



The unified production technology of bar thermomechanically strengthened reinforcing steel in conditions of RUP "BMZ" is given.

М. И. ТИТОВ, РУП «БМЗ»

УДК 621.771

УНИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АРМАТУРНОЙ СТАЛИ, ПОСТАВЛЯЕМОЙ НА РЫНОК МЕТАЛЛОПРОКАТА СТРАН СКАНДИНАВИИ И В ГОЛЛАНДИЮ, В УСЛОВИЯХ РУП «БМЗ»

В номенклатуре экспорта РУП «Белорусский металлургический завод» арматура занимает значительное место. Из всего объема стержневой термомеханически упрочненной арматурной стали периодических профилей № 10–40, произведенной и поставленной в дальнейшем зарубежье в 2005 г., включая страны Прибалтики, Германию, Великобританию, Ближний Восток, Америку и др., ≈24% (58000 т) пришлось на потребителей металлопроката стран Скандинавии (Норвегия, Швеция, Финляндия) и Голландии, в том числе марки FeB500HWL по требованиям NEN 6008-91 и BRL 0501-97–3,5%; марки B500BT по требованиям SS-ENV 10080 + NAD(S) – 5,8%; марки A500HW по требованиям SFS 1215-96 – 7,2%; марки B500C по требованиям NS 3576-3-97 – 7,4%.

В начале 2005 г. перед инженерными и технологическими службами технического управления и сортопрокатного цеха РУП «БМЗ» была поставлена задача о крайней необходимости в кратчайшие сроки проведения комплекса работ по переходу на унифицированную маркировку, содержащую все сертификационные знаки стран Скандинавии и Голландии и наносимую на бирки пачек арматуры, для сохранения поставок металлопроката РУП «БМЗ» в данный регион, что было вызвано сбалансированием и перенасыщением растущего рынка проката в 2004 г., т.е. вопрос ликвидности закупаемой арматуры становился очень критичным для скандинавских потребителей и любое ограничение в применяемости арматуры РУП «БМЗ» воспринималось крайне негативно – вплоть до прекращения заказов. Данное требование объяснялось следующим обстоятельством: практически все потребители арматурного

проката РУП «БМЗ» в странах Скандинавии имеют дочерние подразделения и строительные площадки в соседних странах. Например, потребитель OY Kontino с основной дистрибьюторской сетью в Финляндии имеет также склады в Швеции, на которые он направляет часть закупаемой им арматуры, а также подряды на поставку арматуры на строительные площадки Швеции и Норвегии. При покупке/получении арматуры РУП «БМЗ» со ссылкой только лишь на финский сертификат у этого клиента отсутствует возможность направлять арматуру на свои же площадки в соседних странах. Данная ситуация существенно ограничивала область применения арматуры РУП «БМЗ» и клиенты вынуждены были либо сокращать заказы, либо вообще прекращать закупки на РУП «БМЗ». Кроме того, все наши конкуренты на этом рынке (Fundia, Riva, польский Ostrowec) уже поставляли материал, унифицированный по всем скандинавским стандартам и соответственно имеющий одну общую бирку со всеми сертификационными знаками (Финляндии, Швеции, Норвегии, Голландии), что делало арматуру применимой во всех этих странах, и соответственно повышало возможности потребителей по ее скорейшей реализации.

В процессе разработки унифицированной бирки для рынков скандинавских стран и Голландии для внесения соответствующих изменений в заводскую нормативно-техническую документацию (ТИ, СТК, ЗП) и в заключаемые контракты на поставку данного вида продукции были рассмотрены и проанализированы все аспекты, касающиеся технических характеристик (химического состава стали, механических свойств, геометрических размеров и методик проведения испытаний),

оговоренных в соответствующих стандартах для указанных выше марок арматурной стали, с целью унификации технологии производства арматурного проката, обеспечивающей получение качества готовой арматуры в соответствие с требованиями всех четырех стандартов: NEN 6008-91 и BRL 0501-97; SS-ENV 10080 + NAD(S); SFS 1215-96; NS 3576-3-97. Кроме того, при рассмотрении возможной унификации технологии производства арматурной стали также был учтен и накопленный практический опыт производства в условиях РУП «БМЗ» каждого вида продукции в отдельности.

