

МАКРОСТРУКТУРА АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ

*Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь*

В производстве стержневой арматуры для железобетонных конструкций прослеживается устойчивая тенденция к снижению расхода дорогостоящих легирующих элементов при одновременном повышении прочности проката. Основные поставщики арматуры на белорусский рынок (РУП «БМЗ», ОАО «ЗСМК», Челябинский МК и др.) высоких прочностных характеристик арматурного проката из углеродистых и низколегированных сталей достигают за счет его термообработки. В основе этого процесса лежит формирование требуемой структуры проката и свойств его составляющих, дислокационных субструктур в процессе температурно-временных воздействий в линии прокатных станов [1-3]. В отдельных исследованиях [4,5] установлено, что в результате термообработки арматуры по режиму прерывистой закалки в сечении стержней формируется градиентная структура в виде различных структурных слоев. Микроструктура слоев в направлении от поверхности к осевой зоне изменяется. Эти исследования [4], проведенные с использованием термически упрочненной на класс А500С арматуры из низкоуглеродистых сталей производства ОАО «ЗСМК», показали, что строение арматурных стержней зависит от диаметра стержня [4]. С увеличением диаметра от 12 до 22 мм растет и толщина упрочненных поверхностных слоев при сохранении структурных составов. Наличие в поперечном сечении арматурных стержней диаметром 16,20,22мм (материал арматуры- Ст3пс) и 40мм(сталь 18Г2С) структурной неоднородности подтверждают и исследования диаметрального распределения микротвердости. При этом максимальную твердость имеет приповерхностная часть арматурного стержня, а минимальную- центральный участок [4,5].

Поставляемая металлургами арматура в процессе изготовления железобетонных конструкций подвергается ряду технологических воздействий (резка, правка, пластическое деформирование, сварка и т.д.). При работе железобетонного элемента под нагрузкой происходит изменение первоначального структурно-фазового состояния арматуры. Длительные сроки эксплуатации железобетонных конструкций вследствие этого приводят к ухудшению механических характеристик арматуры [6].

Прочностные и деформационные характеристики отдельных слоев арматурных стержней определяют механические характеристики стержня в целом, существенно сказываются на работе арматуры как в процессе изготовления железобетонных конструкций, так и при их нагружении [5-7].

Термическая обработка при прокатке приводит к формированию по сечению стержня участков с неодинаковыми механическими характеристиками. Так, при закалке образцов диаметром от 2 до 16мм существенно изменяется распределение микротвердости по сечению [7], что придает арматурным стержням новые свойства.

Из приведенных литературных данных неясно, как сказываются геометрические параметры арматурных стержней (наличие продольных ребер в арматуре или их отсутствие) на изменение микротвердости наружных и внутренних участков арматурных стержней различных диаметров, насколько коррелирует распределение микротвердости по поперечному и продольному сечениям арматуры, как изменяется распределение микротвердости в арматурных стержнях, прокатанных по различным технологиям. Для ответа на указанные вопросы в настоящей работе выполнено металлографическое исследование арматуры РУП БМЗ и Челябинского М.К.

Пробы для изготовления заготовок отбирались из трех партий стержневой арматуры (табл.1) на ОАО «Завод сборного железобетона №1» (г.Минск), из которых затем вырезали заготовки, темплеты и готовили шлифы. Подготовка проб производилась фрезой при малых оборотах и интенсивной подаче охлаждающей жидкости в зону реза. Структурную неоднородность выявляли по измерениям микротвердости прибором «Micromet-II» (свидетельство о проверке от

01.03.2006г.) с нагрузкой на призму 100 г в соответствии с требованиями ГОСТ 9450-76. Полученные результаты представляли в табличной (табл.2) и графической форме (рис.1).

