

УДК 621.3269

Н.П. Ісмаїлова, д.т.н. доц.**Г.О. Кушнарєва**, к.т.н., доц.**Т.М. Могилянець**,**Т.В. Рабоча**, к.т.н., доц.*Військова академія (м. Одеса), Україна*

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ НАПРУЖЕНЬ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАЖКОГО МЕХАНІЗОВАНОГО МОСТУ (ТММ-3) ПІД ЧАС ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Основні формули для визначення напружень при розтязї, крученні та згинї справедливі тільки в тих випадках, коли перерїз знаходиться на достатній відстані від місць різкої зміни форми тіла (виточок, отворів та інше.) В точках поблизу місця прикладення зосереджених сил, біля виточок, в кінці отворів, в місцях різкої зміни форми тіла, в надрїзах та трїщинах, не можуть бути знайдені напруження за допомогою елементарної теорії. В таких місцях спостерігається явище різкого збільшення напружень, яке називається концентрацією напружень. Це приводить до того, що основні положення розрахунків за номінальними напруженнями в рядї випадків не відповідають умовам дійсної роботи конструкції. Тому такі розрахунки виявляються вже недостатніми та виникає необхідність урахування впливу на міцність концентрації напружень.

Ключові слова: концентрація напружень, зварні з'єднання, механізовані мости, коефіцієнт концентратора напружень.

Постановка проблеми

В роботі проведено аналіз експлуатації важкого механізованого мосту (ТММ-3М1) при виникненні концентрації напружень у зварних конструкціях, міцність яких в значній степені залежить від конструктивного оформлення їх з'єднань та вузлів. Наявність зміни форми, створених зварними з'єднаннями та вузлами, приводить до появи додаткових місцевих напружень, величина яких залежить від конструктивної форми спряжень окремих елементів і тому ці додаткові місцеві напруження можуть проявляти різний вплив на міцність зварних конструкцій. Тому небезпечною є недооцінка небезпеки можливого проявлення концентрації напружень. Важкі механізовані мости (ТММ-3, ТММ-3М1) можуть подолати перешкоди шириною до 40 м та глибиною до 3 м, з метою пропуску через них гусеничного транспорту вагою 600 кН і колісного з тиском до 10 кН на вісь. В особливих випадках ТММ-3М1 може бути використаний як пристань плавальної інженерної техніки – барж, плотів, поромів та для сполучення з наплавною частиною моста. Мостуокладчик з механізованим мостом може подолати водні перешкоди глибиною до 1 м, переходити сніговий покрив до 65 см. Крутизна берегів на місці установки мостуокладчика, а також кути заїзду на міст та зїзд з нього може досягнути 10 градусів, при цьому поперечний похил вирівнюється гідравлічними опорами. При експлуатації важкого механізованого моста в деталях та вузлах, які приварені до корпусу, виникає концентрація напружень. Під концентрацією напружень, зазвичай, розуміють різке підвищення напружень в обмеженому об'ємі навантаженого тіла. Напруження в зоні концентрації називають місцевими. Явище концентрації напружень спостерігається при усіх видах деформування. Концентрація напружень з'являється в зонах різких змін форми тіла або в зонах контакту деталей. Концентраторами напружень на практиці є виточки, отвори, галтелі, шпонкові та шліцові канавки, нарізки на поверхні та інше.

Мета статті і завдання

Метою дослідження є встановлення коефіцієнта концентратора напружень в зварних з'єднаннях деталей та ребер жорсткості в важкому механізованому мосту (ТММ-3М1).

Аналіз останніх джерел і публікацій

За пропозицією А. Тума і В. Бухмана був встановлений коефіцієнт для оцінки степені чутливості матеріалу до концентрації напружень. Цей коефіцієнт виражається відношенням дійсного підвищення напруження в надрізі до теоретичного підвищення напруження в тому ж місці.

$$q_{\sigma} = \frac{\sigma_m - \sigma_{cp}}{\sigma_{max} - \sigma_{cp}}, \quad (1)$$

де σ_{cp} – середнє (номінальнє) значення напружень;

σ_{max} – максималнє (теоретичнє) значення напружень, яке визначається розрахунком за методами теорії пружності;

σ_m – дійсне найбільше значення напружень у концентратора напружень, знайдене на основі експериментальних даних;

q_{σ} – коефіцієнт чутливості металу до концентрації напружень.

