

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 содержания 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:

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

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.

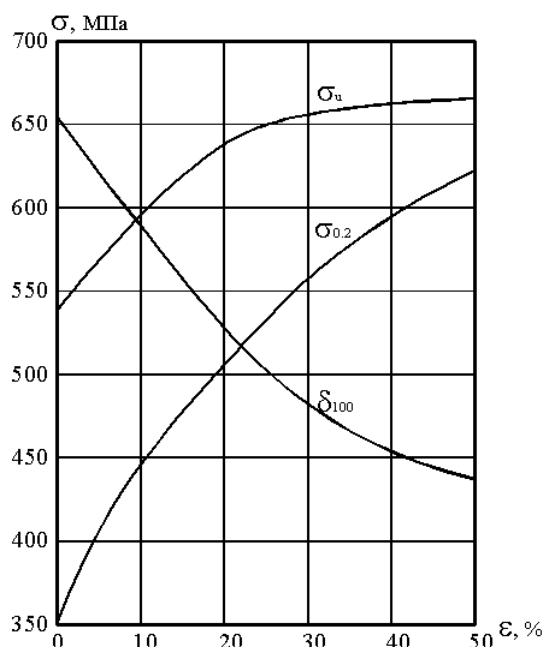


рис.1. Приращение предела текучести от степени предварительной деформации.

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.

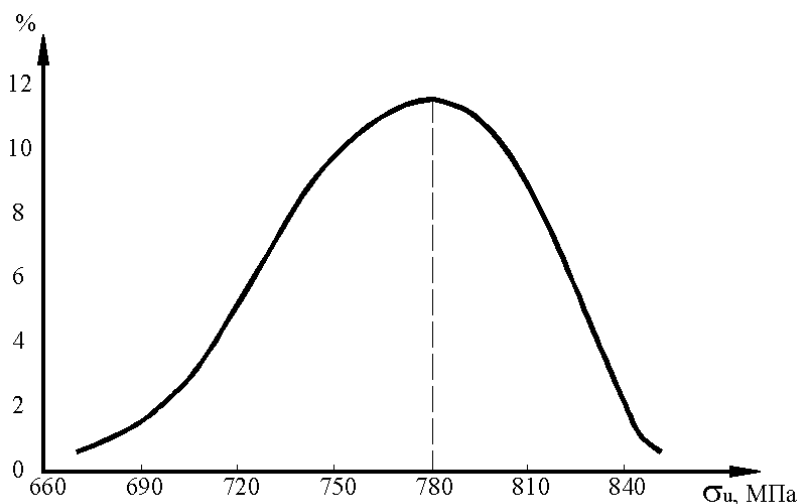


рис. 2 Распределение временного сопротивления для проволоочной арматуры В500 (200 испытаний).

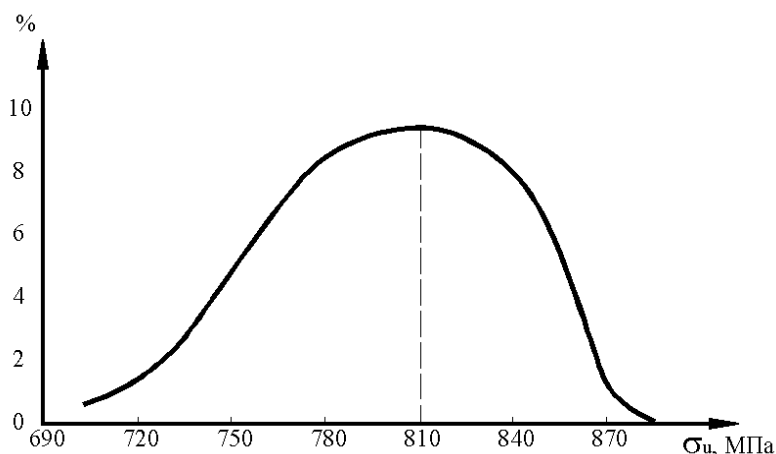


рис. 3 Распределение временного сопротивления для проволочной арматуры 4B500 (280 испытаний).

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.