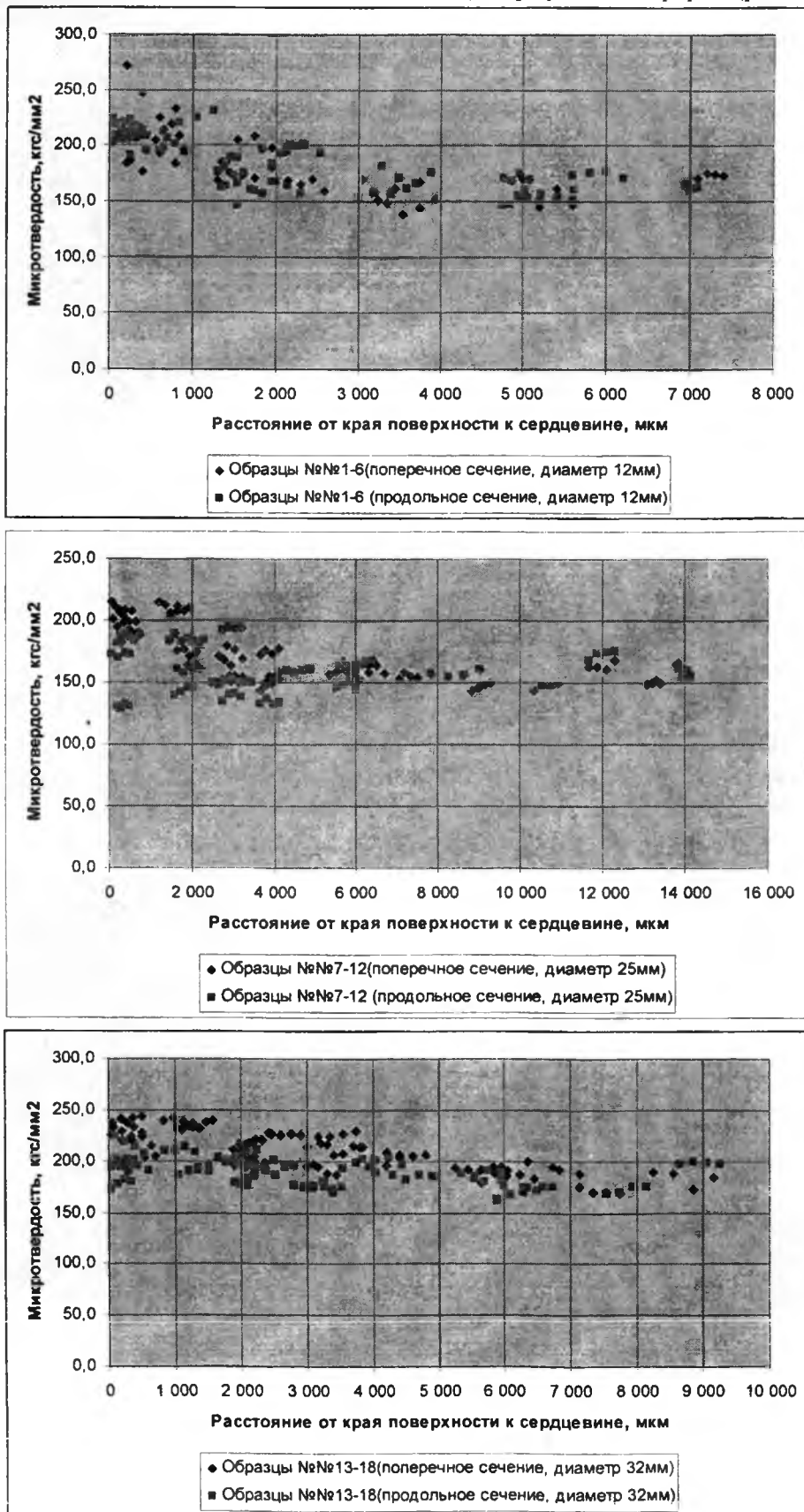


Рис.1. Распределение микротвердости по поперечному сечению арматурных стержней Ø12,25,32 мм

Таблица 1 – Характеристики арматурных стержней

| № п.п | Класс арматуры, марка стали | Ø, мм | Химический состав, % | | | | | | | | | | Механические свойства | | | |
|-------|-----------------------------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------------------------------|------------------------------------|-------|-----------|
| | | | C *) | Si *) | Mn *) | P **) | S **) | Cr *) | Ni *) | Cu *) | As *) | N2 **) | σ _t , Н/мм ² | σ _s , Н/мм ² | A5, % | Угол изг. |
| 1 | Ат500С, | 12 | 19 | 18 | 60 | 23 | 16 | 8 | 9 | 20 | 1 | 8 | 585,0 | 675,0 | 25,5 | 90 |
| 2 | Ат500С, | 25 | 18 | 19 | 58 | 9 | 16 | 13 | 10 | 21 | 1 | 9 | 550,0 | 660,0 | 20,5 | 90 |
| 3 | А-III, 35ГС | 32 | 34 | 51 | 112 | 27 | 16 | 4 | 4 | 4 | - | - | 430,0 | 690,0 | 27,0 | 90 |

Примечания. 1. *) – увеличенное в 100раз; **) - увеличенное в 100раз; 2. Позиции 1,2: прокат арматурный и термомеханически упрочненный по ТУ РБ 04778771.001-97 производства РУП БМЗ; позиция 3: сталь горячекатаная для армирования по ГОСТ 5781-82 производства ОАО Челябинский МК.

