

МІЦНІСТЬ СТИКОВОГО КОНТАКТНОГО ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ АРМАТУРИ КЛАСУ А500С

Юлій КЛІМОВ¹, Ігор Бойко²

^{1,2} Київський національний університет будівництва і архітектури
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037
yuliiklymov@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-4275-7058>
boyko.ip@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-6841-0271>

Анотація. В роботі наведені результати експериментальних досліджень міцності стикового контактеного зварного з'єднання типу С1-Ко з термомеханічнозмцненої арматури класу А500С.

Експериментальні дослідження включали в себе випробування на розтяг двох серій зразків арматури, кожна з яких включала в себе зразки арматури у вихідному стані і з стиковим контактним зварним з'єднанням типу С1-Ко.

Перша серія включала в себе арматуру Ø12А500С, Ø14А500С, Ø16А500С зі сталі марки СтЗпс і Ø18А500С, Ø20А500С, Ø22А500С зі сталі марки СтЗГпс. Всього було випробувано 278 зразків зварних з'єднань. Друга серія включала зразки зварного з'єднання С1-Ко з решти номенклатури діаметрів і марок сталі арматури класу А500С, а саме Ø16А500С зі сталі марки СтЗпс, Ø20А500С, Ø22А500С зі сталі марки СтЗГпс і Ø25А500С, Ø28А500С, Ø32А500С зі сталі марки 25Г2С. Для кожного з діаметрів було випробувано по 6 зразків у вихідному стані і 6 зразків зварних з'єднань С1-Ко.

Встановлено, що руйнування стикового контактеного з'єднання типу С1-Ко термомеханічнозмцненої арматури класу А500С всіх діаметрів, від 12 до 32 мм, і марок сталі відбувається в зоні термічного впливу і носить пластичний характер.

Отримані експериментальні дані щодо міцності стикового контактеного зварного з'єднання типу С1-Ко арматури класу А500С для всієї номенклатури діаметрів і марок сталі, що виробляються в Україні.



Юлій КЛІМОВ
професор кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій,
д.т.н., професор



Ігор Бойко
завідувач кафедри геотехніки
д.т.н., професор

Встановлено, що найбільший ступінь розміщення в межах 19-20% має місце при діаметрах арматури 12...16 мм зі сталі марки СтЗпс, при діаметрах арматури 18...22 мм зі сталі марки СтЗГпс розміщення складало 15-17%, а при діаметрах 25...32 мм зі сталі марки 25Г2С – 2,5...8%

Ключові слова. Термомеханічнозмцнена арматура; клас А500С; стикове контакте зварне з'єднання; міцність.

ВСТУП

Застосування зварних з'єднань арматури з нормованою міцністю є одним з визначальних факторів при прийнятті конструктивних рішень при проектуванні збірних і монолітних залізобетонних конструкцій. Зварні з'єднання застосовуються при проектуванні арматурних сіток і каркасів (хрестопо-

дібний тип), з'єднанні стержнів поздовжньої арматури в конструкціях, а також стижах збірних виробів між собою (нахльостаний і стиковий типи), проектуванні закладних виробів (тавровий тип). Протягом останнього двадцятиріччя основною арматурою для залізобетонних конструкцій в Україні є термомеханічнозміцнена арматура класу А500С за [1]. За позначенням арматура А500С вважається зварювальною, хоча насправді такою не є, оскільки не всі існуючі зварні з'єднання можуть виконуватися з такою арматурою. Тому, більш вірно, називати арматуру класу А500С за [1] обмежено зварювальною.

Застосування зварних з'єднань арматури залізобетонних конструкцій в Україні регламентується нормативними документами [2] і [3], в першому з яких наводяться типи зварних з'єднань арматури і закладних виробів, а у другому – технічні вимоги, методи випробувань і правила приймання зварних з'єднань. Разом з тим, у жодному з цих документів немає посилання на арматуру класу А500С. Тому, вже на протязі вже більше 20 років зварювання арматури класу А500С, який є основним в Україні, проводиться без будь-якого нормативного забезпечення під відповідальність проектувальників і виконавців робіт. При цьому, мають місце випадки прийняття необґрунтованих рішень в плані застосування типів зварних з'єднань і правил їх контролю, що у кінцевому випадку, призводить до зниження надійності і експлуатаційної придатності будівель і споруд.

Єдиним документом, де наводяться положення щодо зварювання арматури класу А500С є Рекомендації [4], які не є нормативним документом і орієнтовані на стандарт на арматуру, який після розробки [4] пережив дві нових редакції.

В світлі вищенаведеного, проведення будь-яких досліджень міцності зварних з'єднань арматури класу А500С є вкрай необхідною задачею, хоча б для більш обґрунтованого прийняття рішень при проектуванні конструкцій до розробки відповідних нормативних документів.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Арматура класу А500С за [1] є термомеханічнозміцненою, особливістю якої є різна міцність шарів у поперечному перерізі. Так, зовнішній шар, що формується внаслідок закалювання при охолодженні водою у процесі виготовлення з 900 C^0 до $400\text{-}500\text{ C}^0$, має більшу міцність, а внутрішнє ядро, що формується внаслідок самовідпуску в умовах близьких до ізотермічних – меншу міцність, наближену до міцності сталі у вихідному стані. При цьому, міцність арматурного стержню визначається інтегральною міцністю зовнішнього шару і внутрішнього ядра.

Співвідношення між розміром зовнішнього шару і внутрішнього ядра зі збільшенням діаметру арматурного стержня зменшується, що вимагає, для забезпечення нормованого значення міцності, збільшувати міцність сталі у вихідному стані. Так, для діаметрів 8-16 мм застосовується сталь марки СтЗпс, 18-22 мм – сталь марки ЗГпс, а для діаметрів 25-32 – сталь марки 25Г2С [4].

Дослідженнями структури, фізико-механічних властивостей і зварюваності арматури класу А500С присвячені роботи [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12] та інші.

Як показали проведені дослідження, неоднорідність структури, внаслідок особливості виробництва, зменшує кількість типів зварних з'єднань, які можуть бути застосовані для термомеханічнозміцненої арматури класу А500С, а для решти типів з'єднань вимагає виконання спеціальних рекомендацій при зварюванні.

Це пов'язано з впливом температури нагріву стержня при виконанні того, чи іншого типу зварного з'єднання на міцність, в першу чергу, зовнішнього шару, який після нагріву при зварюванні без подальшого охолодження, втрачає свою міцність майже до рівня вихідного стану. Для вирішення цієї проблеми, свого часу навіть існували спеціальні технічні умови, які передбачали охолодження водою з'єднання після виконання зварювання.

В результаті експериментальних досліджень теплової зварюваності арматури класу А500С діаметрів від 8 до 16 мм зі сталі марки СтЗпс [13], було встановлено, що при температурі нагріву від 650 C^0 і більше має місце значне падіння тимчасового опору і межі текучості арматури майже до значень відповідних характеристик у вихідному стані, тобто повній втраті ефекту від термомеханічного зміцнення. Тому, при призначенні типів зварних з'єднань термомеханічнозміцненої арматури класу А500С слід керуватися значеннями температури нагріву стержню при зварюванні і маркою сталі, яка визначає міцність арматури у вихідному стані.

