

ОСОБЕННОСТИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ ДЛЯ АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ

В.Н. Лебедев, М.В. Чукин, Г.Ш. Рубин, Г.С. Гун

RHEOLOGICAL FEATURES OF HIGH CARBON ALLOY STEEL FOR REINFORCEMENT OF FERROCONCRETE CROSSTIES

V.N. Lebedev, M.V. Chukin, G.S. Rubin, G.S. Gun

Приводятся результаты экспериментальных исследований особенностей реологических свойств высокоуглеродистой легированной стали, используемой для производства нового вида продукции - высокопрочной стабилизированной арматуры для современных железобетонных шпал. Получены уравнения состояния стали марок С85CrV и 85ФЮ, необходимые для проектирования деформационных режимов волочения и профилирования арматуры, обеспечивающих достижение заданного комплекса эксплуатационных характеристик готовой продукции.

Ключевые слова: высокоуглеродистая легированная сталь, реологические свойства, диаграммы деформирования, уравнения состояния, арматура для железобетонных шпал.

The results of Rheological features experimental studies of high carbon steel alloy which is used for production of the new high-strength stabilized reinforcement for up-to-date ferroconcrete crossties are presented. State equations for steel grades С85CrV and 85ФЮ are generated, which are required for planning of the deformation drawing and reinforcement shaping modes, providing achievement the required complex of production working characteristics.

Keywords: high carbon alloy steel, rheological features, deformation curves, state equations, reinforcement of ferroconcrete crossties.

В метизном производстве процессы холодной пластической деформации являются одними из базовых технологических методов обеспечения качества готовой продукции. Для рациональной организации таких процессов и прогнозирования их результатов необходимы знания о деформационной специфике обрабатываемых материалов. Целью настоящей работы явилось экспериментальное исследование особенностей реологических свойств подката высокоуглеродистой легированной стали, используемой в качестве исходной заготовки на ОАО «ММК-МЕТИЗ» для производства нового вида продукции - высокопрочной стабилизированной арматуры диаметром до 10,0 мм для современных железобетонных шпал.

Оценку технологической деформируемости стали проводили по результатам пластометрических испытаний цилиндрических образцов. Образцы изготавливали из катанки диаметром 15,0 мм из стали марки 85ФЮ, сорбитизированной в условиях прокатного передела ОАО «ММК», и из патентированной стали марки С85CrV производства Италии. Деформацию образцов осуществляли на кулачковом пластометре при температуре 20 °С в диапазоне скоростей деформации 5-20 1/с. Для достижения однородного напряженно-деформированного состояния в процессе осадки использова-

ли полировку и смазку контактных поверхностей. Статистическая достоверность результатов испытаний достигалась проведением не менее трех параллельных опытов для каждого значения скорости и степени деформации.

Диаграммы деформирования, построенные без учета упругости, для стали марок 85ФЮ и С85CrV, находящихся в исходном состоянии, приведены на рис. 1, а, б соответственно. При построении диаграмм деформирования, представленных на рис. 1, использовался весь массив экспериментальных значений без дифференциации по уровням скоростей деформации.

Высокая плотность расположения точек в поле экспериментальных данных свидетельствует о малой дисперсии и достаточно высокой статистической достоверности полученных результатов как для стали марки С85CrV производства Италии (см. рис. 1, а), так и для стали марки 85ФЮ производства ОАО «ММК» (см. рис. 1, б). Характер поведения кривых, представленных на рис. 1, типичен для рассматриваемой группы материалов. Деформационный предел прочности для стали марок С85CrV и 85ФЮ находится на уровне 58 % и 49 % соответственно.

