



*It is shown that the developed technology of melting, pouring, rolling allowed to receive cold-shaped reinforcing steel, corresponding to the requirements of Austrian standard ONORM B 4200.*

С. Н. КОЛОС, А. В. ЗИНОВЕНКО, Л. В. ЛОКТИОНОВА, РУП «БМЗ»

УДК 669.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННОЙ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ ПО АВСТРИЙСКОМУ СТАНДАРТУ ONORM B 4200

Как известно, метизная отрасль традиционно обеспечивает сырьем и готовой продукцией в основном строительный и машиностроительный комплексы. В настоящее время строительные комплексы стран СНГ потребляют массовый вид метизной продукции – низкоуглеродистую арматурную проволоку класса Вр-1 (ГОСТ 6727-80). Опыт применения арматурной проволоки класса Вр-1 показывает, что вследствие ее низкой пластичности часто появляются хрупкие разрывы в местах технологических перегибов и сварных соединений.

Высокая пластичность арматурной стали является важным показателем при выборе арматуры для массового потребления. Применение арматурной стали с повышенной пластичностью значительно снижает риск прогрессирующего (лавинообразного) разрушения элементов железобетонных конструкций, что позволяет повысить надежность зданий и сооружений. Современные требования к прочностным и пластическим свойствам арматурной стали требуют поиска решений в технологии производства.

На РУП «БМЗ» освоено производство холоднодеформированной арматурной стали с трехсторонним периодическим профилем следующего сортамента:

- S500 по СТБ 1704-2006 диаметрами 5–12 мм;
- В 500С по ТУ 14-1-5510-2005 диаметрами 4–5 мм;

- В 500С по ГОСТ Р 52544-2006 диаметрами 5–12 мм;
- Bst 500M по DIN 488 диаметрами 5–12 мм;
- Bst 500KR (A) по DIN 488+ODCH+DIN 1045 диаметрами 6–12 мм.

РУП «БМЗ» с 2006 г. поставляет холоднодеформированную арматурную сталь по стандарту DIN 488 в страны Балтии и Западной Европы (Германия, Чехия, Словакия, Польша и т.д.) Для расширения рынка сбыта арматурной холоднодеформированной стали БМЗ осваивает изготовление аналогичной продукции по стандартам других европейских стран. В частности, наряду с освоением технологии изготовления холоднодеформированной арматурной стали класса Bst 500 в 2007 г. на БМЗ освоено производство холоднодеформированной арматурной стали класса Bst 550 с повышенным уровнем прочностных и пластических свойств по австрийскому стандарту ONORM B 4200.

Сравнительные физико-механические свойства холоднодеформированной арматурной стали классов Bst 500 и Bst 550 приведены в табл. 1.

Холоднодеформированная арматурная сталь для армирования железобетонных конструкций, помимо высокой прочности, должна обладать и определенным запасом пластичности. Поэтому во всех

Таблица 1. Физико-механические свойства холоднодеформированной арматурной стали классов Bst 500 и Bst 550

Наименование параметра	Требования стандарта		
	DIN 488	DIN 488+ODCH+ DIN 1045	ONORM B 4200
	Bst 500		Bst 550
Предел прочности, Н/мм <sup>2</sup> , не менее	550	550	620
Предел текучести, Н/мм <sup>2</sup> , не менее	500	500	550
Отношение предела прочности к пределу текучести, не менее	1,05	1,07	1,10
Относительное удлинение $\delta_5$ , %, не менее	–	–	12,0
Относительное удлинение $\delta_{10}$ , %, не менее	8,0	10,0	–
Полное относительное удлинение при максимальной нагрузке A <sub>gt</sub> , %, не менее	–	3,3	2,0

стандартах наряду с пределом прочности оговариваются и минимальные значения удлинения, которыми должна обладать арматурная сталь. Как видно из таблицы, холоднодеформированная арматурная сталь класса Bst 550 отличается от Bst 500 повышенными требованиями к пределу текучести (Re) и пределу прочности (Rm), а также высокими требованиями к пластическим свойствам (отношение предела прочности к пределу текучести Rm/Re). Данное отношение ( $Rm/Re \geq 1,10$ ) показывает, что отношение предела прочности к пределу текучести должно быть не менее 10%, стандарт DIN 488 величину этого же параметра для холоднодеформированной арматурной стали класса Bst 500 регламентирует как не менее 5%, т.е. в 2 раза меньше.

Разработка технологии производства холоднодеформированной арматурной стали класса Bst 550 производилась на базе технологии изготовления Bst 500.

