

Хамзина Б.Е.

## ЗАЩИТА СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ ОТ КОРРОЗИИ ПОРОШКОВЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

В.Е. Khamzina

### PROTECTION OF STEEL REINFORCEMENT COATING POWDER COATING

УДК: 620.197

*Приводятся сведения по натурному обследованию перекрытий в шламовом цехе Балхашского горно-обогатительного комбината, где выявлены причины коррозии предварительно напряженных железобетонных конструкций. Установлено, что причиной выхода из строя железобетонных конструкций является коррозия стальной арматуры. Повышение долговечности этих конструкций достигнуто за счет защиты арматуры, напрягаемой электротермическим способом, нанесением на ее поверхность порошкового антикоррозионного покрытия. Разработаны состав антикоррозионного покрытия, режимы нанесения порошкового покрытия на арматуру в электростатическом поле.*

*Provides information on the full-scale survey of the sludge shop floor of Balkhash mining and processing plant, where the causes of corrosion of the prestressed concrete structures are fixed. It is established that the cause of failure of concrete structures is the corrosion of steel reinforcement. Increased durability of these structures is achieved by protecting of the electro thermally prestressed reinforcement by covering its surface with powder anti-corrosion coating. The composition of anti-corrosion coating, modes of powder coating for reinforcement in the electrostatic field are developed.*

Материальные и трудовые затраты, причиняемые народному хозяйству от коррозии бетона и железобетона являются весьма значительными. Их

Считается, что плотный бетон на портландцементе надежно защищает стальную арматуру от коррозии. Однако при действии на бетон кислых газов, содержащихся в атмосфере, а также растворов кислот, хотя и слабых, происходит нейтрализация защитного слоя бетона, который, достигнув поверхности стальной арматуры, поражает её коррозией. Такое явление мы наблюдали при натурном обследовании ригелей и плит перекрытий Балхашского горно-обогатительного комбината в шламовом цехе. Эти изделия имели продольные трещины вдоль расположения арматуры, а в некоторых местах арматура была оголена и имела толстый слой коррозии. Причиной разрушения железобетонных конструкций служили пары серной кислоты, которые в сочетании с высокой влажностью в цехе, доходящей до 80%, нейтрализовали защитный слой бетона, и тем самым вызвали интенсивную коррозию напряженной арматуры. Известно, что продукты коррозии стали занимают в два, два с половиной раза больший объем, чем объем исходного металла. Высокие напряжения, возникающие при этом, разрывают бетон и оголяют стальную арматуру. В результате действия кислых газов на поверхности арматуры возникают слабые растворы серной кислоты, которые вызывают коррозию стали язвенного вида, а это в свою очередь, снижает несущую способность конструкции в целом, так как

величины находятся в обратной зависимости от срока службы изделий и конструкций.

Срок службы железобетонных конструкций зависит от ряда технологических и эксплуатационных характеристик, в число которых вошли: (технологические дефекты, имеющие место при изготовлении предварительно напряженных железобетонных конструкций) - это продольные трещины в зоне расположения напряженной арматуры, вызванные ее проскальзыванием в бетоне в результате их недостаточного заанкеривания. Такие дефекты возникают при неправильном проектировании состава бетона, их уплотнении, твердении, уходом за твердеющим бетоном и неправильном отпуске напряженной арматуры.

К дефектам, возникающим по эксплуатационным причинам, относятся трещины в зоне расположения арматуры, возникающие в результате коррозионного поражения арматуры под влиянием различных агрессивных сред, в частности, паров серной кислоты. Это приводит к коррозии бетона I-II-го вида по классификации В.М. Москвина. В результате таких процессов снижается щелочность жидкой фазы бетона (ниже критических значений, установленных профессором С.Н. Алексеевым, равным  $pH=11,8$ ), а, следовательно, пассивирующее действие бетона по отношению к стальной арматуре [1]. высокопрочная арматура склонна к хрупкому обрыву стержней.

