

**Г.В.Левченко, В.С.Вахрушева, А.Д.Малыш, Т.В.Грицай,
Н.Г.Кучеренко**

ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРИВАЕМОСТИ АРМАТУРЫ КЛАССОВ BSt 500 S И A500C

Рассмотрены результаты испытаний свариваемости арматуры проката с минимальным значением предела текучести 500 Н/мм^2 по DIN 488 по ДСТУ 3760. Показано, что увеличение площади зоны термического влияния снижает прочность сварных соединений, а также уменьшает степень зависимости от исходной прочности свариваемой термически упрочняемой стали

Современное состояние вопроса.

В настоящее время как за рубежом, так и в отечественной строительной промышленности все более широко применяется арматурный прокат с минимальным значением предела текучести 500 Н/мм^2 – класса прочности BSt 500 S по DIN 488 и A500C по ДСТУ 3760. Для того чтобы эффективно использовать такой прокат для изготовления сварных соединений в железобетонных конструкциях, по требованию потребителей периодически проводятся специальные испытания по оценке его свариваемости.

Изложение основных материалов исследования.

В настоящей работе рассмотрены результаты испытаний свариваемости арматуры проката класса BSt 500 S, произведенного на меткомбинате «Криворожсталь». Исследования проводились в соответствии с разработанной методикой согласованной с сертификационным центром ТЮФ Норд и испытательным центром УКП меткомбината. От промышленных партий арматурного проката производился отбор проб, подготовка и сварка их. Сварку соединений оплавлением производили на Днепровском заводе мостовых железобетонных конструкций, а электродуговым способом – в условиях ОАО «Стальмонтажсервис». Была разработана специальная инструкция, в которой в зависимости от типа сварного соединения были установлены типы оборудования, величины напряжения и тока при разных видах сварки.

На рис. 1 показан общий вид исследуемых сварных соединений. Химический состав и механические свойства исследуемого проката в исходном состоянии показаны в табл.1. Видно, что химический состав и механические свойства исследуемого проката соответствуют требованиям DIN 488 и ДСТУ 3760.

Согласно программе сварные соединения испытывались на растяжение, загиб, разгиб и срез в соответствии с требованиями стандартов DIN 488–7 и DIN 4099.

Прежде чем проводить испытания всех исследуемых партий проката, предварительно выбирались оптимальные режимы сварки для каждого

типа соединений. Установлено, что влияние режима сварки усиливалось с уменьшением диаметра арматурного проката. Например, изменяя технологические параметры сварки, можно существенно уменьшить степень разупрочнения сварного соединения за счет уменьшения зоны термического влияния.



Рис.1. Общий вид исследуемых сварных соединений: слева направо – нахлесточное, крестообразное, стыковое.

На рис. 2 показана макроструктура сварных нахлесточных соединений арматуры из стали Ст3пс диаметром 10 мм, полученных при разных режимах сварки. По режиму 1 сварку производили в один слой от середины образца к краям зоны контакта. По режиму 2 сварку производили в два слоя от края зоны контакта стержней к середине образцов.



Рис. 2. Макроструктура сварного нахлесточного соединения, полученного электродуговой: слева направо – ручной сваркой, полуавтоматической (MAG 1-й режим), полуавтоматической (MAG 2-й режим) сваркой.

Соответственно уменьшению площади зоны термического влияния изменялась и величина снижения предела прочности сварного соединения по сравнению с исходным состоянием от 15 до 1%:

Результаты испытаний на растяжение сварных соединений из исследуемого проката приведены в табл.2. На рис. 3 показаны микроструктуры зоны разрушения некоторых из них

Таблица 1. Плавочный химический состав стали и механические свойства исследуемых образцов в исходном состоянии

