

Вип. 4. – К.: Сталь, 2009. – С.133-141.

13. Андреева И.М., Светозарова Е.И. Современные методы определения касательных напряжений в изгибаемых элементах переменной высоты // Облегченные конструкции из древесины, фанеры, пластмасс: Межвуз. темат. сб. тр. / ЛИСИ. – Л., 1984. – С. 34-38.

14. Кириленко В.Ф., Пинчук Е.А. Скалывающие напряжения в деревофанерных балках переменной высоты // Науковий вісник будівництва. – Вип. 54. – Харків: ХДТУБА, ХОТВАБУ, 2009. – С. 179-185.

15. Nowak S/ Badania dzwigarow klejonych z drewna o nachylonych krawedziach w RFN // Inz. i Bud. - №6. – 1981. – S. 235-238.

16. Mohler K. Zur Berechnung von Brettschichtholz - Konstruktionen // Bauen mit Holz. - № 3. – 1976. - S.104-108.

17. Ali S.M., Sarna S.I. Stress trajectories and stress contours in tapered beams // Strain. - 1978. - v. 14. - № 2. - P. 58-61.

УДК 621.791.052:006.354; УДК 621.791.052.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВАРНИХ СТИКІВ РОБОЧИХ АРМАТУР КЛАСУ А500С

Сеттаров Р. Е., Шевченко М. М., наукові керівники: Ажермачев Г.А., к.т.н., професор,
Меннанов Е. М., асистент

Мета даної наукової праці – складання рекомендацій зі зварювання вуглецевих та низьковуглецевих арматурних сталей, призначених для армування монолітних залізобетонних конструкцій в умовах сейсмічних впливів. Визначення типів і марок електродів, режимів і технологічного процесу зварювання.

До останнього часу в Україні основним видом арматури для залізобетонних конструкцій була арматура періодичного профілю класу А400 (А-III). Ця арматура виготовляється зі сталі марок 35ГС і 25Г2С, які (особливо 35ГС) за загальноприйнятими нормами є обмежено зварюваними. Зокрема, для сталі 35ГС БНіП 2.03. 01-84* [1] заборонене дугове зварювання нахрест, що, на жаль, донині всюди застосовується.

У результаті більшість серйозних аварій залізобетонних конструкцій у процесі будівництва відбувається саме через дугові прихватки сталі 35ГС, а в окремих випадках і 25Г2С.

Незважаючи на високу міцність зварних з'єднань цих сталей, виконаних контактним стиковим і іншими видами зварювання з великими тепловкладеннями, пластичність одержуваних з'єднань дуже низька. Це змушує при будівництві будинків з монолітного залізобетону з використанням арматур класу А400 (А-III) зі сталі марки 35ГС повністю відмовитися від зварювання при виконанні арматурних робіт і приймати значні запаси з перетину арматур (для в'язаних каркасів), тому що є небезпека дугових прихваток зварюванням, а належний контроль за якістю арматурних робіт забезпечувати важко.

Всі європейські країни вже повністю перейшли на застосування у звичайному залізобетоні зварюваної арматури класу А500* із границею текучості $\sigma_t > 500$ Н/мм². У країнах Південно-Східної Азії арматура класом нижче взагалі заборонена для використання в багатоповерховому будівництві. Проте стійкого попиту на А500С у Україні донині не спостерігається.

11 грудня 2006 року набув чинності ДСТУ 3760:2006 [5], що за аналогією з EN 10080 і ISO/DIS 6935-2 регламентує норми хімічного складу, механічні властивості й інші нормативні вимоги до арматурної сталі класу А500С. Відповідно цих вимог арматурна сталь випускається термомеханічно зміцненою в потоці прокату, гарячокатаною з мікролегуванням або холоднодеформованою.

У Національній академії природоохоронного та курортного будівництва на кафедрі металевих і дерев'яних конструкцій ведуться роботи із впровадження зварних сейсмостійких стиків уніфікованої зварюваної арматури класу А500С.

Шляхом аналізу проектно-технічних рішень конкретних об'єктів монолітного будівництва встановлено, що значне скорочення металоємності при заміні арматурної сталі

класу А400 (А-III) на А500С може бути досягнуто не тільки за рахунок більш високого розрахункового опору цієї сталі, але й у значній мірі в результаті одночасного застосування сучасних ефективних технологічних способів з'єднання за допомогою ручного дугового зварювання.

Механічні властивості й зварюваність арматурної сталі залежать від її хімічного складу й способу зміцнення (термомеханічна або термічна обробка, холодна деформація). Механічні властивості, хімічний склад, способи прокатки й зміцнення, параметри й вид профілю в тій або іншій мірі визначають втомлювану міцність і корозійну стійкість арматури.

1. АРМАТУРНИЙ ПРОКАТ ЗГІДНО ДСТУ 3760:2006

У 2006 році введений у дію ДСТУ 3760:2006 «Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови.» (ISO 6935-2:1991,NEQ) [5].

В основу даного стандарту покладені вимоги до арматурного прокату, установлені в наступних закордонних нормативних документах ISO 6934, ISO 6935, DIN 488, ENV 10080, BS4449, у частині основних параметрів і розмірів, хімічного складу, механічних властивостей і методів випробувань. Стандарт поширюється на прокат арматурний гладкого й періодичного профілю діаметром від 5,5 до 40 мм, призначений для армування звичайних і попередньо напружених залізобетонних конструкцій.

Із впровадженням ДСТУ 3760-98 і ДСТУ 3760-2006 в Україні скасовані ДСТ 5781—82 і ДСТ 10884—94.

Відмінною рисою останнього стандарту є застосування нового позначення класу арматурного прокату. Арматурний прокат (А) підрозділяють на класи залежно від показника механічних властивостей і службових властивостей прокату:

- зварювальний (з індексом С),
- стійкий проти корозійного розтріскування під напругою (з індексом К),
- незварювальний (без індексу С),
- нестійкий проти корозійного розтріскування (без індексу К).

Згідно ДСТУ 3760-2006 арматурний прокат виготовляють наступних класів:

- А240С - із гладким профілем;
- А400С, А500С, А600, А600С, А600К, А800, А800К, А800К і А1000 - з періодичним профілем.

Клас прокату А500С введений уперше в ДСТУ 3760-98 і є проміжним, що не має аналога. Клас прокату А500С за способом виробництва класифікується як термомеханічно зміцнений, періодичного профілю. Індекс «С» вказує, що прокат є зварювальним.

