

• Работа выполнена при поддержке гранта БФФИ № Т09М-090 (№ госрегистрации: 20091888). Тема: «Моделирование напряженно-деформированного состояния цилиндрических оболочек при неравномерном нагреве и нейтронном облучении».

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисов В.П., Драгунов Ю.Г. Реакторные установки ВВЭР для атомных электростанций. М.: ИздАТ, 2002. – 480 с. 2. Фрост Б. Твэлы ядерных реакторов: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 248с. 3. Займовский А.С. Тепловыделяющие элементы атомного реактора/ А.С. Займовский, В.В. Калашников, И.С. Головнин. – М.: Атомиздат, 1979. – 517с. 4. Куликов, И.С. Прочность тепловыделяющих элементов быстрых газоохлаждаемых реакторов / И.С.Куликов, Б.Е. Тверковкин.- Мн.: Наука и техника, 1984. – 104с.

УДК 539.3

Язневич А.М.

ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИИ НА ПРОЧНОСТЬ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Методы расчета строительных конструкций позволяют учесть все возможные неблагоприятные нагрузки. Случаются ошибки при проектировании и изготовлении конструкций, а также при нарушении расчетного режима эксплуатации. Одной из опасных ошибок является недоучет влияния коррозии на арматуру.

Коррозией металлов называется химическое разрушение, обусловленное взаимодействием металлических материалов с окружающей средой. В процессе коррозии протекают реакции окисления-восстановления, в которых окислителем является среда, соприкасающаяся с металлами. При окислении происходит переход атомов металла из нейтрального состояния в положительно заряженные ионы, входящие в состав продуктов коррозии. Сталь не будет подвержена коррозии если электролит имеет достаточно высокий рН, что вызывает пассивацию поверхности стали. Состояние пассивности сохраняется в случае, если имеется динамическое равновесие между факторами, создающими защитную пленку и факторами, нарушающими ее сплошность (водородными и галогидными ионами, катодной поляризацией). При понижении рН электролита пассивное состояние нарушается – происходит процесс коррозии.

В плотном неповрежденном бетоне стальная арматура может находиться в сохранности на протяжении длительного срока эксплуатации конструкций при любых условиях влажности окружающей среды. Коррозия стали в бетоне возникает в результате нарушения ее пассивности, которое может быть вызвано основными факторами: действием хлорид-ионов, которые проникают к поверхности арматуры через трещины в бетоне, карбонизацией, трещинами. Хлориды снижают рН электролита и вызывают коррозию арматуры. Хлориды могут быть внесены в бетон добавками или мигрировать извне, с течением времени. Карбонизация защитного слоя бетона тоже уменьшает рН электролита, что вызывает коррозию арматуры. Чем больше пористость бетона, тем выше скорость карбонизации. Трещины в бетоне, облегчают доступ внешней агрессивной среды к поверхности арматуры, что тоже приводит к коррозии арматуры.

В настоящее время при производстве стержневой арматуры для железобетонных конструкций прослеживается устойчивая тенденция к снижению расхода дорогостоящих легирующих элементов при одновременном повышении прочности проката. Обеспечение высоких прочностных свойств достигается быстрым охлаждением арматуры в потоке сортовых станов на специальной установке термического упрочнения. Установлено, что в результате термического упрочнения по режиму прерывистой закалки арматуры ОАО «ЗСМК» в сечении стержней формируется градиентная структура в виде пяти соосно расположенных структурных слоев [1]. Выделенные при исследовании слои названы поверхностным, переходным и осевым (рис.1).

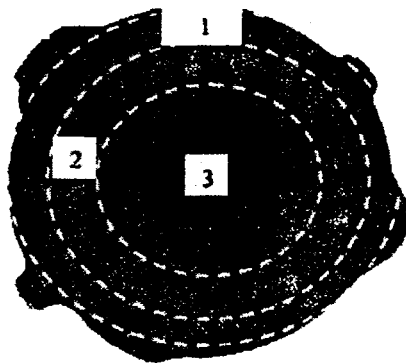


Рис. 1. Зонное строение арматурного стержня (металлография травленого шлифа):
1 – поверхностный; 2 – переходный; 3 – осевой слою.

