

УДК 693.554.6

В.В. ДЬЯЧКОВ¹, канд. техн. наук (d_vv@mail.ru), зам. руководителя Центра № 3,
В.Д. ТЕРИН¹, канд. техн. наук (terin@bk.ru), руководитель Центра № 3;
С.Б. ШУМИЛОВ² (Sergey.Shumilov@evraz.com), начальник отдела новых продуктов
технического управления, Е.В. ЧИНОКАЛОВ², канд. техн. наук (Evgeny.Chinokalov@evraz.com),
главный специалист по технологии технического управления

¹ Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона –
НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» (109428, Москва, ул. 2-я Институтская, 6, к. 5)

² АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (654043, г. Новокузнецк, Космическое ш., 16)

Оптимизация химического состава свариваемой арматуры класса А500С по ГОСТ 34028–2016

Представлены основные положения НИОКР, совместной с АО ЕВРАЗ целью которой является определение возможной оптимизации химического состава арматуры класса А500С по ГОСТ 34028–2016 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия», что позволит снизить стоимость выпускаемой арматуры без снижения ее нормативных характеристик, в частности свариваемости. Оценку свариваемости арматуры с различным химическим составом выполняли путем испытаний при растяжении, которые в наибольшей степени влияют на механические свойства сварных соединений. Приведены результаты испытаний сварных соединений арматуры диаметром 16–28 мм класса А500С с различными значениями углеродного эквивалента $C_{э\text{кв}}$ в плавке. Сформулированы предложения по внесению изменений в ГОСТ 34028–2016, касающиеся более дифференцированного подхода к назначению нижней границы углеродного эквивалента $C_{э\text{кв}}$ арматуры класса А500С диаметром 16–25 мм. Также проведено испытание сварных соединений арматуры диаметром 32 мм класса А500С с различным содержанием углерода в плавке. Результаты показали, что допускаемые увеличения содержания углерода свариваемой арматуры диаметром 32–40 мм до 0,25% в плавке, заложенные в EN 10080 и ISO 6935-2, и до 0,26%, указанные в ГОСТ Р 52544–2006, не снижают прочность сварных соединений на растяжение и не уменьшают технологические характеристики при изгибе. На основании этого даны предложения по внесению изменений в ГОСТ 34028–2016. Результаты проведенных испытаний подтвердили, что имеются достаточные основания для дальнейших исследований по корректировке нижних значений углеродного эквивалента арматуры диаметром 16–25 мм класса А500С и максимального содержания углерода для арматуры диаметром более 32 мм класса А500С других заводов-производителей.

Ключевые слова: арматура, свариваемость, содержание углерода, углеродный эквивалент.

Для цитирования: Дьячков В.В., Терин В.Д., Шумилов С.Б., Чинокалов Е.В. Оптимизация химического состава свариваемой арматуры класса А500С по ГОСТ 34028–2016 // Бетон и железобетон. 2021. № 5–6 (607–608). С. 25–31.

V.V. DYACHKOV¹, Candidate of Sciences (Engineering) (d_vv@mail.ru), V.D. TERIN¹, Candidate of Sciences (Engineering) (terin@bk.ru);
S.B. SHUMILOV², (Sergey.Shumilov@evraz.com), head of the new products of the technical department,
E.V. CHINOKALOV², Candidate of Sciences (Engineering) (Evgeny.Chinokalov@evraz.com) Chief technology specialist of the technical department
¹ Research, Design and Technological institute of Concrete and Reinforced Concrete – NIIZHB named after A.A. Gvozdev
JSC “Research Center “Stroitel'stvo”, Center No. 3 (6, build. 5, 2-nd Institut'skaya Street, Moscow, 109428, Russian Federation)
² “EVRAZ ZSMC” JSC (16, 654043, Novokuznetsk, highway Kosmicheskoe.)

Optimization of the Chemical Composition of the Welded Reinforcement of Grade A500W According to GOST 34028–2016

The article presents the main provisions of joint research and development with JSC EVRAZ, the purpose of which is to determine the possible optimization of the chemical composition of reinforcement grade A500W according to GOST 34028–2016, which will reduce the cost of manufactured reinforcement without reducing its standard characteristics, in particular weldability. The weldability of reinforcement with different chemical compositions was evaluated by tensile tests that most significantly affect the mechanical properties of welded joints. The results of tests of welded joints of reinforcement with a diameter of 16–28 mm of grade A500W with different values of the carbon equivalent of C_{eqv} in the cast are presented. Proposals for amendments to GOST 34028–2016 concerning a more differentiated approach to the assignment of the lower limit of the carbon equivalent of the C_{eqv} of reinforcement grade A500W with a diameter of 16–25 mm are formulated. The results of tests of welded joints of reinforcement with a diameter of 32 mm of grade A500W with different carbon content in the cast are presented. The test results showed that the permissible increase in the carbon content of the welded reinforcement with a diameter of 32–40 mm to 0.25% in the cast laid down in EN 10080 and ISO 6935-2 and up to 0.26% specified in the canceled GOST R 52544–2006 does not reduce the tensile strength of welded joints and does not reduce the technological characteristics during bending. Based on this, proposals for making changes to GOST 34028–2016 are given. The test results showed that there are sufficient grounds for further research to adjust the lower values of the carbon equivalent of reinforcement with a diameter of 16–25 mm of grade A500W and the maximum carbon content for reinforcement with a diameter of more than 32 mm of grade A500W from other manufacturers.

