



The main principles of creation of a new kind of rolled metal for reinforcement of reinforced concrete ware are formed.

В. В. ФИЛИППОВ, РУП "БМЗ",
А. Б. СТЕБЛОВ, В. П. БЕРЖАНИН, АП КЖИ № 214,
Д. В. ЛЕНАРТОВИЧ, БГПА,
О. Г. МИРЮГИН, Речицкий метизный завод

РАЗРАБОТКА НОВОГО ЭФФЕКТИВНОГО АРМАТУРНОГО ПРОФИЛЯ

УДК 621.778.078

Заводы железобетонных изделий потребляют горячекатаную арматуру диаметром от 6 до 40 мм. Основным поставщиком арматуры на белорусском рынке является Белорусский металлургический завод. Однако арматура диаметром 6 и 8 мм — очень дефицитная продукция. Заводы, производящие строительные конструкции, вынуждены по этой причине вместо арматуры диаметром 6 или 8 мм использовать арматуру диаметром 10 мм, которая имеет массу погонного метра в 2,78 раза больше, чем арматура диаметром 6 мм.

В связи с этим перерасход металла на заводах ЖБИ Беларуси составляет около 49 тыс. т в год. На рис. 1 приведены зависимости изменения производительности прокатного стана (т/ч) и цены 1 т арматуры на 01.03.2001 г. в белорусских рублях от диаметра арматуры. Из рисунка видно, что потеря производительности стана на арматуре диаметром 6 и 8 мм не компенсируется повышением отпускной цены завода.

Известно, что в России на некоторых заводах производят арматуру малых диаметров (3—10 мм) способом холодной прокатки. Это традиционного вида арматура с нанесенным рифлением на поверхность (рис. 2, а). Прокатка арматуры холоднодеформированным способом осуществляется на специальных станах из подката диаметром 6,5—12 мм. Одновременно с получением нужного профиля

вследствие наклепа при холодной деформации повышается и класс прочности арматуры.

Заведующим кафедрой "Железобетонные и каменные конструкции" Полоцкого государственного университета В. Д. Териним и аспирантом кафедры О. Н. Лешкевичем был предложен [1] новый вид арматурного профиля (рис. 2, б), который более эффективен при производстве железобетонных изделий, когда необходимо применение арматуры малых диаметров. Как видно из рисунка, новый арматурный профиль имеет вид "канатного" профиля. Этот профиль можно производить способом холодной деформации. На рис. 3 показаны несколько типов арматуры "канатного" профиля, которые произведены способом холодной деформации из низкоуглеродистой катанки диаметром 6,5 мм. В процессе получения профиля металл смятывается в бунт, затем в процессе правки и порезки на мерные длины на роликоправильной машине закручивается вдоль оси, приобретая вид "канатного" профиля. Шаг закрутки регулируется настройкой правильной машины. Нами предложе-

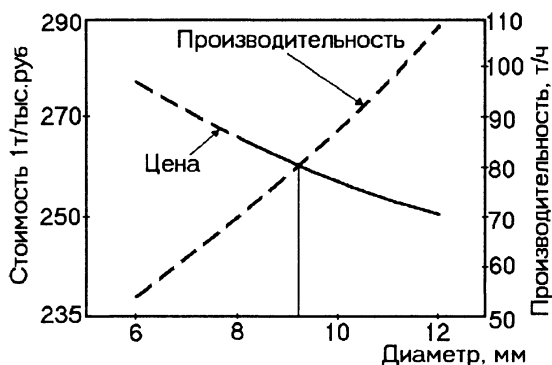


Рис. 1. Изменение часовой производительности стана, т/ч, и отпускной цены, тыс. бел. руб., от диаметра арматуры

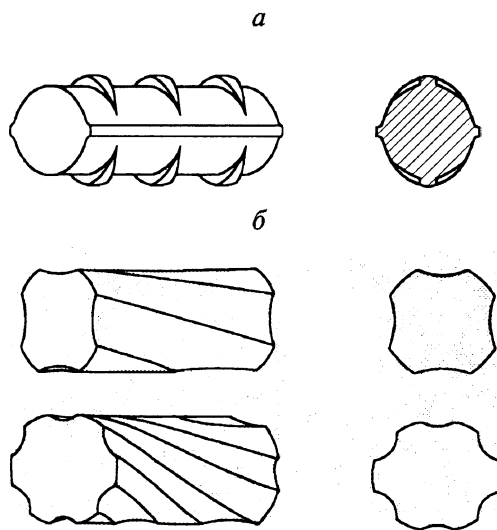


Рис. 2. Стандартный профиль арматуры с рифлением (а) и виды арматуры "канатного" типа (б)