Микроструктура слоев в направлении от поверхности к осевой зоне изменяется. Исследования показали, что строение арматурных стержней зависит от диаметра стержня [1]. С увеличением диаметра растет толщина упрочненных поверхностных слоев при сохранении структурных составов.

Таблица 1 – Толщины структурных слоев арматуры из стали СтЗпс

Профиль	Средняя глубина слоев, мм			
	поверхностный	переходные		
		1-й	2-й	3-й
№12	0,9	0,6	0,7	1,3
№16	1,3	0,8	1,0	1,4
№20	1,5	0,8	1,2	1,4
№22	1,8	1,1	1,2	1,4

Наличие в поперечном сечении арматурных стержней диаметром структурной неоднородности подтверждают и исследования микротвердости. Максимальную твердость имеет приповерхностная часть арматурного стержня, а минимальную - центральный участок [1,2].

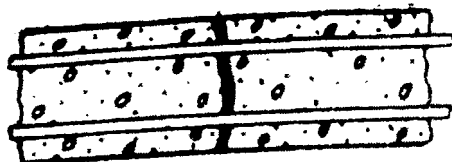
В процессе изготовления железобетонных конструкций арматура подвергается воздействиям сварки, резки, деформирования, и при работе арматуры под нагрузкой происходит изменение ее структурного состояния. Длительные сроки эксплуатации железобетонных конструкций вследствие этого приводят к ухудшению механических характеристик арматуры.

Бетонные и железобетонные конструкции не являются монолитными в физическом смысле. Затвердевший бетон состоит из мелких трещин, которые появляются вследствие внутренних напряжений в процессе структурообразования еще до приложения внешней нагрузки. Наличие микротрещин в бетоне наряду с полем внутренних напряжений является причиной низкой прочности бетона по сравнению с теоретически возможной.

Образование микротрещин начинается при твердении бетона. В дальнейшем на поле напряжений структурообразования накладываются напряжения от температурных и влажностных градиентов, а также от внешних сил, что в свою очередь способствует появлению микротрещин. Микротрещины ведут к образованию макротрещины, называемой в дальнейшем просто трещиной. Трещины возникают из-за деформации, имеющей определенное направление, вследствие чего разрывы между структурными микротрещинами, соединяясь в сплошную цепочку, образуют вполне ориентированную поверхность [2].

Характеристиками трещин могут служить такие показатели, как размеры - длина, глубина, ширина раскрытия, форма продольного и поперечного сечения:

Сквозная с параллельными стенками



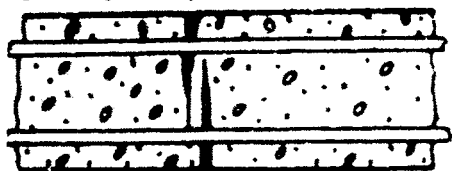
Центрально растянутые стержни ферм

Сквозная клиновидная



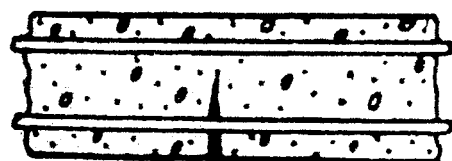
Внецентренно растянутые элементы конструкции

Несквозная внахлестку



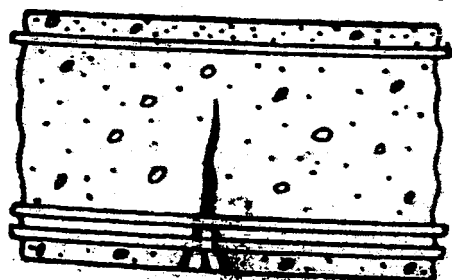
Центрально и внецентренно растянутые элементы конструкции

Несквозная клиновидная



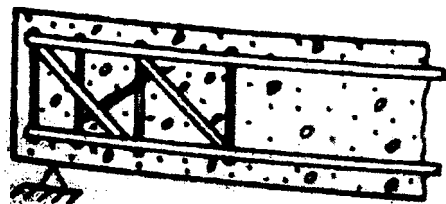
Внецентренно сжатые элементы конструкций

