



*The technology of the high-strength spiral hardware is considered in the article. The offered technology allows to bring the mechanical characteristics of high-strength reinforcing steel to conformity with the requirements of practically all the well-known in world practice standards on such kind of production.*

А. Н. БОНДАРЕНКО, В. И. ЩЕРБАКОВ, Г. Л. БОБРЕНКО, А. Е. ЧЕРНОВ, РУП «БМЗ»

УДК 621.771

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОПРОЧНОЙ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ

В отличие от обычной арматуры периодический профиль винтовых стержней служит не только для сцепления с бетоном, но и играет роль трапецеидальной резьбы. Такую арматуру можно состыковать по длине и анкеровать с использованием муфт, гаек, контргаек и анкерных гаек. С одной стороны, возможность использования для стыковки стержней винтовых соединений вместо сварки, с другой — повышенная цена винтовой арматуры по сравнению с обычной определили следующие основные области ее применения.

- В монолитных конструкциях спецсооружений в виде ненапрягаемой арматуры класса А500С, где по ряду причин сварка не применяется (промышленные газодымовые трубы, градирни, конструкции АЭС).

- В качестве высокопрочной арматуры в связи с возможностью ее стыковки без разупрочнения при сварке (грунтовые анкеры, арматура защитных оболочек АЭС, напрягаемая арматура длинномерных (более 11 м) сборных конструкций, большепролетные фермы, плиты).

- В качестве тяжелой крепежа опалубки при производстве монолитных конструкций.

- В качестве грунтовых и скальных анкеров в шахто- и туннелестроении.

- В качестве тяжелой при разного рода восстановительных и ремонтных работ.

Производство винтовой арматуры диаметром 18–36 мм разных классов (А-III, Ат-V, А-V) осваивали такие металлургические предприятия, как Макеевский и Криворожский комбинаты (Украина), «Северсталь» и «ЗабСиб» (Россия). Винтовую арматуру предполагалось поставлять в комплекте с гайками и муфтами, в связи с чем было предпринято несколько попыток создания оригинальной технологии производства недорогих крепежных элементов (с изготовлением внутренней резьбы методом горячего деформирования).

Такая технология была внедрена совместно с Днепропетровским металлургическим институтом, а опытно-промышленная партия гаек и муфт в 1989 г. использовалась совместно с винтовой

арматурой диаметром 36 мм класса А-V производства ОАО «Северсталь» для грунтовых анкеров при строительстве второй очереди здания МИД СССР на Смоленской площади в Москве.

В настоящее время из всех перечисленных предприятий только Западносибирский металлургический комбинат сохранил производство винтовой арматуры. Комбинат в состоянии поставлять эту арматуру диаметром 16–32 мм нового класса А500С и диаметром 16–25 мм классов Ат800 (Ат-V) и Ат1000 (Ат-VI) по ТУ 14-1-5254.

Сейчас производство винтовой арматурной стали носит эпизодический характер.

В 2001 г. Белорусским металлургическим заводом в сотрудничестве с НИИЖБ начато освоение производства винтовой арматуры классов от А500С до Ат800 и Ат1000 в расширенном ассортименте — диаметром от 12 до 36 мм. Характеристики арматуры отвечают требованиям нормативных документов Германии. К концу 2003 г. было освоено производство арматуры с винтовым профилем 15, 22, 25, 32 класса А500С и стояла задача освоения высокопрочной арматуры классов Ат800 и Ат1000.

Для получения требуемого класса Ат1000 использовали сталь марки 25Г2С, химический состав которой приведен ниже.

| Номер плавки | Массовая доля элементов, % |      |      |       |       |      |      |      |                  |
|--------------|----------------------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------------------|
|              | C                          | Si   | Mn   | P     | S     | Cr   | Ni   | Cu   | C <sub>экв</sub> |
| 14405        | 0,22                       | 0,64 | 1,25 | 0,010 | 0,035 | 0,12 | 0,10 | 0,23 | 0,48             |

Углеродный эквивалент рассчитывали по формуле:

$$C_{\text{экв}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}}{5} + \frac{\text{Ni} + \text{Cu}}{15}$$

Температурный режим нагрева исходных непрерывнолитых заготовок соответствовал штатной технологии нагрева под прокатку арматурной стали с обычным профилем класса Ат800.

Следует отметить отличие в технологии прокатки винтовой арматуры №15 от обычной технологии, используемой при производстве арматур №14 и 16.

Прокатка осуществлялась моно-процессом в одну нитку, в то время как штатная технология производства арматур №14 и 16 предусматривает продольное разделение раската на два и последующую прокатку и термоупрочнение по двум ниткам проката. Использование данной системы калибровки на винтовой профиль обусловлено в первую очередь настройкой чистовой клетки без использования редуктора-синхронизатора. В процессе прокатки вращение валков рабочей клетки должно быть строго синхронизировано, что обеспечивается зубчатым зацеплением в двухвалковой шестеренной клетки. С другой стороны, в процессе настройки рабочие валки необходимо плавно проворачивать один относительно другого, обеспечивая совпадение выполненных на них калибров. Для устранения этого противоречия в шестеренную клетку включен подвижный шевронный блок, установленный на промежуточном валу. Косозубый венец входного вала введен в зацепление с венцом первого выходного вала и одним из полушевранов подвижного блока, а второй полушеvron сцеплен с зубчатым колесом, закрепленном на втором выходном валу. При осевом перемещении блока один выходной вал проворачивается относительно другого вплоть до совмещения калибров рабочих валков и в этом положении блок фиксируется.

Отработка технологии производства высокопрочной стержневой арматуры винтового профиля проводилась с применением двустадийного прерывистого способа упрочнения с использованием только первой секции термоупрочнения.

Диаметр охлаждающих труб, установленных в трассе, подбирался с учетом опыта производства высокопрочной арматуры №14. При установив-

шемся давлении охладителя в первой зоне 14 бар и во второй зоне 13,5 бар и скорости прокатки 12,5 м/с был получен следующий уровень механических свойств арматурной стали:  $\sigma_t = 1100-1140$  Н/мм<sup>2</sup>;  $\sigma_b = 1285-1300$  Н/мм<sup>2</sup>;  $\delta_5 = 9-11\%$ ;  $\delta_p = 3,5-4,5\%$ .

Все пробы выдержали испытания на изгиб в 45° в холодном состоянии на оправке диаметром, равным пяти номинальным размерам прутка.

Кроме того, дополнительно был проведен металлографический анализ микроструктуры представленных образцов. Микроструктура центра и кольца самоотпуска существенных различий не имела. Проведенные замеры твердости в центральной зоне образцов дали следующие результаты: 42–43 HRC, что соответствует в эквиваленте прочности 1320–1360 Н/мм<sup>2</sup>.

Полученный профиль винтовой арматуры полностью удовлетворял контрольным требованиям как при замерах геометрических размеров, так и при навинчивании контрольного шаблона резьбового калибра.

Предлагаемый способ изготовления включает в себя состав стали, технологию термического упрочнения с прокатного нагрева, технологию получения винтового профиля без использования редуктора-синхронизатора. Предлагаемая технология позволяет привести механические свойства высокопрочной арматурной стали в соответствие с требованиями практически всех известных в мировой практике стандартов на продукцию данного вида.

В настоящее время проводится работа по подбору и замене легированной стали на сталь с минимальным суммарным содержанием легирующих элементов типа 70С, 80С.