№ п/п	Марка стали	Диаметр проката, мм	Плавочный химический состав, %					Исходные механические свойства		
			C	Mn	Si	S	P	σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ_{10} , %
1	Ст3пс	10	0,20	0,62	0,07	0,024	0,008	624	711	15,3
2	Ст3пс	10	0,19	0,59	0,08	0,032	0,011	632	727	14
3	Ст3пс	10	0,18	0,63	0,06	0,024	0,013	618	705	15
4	Ст3пс	10	0,18	0,54	0,04	0,030	0,029	549	633	15
5	Ст3пс	12	0,21	0,56	0,09	0,035	0,018	625	702	13
6	Ст3пс	12	0,20	0,56	0,06	0,032	0,013	614	686	13
7	Ст3пс	12	0,21	0,61	0,09	0,030	0,012	618	693	15
8	Ст3пс	16	0,21	0,62	0,08	0,031	0,01	556	656	16,5
9	Ст3пс	16	0,21	0,60	0,07	0,029	0,008	569	655	14,5
10	Ст3пс	16	0,21	0,61	0,07	0,022	0,008	563	660	13,5
11	Ст3пс	16	0,19	0,69	0,06	0,025	0,014	599	729	11
12	Ст3пс	16	0,19	0,58	0,05	0,026	0,010	600	715	15
13	Ст3Гпс	28	0,21	1,19	0,03	0,032	0,015	504	642	17
14	Ст3Гпс	28	0,21	1,18	0,03	0,031	0,014	507	650	16,3
15	Ст3Гпс	28	0,22	1,20	0,04	0,033	0,015	496	636	15
16	Ст3Гпс	28	0,21	1,23	0,03	0,018	0,016	625	758	14
17	Ст3Гпс	28	0,21	1,21	0,03	0,018	0,018	630	776	11
18	Ст3Гпс	28	0,21	1,10	0,03	0,026	0,019	624	761	12

Таблица 2. Механические свойства сварных соединений.

№ п/п	Марка стали	Диа- метр про- ка- та, мм	Способ сварки и тип сварных соединений							
			Электродуговая ручная, нахлесточное				Стыковая оплавлением, стыковое			
			σ_B , Н/мм ²	$\Delta\sigma_B$, [*] %	δ_{10} , %	ме- сто раз- ры- ва	σ_B , Н/мм ²	$\Delta\sigma_B$, [*] %	δ_{10} , %	ме- сто раз- ры- ва
1	Ст3пс	10	615	13,5	7,5	ЗТВ	—	—	—	—
2	Ст3пс	10	653	10,2	7	ЗТВ	—	—	—	—
3	Ст3пс	10	620	12,1	7	ЗТВ	—	—	—	—
4	Ст3пс	10	—	—	—	—	549	13,3	7,4	ЗТВ
5	Ст3пс	12	581	17,2	8	ЗТВ	—	—	—	—
6	Ст3пс	12	596	13,1	7,5	ЗТВ	—	—	—	—
7	Ст3пс	12	624	10	6,5	ЗТВ	—	—	—	—
8**	Ст3пс	16	624	4,9	—	ЗТВ	—	—	—	—
9**	Ст3пс	16	666	−1,7	—	ЗТВ	—	—	—	—
10**	Ст3пс	16	664	−0,6	—	ЗТВ	—	—	—	—

11	Ст3пс	16	—	—	—	—	553	24	7	ЗТВ
12	Ст3пс	16	—	—	—	—	551	23	7	ЗТВ
13	Ст3Гпс	28	633	1,4	12,8	осн. Ме	—	—	—	—
14	Ст3Гпс	28	628	3,4	13	осн. Ме	—	—	—	—
15	Ст3Гпс	28	647	–1,7	12	осн. Ме	—	—	—	—
16	Ст3Гпс	28	736	2,9	11,5	осн. Ме	604	20,3	6,5	ЗТВ
17	Ст3Гпс	28	752	3,1	8	осн. Ме	604	22,2	7,1	ЗТВ
18	Ст3Гпс	28	725	4,7	8	осн. Ме	609	20	4,6	Шов

* – $\Delta\sigma_B$ – отличие σ_B сварного соединения от σ_B проката в исходном состоянии, знак «–» означает упрочнение