Веретенообразная



Изгибаемые при большой высоте сечения элементы конструкций

Замкнутая косая



Изгибаемые элементы конструкции

Причины образования трещин весьма разнообразны и обусловлены в основном небольшой растяжимостью бетона. Технологические трещины обычно образуются при неблагоприятном режиме тепловлажностной обработки железобетонных изделий, когда в материале возникают значительные напряжения вследствие перепада температур по толщине. На образование и развитие трещин влияют также усадочные деформации бетона. Трещины могут возникнуть во время транспортирования и монтажа конструкций, при их складировании и перевозке. В центрально растянутых элементах и в растянутой зоне изгибаемых железобетонных элементов

трещины появляются под действием постоянной и временной нагрузок в период эксплуатации сооружения.

Трещины в бетоне уменьшают жесткость конструкций, увеличивают их проницаемость, понижают морозостойкость, а также способствуют появлению и развитию коррозии арматуры.

Трещины в бетоне облегчают поступление влаги, воздуха и агрессивных веществ из окружающей среды к поверхности стали, вследствие чего ее пассивное состояние на отдельных участках нарушается. В местах образования трещин усиливается, воспринимаемое бетоном, передается на арматуру, и удлинение ее в этих местах заметно возрастает, что влечет за собой нарушение сцепления между арматурой и бетоном на некоторой длине. В связи с этим процесс коррозии арматуры начинается не только в трещинах, но и под бетоном [4].

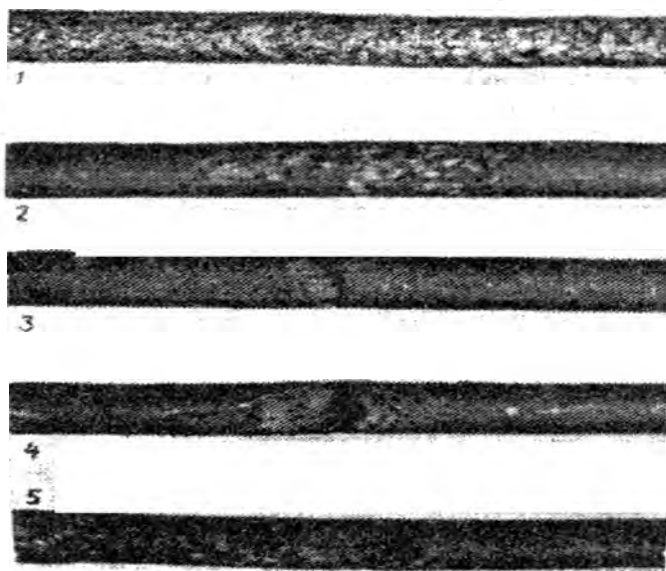


Рис. 2. Коррозия арматуры в зоне трещин

В зависимости от характера агрессивной среды и особенностей воздействия ее на металлы, разрушение может быть равномерным или неравномерным (локальным).

Равномерная коррозия распространяется вглубь одинаково по всей поверхности, неравномерная – сосредотачивается на определенных участках, в то время как остальная поверхность остается почти не разрушенной.