Таким чином, коефіцієнт чутливості показує частину дійсного підвищення напруження у концентратора порівняно з підвищенням, який чекали при розрахунку. Ураховуючи, що при симетричному циклі:

$$\sigma_m = \sigma_{-1}, \quad \sigma_{cp} = \sigma_{-1,k},$$

можна записати :

$$q_{\sigma} = \frac{K_{ef} - 1}{K_{\sigma} - 1}, \quad (2)$$

де K_{σ} - теоретичний коефіцієнт концентрації напружень.

Оскільки $K_{\sigma} \geq K_{ef} \geq 1$, зміни q_{σ} визначаються межами $0 \leq q_{\sigma} \leq 1$. Лихарев К.К. установлює наступну залежність:

$$K_{ef} = 1 + q_{\sigma}(K_{\sigma} - 1), \quad (3)$$

яка рекомендується для наближених розрахунків при визначенні значень ефективного коефіцієнту концентрації напружень.

Коефіцієнт чутливості металу до концентрації напружень можна одержати на основі експериментальних даних. При встановленні цього коефіцієнту, припускалось, що він характеризує тільки властивості самого металу і може бути встановлений на основі таких характеристик, як межа міцності або твердості, які визначаються достатньо простими методами. Пізніше було встановлено, що по умовах побудови формули (3), коефіцієнт q_{σ} зв'язаний не тільки із властивостями металу, але із його напруженим станом і тому визначення його потребує більш складних даних. У зв'язку з цим формула (3) не є загальною і її можна використати з надрізами, а також для деяких других деталей в машинобудуванні.

Бельчук Г.А. формулу (3) рекомендує при розрахунках зварних стикових з'єднань. При цьому значення q_{σ} можуть встановлюватися по характеристикам твердості металу біляшовної зони.

Дещо другий вид формули, який визначає зв'язок між ефективним коефіцієнтом концентрації напружень та теоретичним, запропонований в роботі Кликовой Г.І.:

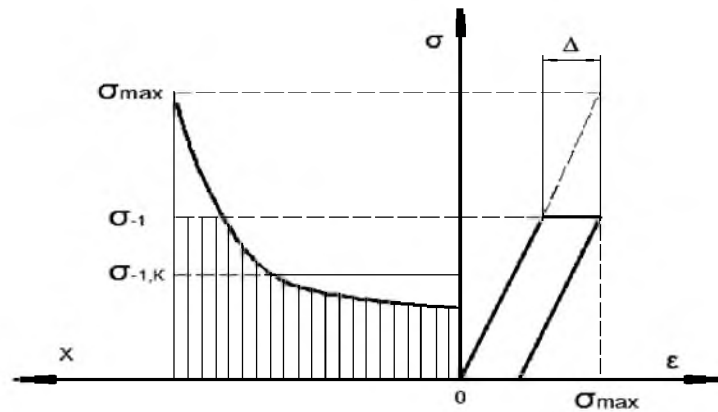
$$K_{ef} = K_{\sigma}^n \quad (4)$$

де n – показник степені, який представляє собою деяке постійне число.

Припускається, що для окремих типових деталей та вузлів (наприклад, для зразків з надрізами), а також для різних зварних з'єднань можна визначити цей показник степені шляхом обробки наявних експериментальних даних, враховуючи при цьому, що значення його будуть залежати не тільки від властивостей металу, але також від форми та розмірів самого зразку.

В роботах І.А. Одінга другий підхід до вибору основної характеристики, який можна використовувати в більш широких межах при розрахунках з урахуванням концентрації напружень.

