

Хамзина Б.Е.

**АНТИКОРРОЗИОННОЕ ПОКРЫТИЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АРМАТУРЫ
АРМОЦЕМЕНТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ**

B.E. Khamzina

**ANTI-CORROSION COATINGS PROTECTION VALVES ARMOTSEMENTNYH
STRUCTURES FROM CORROSION**

УДК: 691.328:666.981

Приводятся сведения о составе и защитных свойствах порошкового антикоррозионного покрытия для защиты тканой арматуры армоцементных конструкций от коррозии. Показано, что разработанное антикоррозионное покрытие на основе порошковых полифениленсульфида марки ПФС-Л, эпоксидной краски марки ЭК-201, порошкового ингибитора коррозии марки ВНХ-Л- 20, наполненные цементом, надежно защищают арматуру от коррозии.

The information on composition and protection properties of the powder type anticorrosive cover for protection of the waved reinforcement of reinforced cement structures from corrosion is described. It is approved that the developed anticorrosive covers on base of powder Polyphenylene Sulfide type ПФС-Л, epoxide paint type ЭК- 201, powder anticorrosive inhibitor type ВНХ-Л-20, filled with cement, reliably protects the reinforcement from the corrosion.

Введение.

Стратегия «Казахстан - 2030» указывает на необходимость комплексного развития национальной экономики, гармоничного сочетания сырьевых и обрабатывающих отраслей. Такое развитие возможно только на основе разработки и внедрения в производство современных и постоянно обновляемых технологий, способных обеспечить конкурентоспособность отечественной продукции. При этом, обращается особое внимание производству строительных материалов, изделий и конструкций высокой долговечности, и экономии металла [1]. Этим требованиям в полной мере отвечают армоцементные конструкции, занимающие важное место среди конструктивных строительных материалов. Однако армоцементные конструкции имеют малую толщину защитного слоя бетона, поэтому условия эксплуатации таких конструкций требуют разработки способов повышения стойкости не только самого бетона, но и защиты тканой арматуры от коррозии.

Поэтому мы решили повысить стойкость бетона за счет применения первичной защиты, т.е. введением в состав бетона гидрофобизирующих добавок, разработанных на основе буровых шламов. Это позволило нам объемно гидрофобизировать структуру бетона.

Среди существующих защитных обмазок и покрытий арматуры наиболее эффективны порошковые полимерные покрытия. О том, как ведут себя такие покрытия на арматуре в бетоне, достоверных сведений нет. Порошковые покрытия для защиты арматуры армоцементных конструкций от коррозии пока еще не предлагались. Это выдвигает необходимость исследовать эффективность защиты тканой арматуры армоцементных конструкций порошковыми полимерными покрытиями, что явилось основой для постановки данной работы и определяет ее актуальность.

Методы и материалы.

Для проведения экспериментов были использованы следующие сырьевые материалы.

В качестве вяжущего вещества - портландцемента производств «Вольск-цемент» ССПЦ 400- Д20 и Новотроицкий ССПЦ 400-Д20. Химический и минералогический составы цементов приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Результаты химического анализа цемента

Цементы	Содержание оксидов, %							
	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	SO ₃	п.п.п
Вольск-цемент	22,73	65,89	2,27	4,33	2,80	0,60	0,33	1,05
Новотроицкий	23,69	63,72	2,37	2,48	3,25	0,78	2,51	1,20

Таблица 2

Минералогические составы исследуемых цемента

Цементы	Содержание минералов, %			
	3CaO·SiO ₂ (C ₃ S)	2CaO·SiO ₂ (C ₂ S)	3CaO·Al ₂ O ₃ (C ₃ A)	4CaO·Al ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃ (C ₄ AF)
Вольск-цемент	56,35	18,06	6,75	13,55
Новотроицкий	55,96	17,54	7,05	14,43

Основные физико-механические характеристики исследованных цемента приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты физико-механических испытаний цемента

Цементы	Удельная поверхность, см ² /г	Нормальная плотность цементного теста, %	В/Ц раствора 1 : 3	Сроки схватывания, ч – мин		Предел прочности через 28 суток, МПа	
				начало	конец	при изгибе	при сжатии
Вольск-цемент	3200	26,7	0,43	2-30	6-35	5,8	42,1
Новотроицкий	3215	27,1	0,42	2-27	7-15	5,9	43,2

В качестве мелкого заполнителя для изготовления армоцементных конструкций были исследованы кварцево-полевешпатовые пески месторождения «Меловые горки» Западно-Казахстанской области, расположенные в 1,5 - 2 км к Юго-востоку от г. Уральск с модулем крупности 1,53.

Нефтяная часть шлама представлена в основном парафинафтеновыми углеводородами с содержанием нефти 5,5-7,2%.

Для приготовления порошковых антикоррозионных покрытий и исследования их основных защитных свойств, применяли эпоксидные композиции: ЭК-201 (ТУ 2329-354-02068474-95); поли- фениленсульфид марки ПФС-Л (ТУ 6-05-231-234-82), порошковый ингибитор коррозии марки ВНХ-Л-20, выпускаемые Санкт-Петербургским ООО «Эколон» и Ярославским ПО «Лакокраска» для защиты от коррозии различных металлических изделий.