Keywords: reinforcement, weldability, carbon content, carbon equivalent.

For citation: Dyachkov V.V., Terin V.D., Shumilov S.B., Chinokalov E.V. Optimization of the chemical composition of the welded reinforcement of grade A500W according to GOST 34028–2016. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2021. No. 5–6 (607–608), pp. 25–31. (In Russian).

Свариваемость – свойство металлов образовывать при определенных режимах сварки соединения, отвечающие требованиям действующих нормативных документов.

Свариваемость металлов зависит от множества факторов – химического состава стали и способа производства проката, а также комплекса технологических параметров и операций при изготовлении и испытании сварных соединений. При оценке свариваемости металла в основном уделяют внимание химическому составу, в частности содержанию углерода, наличию легирующих добавок, а также минимальному и максимальному значениям углеродного эквивалента, которые гарантируют требуемые показатели механических свойств и отсутствие холодных трещин при сварке. Кроме того, результаты испытаний сварных соединений должны отвечать требованиям соответствующих стандартов [1–15].

По такому же принципу выполняется оценка свариваемости арматурного проката, основные требования для которого заложены в ГОСТ 34028–2016 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия». Однако, по мнению авторов представленной статьи, требования к свариваемости арматурного проката, заложенные в ГОСТ 34028–2016, можно оптимизировать, тем самым снизив себестоимость выпускаемой продукции без снижения ее нормативных характеристик.

Это основывается на требованиях, заложенных в отмененном ГОСТ Р 52544–2006 «Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций. Технические условия», по сути, первом документе, который предъявлял требования к свариваемости арматурного проката, и результатах последних испытаний сварных образцов арматуры. В ГОСТ Р 52544–2006 для арматуры класса А500С

диаметром 32 мм и более допускалось увеличение в стали массовой доли углерода до 0,26% и углеродного эквивалента $C_{\text{ЭКВ}}$ до 0,53% (в готовом прокате до 0,27 и 0,57% соответственно); такие же допущения имеют место в EN 10080 и ISO 6935. Однако в ГОСТ 34028–2016 подобное или уточненное требование отсутствует и арматурный прокат диаметром 32 мм и более классов А400С, А500С и А600С гарантируется как свариваемый одновременным выполнением требований:

- по химическому составу с содержанием углерода в стали не более 0,22% (в готовом прокате не более 0,24%);
- по введению в сталь для проката А500С и А600С легирующих элементов ванадия, ниобия, молибдена;
- по максимальным значениям углеродного эквивалента $C_{\text{ЭКВ}}$;
- для арматурного проката классов А500С и А600С вместо введения в сталь легирующих элементов допускается гарантировать свариваемость верхними и нижними значениями углеродного эквивалента $C_{\text{ЭКВ}}$ в зависимости от диаметра;
- по результатам испытаний образцов сварных соединений арматуры.

Сравнение требований химического состава различных нормативных документов приведено в табл. 1.

В отличие от европейских норм ГОСТ 34028–2016 допускает обеспечивать прочность сварных соединений нижними и верхними значениями углеродного эквивалента, которые составляют для диаметров:

- до 12 мм включительно – 0,26–0,5 (0,52);
- св. 12–18 мм – 0,3–0,5 (0,52);
- 20–28 мм – 0,35–0,5 (0,52);
- 32–40 мм – 0,4–0,5 (0,52).

По результатам ранее проведенных испытаний в Центре № 3 НИИЖБ им. А.А. Гвоздева арматура диаметром до 28 мм класса А500 с $C_{\text{ЭКВ}}=0,29\%$ и диа-

Таблица 1
Table 1

Сравнение требований к химическому анализу различных нормативных документов
Comparison of chemical analysis requirements of various standard documents

Массовая доля элементов не более, %							C _{экв}
C	Si	Mn	P	S	N	Cu	
EN 10080							
0,22 ¹ (0,24)	–	–	0,05 (0,055)	0,05 (0,055)	0,012 (0,014)	0,8 (0,85)	0,5 (0,52)
ISO 6935-2							
0,22 ² (0,24)	0,6 (0,62)	1,6 (1,62)	0,05 (0,052)	0,05 (0,052)	0,012 (0,014)	–	0,5
ГОСТ 34028–2016							
0,22 (0,24)	0,9 (0,95)	1,6 (1,7)	0,05 (0,055)	0,05 (0,055)	0,012 (0,013)	0,35 (0,35)	0,5 (0,52)
Примечания:							
¹ Допускается превышение максимальных значений углерода на 0,03 мас. % при условии снижения значения углеродного эквивалента на 0,02 мас. %.							
² Для арматуры диаметром более 32 мм допускается увеличение содержания углерода (C) до 0,25 (0,27%) при углеродном эквиваленте C _{экв} до 0,55%.							
В скобках указаны значения в готовом прокате.							

