



*It reviews the new extended edition of standards for reinforcement steel core of JSC "BSW", supplied to the European market.*

М. И. ТИТОВ, А. В. РУСАЛЕНКО, ОАО «БМЗ»

УДК 669.24

## РАСШИРЕНИЕ МАРОЧНОГО СОРТАМЕНТА СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ ОАО «БМЗ», ПОСТАВЛЯЕМОЙ НА ЕВРОПЕЙСКИЙ РЫНОК

Европейский стандарт EN 10080 «Сталь для армирования бетона – Сварная арматурная сталь – Общие сведения» является упорядоченным стандартом для директивы ЕС по строительству и ремонту построек и сооружений, был одобрен Европейским комитетом по стандартизации (CEN) и издан в мае 2005 г. Данный стандарт устанавливает общие требования и методы испытания арматурной стали, но не определяет технические классы, в результате чего возможность поставки арматурной стали в страны ЕС определяется в соответствии со спецификацией продукта – гармонизированных национальных стандартов.

До недавнего времени для европейского рынка производство арматурного проката класса 500 в условиях непрерывного мелкосортного стана 320 ОАО «БМЗ» осуществлялось из марок/классов стали с нормируемыми показателями пластичности ( $R_m/R_e$ ) в основном от 1,05 до 1,08 и полным удлинением при максимальной нагрузке (Agt) от 3,5 до 5,0%:

- FeB500HWL по NEN 6008–91 и BRL 0501–97 (Нидерланды);
- BSt500S по DIN 488–1:1984–09 и DIN 488–2:1986–06 (Германия);
- BSt500S(B) по DIN 488 и DIN 1045–1-2008 (Германия);
- B500BT по SS-ENV10080 + NaD(S) (Швеция);
- B500NC по NS 3576–3:2005 (Норвегия);
- A500HW по SFS 1215–96 (Финляндия).

Начиная с 2008 г. в ряде стран (Норвегии, Нидерландах, Германии, Швеции) пересматриваются требования к сварочной арматурной стали, в частности, вводятся технические классы с различной степенью вязкости. Ужесточаются нормируемые показатели  $R_m/R_e$  и Agt, направленные на повы-

шение долговечности железобетонных изделий и конструкций в процессе их эксплуатации, расширяется диапазон номинальных диаметров периодического профиля.

В июле 2008 г. вышло новое издание стандарта NEN 6008 с характеристиками распространенных в Нидерландах типов арматурной стали, соответствующих стандарту NEN-EN 10080:2005. Важнейшими изменениями переработанного варианта NEN 6008 явились введение технических классов А, В, С, которые имеют различные комбинации, а также требований по испытаниям арматурной стали на усталостную прочность. Поставляемый в настоящее время на строительный рынок прокат по данному стандарту – арматурная сталь B500B пластичностью более 1,08 и Agt более 5,0%.

В марте 2009 г. вышло новое издание стандарта NS 3576–3 «Арматурная сталь. Размеры и свойства. Арматура периодического профиля B500NC» с ужесточением требований к вязкости, а также с дополнительно регламентированными требованиями к определению предела прочности на разрыв. Для повышения прочности сцепления стержня периодического профиля с бетоном стандартом были увеличены минимальные требования к относительной площади поперечного сечения ( $f_R$ ): до 0,068 для диаметра 10 мм и 0,073 для диаметров 12–40 мм.

В новом издании стандарта DIN 488 расширен диапазон номинальных диаметров периодического профиля, в частности включены диаметры 32 и 40 мм. В условиях стана 320 ОАО «БМЗ» по данному стандарту в настоящее время производится арматурная сталь марки B500B пластичностью более 1,08 и Agt более 5,0%, при этом значения предела текучести ограничиваются верхней границей до 650 МПа в результате ввода отношения факти-

ческого значения данного параметра к номинальному (не более 1,30).