Стикове контактне зварне з'єднання арматури типу С1-Ко за [2] застосовуються у заводських умовах, а останнім часом і в умовах будівельного майданчика [7], для з'єднання арматурних стержнів при їх заготовці для подальшої безвідходної різки, а також для застосування залишків арматури, що особливо важливо для сучасного монолітного будівництва, де залишки арматури у вертикальних несучих елементах (колонах, пілонах) при довжині стержнів 12,0м і їх розрізці на поверхні сягають 20-25%.

Незважаючи на важливість проблеми, як с технологічної, так економічної точки зору, цілеспрямованих експериментальних досліджень міцності стикового контактного з'єднання термомеханічнозміцненої арматури класу А500С до теперішнього часу не проводилось, що унеможливило розробку рекомендацій з обґрунтованого застосування таких з'єднань на практиці.

Об'єкт дослідження –міцність стикового контактного зварного з'єднання типу С1-Ко за [2] термомеханічнозміцненої арматури класу А500С за [1].

Метою роботи є встановлення характеру руйнування, міцності стикового контактного зварного з'єднання типу С1-Ко за [2] термомеханічнозміцненої арматури класу А500С номенклатури діаметрів марок сталі, що виробляються за [2].

Задачі дослідження:

- експериментально встановити характер руйнування стикового контактного

зварного з'єднання типу С1-Ко за [2] термомеханічнозміцненої арматури класу А500С ;

- отримати експериментальні дані щодо міцності стикового контактного зварного з'єднання типу С1-Ко за [2] термомеханічнозміцненої арматури класу А500С номенклатури діаметрів і марок сталі, що виробляються за [2];

- оцінити розміщення арматури класу А500С у стиковому контактному зварному з'єднанні типу С1-Ко.

Предмет дослідження.

Експериментальні дослідження включали в себе випробування на розтяг за [14] двох серій зразків арматури, кожна з яких включала в себе зразки арматури у вихідному стані і з стиковим контактним зварним з'єднанням типу С1-Ко.

Перша серія включала в себе арматуру $\text{Ø}12\text{A}500\text{C}$, $\text{Ø}14\text{A}500\text{C}$, $\text{Ø}16\text{A}500\text{C}$ зі сталі марки СтЗпс і $\text{Ø}18\text{A}500\text{C}$, $\text{Ø}20\text{A}500\text{C}$, $\text{Ø}22\text{A}500\text{C}$ зі сталі марки СтЗГпс, де слід очікувати найбільшого розміщення у зварному з'єднанні типу С1-Ко. Зразки відбиралися з різних плавок і включали в себе по 6 зразків для випробування у вихідному стані і по 10 -15 зразків зварних з'єднань. Всього було випробувано 278 зразків зварних з'єднань.

Випробування зразків другої серії мало на меті оцінити міцність стикового контактного зварного з'єднання С1-Ко арматури класу А500С для всієї номенклатури марок сталі при відповідних діаметрах, а саме $\text{Ø}16\text{A}500\text{C}$ зі сталі марки СтЗпс, $\text{Ø}20\text{A}500\text{C}$, $\text{Ø}22\text{A}500\text{C}$ зі сталі марки СтЗГпс і $\text{Ø}25\text{A}500\text{C}$, $\text{Ø}28\text{A}500\text{C}$, $\text{Ø}32\text{A}500\text{C}$ зі сталі марки 25Г2С. Для кожного з діаметрів випробувалося по 6 зразків у вихідному стані і 6 зразків зварних з'єднань типу С1-Ко.

Стикові зварні з'єднання виконувалися на машині МСО-606 способом безперервного оплавлення без попереднього підігріву. Довжина, що встановлюється приймалося у межах $(0,6-1,0)d$, довжина оплавлення - $(0,3-0,5)d$, діаметр ґрата – не менше $1,2d$.

Температура нагріву стержнів при зварюванні вимірювалася оптичним пірометром "Raynger MX" і на ділянці, що примикає до лінії сплавлення складала $780\text{ C}^0 \dots 870\text{ C}^0$. а на відстані 10 і 30 мм від лінії сплавлення – відповідно $415\text{ C}^0 \dots 570\text{ C}^0$ і $360\text{ C}^0 \dots 398\text{ C}^0$.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Результати випробувань зразків арматури першої і другої серії у вихідному стані наведені відповідно у таблиці 1 і таблиці 2 (σ_T - межа текучості, σ_B - тимчасовий опір).

Руйнування всіх дослідних зразків зварних з'єднань першої і другої серії відбувалося у зоні термічного впливу і носило пластичний характер (рис.1).

Табл. 1. Механічні характеристики зразків арматури першої серії у вихідному стані
Table 1 Mechanical characteristics of reinforcement samples of the first series in the initial state

№ п/п	Діаметр, мм	Марка сталі	Кількість зразків, шт.	σ_T , Н/мм ²			σ_B , Н/мм ²		
				максим.	мінім.	серед.	максим.	мінім.	серед.
1	12	Ст3пс	9	734,3	566,2	660,1	831,6	663,5	758,9
2	14		27	698,7	552,5	628,0	818,9	649,9	738,2
3	16		18	711,6	572,3	629,2	841,0	666,8	752,5
4	18	Ст3Гпс	9	648,7	554,4	595,5	825,7	692,0	739,8
5	20		12	678,3	557,3	604,5	812,1	649,7	738,0
6	22		9	668,5	613,3	636,9	768,5	708,0	740,7

Табл. 2. Механічні характеристики зразків арматури другої серії у вихідному стані
Table 2. Mechanical characteristics of reinforcement samples of the second series in the initial state

№ п/п	Діаметр, мм	Марка сталі	Кількість зразків, шт.	σ_T , Н/мм ²			σ_B , Н/мм ²		
				максим.	мінім.	серед.	максим.	мінім.	серед.
1	16	Ст3пс	6	610,2	605,3	608,6	722,5	712,7	719,2
2	20	Ст3Гпс	6	609,2	546,7	570,0	737,3	671,7	701,6
3	22	Ст3Гпс	6	653,2	580,9	612,8	743,6	689,4	718,1
4	25	25Г2С	6	539,9	505,9	518,1	683,8	639,8	663,6
5	28	25Г2С	6	542,0	542,0	542,0	685,4	669,5	677,4
6	2	25Г2С	6	524,8	506,5	516,6	652,9	634,6	640,7

Ø32A500C



Ø28A500C



Ø25A500C



Ø20A500C



Ø16A500C



Рис. 1. Характер руйнування стикового зварного з'єднання типу С1-Ко арматури класу А500С
Fig. 1. The nature of the failure of the butt weld type C1-Ko of reinforcement class A500C

Результати проведених випробувань зразків зварних з'єднань типу С1-Ко першої серії наведено в таблиці 3, 4 і на рис.2-5 у вигляді:

- залежності межі текучості і тимчасового опору у вихідному стані від діаметру арматури (рис.2) ;
- залежності максимальних, середніх і мінімальних значень міцності арматури у

вихідному стані і стикових зварних з'єднань типу С1-Ко від діаметру арматури (рис.3);

- співставлення міцності (тимчасового опору арматури) у вихідному стані і міцності стикових зварних з'єднань типу С1-Ко для всіх зразків серії (рис.4);
- залежності середніх значень розміщення арматури класу А500С у стикових

зварних з'єднань типу С1-Ко від діаметру арматури (рис.5).