У таблиці 1 наведена ідентифікація арматурного прокату згідно ДСТУ 3760-98 стосовно ДСТ 5781—82 і ДСТ 10884—94.

Як видно з табл.1 клас А500С не має аналога за ДСТ 5781 і ДСТ 10884-94.

Таблиця 1.1

Порівняльні характеристики арматурного прокату

Клас арм прокату за ДСТУ 3760- 98	Номинальний діаметр, мм	Марка сталі при виготовленні прокату за ДСТУ 3760-98	Значення в діючих нормативних документах і нормативних документах, що діяли раніше		
			Вид арматур, стандарт	Клас арматур	Марка сталі
1	2	3	4	5	6
А 500 С	6 - 40	Ст5сп	Стрижнева термомеханічно зміцнена періодичного профілю	-	Ст5сп
		Ст5пс			Ст5пс
		Ст3пс			-
		Ст3Гпс			-
		25Г2С			-

Схема маркування прокатної продукції підприємств України

Схема маркування арматурного прокату:

- два суміжних виступи – початок відліку;
- кількість поперечних виступів, які позначають підприємство;
- один виступ;
- кількість поперечних виступів, які позначають клас прокату;
- один виступ.

У таблиці 1.2. наведені позначення підприємств-виробників арматурного прокату в Україні, у таблиці 1.3. – позначення класів арматурного прокату.

Таблиця 1.2

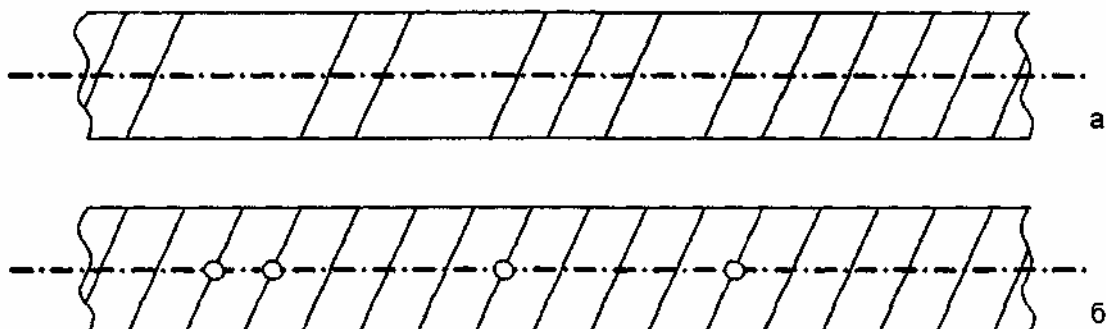
Підприємство	Кількість виступів
ВАТ«Міттал Стіл Кривий Ріг»	2
ВАТ«Дніпровський меткомбінат»	3
ВАТ«Донецький металопрокатний завод»	4
ВАТ«Донецький металургійний завод»	5
ВАТ«Макіївський меткомбінат»	6
ВАТ«Єнакіївський метзавод»	7
Краматорський метзавод	8
ВАТ«Запорізький сталепрокатний завод»	9

Таблиця 1.3

Клас прокату	A400C	A500C	A600, A600C, A600K	A800K, A800	A1000
Кількість виступів	3	1	4	5	6

На малюнку 1.1. а. наведено приклад схеми прокатного маркування із пропусками виступів, арматурний прокат ВАТ «Міттал Стіл Кривий Ріг» класу A400C (2 пропуску – початок відліку, 2 виступи між пропусками – ВАТ«Міталл Стіл Кривий Ріг», 3 виступи між пропусками – клас A400C).

На малюнку 1.1. б. наведено приклад схеми прокатного маркування арматурного прокату ВАТ «Дніпровський меткомбінат» крапками на поперечних виступах.



Малюнок 1.1.

2. МАРКИ СТАЛЕЙ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА АРМАТУРНОГО ПРОКАТУ

Таблиця № 2.1. (ДСТУ 3760-98) додаток від 30.05.99 №3/5

Клас арматурного прокату за ДСТУ 3760-2006	Номинальний діаметр, мм	Марка сталі при виготовленні прокату за ДСТУ 3760-2006	Значення в нормативних документах, що діяли раніше.		
			Вид арматур, стандарт	Клас арматур	Марка сталі
А 400. 3	6-40	- 25Г2С -	Стрижнева гарячокатана Періодич. профілю, ДСТ5781-82	А-III (А400) А-III	35ГС 25Г2С 32Г2Спс
	6 - 40	Ст3сп Ст3пс Ст3Гпс Ст5сп Ст5пс	Стрижнева термомех-но зміцнена періодич. профіля, ДСТ10884-94	Ат400С Ат-IIIС	Ст3сп Ст3пс - Бст5сп Бст5пс
А 500 С	6 - 40	Ст5сп Ст5пс Ст3пс Ст3Гпс 25Г2С	Теж саме	-	Ст5сп Ст5пс - - -

3. ЕЛЕКТРОДИ, ЗАСТОСОВАНІ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ АРМАТУРНОГО ПРОКАТУ.

На сьогодні ринок товарів і послуг пропонує більше 20 марок зварювальних електродів, призначених для ручного дугового зварювання.

На даний момент не існує рекомендацій із застосування конкретних марок електродів, які були б призначені для зварювання арматурних сталей у конструкціях сейсмостійких будинків.

Електроди для ручного дугового зварювання являють собою стрижні довжиною до 450мм, виготовлені зі зварювального дроту, на який нанесений шар покриття — суміш речовин для посилення іонізації, захисту від шкідливого впливу повітря й металургійної обробки зварювальної ванни.

Залежно від призначення сталеві електроди для ручного зварювання підрозділяються:

У — для зварювання вуглецевих і низьколегованих конструкційних сталей з тимчасовим опором розриву до 600Мпа; ДСТ 9467-75 передбачає 9 типів електродів (Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60);

Л — для зварювання легованих конструкційних сталей з тимчасовим опором розриву понад 600Мпа; ДСТ 9467-75 передбачає 5 типів електродів(Э70, Э85, Э100, Э125, Э150);

Т — для зварювання легованих теплотривких сталей — 9 типів;

В — для зварювання високолегованих сталей з особливими властивостями — 49 типів (ДСТ 10052-75);

Н — для наплавлення поверхневих шарів з особливими властивостями — 44 типу (ДСТ 10051-75).