Для исследований были приняты мелкозернистые бетоны состава 1:2 (цемент: песок), как с добавкой нефтяного бурового шлама, так и без добавки.

Уплотняли бетонную смесь в течение 10 сек. на лабораторной виброплощадке с пригрузом, частота колебаний 2800-2950 в минуту.

Вода соответствовала требованиям ГОСТ 23732- для бетонов и растворов.

Защитные свойства порошковых полимерных покрытий по отношению к стальной арматуре проверяли в смоделированной хлоридной агрессивной среде.

В качестве хлоридной среды (вызывает питтин- говую коррозию) использовали 3%-ный раствор хлорида натрия [2], т.к. растворы малой концентрации (3-5%) по отношению к стальной арматуре в бетоне особо агрессивны. Испытания проводили по ускоренной методике (4 час замачивание железобетонных образцов, 20 час высушивание при температуре 18-20°С).

Такой режим испытаний считают особо жестким.

Для снятия поляризационных кривых в сосуд из диэлектрика с агрессивным раствором (электрохимическая ячейка) погружали железобетонные образцы с покрытыми арматурными стержнями (рабочими электродами), хлорсеребряный электрод сравнения, вспомогательный электрод и соединяли их с потенциостатом П-5827М. Регистрацию потенциалов и токов производили двух координатным планшетным потенциометром ПДП-004, а также микроамперметром М2020.

Перед исследованием бетонные образцы предварительно насыщали водой в вакууме до полного их насыщения. Кривые снимали при постоянной скорости изменения потенциала (2В за 10 мин), начиная с установившегося значения собственного потенциала металла в исследуемой среде (стационарный потенциал).

Покрытия наносились на поверхность металла из порошковых полимерных материалов следующим образом:

Защищаемая арматура помещалась в ванну ионизированного кипящего слоя, где заряженные частицы под действием электрических сил оседали на поверхность металла, образуя слой осевшего порошка. Необходимая толщина покрытия с большой точностью регулировалась напряжением, подаваемым на электроды и временем нахождения образца в ионизированном кипящем слое.

Изделие с осажденным слоем порошковых частиц помещалось в терморadiационную печь, где в течение определенного времени выдерживалось при заданной температуре. Режим оплавления определялся свойствами

исходных порошковых полимеров, т.е. температурой и временем его пленкообразования. Расплавленное покрытие затвердевало при последующем охлаждении на воздухе. Принятая технология позволяла легко получать покрытия на всех металлических образцах, используемых в качестве арматуры: шлифах, стержнях, проволоках, тканых сетках.

Результаты и обсуждение результатов. Испытаниями армоцементных образцов с сеточным армированием было установлено, что в контрольных образцах пятна ржавчины на поверхности защитного слоя бетона появляются уже после 10-15 циклов коррозионных испытаний.

При нанесении на сетку разработанного покрытия толщиной 70-80 мкм, отдельные пятна ржавчины (не более 1-3 на поверхности армоцементного образца) появлялись лишь после 150-200 циклов испытаний.

Влияние толщины защитного покрытия на коррозионную стойкость арматуры исследовалось на армоцементных образцах, в верхних зонах которых укладывались сетки, а нижняя зона армировалась отдельными проволоками диаметром 0,55 мм. Для удобства замеров сопротивления концы проволок выводились за пределы образца, торцы которого впоследствии изолировались эпоксидной смолой. Коррозионные испытания проходили партии образцов, имеющие различную толщину защитного слоя полимерцементной композиции, на поверхности арматуры, равной 25 мкм, 50 мкм, 75 мкм и 100 мкм. Количество контролируемых проволок в каждой партии составляло 80 штук.

Результаты коррозионных испытаний представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты коррозионных испытаний армоцементных образцов без трещин

Количество циклов коррозионных испытаний	100	150	200	250	300	350	400	450
Количество поврежденных проволок, % от их общего числа	Контрольные образцы							
	17	30	50	60	68	70	83	100
	Толщина покрытия, 25 мкм							
	-	-	-	-	5	10	18	35
	Толщина покрытия, 50 мкм							
	-	-	-	-	-	7	12	23
	Толщина покрытия, 75 мкм							
	-	-	-	-	-	2	5	9
	Толщина покрытия, 100 мкм							
	-	-	-	-	-	-	3	6

Из табл. 4 видно, что после 200 циклов коррозионных испытаний 50% контролируемой арматуры в контрольных образцах было полностью повреждено; увеличение числа коррозионных испытаний до 350 циклов привело к повреждению 70% арматуры.

Первые повреждения арматуры, покрытой слоем полимерцементной композиции, были зафиксированы только после 350 циклов испытаний в образцах с толщиной защитного покрытия, равной 25 мкм.