Табл. 3. Результати випробувань зразків стикових зварних з'єднань типу С1-Ко першої серії
Table 3. Test results of samples of butt welds of type C1-Ko of the first series

№ п/п	Діаметр, мм	Марка сталі	Кількість зразків, шт.	Межа міцності зварного з'єднання σ_{C1-Ko} , Н/мм ²		
				максим.	мінім.	серед.
1	12	СтЗпс	25	663,5	521,9	573,7
2	14		108	698,7	513,5	604,9
3	16		75	661,8	522,5	586,9
4	18	СтЗГпс	15	727,4	585,8	622,1
5	20		40	710,2	541,4	627,7
6	22		15	694,8	597,5	632,8

Табл. 4. Порівняння міцності стикових зварних з'єднань типу С1-Ко і міцності арматури у вихідному стані зразків першої серії

Table 4. Comparison of the strength of butt welds of type C1-Ko and the strength of reinforcement the initial state of the samples of the first series

№ п/п	Діаметр, мм	Марка сталі	Кількість зразків, шт..	σ_{C1-Ko}/σ_B			σ_{C1-Ko}/σ_B за маркою сталі	σ_{C1-Ko}/σ_B за вибіркою
				максим.	мінім.	серед.		
1	12	СтЗпс	25	0,892	0,672	0,758	0,799	0,810
2	14		108	0,935	0,681	0,820		
3	16		75	0,917	0,693	0,781		
4	18	СтЗГпс	15	0,912	0,729	0,842	0,853	
5	20		40	0,957	0,725	0,852		
6	22		15	0,930	0,801	0,855		

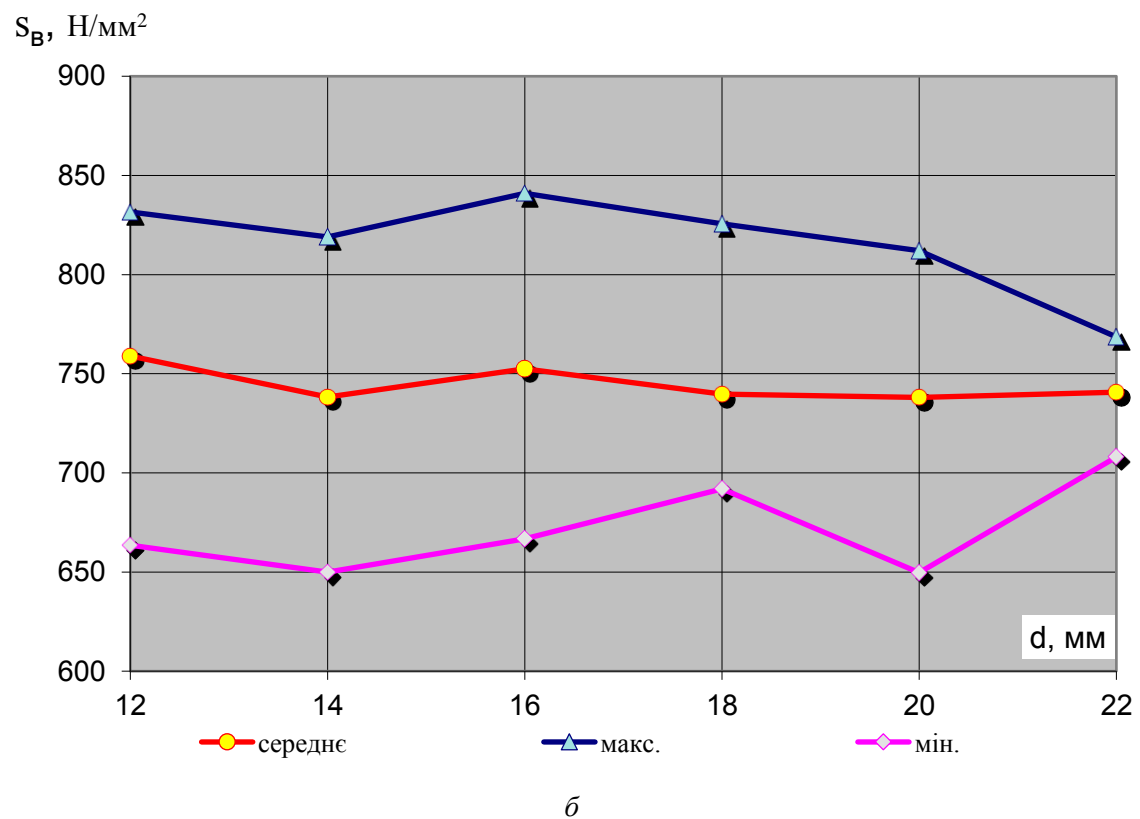
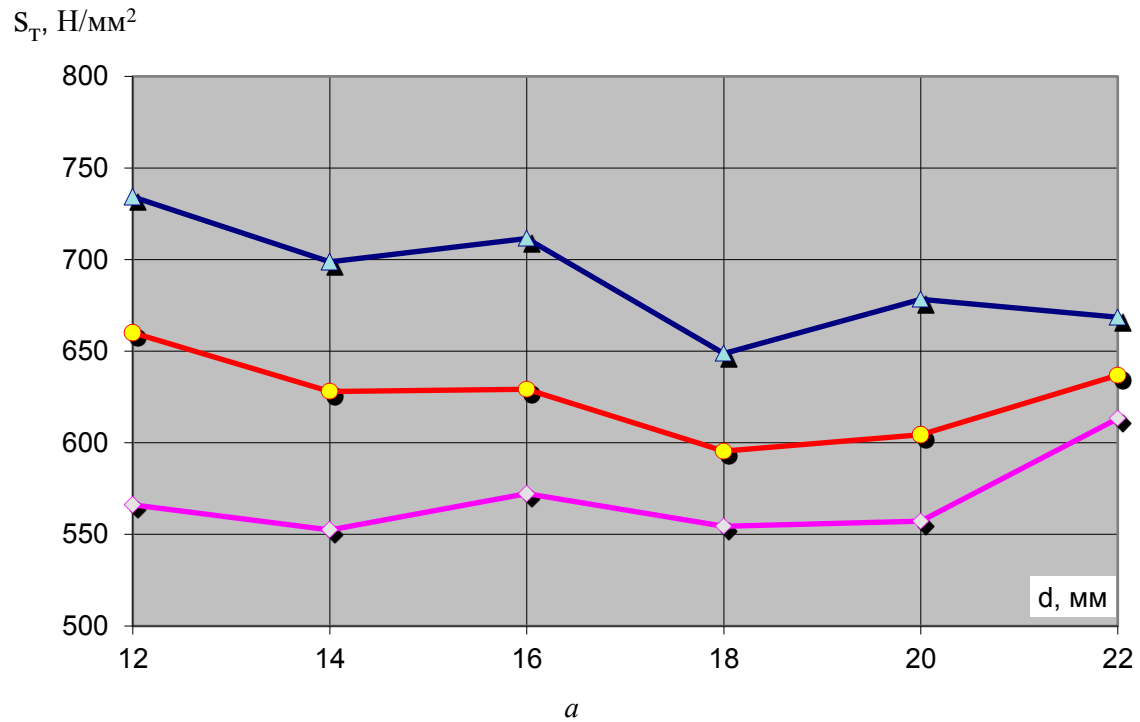
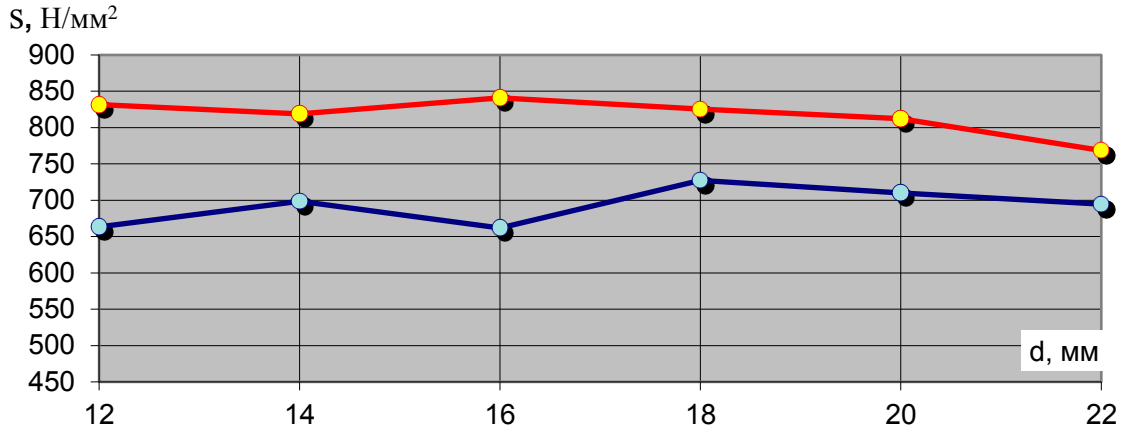
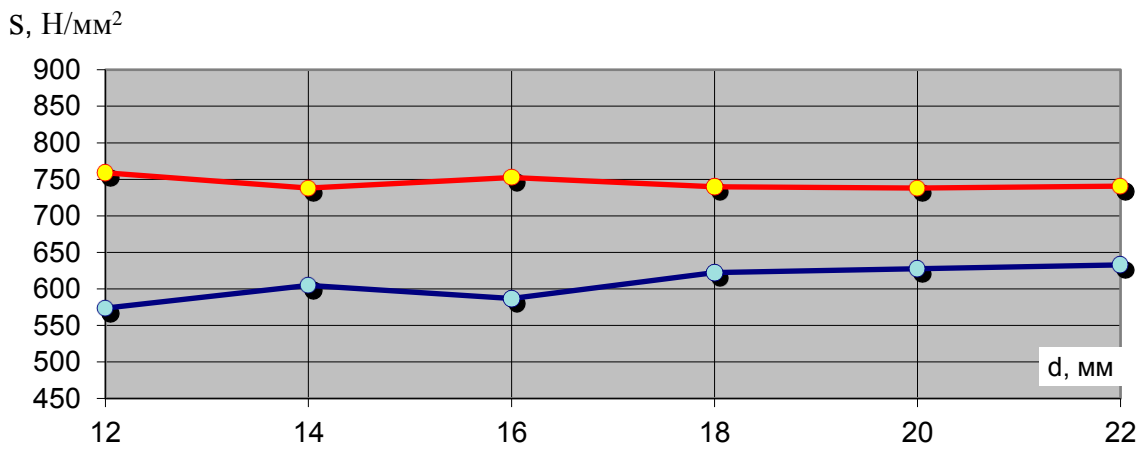