Низкий разброс экспериментальных значений определяет отсутствие значимого влияния скоро-

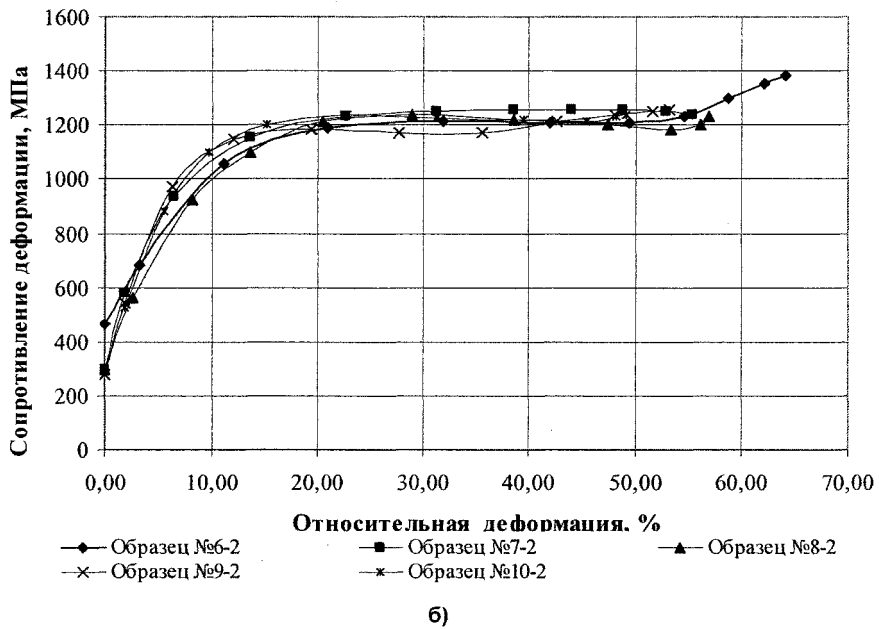
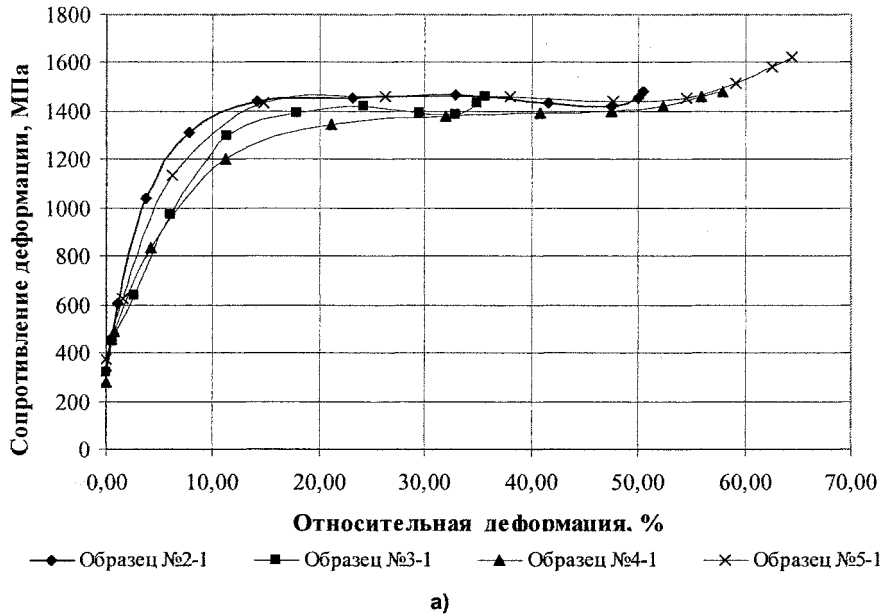


Рис. 1. Диаграммы деформирования образцов исследуемой стали марок С85CrV производства Италии (а) и 85ФЮ производства ОАО «ММК» (б) в исходном состоянии

сти деформации на сопротивление деформации рассматриваемых марок стали. Об этом свидетельствуют также специально проведенные исследования о выявлении вязких свойств стали марок 85ФЮ и С85CrV, которые показали, что существенного (статистически значимого) влияния скорость деформации на значения сопротивления деформации не оказывает и при проектировании технологических процессов холодного пластического деформирования вязкой составляющей можно пренебречь [1].