Для придания холоднодеформированной арматурной стали необходимых и стабильных как механических, так и технологических свойств при ее изготовлении применяют катанку соответствующего диаметра и химического состава; снятие остаточных напряжений путем создания в поверхностных слоях упругой деформации растяжения и сжатия при ее изгибе; растяжение с деформацией не более 2–3%; искусственное и естественное старение.

Для повышения прочностных свойств стали используют легирующие элементы, такие, как марганец, хром, кремний, микролегирование титаном, ванадием и т.п.

На РУП «БМЗ», основываясь на теоретических и практических знаниях, было принято решение о применении в качестве легирующего элемента марганца. Марганец используется как раскислитель стали при ее выплавке, ослабляя вредное действие на качество стали кислорода (в виде FeO) и серы (в виде FeS). Он способствует получению плотной и однородной по химическому составу стали, увеличивает предел прочности проволоки, не влияя существенно на ее вязкие характеристики. В результате увеличения межпластинчатого расстояния в перлите при добавке марганца улучшается деформируемость стали.

Для обеспечения заданных характеристик холоднодеформированной арматурной стали класса Bst 550 была разработана технология выплавки и проката катанки марки Арх-2 с повышенным содержанием марганца.

В табл. 2 и 3 приведены результаты испытания холоднодеформированной арматурной стали диаметрами 8 и 10 мм.

Испытания проводили в соответствии с требованиями стандартов ONORM B 4200, ONORM EN ISO 15630-1, ISO 6892.

Диаграммы растяжения холоднодеформированной арматурной стали диаметром 8 и 10 мм приведены на рис. 1, 2.

Испытания на растяжения дают возможность получить ряд механических характеристик, позволяющих оценить не только прочность материала, но и склонность его к упругим или пластическим деформациям.

Таблица 2. Статистический отчет по холоднодеформированной арматурной стали диаметром 8 мм. Потребитель – Австрия за период с 01.01 по 31.12.2007 г.

Параметры	Цель специф.	Мин. специф.	Макс. специф.	Кол-во изм.	Средн.	ско	Мин.	Макс.	5% квантиль	10% квантиль
Высота ребра, мм		0,42		63	0,55	0,052	0,44	0,67	0,45	0,47
		0,42		63	0,54	0,053	0,44	0,67	0,44	0,46
		0,42		63	0,55	0,052	0,45	0,66	0,45	0,47
Расстояние между центрами ребер, мм			7,32	63	5,67	0,093	5,40	5,95	5,49	5,53
			7,32	63	5,63	0,114	5,25	5,86	5,41	5,46
			7,32	63	5,65	0,105	5,34	5,87	4,45	4,49
Расстояние между ребрами, мм				63	1,45	0,273	0,97	1,90	0,93	1,04
				63	1,48	0,281	0,90	2,10	0,94	1,05
				63	1,42	0,286	0,93	1,96	0,87	0,98
Сумма части без ребер, мм			5,02	63	4,35	0,289	3,36	4,93	3,80	3,91
Угол, град	50			63	54	1,905	50	58	50	51
	50			63	54	1,683	50	57	51	51
	50			63	54	1,464	51	57	51	51
Временное сопротивление разрыву, Н/мм <sup>2</sup>		620		63	676	14,731	648	709	648	654
Условный предел текучести, Н/мм <sup>2</sup>		550		63	608	14,572	576	641	580	586
Отношение временного сопротивления разрыву к условному пределу текучести		1,10		63	1,11	0,013	1,10	1,15	1,09	1,09
Относительное удлинение A5, %		12,0		63	15,6	1,197	12,3	18,6	13,3	13,8
Относительное удлинение Agt, %		2,0		63	3,5	0,823	2,0	5,3	2,0	2,3
Площадь поперечного сечения, мм <sup>2</sup>		47,79	52,81	63	50,92	0,496	48,92	51,85	49,97	50,17
Отклонение от номинальной площади поперечного сечения, %		-5,0	5,0	63	1,2	0,978	-2,7	3,1	-0,6	-0,2
Линейная плотность, кг/м		0,375	0,415	63	0,400	0,004	0,384	0,407	0,392	0,394

Таблица 3. Статистический отчет по холоднодеформированной арматурной стали диаметром 10 мм. Потребитель – Австрия за период с 01.01 по 31.12.2007 г.