Анализ технической литературы показал, что существенного продления срока службы железобетонных предварительно напряженных изделий, можно достигнуть за счет применения химических добавок в бетон. Такие добавки должны уплотнять структуру бетона и попутно пассивировать поверхность стальной арматуры [2-4, 6]. В настоящее время во многих промышленно развитых странах доля бетона, укладываемого с применением химических добавок-модификаторов, составила более 50% объема, в ряде стран мира с добавками выпускается 80-90% и даже все 100% [2]. Однако наши исследования показали, что защитить стальную арматуру от коррозии только за счет применения добавок, уплотняющих структуру бетона и ингибиторов коррозии не возможно, так как приведенные добавки не защищают бетон от действия растворов кислот. Коррозия бетона II-го вида по классификации В.М. Москвина, продолжается даже при применении таких добавок, которые уплотняют структуру бетона и повышают его прочность. Отсюда напрашивается вывод, что для повышения долговечности предварительно напряженных железобетонных конструкций необходимо не только повышать его плотность, но и надо защищать от коррозии и бетон, и стальную арматуру в этих бетонах.

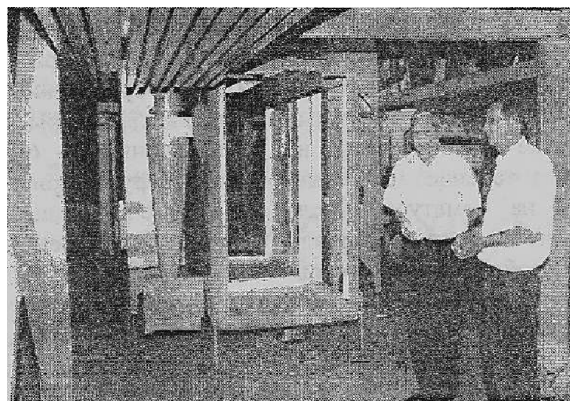
Поскольку данная статья посвящена только способу защиты стальной арматуры в предварительно напряженных железобетонных конструкциях от коррозии с помощью порошковых антикоррозионных покрытий, наносимых на стальную арматуру в электростатическом поле, то на вторичной защите бетона мы остановимся вкратце.

Защита самого бетона, поврежденного парами серной кислоты, нами была произведена нейтрализацией защитного слоя бетона раствором карбоната натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Затем на поверхность нейтрализованного слоя бетона нанесли кислотоупорный раствор, приготовленный из андезитовой муки и молотого шамота. В качестве вяжущего вещества использовали натриевое жидкое стекло с добавкой кремнефтористого натрия ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ) в количестве 15% от массы жидкого стекла. После этого на поверхность железобетонных плит перекрытия был уложен кислотоупорный кирпич.

Для защиты стальной арматуры от коррозии мы применили порошковое антикоррозионное покрытие на основе эпоксидной краски марки ЭК-201, нанесенное на арматуру в электростатическом поле [5]. Недостатком этой порошковой краски является относительно низкая температура полимеризации, находящаяся в пределах 180-200°C. Известно, что при электротермическом натяжении стальной арматуры

температура поднимается до 400-450°C. При такой температуре эпоксидная краска ЭК-201 выгорает полностью, поэтому она становится не пригодной для защиты термически напрягаемой арматуры. С целью повышения температуры полимеризации порошковой эпоксидной краски ЭК-201 до температуры, соответствующей температуре электротермического напряжения, мы решили ее модифицировать и придать этому покрытию повышенные защитные свойства. Поэтому базовое покрытие на основе эпоксидной краски ЭК-201 было модифицировано добавкой полифениленсульфида марки ПФС-Л, температура полимеризации которой доходит до 450-500°C. Повышение защитной способности данного покрытия мы достигли добавкой порошкового ингибитора коррозии ВНХ-Л-20. Такая модификация известного порошкового покрытия позволило повысить температуру полимеризации предлагаемого покрытия на арматуре вплоть до 450°C, т.е. до температуры при которой производят электротермическое натяжение арматуры.

Для армирования опытно-промышленной партии плит перекрытия нами применялась арматура периодического профиля класса А-IV диаметром 14 мм. Антикоррозионное покрытие наносилось в электростатическом поле в специальной камере (рисунк 1).



