



УДК 669.21

Поступила 29.08.2013

Т. А. АХМЕТОВ, И. Н. РАДЬКОВА, Я. В. ЧИКИШЕВ, А. В. КОЧЕТКОВ,  
Л. В. ЛОКТИОНОВА, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»

## ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННОЙ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ КЛАССА В550А ПО СТАНДАРТУ ONÖRM B 4707:2010

*Разработанная технология изготовления катанки с оптимизированным химическим составом позволяет изготавливать арматурную сталь класса В550А в соответствии с требованиями ONÖRM B 4707:2010 с учетом изменения ее качественных характеристик после механической правки и сертифицировать данную продукцию по данному стандарту.*

*The manufacturing technology for wire rod with an optimized chemical composition was developed. It allows to produce reinforced steel class V550A in accordance with the requirements of ONORM B 4707:2010 taking into account changes its quality characteristics after mechanical changes and certify these products on the standard.*

Холоднодеформированная арматурная сталь в бунтах широко применяется в строительной индустрии. Это обусловлено ее комплексом пластических и прочностных свойств, которые являются оптимальными для железобетонных конструкций без предварительного напряжения. Основные качественные характеристики арматуры, которые обеспечивают безопасную эксплуатацию таких конструкций, – отношение временного сопротивления разрыву к условному пределу текучести ( $\sigma_B/\sigma_{0,2}$ ), полное относительное удлинение при максимальной нагрузке ( $A_{gt}$ ), условный предел текучести и временное сопротивление разрыву. В качестве приведенной характеристики для оценки сцепления арматуры и бетона используют относительную площадь смятия ( $F_r$ ), величина

которой зависит от ее геометрических параметров (высота ребра, углы наклона ребер и т. д.).

На ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» освоено производство холоднодеформированной арматурной стали с трехсторонним серповидным периодическим профилем диаметром 5,0–12,0 мм классов 500 и 550 МПа в соответствии с большинством стандартов ЕС, а также в соответствии со стандартами РБ и РФ. Для производства данной продукции на БМЗ были разработаны технология выплавки и проката заготовки (катанки) с определенным химическим составом и физико-механическими свойствами.

Тенденции в Европейской строительной индустрии направлены на изменение и уточнение тре-

Таблица 1. Сравнительные характеристики арматуры класса В550А по ONÖRM B 4707:2010 и Bst 550 по ONÖRM B 4200–7

Параметры	Класс арматуры	
	В550А по ONÖRM B 4707:2010*	Bst 550 по ONÖRM B 4200-7
Предел прочности $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup> , не менее	–	620
Предел текучести $\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup> , не менее	550–715	550
Отношение временного сопротивления к условному пределу текучести $\sigma_B/\sigma_{0,2}$ , не менее	1,03 (1,05 при квантиле 10%)	1,10
Относительное удлинение $\delta_5$ , %, не менее	–	12,0
Полное относительное удлинение при максимальной нагрузке $A_{gt}$ , %, не менее	2,0 (2,5 при квантиле 10%)	2,0
Относительная площадь смятия $F_r$	0,35–0,56 (в зависимости от номинального диаметра арматуры)	–

\* Требования для арматуры после механической правки.

бований качественных характеристик арматуры. Так, взамен австрийского стандарта ONÖRM B 4200–7 был выпущен стандарт ONÖRM B 4707:2010. Основные изменения представлены в табл. 1.

Как видно из таблицы, существенно снижено требование по отношению временного сопротивления разрыву к условному пределу текучести. Кроме того, введено требование по относительной площади смятия ( $F_r$ ). Главным отличием от существовавшего стандарта и от иных стандартов ЕС является обязательное требование по испытанию качественных характеристик арматуры только после ее механической правки.

Механическая правка может производиться в роторных (барабанных) или роликовых правильных устройствах. Роликовые правильные устройства не обеспечивают качественную правку стержней круглого сечения. Они могут применяться в сочетании с машинами для сварки сеток и плоских каркасов. Высокое качество правки благодаря объемному многократному пластическому изгибу достигается в роторных механизмах. Именно данный тип правки применяется в большинстве правильно-отрезных станков [1].

Для оценки возможности производства арматуры класса B550A по ONÖRM B 4707:2010 необходимо было определить влияние механической правки на ее качественные характеристики. Механическую правку арматуры диаметром 5,0–12,0 мм производили на правильно-отрезных станках роторного типа. Испытания образцов арматуры проводили в соответствии с требованиями стандартов B 4707:2010, ISO 15630–1:2010, ISO 6892:2009 на разрывной машине BT1-FR250SN. A4K после термообработки при 100 °С в течение 1 ч. Полное относительное удлинение при максимальной нагрузке ( $A_{gt}$ ) измеряли с использованием экстензометра

на базе 100 мм. Геометрические параметры определяли на профилемере типа RM 201. Результаты испытаний арматуры диаметром 12,0 мм, выпрямленной ручным и механическим способом, приведены в табл. 2.

После механической правки арматуры диаметром 12,0 мм в сравнении с ручной правкой происходит падение полного относительного удлинения при максимальной нагрузке до 1,5 %, повышение показателя  $\sigma_B/\sigma_{0,2}$  и падение относительной площади смятия на 10–12%. Аналогичные результаты были получены и на других типоразмерах арматуры.

