12 M_{x(y)}(\tau) \gamma_n (\pi L)^{1/2} (x^2 + y^2)^{1/2}}{(I_{fx} + I_{fy})(1 - \omega(\tau)_I) \gamma_{wl} [K_{IIIc}]_f (1 - \omega(\tau)_{KIIIc})} \leq 1;$$

при

$$\frac{\beta_f R_{wf} (1 - \omega(\tau)_R)}{0,45 \beta_z R_{un} (1 - \omega(\tau)_R)} > 1$$

– у площині металу межі сплавлення (див. рис.3)

$$\frac{1,12 N(\tau) \gamma_n (\pi L)^{1/2}}{\beta_z k_f l_w \gamma_{wl} [K_{IIIc}]_z (1 - \omega(\tau)_{KIIIc})} \pm \frac{1,12 M_z(\tau) \gamma_n (\pi L)^{1/2}}{W_z (1 - \omega(\tau)_w) \gamma_{wl} [K_{IIIc}]_z (1 - \omega(\tau)_{KIIIc})} \pm \frac{1,12 M_{x(y)}(\tau) \gamma_n (\pi L)^{1/2} (x^2 + y^2)^{1/2}}{(I_{fx} + I_{fy})(1 - \omega(\tau)_I) \gamma_{wl} [K_{IIIc}]_z (1 - \omega(\tau)_{KIIIc})} \leq 1.$$

Додатково до приведених формул при розрахунку зварного з'єднання з кутовими швами з тріщинами, що відносяться до II категорії за різновидами досягнення граничних станів та/або до групи 2 за можливістю крихкого руйнування, на одночасну дію поздовжньої $N(\tau)$ і поперечної $Q(\tau)$ сил, а також згинального моменту $M_z(\tau)$ (рис. 4), повинні бути виконані такі умови:

$$\frac{K(\tau)_{IIIcZ} \gamma_n}{\gamma_{wl} [K_{IIIc}]_z (1 - \omega(\tau)_{KIIIc})} \leq 1,$$

$$\frac{K(\tau)_{IIIcf} \gamma_n}{\gamma_{wl} [K_{IIIc}]_f (1 - \omega(\tau)_{KIIIc})} \leq 1,$$

де K_{mcf} і K_{mcz} – коефіцієнти інтенсивності напружень поздовжнього зсуву основного металу на початку експлуатації в небезпечній точці розрахункового перерізу кутового шва з тріщиною у зварному з'єднанні відповідно у площині наплавленого металу і у площині металу межі сплавлення, що визначаються за формулою

$$K(\tau)_{III} = 1,12 \tau_\sigma (\pi L)^{1/2},$$

де τ_σ – дотичні напруження.

$$\tau_\sigma = \sqrt{(\tau_N + \tau_{Mx})^2 + (\tau_Q + \tau_{My})^2}.$$

У випадку, коли до зварного з'єднання з кутовим швом (рис. 3) в доповнення до зусиль в площині з'єднання прикладене зусилля P по осі Z , яке нормальне до площини зварного з'єднання (осі X і Y), а також згинаючий момент Mz , тоді дотичні напруження τ_f , τ_z в небезпечній точці розрахункового перерізу кутового шва у зварному з'єднанні відповідно у площині наплавленого металу і у площині металу межі сплавлення, визначаються за формулою:

$$\tau = \sqrt{(\tau_N + \tau_{Mx})^2 + (\tau_Q + \tau_{My})^2 + (\tau_P + \tau_{Mz})^2}.$$

Значення $[K_{IIIc}]$ приведені в [2,3].

