



*The development of technology of the core thermo-mechanically hardened reinforcing steel of grade A700HW of die-rolled section No 12, 14, 16 production according to requirement of Finnish standards SFST1216 in conditions of small-section mill 320 of RUP «BMZ» is given.*

А. В. РУСАЛЕНКО, М. И. ТИТОВ, О. М. КИРИЛЕНКО, В. В. ГОРДИЕНКО, РУП «БМЗ»

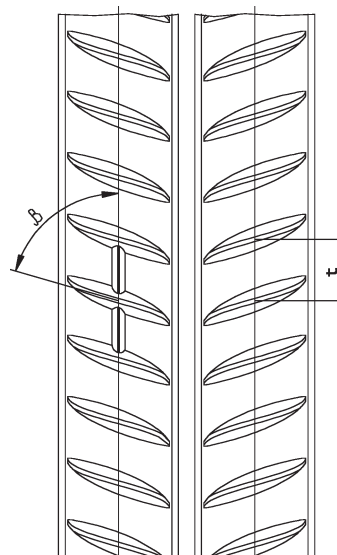
УДК 669.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТЕРЖНЕВОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИ УПРОЧНЕННОЙ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ МАРКИ А700НВ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ № 12, 14, 16 ПО ТРЕБОВАНИЯМ ФИНСКОГО СТАНДАРТА SFS 1216 В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСОРТНОГО СТАНА 320 РУП «БМЗ»

Металлопродукция РУП «БМЗ» широко известна на товарном рынке стран Скандинавии. Качество выпускаемой арматуры на стане 320 подтверждено, в частности, и сертификатом соответствия на производство арматурной стали марки А500НВ, поставляемой по финскому стандарту SFS 1215 в значительных объемах. Однако в Финляндии в некоторых видах железобетонных конструкций используется только арматура марки А700НВ согласно требованиям стандарта SFS 1216 «Арматурная сталь для железобетонных конструкций. Свариваемая горячепрокатная стержневая арматурная сталь периодического профиля А700НВ». Монополистом по изготовлению данной арматуры до недавнего времени являлся наш конкурент – фирма FUNDIA, которая продавала арматуру марки А700НВ при условии покупки у них и арматуры марки А500НВ, что серьезно сужало возможности РУП «БМЗ» по поставкам арматуры марки А500НВ на финский рынок. Перед инженерными и технологическими службами технического управления и сортопрокатного цеха РУП «БМЗ» была поставлена задача – проработать техническую возможность производства арматуры марки А700НВ и провести комплекс работ по подготовке к сертификации продукции с целью исключения монополии фирмы FUNDIA по изготовлению данного арматурного проката. В результате получения сертификата соответствия поставки металлопроката арматуры марки А700НВ производства РУП «БМЗ» должны обеспечить половину емкости строительного рынка Финляндии (составляет до 15000 т в год), а именно от 7000 до 7500 т арматуры в год или 625 т

арматуры в месяц и предполагается поставлять один раз в 2 месяца по 1250–1300 т, в том числе диаметром 12 мм – 500 т (40% рынка), диаметром 14 мм – 500 т (40% рынка), диаметром 16 мм – 250 т (20% рынка). Кроме того, появится возможность увеличить продажи на финский рынок также арматуры марки А500НВ по стандарту SFS 1215.

Периодический профиль арматурных стержней (см. рисунок) на обеих сторонах имеет расположенные на равных расстояниях серии наклонных серпообразных поперечных выступов, которые плавно заканчиваются до достижения ими продольного ребра. Взаимное расположение выступов, находящихся на противоположных сторонах стержня, в продольном направлении не ограниче-



Периодический профиль арматуры марки А700НВ

но. Косые выступы относительно продольной оси винтообразно наклонены в одну и ту же сторону. Расстояние между выступами (шаг  $t$ ) на обеих сторонах одинаковое. Косой угол ( $\beta$ ) между продольным направлением косых серпообразных выступов и боковой линией, направленной вдоль продольной оси стержня, составляет 40–90°. Угол наклона ( $\alpha$ ) между краем поперечного выступа и поверхностью сердцевидного цилиндра стержня при разрезе, проходящим вдоль центральной оси стержня, составляет 40–90°. Место соединения выступа с цилиндром закруглено. Характерной маркировкой на изделии арматурных стержней периодического профиля А700НВ является особый знак, который образуется из продольного выступа, проходящего через три поперечных выступа.

Одним из основных требований, предъявляемых к арматурной стали А700НВ, согласно стандарту SFS 1216, является возможность ее соединения различными видами сварки. Так, в данном стандарте оговариваются требования к химическому составу для свариваемой арматурной стали: содержание углерода не более 0,20% (в готовом сорте не более 0,22%) и углеродного эквивалента не более 0,50% (в готовом сорте не более 0,52%). Для гарантии обеспечения требуемого уровня механических свойств арматуры № 12, 14, 16 был разработан рекомендуемый химический состав стали с повышением массовой доли упрочняющего элемента марганца до 1,55%, что практически соответствует верхней границе требуемого по стандарту значения.