метром 32 мм с содержанием углерода до 0,27% в готовом прокате признана свариваемой и поэтому есть все основания для оптимизации этих показателей в нормативных документах.

Для проверки вышеуказанных предположений совместно со специалистами ЕВРАЗ ЗСМК выполнены исследования прочности образцов сварных соединений арматуры класса А500 с различным химическим составом.

Для этого исследования были разбиты на два этапа:

– оценка свариваемости арматурного проката диаметром 14–28 мм класса А500 с различным значением углеродного эквивалента;

– оценка свариваемости арматурного проката диаметром 32 мм и более класса А500 с содержанием углерода 0,23–0,26%.

Оценку свариваемости выполняли путем испытаний при растяжении и изгибе сварных соединений, широко применяющихся в строительстве и в наи-

большей степени влияющих на механические свойства арматуры.

В работе были приняты типы сварных соединений, оказывающие наибольшее влияние на прочность соединений при растяжении и степень разупрочнения арматуры по сравнению с исходными образцами целых стержней; к таким соединениям традиционно относятся типы С1-Ко и С23-Рэ по ГОСТ 14098–2014 «Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры», характеризующиеся большими тепловложениями при сварке. На технологические операции, т. е. изгиб, оказывают влияние сварные соединения, характеризующиеся «ожогами», к таким соединениям относятся К1-Кт и К3-Рп по ГОСТ 14098–2014.

Для оптимизации значений углеродного эквивалента $C_{ЭКВ}$ на первом этапе работы было изготовлено и испытано 438 образцов сварных соединений арматуры, средние значения временного сопротивления

Таблица 2
Table 2

Средние значения временного сопротивления σ_b (Н/мм²) сварных соединений арматуры и арматуры в исходном состоянии

Average values of ultimate tensile strength R_m (N/mm²) of welded joints of reinforcement and reinforcement in the original state

Диаметр арматуры, мм	Углеродный эквивалент $C_{ЭКВ}$, %	Тип сварного соединения				Исходные образцы
		С1-Ко	С23-Рэ	К1-Кт	К3-Рп	
16	0,26	618,1	666,7	680,4	701,9	677,9
	0,27	617,9	663,3	661,7	666,6	699,3
	0,29	668,7	717,4	727,5	740,9	745,9
18	0,27	643,5	744,6	744,6	779,4	779,4
	0,28	618,4	686,5	764,5	768,5	736,1
	0,29	652,6	716,3	745,4	762	776
	0,29 ¹	611,3	654,7	–	–	727,3
20	0,27	595,4	601,7	782,2	718,7	805,9
	0,28	610,8	618,9	663	659,8	671,5
	0,29	646,4	634,4	749,7	754,1	756,1
	0,3	642,6	674,7	805,7	812,6	819,5
	0,31	659,7	633,5	818,9	818,4	844,6
	0,32	661,1	638,5	816	852,8	877,4
25	0,27	590,2	760,6	756,4	748,1	804,2
	0,28	614,2	689,4	694,2	712,2	730,8
	0,29	623,1	750,6	770,8	763,8	776,7
	0,3	646,8	662,3	797,8	796,2	793,6
	0,31	642	684,2	809,5	782,4	810,2
	0,32	630,2	643,5	792,8	804,7	789,4
28	0,27	611,8	–	747,5	741,8	761,7
	0,28	602,9	–	713,9	730,8	731,3
	0,29	606	–	816,4	822,5	835,6
	0,291	633,6	–	–	–	769,0
	0,3	610,2	–	759,2	773,4	773,7
	0,31	615,9	–	755,8	756,4	759,7
	0,32	618,3	–	802,2	773,8	793,7

Примечание. ¹ Результаты испытаний получены в 2018 г.

