

Электрообработка твердеющей бетонной смеси

А.Ф. Юдина

*Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет, Санкт
Петербург*

Аннотация: Одним из направлений повышения физико-механических и технологических свойств бетона является активация как составляющих бетонной смеси на различных стадиях технологического процесса ее приготовления, так и самой твердеющей смеси. Рассмотрены и проанализированы методы электрообработки твердеющей смеси постоянным током, высоковольтным полем и неоднородным полем, применяемые в технологии строительного производства при возведении зданий из монолитного бетона и железобетона для защиты формирующих поверхностей от сцепления с твердеющим бетоном, арматуры железобетонных конструкций от коррозии, очистки формирующих поверхностей и др. Технологические операции устройства монолитных конструкций во многом сходны с операциями при производстве из сборных железобетонных конструкций в заводских условиях. **Цель исследования:** научное обоснование влияния электрообработки твердеющей бетонной смеси на повышение физико-механических свойств бетона. **Методы:** экспериментальные исследования влияния электрообработки твердеющей бетонной смеси на повышение физико-механических свойств бетона. Для определения эффекта защиты формирующих поверхностей от сцепления с твердеющим бетоном, арматуры железобетонных конструкций от коррозии, очистки формирующих поверхностей и др. исследовалось влияние обработки постоянным током, высоковольтным и неоднородным полем. **Результаты:** Результаты экспериментальных исследований электрообработки твердеющей бетонной смеси доказали возможность повышения физико-механических свойств твердеющего бетона, подтвердили возможность повышения качества бетонирования монолитных конструкций. **Ключевые слова:** бетонная смесь, арматура, коррозия, физико-механические свойства бетона, электрообработка, качество, монолитные конструкции.

1 Введение. Одним из направлений повышения физико-механических и технологических свойств бетона является активация как составляющих бетонной смеси на различных стадиях технологического процесса ее приготовления, так и самой твердеющей смеси. Методы электрообработки твердеющей бетонной смеси, используемые в технологии бетона, являются прогрессивным направлением в строительстве. К ним относятся электрообработка твердеющей смеси в технологии строительного производства при возведении зданий из монолитного бетона и железобетона для защиты формирующих поверхностей от сцепления с твердеющим бетоном,

арматуры железобетонных конструкций от коррозии, очистки формирующих поверхностей и др., формирование и упрочнение бетона путем электрообработки в процессе твердения смеси постоянным током, высоковольтным полем и неоднородным полем, применяемые непосредственно в построечных условиях, а также электрообработка компонентов бетонной смеси (рис. 1).