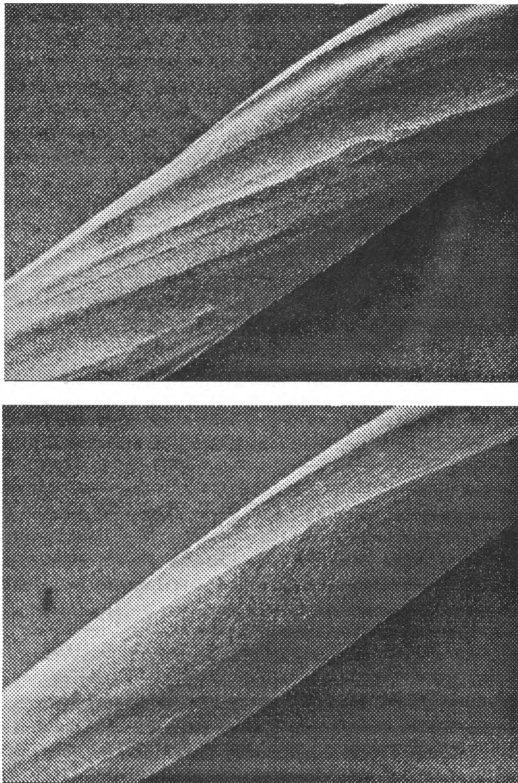


Рис. 3. Типы арматуры "канатного" профиля. $\times 10$

на и опробована технология производства такой арматуры. Новый периодический профиль в поперечном сечении образован продольными впадинами и выступами. Деформирующий инструмент для армирования поперечного сечения канатного профиля изготавливается с учетом зависимостей:

$$R = 0,75R_1(1,04 - \cos\alpha/2)/(\cos\alpha/2 - 0,75), \quad (1)$$

где R — радиус окружности, описывающий впадину; R_1 — радиус окружности, описанный вокруг наружного контура арматурного профиля; α — центральный угол, образованный двумя соседними радиусами, касательными к окружности впадины.

Установлено, что, согласно условиям деформирования (рис. 4), глубина впадины H должна быть связана с радиусом R_1 следующим соотношением:

$$H = 0,22 - 0,27R_1. \quad (2)$$

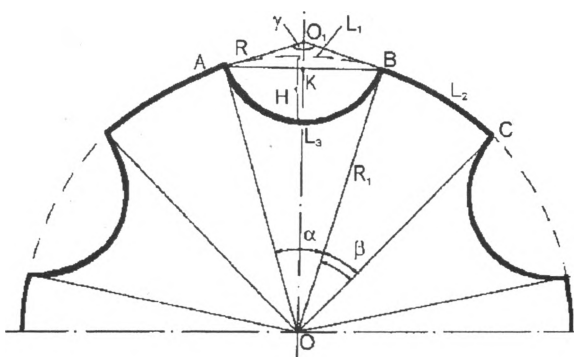


Рис. 4. Схема построения арматурного профиля "канатного" типа

Возможен более сложный случай, когда в сечении профиля эллипс. Опытная партия арматуры с эквивалентным диаметром $d_3 = 4,3-4,6$ мм имеет развитую контактную поверхность с бетоном и малую массу 113—132 г/пог. м. Установлено, что диаметр арматурного профиля d_3 , мм, и площадь поперечного сечения F , мм², определяются по эмпирическим уравнениям:

$$\begin{aligned} d_3 &= 12,73\sqrt{G/L}, \\ F &= 127,3G/L. \end{aligned} \quad (3)$$

Были проведены исследования по изменению механических свойств металла при холодной деформации. Согласно выводам авторов [2], основным фактором, влияющим на изменение механических свойств, является суммарная степень деформации $\Sigma\varepsilon$, %. Изменение прочностных характеристик, в частности предела текучести σ_T , может быть представлено в виде выражения:

$$\sigma_T = \sigma_T^0 + A\varepsilon^n, \quad (4)$$

где σ_T^0 — значение предела текучести до начала холодного деформирования;

$$\varepsilon = (h_0 - h_1)/h_0 = 1 - h_1/h_0, \quad (5)$$

h_1 , h_0 — высота полосы до и после обжатия, мм.

Установлено, что наиболее интенсивное изменение σ_T происходит до $\Sigma\varepsilon = 30\%$. Количество проходов при постоянном суммарном обжатии не оказывает существенного влияния на изменение свойств холоднокатаных сталей. Для проведения исследований были отобраны образцы катанки диаметром 5,5 мм из ст.3сп с углеродным эквивалентом $C_{экр} = 0,32$.

На образцах катанки диаметром 6,5 мм из ст. 3 сп. производства РУП "БМЗ" были проведены исследования по влиянию углеродного эквивалента $C_{экр} = C + 0,25Mn + 0,1Si$ (C , Mn , Si — содержание в стали углерода, марганца, кремния) и степени деформации ε .

Получены уравнения регрессии, описывающие изменения $\Delta\sigma_T$, $\Delta\sigma_B$, $\Delta\delta_5$ в зависимости от исследуемых факторов.