Рис.2 Максимальні, мінімальні і середні значення межі текучості (а) і тимчасового опору (б) зразків першої серії в залежності від діаметру.

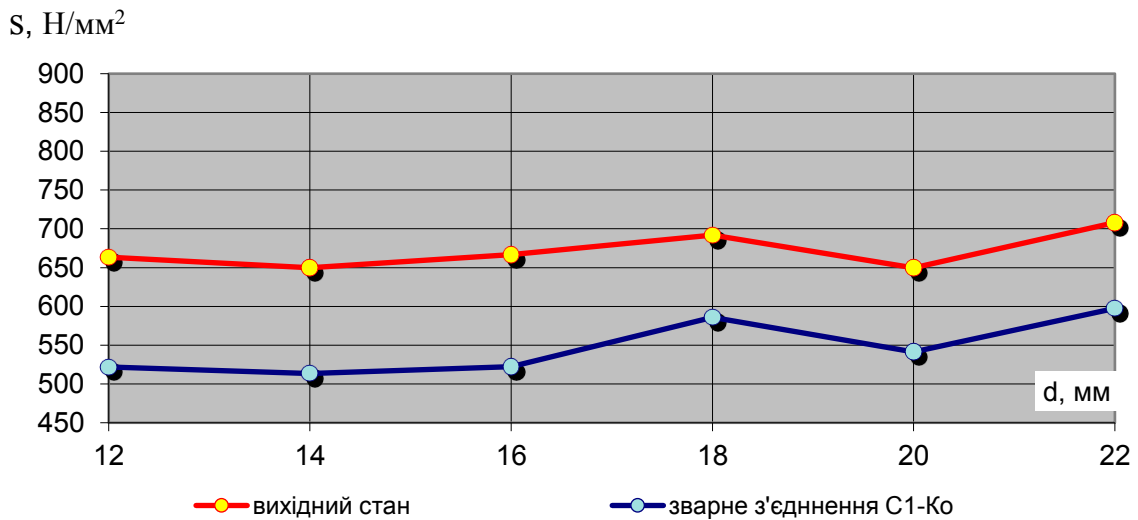
Fig.2 Maximum, minimum and average values of yield strength (a) and temporary resistance (b) of the samples of the first series depending on the diameter.



a



б



в

Рис.3 Максимальні (а), середні (б) і мінімальні (в) значення міцності арматури у вихідному стані і міцності стикового зварного з'єднання типу C1-Ko.

Fig.3 Maximum (a), average (b) and minimum (c) values of the strength of the reinforcement in the initial state and the strength of the butt weld type C1-Ko