До групи електродів для зварювання вуглецевих і низьколегованих конструкційних сталей ставляться електроди, призначені для зварювання вуглецевих сталей, що містять до 0,25% вуглецю, і низьколегованих сталей з тимчасовим опором розриву до 590 МПа. Основними характеристиками електродів є механічні властивості металу шва й зварного з'єднання: тимчасовий опір розриву, відносне подовження, ударна в'язкість, кут вигину. За цими показниками електроди, відповідно ДСТ 9466-79 [4], класифікуються за наступними

типами (в умовній позначці типу електрода дві цифри, які стоять за буквою "Э" (електрод) відповідають мінімальному тимчасовому опору розриву металу шва або зварного з'єднання в кгс/мм²: Э38, Э42, Э46 і Э50 - для зварювання сталей з тимчасовим опором до 490 МПа; Э42А, Э46А и Э50А - для зварювання тих же сталей, коли до металу шва ставляться підвищені вимоги з відносного подовження й ударної в'язкості; Э55 і Э60 - для зварювання сталей з тимчасовим опором розриву від 490 МПа й до 590 МПа. Зазначеним стандартом регламентується зміст сірки й фосфору в наплавленому металі. Електроди для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей характеризуються також рівнем зварно-технологічних властивостей, у т.ч. можливістю зварювання в усіх просторових положеннях, родом зварювального струму, продуктивністю процесу, схильністю до утворення пор, а в деяких випадках - змістом водню в наплавленому металі й схильністю зварних з'єднань до утворення тріщин. Перераховані характеристики, які необхідно враховувати при виборі конкретної марки електрода, у значній мірі визначаються видом покриття. Покриття може бути кислим, рутиловим, основним, целюлозним і змішаним.

Електроди з кислим покриттям. Основу цього виду покриття становлять оксиди заліза, марганцю й кремнію. Метал шва, виконаний електродами з кислим покриттям, має підвищену схильність до утворення гарячих тріщин. З механічних властивостей металу шва й зварного з'єднання електроди належать до типів Э38 та Э42.

Електроди з кислим покриттям не схильні до утворення пор при зварюванні металу, покритого окалиною або іржею, а також при подовженні дуги. Зварювання можна виконувати постійним і змінним струмом.

Електроди з рутиловим покриттям. Основу покриття таких електродів становить рутиловий концентрат (природний діоксид титану). Метал шва, виконаний електродами з рутиловим покриттям, відповідає спокійній або напівспокійній сталі. Стійкість металу шва проти утворення тріщин у електродів з рутиловим покриттям вище, ніж у електродів із кислим покриттям. З механічних властивостей металу шва й зварного з'єднання більшість марок рутилових електродів належать до електродів типу Э42 та Э46. Рутилові електроди володіють цілим рядом переваг у порівнянні з іншими видами електродів, а саме, забезпечують стабільне й потужне горіння дуги при зварюванні змінним струмом, мають малі втрати металу на розбризкування, легку віддільність жужільної кірки, відмінне формування шва. Електроди мало чутливі до утворення пор при зміні довжини дуги, при зварюванні вологого й іржавого металу й по окисленій поверхні.

Електроди з основним покриттям. Основу цього виду покриття становлять карбонати й фтористі з'єднання. Метал, наплавлений електродами з основним покриттям, за хімічним складом відповідає спокійній сталі. Завдяки низькому змісту газів, неметалевих складників та шкідливих домішок метал шва, виконаний цими електродами, відрізняється високими показниками пластичності й ударної в'язкості при нормальній та зниженій температурах, а також має підвищену стійкість проти утворення гарячих тріщин. З механічних властивостей металу шва й зварних з'єднань електроди з основним покриттям належать до електродів типу Э42А, Э46А, Э50А, Э55 і Э60. Зварювання, як правило, виконуються постійним струмом зворотної полярності.

Електроди із целюлозним покриттям. Покриття цього виду містить велику кількість (до 50%) органічних складових, як правило, целюлози. Метал, наплавлений целюлозними електродами, за хімічним складом відповідає напівспокійній або спокійній сталі. У той же час він містить підвищену кількість водню. З механічних властивостей металу шва й зварних з'єднань електроди із целюлозним покриттям відповідають електродам Э42, Э46 і Э50. Для целюлозних електродів характерне утворення рівномірного зворотного валика шва при односторонньому зварюванні у висячому положенні, можливість зварювання вертикальних швів способом зверху вниз.

Усі описані вище електроди, призначені для зварювання вуглецевих та низьколегованих сталей, з будь-яким видом покриття повинні відповідати вимогам ДСТ 9466-75 і ДСТ 9467-75, а також вимогам технічних умов на електроди.

Для зварювання вуглецевих та низьколегованих сталей існує велика кількість марок електродів, але найпоширеніші з них за ДСТ 9466-75, це-УОНІ-13/45, УОНІ-13/55, УОНІ-13/65, АНО -2, АНО-3, АНО-4, АНО-21, МР -3, і ДСТ 9467-75 передбачає 9 типів електродів (Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60);

Для зварювання арматури періодичного профілю необхідно використовувати електроди із фтористокальцієвим покриттям.

При зварюванні арматурних виробів та збірних залізобетонних конструкцій на монтажі в першу чергу повинні застосовуватися електроди з основним покриттям, що забезпечують можливість зварювання на постійному струмі.

Застосування електродів з рутиловими й органічними покриттями категорично забороняється. У випадку, якщо в з'єднанні елементів зі Ст-3 є хоча б один елемент зі сталі Ст-5, 35ГС, 25М2С, 18М2С, необхідно застосовувати електроди з основним покриттям для з'єднань з протяжними швами типу Э42А та типу Э50А і Э55 для з'єднань зі заваркою торців стрижнів.

Не можна міняти електроди з основним покриттям на електроди з кислим та рутиловим покриттям, тому що в наплавленому металі можуть утворитися тріщини.

Зварювальні матеріали варто зберігати в умовах, що забезпечують їхній захист від зволоження, забруднення й механічних ушкоджень.

Температура в приміщенні для зберігання електродів повинна бути не нижче 150С, при відносній вологості повітря не вище 50%.

При тривалому зберіганні на складі (більше 3-х місяців) або при зберіганні на будівельному майданчику більше 5 діб при вологості 50% електроди повинні бути прожарені. Для виконання робіт при вологій погоді електроди видаються не більше ніж на дві години, за умови захисту робочого місця від прямого потрапляння дощу або снігу.

Прокалювання електродів виконується в кожному разі при виявленні вологості покриття в електричних печах або сушильних шафах з регульованою температурою (контактне сушіння високою температурою або газовим полум'ям забороняється). Режим прокалювання зазначений на етикетці.