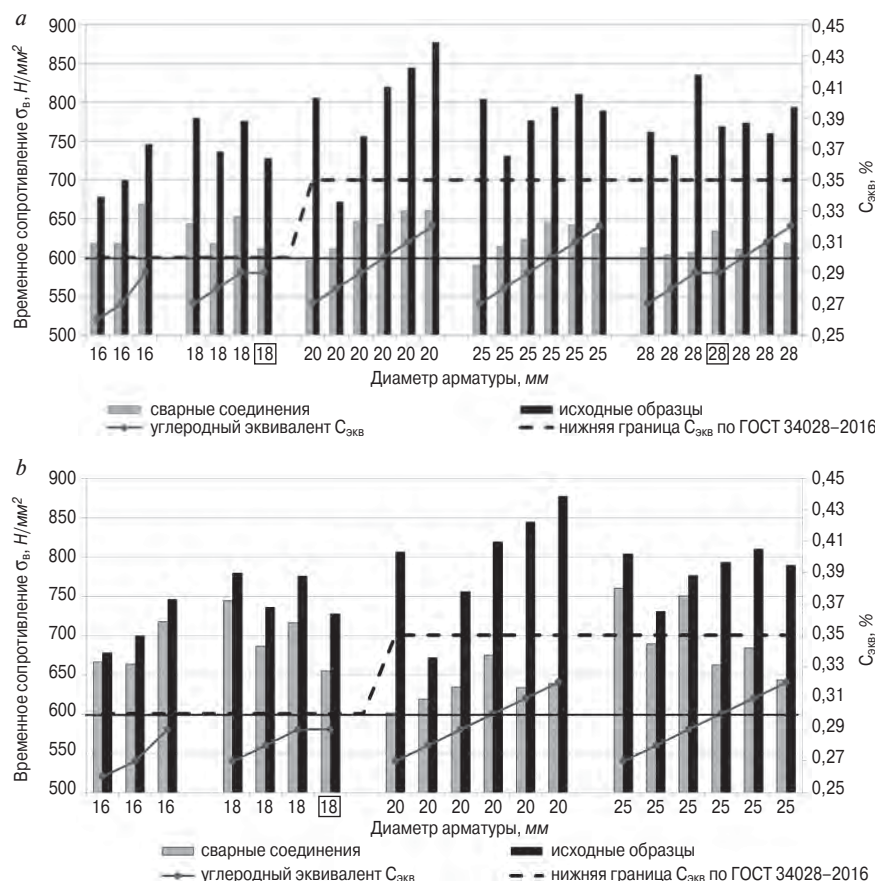


Рис. 1. Сводный график результатов испытаний сварных соединений арматуры типа: а – С1-Ко (контактно-стыковая сварка), □ – результаты испытаний арматуры диаметром 18 и 28 мм с $C_{экв}=0,29\%$ в 2018 г.; б – С23-Рэ (ручная дуговая сварка внахлест), □ – результаты испытаний арматуры диаметром 18 мм с $C_{экв}=0,29\%$ в 2018 г.

Fig. 1. Summary graph of test results of welded joints of reinforcement type: а – С1-Ко (butt welding), □ – test results of reinforcement with a diameter of 18 and 28 mm with $C_{eqv}=0.29\%$ in 2018; б – С23-Рэ (manual overlapped arc welding), □ – test results of reinforcement with a diameter of 18 mm with $C_{eqv}=0.29\%$ in 2018

при растяжении которых представлены в табл. 2. Для сравнения результатов испытаний и оценки степени разупрочнения сварных соединений были испытаны на растяжение по ГОСТ 12004–81 «Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение» образцы арматуры в исходном состоянии, результаты которых представлены в табл. 2.

Сводные результаты испытаний сварных соединений арматуры типов С1-Ко и С23-Рэ, наиболее подверженных разупрочнению, представлены на рис. 1.

Результаты испытаний, представленные в табл. 2, показали, что крестообразные сварные соединения типов К1-Кт и К3-Рп, характеризующиеся «ожогами», при испытании на растяжение практически не разупрочнялись и не разрушались, как по арматуре, так и в зоне термического влияния. Испытания на изгиб до угла 60° этих соединений не показали наличия видимых трещин в месте загиба. Наблюдались только отслоения поперечных стержней, что допускается ГОСТ 34028–2016.

В то же время снижение нижней границы значения углеродного эквивалента по ГОСТ 34028–2016 однозначно уменьшает прочность стыковых сварных соединений арматуры по сравнению с исходным металлом. Наибольшим разупрочнением до 27,4% характеризуются стыковые соединения арматуры типов С1-Ко и С23-Рэ диаметром 20, 25 и 28 мм с временным сопротивлением арматуры в исходном состоянии $\sigma_b \approx 800–850$ Н/мм². При этом разупрочнение уменьшается с уменьшением фактической прочности (степени ТМУ) исходных образцов арматуры и диаметра арматуры (рис. 2, а), однако явная зависимость уменьшения степени разупрочнения сварных соединений от увеличения $C_{экв}$ с 0,27 до 0,32%, в особенности для диаметров 20–28 мм (рис. 2, б), отсутствует. Таким образом, повышение прочности арматуры лишь за счет ТМУ, без назначения нижней границы значений $C_{экв}$, не гарантирует соответствия прочности требованиям НТД сварных соединений арматуры с временным сопротивлением в исходном состоянии на уровне браковочных значений по ГОСТ 34028–2016.