Обобщенное уравнение регрессии, описывающее изменения основного показателя качества, $\Delta\sigma_T$ — предела текучести, по которому оценивается класс прочности арматуры, имеет вид:

$$\begin{aligned} \sigma_T &= 262,3 + 427,3C_{экр} + 23,6\varepsilon^{0,58} - 5,95d_0, \\ r &= 0,72, \quad \delta_{0ш} = 19,6\text{МПа}, \end{aligned} \quad (6)$$

где d_0 — диаметр исходной катанки, мм.

Для наглядности выражение (4) можно представить в виде номограммы (рис. 5).

Согласно уравнению (4) и номограмме, при производстве арматуры с эквивалентным диаметром $d_3 = 6$ мм из катанки $d_0 = 6,5$ мм при $C_{экр} = 0,32$ можно получить σ_T на уровне 485 МПа, т. е. приращение предела текучести $\Delta\sigma_T = 140$ МПа.

При прокатке в закрытых калибрах ϵ следует найти из уравнения:

$$\epsilon = 1 - \frac{d_1^2}{d_0^2} \quad (7)$$

По аналогичным выражениям рассчитываются значения предела прочности σ_b , МПа, и относительного удлинения δ_s , %.

Литература

1. Заявка №19980338, МПК E04C5/03 от 07.04.98.
2. Третьяков А. В., Трофимов Г. К., Зюзин В. И. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением. М.: Металлургия, 1964.

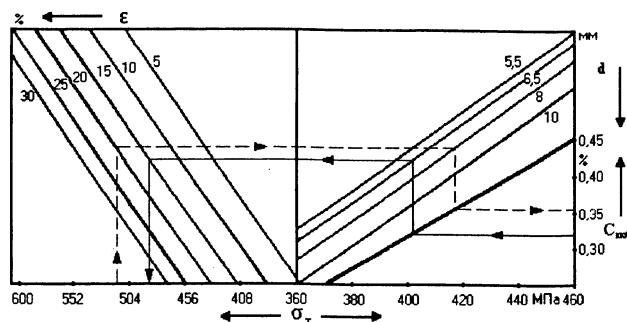


Рис. 5. Номограмма для определения предела текучести σ_T от факторов C_s, d_0, ϵ



РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "БЕЛОРУССКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД" BYELORUSSIAN STEEL WORKS BELORUSSISHES METALLURGISCHES WERK

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПРОВОЛОКИ РМЛ HOSE WIRE TECHNICAL DATA HOSE WIRE STANDARD SPECIFICATION

| Nominal diameter, mm | Tensile strength, N/mm ² | Average breaking force, N | Minimum torsions, turns | Minimum bendings, bends | Nominal length on BS60, m |
|----------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 0,25 | 2150-2450 | 113 | 40 | 125 | 82000 |
| | 2450-2750 | 128 | 40 | 125 | 82000 |
| | 2750-3050 | 142 | 35 | 105 | 82000 |
| | 3050-3350 | 157 | 30 | 75 | 82000 |
| 0,29 | 2450-2750 | 178 | 35 | 95 | 60000 |
| | 2150-2450 | 163 | 35 | 105 | 58000 |
| 0,30 | 2450-2750 | 184 | 35 | 95 | 58000 |
| | 2750-3050 | 205 | 30 | 85 | 58000 |
| | 3050-3350 | 226 | 25 | 60 | 58000 |
| 0,38 | 2150-2450 | 261 | 35 | 60 | 32000 |
| | 2450-2750 | 295 | 35 | 60 | 32000 |
| | 2750-3050 | 329 | 30 | 55 | 32000 |
| 0,40 | 2150-2450 | 289 | 40 | 60 | 29500 |
| | 2450-2750 | 327 | 35 | 55 | 29500 |
| | 2750-3050 | 364 | 30 | 50 | 29500 |
| 0,50 | 2150-2450 | 452 | 33 | 40 | 18100 |
| | 2450-2750 | 510 | 32 | 40 | 18100 |
| | 2750-3050 | 569 | 25 | 30 | 18100 |
| 0,56 | 2150-2450 | 565 | 25 | 35 | 15000 |
| | 2450-2750 | 640 | 25 | 30 | 15000 |
| | 2750-3050 | 714 | 20 | 25 | 15000 |
| 0,60 | 2150-2450 | 650 | 31 | 27 | 14000 |
| | 2450-2750 | 735 | 30 | 27 | 14000 |
| 0,65 | 2150-2450 | 765 | 25 | 25 | 11000 |
| | 2450-2750 | 865 | 25 | 20 | 11000 |
| 0,70 | 2150-2450 | 885 | 25 | 20 | 96000 |
| | 2450-2750 | 1001 | 21 | 18 | 9600 |
| 0,71 | 2150-2450 | 910 | 25 | 20 | 9500 |
| | 2450-2750 | 1030 | 21 | 18 | 9500 |