



СНИЖЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЕСТРУКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОГРЕВАЕМОМ БЕТОНЕ

Толкынбаев Т.А., Чекаев М.Г.

*Евразийский национальный университет имени Льва Гумилева, Республика Казахстан
Temtol1961@mail.ru. rahima.chekaeva@mail.ru*

Аннотация: В работе изложены пути снижения интенсивности деструктивных процессов на строительные-технические свойства прогреваемого бетона в зимних условиях. Рекомендованы ряд технологических мероприятий по повышению качественных показателей прогреваемого бетона.

Ключевые слова: Прогрев бетона, деструктивные процессы, строительные-технические свойства бетона, мероприятия по повышению качества бетона в суровых климатических условиях

Abstract: The paper outlines the ways of reducing the intensity of destructive processes on construction-technical properties of heated concrete in winter conditions. A number of technological measures are recommended to improve qualitative indices of heated concrete.

Keywords: concrete heating, destructive processes, construction-technical properties of concrete, measures to improve the quality of concrete in harsh climatic conditions

Нашими экспериментами показано, что увеличение скорости подъема температуры приводит к заметному росту величин температурных градиентов в бетоне. Известно, что повышение скорости подъема температуры приводит к деструктивным процессам, как связанным с возрастанием температурных градиентов, так и вызываемым воздействием других факторов. Поэтому для бетонов, к качественным показателям которых предъявляются особые требования, следует ограничивать скорость подъема температуры.

Необходимо отметить, что повышение скорости подъема температуры при электропрогреве осуществляется либо путем повышения напряжения на электродах, либо за счет уменьшения расстояния между ними. Таким образом, скорость подъема температуры при этом способе не является независимым параметром, а регулируется изменением двух технологических факторов, влияния которых на величину температурных градиентов.

Повышение температуры изотермического прогрева обуславливает некоторое увеличение температурных градиентов в бетоне и одновременно рассматривается как фактор, несколько интенсифицирующий протекание деструктивных процессов. В связи с этим снижение температуры изотермического прогрева способствует улучшению качественных показателей

бетона. Однако в каждом конкретном случае следует учитывать, что снижение температуры изотермического прогрева увеличивает продолжительность электротермообработки.

Более ранними исследованиями специалистов установлено [5, 6] и нашими экспериментами подтверждено [7,8], что при прочих равных условиях неравномерность температурного поля в процессе электропрогрева железобетонных конструкций с пространственными арматурными каркасами существенно зависит от типа электродов. Наименьшие значения температурных градиентов наблюдаются при использовании стержневых электродов в виде плоских групп. Более высокое значение градиентов обуславливается применением пластинчатых электродов. Самые большие величины градиентов наблюдаются, как правило, в случае использования стержневых электродов, расположенных в шахматном порядке. Следует отметить, что последний наименее эффективный вариант используется строителями в практике зимнего бетонирования намного чаще, чем другие варианты. Применение стержневых электродов в виде плоских групп возможно, как правило, даже при густом армировании. Таким образом, при электропрогреве железобетонных конструкций следует, по возможности, использовать именно этот вариант размещения электродов. В случае отсутствия арматуры, искажающей электрическое поле между электродами, малые значения температурных градиентов получаются и при использовании других типов электродов. Как известно, вследствие применения для электропрогрева бетона и железобетона только пониженного напряжения, расстояние между разноименными пластинчатыми электродами (толщина конструкции или изделия) не должно превышать 300...350 мм.

Температурные градиенты в процессе электропрогрева могут быть снижены за счет более рациональной схемы размещения стержневых электродов, т.е. за счет уменьшения расстояния между разноименными электродами. Это мероприятие позволяет одновременно уменьшить напряжение на электродах, что в свою очередь благоприятно сказывается на равномерности температурного поля. Уменьшение расстояния между одноименными стержневыми электродами вызывает снижение неравномерности электрического поля и, соответственно, уменьшение температурных градиентов. Уменьшение расстояния между электродами приводит к увеличению их количества в расчете на 1 м³ бетона, и, следовательно, повышению трудоемкости и стоимости изготовления, установки, подключения к токоподводящим проводам, а также срезки их выступающих концов после окончания электропрогрева. Таким образом, при использовании для электропрогрева железобетонных конструкций стержневых электродов выбор расстояния между ними необходимо производить в каждом случае с учетом указанных обстоятельств.