Так как потребители используют механическую правку для выпрямления арматуры, то знание и понимание процессов и закономерностей изменения ее пластических и прочностных свойств при данном способе воздействия на сталь – крайне важная задача. Падение относительной площади смятия связано с деформацией ребер, которая неизбежно возникает при механической правке. При металлографическом исследовании отличий микроструктуры арматуры после механической и ручной правки не зафиксировано. Вероятнее всего, изменение пластических свойств связано с накоплением напряжений в местах сопряжения тела и ребер арматуры при ее знакопеременном изгибе, а также с процессами, возникающими на поверхности арматуры при ее трении о правящий инструмент. Очевидно, что степень изменения параметров арматуры в процессе механической правки существенно зависит от настройки и типа правильно-отрезных станков.

Анализ статистических данных качественных характеристик арматуры показал, что при использовании катанки разработанных на БМЗ марок стали существует вероятность невыполнения требования ONÖRM B 4707:2010 по условному пределу

Т а б л и ц а 2. Качественные характеристики арматуры диаметром 12,0 мм после ручной и механической правки

Параметры	1*		2*	
	Вид правки			
	ручная	механическая	ручная	механическая
Предел прочности $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	<u>625–627</u> 626	<u>628–640</u> 637	<u>736–739</u> 738	<u>746–749</u> 748
Предел текучести $\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	<u>589–598</u> 593	<u>585–602</u> 593	<u>651–657</u> 654	<u>629–634</u> 632
Отношение временного сопротивления к условному пределу текучести $\sigma_B/\sigma_{0,2}$	<u>1,057–1,060</u> 1,058	<u>1,069–1,079</u> 1,074	<u>1,12–1,14</u> 1,13	<u>1,17–1,19</u> 1,18
Относительное удлинение $\delta_5$ , %	<u>10,5–10,9</u> 10,7	<u>9,3–9,8</u> 9,5	<u>11,9–13,4</u> 12,7	<u>12,0–12,4</u> 12,2
Полное относительное удлинение при максимальной нагрузке $A_{gt}$ , %	<u>5,3–5,6</u> 5,5	<u>3,6–4,5</u> 4,1	<u>2,8–3,0</u> 2,9	<u>2,4–2,6</u> 2,5
Относительная площадь смятия $F_r$	0,075	0,068	0,071	0,062

\* Разработанные на БМЗ марки стали для производства холоднодеформированной арматуры.

Таблица 3. Результаты испытания арматуры трехстороннего периодического профиля диаметром 12,0 мм выпрямленной ручным способом

Параметры	Требования ONÖRM B 4707:2010	Среднее	СКО	Минимальное	Максимальное
Относительная площадь смятия	мин. 0,040	0,086	0,0087	0,065	0,098
Временное сопротивление разрыву, Н/мм <sup>2</sup>	мин. 600	652	7,9	635	665
Условный предел текучести, Н/мм <sup>2</sup>	мин. 550	600	10,2	576	622
Отношение временного сопротивления разрыву к условному пределу текучести	мин. 1,05	1,088	0,0093	1,079	1,102
Полное относительное удлинение при максимальной нагрузке $A_{gt}$ , %	2,5	5,0	0,98	3,8	7,0
Линейная плотность, кг/м	0,888 $\pm$ 0,027	0,891	0,0080	0,872	0,910

Таблица 4. Результаты испытания арматуры трехстороннего периодического профиля диаметром 12,0 мм выпрямленной механическим способом (роторная правка)

Параметры	Требования ONÖRM B 4707:2010	Среднее	СКО	Минимальное	Максимальное
Относительная площадь смятия	мин. 0,040	0,076	0,002	0,072	0,079
Временное сопротивление разрыву, Н/мм <sup>2</sup>	мин. 600	659	6	648	670
Условный предел текучести, Н/мм <sup>2</sup>	мин. 550	588	6,59	574	599
Отношение временного сопротивления разрыву к условному пределу текучести	мин. 1,05	1,12	0,0076	1,11	1,13
Полное относительное удлинение при максимальной нагрузке $A_{gt}$ , %	2,5	3,8	0,176	3,5	4,1
Линейная плотность, кг/м	0,888 $\pm$ 0,027	0,896	0,0046	0,889	0,903

текучести и/или полного относительного удлинения при максимальной нагрузке.

На основании результатов исследований пластических и прочностных свойств арматуры после механической правки и имеющемся опыте в производстве холоднодеформированной арматуры на БМЗ была разработана технология выплавки и проката катанки с оптимизированным химическим составом и физико-механическими свойствами для производства арматурной стали в соответствии со стандартом ONÖRM B 4200-7.

На примере результатов испытания арматуры диаметром 12,0 мм, изготовленной из катанки с оптимизированным химическим составом, рассмотрим влияние механического способа правки на ее качественные характеристики (табл. 3, 4).

Как видно из таблиц, изменение пластических свойств и геометрических параметров арматуры после механической правки коррелирует с данными, полученными при предварительных испытаниях. В отличие от использовавшихся ранее разработанная марка стали позволяет стабильно получать все прочностные и пластические свойства арматуры в соответствии с требованиями ONÖRM B 4707:2010.

Таким образом, разработанная технология изготовления катанки с оптимизированным химическим составом позволяет изготавливать арматурную сталь класса B550A в соответствии с требованиями ONÖRM B 4707:2010 с учетом изменения ее качественных характеристик после механической правки и сертифицировать данную продукцию по данному стандарту.

### Литература

1. Физические основы рабочих процессов машин для изготовления арматуры железобетонных конструкций / С. А. Волков. Санкт-Петербург, 2001.