Грунтуючись на уявленнях про циклічну в'язкість, І. А. Одінг в якості характеристики металу, визначає величину його місцевих пластичних деформацій, діючих на ділянках з концентрацією напружень, використовує значення ширини петлі гістерезису, та характеризує енергію, яка поглинається металом при циклічному навантаженні.



1а. Епюра розподілу напружень.

1б. Половина петлі гістерезису.

Рис. 1. Дослідження напружень в поперечному перерізі зразка з надрізами

На рис. 1, а представлена епюра розподілу напружень в поперечному перерізі зразка з надрізами, а на рис. 1, б – половина петлі гістерезису, одержаної при випробуванні гладкого зразка з того ж матеріалу, який прийнято тут із спрощеннями.

І. А. Одінгом прийнято, що петля гістерезису, одержана при напруженні, відповідає межі втоми при симетричному циклі. Дійсне найбільше напруження у надрізі буде рівне значенню σ_{-1} . Це визначає «зріз» піку епюри напружень в найбільш навантажених ділянках зразка, яке буде зв'язано також з деяким перерозподілом напружень в перерізі.

Прийняті при цьому залежності можна використати для визначення ефективного коефіцієнту концентрації напружень. Ефективний коефіцієнт концентрації напружень виразили у вигляді:

$$K_{ef} = \frac{K_{\sigma}}{1+\nu}, \quad (5)$$

де $\nu = \frac{\Delta E}{\sigma_{-1}}$ - циклічний коефіцієнт чутливості до надрізу.

В формулі (5) зв'язок між відповідними значеннями коефіцієнтів концентрації напружень виражається за допомогою коефіцієнту ν , який визначається тільки вихідними властивостями металу і не залежить від напруженого стану зразка.

Спрощення методики одержання експериментальних даних, необхідних для встановлення зв'язку між коефіцієнтами концентрації напружень, може бути досягнуто на основі урахуванні ступені підвищення міцностних властивостей металу у концентраторів напружень. Застосування подібної методики було прийнято в роботі Серенко А.М., в якій використовувались значення коефіцієнтів, характеризуючи ступінь підвищення меж текучості металу в районі надрізів плоских зразків:

$$\nu = \frac{\sigma'_T}{\sigma_T}, \quad (6)$$

де ν – коефіцієнт, який характеризує ступінь підвищення межі текучості металу в концентраторі;

σ'_T – межа текучості металу в районі концентратора (тобто, значення місцевих напружень в надрізі, яке відповідає початку появи місцевих пластичних деформацій);

σ_T – межа текучості того ж металу, який визначили на зразку без надрізу.

При цьому припускають, що при вібраційному навантаженні підвищення межі витривалості металу, розташованого в районі концентратора напружень порівняно з межею витривалості металу в зразку без концентратора напружень, буде відбуватися в такій же ступені, як це відмічалось, вже по відношенню межі текучості. Значення теоретичного коефіцієнту концентрації напружень звичайно визначається розрахунковим шляхом, але він може бути одержаний також і за результатами експерименту:

$$K_{\sigma} = \frac{\sigma'_T}{\sigma_{T,K}} \quad (7)$$

де $\sigma_{T,K}$ – середнє значення напружень в зразку з концентратором, який відповідає початку з'явлення місцевих пластичних деформацій в концентраторі.

Після відповідних перетворень, одержали:

$$K_{ef} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{-1,K}} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{T,K}} \quad (8)$$

Із формули (8) бачимо, що ефективний коефіцієнт концентрації напружень K_{ef} може бути одержаний не тільки за результатами вібраційних випробувань, а також і за результатами менш трудомістких і менш довготривалих випробувань, які проводять при статичному навантаженню.

Таким чином, методика, яка основана на урахуванні коефіцієнта ν , який характеризує зміну властивостей матеріалу в умовах, визначених особливостями зразків з концентраторами напружень, дозволяє значно спростити процес одержання необхідних для цього експериментальних даних.

