

УДК 624.012.26

ТЕПЛОВА ЗВАРЮВАЛЬНІСТЬ АРМАТУРИ КЛАСУ А500С

ТЕПЛОВАЯ СВАРИВАЕМОСТЬ АРМАТУРЫ КЛАССА А500С

TERMAL WELDABILITY OF REINFORCEMENT GRADE A500C

Клімов Ю.А. д.т.н., проф. (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ)

Климов Ю.А, д.т.н, проф. (Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев)

Klymov Y.A., doctor of technical sciences, professor, (Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv)

Наведені результати експериментальних досліджень теплової зварювальності арматури класу А500С.

Приведены результаты экспериментальных исследований тепловой свариваемости арматуры класса А500С.

The experimental results of thermal weldability of reinforcement grade F500C are given.

Ключові слова:

Зварювальність, арматура, вуглецевий еквівалент, міцнісні і деформативні характеристики.

Свариваемость, арматура, углеродный эквивалент, прочностные и деформативные характеристики.

Weldability, reinforcement, carbon equivalent, strength and deformation characteristics.

Стан питання та мета досліджень. На протязі майже 20 останніх років термомеханічнозміцнена арматура класу А500С ДСТУ 3760:2006 [1] використовується у якості основної арматури для залізобетонних конструкцій будівель і споруд в Україні. Разом з тим, досліджень зварювальності цієї арматури за цей час не проводилось, а обмеження і рекомендації щодо виконання зварних з'єднань арматури класу А500С свого часу [2] були прийняті на підставі досліджень зварювальності арматури класів Ат-IIIС і Ат-IVС.

Зважаючи на те, що марки сталі арматури А500С і Ат-ШС і Ат-IVС відрізняються між собою, а зварні з'єднання з арматурою класу А500С продовжують використовуватися в будівництві, нагальною потребою є дослідження зварювальності арматури класу А500С. Мета даної роботи є експериментальні дослідження теплової зварювальності арматури класу А500С за ДСТУ 3760:2006.

Методика досліджень. Проведені дослідження теплової зварювальності арматури класу А500С включали в себе статистичну оцінку хімічного складу і вуглецевого еквіваленту для сталі марки СтЗпс, яка застосується для виготовлення арматури класу А500С діаметрів 8, 10, 12, 14 і 16 мм, визначення значень вуглецевого еквіваленту зразків і експериментальні дослідження теплової зварювальності арматури. Дослідження теплової зварювальності включали в себе визначення впливу швидкісного електронагріву, що відповідає швидкостям нагріву та охолодження на повітрі при контактних методах зварювання, на механічні властивості арматури, а саме тимчасовий опір, локальну границю текучості в зоні нагріву, відносні подовження після розриву, характер руйнування і відношення тимчасового опору до границі текучості. Для проведення випробувань була прийнята арматура діаметром 14 мм класу А500С, а якості варійованих факторів приймалися вуглецевий еквівалент і температура нагріву.

Нагрів зразків арматури здійснювався на стиковій машині МС-1202 (ступінь трансформатора 1) на ділянці довжиною 60 мм. Температура нагріву зразків вимірювалась оптичним пірометром "Raynger MX" фірми "Nfvscon", США, який призначений для вимірювання температур поверхонь безконтактним способом з точністю до 1⁰С. Крім того температура нагріву вимірювалась хромель-алюмелевою термопарою, що була з'єднана з мілівольтметром зі шкалою вимірювань mV/t⁰С.

Випробування зразків арматури на розтяг проводилося за ГОСТ 12004-81 [3].

Результати досліджень. Оскільки одним з основних критеріїв зварювальності арматури являється значення вуглецевого еквіваленту, проведенню експериментальних досліджень передувала статистична оцінка хімічного складу і значень вуглецевого еквіваленту для арматури діаметром 8, 10,12, 14 і 16 мм арматури класу А500С зі сталі марки СтЗпс.