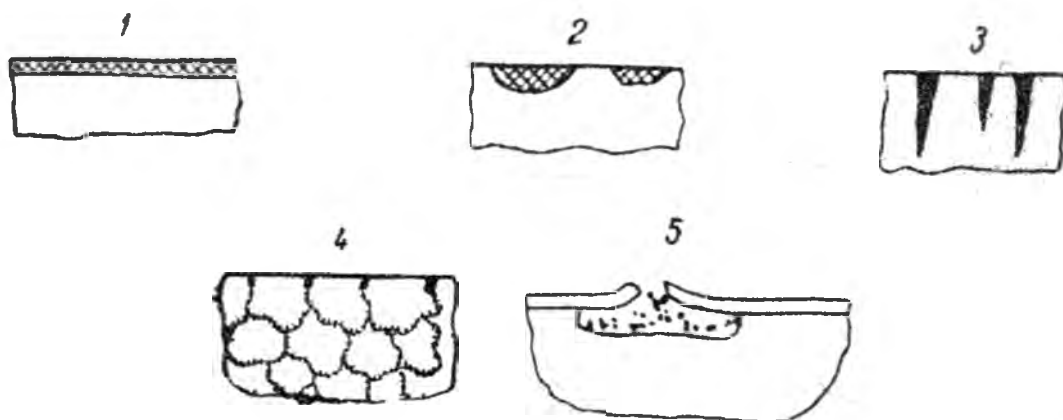


Рис. 3. Виды коррозионного разрушения: 1 – равномерная коррозия; 2 – коррозия пятнами; 3 – коррозия точечная; 4 – коррозия интеркристаллитная; 5 – подповерхностная коррозия

Наиболее распространенными видами неравномерной коррозии, приносящими основной ущерб, являются контактная, щелевая, питтинговая и межкристаллитная.

Факторы, обуславливающие локальную коррозию, можно разделить на группы: 1. Структурные особенности металла. 2. Условия эксплуатации конструкций. 3. Местные нарушения свойств защитных покрытий. 4. Конструктивные особенности изделий.

Каждый фактор в отдельности, а иногда в совокупности с другими может вызвать локальную коррозию.

Нарушение по каким-либо причинам пассивного состояния на отдельном участке поверхности приводит к тому, что анодные реакции концентрируются на этом месте и протекают с относительно большой скоростью. Характерным локальным процессом такого вида является питтинговая коррозия.

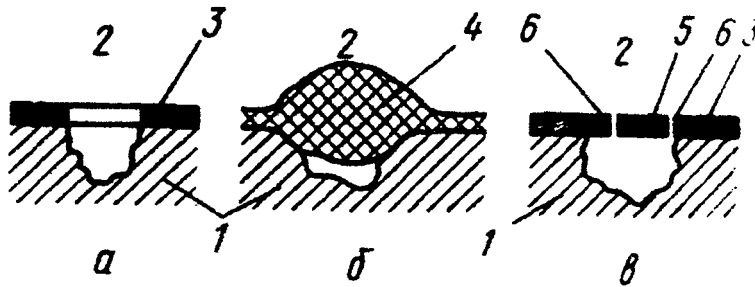


Рис. 4. Характерные виды питтингов: а - открытый, с защитным слоем на окружающей поверхности; б - закрытый, без окружающего защитного слоя; в - закрытый, с окружающим защитным слоем; 1 - металл; 2 - раствор; 3 - защитный слой; 4 - пористые продукты коррозии и отложения; 5 - крышка над питтингом; 6 - отверстия в крышке

Форма питтингов изменяется от неправильной до почти правильной геометрической (чаще всего полусферической) формы [3].