Алексеева Л.В. запропонувала ефективний коефіцієнт концентрації напружень біля зварюваного шва розраховувати по формулі:

$$\beta_K = 1 + q_{\sigma}(\alpha_{\sigma-1}) \quad (9)$$

де q_{σ} – коефіцієнт, який характеризує чутливість матеріалу до концентрації напружень.

При виникненні втомних пошкоджень Лукашевич А.О. [1] по цій формулі розраховував значення концентратора напружень у біляшовній зоні, та внутрішні дефекти у зварних з'єднань несучих конструкцій залізничних локомотивів.

Стаканов В.І., аналізуючи результати наукових досліджень встановив, що в більшості випадків втомне навантаження знижує показники довговічності зварних з'єднань. Інженерні працівники повинні враховувати особливості роботи зварних з'єднань в умовах втомного навантаження, активно використовувати заходи підвищення втомної довговічності на етапі проектування та реалізації технологічного процесу виготовлення зварних конструкцій. Автор визначив залишкові напруження і їх вплив на довговічність трубопроводів в зоні кільцевих зварних з'єднань [2].

Коваль Віктор, асистент кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів (Київський політехнічний інститут) - на основі експериментальних даних довів, що оцінка міцності всієї конструкції, в першу чергу, базується на оцінці напружено-деформованого стану у найбільш небезпечних її зонах, якими виступають зони концентрації напружень та деформацій. Оскільки задача безпосереднього визначення величин напружень та деформації у зонах їх концентрації є досить складною, у більшості випадків використовуються інженерні методи, що дозволяють наближено визначити ці параметри. Проте, у розрахунках за цими методами використовується умовна діаграма деформування, що не враховує явище пошкоджуваності, яке виникає при пружно-пластичному деформуванні матеріалів. Це призводить до виникнення розрахункових неточностей при кінцевій оцінці максимальних значень напружень та деформацій в зонах їх концентрації.

Виклад основного матеріалу

В теперішній час не існує ще єдиної загальної методики, яка дозволяє розрахунковим шляхом проводити оцінку міцності конструкцій з урахуванням різних факторів, які впливають на неї істотно, в тому числі і з урахуванням концентрації напружень. Але спроби розв'язання цієї великої і важкої

проблеми привели вже до створення деяких окремих формул, які можуть бути використані в розрахунках для обчислювання впливу окремих факторів в межах, встановлених для цих формул часткових обмежень. Так, в машинобудуванні при розрахунку на міцність зустрічаються приклади застосування розрахункових методів для визначення характеристик міцності деталей машин, які мають різні концентратори напружень. Особливо небезпечна концентрація напружень для всіх матеріалів при дії навантажень, які визивають змінні та знакозмінні напруження. В зв'язку з цим за останні роки методика розрахунку конструкцій, які сприймають навантаження, була доповнена розрахунком на витривалість з урахуванням ефективних коефіцієнтів концентрації напружень, значення яких для деяких типів з'єднань даються в ряді технічних умов проектування. При роботі важкі механізовані мости ТММ-3М1 та їх елементи сприймають багатократно діючі, рухомі, вібраційні та змінні напруження з кількістю циклів навантаження 10^5 і більше, що можуть привести до явища втоми. Такі конструкції слід проектувати із застосуванням конструктивних рішень, що не викликають значної концентрації напружень, та перевіряти їх розрахунком на витривалість. Міцність зварних конструкцій в значній степені залежить від конструктивного оформлення їх з'єднань та вузлів. Наявність зміни форми, створених зварними з'єднаннями, вузлами, приводить до появи додаткових місцевих напружень, величина яких залежить від конструктивної форми спряжень окремих елементів і тому ці додаткові місцеві напруження можуть проявляти різний вплив на міцність зварних конструкцій. При проектуванні необхідно враховувати місцеві додаткові напруження при розрахунках на міцність. Недооцінка небезпеки можливого проявлення концентрації напружень в деяких випадках може привести до зниження міцності зварних конструкцій, але, з іншої сторони, переоцінка її значення та пред'явлення надмірних вимог по конструктивному оформленню окремих з'єднань вузлів може надмірно ускладнити процес їх виготовлення.