Анализ требований стандартов к характеристическим значениям механических свойств арматурных марок показал, что если обеспечивается выполнение прочностных и пластических свойств арматурной стали, соответствующих марке B500C, то уровень механических свойств арматуры марок B500BT, A500HW, FeB500HWL гарантируется. Следует отметить, что в соответствии с требованиями стандартов предел текучести и предел прочности арматуры марок B500C, B500BT, A500HW рассчитываются с использованием номинальной площади поперечного сечения прутка, а на арматуре марки FeB500HWL – с использованием фактической площади образца, а значения, требуемые для данных параметров, рассматриваются как минимальные требования по характеристическому значению, определяемому при статистическом контроле качества, и не зависимо от номера арматуры должны составлять: предел текучести (σ_T) – не менее 500 Н/мм² (для всех указанных марок арматуры), предел прочности

(σ_B) – не менее 550 Н/мм² (только для марок A500HW и FeB500HWL). Также стандартами для конкретных марок арматуры устанавливаются требования к характеристическим значениям пластичности (соотношению σ_B/σ_T) и относительному удлинению (A_{10} , A_{200} , Agt). Характеристические значения механических свойств арматурных марок стали вычисляются на основе долговременного распределения качества продукции по формулам, приведенным ниже. Таким образом, при разработке унифицированного химического состава арматурной стали за основу был взят химический состав стали, не противоречащий требованиям всем четырем стандартам, с процентным содержанием основных упрочняющих элементов (углерода – 0,15–0,19%, кремния – 0,30–0,55, марганца – 1,15–1,40%), используемый при производстве арматуры марки B500C, к которой предъявляются наиболее высокие требования к характеристическому значению пластичности, оно должно быть не менее 1,15 независимо от номера арматуры. С целью минимизации разброса результатов испытаний на пластичность арматуры марки Y500 (унифицированная) и, следовательно, снижения стандартного отклонения, используемого при расчете величины характеристического значения по произведенной партии (плавки) данного вида продукции, было установлено разграничение процентного содержания углеродного эквивалента в химическом составе стали для производства конкретного сортамента периодических профилей, т.е. для № 10–20 – $C_{эkv} = 0,41–0,45\%$, для № 25–40 – $C_{эkv} = 0,43–0,48\%$ (табл. 1).

Таблица 1. Требования стандартов к массовой доле химических элементов в арматурной стали и унифицированный химический состав стали (марка Y500) для производства арматуры по всем четырем стандартам

Номер стандарта	Номер арматуры		Массовая доля химических элементов в стали, %									
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	N	C _{эkv.}
NS 3576-3-97	8 – 32	min	–	–	–	–	–	не оговаривается			–	–
		max	0,22	0,60	1,60	0,050	0,050	не оговаривается			0,012	0,50
SS-ENV 10080 + NAD(S)	8 – 32	min	–	не оговаривается		–	–	не оговаривается			–	–
		max	0,20	не оговаривается		0,050	0,050	не оговаривается			0,012	0,50
SFS 1215-96	10 – 32	min	–	–	–	–	–	не оговаривается			–	–
		max	0,20	0,55	1,60	0,060	0,050	не оговаривается			0,012	0,50
NEN 6008-91 BRL 0501-97	6 – 40	min	–	не оговаривается		–	–	не оговаривается			–	–
		max	0,22	не оговаривается		0,050	0,050	не оговаривается			0,012	0,50
Марка Y500	10 – 40	min	–	–	–	–	–	не оговаривается			–	–
		max	0,20	0,55 (0,60)	1,60 (1,65)	0,050 (0,055)	0,050 (0,055)	не оговаривается			0,012 (0,013)	0,50 (0,52)
Рекомендуемые пределы	10, 12, 14, 16, 20	min	0,15	0,30	1,15	–	–	–	–	–	–	0,41
		max	0,19	0,55	1,40	0,045	0,045	0,30	0,30	0,40	0,012	0,45
	25, 28, 32, 40	min	0,15	0,30	1,15	–	–	–	–	–	–	0,43
		max	0,19	0,55	1,40	0,045	0,045	0,30	0,30	0,40	0,012	0,48

Примечание: Углеродный эквивалент рассчитывается по формуле:

$$C_{эkv.} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15.$$

Унифицированные показатели механических свойств и диаметры оправок для испытаний на изгиб с разгибом арматурной стали, гармонизируемые с требованиями указанных выше стандартов, приведены в табл. 2, 3.