** – электродуговая полуавтоматическая сварка

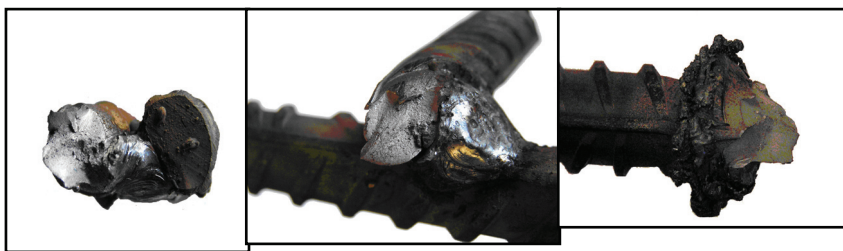


Рис. 3. Макроструктура зоны разрушения исследуемых сварных соединений: слева направо – нахлесточное, крестообразное, стыковое.

Результаты испытаний показали, что разрыв нахлесточных сварных соединений, как правило, происходил по зоне термического влияния, а по основному металлу разрушаются соединения из арматуры $\varnothing 28$ мм. Это связано с тем, что с увеличением диаметра проката уменьшается зона термического влияния.

При контактной стыковой сварке площадь термического влияния ($S_{п.т.в}$) становится равной площади поперечного сечения стержня ($S_{ст}$). В результате разрыв происходит по зоне термического влияния и прочность сварного соединения значительно снижается (до 24%) по сравнению с исходным состоянием проката.

Таким образом, так же как в работе [1], показано, что увеличение площади зоны термического влияния снижает прочность сварных соединений, а также уменьшает степень зависимости от исходной прочности сдвигаемой термически упрочняемой стали.

Исследования показали, что сварные соединения опытных образцов крестообразного типа значительно меньше подвержены разупрочнению (табл. 3) в связи с тем, по сравнению с нахлесточным соединением, зона термического влияния занимает меньшую площадь. Однако следует отметить, что при контактно–точечной сварке арматурного проката различных диаметров свариваемость крестообразного соединения ухудшается из-за чрезмерного нагрева арматуры меньшего сечения.

Все типы сварных соединений и видов сварки выдержали испытания на изгиб и изгиб с разгибом.

Результаты испытаний показали, что исследуемый арматурный прокат класса А500С производства меткомбината «Криворожсталь» можно считать свариваемым, так как он отвечает требованиям стандартов ДСТУ 3760 и ГОСТ 10922. Временное сопротивление различных типов сварных соединений не снижается ниже нормируемого стандартом для класса А500С уровня – $0,9\sigma_B$.

Выводы.

При определении пригодности исследуемого проката к сварке в соответствии с требованиями DIN 488 необходимо учитывать более жесткие требования. В частности, нахлесточное сварное соединение считается выдержавшим испытание на растяжение, если излом стержня происходит не в месте сварки или, в случае излома в области сварного соединения, снижение σ_B по сравнению с исходным состоянием составляет не более 10% и его значение не ниже номинального. Стыковое и крестообразное соединение считается выдержавшим испытание на растяжение, если снижение σ_B составляет по сравнению со средним значением проката в исходном состоянии не более 10%, а значение относительного удлинения δ_{10} составляет не менее 10%.

Поэтому показатели свариваемости исходного проката, оцениваемые по DIN 488 значительно хуже, чем по ДСТУ 3760. Сварные стыковые соединения из испытываемого проката можно считать не выдержавшими испытаний на свариваемость по DIN 488 из-за чрезмерного снижения σ_B по сравнению с исходным состоянием проката и низкими значениями δ_{10} (менее 10%).

1. Худик Ю.Т. Влияние сварки на прочность термически упрочненной арматурной стали // Упрочняющая механическая и термомеханическая обработка проката. – УкрНИИНТИ. – 1968. – С.36–39.

Статья рекомендована к печати д.т.н., проф. И.Г.Узловым.