Характер разрушения образцов сварных соединений типов К1-Со и С23-Рэ был как по арматуре в зоне термического влияния сварки, так и по сварке с образованием шейки пластичности в зоне сварного стыка. Вид разрушения носил случайный характер и не был привязан к значениям углеродного эквивалента $C_{экв}$.

Результаты испытаний, полученные на первом этапе работы, позволяют сделать вывод, что подход к назначению нижней границы углеродного эквивалента $C_{экв}$, по крайней мере для арматуры диаметром 16–25 мм класса А500С, можно сделать более дифференцированным, чем это представлено в п. 6.1.4.4 ГОСТ 34028–2016.

По результатам проведенных испытаний п. 6.1.4.4 ГОСТ 34028–2016 можно сформулировать следующим образом:

«6.1.4.4. Для проката классов А500С и А600С допускается вместо введения в сталь легирующих элементов V, Nb, Mo гарантировать свариваемость значением углеродного эквивалента $C_{экв}$, %, в пределах:

Таблица 3
Table 3

Средние значения временного сопротивления σ_b (Н/мм²) сварных соединений арматуры и арматуры в исходном состоянии
Average values of ultimate strength R_m (N/mm²) of welded joints of reinforcement and reinforcement in the original state

Диаметр арматуры, мм	Значение углерода (C) в плавке, %	Углеродный эквивалент $C_{экр}$, %	Тип сварного соединения			Исходные образцы
			C1-Ко	K1-Кт	K3-Рп	
32	0,24	0,42	647,5	718,3	706	720,2
	0,25	0,43	662,5	725,6	705,7	722,9
	0,26	0,45	689,9	721,8	722,7	722,3
	0,21	0,45	702,5	728,8	724,6	725,6

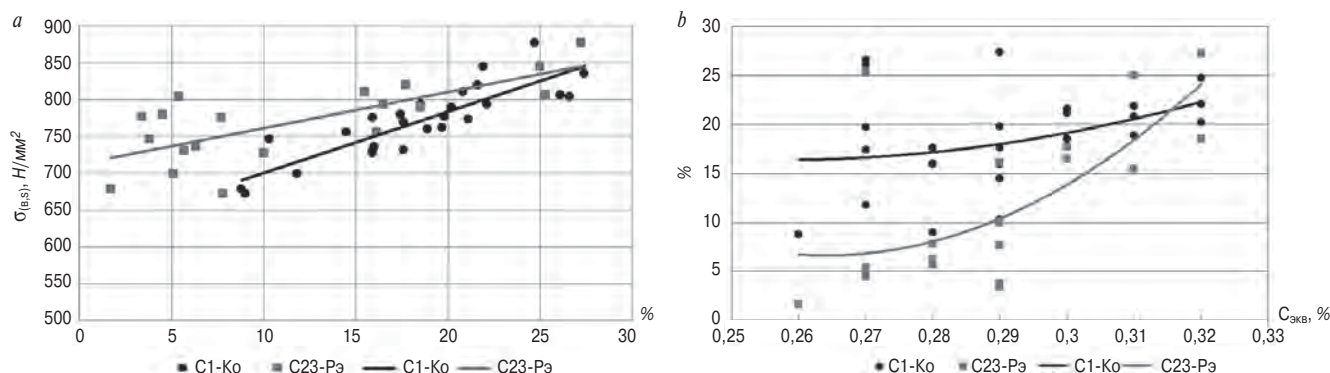


Рис. 2. Степень разупрочнения (в %) образцов сварных соединений арматуры типов C1-Ко и C23-Рэ в зависимости от: а – временного сопротивления исходных образцов; б – значений углеродного эквивалента

Fig. 2. Degree of softening (in %) of specimens of welded joints of reinforcement of types C1-Ко and C23-Рэ, depending on: а – the ultimate strength of the original specimens; б – values of the carbon equivalent

Для проката класса А500С номинальным диаметром, мм:

до 12 включительно	–	0,26–0,5 (0,52);
свыше 12 » 20 »	–	0,29–0,5 (0,52);
» 22 » 25 »	–	0,32 – 0,5 (0,52);
» 28 » 0,35	–	0,5 (0,52);
» 32 » 40 »	–	0,4 – 0,5 (0,52);

для проката класса А600С номинальным диаметром, мм:

до 12 включительно	–	0,26–0,5 (0,52);
свыше 12 » 18 »	–	0,3–0,5 (0,52);
» 20 » 28 »	–	0,35–0,5 (0,52);
» 32 » 40 »	–	0,4– 0,5 (0,52)».

