

УДК 624.072.002.2

Несуча здатність стиснених стержнів із спарених прокатних кутиків з урахуванням впливу залишкового напруженого стану, що виникає після нагрівання крайок

Кисіль О.А.

Вінницький національний технічний університет, Україна

Анотація. Розроблена методика розрахунку стиснених елементів із спарених кутиків з урахуванням впливу залишкових напружень і після регулювання залишкового напруженого стану. Методика базується на фізичних передумовах і припущеннях, що традиційно використовуються при розв'язуванні такого роду задач.

Аннотация. Разработана методика расчета сжатых элементов из спаренных уголков с учетом влияния остаточных напряжений и после регулирования остаточного напряженного состояния. Методика базируется на физических предположениях и допущениях, традиционно используемых при решении такого рода задач.

Abstract. The method of calculation of the compressed elements is developed from the coupled angles taking into account influence of residual stresses and after adjusting of the residual stresses state. A method is based on physical pre-conditions and assumptions, traditionally in-use at a decision such of tasks.

Ключові слова: залишкові напруження, стиснений елемент таврового перерізу, прокатні кутики, стійкість.

Вступ. Постановка проблеми. Одним із чинників, що впливають на властивості елементів конструкції, розглядаються напруження, які залишаються в конструктивних елементах після прокату або виготовлення і відомі як залишкові напруження (ЗН).

Вивчення проблеми, що викладена в роботах [1, 2], свідчить про необхідність продовження досліджень залишкового напруженого стану (ЗНС), що виникає в елементах сталевих конструкцій після виготовлення та регулювання, і його впливу на стійкість. Регулювання ЗНС шляхом наплавлення валиків по всій довжині елемента достатньо широко вивчено, особливо для елементів двотаврового профілю. Раніше було встановлено, що наплавлення валиків по всій довжині елемента двотаврового профілю сприяє підвищенню стійкості до 40 % за рахунок регулювання ЗНС. Для елементів із кутикових профілів регулювання ЗНС необхідно виконувати в місцях приварювання з'єднувальних пластин, оскільки в цих частинах елементів виникають стискальні залишкові напруження [3, 4].

Експериментальне вивчення ЗНС після регулювання шляхом наплавлення валиків на частини довжини і його впливу на стійкість виконані для елементів таврового (з парних кутиків) профілю. С.В. Козлов обґрунтував

доцільність такого способу регулювання ЗНС у складених перерізах таврового, хрестового профілю, а також для стержнів із поодиноких кутиків. Такий спосіб економічний і дозволяє сконцентрувати теплові впливи на обмеженій площі перерізу. Але після регулювання ЗНС залишається валик наплавленого металу, який не завжди підвищує естетику виробу. Очікується отримання позитивного результату щодо збільшення несучої здатності стиснених стержнів і після прогрівання крайок полицок до температури вище за критичну A_{C3} .

Мета роботи. Розроблення методики визначення несучої здатності стиснених елементів із прокатних кутиків з урахуванням впливу залишкового напруженого стану.

Основна частина. При виготовленні в елементах зварних металевих конструкцій виникає залишковий напружений стан (ЗНС). Наведені в роботах Г.О. Ніколаєва, В.О. Вінокурова, О.І. Голоднова та інших дослідників дані свідчать про неоднозначний вплив ЗНС на стійкість стиснених елементів.

Після наплавлення холостих валиків по крайках кутика в перерізі виникає складний напружено-деформований стан (НДС). Ідеалізований вигляд ЗНС наведений на рис. 1.