Стандарт SFS 1216 регламентирует следующие требования к механическим свойствам арматуры: предел текучести  $R_e$  – не менее 700 Н/мм<sup>2</sup>, предел прочности  $R_m$  – не менее 750 Н/мм<sup>2</sup>, при этом предел растяжимости (относительное удлинение)  $A_{10}$  должен составлять не менее 9%. Требования, касающиеся  $R_e$  и  $R_m$ , рассматриваются как такие характеристические значения, которые 95% продукции превышают с вероятностью 90%, а  $A_{10}$  – такие характеристические значения, которые 84% продукции превышают с вероятностью 90%. Согласно SFS 1216, испытываемая часть продукции соответствует требованиям, если для всех характеристических значений ( $R_e$ ,  $R_m$  и  $A_{10}$ ) выполняется указанное условие:

$$m - ks \geq C_v,$$

где  $m$  – среднее значение, полученное в результате испытаний;  $s$  – стандартное отклонение основного множества;  $k$  – показатель приемлемости в зависимости от количества испытаний  $n$ ;  $C_v$  – требуемое характеристическое значение.

При аттестации арматурного проката марки А700НВ предъявляются жесткие требования к испытаниям на изгиб, которые являются косвенными характеристиками пластичности. Так, согласно стандарту SFS 1216, образцы профилей № 12, 14, 16 должны выдерживать изгиб в 180° на оправках от 2,1 до 2,5 $d$  в зависимости от номинального диаметра арматуры, что практически соответствует требованиям для арматуры с пределом текучести не менее 500 Н/мм<sup>2</sup>: по SFS 1215 для А500НВ проводятся испытания на изгиб в 180° на оправках от 2,1 до 2,5 $d$ , по СТО АСЧМ 7–93 для класса проката А500С – изгиб в 180° на оправках для № 12, 14, 16 соответственно 50, 65, 80 мм.

Для процесса омологации и проведения в лаборатории Финляндии сертификационных испытаний в условиях мелкосортного стана 320 РУП «БМЗ» были произведены опытные партии арматуры А700НВ периодических профилей № 12, 14, 16. Арматура № 12 каталась слиттинг-процессом в четыре нитки, арматура № 14, 16 – слиттинг-процессом в три нитки по действующим таблицам калибровок с использованием нарезки и маркировки валков, удовлетворяющим требованиям стандарта SFS 1216. Термическое упрочнение осуществлялось в установке (трассе), состоящей из двух передвигающихся тележек (секций). Секции имеют по две зоны охлаждения: 1, 2 и 3, 4. В каждой зоне установлено по 10 охлаждающих устройств. Для уменьшения внутренних напряжений металла в области температур мартенситного превращения настройка трассы термоупрочнения осуществлялась с задействованием 1-й и 2-й зон по схеме «прерывистое охлаждение», имеющей промежуточный участок отпуска. Подбор режимов термоупрочнения в зависимости от профиля арматуры позволил обеспечить необходимый уровень прочностных и пластических характеристик арматурного проката. Рассчитанные характеристические значения механических свойств арматуры в полном объеме соответствовали требованиям SFS 1216 (см. таблицу), что указывает на стабильность процесса производства арматуры марки А700НВ в условиях РУП «БМЗ».

В процессе прокатки опытных партий были получены периодические профили исследуемого сортамента с геометрическими размерами и массой 1 м длины проката, удовлетворяющими требованиям SFS 1216. Отобранные для проведения аттестационных испытаний пробы в количестве 200 штук выдержали изгиб в 180° согласно требованиям финского стандарта, что свидетельствовало об удовлетворительном качестве поверхности прутков готового арматурного проката.

Значения механических свойств, рассчитанные характеристические значения, а также средние значения массы 1 м длины проката

Номер профиля	Количество испытаний	Статистические показатели	$R_e$ , Н/мм <sup>2</sup>	$R_m$ , Н/мм <sup>2</sup>	$A_{10}$ , %	Масса 1 м длины проката, кг
12	80	минимальное	736	872	9,6	0,872
		максимальное	862	983	12,6	0,896
		среднее	800	922	11,1	0,883
		стандартное отклонение	31	30	0,5	0,006
	Характеристические значения					
	$k = 1,89$ и $k = 1,19$		741	865	10,5	–
14	60	минимальное	750	886	10,2	1,206
		максимальное	856	961	12,6	1,234
		среднее	787	911	11,1	1,220
		стандартное отклонение	17	14	0,5	0,007
	Характеристические значения					
	$k = 1,93$ и $k = 1,22$		754	884	10,5	–
16	60	минимальное	747	885	9,3	1,547
		максимальное	808	927	12,3	1,579
		среднее	778	908	10,8	1,565
		стандартное отклонение	12	11	0,7	0,007
	Характеристические значения					
	$k = 1,93$ и $k = 1,22$		755	887	9,9	–
Требования SFS 1216			не менее			0,852–0,959 для № 12
			700	750	9,0	1,160–1,290 для № 14 1,520–1,670 для № 16

Исследования микроструктуры показали, что все изготовленные поперечные шлифы от представленных прутков арматуры № 12, 14, 16 имели двойное кольцо самоотпуска, в центре образцов – структура закалки, у поверхности – структура отпуски.

По итогам проведенных испытаний в лаборатории Финляндии в 2008 г. был получен сертифи-

кат № 5239-01 Inspecta Certificate (Финляндия) на производство арматурного проката А700НW номинальных диаметров 12, 14, 16 мм по требованиям ЕО 391:2001, SFS 1202:1997 и SFS 1216:1998, что позволило начать промышленный выпуск нового вида арматуры вышеуказанного сортамента периодических профилей и расширить рынки экспорта металлопродукции РУП «БМЗ».