

11. RILEM TC 162-TDF, Testanddesignmethodsforsteel fibrereinforcedconcrete: sigma-epsilon-design method. Bagnoux: RILEM, 2003.

**Мазурак А., Ковалик І., Михайлечко В., Андрушків О. Аналіз підсилених залізобетонних елементів за несучою здатністю похилих перерізів за різними методиками**

Описані теоретико-експериментальні дослідження та здійснено аналіз оцінки різних методик розрахунку залізобетонних елементів за несучою здатністю похилих перерізів.

**Ключові слова:** несуча здатність, похилий переріз, підсилена залізобетонна балка.

**Mazurak A., Kovalik J., Myhaylechko V., Andrushkiv O. Analysis of reinforced concrete elements for the bearing capacity of sloping sections by different method**

Described theoretical and experimental research and analysis of different assessment methods of reinforced concrete elements for the bearing capacity of sloping sections.

**Key words:** bearing capacity, advanced-section reinforced concrete beam.

**Мазурак А., Ковалык І., Михайлечко В., Андрушків О. Анализ усиленных железобетонных элементов за несущей способностью наклонных сечений за разными методиками**

Описаны теоретико-экспериментальные исследования и сделан анализ оценки разных методик расчета железобетонных элементов за несущей способностью наклонных сечений.

**Ключевые слова:** несущая способность, наклонное сечение, усиленная железобетонная балка.

*Стаття надійшла 02.06.2017.*

УДК 620.172.24

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЛОКАЛЬНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ НА РОБОТУ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ**

*І. Добрянський, д. т. н., Л. Добрянська, к. е. н., А. Грицевич,  
старший викладач, В. Мацук, магістр  
Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** У проектуванні зварних конструкцій і розробці технології їх виготовлення треба приділяти значну увагу способам запобігання або усунення зварювальних деформацій і напружень. Одним із важливих напрямків розвитку зварного виробництва є підвищення надійності зварних конструкцій, але під час виготовлення зварних з'єднань виникають концентратори напружень, які

призводять до появи дефектів зварного шва. Нині встановлені досить жорсткі норми на допустимі дефекти, розміри яких найчастіше обрані як мінімально можливі, а технологія зменшення концентраторів напруження під час зварювання описана недостатньо.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Методи визначення залишкових напружень поділяють на розрахункові та експериментальні. Зважаючи на складність явищ та процесів, що відбуваються під час зварювання, єдиного розрахункового методу визначення напружень нині немає. Можна лише відзначити: що менше припущень введено в розрахункові передумови, то складніша техніка виконання самих розрахунків.

Основні завдання з визначення поздовжніх напружень базуються на відомих припущеннях і гіпотезах, які не завжди дають змогу отримати результат, який підтверджується експериментами [1; 2; 4].

Істотні уточнення розрахункових методів зі застосуванням для рішень на ЕОМ математичного апарату теорії пружності і пластичності подані в монографії [3]. Однак істотна трудомісткість і складність цих розрахунків є суттєвою перешкодою для їх практичного використання.

**Постановка завдання.** В основу принципів можливостей зниження або усунення зварювальних деформацій і напружень можуть бути покладені три шляхи, що враховують фізичну сутність процесів, які відбуваються під час зварювання:

1. Зниження величини пластичної деформації скорочення або ширини зони її поширення за нагрівання регулюванням термічного впливу під час зварювання, зменшення енергії, введення попереднього підігріву, докладання зусиль під час зварювання.

2. Збільшення пластичних деформацій подовження або у процесі локального охолодження зварного шва, або після зварювання прокаткою, проковкою, розтягуванням.

3. Компенсація деформацій створенням попередніх деформацій, зворотних за знаком зварювання, раціональною послідовністю складання і зварювання.

**Виклад основного матеріалу.** Перебіг тимчасових температурних деформацій залежить здебільшого від тепловіддачі в повітря. Не враховуючи тепловіддачі, наприклад, під час моделювання деформацій за електрошлакового зварювання, можна отримати великі похибки. Температурне поле у пластині з урахуванням тепловіддачі за сталого процесу зварювання описують рівнянням:

$$T = \frac{q}{2\pi\lambda R} e^{-\frac{v_c x}{2a}} K_0 \sqrt{\left(\frac{v_c r}{2a}\right)^2 + \frac{br^2}{a}} \quad (1)$$

Для дотримання рівності температур у точках моделі і натуральної деталі необхідно, крім виконання умов  $\left(\frac{q}{2\pi\lambda R}\right)_H = \left(\frac{q}{(2\pi\lambda R)}\right)_M$ ,