Конструкції та їх елементи, що відносяться до I категорії за різновидами досягнення граничних станів та/або до групи 1 за можливістю крихкого руйнування, розрахунок зварного з'єднання з кутовими швами на міцність (опір в'язкому руйнуванню) при сумісній дії поздовжньої сили N , що проходить через центр ваги з'єднання; і/або моменту у площині, перпендикулярній до площини розташування швів; згинального моменту Mx відносно осі x у площині розташування цих швів; і/або згинального моменту My відносно осі y у площині розташування цих швів (див. рис.4), слід перевіряти за формулами:

при

$$\frac{\beta_f R_{wf} (1 - \omega(\tau)_R)}{0,45 \beta_z R_{un} (1 - \omega(\tau)_R)} \leq 1$$

– у площині наплавленого металу (див. рис.3)

$$\left(\frac{N(\tau) \gamma_n}{\beta_f k_f l_w \gamma_c R_{wf} (1 - \omega(\tau)_R)} \right)^{0,6} \pm$$

$$\pm \left(\frac{M_z(\tau) \gamma_n}{W_f (1 - \omega(\tau)_w) \gamma_c R_{wf} (1 - \omega(\tau)_R)} \right)^{0,6} \pm$$

$$\left(\frac{M_{x(y)}(\tau) \gamma_n (x^2 + y^2)^{1/2}}{(I_{fx} + I_{fy})(1 - \omega(\tau)_I) \gamma_c R_{wf} (1 - \omega(\tau)_R)} \right)^{0,6} \leq 1;$$

при

$$\frac{\beta_f R_{wf} (1 - \omega(\tau)_R)}{0,45 \beta_z R_{un} (1 - \omega(\tau)_R)} > 1$$

– у площині металу межі сплавлення (див.рис.3)

$$\left(\frac{N(\tau) \gamma_n}{\beta_z k_f l_w \gamma_C R_{wz} (1 - \omega(\tau)_R)} \right)^{0,6} \pm \left(\frac{M_z(\tau) \gamma_n}{W_z (1 - \omega(\tau)_w) \gamma_C R_{wz} (1 - \omega(\tau)_R)} \right)^{0,6} \pm \left(\frac{M_{x(y)}(\tau) \gamma_n (x^2 + y^2)^{1/2}}{(I_{fx} + I_{fy})(1 - \omega(\tau)_I) \gamma_C R_{wz} (1 - \omega(\tau)_R)} \right)^{0,6} \leq 1.$$

Конструкції та їх елементи, що відносяться до II категорії за різновидами досягнення граничних станів та/або до групи 2 за можливістю крихкого руйнування, розрахунок зварного з'єднання з кутовими швами на міцність (опір в'язкому руйнуванню) при сумісній дії поздовжньої сили N , що проходить через центр ваги з'єднання; і/або моменту Mz у площині, перпендикулярній до площини розташування швів; згинального моменту Mx відносно осі x y площині розташування цих швів; і/або згинального моменту My відносно осі y у площині розташування цих швів (див. рис.4), слід перевіряти за формулами:

при

$$\frac{\beta_f R_{wf} (1 - \omega(\tau)_R)}{0,45 \beta_z R_{un} (1 - \omega(\tau)_R)} \leq 1$$

– у площині наплавленого металу (див. рис.3)

$$\frac{N(\tau) \gamma_n}{\beta_z k_f l_w \gamma_C R_{wf} (1 - \omega(\tau)_R)} \pm \frac{M_z(\tau) \gamma_n}{W_f (1 - \omega(\tau)_w) \gamma_C R_{wf} (1 - \omega(\tau)_R)} \pm \frac{M_{x(y)}(\tau) \gamma_n (x^2 + y^2)^{1/2}}{(I_{fx} + I_{fy})(1 - \omega(\tau)_I) \gamma_C R_{wf} (1 - \omega(\tau)_R)} \leq 1;$$

при

$$\frac{\beta_f R_{wf} (1 - \omega(\tau)_R)}{0,45 \beta_z R_{un} (1 - \omega(\tau)_R)} > 1$$

– у площині металу межі сплавлення (див. рис.3)

$$\frac{N(\tau) \gamma_n}{\beta_z k_f l_w \gamma_C R_{wz} (1 - \omega(\tau)_R)} \pm \frac{M_z(\tau) \gamma_n}{W_z (1 - \omega(\tau)_w) \gamma_C R_{wz} (1 - \omega(\tau)_R)} \pm \frac{M_{x(y)}(\tau) \gamma_n (x^2 + y^2)^{1/2}}{(I_{fx} + I_{fy})(1 - \omega(\tau)_I) \gamma_C R_{wz} (1 - \omega(\tau)_R)} \leq 1.$$

