



The technology of production of hot-woven with controlled cooling and letting down of weldable steel reinforcing bars of die-rolled sections № 10-32 of steel type RB500W according to requirements of Polish standards is considered.

М. А. МУРИКОВ, М. И. ТИТОВ, А. В. РУСАЛЕНКО, РУП «БМЗ»

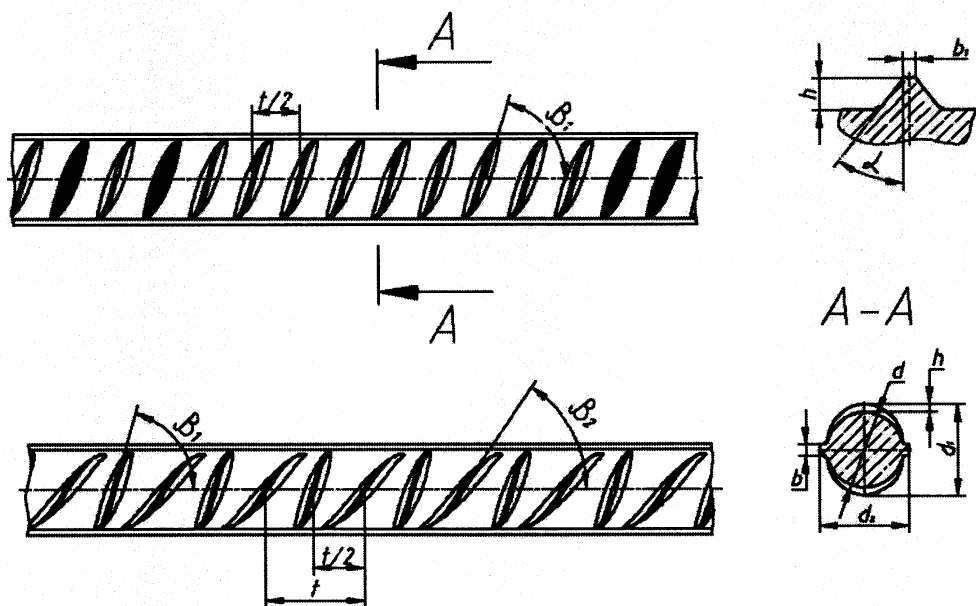
УДК 621.771

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГОРЯЧЕКАТАНЫХ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ И ОТПУСКОМ СВАРИВАЕМЫХ СТАЛЬНЫХ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ № 10–32 СТАЛИ МАРКИ RB 500W ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ БЕТОНА СОГЛАСНО ТРЕБОВАНИЯМ ПОЛЬСКИХ НОРМ PN-ISO 6935-2:1998 И PN-ISO 6935-2/Ak:1998 В УСЛОВИЯХ СТАНА 320 РУП «БМЗ»

На протяжении многих лет качество белорусской стали и бренд РУП «БМЗ» известны на рынках Литвы, Латвии, Эстонии, Словакии, Польши и т.д. В связи со вступлением стран Прибалтики и Восточной Европы в Европейский Союз ужесточились требования, предъявляемые к качеству товаров, импортируемых в ЕС. Вся металлопродукция, допускаемая к обороту в странах-новых членах ЕС, должна быть сертифицирована соответствующими государственными сертификационными органами. Для закрепления своих позиций на рынке Польши и в связи с выполнением контрактов на поставку арматуры стали марки RB 500W для армирования бетона, согласно требованиям польских норм PN-ISO 6935-2:1998 и PN-ISO 6935-2/Ak:1998 «Сталь для армирования бетона. Ребристый пруток», на непрерывном мелкосортном стане 320 в соответствии с планом НИР были прокатаны опытно-промышленные партии

арматурной стали периодических профилей № 10 (26 плавков), 12 (36 плавков), 14 (1 плавка), 16 (5 плавков), 20 (2 плавки).

Арматурная сталь (см. рисунок) представляет собой круглые стержни с двумя продольными ребрами и двумя расположенными на разных сторонах профиля рядами поперечных выступов серпообразной формы, не пересекающимися с продольными ребрами, причем выступы одного



Периодический профиль арматурной стали

ряда имеют одинаковый угол наклона к продольной оси стержня, а выступы другого ряда – попеременно чередующиеся с разными углами наклона. 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-изгото-

вителя (9+1) используется утолщение поперечных выступов.