$\left(\frac{VcR}{2a}\right)_H = \left(\frac{VcR}{2a}\right)_M$ , виконати умову:

$$\left(\frac{br^2}{a}\right)_H = \left(\frac{br^2}{a}\right)_M \quad (2)$$

Якщо врахувати, що

$$b = \frac{2\alpha_T}{c\gamma\delta}, \frac{r_H}{r_M} = \frac{x_H}{x_M} = \frac{y_H}{y_M} = \alpha_l, \quad (3)$$

то умову (2) за однакової кількості коефіцієнтів тепловіддачі  $\sigma_T$  натуральної деталі і моделі можна подати у вигляді:

$$\frac{\delta_H}{\delta_M} = \alpha_l^2 \quad (4)$$

за зміни лінійних розмірів пластин в  $\alpha_l$  разів її товщина зміниться в  $\alpha_l^2$ . Потужність джерел зварювання змінюється пропорційно зміні товщини:

$$\frac{q_n}{q_M} = \alpha_l^2 \quad (5)$$

Металеві з'єднання МЗ 3-1, МЗ 3-2 зварювали на експериментальному охолоджувачі (рис. 1 а), а з'єднання МЗ 4-1, МЗ 4-2 на металевій станині. Зразок був закріплений максимально близько до зварного шва, що надавало зварним деталям додаткової жорсткості під час зварювання (рис. 1 б).

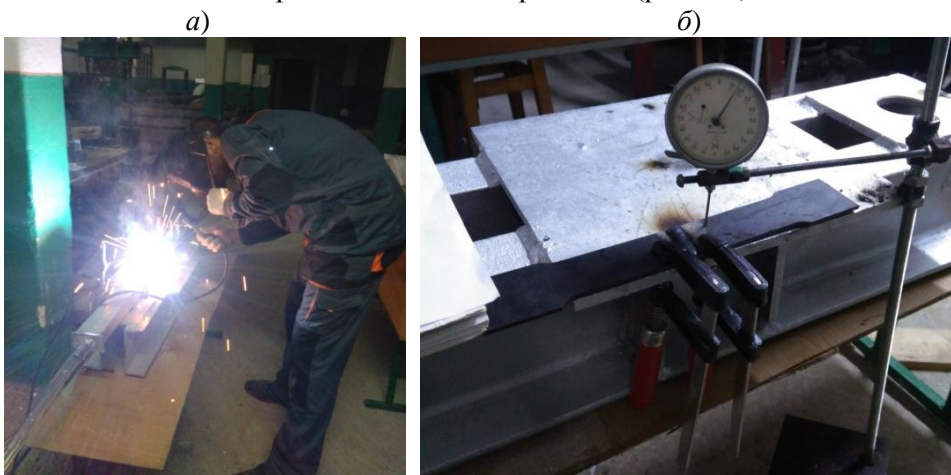


Рис. 1. Зварювання дослідного зразка на охолоджувачі (а). Заміри деформацій у зразку МЗ 4-1 (б)

За результатами експериментальних досліджень були побудовані графіки деформацій зразків (рис. 2) та несучої здатності (рис. 3).  
Деформації у часі

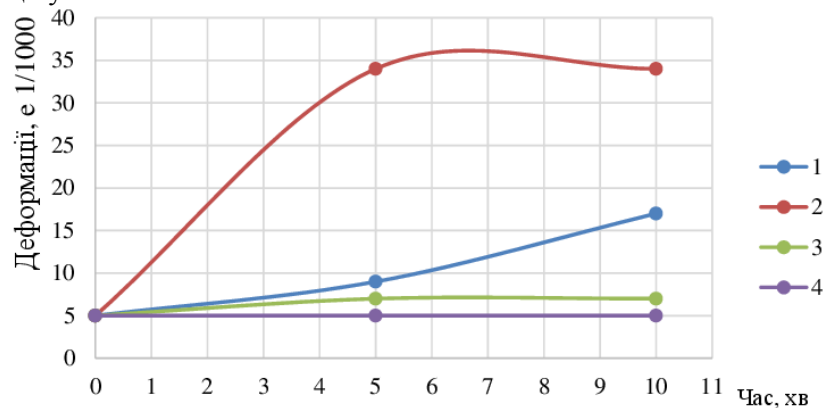


Рис. 2. Графік деформацій зварного з'єднання в часі:  
1 – дослідний зразок МЗ 1-1; 2 – дослідний зразок МЗ 2-1; 3 – дослідний зразок МЗ 3-1; 4 – дослідний зразок МЗ 4-1