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

Таблица 2. Нормируемые показатели унифицированных механических свойств арматуры марки Y500

Номер арматуры	Предел текучести σ_t , Н/мм ² , не менее	Пластичность σ_b/σ_t , не менее	Относительное удлинение A_{10} , %, не менее	Относительное удлинение A_{gt} , %, не менее	Относительное удлинение A_{200} , %, не менее	Изгиб и изгиб с перегибом
10, 12, 14, 16, 20	500	1,15	12,0	8,0	—	Изгиб на 180° и изгиб на 90° с перегибом >20°
25, 28, 32, 40			—		*12,0	

* Значение относительного удлинения A_{200} для № 25 и 32; методика определения характеристических значений механических свойств в соответствии с требованиями стандартов NS 3576-3-97, SS-ENV 10080+NAD(S), SFS 1215-96, NEN 6008-91 и BRL 0501-97.

Таблица 3. Унифицированные диаметры оправок для испытаний на изгиб и изгиб с разгибом арматурной стали марки Y500

Номер арматуры	10	12	14	16	20	25	28	32	40
Изгиб на 180°	15	20	25	32	40	75	84	96	125
Изгиб на 90° и перегиб на 20°	32	40	50	63	100	200	280	250	320

профиля рядами поперечных выступов серповидной формы, причем выступы одного ряда имеют одинаковый угол наклона к продольной оси стержня, а выступы другого ряда — попеременно чередующиеся с разными углами наклона. Проекция поперечных ребер к поверхности сечения должна покрывать приблизительно 80% длины окружности прутка, рассчитанной на основании его номинального диаметра. Все прутки арматурной стали периодических профилей идентифицируются с помощью отчетливых меток, прокатанных на одной стороне стержня с интервалом 0,5–1,5 м. Так, в качестве прокатной маркировки завода-изготовителя (9+1) используется утолщение поперечных выступов. Исходя из анализа требований стандартов к геометрическим параметрам арматурных марок стали, были унифицированы нормируемые показатели геометрических размеров и массы погонного метра (табл. 4), на основании которых в свою очередь разработана

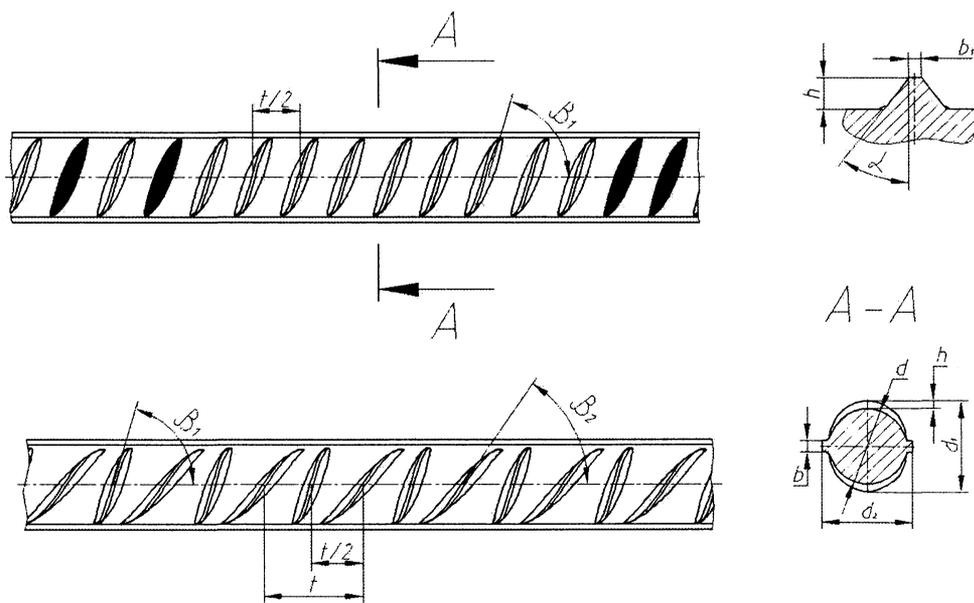


Рис. 1. Периодический профиль арматурной стали

универсальная нарезка калибров прокатных валков, позволяющая получать периодический профиль с геометрическими характеристиками, удовлетворяющими требованиям всех четырех стандартов.