Таблица 2 – Изменения микротвердости и временного сопротивления слоев арматурных стержней

| Диаметр стержня, мм | Интервалы изменения микротвердости по Виккерсу и временного сопротивления слоев стержней (слой отсчитывается от поверхности к сердцевине) | | | | | | | | | |
|---------------------|---|----------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|
| | 1 слой | | 2 слой | | 3 слой | | 4 слой | | 5 слой | |
| | HV | σ _B , МПа | HV | σ _B , МПа | HV | σ _B , МПа | HV | σ _B , МПа | HV | σ _B , МПа |
| 12 | 200-275 | 680-930 | 187-225 | 630-760 | 160-210 | 540-710 | 155-200 | 530-680 | 140-160 | 480-540 |
| 25 | 185-215 | 630-730 | 150-215 | 510-730 | 135-190 | 460-650 | 140-160 | 480-540 | 130-160 | 440-540 |
| 32 | 190-245 | 650-830 | 190-240 | 650-810 | 175-225 | 590-760 | 170-200 | 580-680 | 160-190 | 540-650 |

Макроструктура в поперечном и продольном сечениях арматурных стержней показана на рис. 2.

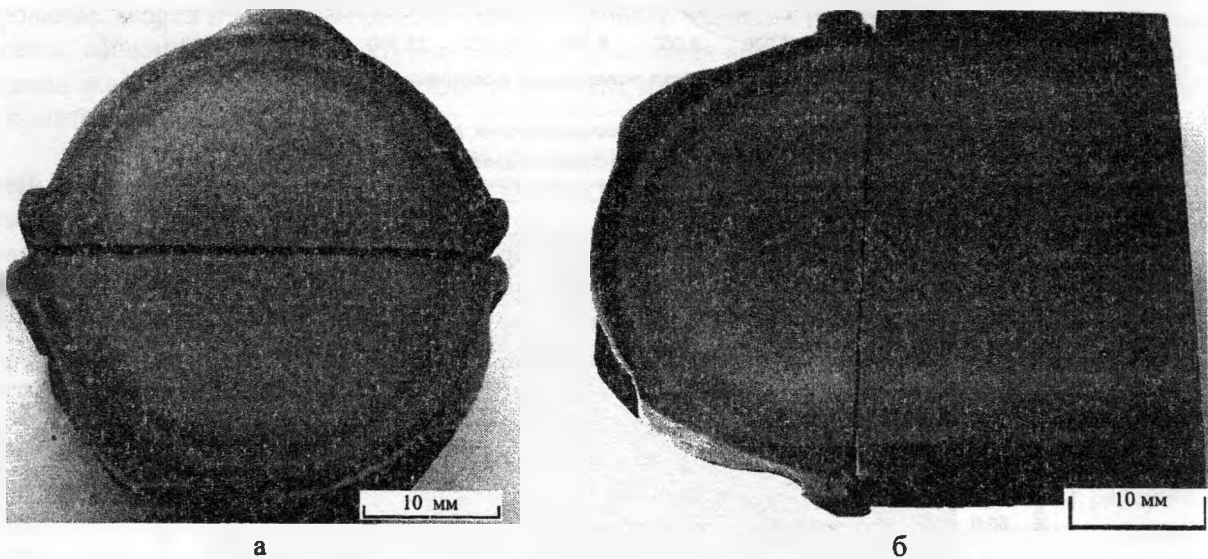
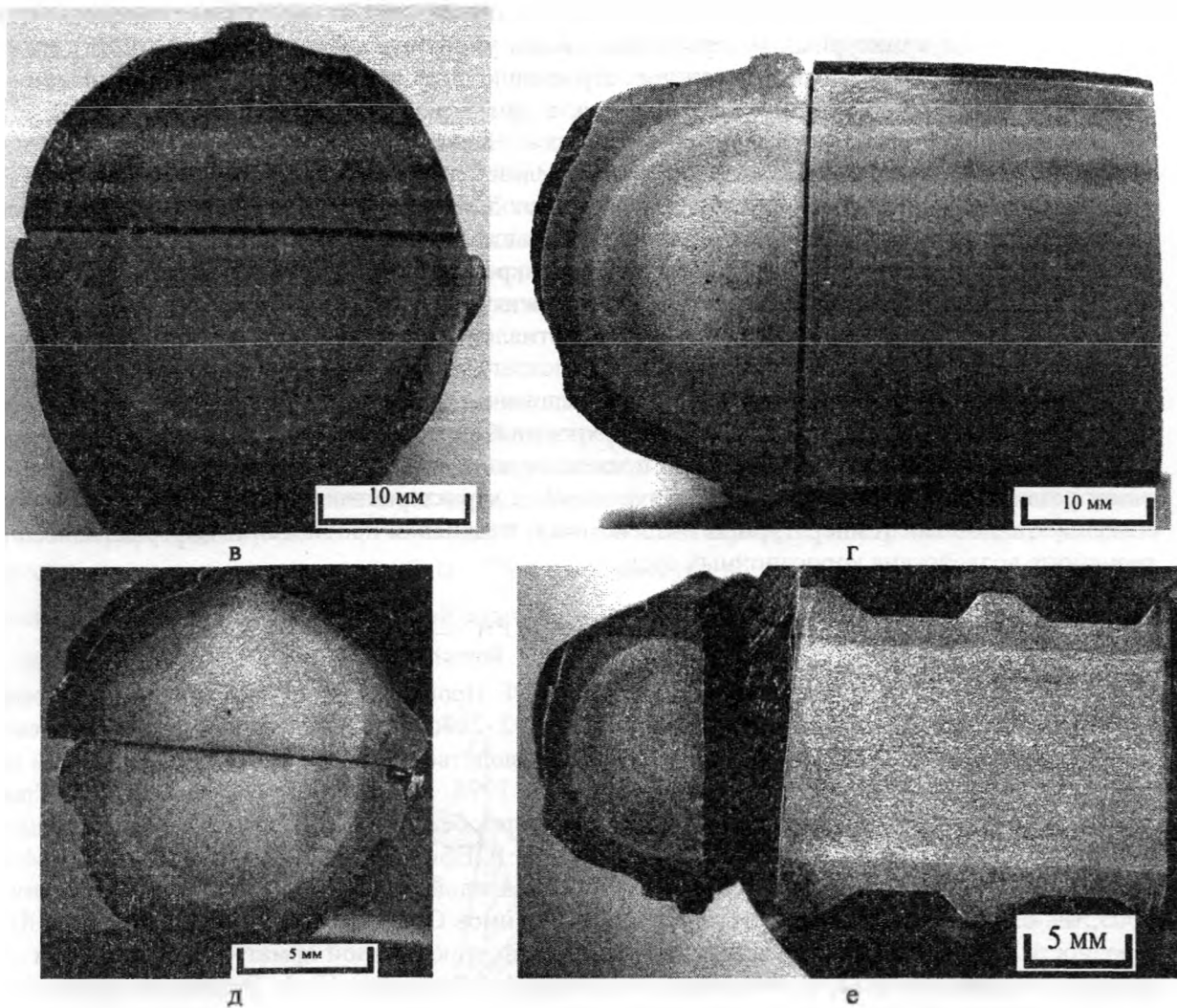