Шведский институт стандартов (SIS) вводит новый стандарт SS 212540:2011(E) «Спецификация изделия для SS-EN 10080:2005 – Арматурная сталь – Свариваемая арматурная сталь – Технические условия поставки для стержней, бухт, сваренной сетки и арматурных балок». Настоящий ТНПА устанавливает требования к четырем техническим классам (А, АВ, В, С) арматурной стали с различной степенью вязкости. В октябре 2011 г. в условиях стана 320 ОАО «БМЗ» была разработана технология производства арматуры классов К500В-Т и К500С-Т и начиная с января 2012 г. начались поставки арматуры класса К500С-Т пластичностью 1,15–1,35 и Agt более 7,5%.

Нормируемые показатели механических свойств арматурной стали приведены в табл. 1.

Арматурная сталь для армирования железобетонных конструкций, согласно перечисленным выше стандартам, представляет собой (рис. 1) круглые стержни с двумя продольными ребрами и двумя расположенными на разных сторонах профиля рядами поперечных выступов серповидной формы, причем выступы одного ряда имеют одинаковый угол наклона к продольной оси стержня, а выступы другого ряда попеременно чередуются с разными углами наклона. Проекция поперечных ребер к поверхности сечения должна покрывать минимум 75% длины окружности прутка, рассчитанной на основании его номинального диаметра. Все прутки арматурной стали периодического профиля идентифицируются с помощью утолщенных поперечных ребер с одной стороны проката, наносимых на каждые 0,5–1,5 м длины прутка.

С целью определения стабильности процесса производства арматуры для европейского рынка должна проводиться оценка результатов испытаний механических свойств на соответствие требованиям, соответствующих ТНПА. Указанные в табл. 1

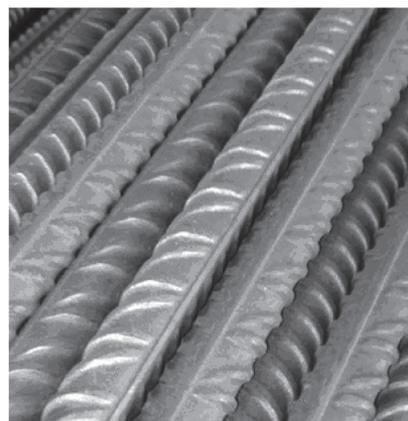


Рис. 1. Внешний вид арматурной стали, поставляемой на европейский рынок

значения  $R_e$ ,  $R_m$ ,  $R_m/R_e$ , Agt и  $R_{e(факт)}/R_{e(ном)}$  являются характеристическими ( $C_v$ ).

Арматурная сталь изготавливается при постоянном применении системы собственного заводского контроля продукции для обеспечения степени доверия соответствия готового изделия. Результаты для  $R_e$ ,  $R_m$ ,  $R_m/R_e$ , Agt и  $R_{e(факт)}/R_{e(ном)}$  рассматриваются как соответствующие стандарту при условии, что нижняя граница результатов для  $R_e$ ,  $R_m$ ,  $R_m/R_e$ , Agt соответствует условиям (1) и (2), верхняя граница результатов для  $R_e$ ,  $R_m/R_e$ ,  $R_{e(факт)}/R_{e(ном)}$  – условиям (3) и (4):

$$X_i \geq C_v + a_1, \quad (1)$$

$$\bar{X} \geq C_v + a_2, \quad (2)$$

$$X_i \leq C_v - a_3, \quad (3)$$

$$\bar{X} \leq C_v - a_4, \quad (4)$$

где  $X_i$ ,  $\bar{X}$  – соответственно отдельное и среднее значение, полученное в результате испытаний;  $C_v$  – требуемое характеристическое значение согласно табл. 2;  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $a_4$  – значения таблиц, соответствующих ТНПА.