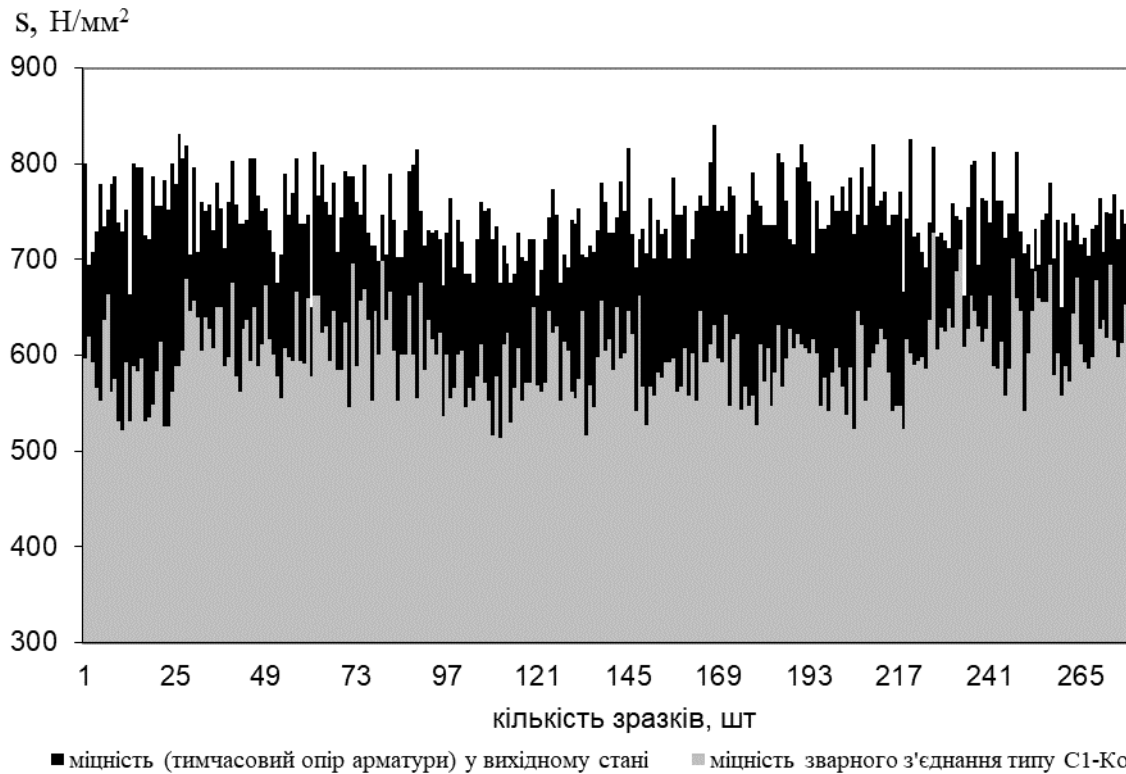


Рис. 4 Співставлення міцності (тимчасового опору) арматури у вихідному стані і міцності стикового зварного з'єднання типу C1-Ko зразків першої серії.

Fig. 4 Comparison of the strength (temporary resistance) of the reinforcement in the initial state and the strength of the butt weld type C1-Ko samples of the first series

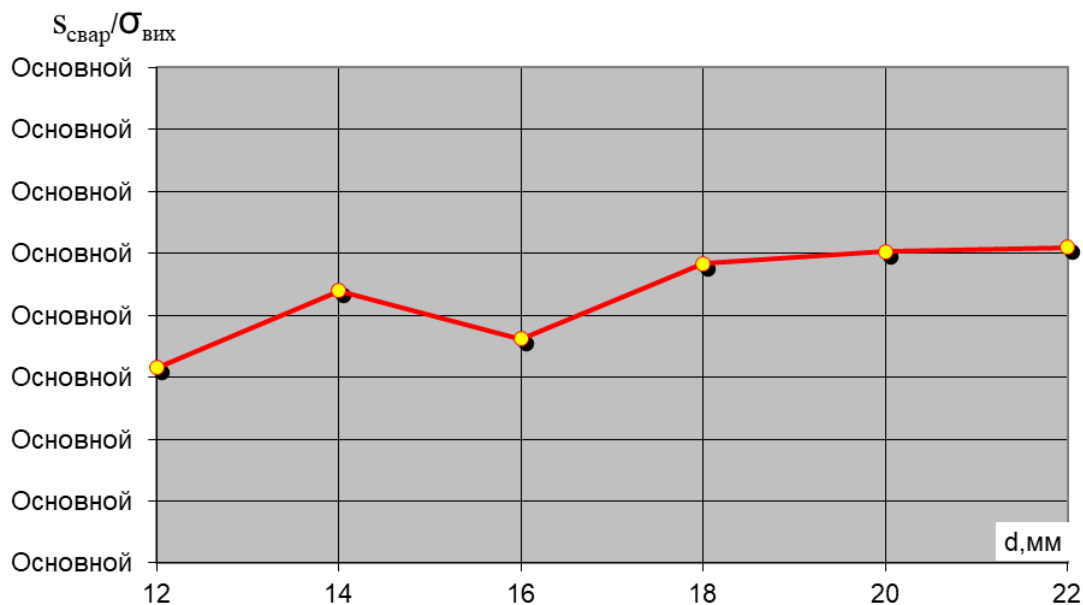


Рис.5 Середні значення розміцнення стикового зварного з'єднання типу C1-Ko в залежності від діаметру зразків першої серії.

Fig.5 The average values of the softening of the butt weld type C1-Ko depending on the diameter samples of the first series

Результати проведених випробувань зразків зварних з'єднань типу С1-Ко другої серії наведено в таблиці 5 і на рис.6-8 у вигляді:

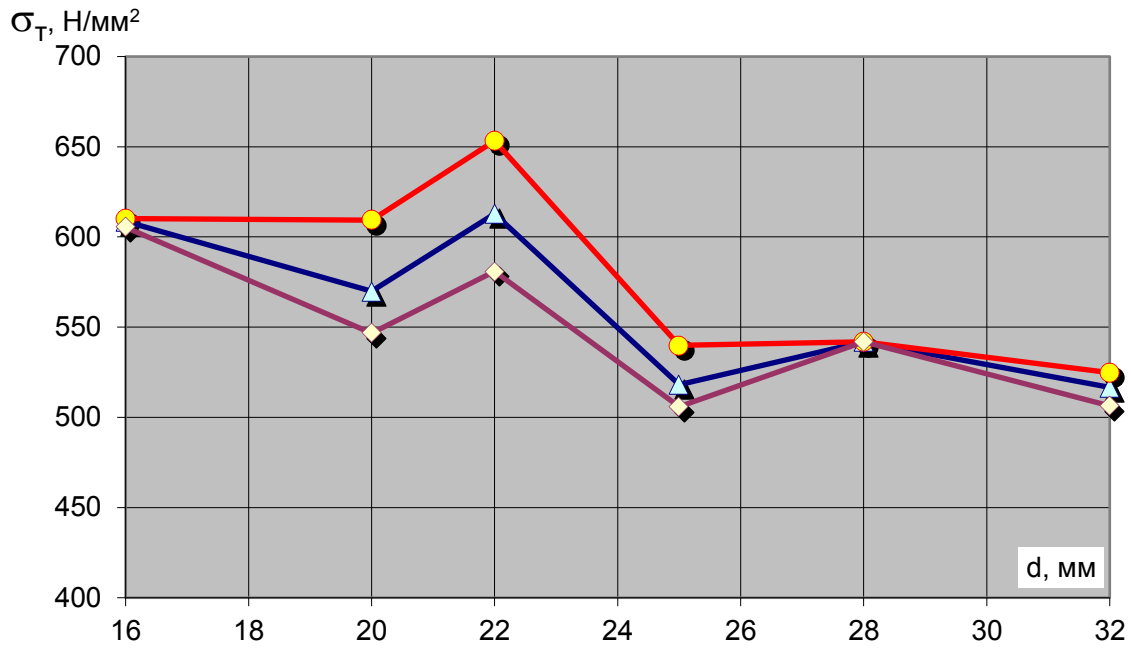
- залежності межі текучості і тимчасового опору у вихідному стані від діаметру арматури (рис.6);

- співставлення міцності (тимчасового опору арматури) у вихідному стані і стикових зварних з'єднань типу С1-Ко для всіх зразків серії (рис.7);