С целью исследования качества и технических характеристик унифицированной арматурной стали марки Y500 на соответствие требованиям стандартов NS 3576-3-97 для марки стали B500C, SS-ENV 10080+NAD(S) для марки стали B500BT, SFS 1215-96 для марки стали A500HW,

Таблица 4. Нормируемые показатели унифицированных геометрических размеров и массы погонного метра арматурной стали марки У500

Наименование параметра	Номер арматуры								
	10	12	14	16	20	25	28	32	40
Номинальная площадь сечения, мм	78,5	113	154	201	314	491	616	804	1256
Номинальная масса погонного метра, кг	0,617	0,888	1,210	1,580	2,470	3,850	4,830	6,310	9,860
Отклонения от номинальной массы погонного метра, %	+4,0/-3,5								
Расстояние (шаг) между ребрами, мм	*5,0- -8,0	*6,0- -9,6	*7,0- -11,2	*8,0- -12,8	*10,0- -16,0	*12,5- -20,0	*14,0- -28,0	*16,0- -25,6	*20,0- -32,0
	не более								
	**18,0	**19,2	**22,4	**25,6	**32,0	**40,0	-	**51,2	-
Высота поперечного ребра, мм	0,6-1,0	0,8-1,2	1,0-1,4	1,2-1,6	1,6-2,0	2,1-2,5	2,4-2,8	2,8-3,2	3,6-4,0
Высота продольного ребра, мм	не более								
	0,80	0,96	1,12	1,28	1,60	2,00	2,24	2,56	4,0
Ширина поперечного ребра, мм	0,5-2,0	0,6-2,4	0,7-2,8	0,8-3,2	1,0-4,0	1,25-5,0	1,4-5,6	1,6-6,4	2,0-8,0
Ширина продольного ребра, мм	не более								
	1,5	1,8	2,1	2,4	3,0	3,75	4,2	4,8	6,0
Относительная площадь ребра, fr	не менее								
	0,058	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,056	0,063	0,056
Коэффициент площади ребра N	не более								
	4,3	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	-	4,0	-
Угол α , град	40-70° (методика измерения в соответствии с SFS 1215, NEN 6008 и BRL 0501)								
	≥45° (методика измерения в соответствии с NS 3576 и NAD(S)/SS-ENV10080)								
Угол β_1 , град	60-70°								
Угол β_2 , град	45-55°								
Разница в величине угла $\beta_1-\beta_2$, град	не менее 15°								

* Методика измерения в соответствии с NS 3576, SS-ENV10080+NAD(S), NEN 6008 и BRL 0501.

** Методика измерения в соответствии с SFS 1215.

NEN 6008-91 и BRL 0501-97 для марки стали FeB500HWL была проведена статистическая обработка полученных качественных характеристик арматуры 57 плавок, прокатанных в декабре 2005 г. на непрерывном мелкосортном стане 320 РУП «БМЗ» с использованием универсальной нарезки валков и собранных трассах термоупрочнения в зависимости от профиля согласно действующей технологической инструкции ТИ 840-П-12-2001, в том числе:

У500

- №12 — 13 плавок;
- №16 — 18 плавок;
- №20 — 9 плавок;
- №25 — 9 плавок;
- №32 — 2 плавки.

FeB500HWL

- №12 — 3 плавки;
- №16 — 1 плавка.

A500HW

- №12 — 2 плавки.

По результатам испытаний механических свойств арматуры марки У500 для каждого профиля производилась оценка долгосрочного уровня качества на соответствие четырем стандартам NS 3576-3-97, SS-ENV 10080+NAD(S), SFS 1215-96, NEN 6008-91 и BRL 0501-97, требования которых приведены в табл. 5.

При определении долгосрочного уровня качества прокатанного металла унифицированной стали марки У500 проводилась статистическая оцен-

Таблица 5. Минимальные требуемые характеристические значения механических свойств арматурной стали в соответствии со стандартами