Вышеуказанные предложения приведены с прицелом на апробацию исследуемых значений углеродного эквивалента и режимов сварки на арматурном прокате других производителей, а также набора статистических данных.

Для оценки свариваемости арматурного проката с содержанием углерода (C) до 0,26% в плавке диаметром 32 мм и более класса А500С на втором этапе работы были изготовлены и испытаны образцы сварных соединений арматуры диаметром 32 мм, а для сравнения результатов испытаний в качестве эталонных образцов были изготовлены и испытаны сварные соединения арматуры диаметром 32 мм класса А500С марки 18Г2С с содержанием углерода в плавке 0,21%. Результаты испытаний представлены в табл. 3.

Анализируя результаты испытаний, можно сделать вывод, что с увеличением содержания углерода (C) в плавке до 0,26% не происходит однозначного снижения прочности сварных соединений арматуры диаметром 32 мм по сравнению с исходным металлом. Сварные соединения типов К3-Рп и К1-Кт при испытании на растяжение практически не разупрочнились и разрушались в основном по арматуре, пластично. Результаты испытаний этих типов соединений на изгиб до угла 60° соответствуют требованиям ГОСТ 34028–2016.

Сварные соединения типа C1-Ко арматуры 18Г2С с углеродом C=0,21%, принятые в качестве эталона, показали среднее значение $\sigma_b=702,5$ Н/мм², в то время как соединения из арматуры СтЗГсп с содержанием C=0,24; 0,25 и 0,26% показали среднее значение $\sigma_b=647,5$; 662,5 и 689,9 Н/мм² соответственно. Характер разрушения сварных соединений типа C1-Ко арматуры с углеродом C=0,21% в 100% случаев происходил в зоне термического влияния сварки. С повышением содержания углерода стали появляться случаи разрушения по сварке с образованием шейки в зоне стыка, но прямой зависимости характера разрушения образцов и значений углерода не наблюдалось.

Однако из представленных в табл. 3 значений видно, что на прочность стыковых сварных соединений C1-Ко и соответственно степень их разупрочнения повлияла величина углеродного эквивалента $C_{экр}$.

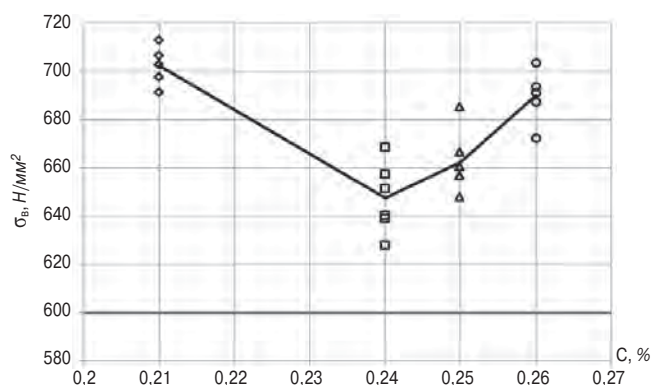


Рис. 3. Средние значения временного сопротивления образцов сварных соединений арматуры типа С1-Ко в зависимости от содержания углерода в плавке

Fig. 3. Average values of the ultimate tensile strength of samples of welded joints of reinforcement type C1-Ko, depending on the carbon content in the cast

Временное сопротивление сварных образцов арматуры в зависимости от содержания углерода и значений углеродного эквивалента показаны на рис. 3 и 4 соответственно.

Зависимость временного сопротивления образцов сварных соединений арматуры типа С1-Ко от углеродного эквивалента получила линейный характер, и если ее продолжить до нижней границы значения углеродного эквивалента $C_{\text{ЭКВ}}=0,4\%$ по ГОСТ 34028–2016, то получим временное сопротивление $\sigma_b=613,8 \text{ Н/мм}^2$, что укладывается в требования норм. Верхнюю границу углеродного эквивалента в готовом прокате для исключения образования холодных трещин при сварке необходимо ограничить значением 0,52% в соответствии с ГОСТ 34028–2016.