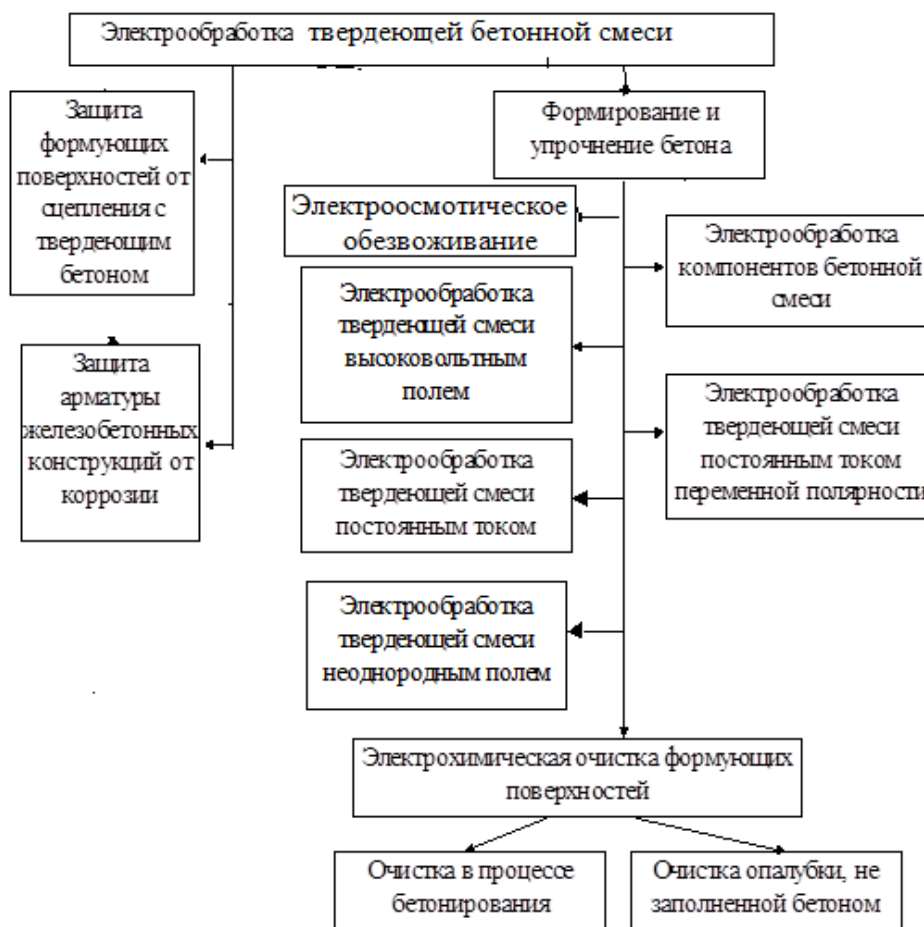


Рис. 1. Методы электрообработки твердеющей бетонной смеси в технологии строительного производства

Общим для методов электрообработки является использование электрического поля. В зависимости от явлений, происходящих в межэлектродном в зависимости особенностей электрического поля, а именно частота, равномерность и др. выделялись такие методы как электродиализ,

электрофорез, электрокоагуляция, электроосмос, комплекс электрических воздействий, которые расположены в порядке увеличения напряженности используемого электрического поля (от $E=0,5-10$ В/см до 10^4 В/см).

Известно исследование по применению электрического тока для защиты арматуры от коррозии путем нанесения покрытия на ее поверхность. Одновременно при этом улучшаются свойства железобетонных конструкций за счет повышения сцепления арматуры с бетоном [1 - 3].

Было установлено, что при пропускании постоянного электрического тока через свежееуложенный бетон на поверхности отрицательного электрода образуется очень тонкий и плотный слой цементных частиц и продуктов гидратации цемента, обладающий высокими защитными свойствами от коррозии по отношению к металлу.

Исследования проводились по схеме, представленной на рис. 2.

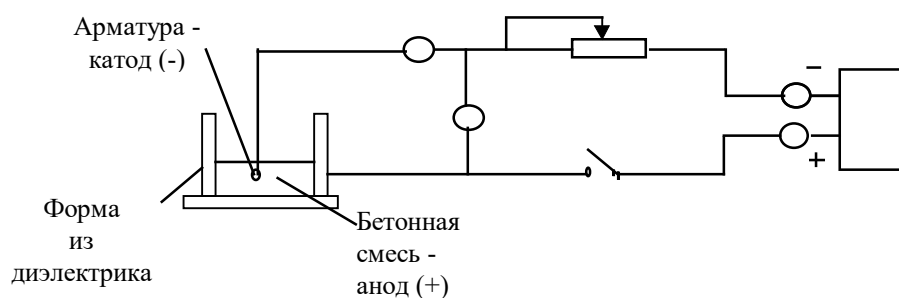


Рис. 2. Схема подсоединения источника тока при применении электрического тока для защиты арматуры от коррозии путем нанесения покрытия на ее поверхность

Металлические стержни размером 70x30x3 мм помещались в форму из диэлектрика, которая после заполнения бетонной смесью включалась в электрическую цепь, причем отрицательный полюс подключался к арматуре, а положительный - внешний электрод - к бетонной смеси. Арматура являлась катодом, а внешний электрод - анодом. Плотность тока и время его пропускания варьировалась в диапазоне до $0,25$ мА/см² и 20 мин. Количество

частиц, осажденных на поверхности металла, находилась в пределах 0,35-0,004 г/см².

Проводились исследования защиты опалубки от сцепления с твердеющим бетоном и очистке металлической опалубки от цементного камня с применением постоянного электрического тока. При этом наблюдалось повышение качества поверхности монолитных конструкций.

Защита формирующих поверхностей от сцепления с твердеющим бетоном с применением постоянного электрического тока выполняется при бетонировании неармированных и малоармированных тонкостенных конструкций и стен сложной конфигурации, выполняемых из бетонной смеси без добавок электролитов. Эффективность использования этого способа в том, что он позволяет добиться снижения материалоемкости, уменьшает объем и трудоемкость отделочных работ при ликвидации дефектов поверхности.

Защита формирующих поверхностей от сцепления с твердеющим бетоном достигается за счет пропускания через бетонную смесь в период схватывания и твердения цементного вяжущего электрического тока с напряженностью поля 1-2 В/см. Формирующая поверхность опалубки, соприкасающаяся с бетоном, является катодом, а арматура - анодом (рис. 3).