После 450 циклов коррозионных испытаний процент поврежденной арматуры, в зависимости от толщины защитного полимерцементного покрытия составил для образцов с толщиной покрытия 25 мкм - 35%, 50 мкм - 23%, 75 мкм - 9%, 100 мкм - 6%.

Таким образом, можно сделать вывод, что нанесение на поверхность арматуры защитного слоя полимерцементной композиции позволяет значительно увеличить коррозионную стойкость проволоочной арматуры, причем защитный эффект возрастает с увеличением толщины слоя полимерцементного покрытия.

Учитывая это, нами были проведены коррозионные испытания армоцементных образцов с трещинами. Состав бетона образцов, технология их изготовления оставались прежними. В качестве арматуры использовалась проволока диаметром 0,55 мм. Толщина защитного полимерцементного покрытия на поверхности арматуры составляла 70 мкм и 90 мкм.

Трещины в образцах получали изгибом 2-х пластин армоцемента под которые подкладывали (по середине образцов) стальной стержень, а по торцам образцы стягивали хомутами. Ширина раскрытия трещин замерялась микроскопом. С целью более полного выявления эффективности влияния защитного покрытия на коррозионную стойкость арматуры в трещинах, ширина раскрытия последних принималась равной 0,1 мм, 0,2 мм и 0,3 мм, т.е. максимально допустимой для армоцемента и превышающей ее в два три раза.

Результаты коррозионных испытаний приведены в табл. 5 и 6.

Таблица 5

Результаты коррозионных испытаний контрольных армоцементных образцов с трещинами

Количество циклов коррозионных испытаний	50	100	150	200	250	300
Количество поврежденных проволок, % от общего числа	Ширина раскрытия трещин в образцах 0,1 мм					
	5	30	50	70	91	99
	Ширина раскрытия трещин в образцах 0,2 мм					
	23	44	68	80	98	
Ширина раскрытия трещин в образцах 0,3 мм						
	40	65	80	98		

Таблица 6

Результаты коррозионных испытаний армоцементных образцов с трещинами. Арматура защищена слоем полимерцементного покрытия.

Количество циклов коррозионных испытаний	150	200	250	300	350	400	450
Количество поврежденных проволок, % от общего числа (числитель – образцы с толщиной полимерцементного покрытия на арматуре $\delta=70$ мкм), знаменатель – с толщиной $\delta = 90$ мкм.	Ширина раскрытия трещин в образцах 0,1 мм						
	-	-	-	$\frac{4}{3}$	$\frac{11}{9}$	$\frac{15}{13}$	$\frac{18}{15}$
	Ширина раскрытия трещин в образцах 0,2 мм						
	-	-	$\frac{6}{5}$	$\frac{12}{10}$	$\frac{20}{17}$	$\frac{29}{24}$	$\frac{34}{28}$
	Ширина раскрытия трещин в образцах 0,3 мм						
	-	$\frac{8}{6}$	$\frac{12}{10}$	$\frac{18}{15}$	$\frac{27}{23}$	$\frac{38}{32}$	$\frac{49}{41}$

Из данных, представленных в табл.5 и 6 видно, что арматура, защищенная слоем полимерцементного покрытия, имела меньшие коррозионные повреждения при испытании образцов с трещинами. Так, например, в контрольных образцах с максимальной шириной раскрытия трещин, равной 0,3 мм, после 150 циклов коррозионных испытаний количество поврежденных проволок составило 80%.

Аналогичные образцы с защищенной арматурой после 450 циклов коррозионных испытаний имели всего 43% поврежденной арматуры при толщине полимерцементного покрытия 70 мкм и 41% при толщине покрытия 90 мкм.

Контрольные образцы с шириной раскрытия трещин максимально допустимой по существующим для армоцемента нормам (0,1 мм), имели после 250 циклов коррозионных испытаний 90% поврежденной арматуры. В аналогичных образцах с защищенной арматурой процент поврежденной арматуры после 450 циклов коррозионных испытаний составил 18%) при толщине полимерцементного покрытия 70 мкм и 15% при толщине покрытия 90 мкм.

Следовательно, предлагаемый способ защиты в значительной степени увеличивает коррозионную стойкость арматуры в зонах образования трещин в армоцементе.

Выводы и заключения. Разработанные порошковые антикоррозионные покрытия надежно защищают арматуру от коррозии в 3%-ном растворе NaCl даже при ширине раскрытия трещин 0,1-0,3 мкм, что свидетельствует о надежной пассивации арматуры, а, следовательно, высокой долговечности армоцементных конструкций, арматура которых защищена рекомендуемым антикоррозионным покрытием.

Литература:

1. Назарбаев, Н.А. Социально-экономическая модернизация - главный вектор развития Казахстана [текст]: / Послание Главы государства Н.А. Назарбаева народу Казахстана - Казахстанская правда, 27 января 2012 года.
2. Алексеев, С.Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне [текст]: / С.Н. Алексеев. - М.: Изд-во, Стройиздат, 1968. - 231с.

Рецензент: д.т.н., профессор Курдюмова В.М.