Якість зварювальних електродів повинна підтверджуватися сертифікатом заводу виготовлювача. При відсутності сертифіката якість електродів повинна бути перевірена спеціалізованою лабораторією з видачею протоколу про якість.

Зварювальні матеріали для виконання монтажних з'єднань арматурної сталі різних класів зазначені в табл. 3.1.

4. УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ

Для зварювання арматур і закладних деталей застосовувалося спеціалізоване (загального призначення) зварювальне устаткування, технічні характеристики якого дозволяють здійснювати технологію зварювання відповідно до вимог БНіП 3.03.01.-87 і БН 393-78. У нашому випадку технічні характеристики зварювального устаткування були перевірені в спеціалізованій випробувальній лабораторії ВАТ «СЭЛМА» сертифікованій і акредитованій згідно КНД 50-004-93 «Система сертифікації УкрСепро...».

Таблиця 3.1.

Клас арматур	Типи електродів, що рекомендують для зварювання		
	Ванними, ванно-шовними й дуговими багат шаровими швами стикових з'єднань	Протяжними швами стикових і унапусток з'єднань	Дуговими ручними прихватками
A-I (A240C)	Э42, Э46, Э42А, Э46 А		
A-II(A300C)	Э50А	Э42А, Э46А, Э50А	Э50А, Э55
A-III(A400C) АТ-III С	Э55, Э60		
АТ-IV (A600)			

Дослідження показали, що для ручного дугового зварювання протяжними швами, і ванно-шовним способом рекомендується застосовувати зварювальні трансформатори, випрямлячі, перетворювачі й агрегати із крутопадаючою характеристикою з напругою холостого ходу більше 50 вольтів.

Джерело струму дуги вибиралося залежно від технологічних особливостей застосовуваних зварювальних електродів за родом струму (змінний, постійний), напруги холостого ходу й меж регулювання зварювального струму за діаметром електродів.



Мал. 4.1. Зварювальні випрямлячі ВД-131 і ВД-306м.

5. ТЕХНОЛОГІЯ ЗВАРЮВАННЯ АРМАТУРНОГО ПРОКАТУ

Перед збиранням вузлів сполучень залізобетонних конструкцій варто встановити відповідність класу сталі, розмірів і взаємного розташування з'єднувальних елементів (стрижнів або закладних деталей) проекту.

Згідно БНіП 2.03.01-84 пункт 5.33 [1] типи зварних з'єднань і способи зварювання арматури й заставних деталей повинні призначатися з урахуванням експлуатації конструкцій, зварюваності й технологічних можливостей підприємства виготовлювача відповідно до вимог ДСТ 14098-91.

Випуски стрижнів, заставні й сполучні деталі перед зварюванням повинні бути очищені до чистого металу в обидва боки від крайок або оброблення на 20 мм від бруду, масла, іржі й інших забруднень.

Розміри конструктивних елементів крайок, величина зазорів і швів зварних з'єднань і граничні відхилення розмірів зварних з'єднань повинні відповідати вимогам ДСТ 5264-80, ДСТ 14098-91[2],[3].

Допускається заміна типів зварних з'єднань і способів їхнього зварювання, зазначених у кресленнях типових і індивідуальних проектів будинків і споруджень, на рівноцінні за експлуатаційними якостями відповідно до додатка 2 ДСТ 14098-91, §7 [3]. При необхідності забезпечення підвищеної експлуатаційної надійності з'єднань рекомендується застосування ручного дугового зварювання С 21-рн (ДСТ 14098-91 і БН 393-87).

Не допускається наявність опіків і підпалів дугим зварюванням на поверхні робочих стрижнів. Дефекти виправляються накладенням протяжного зварного шва вздовж стрижня довжиною не менш 40 мм і шириною 8 мм.

Відрізка кінців стрижнів арматури при підготовці під ванне зварювання або нагрівання стрижнів при припасуванні й збиранні електричною дугою не допускається.

Відгин стрижнів для забезпечення їхньої співвісності допускається здійснювати нагріванням газокисневим полум'ям до температури 600-800°C (темно-вишневі кольори). Підгинати треба за допомогою ключа (пристосування з важелем).

При зварюванні електродами з основним покриттям необхідно підтримувати гранично коротку дугу. Зварювання методом обпирання сприяє підвищенню продуктивності праці, забезпечує стабільність процесу плавлення, рівномірне оплавлення

зварюваних крайок, надійний захист розплавленого металу від окислювання, гарне регулювання жужільного процесу.

При збільшенні довжини дуги погіршується стійкість її горіння, зменшується проплавлення основного металу, збільшуються втрати на чадіння й розбризкування, погіршується зовнішній вигляд шва й механічні властивості зварних з'єднань.

Швидкість переміщення електрода сильно позначається на якості зварного шва. При занадто великій швидкості переміщення електрода, дуга не встигає оплавити основний метал, у результаті виходить непровар, при зварюванні на великому струмі - підрізи й загартування. Крім того, при зварюванні арматурних стрижнів зі сталі марок Ст5 клас А300С (А-ІІ) і 25М2С клас А400С (А-ІІІ), можливе місцеве загартування, що збільшує крихкість металу.

Занадто повільне переміщення електрода може привести до перегріву основного металу й, отже, до крихкості й зниження міцності сталі.

При переміщенні електрода вздовж лінії зварювання необхідно стежити за оплавленням основного металу. Для поліпшення видимості й усунення розплавлених шлаків зі зварювальної ванни, електрод нахиляється убік руху. Влучення розплавлених шлаків на непрогрітий метал перед електродом приводить до утворення жужільних включень.

При закінченні зварювання не слід відразу обривати дугу, тому що при цьому на поверхні шва залишається кратер. У кратері утворюються усадочні тріщини й при несприятливих умовах він є осередок руйнування з'єднання.

Особливо небезпечні кратери в будь-яких швах з'єднань елементів зі сталі марок Ст5, 25Г2С и 35ГС.

Зварюють кратер короткою дугою шляхом частих коротких замикань. Тріщини, що утворилися в кратері при наступному подварюванні, залишаються в металі, тому їх необхідно видаляти (вирубати або вирізати).

Зварювальний струм встановлюється залежно від діаметра електрода й типу покриття, товщини зварювальних елементів, типу з'єднання, порядку зварювання й положення шва в просторі. Тому режим зварювання конкретних вузлів підбирається практично.

У всіх випадках режим зварювання повинен забезпечувати стійке безперервне плавлення електрода без утворення пропалів і патьоків розплавленого металу.