Известно, что сопротивление деформации стали определяется не только (а в некоторых случаях не столько) их химическим составом, но и

фазовым, а также структурным состоянием материалов [2].

В связи с этим одна из задач исследований заключалась в сопоставлении кривых упрочнения для анализируемых марок стали 85ФЮ и С85CrV, полученных по различным технологическим схемам. Для этого поля экспериментальных значений для указанных групп материалов были сведены на одну координатную плоскость (рис. 2).

Как следует из рис. 2, при достижении значений относительной деформации 45 % для стали марки С85CrV и 55 % для стали марки 85ФЮ наблюдается увеличение значений сопротивления деформации, что свидетельствует о переходе ма-

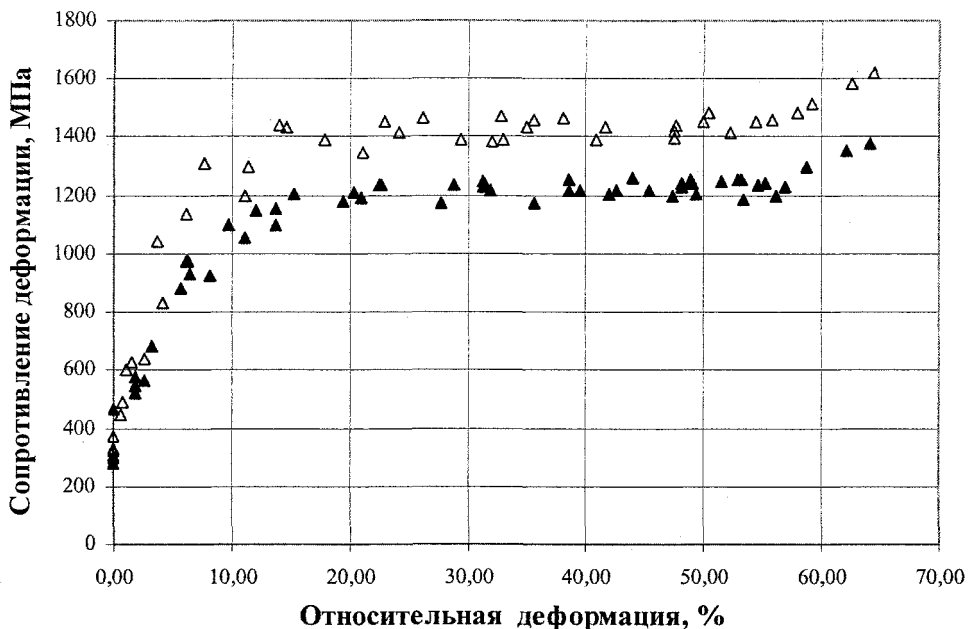


Рис. 2. Поля экспериментальных значений зависимости сопротивления деформации от степени деформации для стали марки 85ФЮ производства ОАО «ММК» (темные треугольники) и стали марки С85CrV производства Италии (светлые треугольники)