У відповідності з таблицею 6.13 [4] при розрахунку елементів сталевих конструкцій на міцність і стійкість при дії динамічних навантажень, окрім коефіцієнтів умов роботи, що приймаються у відповідності з іншими нормами, належить вводити додаткові коефіцієнти t , що враховують підвищення механічних властивостей матеріалів при високих прискореннях навантаження ($\alpha \geq 4$ м/с²) і які визначаються згідно з таблицею 1. Перерізи елементів слід приймати не менше ніж отримані за результатами розрахунку на основне сполучення навантажень. Формули для визначення розрахункових опорів зварних швів приведені в таблиці 2.

Конструкції та їх елементи, що відносяться до I категорії за різновидами досягнення граничних станів та/або до групи 1 за можливістю крихкого руйнування, розрахунок стикового зварного з'єднання (див. рис. 5) на опір крихкому руйнуванню при сумісній дії поздовжньої сили N , що проходить через центр ваги з'єднання; і/або моменту Mz у площині, перпендикулярній до площини розташування швів; згинального моменту Mx відносно осі x у площині розташування цих швів; і/або згинального моменту My відносно осі y у площині розташування цих швів, слід перевіряти за формулами:

$$\left(\frac{N(\tau) \times \gamma_n \times 1,12 \times (\pi \times L)^{1/2}}{t_{\min} \times l_w \times (1 - \omega(t)_A) \times [K_{IC}] \times (1 - \omega(t)_{KIC}) \times \gamma_C} \right)^{0,6} \pm \left(\frac{M(\tau)_x \times \gamma_n \times 1,12 \times (\pi \times L)^{1/2} \times y}{I_{xn} \times (1 - \omega(t)_I) \times [K_{IC}] \times (1 - \omega(t)_{KIC}) \times \gamma_C} \right)^{0,6} \pm \left(\frac{M(\tau)_y \times \gamma_n \times 1,12 \times (\pi \times L)^{1/2} \times x}{I_{yn} \times (1 - \omega(t)_I) \times [K_{IC}] \times (1 - \omega(t)_{KIC}) \times \gamma_C} \right)^{0,6} \leq 1,$$

Таблиця 1. Значення коефіцієнтів m , що враховують зміну механічних властивостей матеріалів при високих прискореннях навантаження

Характеристика конструкцій та з'єднань	Значення m
При розрахунках на міцність	
1. Розтягнуті сталеві конструкції та ті, що згинаються	$1+0,3 \cdot \alpha/4$
2. Сталеві конструкції, що працюють на зсув	$1-0,1 \cdot \alpha/4$
3. Сталеві конструкції, що працюють на зріз	$1-0,2 \cdot \alpha/4$
4. Сталеві конструкції і їх елементи, що працюють на зминання	$1+0,5 \cdot \alpha/4$
5. Зварні стикові з'єднання	1,0
6. Зварні кутові шви	$1-0,3 \cdot \alpha/4$
7. Болтові та заклепочні з'єднання	$1+0,1 \cdot \alpha/4$
При розрахунках на стійкість	
8. Сталеві стиснуті елементи гнучкістю понад 100	1,0
9. Те саме з гнучкістю до 20	$1+0,2 \cdot \alpha/4$
10. Те саме з гнучкістю від 20 до 100	від $1+0,2 \cdot \alpha/4$ до 1,0 за
<p>Примітка. 1) Наведені у таблиці коефіцієнти вводяться тільки при розрахунку на особливе сполучення навантажень яке включає в себе динамічні дії;</p> <p>2) Коефіцієнт m - враховує підвищення механічних властивостей матеріалів при високих прискореннях навантаження;</p> <p>3) α – прискорення навантаження, m/c^2.</p>	

де x, y – відстані від головних осей до розглядуваної точки перерізу. Умовні позначення такі самі, як і в [1-3]. Значення $[K_{IC}]$ приведені в [2,3].