Зварювання при низьких температурах варто здійснити за технологією, регламентованою дійсними рекомендаціями, але на підвищеному струмі. Зварювальний струм варто підвищувати від 0оС пропорційно зниженню температури для того, щоб при мінус 30оС сила струму була підвищена на 10-15%.

Зварювання сталевих елементів варто робити при максимальній силі струму (табл. 5.1.).

Таблиця 5.1.

Товщина пласких елементів, що зварюють, мм	Діаметр електродів, мм	Зварювальний струм, А
3-4	3	80-130
	4	140-200
5-10	4	140-200
	5	190-280
	6	240-350
більше 10	5	190-280
	6	240-350

Зварювання варто виконувати електродами з основними покриттям.

Конструктивні елементи стикових з'єднань стрижнів при зварюванні з накладками С 21-рн повинні відповідати вказівкам у табл. 5.2.

Таблиця 5.2.

Клас арматур	A-240C	A-300C	A-400C	A-500C
дн	10-40	10-40	10-40 10-18	10-22
ℓ	6(3) дн	8(4) дн		10дн
ℓ_o	0,5 дн, но ≥ 10			
b	0,5 дн, но ≥ 8			
h	0,25 дн, но ≥ 4			

У дужках розміри для з'єднання з двосторонніми швами. З'єднання арматур класу А500С варто виконувати зі зміщеними накладками.

Рекомендується застосовувати тільки однобічні шви. Конструктивні елементи стикових з'єднань С-23-Ре без додаткових технологічних елементів повинні відповідати вказівкам у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3.

Клас арматур	A-240C	A400C-A500C
Dn	10-40	10-25 10-18
ℓ	6dn	8dn
	0,5 dn, но $\geq (8)$ 0,25 dn, но $\geq (4)$	

Сумарну площу круглих накладок розраховують за формулою:

$$F_n = F \frac{Ra}{Ra_n} \gamma$$

де: F_n - загальна площа поперечного переріза накладок у з'єднанні;

F - площа стикованих стрижнів;

Ra - розрахунковий опір сталі стикованого стрижня;

Ra_n - розрахунковий опір сталі накладок;

γ - коефіцієнт, що враховує умови роботи накладок.

Для арматур класу А500С діаметром 8-40 мм $\gamma=2$.

При збиранні з'єднань накладки варто розташовувати так, щоб їхні осі перебували в одній площині з осями стикованих стрижнів. За ДСТ 10922-90 зсув лінії з'єднуючої центри круглих накладок щодо осі стикованих стрижнів при зварюванні однобічними швами: для стрижнів зі сталі класів А500С, не більше 0,1 dn.

Положення накладок повинне забезпечувати зручний доступ для виконання прихваток і наступного зварювання.

Стиковані стрижні варто скріплювати із круглими накладками чотирма або один з одним (при зварюванні унапусток) двома прихватками довжиною 15-20 мм кожна, розташованими з однієї сторони з'єднання на відстані (20 мм від краю накладок або напустку).

Вертикальні шви зварних з'єднань стрижнів класів А500С з накладками варто виконувати на прохід знизу нагору, перериваючи їх у зазору. Горизонтальні шви варто виконувати від кінців накладок до середини. У місцях закінчення швів (у початку зазору й наприкінці накладки) варто ретельно заварювати кратери. Наплавляти шви треба в один або кілька шарів залежно від діаметра стикованих стрижнів до одержання проектного січення.

Для попередження непроварів вершини кута й бічних сторін (крайок) з'єднань стрижнів з накладками або унапусток електрод варто розташовувати в площині, що ділить

кут навпіл, і надавати його кінцю коливальні рухи, трохи затримуючи електрод у крайніх положеннях й у вершинах кута.

Флангові шви повинні мати пласку поверхню зі збільшенням висоти або ширини не більше 2 мм.

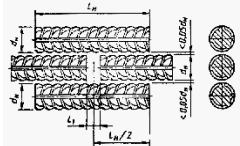
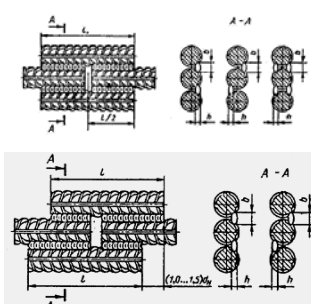
6. ЗВАРНІ З'ЄДНАННЯ ВІДПОВІДНО ДСТ 14098

ДСТ 14098-91 «З'єднання зварних арматур і заставних виробів залізобетонних конструкцій. Типи, конструкції й розміри.» поширюється на зварні з'єднання стрижневих арматур і арматурного дроту діаметром 3 мм і більше, зварні з'єднання стрижневих арматур із прокатом товщиною від 4 до 30 мм, виконувані при виготовленні арматурних і заставних виробів залізобетонних конструкцій, а також при монтажі збірних і зведенні монолітних залізобетонних конструкцій.

ДСТ 14098-91 встановлює типи, конструкцію й розміри зазначених зварних з'єднань, виконаних контактним і дуговим зварюванням.

Конструкції стикових з'єднань арматури, їхні розміри до й після зварювання повинні відповідати наведеним у табл. 6.1.

Таблиця 6.1.

Визначення типу з'єднання, способу зварювання	З'єднання арматур		Клас арматури	d_n	$l_n = l$	l_1	b	h
	до зварювання	Після зварювання						
321 — Р _н	 Теж, але накладки зміщені		A500C	10(40)	10d _n	0,5d _n , але ≥ 10	0,5d _n , але ≥ 8	0,5d _n , але ≥ 4
			A500C	10—40	10d _n			

7. ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА ДО ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ АРМАТУР

Спосіб зварювання ручне дугове зварювання (111)

Вид шва Стиковий шов С21-рн

Пластина й арматури арматури А500С

Положення при зварюванні РА, РF, РС (у човник, нижній горизонтал, вертикальний)

Матеріал зразка: Сталь 25Г2С

Діаметр арматур А 16...25 мм

Зварювальні матеріали: Э 55, Э 42А, Э 50А, d = 3...5 мм

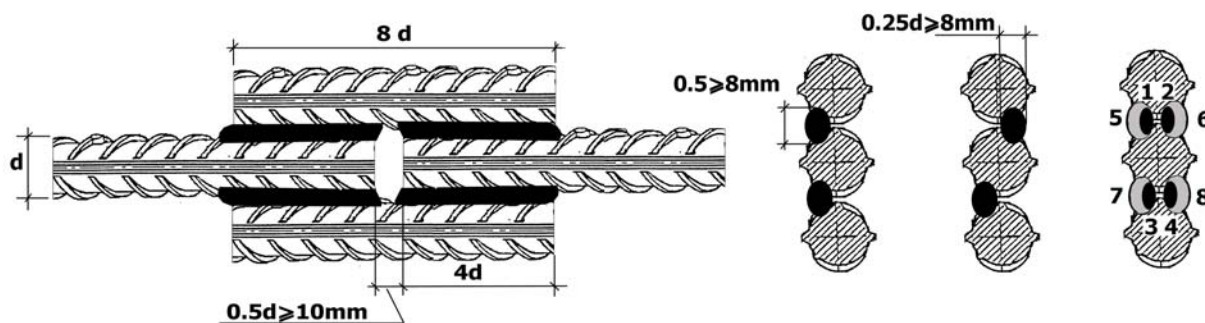


Рис 7.1. Загальний вид з'єднання. Порядок накладення зварних швів.

ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЗІ ЗВАРЮВАННЯ:

1. Електроди прокалювати при температурі 3500 С протягом години.
2. Очистити зразок від вологи, іржі й інших забруднень, закріпити на стенді, зробити прихватки, зробити зачищення прихваток, а потім виконати зварювання стику.
3. При зварюванні в нижньому положенні виконати електродом Ø 4,5 мм за один прохід. При зварюванні у вертикальному, горизонтальному, і стельовому положеннях зварювання виконувати багатшаровими швами електродами Ø 4мм .
4. Після зварювання зразок зачистити на ширину 20 мм з обох сторін шва, встановити клеймо й передати на лабораторні випробування.
5. Сила зварювального струму залежно від діаметра електрода й просторового положення: Шви «1» «4» - 80-100А, «5» «7» - 130-160А.
- 6.Обсяги й методи контролю - візуальний огляд, механічні випробування.
- 7.Норми оцінки якості- за ДСТ 16037-80 і ДСТ 7512-82, БНіП і ін.ДСТ, ЗСТ, інструкціями.

8. ПІДГОТОВКА, ЗБИРАННЯ Й ВИКОНАННЯ ЗВАРНИХ СТИКІВ

Для вивчення структури наплавленого металу шва й навколошовної зони, були виготовлені зварні стики арматур діаметрів 16 мм класу А500С, з парними бічними накладками, у кількості 10 шт. П'ять зразків з використанням електродів з рутиловим покриттям і п'ять із основним покриттям.



**Мал. 8.1. Сетгаров Р.Е.
Студент гр ПЦБ-502.**



**Мал. 8.2. Шевченко М.М.
Студент гр ПЦБ-502.**



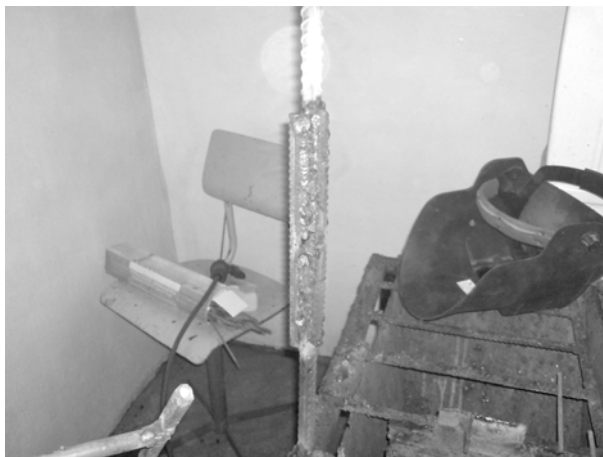
**Мал. 8.3. Збирання й прихватка
зварного з'єднання**



Мал. 8.4. Виконання корневих швів



Мал.8.5. Виконання облицювальних швів



Мал.8.6. Остигання зварного стику.



**Мал.8.7. Марування зварних стиків.
Постійний струм**



**Мал.8.8. Маркування зварних стиків.
Змінний струм**

Ручне дугове зварювання з'єднань здійснювалося протяжними швами у вертикальному положенні осі арматури. Зварювальні електроди вибиралися за класом арматури й просторовим положенням зварювальних швів. Збирання елементів стику виконували за допомогою двох прихваток, розташованих з протилежних сторін стрижня на відстані ≥ 20 мм від кінця стрижня. Зварювання, протяжними швами з'єднань стрижнів арматури виконали одиночними електродами на режимах, наведених у технологічній карті. Під час зварювання постійно контролювали провар кореня шва, підтримуючи гранично коротку дугу, на режимі: Діаметр арматури -16 мм; Діаметр електрода - 3-4 мм; Зварювальний струм, в А. 80...160.

9. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ

Контроль якості зварних з'єднань повинен бути комплексним і містити в собі:

- вхідний контроль якості матеріалів і деталей;
- контроль стану зварювального устаткування, інструментів і пристосувань;
- операційний контроль якості зварних з'єднань;
- приймальний контроль якості зварних з'єднань.

Якість матеріалів, що зварюють, і деталей (арматурної сталі) варто вважати задовільними, якщо:

- клас арматур і марка сталі відповідають сертифікату відповідності;
- діаметри арматур, встановлені шляхом вимірів не відрізняються від зазначених у сертифікаті й не виходять за межі допусків, регламентованих державним стандартом і технічними умовами;

- відсутні дефекти арматур: тріщини, розшарування, рвані або зазубрені крайки й торці на глибину більше 0,1 товщини діаметра стрижня;
- поверхні й крайки деталей, що підлягають зварюванню, очищені від забруднень.

При відсутності сертифіката або при виникненні сумнівів у правильності сертифіката, арматура повинна піддаватися зовнішньому огляду й контрольним механічним випробуванням. При необхідності уточнити марку сталі варто зробити її хімічний аналіз. Механічні випробування сталі імпортованих арматур роблять у всіх випадках поза залежністю від наявності сертифіката. Порядок вибору зразків для контрольних механічних випробувань, а також методика відбору проб для визначення хімічного складу сталі, повинні прийматися за ДСТУ 3760-98, ДСТ 5781-82, ДСТ 10884-81.

Контроль якості зварювальних матеріалів полягає в перевірці відповідності:

- типу, марки й діаметра електродів;
- зовнішнього вигляду, розмірів і діаметра зварювальних електродів вимогам діючих державних стандартів;
- умов зберігання електродів, а також режимів прокалки електродів вимогам діючих державних стандартів;

Зварювальні матеріали, які не мають документа, що засвідчує відповідність їхнім державним стандартам застосовувати не дозволяється.