Результаты испытаний подвергаются статистическому анализу при определении продолжительности уровня качества. Согласно соответствующим

Таблица 1. Нормируемые показатели механических свойств арматурной стали, внедренной в настоящее время для европейского рынка

Номер стандарта	Технический класс, марка стали	Механические свойства				
		предел текучести $R_e$ , МПа,	предел прочности $R_m$ , МПа	пластичность $R_m/R_e$	Agt, %	отношение $R_{e(факт)}/R_{e(ном)}$
SS 212540:2011 (E) (Швеция)	K500C-T K500B-T	$\geq 500$	-	1,15–1,35 $\geq 1,08$	$\geq 7,5$ $\geq 5,0$	-
DIN 488-1:2009-08 и DIN 488-2:2009-08 (Германия)	B500B	$\geq 500$	-	$\geq 1,08$	$\geq 5,0$	$\leq 1,30$
NEN 6008:2008 и BRL 0501: 2010 (Нидерланды)	B500B	$\geq 500$	-	$\geq 1,08$	$\geq 5,0$	-
NS 3576-3:2012 (Норвегия)	B500NC	500–650	$\geq 600$	1,15–1,35	$\geq 7,5$ (для № 6–14) $\geq 8,0$ (для № 16–40)	-

ТНПА, испытываемая часть продукции соответствует требованиям, если нижняя граница результатов для  $R_e, R_m, R_m/R_e, A_{gt}$  соответствует условию (5), верхняя граница результатов для  $R_e, R_m/R_e, R_{e(факт)}/R_{e(ном)}$  – условию (6):

$$\bar{X} - ks \geq C_v, \quad (5)$$

$$\bar{X} + ks \leq C_v, \quad (6)$$

где  $\bar{s}$  – стандартное отклонение основного множества;  $k$  – индекс приемки в зависимости от количества испытаний  $n$  при вероятности 90% и допустимом проценте брака 5% [ $p = 0,95$ ] для  $R_e, R_m$ ; 10% [ $p = 0,90$ ] для  $R_m/R_e, A_{gt}, R_{e(факт)}/R_{e(ном)}$ .

Как видно из табл. 2, характеристические значения механических свойств прокатанного металла, рассчитанные по базе данных с разбивкой ее по профилям, соответствуют требованиям ТНПА, что указывает на стабильность процесса производства данного вида арматуры.

На ОАО «БМЗ» был проведен комплекс работ по сертификации рассматриваемого выше марочного и профильного сортамента арматуры с предоставлением образцов для испытаний на усталост-

ную прочность в независимых аккредитованных лабораториях. Результатом явилось получение сертификатов соответствия на производство проката для европейского рынка.

Учитывая требования к каждому виду рассматриваемой продукции, была проведена работа по унификации технологии производства арматурной стали (вводится унифицированный класс У500-5), обеспечивающей получение качества готового проката (химического состава стали, механических свойств, геометрических размеров) в соответствие с требованиями пяти стандартов (SS 212540:2011(E) для класса K500C-T, DIN 488-1:2009-08 для марки B500B, NEN 6008:2008 для арматурной стали B500B, NS 3576-3:2012 для технического класса B500NC и SFS 1215-96 для марки A500HW) с учетом методик проведения испытаний по соответствующему стандарту.

Унифицированные показатели механических свойств арматурной стали, гармонизируемые с требованиями указанных выше стандартов, приведены в табл. 3.

Таблица 2. Рассчитанные характеристические значения механических свойств прокатанного металла производства ОАО «БМЗ»

Параметр	Номер стандарта	Номер профиля							$C_v$ (нормируемое)
		10	12	14	16	20	25	32	
$R_e$ , МПа	SS 212540:2011 (E) (Швеция)	536	536	536	547	544	560	590	$\geq 500$
	DIN 488 (Германия)	543	545	547	551	552	534	523	$\geq 500$
	NEN 6008:2008 и BRL 0501: 2010 (Нидерланды)	520	529	–	561	551	554	553	$\geq 500$
	NS 3576-3:2012 (Норвегия)	555	531	–	538	574	530	558	500–650
$R_m$ , МПа	NS 3576-3:2012 (Норвегия)	649	640	–	653	677	640	659	$\geq 600$
$R_m/R_e$	SS 212540:2011 (E) (Швеция)	1,17	1,15	1,18	1,17	1,19	1,15	1,15	1,15–1,35
	DIN 488 (Германия)	1,11	1,11	1,13	1,14	1,15	1,16	1,15	$\geq 1,08$
	NEN 6008:2008 и BRL 0501: 2010 (Нидерланды)	1,15	1,16	–	1,15	1,17	1,14	1,15	$\geq 1,08$
	NS 3576-3:2012 (Норвегия)	1,15	1,15	–	1,16	1,15	1,15	1,17	1,15–1,35
Agt,%	SS 212540:2011 (E) (Швеция)	8,7	8,9	8,3	7,9	9,2	8,5	9,0	$\geq 7,5$
	DIN 488 (Германия)	8,7	8,5	8,6	8,5	8,5	8,2	6,9	$\geq 5,0$
	NEN 6008:2008 и BRL 0501: 2010 (Нидерланды)	9,1	8,9	–	8,7	9,7	8,3	8,3	$\geq 5,0$
	NS 3576-3:2012 (Норвегия)	8,3	9,0	–	8,6	9,5	8,1	9,1	$\geq 7,5$ (для № 10,12) $\geq 8,0$ (для № 16–32)
$R_{e(факт)}/R_{e(ном)}$	DIN 488 (Германия)	1,24	1,21	1,22	1,22	1,17	1,20	1,17	$\leq 1,30$