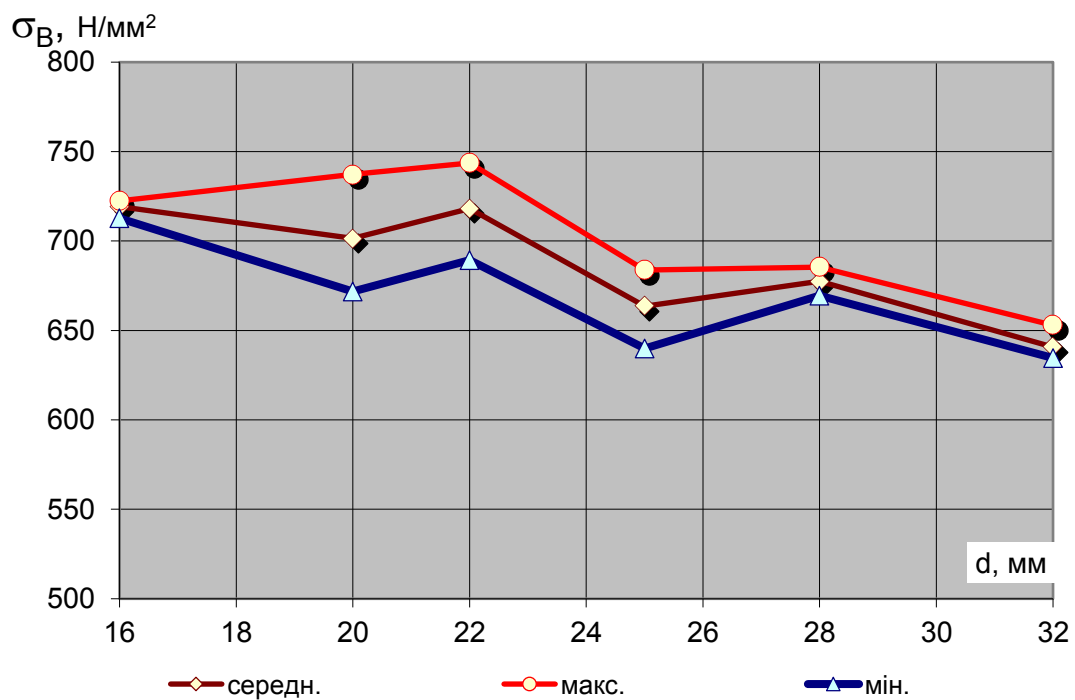
- залежності середніх значень розміщення арматури класу А500С у стикових зварних з'єднань типу С1-Ко від діаметру арматури (рис.8).

Табл. 5. Механічні характеристики зразків арматури другої серії у вихідному стані
Table. 5 Mechanical characteristics of reinforcement samples of the second series in the initial state

№ п/п	Діаметр, мм	Марка сталі	№ зразка	Результати випробувань				
				σ_{C1-Co} , Н/мм ²	$\sigma_{C1-Co, серед}$, Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	σ_{C1-Co}/σ_B , Н/мм ²	Середнє σ_{C1-Co}/σ_B
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	16	Ст3пс	1	566,3	571,1	719,2	0,787	0,814
			2	580,9			0,808	
			3	576,0			0,801	
			4	561,4			0,781	
			5	556,5			0,774	
			6	585,8			0,814	
2	20	Ст3Гпс	7	609,2,	600,9	701,6	0,868	0,846
			8	581,1			0,828	
			9	609,2			0,868	
			10	599,8			0,855	
			11	612,3			0,873	
			12	593,6			0,846	
3	22	Ст3Гпс	13	586,1	590,4	718,1	0,816	0,831
			14	583,5			0,813	
			15	580,9			0,809	
			16	580,9			0,809	
			17	614,5			0,856	
			18	596,4			0,831	
4	25	25Г2С	19	613,8	610,2	663,6	0,925	0,919
			20	601,8			0,907	
			21	599,8			0,904	
			22	613,8			0,925	
			23	615,8			0,928	
			24	615,8			0,928	
5	28	25Г2С	25	647,2	632,2	677,4	0,955	0,933
			26	655,1			0,967	
			27	650,3			0,960	
			28	610,2			0,901	
			29	607,8			0,897	
			30	622,4			0,919	
6	28	25Г2С	31	610,2	616,3	632,8	0,964	0,974
			32	607,8			0,960	
			33	622,4			0,984	
			34	617,5			0,976	
			35	620,0			0,980	
			36	620,0			0,980	



а



б

Рис.6 Максимальні, мінімальні і середні значення межі текучості (а) і тимчасового опору (б) зразків другої серії в залежності від діаметру.

Рис.6 Maximum, minimum and average values of yield strength (a) and temporary resistance (b) of the samples of the second series depending on the diameter.

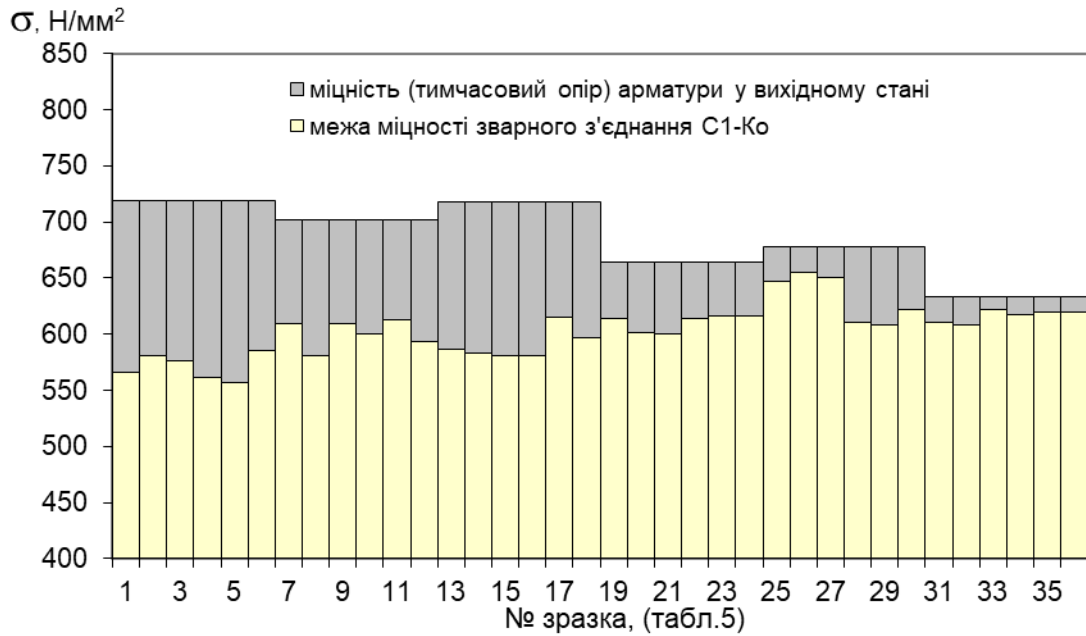


Рис. 7 Співставлення міцності (тимчасового опору) арматури у вихідному стані і міцності стикового зварного з'єднання типу С1-К0 зразків другої серії.

Fig. 7 Comparison of the strength (temporary resistance) of the reinforcement in the initial state and the strength of the butt weld type C1-Ko samples of the second series.