Перевіркою устаткування, інструмента й пристосувань повинна бути встановлена можливість виконання з їх допомогою заданої технології зварювання. Загальна технічна справність устаткування повинна контролюватися й забезпечуватися у звичайному порядку шляхом своєчасного проведення технічних оглядів, паспортизації й ремонтів (поточного, середнього, капітального).

9.1. ВІЗУАЛЬНИЙ ОГЛЯД І КОНТРОЛЬНІ ВИМІРИ

Контроль якості зварних з'єднань у обсязі 100%, робили зовнішнім оглядом всіх стиків у процесі підготовки до зварювання й після нього, періодичною перевіркою режимів і техніки зварювання.

При зовнішньому огляді перевіряли:

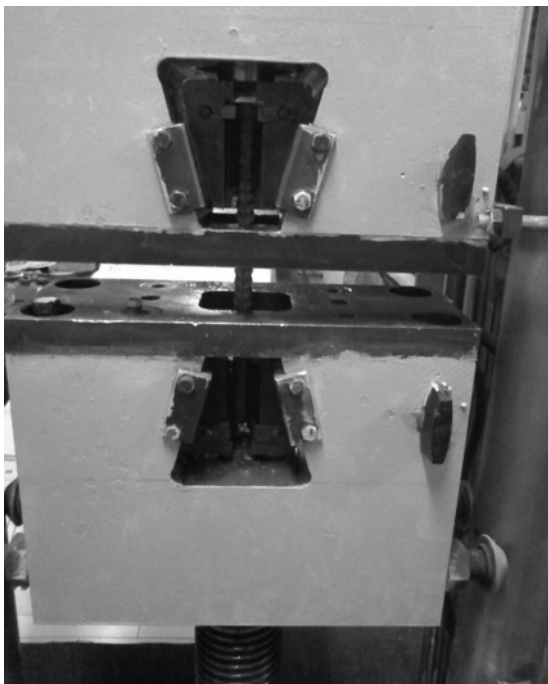
- правильність зрізання кінців стрижнів і їхнє очищення;
- дотримання міжторцевого зазору, відхилення від співвісності й злами осей стрижнів (за ДСТ 10922-90), неспіввісність стрижнів, з'єднаних встик;
- неспіввісність стрижнів, з'єднаних встик із двома бічними накладками ручним дуговим зварюванням при діаметрі стрижнів, що зварюють:
 - 16 мм, не більше 0,1 дн;
- правильність установки парних накладок;
- повноту заповнення оброблення стрижнів;
- відсутність несплавки, підрізів, здуттів і різких переходів до основного металу;
- наявність посилення в нижній частині горизонтальних стиків, а також наявність посилення в корені шва;
- наявність клейм на виконаних стиках.

При періодичній перевірці режимів ручного дугового зварювання й техніки зварювання контролювали правильність застосування устаткування матеріалів і дотримання техніки зварювання відповідно до технологічної карти.

9.2. МЕХАНІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ

Для контрольних механічних випробувань на розтягання вибрали зварні з'єднання стрижнів арматури одного класу й діаметра, виконані за єдиною технологією. Довжина контрольних зразків повинна бути не менше 600 мм, а стик - у середині зразка.

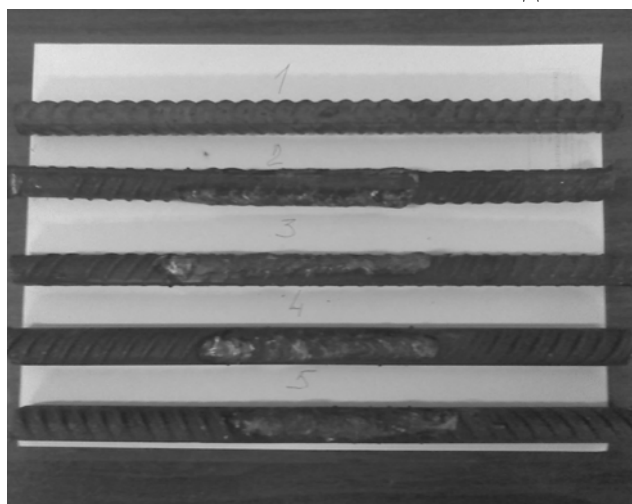
Випробування проводилися на розривній машині Р-20 (мал.9.2.1.).



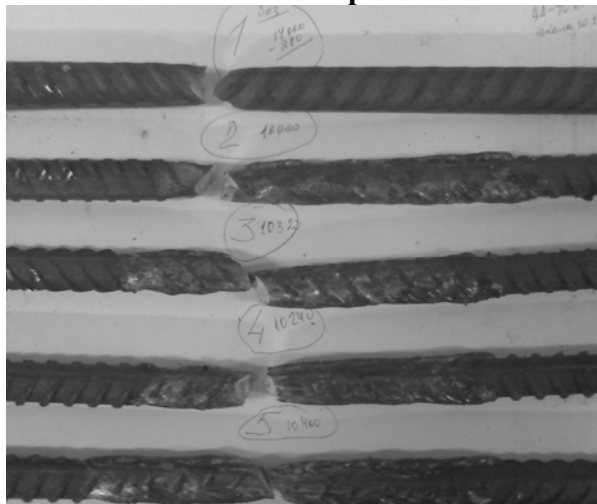
Мал.9.2.1 Р-20. Загальний вид



Мал.9.2.2 Р-20. Фрагмент



Мал.9.2.3 Зразки до випробувань



Мал.9.2.4 Зразки після випробувань

9.3. МЕТАЛОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

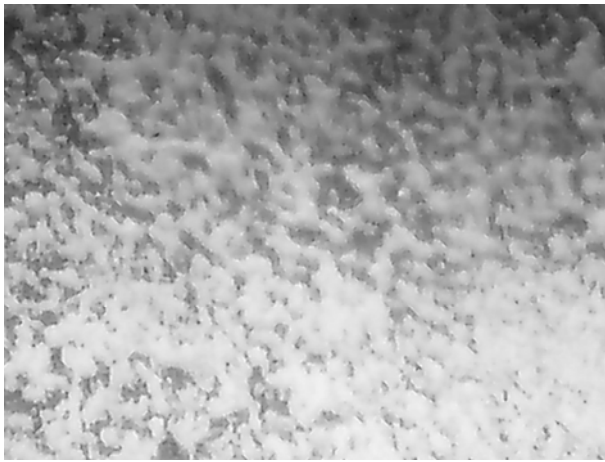
Після остигання були виготовлені мікрошліфи за раніше відомою та відпрацьованою методикою.



