



*It is shown that implemented technology at RUP "BMZ" of reinforcing steel of grade BSt500S under requirements of German standard DIN 488 ensured achievement of necessary level of mechanical characteristics.*

М. И. ТИТОВ, РУП «БМЗ»

УДК 669.

## ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АРМАТУРНОЙ СТАЛИ МАРКИ BSt 500S В СТЕРЖНЯХ ПО ТРЕБОВАНИЯМ НЕМЕЦКОГО СТАНДАРТА DIN 488 И ТЕХНИЧЕСКОГО ОДОБРЕНИЯ № 016-01/183-2009 (РУМЫНИЯ) В УСЛОВИЯХ НЕПРЕРЫВНОГО МЕЛКОСОРТНОГО СТАНА 320 РУП «БМЗ»

В настоящее время РУП «БМЗ» проводит постоянную работу, направленную на расширение сортамента выпускаемой продукции и освоение новых видов конкурентоспособной арматурной стали, а также ее сертификацию по международным стандартам. На заводе уже освоено производство арматурного проката по стандартам многих экономически развитых стран мира, а недавно еще один сегмент рынка стал доступным для жлобинских металлургов.

Так, в период с 04.05.2009 г. по 07.05.2010 г. на РУП «БМЗ» представителями органа по сертификации фирмы «ICECON SA» (Румыния) был проведен инспекционный аудит по подтверждению соответствия производства арматуры периодического профиля марки BSt 500S по требованиям немецкого стандарта DIN 488. По итогам аудита, специализированная группа № 1 «Структурные элементы и фундаменты» в составе «ICECON SA» (Бухарест) в соответствии с румынскими техническими документами разработала Техническое одобрение № 016-01/183-2009 «Горячекатаная арматурная сталь класса BSt 500S в стержнях диаметрами 8–40 мм». 15.07.2009 г. Постоянный технический совет по строительству (Румыния) дает положительное техническое заключение на горячекатаную арматурную сталь класса BSt 500S диаметром 08–40 мм производства РУП «БМЗ».

Для возможности реализации указанных в техническом одобрении (ТО) требований и с целью выполнения заключенных контрактов № 10022061, 10022509 на поставку в Румынию арматурной стали марки BSt 500S периодических профилей

№ 10–25 в мае–июне 2010 г. на стане 320 по вновь разработанной нормативной технологической документации из исходных непрерывнолитых заготовок было осуществлено производство промышленных партий данного вида продукции, в том числе № 10 – шесть плавов; № 12 – шесть плавов; № 16 – три плавки; № 20 – две плавки; № 25 – пять плавов.

В условиях РУП «БМЗ» производство арматурной стали BSt 500S по стандарту DIN 488 производится из стали марки СтЗсп по ГОСТ 380–2005. При разработке рекомендуемого химического состава арматурной стали BSt 500S по ТО за основу был взят рекомендуемый химический состав стали унифицированной марки У500 с повышенным содержанием массовой доли марганца ( $Mn = 1,15–1,50\%$ ), используемой на РУП «БМЗ» при производстве арматуры с высокими требованиями по пластичности. С целью минимизации разброса результатов испытаний по пластичности арматуры марки BSt 500S было установлено разграничение процентного содержания углеродного эквивалента в химическом составе стали для производства конкретного сортамента периодических профилей, т. е. для № 10–20 –  $C_{э\text{кв}} = 0,40–0,45\%$ , для № 25–40 –  $C_{э\text{кв}} = 0,45–0,50\%$ . Из-за отсутствия необходимого количества металла на складе при прокатке профилей № 10, 20, 25 в мае 2010 г. использовали также плавки с исходными заготовками марки СтЗсп, не соответствующие рекомендуемому химическому составу стали. В табл. 1 представлены статистические показатели химического состава опытных плавов.