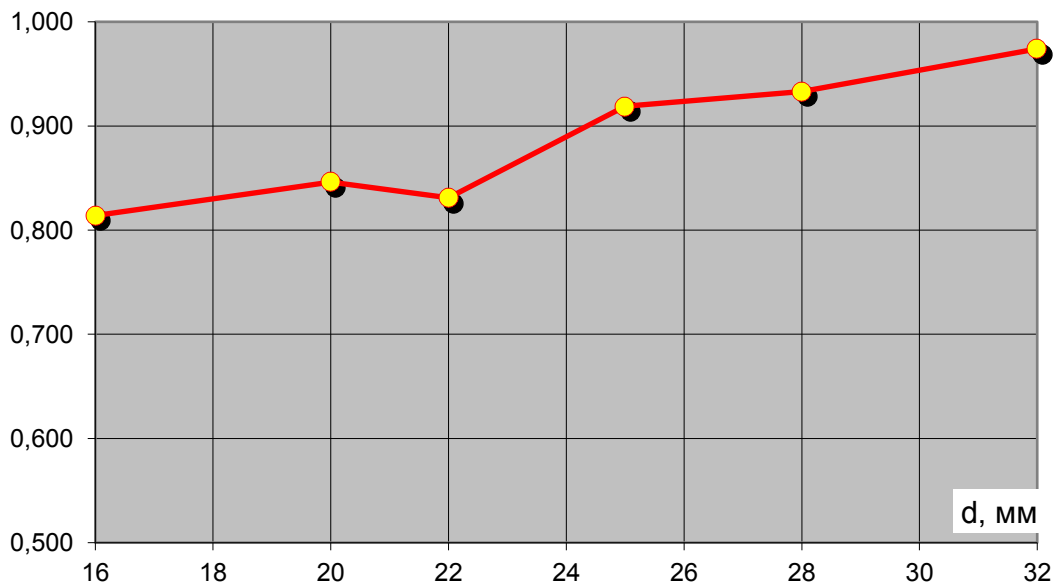


Рис.8 Середні значення розміцнення стикового зварного з'єднання типу С1-К0 в залежності від діаметру зразків другої серії.

Fig.8 The average values of the softening of the butt weld type C1-Ko depending on the diameter samples of the second series.

Узагальнення і аналіз результатів виконаних експериментальних досліджень дозволяє констатувати таке.

Руйнування стикового контактного зварного з'єднання типу С1-Ко термомеханічнозмцненої арматури класу А500С всіх діаметрів, від 12 до 32 мм, і марок сталі, що застосовуються, відбувається в зоні термічного впливу і має пластичний характер (рис.1).

У стикових контактних зварних з'єднаннях типу С1-Ко термомеханічнозмцненої арматури класу А500С має місце розміщення у порівнянні з міцністю (тимчасовим опором) арматури у вихідному стані.

Ступінь розміщення стикових контактних зварних з'єднаннях типу С1-Ко термомеханічнозмцненої арматури класу А500С залежить від діаметру і марки сталі, що застосовуються.

Найбільший ступінь розміщення в межах 19-20% має місце при діаметрах арматури 12...16 мм зі сталі марки СтЗпс (таб.4,5, рис.5, 8). При діаметрах арматури 18...22 мм зі сталі марки СтЗГпс ступінь розміщення складає 15-17%, а при діаметрах 25...32 мм зі сталі марки 25Г2С – 2,5...8% (таб.4,5, рис.5, 8). Залежності, що встановлені, пояснюються структурою термомеханічнозмцненої арматури класу А500С з зовнішнім зміцненим шаром і ядром з меншою міцністю. З збільшенням діаметру ця різниця зменшується за рахунок застосування марок сталі з більшою міцністю у вихідному стані, що впливає на міцність зварного з'єднання, яке супроводжується нагрівом стержня без подальшого охолодження і, як наслідок, зниженням міцності зовнішнього шару.

Очевидно, що ця тенденція має місце і для інших зварних з'єднань термомеханічнозмцненої арматури класу А500С.

ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Термомеханічнозмцнена арматура класу А500С за [1] вже на протязі вже більше 25 років є основною арматурою для залізобетонних конструкцій в Україні. Незважаючи на це, у існуючих нормативних документах відсутні будь-які рекомендації щодо зварювання такої арматури. Тим не менш, зварні

з'єднання термомеханічнозмцненої арматури А500С використовуються на практиці, що призводить до зниження надійності та експлуатаційної придатності будівель і споруд, де такі зварні з'єднання арматури застосовуються.

Особливістю термомеханічнозмцненої арматури класу А500С є неоднорідність структури у поперечному перерізі, що пояснюється технологією її виробництва. Так, арматура класу А500С має зовнішній зміцнений шар і ядро з меншою міцністю, наближеною до міцності сталі у вихідному стані. Цей факт позначається на зварюваності арматури класу А500С і призводить до розміщення зварних з'єднань з їх застосуванням.

Стикове контактне зварне з'єднання арматури типу С1-Ко за [2] застосовуються у заводських умовах, а останнім часом і в умовах будівельного майданчика [7], для з'єднання арматурних стержнів при їх заготовці для подальшої безвідходної різки, а також для застосування залишків арматури, які для окремих конструкцій, зокрема колон і пілонів монолітних будівель досягають 20-25%.

Встановлено, що руйнування стикового контактного з'єднання типу С1-Ко термомеханічнозмцненої арматури класу А500С всіх діаметрів, від 12 до 32 мм, і марок сталі, відбувається в зоні термічного впливу і має пластичний характер (рис.1).

В результаті проведених досліджень отримані експериментальні дані щодо міцності стикового контактного зварного з'єднання типу С1-Ко арматури класу А500С для всієї номенклатури діаметрів і марок сталі, що виробляються в Україні. Встановлено, що найбільший ступінь розміщення в межах 19-20% має місце при діаметрах арматури 12...16 мм зі сталі марки СтЗпс, при діаметрах арматури 18...22 мм зі сталі марки СтЗГпс розміщення складає 15-17%, а при діаметрах 25...32 мм зі сталі марки 25Г2С – 2,5...8% (таб.4,5, рис.5, 8).

Отримані дані можуть бути враховані для більш обґрунтованого прийняття рішень щодо застосування стикового контактного зварного з'єднання типу С1-Ко арматури класу А500С, включаючи призначення місць його розташування по довжині конструкцій (поза зоною дії максимальних

зусиль) і подальшій розробці нормативних документів з зварювання арматури залізобетонних конструкцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. **ДСТУ-3760:2019** Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій Загальні технічні вимоги. К., Держспоживстандарт України, 2019. 18с.
2. **ДСТУ-Б В.2.6-169:2011** З'єднання зварні арматури та закладних виробів залізобетонних конструкцій. Типи, конструкція та розміри. К., Мінрегіонбуд України, 2012. 19с.
3. **ДСТУ-Б В.2.6-168:2011** Арматурні та закладні вироби зварні. З'єднання зварні арматури та закладних виробів залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. К., Мінрегіонбуд України 2012. 37с.
4. **Рекомендації** по применению арматурного прокату по ДСТУ 3760-98 при прокатывании и изготовлении железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры. – Киев, Госстрой Украины, 2002, - С.39.
5. **Бліхарський Я.З.** Залишковий ресурс залізобетонних конструкцій з пошкодженнями термічно-зміцненої арматури. – Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. – Одеса, 2021. – С.44.
6. **Blikharsky Y.Z.** Anisotropy of the mechanical properties of thermally hardened A500s reinforcement. *Materials Science*. -2019.-Vol.55.- P/175-180.
7. **Чвертко П.Н., Горонков Н.Д., Виноградов Н.А., Самотрясов С.М., Сысоев В.Ю.** Контактная стыковая сварка арматуры железобетона в условиях стройплощадки. -*Автоматическая сварка*. — 2014. — № 3 (730). — С. 50-53.
8. **Чвертко П.Н.** Контактная стыковая сварка стержневой арматуры классов А400С–А600С при строительстве конструкций из монолитного бетона. - *Автоматическая сварка*. — 2010. — № 8 (688). — С. 30-34.
9. **Демченко Ю.В.** Перспективне встаткування для зварювання й наплавлювання арматури. – *Сварщик. Технології. Производство. Сервис*.- 2010.-6 (76).- С.10-12.
10. **Болотов Г., Болотов М., Ганєв Т., Корзаченко М.** Оцінка несучої здатності зварних з'єднань арматури залізобетону.-*Технічні науки та технології*.-2017.- №1(7). – С.58-67.