Генеральна сукупність включала в себе 33175 аналізів хімічного складу арматури промислового виробництва зазначених вище діаметрів.

Статистична обробка виконувалась для значення вуглецевого еквіваленту і вмісту основних хімічних елементів – вуглецю та марганцю. Значення вуглецевого еквіваленту визначалось за формулою (2) ДСТУ 3760:2006 [1].

Статистична обробка виконувалась для кожного діаметру арматури окремо і в цілому для всієї виборки і включала в себе визначення максимальних, мінімальних і середніх значень зазначених характеристик, відповідних середньоквадратичних відхилень і коефіцієнтів варіації, побудову гістограм і функцій розподілу.

Основні результати статистичної обробки, які відносяться до вуглецевого еквіваленту, наведені у таблиці 1 і на рис.1.

Результати статистичної оцінки значень вуглецевого еквіваленту

d , мм	Кількість шт.	Вуглецевий еквівалент (C_e)				
		C_e^{\max} , %	C_e^{\min} , %	\bar{C}_e , %	S , %	V
8	1292	0,382	0,250	0,309	0,019	0,062
10	4340	0,389	0,242	0,311	0,020	0,064
12	17991	0,391	0,240	0,313	0,021	0,066
14	4158	0,404	0,270	0,314	0,020	0,065
16	5394	0,399	0,259	0,313	0,020	0,064

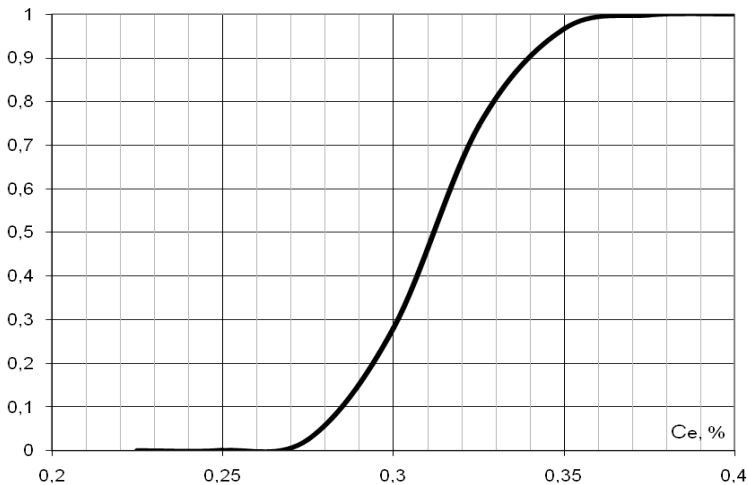


Рис.1 Функція розподілу вуглецевого еквіваленту для сталі марки СтЗпс арматури класу А500С діаметрів 8, 10, 12, 14 і 16 мм

З аналізу результатів статистичної обробки (див. табл.1), випливає, що з позицій вуглецевого еквіваленту, сталь марки СтЗпс, яка застосовується при виготовленні арматури класу А500С діаметрів від 8 до 16 мм має стабільний хімічний склад. При цьому максимальні значення вуглецевого еквіваленту складають 0,382-0,404%, мінімальні - 0,242-0,270%, середні - 0,309-0,314% при коефіцієнтах варіації у діапазоні 0,062-0,066. Аналогічна картина з точки зору стабільності хімічного складу сталі була зафіксована і стосовно вмісту вуглецю, марганцю і кремнію.

На основі виконаного статистичного аналізу, для проведення експериментальних досліджень теплової зварювальності були прийняті зразки арматури класу А500С

діаметром 14 мм з двох партій промислового виробництва зі значеннями вуглецевого еквіваленту на нижній - 0,245% (серія 1) і верхній 0,346% (серія 2) границях марочного складу сталі. Прийняті значення вуглецевого еквіваленту характеризували усю вибірку (див.рис.1) – менше мінімального значення мало місце у менш ніж 1%, а більше максимального – у 3% вибірки.