Повышенное содержание С₃А приводит к деструкции бетона, вследствие дегидратации алюминатных новообразований при температуре 45...60°C и выше. Чем выше температура изотермического прогрева бетона, тем больше степень деструкции цементного камня. При температуре изотермического прогрева более 80°C она может достигнуть в случае применения портландцемента 20% R₂₈.

В случае применения для бетона добавки углекислого калия (поташа) необходимо использовать заполнители без включений опаловидных минералов во избежание деструкции этих заполнителей и существенного ухудшения качественных показателей бетона. Для снижения уровня деструкции бетона в процессе тепловой обработки в его состав рекомендуется вводить

химические добавки [1].

Уменьшение содержания воздуха в бетоне снижает интенсивность деструкции в процессе его электротермообработки. Бетоны с повышенными требованиями к морозостойкости должны содержать воздухововлекающие добавки [2], которые способствуют существенному увеличению морозостойкости при некотором ухудшении других качественных показателей.

При назначении состава бетона следует стремиться к возможно меньшему начальному водосодержанию бетона. Это не только повышает расчетную прочность, но и снижает интенсивность деструктивных процессов при его электротермообработке благодаря уменьшению избыточного давления в поровом пространстве бетона, его влагопотерь и влажностной усадки. Исключения составляют лишь случаи, когда скорость подъема температуры применяется не менее $60^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ и заметное снижение интенсивности деструкции достигается за счет увеличения начального водосодержания выше $200\text{ кг}/\text{м}^3$.

Основными деструктивными факторами при электротермообработке бетона, обуславливающими появление дефектов в бетоне, являются избыточное давление в его поровом пространстве; влагопотери и сопутствующая им усадка цементного камня; неравномерность температурного поля в прогреваемом бетоне; различия в значениях коэффициента линейного температурного расширения твердых компонентов (КЛТР) бетона. Количественная сторона этих факторов зависит от параметров температурного режима, состава бетона, варианта покрытия неопалубленной поверхности бетона и в меньшей степени от других условий электротермообработки. Рост избыточного давления в порах бетона в результате возрастания предварительного выдерживания, увеличивая избыточное давление в порах, не ухудшает, а улучшает качественные показатели бетона, так как повышает его структурную прочность к моменту максимума интенсивности деструктивных факторов. Возрастание избыточного давления в бетоне, в результате повышения скорости подъема температуры, всегда влечет за собой ухудшение качественных показателей бетона, так как при этом повышается интенсивность воздействия других деструктивных факторов.

С ростом скорости подъема температуры повышается давление в порах бетона, увеличиваются влагопотери, растут величины напряжений в бетоне, вследствие разных значений КЛТР его компонентов, возрастает неравномерность температурного поля. С повышением температуры изотермического прогрева также увеличивается интенсивность воздействия на бетон этих факторов. При условии достижения к концу электротермообработки одинаковой прочности бетона, рост скорости подъема его температуры приводит к сокращению суммарных влагопотерь, уменьшению усадки и, следовательно, снижению уровня деструкции бетона. Увеличение начального водосодержания бетона может вызвать как повышение интенсивности деструкции бетона в процессе его прогрева, так и её понижение.

Влагопотери вызывают усадку цементного камня, которая является причиной появления в нем микро- и макротрещин. Таким образом, взаимосвязь между параметрами и условиями электротермообработки, составом бетона, протекающими в нем деструктивными процессами и качественными показателями бетона весьма сложна и многообразна.

Показателем степени деструкции бетона является величина остаточных деформаций его расширения при тепловой обработке, так как она свидетельствует о степени разрыхления

структуры материала. Однако, остаточные деформации расширения бетона следует считать ориентировочным показателем, так как кроме разрыхления структуры бетона, они включают и его влажностную усадку.

