

Опубликовано:

Терин В. Д., Лешкевич О. Н., Ленартович Д.В. Влияние степени пластической деформации на свойства холоднодеформированной арматуры // Совершенствование железобетонных конструкций, оценка состояния и усиление: Материалы респ. науч.-техн. конференции / Под. ред. Т.М. Пецольда.– Мн.: УП «Технопринт», 2001.– с. 173-176

УДК 620.179.2

**ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ
НА СВОЙСТВА ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННОЙ АРМАТУРЫ**

Терин В.Д., Лешкевич О.Н.

Полоцкий государственный университет

Республика Беларусь, г. Новополоцк

Ленартович Д.В.

Белорусская государственная политехническая академия

Республика Беларусь, г. Минск

Для удержания существующих рынков сбыта металлопроката и расширения новых, металлургические заводы вынуждены сокращать производственные издержки. Стоимость легирующих добавок стали, предназначенной для производства арматуры, составляет значительную долю в себестоимости продукции. Использование одной марки стали СтЗсп для производства, как термомеханически упрочненной, так и холоднодеформированной арматуры без изменения существующих технологических схем, снижает себестоимость готовой продукции и уменьшает зависимость предприятия от поставок дорогостоящих легирующих добавок.

В связи с переходом промышленности на производство и применение арматуры с нормативным сопротивлением 500МПа, которая бы соответствовала бы требованиям Евроном по свариваемости и углеродному эквиваленту, необходимо уменьшение содержание углерода в арматурной стали, с одновременным обеспечением требуемого уровня механических свойств /3/. Как показали исследования, проволока полученная методом холодной деформации катанки из стали Зсп/пс, соответствует всем требованиям предъявляемым к арматурной проволоке класса В500.

Исходным материалом для производства арматурной проволоки является катанка диаметром 5.5мм, подвергаемая в дальнейшем волочению в холодном состоянии для получения проволоки диаметром 3-5мм. Поскольку степень деформационного упрочнения при этом зависит от получаемого диаметра, то существует проблема обеспечения прочностных свойств для 5мм и пластических для 3мм /4/.

Существуют два способа производства арматурной проволоки: традиционный на волочильных станах и с использованием правильно-отрезных станков заводов ЖБИ. На механические свойства холоднодеформируемой проволоки оказывает влияние только химический состав и степень пластической деформации. При прочих равных условиях тип используемого оборудования влияние на конечные механические свойства катанки влияние не оказывает.

Известно /5/, что изменение предела текучести $\sigma_{0.2}$ от относительной степени деформации может быть представлено в виде выражения:

$$\sigma_{0.2} = \sigma_{0.2}^0 + A \cdot \varepsilon, \quad (1)$$

где $\sigma_{0.2}^0$ – значение предела текучести до начала холодного деформирования,

Согласно выводам авторов /2/ основным фактором, влияющим на изменение механических свойств в процессе холодной прокатки, является $\Sigma\varepsilon$ - суммарная пластическая деформация. С ростом степени деформации увеличивается упрочнение за счет деформации, упорядочение ориентировки зерен и образования текстуры, появляется анизотропия свойств и происходит изменение механических и физических свойств. Установлено, что наиболее интенсивное изменение $\sigma_{0.2}$ 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 стали СтЗсп с углеродным эквивалентом $C_{\text{ЭКВ}} = 0.32\%$.

Образцы длиной 300 мм последовательно протягивались в холодном состоянии на экспериментальном стане с гладкими валками диаметром 200 мм. Степень относительной деформации варьировалась от 5 до 50%, после чего образцы испытывались на разрывной машине ПР-200. Образцы были отобраны из одного витка катанки. Каждое испытание проводилось на трех образцах.