По результатам выполненных исследований на втором этапе работы можно сделать следующие выводы:

1. Увеличение содержания углерода до 0,26% в плавке арматуры диаметром 32 мм класса А500С не снижа-

Список литературы

- Иванайский Е.А., Ишков А.В., Иванайский В.В., Лыткин В.А. Структура и свойства сварных соединений арматуры, микролегированной ванадием // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. 2019. № 1 (63). С. 256–261.
- Климов Д.Е., Громова Д.В. Обеспечение свариваемости арматурного проката. Оценка требований межгосударственных и российских стандартов // Вестник НИЦ «Строительство». 2020. Вып. 24. С. 54–61. DOI: [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-1\(24\)-54-61](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-1(24)-54-61)
- Зборовский Л.А. К вопросу о свариваемости арматуры класса А500С // Научные труды 2-й Всероссийской (Международной) конференции «Бетон и железобетон – пути развития». Т. 5. М.: НИИЖБ, 2005. С. 401–405.
- Слышенков С. О., Дьячков В. В., Зборовский Л. А. О свариваемости арматуры класса А500С // Про-

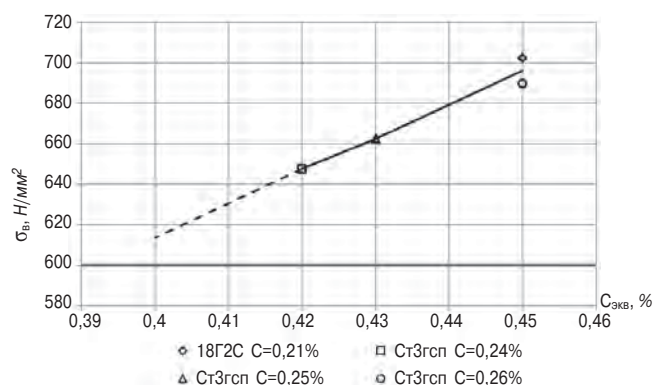


Рис. 4. Зависимость временного сопротивления образцов сварных соединений арматуры типа С1-Ко от углеродного эквивалента $C_{\text{ЭКВ}}$ в плавке

Fig. 4. Dependence of the ultimate strength of samples of welded joints of reinforcement type C1-Ko on the carbon equivalent C_{eqv} in the cast

ет прочность сварных соединений на растяжение и не уменьшает технологические характеристики при изгибе.

2. Результаты испытаний показали, что на прочность сварных соединений арматуры диаметром 32 мм класса А500С при растяжении оказало значение углеродного эквивалента $C_{\text{ЭКВ}}$, которое находилось в плавках в пределах от 0,42 до 0,45%.

Для набора статистических данных необходимо продолжить исследования арматуры других заводов-производителей, при этом по результатам выполненных исследований и анализа зарубежной НТД можно дать следующие предложения по внесению изменений в ГОСТ 34028–2016:

В Приложение к табл. 4 ГОСТ 34028–2016 добавить п. 9:

«9. Для проката диаметром 32 мм и более класса А500С допускается увеличение в стали массовой доли углерода до 0,26% (в готовом прокате до 0,27%) со значением углеродного эквивалента $C_{\text{ЭКВ}}$ согласно п. 6.1.4.4».

References

- Ivanaiskiy E.A., Ishkov A.V., Ivanaiskiy V.V., Lytkin V.A. Structure and properties of welded joints of microalloyed vanadium reinforcement. *Uchenyye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta*. 2019. No. 1 (63), pp. 256–261. (In Russian).
- Klimov D.E., Gromova D.V. Ensuring weldability of reinforcing bars. Assessment of the requirements of interstate and Russian standards. *Vestnik NITS «Stroitel'stvo»*. 2020. Iss. 24, pp. 54–61. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-1\(24\)-54-61](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-1(24)-54-61)
- Zborovskiy L.A. On the issue of weldability of reinforcement class А500С. *Scientific works of the 2nd All-Russian (International) conference "Concrete and reinforced concrete – ways of development"*. 2005. Vol. 5, pp. 401–405. (In Russian).
- Slyshenkov S.O., Dyachkov V.V., Zborovskiy L.A. On the weldability of reinforcement grade А500W.