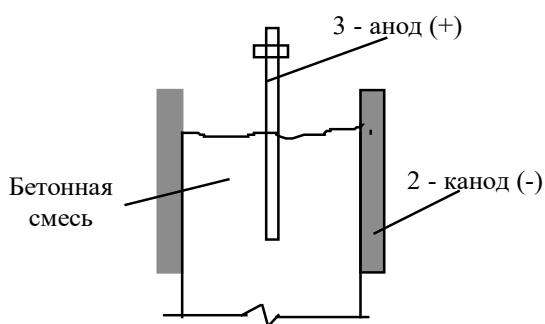


Рис. 3. Схема подсоединения источника тока для защиты формирующих поверхностей от сцепления с твердеющим бетоном

В результате пропускания тока через бетонную смесь на формирующей поверхности - катоде (вследствие протекания электродных процессов) -

образуется газожидкостная прослойка. Эта прослойка и является защитой формирующей поверхности от сцепления с твердеющим бетоном.

Расположение арматуры (анодов) должно обеспечивать необходимую напряженность и однородность электрического поля у защищаемой поверхности опалубки. При этом толщина бетона со стороны опалубки должна быть не менее 20-30 мм, а вертикальная арматура равномерно размещаться вдоль формирующей поверхности. Рабочее напряжение не должно превышать 5-10 В.

В неармированных конструкциях в качестве анодов могут быть использованы стержневые электроды длиной 1-1,2 м, диаметром 1—16 мм из гладкой арматуры или труб, рабочая часть которых длиной 60-80 см должна располагаться в зоне схватывания свежеложенной бетонной смеси.

Различают два приема выполнения очистки:

- очистка в процессе бетонирования опалубки, заполненной бетоном. Бетонная смесь при этом может содержать добавки электролитов;
- очистка опалубки, не заполненной бетоном, то есть вышедших из бетона опалубочных щитов. Бетонная смесь может либо содержать, либо не содержать добавки электролитов.

Формирующие поверхности при очистке опалубки в процессе бетонирования являются анодом (в отличие от процесса защиты формирующих поверхностей от сцепления с бетоном, когда формирующие поверхности являются катодом, а арматура - анодом).

На очищаемую поверхность при очистке опалубки, не заполненной бетоном, накладывается капиллярно-пористая прокладка (например, ткань), пропитанная электролитом, а затем щитовой капиллярно-катодный электрод.

Электрохимическую очистку формирующих поверхностей используют при снятии сплошных или локальных образований корки цементного камня толщиной от 3-5 мм.

При очистке опалубки в процессе бетонирования плотность тока на очищаемой поверхности, рабочее напряжение и продолжительность обработки зависят от толщины и плотности загрязняющего слоя цементного камня, плотности его структурных связей с очищаемыми поверхностями, а также от вида и концентрации электролита [4].

Известны исследования по использованию электрического тока для формирования каналов в монолитных зданиях

При формировании (устройстве) каналов в здании после подачи или укладки бетонной смеси в пространство между щитами опалубки и каналообразователем между ними (каналообразователем и щитами опалубки) подается прикладывается напряжение 2-110 В с периодическим изменением его полярности и одновременно каналообразователю периодически сообщается вращательное движение. При этом качество поверхности каналов достигается за счет появления высокодисперсной газожидкостной прослойки между каналообразователем и щитом опалубки в период схватывания и твердения бетонной смеси, что препятствует сцеплению опалубки с бетоном и результате позволяет снизить трудоемкость и продолжительность работ по устранению дефектов при бетонировании каналов в здании [5]

2 Результаты и обсуждение. Автором проводились экспериментальные исследования по выявлению влияния электрообработки высоковольтным электрическим полем и неоднородным электрическим полем твердеющего цементного теста на прочность.

Результаты экспериментов показали, что обработка высоковольтным электрическим полем способствует более сильной гидратации клинкерных материалов, что сказывается непосредственно на показателях прочности цементного камня. При обработке же неоднородным электрическим полем наблюдалось ухудшение условий твердения, в виду, должно быть, активного

переноса воды внутри образцов, а это, в конечном итоге, приводит к уменьшению прочностных показателей [6, 7].

Автором также проводились экспериментальные исследования по электрообработке высоковольтным электрическим полем изделий из керамической массы в полупроизводственных условиях. Результаты экспериментов по электрообработке высоковольтным электрическим полем изделий из керамической массы показали, что происходит интенсивное обезвоживание изделий, в среднем на 24 % выше, чем в изделиях, находящихся в естественных условиях твердения за один и тот же промежуток времени [5, 6].

Закключение. Таким образом, применение постоянного электрического тока, постоянного тока переменной полярности, высоковольтного электрического поля и неоднородного электрического поля непосредственно влияет на свойства твердеющего бетона и может улучшать его физико-механические характеристики. При этом основными причинами являются [8-10]:

а) обезвоживание бетона и уменьшение водоцементного отношения в результате явления электроосмоса;

б) влияние электрохимической активации постоянного электрического тока переменной полярности и обработка высоковольтным электрическим полем на степень гидратации цемента,

Таким образом, твердеющая бетонная смесь при обработке ее электрическим полем на стадии формирования структуры приобретают отличные от обычных свойства: более правильное ориентирование структуры, наличие газовых включений, более прочное сцепление заполнителя с цементным тестом. Электрообработка бетонной смеси в процессе твердения позволяет повысить прочность камня, а следовательно, улучшить физико-механические свойства бетона.