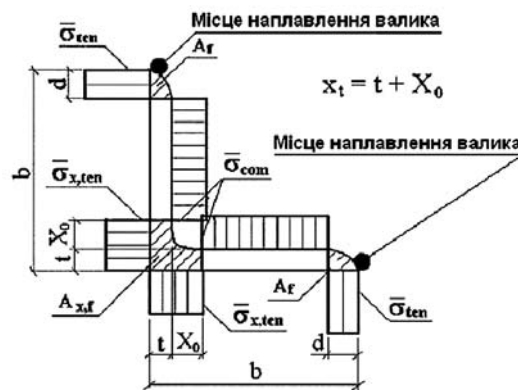


Рис. 1. Ідеалізований вигляд ЗНС, що виникає в кутиках після наплавлення валиків по крайках

Дещо інший вигляд має ЗНС після приварювання з'єднувальних пластин (рис. 2). Поява на крайках кутиків стискальних напружень після приварювання пластин спричинює перехід матеріалу в пластичний стан на більш ранній стадії навантаження, ніж у всьому елементі, завдяки чому стиснений елемент втрачає несучу здатність через місцеву втрату стійкості (рис. 3).

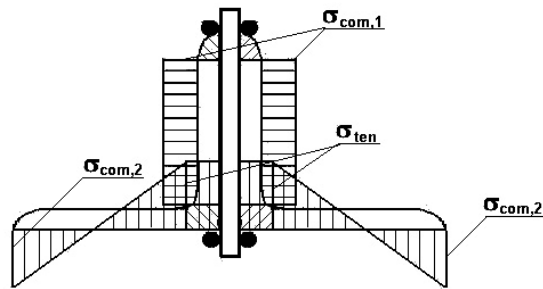


Рис. 2. Ідеалізований вигляд ЗНС, який виникає в кутиках після приварювання з'єднувальних пластин



Рис. 3. Втрата місцевої стійкості полочки кутика в місці приварювання з'єднувальної пластини

Запобігти такому явищу можна за рахунок наплавлення валиків по крайках або прогрівання крайок до температури вищої за критичну A_{C3} . Після цього в елементі виникне ЗНС, який сприятиме підвищенню несучої здатності (рис. 4).

Розрахунок таких елементів можливий згідно з загальними правилами будівельної механіки і методиками, які рекомендовані державними будівельними нормами [5, 6] з урахуванням специфіки ЗНС. У першому наближенні можна використати пропозиції В.М. Небилова, С.В. Козлова, О.І. Голоднова [7, 8].

Тоді загальний алгоритм розрахунку стиснених елементів таврового перетину із парних кутиків з урахуванням впливу ЗНС може бути записаний у такому вигляді.

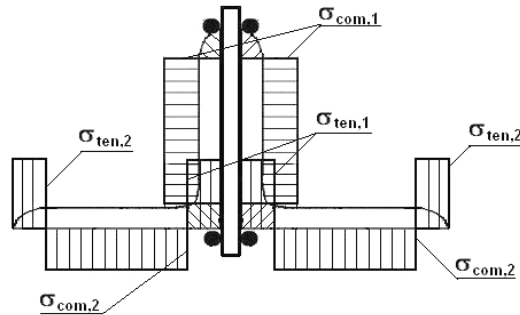


Рис. 4. Ідеалізований вигляд ЗНС, який виникає в кутиках після приварювання з'єднувальних пластин і прогрівання крайок до температури вищої за критичну A_{C3}

1. Визначають ЗНС в перетинах кутиків після наплавлення валиків або прогрівання крайок. Обчислюють розміри зон залишкових розтягувальних напружень (ЗРН) та залишкових стискальних напружень за відомими методиками, наприклад, [2].
2. Обчислюють величину умовної гнучкості стисненого елемента з урахуванням наявності ЗСН на крайках за формулою

$$\bar{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{\frac{(R_y - \bar{\sigma}_{com})}{E}}, \quad (1)$$

де λ – гнучкість елемента.

3. Знаходять коефіцієнт подовжнього вигину φ за формулами (8)–(10) [5].
4. Визначають несучу здатність стисненого елемента з урахуванням наявності ЗСН за формулою

$$P_U = \varphi \cdot (R_y - \sigma_{com,2}) \cdot A, \quad (2)$$

де A – загальна площа перерізу елемента з кутиків.