Програма досліджень передбачала випробування на розтяг за ГОСТ 12004-81 [3] по 6 зразків арматури першої і другої серій у вихідному стані і по 50 зразків арматури кожної з серій після нагріву в режимі опору на стиковій машині МС-1202 до температур від 400⁰С до 1000⁰С з визначенням значень границі текучості, тимчасового опору, відносного подовження після розриву і побудовою діаграм стану арматури (залежності $\sigma - \varepsilon$).

В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено таке.

У вихідному стані механічні характеристики арматури серії 1 і серії 2 мали близькі значення, а саме середні значення по 6 випробуваним зразкам для 1-ої і 2-ої серій відповідно складала – границя текучості - σ_T - 596,8 і 598,8 МПа,

тимчасовий опір - σ_B - 688,2 і 686,1 МПа, відносне подовження після розриву δ_5 - 21,9 і 21,5 %.

При підвищенні температури нагріву механічні властивості арматури з вуглецевим еквівалентом $C_e = 0,245\%$ і $C_e = 0,346\%$ змінюються у відповідності з загальною закономірністю (рис.2, рис.3), яка може бути представлена трьома характерними ділянками.

В межах першої ділянки з збільшення температур нагріву до 500 -520⁰ С значення границі текучості (див. рис.2) і тимчасового опору (див. рис.3) арматури у порівнянні з вихідним станом практично не змінюються, а руйнування більшості зразків проходить поза зоною нагріву.

На другій ділянці – при температурах нагріву у межах 520-650⁰ С має місце значне падіння значень границі текучості і тимчасового опору. Так, значення границі текучості для арматури з вуглецем еквівалентом $C_e = 0,245\%$ падає з 560-580 МПа до 330-360 МПа, а арматури з вуглецевим еквівалентом $C_e = 0,346\%$ відповідно з 560-580 МПа - до 380-400 МПа (див.рис.2). Руйнування зразків при цьому відбувається у зоні нагріву.

На третій ділянці - в межах температур нагріву від 650⁰ С до 1000⁰ С руйнування зразків відбувається у зоні нагріву і має місце певна стабілізація значень границі текучості і тимчасового опору арматури до рівня значень, які відповідають значенням границі текучості і тимчасового опору арматури зі сталі марки Ст3пс у вихідному стані до термомеханічного зміцнення (див. рис.2, 3).

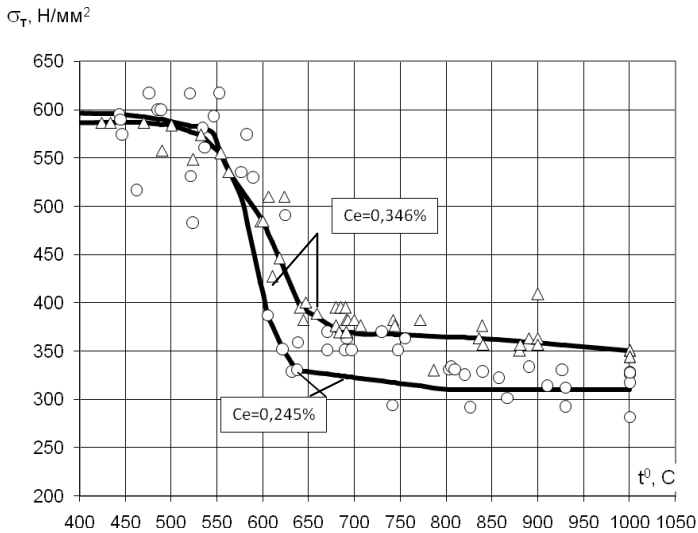


Рис.2 Залежність границі текучості від температури нагріву та вуглецевого еквіваленту