Так как в польских нормах оговаривается только предельное содержание химических элементов (С, Si, Mn, P, S, N) и углеродного эквивалента ($C_{э\text{кв}}$) в арматурной стали марки RB 500W, был разработан химический состав стали для производства конкретного номера профиля арматуры (табл. 1).

Таблица 1. Химический состав арматурной стали марки RB 500W

Требования НТД	Номер арматуры	Массовая доля химических элементов, %										
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	N	$C_{э\text{кв}}$
PN-ISO 6935-2:1998, PN-ISO 6935-2/Ak:1998	10–32	макс.	0,22 (0,24)	0,60 (0,65)	1,60 (1,70)	0,050 (0,055)	0,050 (0,055)	не регламентируются			0,012 (0,013)	0,50 (0,52)
Рекомендуемые пределы	10–18	мин. макс.	0,17 0,22	0,15 0,30	0,55 0,75	– 0,035	– 0,045	– 0,29	– 0,29	– 0,39	– 0,012	– 0,48
	20–32	мин. макс.	0,17 0,22	0,17 0,30	0,70 0,95	– 0,035	– 0,045	– 0,29	– 0,29	– 0,39	– 0,012	– 0,50

Примечание: В скобках приведена массовая доля химических элементов в готовом прокате. Углеродный эквивалент рассчитывается по следующей формуле: $C_{э\text{кв}} = \%C + \%Mn/6 + (\%Cr + \%V + \%Mo)/5 + (\%Cu + \%Ni)/15$.

Температурный режим нагрева исходных непрерывнолитых заготовок квадрата сечением 125×125 мм в нагревательной печи стана 320 осуществляли в соответствии с требованиями действующей на заводе ТИ. Прокатку арматуры № 20 проводили монопроцессом, № 10, 12 – слиттинг-процессом в четыре нитки, № 14, 16 – в три и две нитки соответственно согласно требованиям ТИ по действующим таблицам калибровки, нарезке валков, удовлетворяющей требованиям польских норм PN-ISO 6935-2:1998 и

PN-ISO 6935-2/Ak:1998. Отработку технологии производства арматурной стали RB 500W осуществляли 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.

Итоговые значения результатов испытаний механических свойств арматуры указанных выше профилей стали марки RB 500W приведены в табл. 2.

Таблица 2. Итоговые значения результатов испытаний механических свойств арматурной стали RB 500W

Номер профиля	Статистические показатели	Механические свойства					
		σ_r , Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	σ_r/σ_t	$A_{5,65}$, %	A_{10} , %	Agt, %
10	мин.	548	637	1,11	19,6	13,2	7,3
	макс.	615	704	1,19	27,6	19,5	12,7
	средн.	583	666	1,14	23,1	16,9	10,3
12	мин.	520	619	1,11	18,3	12,5	7,3
	макс.	611	697	1,20	26,0	24,0	13,6
	средн.	570	656	1,15	22,5	16,5	10,6
14	мин.	550	643	1,12	22,3	17,9	10,3
	макс.	590	667	1,17	24,9	19,3	11,8
	средн.	571	655	1,15	23,6	18,7	11,0
16	мин.	546	639	1,14	19,6	15,2	9,0
	макс.	599	690	1,18	24,0	18,4	12,4
	средн.	567	658	1,16	21,6	16,5	10,7
20	мин.	519	630	1,15	20,7	15,0	8,8
	макс.	573	661	1,22	23,6	17,2	12,1
	средн.	547	650	1,19	21,9	16,2	10,5
Требования PN-ISO 6935-2:1998 и PN-ISO 6935-2/Ak:1998		не менее					
		500	550	1,05	14,0	–	2,5

Примечание: Испытание прочности на разрыв должно проводиться в соответствии с требованиями стандарта ISO 6892; для расчета механических свойств используется номинальная площадь поперечного сечения.

С целью определения стабильности процесса производства арматуры стали марки RB 500W проводили оценку результатов испытаний механических свойств для мелких и средних профилей, прокатанных слитинг-процессом, на соответствие требованиям PN-ISO 6935-2:1998. Согласно польским нормам, испытываемая часть продукции соответствует требованиям, если для всех характеристических значений (прочности на разрыв (σ_b), предела текучести (σ_T) и относительного удлинения после разрыва ($A_{5,65}$)) выполняется условие:

$$m - k \cdot s \geq C_p,$$

где m – среднее значение, полученное в результате испытаний; s – стандартное отклонение основного множества; k – показатель приемлемости

в зависимости от количества испытаний (n) при норме несоответствия 5% ($p=0,95$) и вероятности 90% ($1-\alpha$); C_p – требуемое характеристическое значение.