Для визначення коефіцієнта концентрації напружень у стиковому зварному з'єднанні можна прийняти розрахункову схему, як показано на рис.2 а,б.

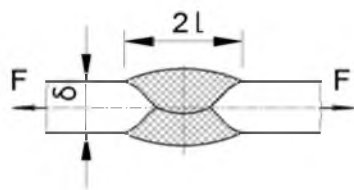


Рис. 2,а. Схема стикового зварного з'єднання.

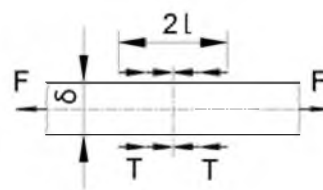


Рис. 2,б. Розрахункова схема зварного з'єднання.

Приймемо для розрахунку з'єднання встик листів з товщиною $\delta = 40$ мм з параметрами для шву СТЗ ДСТУ 2651-94 з індексом A_{ϕ} -С15, що відповідає двосторонньому шву, виготовленому автоматичним способом на флюсовій подушці. При визначенні коефіцієнту концентрації напружень впливом нормальних напружень в перерізах, які відокремлюють виступаючі частини шва, при їх малості, знехтуємо.

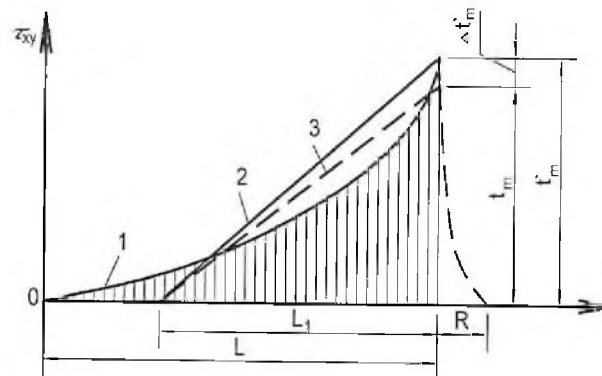


Рис.3. Епюра дотичних напружень в перерізі підшви стикового шва

Для спрощення наступного розрахунку замінимо криволінійну епюру дотичних напружень прямолінійною. Тоді для розрахунку місцевих напружень в зварному з'єднанні можна застосувати формулу:

$$\Delta\sigma = l_m \left[0,637 \left(\frac{l+R}{l} \ln \bar{x}_1 - 1 \right) + \frac{l+R}{l} (0,232\bar{x}_1^2 - 0,012\bar{x}_1^4) - \left(\frac{b}{l} \right) (0,155\bar{x}_1^3 - 0,009\bar{x}_1^5) - \frac{l}{2b} \right] \quad (10)$$

Значення місцевих напружень в зварному з'єднанні залежить від форми спряження поверхні шва і основного металу та може визначатися радіусом переходу цього спряження. Для оцінки впливу радіусу переходу прийемо при розрахунку декілька його значень, характерних для звичайних виробничих умов, $R = 0,5; 1,3$ мм. Місцеві напруження можуть бути прикладом визначення напружень в точці А, які виникають в ній від дії виступаючої частини шва, розташованої на протилежній кромці. Прийемо для цього випадку наступні значення розмірів шва $R = 1$ мм; $c = 3$ мм. Після підстановок, одержимо:

$$\frac{\Delta\sigma'}{\sigma} = \frac{4 \times 3 \times 40}{(40+6)(2 \times 8,45+1)} [1,12(0,308 \times 0,223 - 0,064 \times 0,051) - 2,36(0,205 \times 0,107 - 0,052 \times 0,024) - 0,1] = 0,049(11)$$

Результати розрахунків представлені на рис. 4.