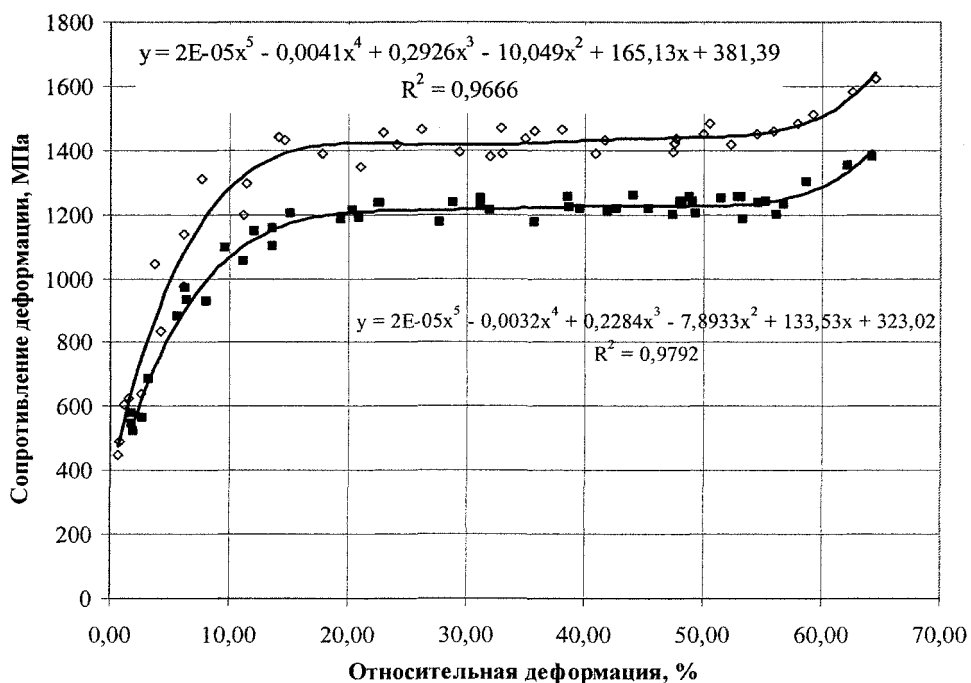


Рис. 3. Построение уравнений состояния при аппроксимации кривых деформационного упрочнения стали марок С85CrV (светлые ромбы) и 85ФЮ (темные квадраты)

териала в режим неоднородной деформации (при испытаниях на растяжение данный момент соответствует началу образования шейки на образце). Соответствующие данной относительной деформации значения сопротивления деформации можно считать временным сопротивлением σ_v , которое для стали марки С85CrV находится в диапазоне 1400-1440 МПа. Среднее значение временного сопротивления составляет для данного материала

1420 МПа. Для стали марки 85ФЮ диапазон значений временного сопротивления существенно ниже и соответствует 1210-1240 МПа, при этом среднее значение временного сопротивления составляет 1225 МПа.

Важным результатом исследований явилось построение единых уравнений состояния, которые получали путем аппроксимации полей точек экспериментальных данных полиномами 5-го порядка в программе Microsoft Excel (рис. 3).

Уравнения состояния для стали марок С85СгV и 85ФЮ имеют следующий вид соответственно:

$$\sigma_s = 2 \cdot 10^{-5} \varepsilon_i^5 - 0,0041 \varepsilon_i^4 + 0,292 \varepsilon_i^3 - 10,049 \varepsilon_i^2 + 165,13 \varepsilon_i + 381,39; \quad (1)$$

$$\sigma_s = 2 \cdot 10^{-5} \varepsilon_i^5 - 0,0032 \varepsilon_i^4 + 0,2284 \varepsilon_i^3 - 7,893 \varepsilon_i^2 + 133,53 \varepsilon_i + 323,02. \quad (2)$$

Полученные уравнения (1) и (2) были использованы при моделировании деформационных режимов обработки арматуры диаметром 9,6 мм из подката диаметром 15,0 мм в программном комплексе DEFORM-3D.

По результатам моделирования были определены и реализованы на ОАО «ММК-МЕТИЗ» режимы волочения и профилирования арматуры, обеспечивающие достижение заданного комплекса

эксплуатационных характеристик готовой продукции.

Литература

1. Гун, Г.С. Исследование реологических свойств патентированной и сорбитизированной стали / Г.С. Гун, М.В. Чукин, В.В. Чукин; под ред. А.Д. Носова // Производство конкурентоспособных метизов: сб. науч. тр. - Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. - Вып. 3. - С. 135-143.

2. Особенности реологических свойств конструкционных наносталей / Г.С. Гун, М.В. Чукин, М.Л. Барышников, Р.З. Валиев и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. — 2008. - № 1. — С. 24-27.

Поступила в редакцию 8 апреля 2010 г.