После статистической обработки результатов механических испытаний получены следующие зависимости (рис. 1) и уравнения:

$$\left. \begin{aligned} \Delta\sigma_{0.2} &= 23.6 \cdot \varepsilon^{0.58}, & r &= 0.67 \\ \Delta\sigma_u &= 36.2 \cdot \varepsilon^{0.4}, & r &= 0.89 \\ \Delta\delta_{100} &= 199.6 \cdot \varepsilon^{-0.82}, & r &= 0.94 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $\Delta\sigma_{0.2}$, $\Delta\sigma_u$ – изменение предела текучести, предела прочности, МПа;
 $\Delta\delta_{100}$ – изменение относительного удлинения, % от степени предварительной деформации;
 r – парный коэффициент корреляции.

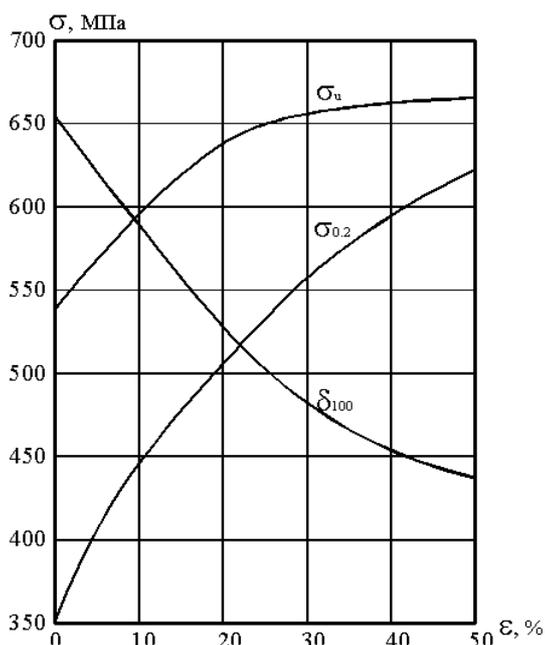


рис.1. Приращение предела текучести от степени предварительной деформации.

Из диаграммы представленной на рисунке 1 видно, что при возрастании степени предварительной деформации, разница между пределом текучести и пределом прочности снижается, т.е. диаграмма арматуры становится более полой и стремится к идеальной диаграмме Прандтля.

Ранее на основе статистической обработки данных входного контроля катанки диаметром 5.5 из стали СтЗсп/пс за период 1997-1999 годов были получены следующие корреляционные уравнения:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{0.2} &= 202.9 + 507.3 \cdot C_{\text{ЭКВ}}, & r &= 0.77 & \delta_{\text{ош}} &= 16.4 \text{ МПа} \\ \sigma_{0.2} &= 404.6 - 6.3 \cdot d_0, & r &= 0.69 & \delta_{\text{ош}} &= 17.1 \text{ МПа} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где $\delta_{\text{ош}}$ – ошибка уравнения при доверительной вероятности $p=0.95$;
 d_0 – диаметр исходной катанки, мм.

Аналогичные уравнения получены для предела прочности и относительного удлинения.

На основе уравнений 2, 3 получено уравнение регрессии для $\sigma_{0.2} = f(C, d, \varepsilon)$, которое имеет вид:

$$\sigma_{0.2} = 262.3 + 427.3 \cdot C_{\text{ЭКВ}} + 23.6 \cdot \varepsilon^{0.58} - 5.95 \cdot d_0, \quad r = 0.72 \quad \delta_{\text{ош}} = 19.6 \text{ МПа} \quad (4)$$

Используя уравнения 4 можно определить, что при получении холоднодеформированной арматуры диаметром 5мм из катанки 5.5мм при $C_{\text{ЭКВ}}=0.32\%$ предел текучести достигает 536МПа, т.е. приращение составило 170МПа.

Аналогично расчеты выполняются для σ_u и δ_{100} . При прокатке арматуры в закрытых калибрах ε следует определять из следующего выражения:

$$\varepsilon = 1 - (d_1^2 / d_0^2),$$

где d_0, d_1 – начальный и конечный диаметры проката, мм.

На рисунках 2, 3 представлены результаты статистической обработки массовых испытаний арматурной проволоки В500 диаметром 5 и 4мм, полученной из катанки диаметром 5.5мм. Отношение $\sigma_u / \sigma_{0.2}$ находится в пределах 1.05 – 1.15, относительное удлинение δ_{100} не менее 3,0%, минимальное количество перегибов – 7.