**Рис. 1** - Общий вид установки для нанесения порошкового покрытия на арматуру в электростатическом поле. Параметры и режимы электростатического напыления приготовленного антикоррозионного покрытия приведены ниже:

Напряжение сети .....	220 В, частота 50*Гц
Давление воздуха в сети .....	0,15-0,25 МПа
Скорость подачи порошка (напыления)...	1,2 м <sup>2</sup> /мин
Мощность электродной коронки .....	50 кВт
Расход порошка для покрытия.....	80-100 г/м <sup>2</sup>
Толщина покрытия.....	250-300 мкм
Температура нанесения покрытия .....	20 ± 5°C
Температура полимеризации покрытия	
При электротермическом натяжении .....	400-450°C
Время формирования покрытия.....	5-10 минут

Формирование предварительно нанесенного при комнатной температуре покрытия происходит в период электротермического натяжения арматурных стержней до температуры 400-450°C и закреплении их на упорах стенда.

Полученное покрытие отличается высокой плотностью однородностью и высокими изоляционными свойствами. Основные характеристики покрытия приведены ниже:

Адгезионная прочность, баллы .....	1
То же, после выдержки в насыщенном растворе	
$\text{Ca}(\text{OH})_2$ при температуре 95-100°C.....	1

Предел деформации при изгибе (DIN 30671, п.68), град.....	90
Эластичность по Эриксену, мм.....	9
Прочность покрытия при ударе, Н-м.....	8
Переходное сопротивление при 20°C, Ом-м <sup>2</sup> .....	Ю <sup>10</sup>
(То же, после выдержки 1000 часов В насыщенном растворе Са (ОН) <sub>2</sub> ) .....	3ТQ <sup>8</sup>
Толщина покрытия, мкм.....	300

Формирование покрытия на арматуре проходило непосредственно при электротермическом натяжении арматурных стержней (рисунок 2).

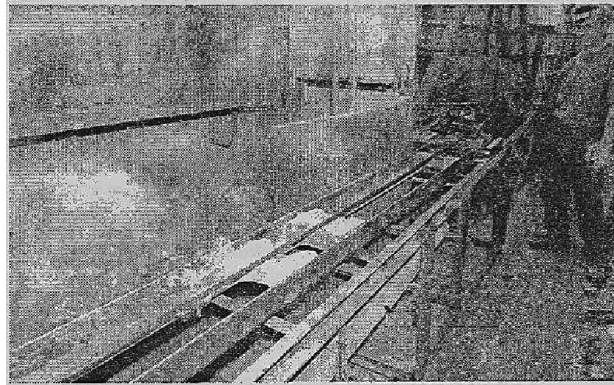


Рис.2 - Электротермическое натяжение арматуры и формирование порошкового покрытия на арматуре

Арматура с нанесенным на ее поверхность в электростатическом поле предлагаемым новым порошковым покрытием, напрягалась при температуре 450°C электротермическим способом. Нагретые арматурные стержни сразу же устанавливали на упоры силовой формы, где в течение 10-15 мин покрытие полимеризовалось на арматуре. После полного остывания арматуры форму заполняли бетонной смесью. Таким способом были изготовлены пустотные плиты перекрытий.

Для лабораторных исследований были изготовлены предварительно напряженные балки размерами 3 5 x 20 x 200 см, армированные двумя стержнями из такой же арматуры, которые располагались в растянутой зоне (нижняя арматура) и двумя стержнями, расположенными в сжатой зоне (верхние стержни). Бетонная смесь имела жесткость 45 с.

Изделия после виброуплотнения пропарили по режиму 3+3+6+2 часа при температуре изотермической выдержки 80 ± 5°C. Марка бетона 500.

Образцы хранили непосредственно в шламовом цехе Балхашского горно-обогатительного комбината, т.е. в том цехе, где мы наблюдали аварийное состояние конструкций. Срок экспозиции опытных образцов 2 года. Причем на эти образцы попадали растворы серной кислоты, а сам бетон не был защищен кислотоупорным раствором. Такие эксперименты нам позволили оценить защитное действие порошкового антикоррозионного покрытия, разработанного нами.