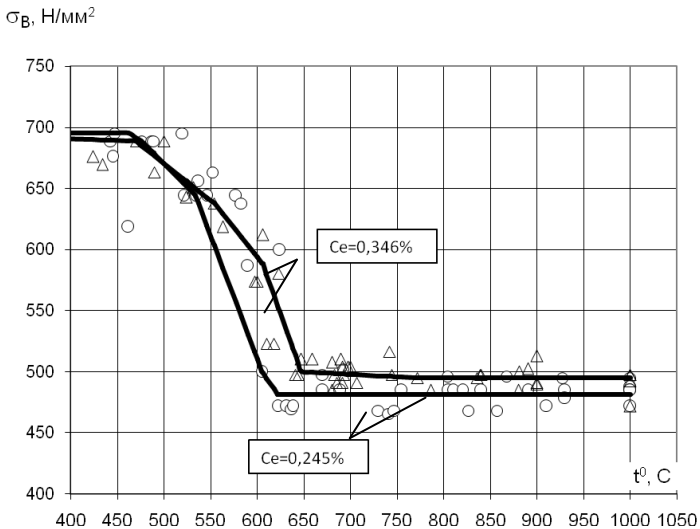


Рис.3 Залежність тимчасового опору від температури нагріву та вуглецевого еквіваленту

За даними проведених експериментальних досліджень підвищення температури нагріву арматури призводить до збільшення значень відносного подовженні при розриві і відношення тимчасового опору до границі текучості.

Так, у вихідному стані відношення тимчасово опору до границі текучості $\sigma_B / \sigma_T = 1,13-1,15$, при температурі нагріву 600^0 C - $\sigma_B / \sigma_T = 1,18-1,34$, а при температурі нагріву 1000^0 C - $\sigma_B / \sigma_T = 1,37-1,52$.

Висновки

1. Сталь марки СтЗпс, яка застосовується при промисловому виробництві арматури класу А500С діаметрів від 8 до 16 мм має стабільний хімічний склад, як з позицій вмісту вуглецю, марганцю і кремнію, так і значень вуглецевого еквіваленту, максимальні значення якого складають 0,382-0,404%, мінімальні - 0,242-0,270%, середні - 0,309-0,314% при коефіцієнтах варіації у діапазоні 0,062-0,066.

2. В результаті експериментальних досліджень теплової зварювальності арматури класу А500С зі сталі СтЗпс, яка відповідає швидкостям нагріву та охолодження на повітрі при контактних методах зварювання, встановлений вплив температури нагріву на механічні характеристики арматури, а саме (див.рис.2, рис.3): при температурах нагріву до $500-520^0 \text{ C}$ значення границі текучості і тимчасового опору арматури у порівнянні з вихідним станом практично не змінюються; при температурах нагріву у межах $520-650^0 \text{ C}$ має місце значне падіння значень границі текучості і тимчасового опору майже до рівня значень, які відповідають значенням границі текучості і тимчасового опору арматури зі сталі марки СтЗпс у вихідному стані до термомеханічного зміцнення; при температурах нагріву від 650^0 C до 1000^0 C значення границі текучості і тимчасового опору не змінюються, лишаючись на рівні відповідних значень для сталі марки СтЗпс до термомеханічного зміцнення.

3. При призначенні типів зварних з'єднань, які можуть застосовуватися для арматури класу А500С діаметрами 8, 10, 12, 14 і 16 мм зі сталі марки СтЗпс, слід керуватися положенням, що температура нагріву арматури не повинна перевищувати 500^0 C .

1. ДСТУ 3760:2006 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. ДЕРЖСПОЖИВСТАНАРТ України. К:2007, С.28. 2. Рекомендации по применению арматурного проката по ДСТУ 3760-98 при проектировании и изготовлении железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры. Госстрой Украины, Технический комитет по стандартизации "Арматура для железобетонных конструкций". К:2002, С.39. 3. ГОСТ 12004-81. Межгосударственный стандарт. Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение. Стандартинформ. М:2009, С.12