- мышленное и гражданское строительство. 2017. № 1. С. 78–82.
5. Tamer Moustafa, Waleed Khalifa, M. Raafat El-Koussy, Nahed Abd El-Reheem Optimizing the welding parameters of reinforcing steel bars // *Arabian journal for science and engineering*. 2016. Vol. 41. No. 5, pp. 1699–1711. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13369-015-1929-x>
6. Degtyarev V.V. Tensile strength of welded splices of QST reinforcing bars // *ACI Materials Journal*. 2007. Vol. 104. Iss. 1, pp. 95–102. DOI: 10.14359/18500
7. Тихонов И.Н., Гуменюк В.С. Современные требования к сварным стыковым соединениям термомеханически упрочненной арматуры классов прочности 400 и 500 Н/мм² // *Бетон и железобетон*. 2012. № 4. С. 6–9.
8. Тихонов И.Н., Мешков В.З. Стыковые соединения арматуры в монолитном строительстве // *Бетон и железобетон*. 2016. № 1. С. 8–11.
9. Фридман А.М., Зборовский Л.А., Исаев Г.И. Свариваемость термически упрочненной арматуры // *Бетон и железобетон*. 1982. № 12. С. 12–14.
10. Левченко Г.В., Вахрушева В.С., Малыш А.Д. и др. Исследование свариваемости арматурного проката классов Bst 500 и A500C // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. 2005. Вып. 10. С. 223–230.
11. Левченко Г.В., Грицай Т.В., Вахрушева В.С., Малыш А.Д., Кучеренко Н.Г. Сравнительное исследование свариваемости термоупрочненного и горячекатаного арматурного проката. *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. науч. тр.* Днепропетровск: ИЧМ НАН Украины, 2007. Вып. 14. С. 194–201.
12. Домов Д.В., Франтов И.И., Борцов А.Н., Цыба О.О. Критерии оценки свариваемости арматурных сталей // *Металлург*. 2015. № 5. С. 58–62.
13. Домов Д.В., Франтов И.И., Сeregин А.Н., Борцов А.Н., Фофанов А.А., Цыба О.О., Власюк Н.В., Суриков И.Н., Саврасов И.П., Востров М.С. Влияние ванадия на механические и потребительские свойства свариваемой арматурной стали классов прочности A500C и A600C // *Металлург*. 2015. № 10. С. 65–69.
14. Водовозова Г.С., Копытова Н.В., Мадатян С.А., Климов Д.Е. Универсальная арматурная сталь класса An600C марки 20Г2СФБА // *Черная металлургия: Бюллетень научно-технической и экономической информации*. 2016. № 5. С. 51–56.
15. Звездов А.И., Саврасов И.П., Снимщиков С.В., Суриков И.Н., Востров М.С., Цыба О.О. Повышение термостойкости и свариваемости арматурного проката класса A500C микролегированием. *Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия*. М., 2016. С. 117–123.
- Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2017. No. 1, pp. 78–82. (In Russian).
5. Tamer Moustafa, Waleed Khalifa, M. Raafat El-Koussy, Nahed Abd El-Reheem Optimizing the welding parameters of reinforcing steel bars. *Arabian journal for science and engineering*. 2016. Vol. 41. No. 5, pp. 1699–1711. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13369-015-1929-x>
6. Degtyarev V.V. Tensile strength of welded splices of QST reinforcing bars. *ACI Materials Journal*. 2007. Vol. 104. Iss. 1, pp. 95–102. DOI: 10.14359/18500
7. Tikhonov I.N., Gumenyuk V.S. Modern requirements for welded butt joints of thermomechanically hardened reinforcement of strength grade 400 and 500 N/mm². *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2012. No. 4, pp. 6–9. (In Russian).
8. Tikhonov I.N., Meshkov V.Z. Butt joints of reinforcement in monolithic construction. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2016. No. 1, pp. 8–11. (In Russian).
9. Fridman A.M., Zborovskiy L.A., Isaev G.I. Weldability of thermally hardened reinforcement. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 1982. No. 12, pp. 12–14. (In Russian).
10. Levchenko G.V., Vakhrusheva V.S., Malyshev A.D. et al. Study of weldability of reinforcing bars of grade Bst 500 and A500W. *Fundamentalnyye i prikladnyye problemy chernoy metallurgii*. 2005. Iss. 10, pp. 223–230. (In Russian).
11. Levchenko G.V., Gritsay T.V., Vakhrusheva V.S., Malyshev A.D., Kucherenko N.G. Comparative study of weldability of heat-strengthened and hot-rolled reinforcing bars. *Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy: Collection of scientific papers*. Dnepropetrovsk: IChM NAS of Ukraine. 2007. Iss. 14, pp. 194–201. (In Russian).
12. Domov D.V., Frantov I.I., Bortsov A.N., Tsyba O.O. Criteria for assessing the weldability of reinforcing steels. *Metallurg*. 2015. No. 5, pp. 58–62 (In Russian).
13. Domov D.V., Frantov I.I., Seregina A.N., Bortsov A.N., Fofanov A.A., Tsyba O.O., Vlasjuk N.V., Surikov I.N., Savrasov I.P., Vostrov M.S. The influence of vanadium on the mechanical and consumer properties of welded reinforcing steel of strength classes A500C and A600C. *Metallurg*. 2015. No. 10, pp. 65–69. (In Russian).
14. Vodovozova G.S., Kopytova N.V., Madatyan S.A., Klimov D.E. Universal reinforcing steel of class An600W, grade 20G2SFBA. *Chernaya metallurgiya: byulleten' nauchno-tekhnicheskoy i ekonomicheskoy informatsii*. 2016. No. 5, pp. 51–56. (In Russian).
15. Zvezdov A.I., Savrasov I.P., Snimshchikov S.V., Surikov I.N., Vostrov M.S., Tsyba O.O. Increase of heat resistance and weldability of A500C class reinforcing bars by microalloying. *Modern problems of calculating reinforced concrete structures, buildings and structures for emergency impacts*. Moscow. 2016, pp. 117–123. (In Russian).