Рис. 2. Макроструктура арматуры: а, б – Ø32мм; в, г – Ø25мм; д, е – Ø12мм



Окончание рис. 2

Исследования макроструктуры поперечных и продольных сечений арматурных стержней показали, что в сечениях в процессе металлургической обработки формируется слоистый структурный (градиентный) состав. Приповерхностный слой состоит из продуктов отпуска мартенсита, промежуточные слои - из отпуска бейнита и феррита; срединный слой содержит вырожденный перлит и феррит с вкраплениями видманштеттового феррита при больших диаметрах стержней. Толщины приповерхностного и промежуточных слоев меньше изменяются с ростом диаметра стержня, чем осевого слоя. Измерения микротвердости в поперечных и продольных сечениях подтверждают наличие слоистого строения у исследованных арматурных стержней. Эта закономерность подтверждается и микроструктурой различных участков арматурных стержней. На шлифах из проката арматурного и термомеханически упрочненного по ТУ РБ 04778771.001-97 производства РУП БМЗ можно выделить до пяти различных по механическим свойствам соосно расположенных слоев. На шлифах из стали горячекатанной для армирования железобетонных конструкций по ГОСТ 5781-82 производства ОАО Челябинский МК число соосно расположенных слоев такое же. Разброс величин микротвердости (временного сопротивления) для различных слоев термомеханически упрочненного проката колеблется в пределах 130...275(440...930МПа), а для горячекатанной арматуры соответствующий интервал составляет 160...245(540...830МПа).

Выводы:

1. Прокат арматурный и термомеханически упрочненный по ТУ РБ 04778771.001-97 производства РУП БМЗ имеет слоистое строение с 5-ю соосно расположенными слоями имеющими различные механические свойства, а арматурный стержень можно рассматривать как композитный стержень со слоистой структурой. Число соосно расположенных слоев в прокате из стали горячекатанной для армирования железобетонных конструкций по ГОСТ 5781-82 производства ОАО Челябинский МК не превышает 5, но различия в значениях механических характеристик для этого проката существенно меньше, чем для проката термомеханически упрочненного производства РУП БМЗ. Величины микротвердости слоев, измеренные в поперечных и продольных сечениях одного и того же стержня, отличаются между собой.

2. Соотношения между временным сопротивлением слоев можно принимать в соответствии с таблицей 2.

3. При проектировании изделий из исследованных арматурных стержней, у которых более прочные слои располагаются в приповерхностной зоне, и расчетах элементов конструкций с их использованием следует учитывать повышенную чувствительность таких стержней к надрезам различной природы, изменения механических характеристик слоев при технологических и эксплуатационных температурных воздействиях, изменения прочности и деформативности в результате воздействия коррозионных сред.

ЛИТЕРАТУРА

1. Натапов А.С., Левченко Л.Н., Баскин С.Л. Производство эффективных арматурных профилей для железобетона.-М.:Металлургия,1992.-208с. 2. Айзатулов Р.С., Черненко В.Т.,Мадатян С.А. и др. Освоение массового производства арматурной стали повышенной надежности класса А400С для железобетона// Сталь. 1998. №6. С.53-58. 3.Мадатян С.А. Сталь класса А500С для нового поколения арматуры железобетонных конструкций// Национальная металлургия.-2002, №4. 4.Юрьев А.Б., Чинокалов В.Я.,Ефимов О.Ю.,Мыскова Н.В., Прокофьева О.С. Структура термически упрочненной стержневой арматуры// Технология металлов.-2005,№9.-с.5-7. 5. Чинокалов В.Я., Юрьев А.Б., Ефимов О.Ю., Михаленко И.А., Мыскова Н.В. Прочность структурных слоев в сечении термически упрочненной арматуры// Технология металлов.-2005,№10.-с.15-18. 6. Микрюков В.П.,Юрьев А.Б.,Иванов Ю.Ф. Эволюция структурно-фазовых состояний арматуры в процессе эксплуатации//Известия высших учебных заведений Черная металлургия. 2006.№12.С.22-23. 7.Термическое упрочнение проката/ Стародубов К.Ф.,Узлов И.Г., Савенков В.Я.и др..-М.: Металлургия, 1970.-368с. 8. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов. Ч.2. Механические испытания. Конструкционная прочность.-М.:Машиностроение,1974.-368с.

УДК 621.81:539.4

Чижарев А.В., Шукевич Т.В., Ручан М.В.

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА КАБИНЫ В УПРУГО-ПЛАСТИЧНОЙ ПОСТАНОВКЕ ПОСРЕДСТВОМ КЭ ПАКЕТА ANSYS

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Методы моделирования позволяют ускорить процесс разработки различных конструкций, в том числе и кабин, а также значительно снизить затраты на испытание и доводку конструкции опытного образца. Конструкции кабин должны соответствовать требованиям, предъявляемым к прочности, надежности конструкции и безопасности водителя. Целью моделирования является расчет и прогнозирование характеристик деформирования при виртуальных испытаниях. Наиболее эффективным и широко используемым средством достижения поставленной