Таблица 1. Статистические показатели химического состава опытных плавок

Номер арматуры	Статистические показатели	Массовая доля химических элементов, %											
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	V	N	C <sub>экв.</sub>
10	мин.	0,17	0,20	0,56	0,010	0,012	0,08	0,10	0,21	0,009	0,003	0,008	0,31
	макс.	0,20	0,39	1,27	0,017	0,034	0,13	0,15	0,28	0,012	0,006	0,010	0,44
	средн.	0,18	0,28	0,79	0,013	0,022	0,11	0,12	0,24	0,010	0,004	0,009	0,36
12	мин.	0,16	0,35	1,17	0,019	0,021	0,07	0,10	0,21	0,009	0,002	0,009	0,41
	макс.	0,20	0,41	1,30	0,047	0,032	0,12	0,12	0,31	0,020	0,006	0,010	0,46
	средн.	0,18	0,37	1,24	0,027	0,026	0,09	0,11	0,27	0,012	0,004	0,010	0,44
16	мин.	0,16	0,32	1,28	0,015	0,031	0,07	0,10	0,20	0,010	0,002	0,009	0,42
	макс.	0,19	0,39	1,35	0,022	0,044	0,09	0,13	0,38	0,014	0,004	0,010	0,45
	средн.	0,18	0,35	1,31	0,017	0,041	0,08	0,12	0,29	0,011	0,003	0,010	0,44
20	мин.	0,18	0,20	0,57	0,010	0,033	0,06	0,11	0,20	0,009	0,003	0,010	0,31
	макс.	0,18	0,21	0,60	0,012	0,043	0,08	0,13	0,22	0,013	0,004	0,010	0,33
	средн.	0,18	0,20	0,59	0,011	0,037	0,07	0,12	0,21	0,011	0,004	0,010	0,32
25	мин.	0,17	0,17	0,55	0,011	0,024	0,06	0,11	0,18	0,009	0,003	0,009	0,30
	макс.	0,20	0,40	1,45	0,027	0,041	0,16	0,14	0,26	0,015	0,006	0,010	0,48
	средн.	0,19	0,33	1,18	0,017	0,032	0,10	0,12	0,23	0,012	0,005	0,009	0,43
Требования ТНПА													
DIN 488–84	макс.	0,22	не оговаривается	0,050	0,050	не оговаривается					0,012	не оговаривается	
ТО № 016–01/183–2009	макс.	0,22	не оговаривается	0,050	0,050	не оговаривается					0,012	не оговаривается	
Рекомендуемый состав													
№ 10–20	мин.	0,17	0,30	1,15	–	–	–	–	–	не оговаривается		–	0,40
	макс.	0,22	0,55	1,50	0,045	0,045	0,29	0,29	0,39	не оговаривается		0,012	0,45
№ 25	мин.	0,17	0,30	1,20	–	–	–	–	–	не оговаривается		–	0,45
	макс.	0,22	0,55	1,50	0,045	0,045	0,29	0,29	0,39	не оговаривается		0,012	0,50

Примечание: углеродный эквивалент рассчитывается по следующей формуле:  $C_{\text{экв.}} = \%C + \%Mn/6 + (\%Cr + \%V + \%Mo)/5 + (\%Cu + \%Ni)/15$ .

Прокатка на непрерывном мелкосортном стане 320 арматуры периодического профиля номинальных диаметров 10–25 мм проводилась согласно требованиям нормативно-технологической документации по действующим таблицам калибровок и универсальной нарезке валков, удовлетворяющей требованиям ТО, с использованием собранной установки термического упрочнения в зависимости от прокатываемого номера профиля арматуры с целью достижения оптимальной температуры самоотпуска, обеспечивающей необходимый уровень механических свойств готового проката.

Сравнительная характеристика нормируемых показателей механических свойств арматуры марки BSt 500S, согласно требованиям немецкому

стандарту DIN 488–1:84 и ТО (Румыния), приведена в табл. 2.

Как видно из таблицы, в ТО относительно DIN 488 значительно ужесточены нормируемые показатели пластичности арматурной стали марки BSt 500S, дополнительно регламентированы требования к определению удлинения при максимальной силе, направленные на повышение долговечности железобетонных изделий и конструкций в процессе их эксплуатации. Согласно требованиям ТО, для оценки качества механических свойств готового арматурного проката необходимо также определять предел прочности ( $R_m$ ) и относительное удлинение ( $A_{10}$ ) по DIN 488–1:84.