Номер стандарта		Условный или физический предел текучести $\sigma_{0,2}$ (σ_t), Н/мм ²	Временное сопротивление σ_b , Н/мм ²	Пластичность σ_b/σ_t	Относительное удлинение		
					A ₁₀ , %	Agt, %	A ₂₀₀ , %
SFS 1215-96	№ 10-20	500 ($p=0,95$)	550 ($p=0,95$)	-	12,0 ($p=0,84$)	-	-
	№ 25, 32				-		12,0 ($p=0,84$)
SS-ENV 10080+NAD(S)		500 ($p=0,95$)	-	1,08 ($p=0,90$)	-	5,0 ($p=0,90$)	-
NS 3576-3-97		500 ($p=0,95$)	-	1,15 ($p=0,84$)	-	8,0 ($p=0,84$)	-
Примечание: Предел текучести и временное сопротивление рассчитываются с использованием номинальной площади поперечного сечения прутка; p – допустимая доля брака (для 5% брака $p=0,95$); для NS 3576-3-97: отдельные значения пластичности – мин. 1,10, результаты предела текучести ниже 475 Н/мм ² или выше 650 Н/мм ² не допускаются даже для одного испытания; для ENV 10080: отдельные значения предела текучести должны быть ≥ 475 Н/мм ² ; долгосрочный уровень качества определяется по формуле:							
$m - k s \geq C_v$,							
где m – среднее значение, полученное в результате испытаний; s – стандартное отклонение основного множества; k – показатель приемки в зависимости от количества испытаний (n) и вероятности; C_v – обусловленное характеристическое значение.							
NEN 6008-91		500 ($p=0,95$)	550 ($p=0,95$)	-	-	3,25 ($p=0,95$)	-
		максимальные допускаемые стандартные отклонения (σ_x):					
		35 ($p=0,95$)	35 ($p=0,95$)	-	-	2,5 ($p=0,95$)	-
Примечание: Предел текучести и временное сопротивление рассчитываются с использованием фактической площади поперечного сечения прутка; контроль переменных характеристик:							
$\bar{X}_k = \bar{X} - k \times S_x, \bar{X}_k \geq X_k, S_x \leq \sigma_x / G_1$,							
где \bar{X} – среднее значение, полученное в результате испытаний; \bar{X}_k – полученное характеристическое значение продукции или партии; X_k – минимальное требуемое характеристическое значение; S_x – расчетное стандартное отклонение; k – коэффициент, зависящий от объема испытываемой выборки (n); G_1 – коэффициент для проверки стандартного отклонения; σ_x – максимальное допускаемое стандартное отклонение.							

ка результатов базы данных в целом по каждому отдельному профилю и с разбивкой ее по номерам контрактов.

В табл. 6 приведены сводные характеристические значения механических свойств унифицированной стали марки У500, рассчитанные по четырем стандартам.

Как видно из таблицы, характеристические значения механических свойств унифицированной стали марки У500 каждого профиля, рассчитанные по базе данных в целом и с разбивкой ее по номерам контрактов, соответствовали всем четырем стандартам. Анализ полученных характеристических значений механических свойств выявил следующее.

1. На величину характеристического значения в большей степени влияют полученные результаты среднего значения и стандартного отклонения, т.е. при уменьшении расчетного среднего значения и увеличении стандартного отклонения характеристические значения уменьшаются. Одним из решений данного момента является оптимизация средних значений механических характеристик испытываемой выборки (партии арматурной стали) путем достижения в процессе прокатки наиболее

оптимального и стабильного режима термоупрочнения.

2. Характеристическое значение зависит от величины коэффициентов, соответствующих определенному объему испытываемой выборки, т.е. для увеличения характеристического значения необходимо увеличивать объем выборки путем дополнительного отбора проб для проведения испытаний механических свойств арматурной стали.

3. При одинаковых объемах испытываемой выборки наиболее жесткие требования предъявляются к оценке пластичности (σ_b/σ_t) по стандарту NS 3576-3-97 и полного относительного удлинения при максимальной нагрузке (Agt) по стандарту NEN 6008-91.

Следует отметить, что все аттестационные пробы исследуемых плавок выдержали испытания:

- марки стали У500 – изгиб в 180°, а также изгиб в 90° с последующим разгибом, не менее чем на 20°;
- марки стали FeB500HWL – изгиб в 90° с последующим разгибом не менее чем на 20° согласно NEN 6008-91 и BRL 0501-97;
- марки стали A500HW – изгиб в 180° согласно стандарту SFS 1215-96.