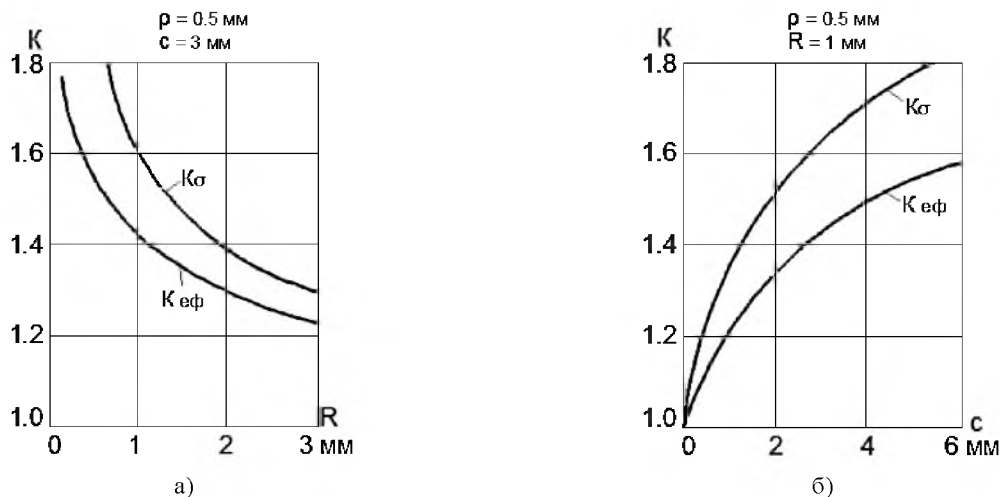


Рис. 4. а,б. Результати розрахунків.

З рис. 4,а,б видно, що зниження коефіцієнтів концентрації напружень у зварному стиковому з'єднанні, можна досягнути при збільшенні радіусу переходу та зменшенні висоти виступу шва.

Подібний же розрахунок можна використати для визначення ефективного коефіцієнту концентрації напружень. При цьому робота Серенко А.Н. ґрунтувалась на положеннях, прийнятих в теорії макронапружень.

Згідно цієї теорії, при розрахунку на міцність необхідно визначити напружений стан не для окремих математичних точок ділянок конструкції, як це прийнято в теорії пружності, а для макрооб'ємів матеріалу, для яких цей напружений стан характеризується деякими середніми значеннями напружень.

Лінійний розмір макрооб'ємів матеріалу (рівний радіусу сфери ρ), прийнятий в якості структурної характеристики даного матеріалу, визначається тільки його вихідними природними властивостями та не залежить від різниць напруженого стану, який створюється зовнішніми силами.

Якщо не ставити задачу повного та суворого застосування вказаної методики, яка в загальному випадку є ще достатньо складною, можна обмежитися задачею складення більш простих наближених рішень, застосування яких допустиме в окремих випадках. На даному етапі розвитку науки можна виділити наступні принципи проектування зварних конструкцій з метою підвищення втомної міцності та довговічності зварних конструкцій: проектування зварних з'єднань при мінімальній концентрації напружень, що досягається шляхом забезпечення плавних переходів від наплавленого

до основного металу; врахування термічного оброблення сталей, в результаті чого основний метал при змінних навантаженнях отримує значне зниження міцності в зоні відпуску, що характерно для сталей і кольорових металів; врахування залишкових напружень, які мають місце у зварному шві та зоні термічного впливу. В ряді випадків доцільно створювати залишкові напруження стиску в зоні термічного впливу з метою підвищення втомної міцності зварних з'єднань шляхом місцевого пластичного деформування виробу. Таким чином, аналізуючи результати наукових досліджень, встановлено, що в більшості випадків втомне навантаження знижує показники довговічності зварних з'єднань. Інженерні спеціалісти повинні враховувати особливості роботи зварних з'єднань в умовах втомного навантаження, активно використовувати заходи підвищення втомної довговічності [3].