Полученные значения механических свойств и результаты испытаний на изгиб арматурной ста-

Таблица 2. Сравнительная характеристика нормируемых показателей механических свойств арматуры BSt 500S согласно требованиям немецкому стандарту DIN 488–1:84 и ТО (Румыния)

ТНПА	Предел текучести $R_e$ , Н/мм <sup>2</sup> , не менее	Предел прочности $R_m$ , Н/мм <sup>2</sup> , не менее	Пластичность $R_m/R_{eH}$	Относительное удлинение $A_{10}$ , %, не менее	Удлинение при максимальной силе $A_{gt}$ , %, не менее
Требования DIN 488–1:84	500	550	мин. 1,05	10,0	–
Требования ТО № 016–01/183–2009	500	–	1,15–1,30	–	7,5

Т а б л и ц а 3. Полученные значения механических свойств и результаты испытаний на изгиб арматурной стали марки BSt 500S

Номер профиля	Дата анализа	Статистические показатели	Механические свойства						Изгиб с перегибом
			$R_{eff}$ , МПа	$R_m$ , МПа	$R_m/R_{eff}$	$\delta_5$ , %*	$A_{10}$ , %	$Agt$ , %	
10	17.05.2010 05.06.2010	мин.	535	656	1,15	19,4	13,8	7,7	120 – уд.
		макс.	624	718	1,24	24,0	17,0	11,5	
		средн.	588	684	1,16	21,9	15,4	9,3	
12	31.05.2010	мин.	540	650	1,15	19,2	13,8	8,4	96 – уд.
		макс.	619	735	1,21	25,5	18,5	12,0	
		средн.	577	678	1,17	22,5	15,7	10,1	
16	22–24.05.2010	мин.	552	660	1,15	19,9	13,1	8,3	30 – уд.
		макс.	616	709	1,20	22,6	17,1	11,6	
		средн.	581	680	1,17	20,9	15,0	9,7	
20	17.05.2010	мин.	527	616	1,16	18,0	13,0	7,7	16 – уд.
		макс.	551	641	1,17	22,5	16,0	11,6	
		средн.	537	625	1,16	20,4	15,0	9,9	
25	15.05.2010 11.06.2010	мин.	547	650	1,17	14,4	12,4	9,2	20 – уд.
		макс.	584	696	1,22	21,3	16,4	12,1	
		средн.	569	682	1,20	17,0	13,9	10,5	
Требования DIN 488–1:84 и ТО № 016–01/183–2009			не менее 500    550		1,15–1,30	не регламентировано	не менее 10,0    7,5		90° и 20° – уд.

\* Определяется факультативно.

ли марки BSt 500S прокатанного сортамента приведены в табл. 3.

Как видно из таблицы, полученные значения механических свойств в полном объеме удовлетворяли требованиям DIN 488–1:84 и ТО № 016–01/183–2009. Минимальные значения пластичности 1,15–1,17 были получены по следующим причинам: при прокатке арматуры из исходных заготовок стали марки СтЗсп; в результате полученных высоких значений прочностных характеристик ( $R_e$ ,  $R_m$ ) механических свойств.

При аттестации арматурного проката все отобранные прутки в количестве 282 шт. выдержали испытание на изгиб в холодном состоянии на 90° с последующим перегибом на 20°, являющееся косвенной характеристикой пластичности – при визуальном осмотре образцов трещины отсутствовали, что соответствовало требованиям данных ТНПА и свидетельствовало об удовлетворительном качестве поверхности прутков готового арматурного проката.

Для контроля геометрических размеров арматуры ТО вводятся более жесткие требования по высоте и ширине для продольных и поперечных ребер относительно требованиям DIN 488. В про-

цессе прокатки плавок были получены периодические профили арматурной стали с геометрическими размерами, удовлетворяющими требованиям Технического Одобрения № 016–01/183–2009. Масса 1 м длины проката соответствовала данным ТНПА и находилась в следующих пределах:

- на № 10 – от 0,602 до 0,621 кг (в среднем 0,614 кг) при норме от 0,592 до 0,636 кг;
- на № 12 – от 0,867 до 0,890 кг (в среднем 0,876 кг) при норме от 0,852 до 0,915 кг;
- на № 16 – от 1,536 до 1,568 кг (в среднем 1,557 кг) при норме от 1,517 до 1,627 кг;
- на № 20 – от 2,414 до 2,437 кг (в среднем 2,426 кг) при норме от 2,371 до 2,544 кг;
- на № 25 – от 3,750 до 3,823 кг (в среднем 3,780 кг) при норме от 3,696 до 3,927 кг.

Внедренная технология в условиях РУП «БМЗ» производства арматурной стали марки BSt 500S обеспечила получение необходимого уровня механических свойств, основных геометрических размеров и качества поверхности готового проката, соответствующих требованиям немецкому стандарту DIN 488 и Техническому Одобрению № 016–01/183–2009 для поставки в Румынию.