11. **Issa C.A.** An Experimental Study of Welded Splices of Reinforcing Bars - *Building and Environment*, 2006, 41(10)- P. - 1394–1405.
12. **Apostolopoulos Ch. Alk., Michalopoulos D, Dimitrov L.** Numerical Simulation of Tensile Mechanical Behavior of Lap Welded Reinforcing Steel Bar Jointsю- *Bulgarian Journal for Engineering Design*.- November 2009.- No. 3, -P. 5-11.
13. **Клімов Ю.А.** Теплова зварюваність арматури класу А500С. -// *Зб. наук. праць Будівельні конструкції. Теорія і практика*. – 2017.- Випуск 1.- КНУБА.- С. 22-27.
14. **ДСТУ-10080:2009** Сталь для армування бетону. Зварювальна арматурна сталь. Загальні технічні вимоги (EN 10080:2005, IDT). К., Держспоживстандарт України, 2012. 43с.

REFERENCES

1. **DSTU-3760:2019** Prokat armaturnyi dlia zalizobetonnykh konstruksii. Zahalni tehniichni vymohy. K., Derzhspozhyvstandart Ukrainy 2019. 18s.
2. **DSTU-B V.2.6-169:2011** Zeidndniy zvarni armatury ta zakladnich virobiv zalazobetonuch konstruksiy. Tipy, konstruksiy ta rozmiri.- K, Minregiobud Ukainy.- 2012. 19c
3. **DSTU-B V.2.6-168:2011** Armaturni ta zakladni virobi zvarni. Ziednaniy zvarni armaturi ta zakladnich virobiv zalizobetonich konstruksiy. Zagalni technichni umovi.- K, Minregiobud Ukainy.- 2012 37s.
4. **Recommendations** for the use of steel bars according to DSTU 3760-98 when designing and manufacturing reinforced concrete structures without prestressing the reinforcement – *Kiev: State Committee for Construction*, 2002 – S.39.
5. **Blikharsky Y.Z.** Zalichkoviy resurs zalizobetonuch konstruksiy z poshkodgeniyami termichno-zmiznenoy armature. Avtoreferat dusertazii na zdobutiy naukovogo stupeniy doktora technichnich nauk. – *Odesa*, 2021. – S.44.
6. **Blikharsky Y.Z.** Anisotropy of the mechanical properties of thermally hardened A500s reinforcement. *Materials Science*. -2019.-Vol.55.- P/175-180.
7. **Chetverko P.N., Goronkov N.D., Vinogradov N.A., Samotriysov S.M., Susoev V.U.** Kontaktnay stikovaia svarka armature zelezobetona a usloviy ch stroyploshadki. -*Avtomaticheskay svarka* — 2014. — № 3 (730). — S. 50-53.

8. **Chetverko P.N.** Kontaktnay stikovaiy svarka stergnevoy armature clasov A400C–A600C pri stroitelstve konstrukciy iz monolitnogo betona. - *Avtomaticheskay svarka.* — 2010. — № 8 (688). — S. 30-34.
9. **Demchenko U.V.** Perspektivne vstatkuvaniy dly zvaruvaniy i naplavluvaniy armaturi – *Svarchik. Technologiy. Proizvodstvo. Servis.* - 2010.-6 (76).- S.10-12.
10. **Bolotov G., Bolotov M., Ganeev T., Korzachenko M.** Ozinka nesuchoy zdatnosti zvarnich ziednan armature zalizobetonu.- *Thenichniy nayki ta tehnologii.*-2017.- №1(7). – C.58-67.
11. **Issa C.A.** An Experimental Study of Welded Splices of Reinforcing Bars - *Building and Environment*, 2006, 41(10).- P. 1394–1405.
12. **Apostolopoulos Ch. Alk., Michalopoulos D, Dimitrov L.** Numerical Simulation of Tensile Mechanical Behavior of Lap Welded Reinforcing Steel Bar Jointsю- *Bulgarian Journal for Engineering Design.*- November 2009.- No. 3, -P. 5-11.
13. **Klymov Y.A.** Teplova zvaruvaanist armature clasu A500C. - *Budivelni konstrucsii. Teotiy i praktica.* – 2017.- Vipusk 1.- KNUBA.- S. 22-27.
14. **DSTU-10080:2009** Stal dlia armuvannia betonu. Zvariuvalna armaturna stal. Zahalni tekhnichni vymohy (EN 10080:2005, IDT). K., *Derzhspozhyvstandart Ukrainy*, 2012. 43s

STRENGTH OF BUTT WELDED BUTT JOINT OF REINFORCEMENT OF CLASS A500C

*Yulii KLYMOV
Igor BOYKO*

Summary. The paper presents the results of experimental studies of the strength of the butt welded

joint type C1-Ko for thermo-mechanically reinforced reinforcement class A500C.

The experimental studies included tensile tests of two series of reinforcement specimens, each of which included reinforcement specimens in the initial state and with a butt contact weld of the C1-Ko type.

The first series included fittings Ø12A500C, Ø14A500C, Ø16A500C from steel of the ST3ps brand and Ø18A500C, Ø20A500C, Ø22A500C from steel of the Ст3пс brand. A total of 278 samples of welded joints were tested. The second series included samples of C1-Co welded joints from the rest of the nomenclature of diameters and grades of steel reinforcement class A500C, namely Ø16A500C from steel grade St3ps, Ø20A500C, Ø22A500C from steel grade St3Gps and Ø25A500C, Ø32A500C, Ø32A500C, Ø32A500C. For each of the diameters, 6 samples were tested in the initial state and 6 samples of C1-Co welded joints.

It was found that the destruction of the butt contact connection type C1-Co thermomechanically reinforced reinforcement class A500C of all diameters, from 12 to 32 mm, and steel grades, takes place in the zone of thermal impact and is plastic

Experimental data on the strength of the butt contact weld type C1-Ko reinforcement class A500C for the entire range of diameters and grades of steel produced in Ukraine. It is established that the greatest degree of hardening within 19-20% takes place at diameters of armature of 12... 16 mm from steel of the Ст3пс brand, at diameters of armature of 18... 22 mm from steel of the Ст3Гпс brand of marking made 15-17%, and at diameters of 25... 32 mm from steel of the 25Г2С brand - 2,5... 8%.

Keywords. Thermomechanically reinforced fittings; class A500C; butt contact welded joint; strength .

Стаття надійшла до редакції 14.05.2022