Статистическая оценка результатов механических испытаний базы данных по каждому отдельному профилю проводилась с разбивкой ее по номерам контрактов, при этом количество испытываемых образцов в выборке стремилось к 15 или 60, так как в польских нормах PN-ISO 6935-2:1998 указаны только два значения показателя приемлемости ($k=2,33$ при $n=15$ и $k=1,93$ при $n=60$).

В табл. 3 приведены сводные характеристические значения механических свойств арматуры стали марки RB 500W, рассчитанные согласно польским нормам.

Таблица 3. Сводные характеристические значения механических свойств арматурной стали марки RB 500W, рассчитанные согласно польским нормам

Номер профиля	Номер контракта	Количество испытаний	σ_T , Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	$A_{5,65}$, %	
10	65ек06/324	64	555	648	19,8	
		16	552	632	19,6	
	65кв06/317	64	551	629	20,6	
		16	556	641	20,3	
	65кв06/331	16	571	657	20,6	
		65кв06/332	64	579	659	19,7
	16		575	664	19,7	
	65кв06/333	16	563	641	18,6	
		16	572	651	20,2	
		65кв06/334	64	559	651	20,2
			16	563	641	18,6
	65кв06/340	64	564	650	19,3	
		16	575	648	19,2	
		16	558	634	19,6	
65ек05/621		64	554	636	20,7	
		64	560	642	19,8	
12		65кв06/317	64	543	634	19,6
	64		547	633	20,6	
	64		548	636	20,2	
	64		526	623	19,6	
	64		550	636	20,5	
	64		540	625	20,2	
	65ек06/323		16	542	633	20,3
			65ек06/324	64	545	635
	16	542		628	18,9	
	14	65HV06/326	12	538	636	21,5
65кв06/334		12	538	636	21,5	
16	65HV05/630	8	542	635	23,0	
	65ек06/340	24	537	630	19,8	
	65кв06/334	8	536	628	19,1	
Требования PN-ISO 6935-2:1998		мин.	500	550	14,0	

Как видно из таблицы, характеристические значения механических свойств арматурной стали марки RB 500W профилей № 10–16, рассчитанные по базе данных с разбивкой ее по номерам контрактов, соответствовали требованиям PN-ISO 6935-2:1998, что говорит о стабильности процесса производства арматуры данной марки стали в условиях РУП «БМЗ».

В процессе прокатки опытных плавок были получены периодические профили исследуемого сортамента с геометрическими размерами и массой 1 пог. м, удовлетворяющими требованиям PN-ISO 6935-2:1998 и PN-ISO 6935-2/Ак:1998. Масса 1 пог. м прокатанного сортамента арматурной стали марки RB 500W находилась в следующих пределах:

- № 10 – 0,599–0,636 кг при среднем значении 0,618 кг (норма 0,586–0,648 кг);
- № 12 – 0,864–0,904 кг при среднем значении 0,882 кг (норма 0,844–0,932 кг);
- № 14 – 1,185–1,213 кг при среднем значении 1,200 кг (норма 1,150–1,271 кг);
- № 16 – 1,550–1,579 кг при среднем значении 1,563 кг (норма 1,501–1,659 кг);
- № 20 – 2,414–2,438 кг при среднем значении 2,423 кг (норма 2,347–2,594 кг).

Следует отметить, что отобранные для проведения аттестационных испытаний пробы в количестве 1050 шт. выдержали изгиб в 180 и 90° с последующим перегибом на 20°, согласно требованиям польских норм, что свидетельствовало об удовлетворительном качестве поверхности прутков готового арматурного проката.

Исследования микроструктуры проводили на отобранных пробах от произведенной арматуры

мелкого (№ 12 – по четыре образца от плавок № 30461, 20477, 10474) и крупного сортамента (№ 20 – один образец плавки № 11771) опытных плавок. Результаты показали, что все изготовленные поперечные шлифы от представленных прутков арматуры имели четкое кольцо самоотпуска толщиной 1,1–1,2 мм на профиле № 12 и 1,4 мм – на профиле № 20.

Получение сертификата соответствия № 97/05, выданного польским институтом по сертификации «Zetom», явилось признанием высокого уровня обеспечения качества продукции и производственных технологий при изготовлении данного вида арматурного проката.

Начавшиеся поставки арматуры стали марки RB 500W с разработанной биркой, содержащей все необходимые сертификационные знаки, позволили существенно увеличить объемы продаж белорусской металлопродукции на рынке Польши.