Таблица 3. Нормируемые показатели унифицированных механических свойств арматуры У500-5

Номинальный диаметр, мм	Предел текучести $R_e$ , МПа,	Предел прочности $R_m$ , МПа, не менее	Пластичность $R_m/R_e$	Относительное удлинение $A_{10}$ , %, не менее	Относительное удлинение Agt, %, не менее	Относительное удлинение $A_{200}$ , %, не менее	Отношение $\sigma_{т(факт)}/\sigma_{т(номин.)}$ , не более
10, 12, 14	510–650	610	1,15–1,35	12,0	8,0	–	1,30
16, 20				–			
25, 32				12,0			

Примечание: методика определения характеристических значений механических свойств в соответствии с требованиями стандартов DIN 488-1:2009-08, NS 3576-3:2012, SS 212540:2011 (E), SFS 1215-96, NEN 6008:2008 и BRL 0501:2010.



Рис. 2. Внешний вид унифицированной бирки для арматуры У500-5 (укрупненный пакет)

Исходя из анализа требований стандартов к геометрическим параметрам арматурной стали, были унифицированы нормируемые показатели геометрических размеров и массы погонного метра, на основании которых, в свою очередь, разработана универсальная нарезка калибров прокатных валков. Это позволило получить периодический профиль с геометрическими характеристиками, удовлетворяющими требованиям пяти стандартов и обеспечить получение фактической относительной площади поперечного сечения  $f_R$  более 0,068 для диаметра 10 мм и более 0,073 для диаметров 12–32 мм.

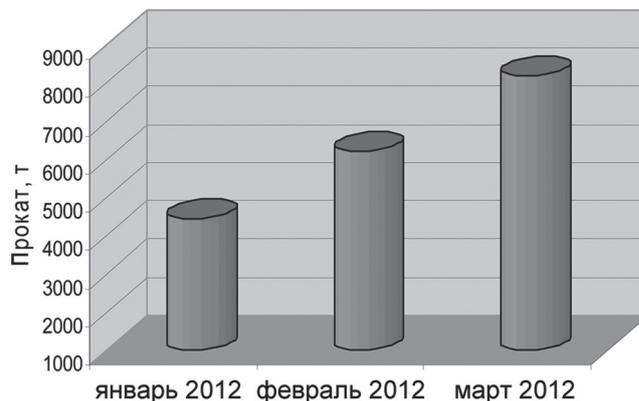


Рис. 3. Рост производства унифицированной арматуры У500-5 за период январь-март 2012 г.

Поставка арматуры, имеющей одну общую (унифицированную) бирку со всеми сертификационными знаками Финляндии, Швеции, Норвегии, Нидерландов и Германии (рис. 2), позволяет продукции производства ОАО «БМЗ» быть применимой во всех этих странах, и, таким образом, дает возможность металлотрейдерам расширить возможности реализации однотипной строительной арматуры на разные рынки сбыта. Рост производства унифицированной арматуры У500–5 за период январь-март 2012 г. представлен на рис. 3.