Таблица 6. Характеристические значения механических свойств унифицированной стали марки У500, рассчитанные по четырем стандартам

Номер контракта	Кол-во испытаний	Номер стандарта	σ_r , Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	σ_b/σ_r	Относительное удлинение		
						A ₁₀ , %	Agt, %	A ₂₀₀ , %
Профиль № 12								
65ек05/615	128	SFS 1215-96	555	661	–	15.6	–	–
		SS-ENV 10080+NAD(S)	555	–	1.18	–	10.2	–
		NS 3576-3-97	555	–	1.18	–	10.4	–
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>567 / 7</i>	<i>674 / 7</i>	<i>1.19 / 0.01</i>	<i>16.7 / 1.0</i>	<i>11.3 / 0.8</i>	–
		NEN 6008-91	556	660	–	–	9.8	–
<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>576 / 6</i>	<i>675 / 8</i>	–	–	<i>11.3 / 0.8</i>	–		
65ек05/614	80	SFS 1215-96	551	664	–	15.8	–	–
		SS-ENV 10080+NAD(S)	551	–	1.18	–	10.3	–
		NS 3576-3-97	551	–	1.18	–	10.5	–
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>566 / 8</i>	<i>675 / 6</i>	<i>1.19 / 0.01</i>	<i>16.8 / 0.8</i>	<i>11.3 / 0.7</i>	–
		NEN 6008-91	548/8	655/8	–	–	9.7/0.7	–
<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>564 / 8</i>	<i>673 / 8</i>	–	–	<i>11.3 / 0.7</i>	–		
65ек05/613	64	SFS 1215-96	558	660	–	15.4	–	–
		SS-ENV 10080+NAD(S)	558	–	1.16	–	9.8	–
		NS 3576-3-97	558	–	1.17	–	10.1	–
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>570 / 6</i>	<i>672 / 6</i>	<i>1.18 / 0.01</i>	<i>16.6 / 1.0</i>	<i>11.2 / 0.9</i>	–
		NEN 6008-91	558	663	–	–	9.4	–
<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>570 / 6</i>	<i>673 / 5</i>	–	–	<i>11.2 / 0.9</i>	–		
ИТОГО	208	SFS 1215-96	555	661	–	15.6	–	–
		SS-ENV 10080+NAD(S)	554	–	1.18	–	10.1	–
		NS 3576-3-97	554	–	1.18	–	10.3	–
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>567 / 7</i>	<i>673 / 7</i>	<i>1.19 / 0.01</i>	<i>16.7 / 1.0</i>	<i>11.2 / 0.8</i>	–
		NEN 6008-91	553	660	–	–	9.8	–
<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>567 / 8</i>	<i>673 / 7</i>	–	–	<i>11.2 / 0.8</i>	–		
Профиль № 16								
65ек05/615	96	SFS 1215-96	550	657	–	16.8	–	–
		SS-ENV 10080+NAD(S)	550	–	1.18	–	10.3	–
		NS 3576-3-97	550	–	1.18	–	10.5	–
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>567 / 9</i>	<i>672 / 8</i>	<i>1.19 / 0.01</i>	<i>17.6 / 0.7</i>	<i>11.2 / 0.6</i>	–
		NEN 6008-91	539	645	–	–	10.0	–
<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>563 / 12</i>	<i>667 / 11</i>	–	–	<i>11.2 / 0.6</i>	–		
65ек05/614	32	SFS 1215-96	558	663	–	16.6	–	–
		SS-ENV 10080+NAD(S)	558	–	1.16	–	10.0	–
		NS 3576-3-97	558	–	1.17	–	10.3	–
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>568 / 5</i>	<i>671 / 4</i>	<i>1.18 / 0.01</i>	<i>17.8 / 0.9</i>	<i>11.2 / 0.7</i>	–
		NEN 6008-91	558	662	–	–	9.6	–
<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>571 / 6</i>	<i>675 / 6</i>	–	–	<i>11.2 / 0.7</i>	–		
65ек05/613	48	SFS 1215-96	543	654	–	17.4	–	–
		SS-ENV 10080+NAD(S)	543	–	1.17	–	10.1	–
		NS 3576-3-97	543	–	1.18	–	10.3	–
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>561 / 9</i>	<i>668 / 7</i>	<i>1.19 / 0.01</i>	<i>18.0 / 0.5</i>	<i>11.0 / 0.6</i>	–
		NEN 6008-91	537	645	–	–	9.8	–
<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>560 / 11</i>	<i>666 / 10</i>	–	–	<i>11.0 / 0.6</i>	–		
ИТОГО	160	SFS 1215-96	550	658	–	16.9	–	–
		SS-ENV 10080+NAD(S)	550	–	1.18	–	10.2	–
		NS 3576-3-97	550	–	1.18	–	10.4	–
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>566 / 9</i>	<i>671 / 7</i>	<i>1.19 / 0.01</i>	<i>17.7 / 0.7</i>	<i>11.1 / 0.6</i>	–
		NEN 6008-91	542	648	–	–	10.0	–
<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>563 / 11</i>	<i>667 / 10</i>	–	–	<i>11.1 / 0.6</i>	–		
Профиль № 20								
65ек05/615	36	SFS 1215-96	552	653	–	15.6	–	–
		SS-ENV 10080+NAD(S)	552	–	1.16	–	9.9	–
		NS 3576-3-97	552	–	1.17	–	10.2	–
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>566 / 7</i>	<i>667 / 7</i>	<i>1.19 / 0.01</i>	<i>17.5 / 1.5</i>	<i>11.2 / 0.8</i>	–
		NEN 6008-91	555	656	–	–	9.5	–
<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>570 / 7</i>	<i>671 / 7</i>	–	–	<i>11.2 / 0.8</i>	–		