Несучу здатність стисненого елемента після регулювання ЗНС можна визначити за загальними правилами розрахунку, приймаючи в формулі (2) величину $\sigma_{com,2}$ такою, що дорівнює нулю. Таке припущення піде в запас міцності.

Розрахунки за запропонованим алгоритмом дозволяють отримати рішення з достатньою для практичних цілей точністю.

Запропонований алгоритм розрахунку та вигляди ЗНС, які виникають під час виготовлення та регулювання в елементах з кутиків шляхом прогрівання крайок, необхідно перевірити експериментально. Вищевикладене визначило постановку наступних задач експериментальних досліджень:

1. Провести дослідження ЗНС, який виникає в елементах із парних кутиків, при виготовленні (після приварювання з'єднувальних пластин).
2. Провести дослідження ЗНС, який виникає в елементах із парних кутиків, після регулювання шляхом прогрівання крайок полицок до різних температур (в зоні приварювання з'єднувальних пластин).
3. Провести випробування стержнів зі спарених кутиків різної гнучкості, що мають однаковий ЗНС, на стиск.
4. Провести порівняльні випробування стержнів у стані постачання (після виготовлення) і після регулювання шляхом прогрівання крайок до різних температур.
5. Після випробувань першого етапу для стержнів у стані постачання виконати підсилення шляхом прогрівання крайок. Після цього провести додаткові випробування стержнів.

З метою вивчення ЗНС у стані постачання і після регулювання шляхом прогрівання крайок передбачається проведення випробувань декількох серій спеціально сконструйованих зразків із різними параметрами температурних впливів, що дозволить визначити оптимальну (в нашому випадку найменшу) температуру розігрівання.

У ході проведення експериментальних досліджень стиснених елементів різної гнучкості планується отримати додатковий експериментальний матеріал стосовно впливу ЗНС на стійкість і доцільність такого виду регулювання.

На останньому етапі досліджень планується проведення випробувань вже випробуваних стержнів у стані постачання (без регулювання ЗНС), підсилених шляхом прогріву крайок полиць кутиків. Це дозволить дійти висновку щодо доцільності такого способу підсилення конструкцій, що експлуатуються.

Випробування всіх зразків будуть виконані при однакових схемах прикладання зовнішнього навантаження за рахунок використання однакових опорних пристосувань.

Література

- [1] Голоднов А.И. О необходимости учета остаточных напряжений при проектировании металлических конструкций // Метал. конструкции: взгляд в прошлое и будущее: Сб. докл. VIII Украинской науч.-техн. конф. – Ч. 1. – К.: Изд-во «Сталь», 2004. – С. 314 – 323.
- [2] Голоднов А.И. Регулирование остаточных напряжений в сварных двутавровых колоннах и балках. – К.: Изд-во «Сталь», 2008. – 150 с.
- [3] Козлов С.В., Иванов А.П., Голоднов А.И. Экспериментальные исследования сжатых элементов из уголков после наплавки сварных швов // Метал. конструкции: взгляд в прошлое и будущее: Сб. докл. VIII Украинской науч.-техн. конф. – Ч. 1. – К.: Изд-во «Сталь», 2004. – С. 554 – 560.
- [4] Голоднов А.И., Козлов С.В. Распределение остаточных напряжений в сечениях прокатных уголков при предварительном напряжении локальными термическими воздействиями на кромках // Вісник Придніпровської державної академії будівництва і архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБтаА, 2003. – № 10 – 11. – С. 37 – 41.
- [5] СНиП II-23-81*. Стальные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 96 с.
- [6] ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування / Мінбуд України. – К.: Мінбуд України, 2006. – 359 с.
- [7] Небылов В.М. Учет сварочных напряжений при расчете элементов конструкций на устойчивость // Автомат. сварка. – 1961. – № 2. – С. 3-14.
- [8] Козлов С.В. Підвищення стійкості стиснутих елементів ферм з куткових профілів локальними термічними впливами: Автореф. дис. к.т.н: 05.23.01 / НДІБК. – К.:, 2004. – 20 с.

Надійшла до редколегії 24.06.2009 р.