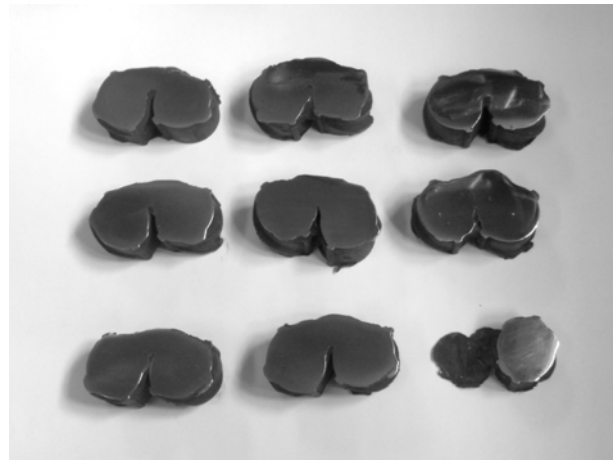
Мал. 9.3.1.Виготовлення мікрошліфів



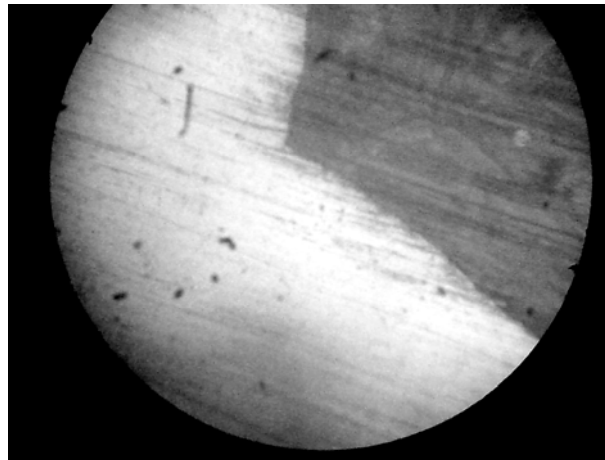
Мал. 9.3.2 Травлення мікрошліфів в 10-ти % спиртовому р-ні сірчаної кислоти



**Мал. 9.3.3. Мікрошліфи. Загальний вид
Шов виконаний УОНІ13/55**



Мал.9.3.4 Збільшення 600 крат



**Мал. 9.3.5. Виконаний АНО-4. Збільшення 600 крат.
Зона переходу від основного металу до шва**

10. РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Порівняння зварних з'єднань арматури класу А500С з використанням електродів із рутиловим і основним покриттям показало, що електроди з основним покриттям утворюють більше однорідну, пластичну структуру металу шва й навколошовної зони. Спостерігається плавний, малопомітний перехід від основного металу до наплавленого.

Структура металу шва й навколошовної зони, виконана з використанням електродів із рутиловим покриттям (АНО-4), неоднорідна з безліччю неметалічних включень (див. мал.9.3.5) і мікротріщин. Спостерігається різкий перехід від основного металу до наплавленого металу шва. Структура металу шва щільна, дрібнозерниста, імовірна присутність гартівних структур.

У стиковому з'єднанні основний стрижень працює тільки на нормальні зусилля. Згинальні моменти не були зафіксовані.

Несуча здатність зварного стикового з'єднання визначалася міцністю накладок.

Руйнування накладок всіх 10 зразків відбувалися на основному металі робочих стрижнів.

Місце розриву визначалося зоною високої концентрації напруги наприкінці флангового шва й втратою стійкості металу накладки в результаті термічного впливу при зварюванні.

ВИСНОВКИ

Для зварювання арматурної сталі класу А500С (ДСТУ 3760:2006), що використовується в залізобетонних сейсмостійких каркасах, краще застосовувати електроди з основним

покриттям (В), тому що наплавлений метал і метал навколошовної зони мають порівняно високі фізико-механічні показники.

Для зменшення величини концентрації напруг кінець зварного шва виводити на кінець з'єднуючого стрижня, де зусилля в цих стрижнях мінімальне;

Початок зварного шва необхідно формувати на початку стикуючої накладки;

Для виключення перегріву, зварні шви виконувати електродами діаметром не більше 3 мм. Для зниження залишкових внутрішніх напружень, катет шва виконати за кілька проходів;

При зварюванні дрібнозернистих, поліпшених сталей, а також зміцнених термомеханічним способом, необхідний попередній підігрів. Кожний наступний шов при багат шаровому шві виконувати після того, як температура попереднього складе не вище 100°C.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции. / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СРСР, 1985, -79 с.
2. ГОСТ 5264-80. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. – М.: Издательство стандартов. 1980. 31 с.
3. ГОСТ 14098-91. «Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры». –М.: Издательство стандартов. 1981. 10 с.
4. ГОСТ 9466-79. Electroды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия. – М.: Издательство стандартов. 1977. 20 с.
5. ДСТУ 3760-2006. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. – К.: 2007. 26 с.
6. Технологические рекомендации по ручной дуговой сварке соединений арматуры ванно-шовным способом и протяженными швами на монтаже производственного корпуса ЗАО «Крым АвтоГАЗ», КАПКС, ФПКП, Симферополь 2000, 41 с.
7. Ажермачев Г.А., Меннанов Э.М. «Особенности конструирования сейсмостойких стыков железобетонных каркасов при арматуре различных диаметров». Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства: Материалы 2-й Международной научно-технической интернет конференции. – Харьков : ХНАГХ, 2007.
8. Ажермачев Г.А., Меннанов Э.М. «Сварные стыки продольной арматуры класса А500С в колоннах сейсмостойких каркасов», Будівельні конструкції. Зб. наук. праць. – К.:НДІБК, 2008. – Вип. 69.
9. Ажермачев Г.А., Меннанов Э.М. «Особенности применения арматурного проката класса А500С, согласно ДСТУ 3760:2006 при изготовлении сварных стыков рабочей арматуры, сейсмостойких каркасных зданий с использованием ручной дуговой сварки»: Строительство, материалы, машиностроение. Зб. наук. праць. – Днепропетровск.: ПГАСА, 2008. – Вип. 48
10. Меннанов Э.М., Сеттаров Р.Э., Карпова В.С. «О выборе электродов для сварки продольной арматуры в каркасах сейсмостойких зданий и сооружений» Сб. науч. трудов НАПКС №24-25, Спб, 2008.
11. Меннанов Э.М., Шевченко Н.Н. «Альтернативный стык арматуры класса А500С». Сб. науч. трудов НАПКС №24-25, Спб, 2008.