Номер контракта	Кол-во испытаний	Номер стандарта	σ_r , Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	σ_b/σ_r	Относительное удлинение		
						A ₁₀ , %	A _{gt} , %	A ₂₀₀ , %
65ек05/614	8	SFS 1215-96	560	669	—	16.2	—	—
		SS-ENV 10080+NAD(S)	560	—	1.16	—	9.9	—
		NS 3576-3-97	560	—	1.16	—	10.3	—
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>571 / 4</i>	<i>677 / 3</i>	<i>1.18 / 0.01</i>	<i>17.3 / 0.6</i>	<i>12.3 / 1.1</i>	—
		NEN 6008-91	557	670	—	—	9.5	—
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>570 / 5</i>	<i>675 / 2</i>	—	—	<i>12.3 / 1.1</i>	—
65ек05/613	4	SFS 1215-96	570	659	—	15.4	—	—
		SS-ENV 10080+NAD(S)	571	—	1.146	—	8.1	—
		NS 3576-3-97	571	—	1.149	—	8.7	—
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>574 / 1</i>	<i>667 / 2</i>	<i>1.16 / 0.005</i>	<i>16.4 / 0.4</i>	<i>11.4 / 1.2</i>	—
		NEN 6008-91	577	673	—	—	8.3	—
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>582 / 2</i>	<i>676 / 1</i>	—	—	<i>11.4 / 1.2</i>	—
ИТОГО	44	SFS 1215-96	553	653	—	15.6	—	—
		SS-ENV 10080+NAD(S)	552	—	1.16	—	10.0	—
		NS 3576-3-97	552	—	1.17	—	10.2	—
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>567 / 7</i>	<i>669 / 8</i>	<i>1.18 / 0.01</i>	<i>17.4 / 1.4</i>	<i>11.4 / 0.9</i>	—
		NEN 6008-91	555	657	—	—	9.5	—
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>570 / 7</i>	<i>672 / 7</i>	—	—	<i>11.4 / 0.9</i>	—
Профиль № 25								
65ек05/615	32	SFS 1215-96	561	671	—	—	—	15.1
		SS-ENV 10080+NAD(S)	561	—	1.17	—	9.8	—
		NS 3576-3-97	561	—	1.18	—	10.0	—
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>573 / 6</i>	<i>681 / 5</i>	<i>1.19 / 0.01</i>	—	<i>11.1 / 0.8</i>	<i>15.9 / 0.6</i>
		NEN 6008-91	556	666	—	—	9.3	—
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>567 / 5</i>	<i>675 / 4</i>	—	—	<i>11.1 / 0.8</i>	—
65ек05/613	8	SFS 1215-96	531	648	—	—	—	14.2
		SS-ENV 10080+NAD(S)	531	—	1.17	—	8.7	—
		NS 3576-3-97	531	—	1.17	—	9.1	—
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>567 / 13</i>	<i>675 / 10</i>	<i>1.19 / 0.01</i>	—	<i>10.9 / 1.0</i>	<i>15.3 / 0.6</i>
		NEN 6008-91	539	—	—	—	8.3	—
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>562 / 9</i>	—	—	<i>10.9 / 1.0</i>	—	
ИТОГО	40	SFS 1215-96	555	666	—	—	—	15.0
		SS-ENV 10080+NAD(S)	555	—	1.17	—	9.7	—
		NS 3576-3-97	554	—	1.18	—	9.9	—
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>571 / 8</i>	<i>680 / 7</i>	<i>1.19 / 0.01</i>	—	<i>11.1 / 0.9</i>	<i>15.8 / 0.6</i>
		NEN 6008-91	551	663	—	—	9.2	—
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>566 / 7</i>	<i>674 / 5</i>	—	—	<i>11.1 / 0.9</i>	—
Профиль № 32								
ИТОГО	8	SFS 1215-96	581	679	—	—	—	16.1
		SS-ENV 10080+NAD(S)	581	—	1.148	—	8.6	—
		NS 3576-3-97	581	—	1.15	—	9.0	—
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>592 / 4</i>	<i>690 / 4</i>	—	—	<i>9.7 / 0.5</i>	<i>17.2 / 0.6</i>
		NEN 6008-91	595	695	—	—	8.4	—
		<i>средн. / ст. откл.</i>	<i>603 / 3</i>	<i>703 / 3</i>	—	—	<i>9.7 / 0.5</i>	—