Для визначення середніх значень місцевих додаткових напружень в найбільш небезпечних ділянках стикового з'єднання, можна застосувати формули при відповідному урахуванні значення структурної характеристики матеріалу ρ . В цьому випадку ці формули будуть мати такий вигляд:

$$\Delta\sigma = t_m \left[\frac{l+R+Q}{l} \left(0,64 \ln \frac{l+R+Q}{R+Q} - \bar{x}_1 + 0,23\bar{x}_1^2 - 0,01\bar{x}_1^4 \right) - \frac{b}{l} \left(0,64\bar{x}_1 - 0,5\bar{x}_1^2 + 0,16\bar{x}_1^3 - 0,01\bar{x}_1^5 \right) \right] \quad (12)$$

$$\Delta\sigma' = t'_m \left[\frac{l+R+Q}{l} \left(0,5\bar{x}_1 - 0,31\bar{x}_1^2 + 0,06\bar{x}_1^4 \right) - \frac{b}{l} \left(0,25\bar{x}_1^2 - 0,21\bar{x}_1^3 + 0,05\bar{x}_1^5 \right) \right] \quad (13)$$

Результати розрахунків значень K_{ef} приведені в наступній таблиці.

Таблиця 1

Результати розрахунків значень K_{ef}

с в, мм	R в, мм	l_1 , мм	$\frac{t_m}{\sigma}$	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$	$\frac{\Delta\sigma'}{\sigma}$	$\frac{\Delta\sigma''}{\sigma}$	K_{ef}	K'_{ef}
1	1	4,8	0,359	0,166	0,018	0,025	1,21	1,20
3	0,5	8,5	0,600	0,475	0,053	0,032	1,56	1,54
3	1	8,5	0,584	0,326	0,046	0,040	1,41	1,40
3	3	8,5	0,525	0,151	0,037	0,042	1,23	1,22
6	1	12,8	0,685	0,470	0,074	0,047	1,59	1,57

В таблиці вказані також приблизні значення коефіцієнтів концентрації напружень K'_{ef} , які обчислені без урахування додаткових напружень, та діють на дільниці переходу $\Delta\sigma''$, визначених по формулам (12) і (13) і при умові, що $t_m = t'_m$.

Порівняння значень K_{ef} і K'_{ef} свідчить про їх близьке співпадіння та показує, що прийняте при цьому спрощення, є цілком допустимим. Одержані значення коефіцієнтів концентрації напружень показують, що значення K_{ef} , як і слід чекати, є декілька меншим, ніж значення K_σ . Ця різниця між ними визначається значенням ρ .

Прийнятий метод урахування «середніх» місцевих напружень може бути використаний при розрахунковому визначенні значень ефективних коефіцієнтів концентрації напружень. Запропоновані формули дозволяють урахувати вплив форми та розмірів зварних з'єднань. Зміна властивостей металу біляшовної зони може бути ураховано вибором відповідної структурної характеристики матеріалу. Другі фактори, які впливають на міцність зварних з'єднань, можуть також бути ураховані відповідним розрахунком. Таким чином, запропоновані формули при додатковому урахуванні других факторів можуть знайти своє практичне застосування.

Експериментальна перевірка показала, що при значеннях висоти виступу шва c до ширини виступу шва $2l - 2l \frac{c}{2l} \leq 0,35$ точність запропонованих тут формул для розрахунку коефіцієнту концентрації напружень в зварних стикових з'єднаннях являється цілком допустимою.

Висновки

На даному етапі розвитку науки можна виділити наступні принципи проектування зварних конструкцій з метою підвищення втомної міцності та довговічності зварних конструкцій: - проектування зварних з'єднань при мінімальній концентрації напружень, що досягається шляхом забезпечення плавних переходів від наплавленого до основного металу; врахування термічного оброблення сталей в результаті чого основний метал при змінних навантаженнях отримує значне зниження міцності в зоні відпуску, що характерно як для сталей так і кольорових металів; врахування залишкових напружень, які мають місце в зварному шві та зоні термічного впливу. В ряді випадків доцільно створювати залишкові напруження стиску в зоні термічного впливу з метою підвищення втомної міцності зварних з'єднань, шляхом місцевого пластичного деформування виробу. Таким чином, аналізуючи результати наукових досліджень встановлено, що в більшості випадків втомне навантаження знижує показники довговічності зварних з'єднань. Інженерні працівники повинні враховувати особливості роботи зварних з'єднань в умовах втомного навантаження, активно використовувати заходи підвищення втомної довговічності на етапі проектування та реалізації технологічного процесу виготовлення зварних конструкцій.