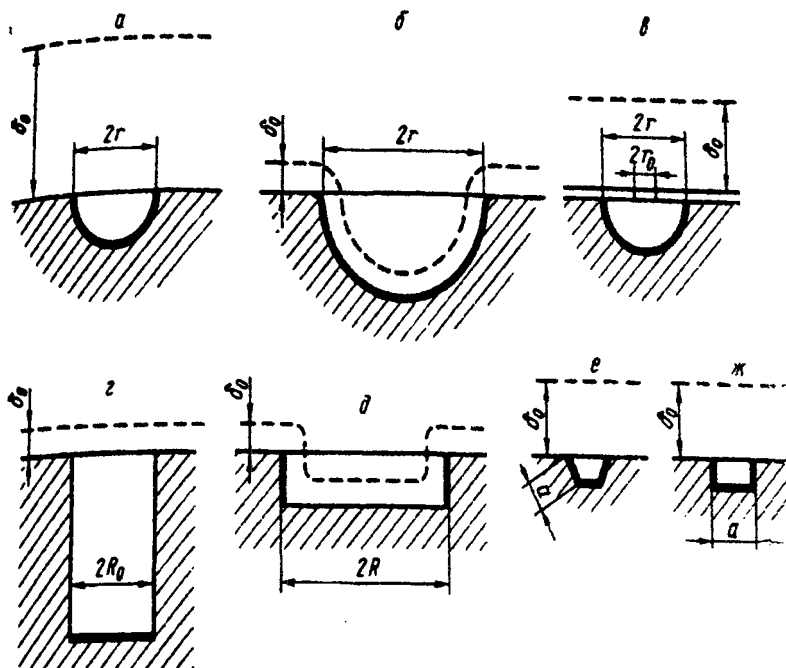


Рис. 5. Питтинги правильной геометрической формы и их параметры (r - радиус центрального отверстия в крышке закрытого питтинга; δ_0 - толщина диффузионного слоя у электрода). Жирной линией показана растворяющаяся поверхность в питтинге: а-в - полусферические (а - малый открытый; б - крупный открытый; в - закрытый); г, д - цилиндрические (г - с пассивными стенками, д - с пассивным дном); е, ж - полиэдрические (е - усеченная правильная пирамида; ж - многогранник)

Наличие механических растягивающих напряжений ведет к еще более локализованной коррозии - коррозионной усталости и коррозионному растрескиванию.

Выводы:

1. Прокат арматурный производства ОАО «ЗСМК» имеет слоистое строение с соосно расположенными слоями, имеющими различные механические свойства. Арматурный стержень можно рассматривать как неоднородный стержень со слоистой структурой.

2. При расчетах следует учитывать, что прочность целого стержня зависит от прочностных и деформационных характеристик отдельных слоев. Поскольку более прочные слои арматурных стержней располагаются в приповерхностной зоне, то при проектировании изделий с их использованием необходимо учитывать повышенную чувствительность таких стержней к воздействию коррозии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юрьев А.Б. Структура термически упрочненной стержневой арматуры / А.Б. Юрьев, В.Я. Чинокалов, О.Ю. Ефимов, Н.В. Мыскова, О.С. Прокофьева // *Технология металлов.*-2005, №9.-с.5-7.
2. 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.
3. Сокол И.Я. Структура и коррозия металлов и сплавов / И.Я Сокол, Е.А. Ульянин, Э.Г. Фельдгандлер и др.// -М.: Металлургия, 1989. -400с.
4. Москвин В.М. Трещины в железобетоне и коррозия арматуры / В.М. Москвин, С.Н. Алексеев, Г.П. Вербецкий, В.И. Новгородский // -М.: Стройиздат, 1971.-142с.
5. Фокин М.Н. Методы коррозионных испытаний металлов / М.Н. Фокин, К.А. Жигалова // -М.: Металлургия, 1986. – 78с.
6. Томашов Н.Д. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные сплавы / Н.Д. Томашов, Г.П. Чернова // -М.: Металлургия, 1986. – 359с.
7. Розенфельд И.Л. Коррозия и защита металлов / И.Л. Розенфельд // -М.: Металлургия, 1969. – 448с.

УДК 621.7

Якубовский А. Ч., Якубовский Ч.А., Галуза И.М., Галуза Е.М.

АРМИРОВАНИЕ ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ НАВИВАЕМОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ДЕМПФИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Высокая производительность современных машин и установок часто напрямую связана с возникновением больших динамических нагрузок, вызываемых собственными или вынужденными колебаниями систем, что может создавать угрозу безопасности или выхода из строя [1]. По этой причине в конструкциях рабочих механизмов или опор используют демпфирующие устройства различного исполнения и принципа действия [2]. Установлена возможность и целесообразность использования пористых материалов на основе металлических волокон (ПВМ), проволочных спиралей (МР) и сеток (ПСМ) в качестве элементов для некоторых конструкций демпфирующих устройств [3]. Помимо этих хорошо известных материалов создан новый пористый материал на основе навиваемой проволоки (ПМНП) [4], изготавливаемый, как правило, в виде пористой трубы. Он характеризуется анизотропией механических свойств и имеет максимальную прочность на растяжение витков проволоки в направлении их укладки (в тангенциальном направлении под углом к образующей трубы) [5]. Направление же монтажных нагрузок (осевое) или эксплуатационных нагрузок (осевое или радиальное) с этим направлени-