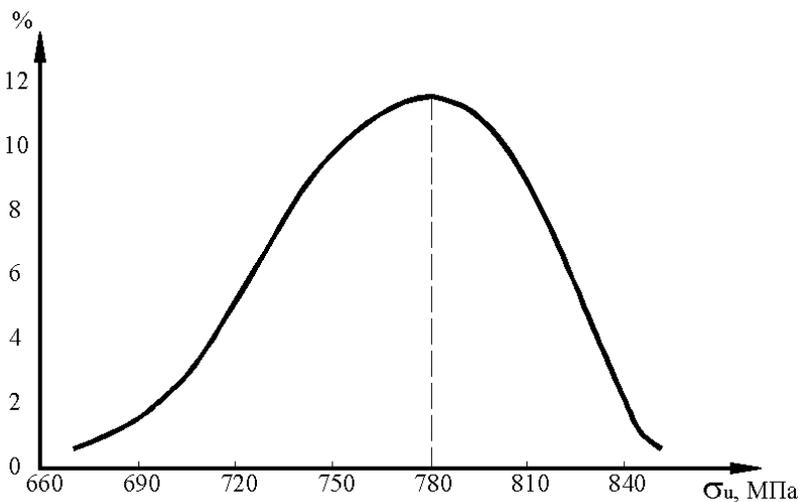


рис. 2 Распределение временного сопротивления для проволоочной арматуры В500 (200 испытаний).

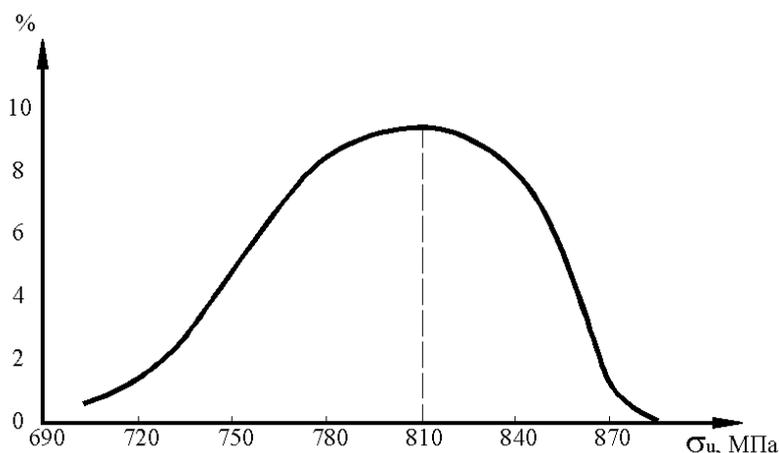


рис. 3 Распределение временного сопротивления для проволочной арматуры 4B500 (280 испытаний).

На основании результатов проведенных испытаний гладкой арматуры из стали СтЗсп во всем диапазоне химических свойств диаметров 3–5 мм и их статистической обработки были сделаны выводы о принципиальной возможности получения свойств соответствующих классу B500.

Литература

1. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений.—М.: Стройиздат, 1982.— 351с.
2. Третьяков А.В., Трофимов Г.К., Зюзин В.И. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением. М.: Металлургия, 1964. — 221с.
3. Терин В.Д., Колтунов А.И., Лешкевич О.Н. Перспективы производства и применения ненапрягаемой арматуры повышенной прочности// Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: Сборник научных трудов /Под ред. Т.М. Пецольда. — Минск: БГПА. — 1996. — С.47-51.
4. Терин В.Д., Лешкевич О.Н. Механические и технологические свойства гладкой арматурной проволоки повышенной прочности// Материалы международной науч.-техн. конф., Новые конкурентоспособные и прогрессивные технологии, машины и механизмы в условиях современного рынка, с. 358.
5. Шевакин Ю.Ф., Шайкевич В.С. Обработка металлов давлением. М.: Металлургия, 1972. — 245с.