Із приведених вище формул для коефіцієнтів концентрації напружень видно, що в різного роду тріщинах, вирізах, виточках, в місцях різкої зміни площі поперечного перерізу елемента конструкції, бажано замінити гострі виточки плавними кривими, тобто, збільшити радіус кривизни кінця тріщини або отвору. Це приводить до зниження концентрації напружень. Так, наприклад, для припинення розвитку тріщини в пластинах іноді на кінці тріщини висвердлюють круглий отвір. Чим більш високу міцність має сталь, тим вона більш чутлива до всякого роду надрізам і ушкодженням поверхні, тим більш культурної обробки вона потребує.

Запропоновані формули визначення ефективних коефіцієнтів концентрації напружень дозволяють урахувати форми і розмір зварних сполучень. Зміна властивостей металу біляшовної зони може бути ураховано вибором відповідної структурної характеристики матеріалу.

Список використаних джерел

1. Лукашевич А.О. Моніторинг втомних пошкоджень зварних з'єднань несучих конструкцій залізничних локомотивів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук.: спец. 05.02.09 "Динаміка та міцність машин" / Лукашевич Андрій Олександрович; Інститут проблем міцності імені Г.С.Писаренка. – К., 2017. – 27с.
2. Стаканов В. И. О расчете коэффициента концентрации напряжений в стыковых сварных соединениях / В. И. Стаканов, В. И. Костылев, Ю. И. Рыбин // Автоматическая сварка Международнй научно-технический и производственный. журн. – 1987. – № 11 (416). – С. 19–24.
3. ДБН В 2.6-198: 2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. Мінрегіон України. Київ, 2014 р.- С.198.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ В ТЯЖЕЛОМ МЕХАНИЗИРОВАННОМ МОСТУ (ТММ-3) ПРИ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Н.П. Исмаилова, Г.А. Кушнарева, Т.М. Могилянец, Т.В. Рабочая

Основные формулы для определения напряжений при растяжении, кручении и изгибе справедливы только в том случае, когда сечение отстоит на достаточном расстоянии от мест резкого изменения формы тела (выточек, отверстий и т. д.). В точках вблизи мест приложения сосредоточенных сил, около выточек, у краёв отверстий, в местах резкого изменения формы тела, у надрезов и трещин, не могут быть найдены напряжения с помощью элементарной теории. В таких местах наблюдается явление резкого увеличения напряжений, которое называется концентрацией напряжений. Это приводит к тому, что основные

положения по номинальным напряжениям в некоторых случаях не отвечают условиям действительной работы конструкции. Поэтому такие расчеты считаются недостаточными и возникает необходимость учета влияния на прочность концентрации напряжений.

Ключевые слова: концентрация напряжений, сварные соединения, механизированные мосты, коэффициент концентратора напряжений.

RESEARCH OF CONCENTRATION OF TENSIONS IN THE HEAVY MECHANIZED BRIDGE (TMM- 3) DURING HIS EXPLOITATION

N. Ismailova, G. Kushnareva, T. Mohylianets, T.Rabocha

Basic formulas for determination of tensions at tension, twisting and bend are just only in that case, when a section is on sufficient distance from the places of dramatic change of form of body (recesses, opening etc.). In points near-by the places of appendix of the concentrated forces, near recesses, at the edges of opening, in the places of dramatic change of form of body, at incisions and cracks, tensions cannot be found by means of elementary theory. In such places there is the phenomenon of sharp increase of tensions that is named the concentration of tensions. It results in that substantive provisions on nominal tensions on occasion do not answer the terms of actual work of construction. Therefore such calculations come to light insufficient and there is a necessity of account of influence on durability of concentration of tensions.

Keywords: *concentration of tensions, weld-fabricated connections, mechanized bridges, coefficient of concentrator of tensions.*