Конструкції та їх елементи, що відносяться до II категорії за різновидами досягнення граничних станів та/або до групи 2 за можливістю крихкого руйнування, розрахунок стикового зварного з'єднання на опір крихкому руйнуванню при сумісній дії поздовжньої сили N , що проходить через центр ваги з'єднання; і/або моменту Mz у площині, пер-

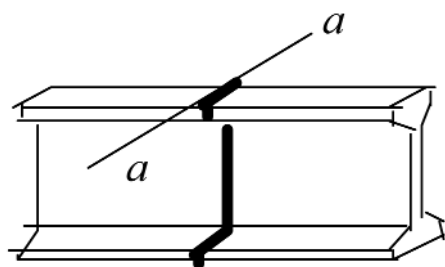


Рис. 5. Стикове зварне з'єднання балки

пендикулярній до площини розташування швів; згинального моменту Mx відносно осі x у площині розташування цих швів; і/або згинального моменту My відносно осі y у площині розташування цих швів, слід перевіряти за формулами:

$$\frac{N(\tau) \times \gamma_n \times 1,12 \times (\pi \times L)^{1/2}}{t_{\min} \times l_w \times (1 - \omega(t)_A) \times [K_{IC}] \times (1 - \omega(t)_{KIC}) \times \gamma_c} \pm$$

$$\frac{M(\tau)_x \times \gamma_n \times 1,12 \times (\pi \times L)^{1/2} \times y}{I_{xn} \times (1 - \omega(t)_I) \times [K_{IC}] \times (1 - \omega(t)_{KIC}) \times \gamma_c} \pm$$

$$\frac{M(\tau)_y \times \gamma_n \times 1,12 \times (\pi \times L)^{1/2} \times x}{I_{yn} \times (1 - \omega(t)_I) \times [K_{IC}] \times (1 - \omega(t)_{KIC}) \times \gamma_c} \leq 1,$$

Конструкції та їх елементи, що відносяться до I категорії за різновидами досягнення граничних станів та/або до групи 1 за можливістю крихкого руйнування, розрахунок зварного стикового з'єднання на міцність (опір в'язкому руйнуванню) при

Таблиця 2. Формули для визначення розрахункових опорів зварних швів

Зварне з'єднання	Напружений стан	Характеристика розрахункового опору	Умовне позначення	Розрахунковий опір
Стикове	Стиск, розтяг і згин при механізованому або ручному зварюванні з фізичним контролем якості шва	за межею текучості	R_{wy}	$R_{wy} = m \cdot R_y$
		за тимчасовим опором	R_{wu}	$R_{wu} = m \cdot R_u$
	Розтяг і згин при механізованому або ручному зварюванні	за межею текучості	R_{wy}	$R_{wy} = 0,85 m \cdot R_y$
	Зсув	–	R_{ws}	$R_{ws} = m \cdot R_s$
З кутовими швами	Зсув (умовний)	за металом шва	R_{wf}	$R_{wf} = \frac{0,55mR_{wm}}{\gamma_{wm}}$
		за металом межі сплавлення	R_{wz}	$R_{wz} = 0,45mR_{un}$
Примітка				
Значення коефіцієнта надійності за матеріалом шва γ_{wm} слід приймати таким, що дорівнює: 1,25 – при $R_{wm} \leq 490 \text{ Н/мм}^2$; 1,35 – при $490 \text{ Н/мм}^2 < R_{wm} \leq 590 \text{ Н/мм}^2$.				

сумісній дії поздовжньої сили N , що проходить через центр ваги з'єднання; і/або моменту Mz у площині, перпендикулярній до площини розташування швів; згинального моменту Mx відносно осі x у площині розташування цих швів; і/або згинального моменту My відносно осі y у площині розташування цих швів, слід перевіряти за формулами:

$$\left(\frac{N(\tau) \times \gamma_n}{t_{\min} \times l_w \times R_{wy} (1 - \omega(\tau)_R \times \gamma_c)} \right)^{0,6} \pm$$

$$\pm \left(\frac{M_x(\tau) \times \gamma_n \times y}{I_{xn} \times R_{wy} (1 - \omega(\tau)_R \times \gamma_c)} \right)^{0,6} \pm$$

$$\left(\frac{M_y(\tau) \times \gamma_n \times x}{I_{xn,\min} \times R_{wy} (1 - \omega(\tau)_R \times \gamma_c)} \right)^{0,6} \leq 1,$$

Умовні позначення такі самі, як і в [1-3].