Коррозионное состояние стальной арматуры в бетонах, оценивали методом поляризуемости арматуры и скорости спада потенциалов [5, 7]. В основе этого метода лежит зависимость между коррозионным состоянием арматуры, характером и скоростью спада потенциала стали к исходному

значению стационарного потенциала после его анодной поляризации от внешнего источника тока. Анодную поляризацию проводят в течение 1 мин, затем ток отключают и через 0,5; 1,0; 2,0 и 3,0 мин измеряют величину потенциала. Профессором С.Н. Алексеевым установлено, если за 1 мин потенциал понизится не более чем до нуля вольт, стальная арматура в бетоне находится в пассивном состоянии, при более быстром спаде потенциала сталь активна, - и возможно ее коррозионное поражение.

Измерения проводят обычно с помощью высокоомных вольтметров с входным сопротивлением не менее 10<sup>8</sup> Ом. Нами был использован вольтметр ВК-2-16 с входным сопротивлением более 10<sup>9</sup> Ом, так как данный вольтметр позволяет проводить электрохимические измерения потенциала стальной арматуры в железобетонных конструкциях с любой степенью увлажнения бетона.

Электрохимические измерения проводили как в сжатой зоне (верхние арматурные стержни), так и растянутой (нижние арматурные стержни) зонах. Электродом сравнения служил неполяризующийся медно-сульфатный электрод, который перемещали вдоль арматуры с шагом 20-25 см из расчета получения 5-6 значений потенциалов. Стальную арматуру поляризовали анодным током от батареи 9- 12 В до потенциала +600 мВ.

Эксперименты показали, что арматуре, защищенной предлагаемым нами порошковым антикоррозионным покрытием, содержащим эпоксидную краску ЭК-201, полифениленсульфид марки ПФС-Л и порошковый ингибитор коррозии ВНХ-Л-20, спада потенциала на арматурных стержнях, расположенных как в сжатой, так и растянутой зонах, не наблюдалось. Даже через 10 мин измерений потенциал стали, также поляризованной до +600 мВ, не достиг своего

стационарного значения и находится на уровне значений +90 мВ. Это свидетельствует о надежной защите стальной арматуры порошковыми антикоррозионными покрытиями даже в том случае, когда защитный слой бетона был полностью нейтрализован, т.е. рН водной вытяжки бетона был около 6,7, что значительно ниже критических значений рН, определенных профессором С.Н. Алексеевым и др.

Визуальная оценка коррозии арматуры, проведенная после вскрытия защитного слоя бетона, которая составляла 20 мм, показала, что следов коррозии на арматуре нет.

Таким образом, проведенные исследования коррозионного состояния предварительно напряженной стальной арматуры, защищенной предлагаемыми порошковыми антикоррозионными покрытиями, могут быть рекомендованы для широкого внедрения в производство, где конструкции подвергаются воздействию кислых агрессивных сред.

**Литература:**

1. Алексеев С.Н., Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде. -М.: Стройиздат, 1976. -205 с.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. - М.: Тепло проект, 1998. - 768 с.
3. Ратинов В.Б., Розенберг Т.Н. Добавки в бетон. - М.: Стройиздат, 1989. -207 с.
4. Ратинов В.Б., Иванов Ф.М. Химия в строительстве. - М.: Стройиздат, 1977. - 220 с.
5. Шинтемиров К.С. Защита арматуры железобетонных конструкций от коррозии. - Алматы, КазГАСА, 1997,- 180 с.
6. Розенфельд И.Л. Ингибиторы коррозии. - М.: Химия, 1977. -350 с.
7. Розенталь Н.К., Алексеев С.Н. Метод оценки пассивирующего действия бетона в железобетонных конструкциях без вскрытия защитного слоя // Методические рекомендации по исследованию ингибиторов коррозии арматуры в бетоне. -М.: НИИЖБ, 1980. -С.14-16.

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