Проведенные исследования использования электрообработки высоковольтным электрическим полем и неоднородным электрическим полем твердеющего цементного теста на прочность подтверждают возможность повышения физико-механических свойств бетона и применения этого метода технологии строительного производства.

Литература

1. Мочалов А. В., Тимохин А. М., Муталибов З. А. Современные методы активации вяжущего. Фундаментальные основы строительного материаловедения. 2017. С. 236-246. eLIBRARY ID: 36305810.
2. Yudina, A. and Verstov, V. On efficient use of electric treatment methods in the technology of concrete work. World Applied Sciences Journal 23 (Problems of Architecture and Construction). 2013, pp. 9–12. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.23. pac.90003.
3. Yudina A.F., Smirnov O.V. Protection and improvement of concrete. Congress on concrete protection, Protection of Concrete E &N England, Dundee, 1990, pp. 347-354. ISBN 0 442 312415.
4. Власова Л.Б. Исследование технологии изготовления домостроительной продукции в металлических формах без применения смазки. Дис... канд. техн. наук, М., 207 с. 1970.
5. Несветаев Г.В., Корянова Ю.И., Чепурненко А.С., Сухин Д.П. О влиянии некоторых технологических факторов на качество бетона монолитных железобетонных конструкций. Инженерный вестник Дона. 2021. №11. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2021/7256.
6. Гончаров И.А. Экспериментальное исследование железобетонных конструкций. Коррозия стального армирования. //Актуальные исследования. 2023. № 26(156), с. 60-62. URL: apni.ru/article/6644.

7. Ярков А.А., Петрищева Р.И. К вопросу о влиянии электрического тока на прочность твердеющего бетона. Изд-во вузов. Строительство и архитектура. 1977, №. 4, с. 69-72.

8. Gartner E.M., Macphee D.E. A physico-chemical basis for novel cementitious Binders. Cement and Concrete Research. 2011. Т. 41, № 7. pp.736-749. DOI: 10.1016/j.cemconres.2011.03.006.

9. Иващенко Ю.Г., Мамешов Р.Т. Управляемые воздействия на структурообразование и свойства цементных бетонов. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2022, том 49, № 2, с. 1-10. DOI: org/10.21822/2073-6185-2022-49-2-123-132.

10. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. М., Стройиздат. 1981. С. 182 - 220.

References

1. Mochalov A. V., Timokhin A. M., Mutalibov Z. A. Fundamentalnye osnovy stroitel'nogo materialovedeniia. 2017. pp. 236-246. eLIBRARY ID: 36305810.

2. Yudina, A. and Verstov, V. World Applied Sciences Journal 23 (Problems of Architecture and Construction). 2013, pp. 9–12. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.23. pac.90003.

3. Yudina A.F., Smirnov O.V. Congress on concrete protection, Protection of Concrete E.&N England, Dundee. 1990, pp. 347-354. ISBN 0 442 312415.

4. Vlasova L.B. Dis... kand. tekhn. nauk, Issledovanie tekhnologii izgotovleniya domostroitel'noj produkcii v metallicheskih formah bez primeneniya smazki [Research of manufacturing technology of house-building products in metal forms without using lubricants]. М., 1970. 207 p.

5. Nesvetaev G.V., Korianova Iu.I., Chepurnenko A.S., Sukhin D.P. Inzhenernyi vestnik Dona. 2021. №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2021/725.

6. Goncharov I.A. Aktualnye issledovaniia. 2023. № 26(156), pp. 60-62. URL: apni.ru/article/6644.

7. Iarkov A.A., Petrishcheva R.I. Izdatelstvo vuzov. Stroitelstvo i arkhitektura. 1977, №. 4, pp. 69-72.

8. Gartner E.M., Macphee D.E. Cement and Concrete Research. 2011. T. 41, № 7. pp. 736-749. DOI: 10.1016/j.cemconres.2011.03.006.

9. Ivashchenko Iu.G., Mameshov R.T. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2022, tom 49, № 2, pp. 1-10. URL: DOI: [org/10.21822/2073-6185-2022-49-2-123-132](https://doi.org/10.21822/2073-6185-2022-49-2-123-132).

10. Akhverdov I.N. M., Stroizdat. Osnovy fiziki betona. [Fundamentals of Concrete Physics], 1981. pp. 182 - 220.

Дата поступления: 7.04.2025

Дата публикации: 25.05.2025