Для конструкції, та її елементи, що відносяться до II категорії за різновидами досягнення граничних станів та/або до групи 2 за можливістю крихкого руйнування, розрахунок зварного стикового

з'єднання на міцність (опір в'язкому руйнуванню) при сумісній дії поздовжньої сили N , що проходить через центр ваги з'єднання; і/або моменту Mz у площині, перпендикулярній до площини розташування швів; згинального моменту Mx відносно осі x у площині розташування цих швів; і/або згинального моменту My відносно осі y у площині розташування цих швів, слід перевіряти за формулами:

$$\begin{aligned} & \frac{N(\tau) \times \gamma_n}{t_{\min} \times I_w \times R_{wy} (1 - \omega(\tau)_R \times \gamma_c)} \pm \\ & \pm \frac{M_x(\tau) \times \gamma_n \times y}{I_{xn} \times R_{wy} (1 - \omega(\tau)_R \times \gamma_c)} \pm \\ & \pm \frac{M_y(\tau) \times \gamma_n \times x}{I_{xn,\min} \times R_{wy} (1 - \omega(\tau)_R \times \gamma_c)} \leq 1 . \end{aligned}$$

Розрахунок зварних з'єднань елементів сталевих конструкцій 1 та 2 групи на витривалість і циклічну тріщиностійкість слід виконувати за формулами [5].

Оцінку запасів сейсмостійкості зварних з'єднань сталевих конструкцій 1 групи можна виконувати з урахуванням співвідношень [6].

ВИСНОВКИ

1. Для сталевих конструкцій, які відносяться до 1 і 2 групи та до I категорії за можливістю досягнення граничних станів отримані формули для розрахунків на опір крихкому руйнуванню та формули для розрахунків на міцність зварних з'єднань, які мають тріщини, або в матеріалі яких відбулися процеси старіння з урахуванням сумісної дії поздовжньої сили розтягнення та згинаючих моментів.

2. Отримані співвідношення можуть бути застосовані при визначенні придатності до експлуатації існуючих конструкцій та для актуалізації ДБН В.2.6-198.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Сталеві конструкції. Норми проектування: ДБН В.2.6-198:2014.* - [Чинні з 2015-01-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2014, -199с. -(Будівельні норми України).

2. *Матченко Т.І. Розрахунок елементів сталевих конструкцій, що знаходяться в експлуатації, на статичну міцність і опір крихкому руйнуванню / Матченко Т.І. // Наука та будівництво, 2016, № 2(8), с.28-34.*

3. *Матченко Т.І. Розрахунок вузлів ферм на опір крихкому руйнуванню / Матченко Т.І. // Будівництво України, 2016, № 4, с. 33-41.*

4. *ДБН В.1.1-12-2014 Будівництво у сейсмічних районах України. Норми проектування. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2014. — 36 с. -(Будівельні норми України).*

5. *Матченко Т.І. Розрахунок зварних з'єднань елементів сталевих конструкцій на витривалість і циклічну тріщиностійкість. / Матченко Т.І., Шаміс Л.Б., Матченко П.Т. // Будівництво України, 2015, № 1, с.37-44 .*

6. *Матченко Т.І. Оцінка запасів сейсмостійкості сталевих конструкцій будівель і споруд, та визначення їх залишкового ресурсу / Матченко Т.І., Шаміс Л.Б., Матченко П.Т.// Будівництво України, 2015, № 6, с.33-41*

АННОТАЦІЯ

В данной статье приведены формулы для расчета на сопротивление хрупкому и вязкому разрушению сварных соединений стальных конструкций с трещинами и без них, при динамических и статических нагрузках с учетом совместного действия растягивающих усилий и изгибающих моментов.

Ключевые слова: стальные конструкции, хрупкое разрушение, сварные соединения, динамические нагрузки.

ANNOTATION

This article describes the formula to calculate the resistance to brittle and ductile fracture of welded joints of steel structures with cracks and without them, under dynamic and static loads, taking into account the combined action of tensile forces and bending moments.

Keywords: steel structures, brittle fracture, welded joints, dynamic loads.