Данное обстоятельство свидетельствовало об удовлетворительном качестве поверхности прутков арматуры.

Масса одного погонного метра испытуемых прутков арматуры каждого прокатанного профиля в зависимости от марки стали соответствовала требованиям стандартов и находилась в следующих пределах:

У500 (унифицированная)

№ 12 — 0,867–0,903 кг при среднем значении 0,888 кг (норма 0,857–0,924 кг);

№ 16 — 1,525–1,598 кг при среднем значении 1,564 кг (норма 1,525–1,643 кг);

№ 20 — 2,414–2,493 кг при среднем значении 2,457 кг (норма 2,384–2,569 кг);

№ 25 — 3,854–3,927 кг при среднем значении 3,890 кг (норма 3,715–4,004 кг);

№ 32 — 6,181–6,232 кг при среднем значении 6,201 кг (норма 6,089–6,562 кг).

FeB500HWL

№ 12 — 0,872–0,892 кг при среднем значении 0,883 кг (норма 0,817–0,959 кг);

№ 16 — 1,525–1,598 кг при среднем значении 1,564 кг (норма 1,483–1,673 кг).

A500HW

№ 12 — 0,868–0,897 кг при среднем значении 0,888 кг (норма 0,852–0,959 кг).

Таким образом, разработанная унифицированная технология производства стержневой термомеханически упрочненной арматурной стали (марки У500) в условиях РУП «БМЗ» позволила обеспечить выполнение долгосрочного уровня качества арматурного проката на соответствие требованиям всем четырем стандартам: NS 3576-3-97 для марки стали B500C, SS-ENV 10080 + NAD(S) для марки стали B500BT, SFS 1215-96 для марки стали A500HW, NEN 6008-91 и BRL 0501-97 для марки стали FeB500HWL. В конечном итоге, начавшиеся поставки арматурного проката РУП «БМЗ» в страны Скандинавии и Голландию с унифицированной маркировкой на бирке (рис. 2), содержащую все необходимые сертификационные знаки, по сообщению от фирмы «Scandia Steel International» были высоко оценены заказчиками.

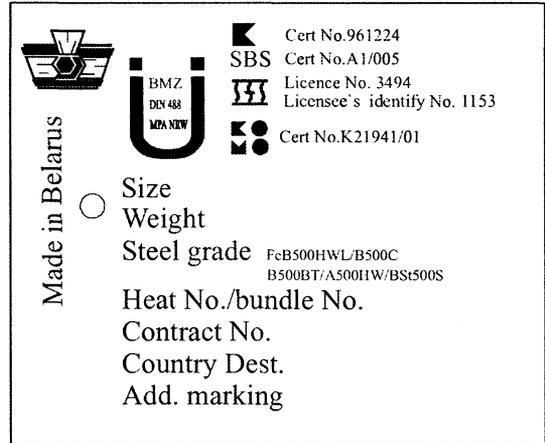


Рис. 2. Внешний вид ярлыка для арматурной стали марки У500 (унифицированная), поставляемой на фирмы «Kontrollradet» (Норвегия), SFS (Финляндия), KIWA (Голландия), SBS (Швеция)