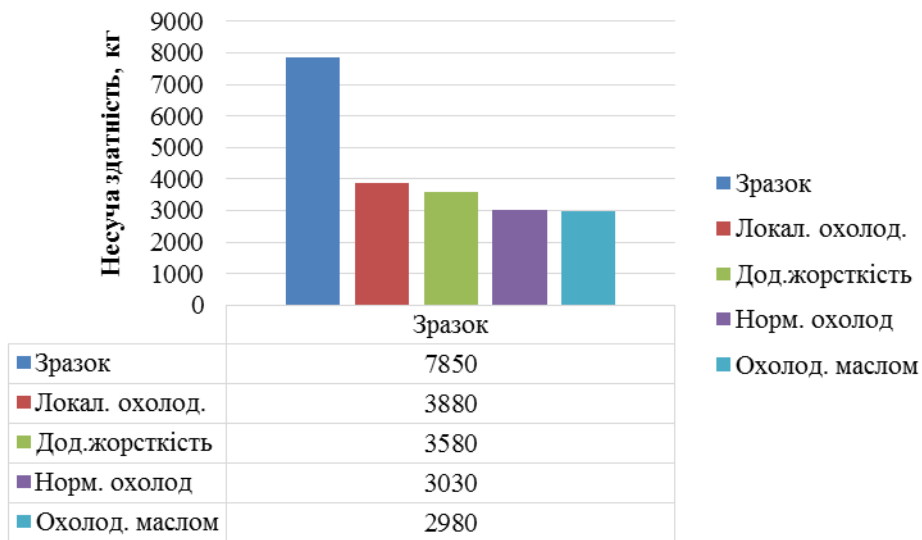


Рис. 3. Несуча здатність дослідних зразків

**Висновки.** Дані експериментальних досліджень дають підстави для висновку, що дослідний зразок, який виконувався на експериментальному охолоджувачі разом з дослідним зразком, якому надавали додаткової жорсткості, має найменші залишкові деформації та напруження.

Під час випробовування на розривній машині зварне з'єднання, виконане за цією технологією, має найбільшу несучу здатність, що становить приблизно на 20% більше від розрахункового.

#### **Бібліографічний список**

1. Гуменюк І. В. Обладнання і технологія газозварювальних робіт / І. В. Гуменюк. – К. : Грамота, 2005. – 272с.
2. Зварювання й різання матеріалів : навч. посіб. / Козаков Ю. В. та ін. – К., 2004. – 417 с.
3. Стеклов О. І. Основи зварювального виробництва / І. О. Стеклов. – К. : Вища школа, 1990. – 221 с.
4. Технологія металів і зварювання : підручник для вузів / за ред. П. І. Полухіна. – М. : Вища школа, 1977. – 464 с.

#### **Добрянський І., Добрянська Л., Грицевич А., Мацик В. Дослідження впливу локального охолодження на роботу зварних з'єднань**

Проведені дослідження дослідних зразків зварних з'єднань, які виготовлялися за різною технологією зварювання та визначалася несуча здатність з'єднань. Розглянуто методику локального охолодження та проведено теоретичні розрахунки напружено-деформованого стану зварних з'єднань із порівнянням даних отриманих теоретичним і експериментальним шляхами.

Розроблено експериментальний охолоджуючий пристрій.

**Ключові слова:** температура напруження, пружні деформації, пластичні деформації, зусилля, металева балка.

#### **Dobryanskyj I., Dobryanska L., Grycevych A., Macyk V. Investigation of the effect of local cooling on the work of welded joints**

The research prototypes welds are made with different technologies of welding and determined bearing capacity connections. The method of local cooling and performed theoretical calculations of stress-strain state of welded joints of comparing the data received theoretical and experimental way.

Experimental cooling device developed.

**Key words:** temperature of stress, elastic deformation, plastic deformation, effort, steel beam.

#### **Добрянский И., Добрянская Л., Грицевыч А., Мацык В. Исследование влияния локального охлаждения на работу сварных соединений**

Проведенные исследования опытных образцов сварных соединений, которые изготавливались по разной технологии сварки и определялась несущая способность соединений. Рассмотрена методика локального охлаждения и проведены теоретические расчеты напряженно-деформированного состояния сварных соединений с сравнением данных, полученных теоретическим и экспериментальным путем. Разработано экспериментальное охлаждающее устройство.

**Ключевые слова:** температура напряжения, упругие деформации, пластические деформации, усилия, металлическая балка.

*Стаття надійшла 28.08.2017.*