Параметры	Цель специф.	Мин. специф.	Макс. специф.	Кол-во изм.	Средн.	ско	Мин.	Макс.	5% квантиль	10% квантиль
Высота ребра, мм		0,55		24	0,76	0,050	0,68	0,85	0,65	0,68
		0,55		24	0,76	0,059	0,66	0,88	0,63	0,65
		0,55		24	0,76	0,055	0,66	0,86	0,64	0,66
Расстояние между центрами ребер, мм			8,64	24	6,65	0,089	6,50	6,91	6,46	6,50
			8,64	24	6,62	0,070	6,52	6,77	6,47	6,50
			8,64	24	6,62	0,091	6,35	6,74	6,43	6,47
Расстояние между ребрами, мм				24	1,36	0,167	1,13	1,70	1,00	1,07
				24	1,39	0,225	1,10	1,86	0,91	1,01
				24	1,35	0,108	1,20	1,63	1,12	1,16
Сумма части без ребер, мм			6,28	24	4,10	0,363	3,43	4,92	3,32	3,48
Угол, град	50			24	55	2,083	50	58	50	51
	50			24	54	1,424	51	57	51	51
	50			24	54	1,574	52	58	51	51
Временное сопротивление разрыву, Н/мм <sup>2</sup>		620		24	670	10,990	652	695	647	651
Условный предел текучести, Н/мм <sup>2</sup>		550		24	594	18,121	553	625	555	563
Отношение временного сопротивления разрыву к условному пределу текучести		1,10		24	1,13	0,024	1,10	1,20	1,08	1,09
Относительное удлинение A5, %		12,0		24	16,3	1,089	13,8	17,9	13,9	14,4
Относительное удлинение Agt, %		2,0		24	4,1	0,634	3,2	6,2	2,8	3,0
Площадь поперечного сечения, мм <sup>2</sup>		74,58	82,43	24	80,91	0,510	79,90	81,79	79,81	80,03
Отклонение от номинальной площади поперечного сечения, %		-5,0	5,0	24	3,1	0,650	1,8	4,2	1,7	1,9
Линейная плотность, кг/м		0,586	0,648	24	0,635	0,004	0,627	0,642	0,626	0,628

Zwick / Roell Стандартный протокол

Результаты:

№	Вес g	Длина мм	S0 мм <sup>2</sup>	Врем.сопротив. разрыву N/mm <sup>2</sup>	Усл.предел текучести N/mm <sup>2</sup>
1	211	534	50,34	688	611
2	211	528	50,91	687	616
3	220	546	51,14	688	610
4	220	547	51,23	700	614
5	219	547	51,00	703	627
6	220	549	51,05	688	607
7	216	542	51,24	699	610

График серии:

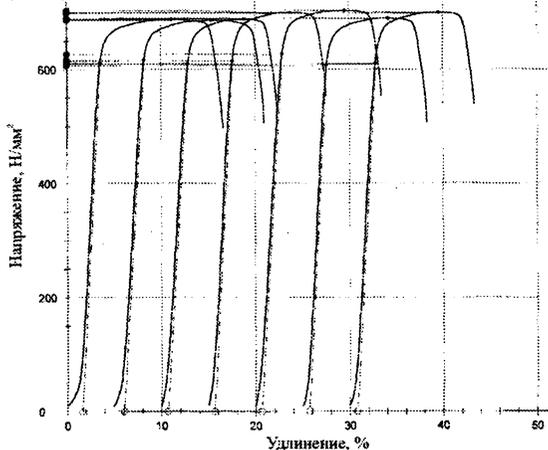


Рис. 1

Zwick / Roell Стандартный протокол

Результаты:

№	Вес g	Длина мм	S0 мм <sup>2</sup>	Врем.сопротив. разрыву N/mm <sup>2</sup>	Усл.предел текучести N/mm <sup>2</sup>
1	350	552	80,77	686	609
2	342	539	80,83	678	605
3	350	552	80,77	686	613
4	341	538	81,04	680	613
5	341	541	80,29	680	609
6	336	530	80,78	673	600
7	336	530	80,78	683	603
8	336	530	80,78	684	614

График серии:

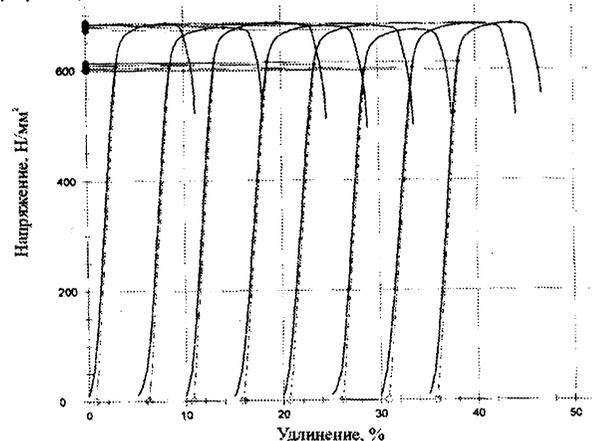


Рис. 2

Таким образом, разработанная технология выплавки, разливки, проката позволила получить холоднодеформированную арматурную сталь, со-

ответствующую требованиям австрийского стандарта ONORM B 4200 и сертифицировать данную продукцию.