В результате комплексного воздействия всех перечисленных деструктивных факторов, вследствие повышения скорости подъема температуры и температуры изотермического прогрева, прочность бетона в возрасте 1 и 28 сут. и другие его качественные показатели снижаются. Увеличение продолжительности предварительного выдерживания, вызывая повышение избыточного давления, но при этом возрастание структурной прочности бетона к моменту достижения максимума интенсивности деструктивных процессов, влечет за собой повышение прочности бетона и других его физико-механических свойств.

Приведены результаты экспериментов, отображающие снижение влагопотерь бетона вследствие введения в его состав сильных электролитов – ускорителей твердения, противоморозных добавок, пассиваторов коррозии стальной арматуры и т.п. К сильным электролитам относятся применяемые в качестве добавок хлористый кальций, хлористый натрий, нитрит натрия, нитрит–нитрат кальция, нитрат кальция с мочевиной, нитрит–нитрат–хлорид кальция, углекислый калий (поташ), углекислый натрий и другие. Введение в бетон добавок сильных электролитов в количестве, определяемом нормативными [3,4] и инструктивными [2,5] документами снижает влагопотери бетона при электротермообработке в 1,3...2,0 раза.

Сущность технологических мероприятий, направленных на уменьшение деструкции в процессе электротермообработки бетона зависит от большого числа факторов – габаритов и назначения сборных изделий и монолитных конструкций; особенностей состава бетона; принятой технологии изготовления сборных изделий на заводе и полигоне, либо бетонирования монолитных конструкций на строительной площадке; особых требований проекта к качественным показателям бетона; конкретных организационных и экономических условий производства, включающих способы электротермообработки бетона, наличие достаточной электрической мощности для обеспечения электротермообработки бетона, необходимость ускоренного оборота форм или опалубки, наличие производственных площадей для термосного выдерживания бетона и т.п. Заметное повышение прочности бетона и улучшение других качественных показателей обуславливает укрытие неопалубленной поверхности бетона гидроизоляционным материалом, например, полимерной пленкой. Существенное снижение деструкции бетона и увеличение его прочности в 1,5 раза обеспечивает электротермообработка в формах или опалубке с крышками и пригрузом. Это мероприятие позволяет повысить прочность бетона в возрасте 1 и 28 сут. примерно до 120% R_{28} и более.

Следует принимать во внимание, что из всех способов электротермообработки бетона наименьшую деструкцию обеспечивает предварительный разогрев бетонной смеси с применением электричества или пара и последующим медленным остыванием бетона в хорошо утепленных формах или опалубке. При этом способе в порах твердеющего бетона не возникает избыточного давления; ограничены влагопотери; отсутствуют деформации расширения материала, то есть исключается разрыхление его структуры. В результате повышается прочность бетона, и улучшаются другие качественные показатели. При этом необходимо учитывать, что для предварительного электроразогрева бетонной смеси необходимы большие удельные

электрические мощности в 20...30 раз превышающие требуемые удельные мощности для электропрогрева бетона и достигающие 240...420 кВт/м³. Выполнение мероприятий, приведенных в работе позволит существенно снизить уровень деструкции бетона при его электротермообработке, обеспечить приобретение в возрасте 28 сут. от 100 до 120% R_{28} и существенно улучшить другие строительно-технические свойства бетона.

Используемая литература

1. 1.Руководство по применению бетонов с противоморозными добавками/НИИЖБ Госстроя СССР. –М.: Стройиздат, 1978.–81 с.
2. 2.Руководство по применению химических добавок в бетоне/ НИИЖБ Госстроя СССР.–М.: Стройиздат, 1981.–55 с.
3. 3.Строительные нормы и правила. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции. – М.: ЦИТП, 1988. –192с.
4. 4.Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера. – М.: Стройиздат,1982.– 213с.
5. Вегенер Р.В. Электропрогрев бетонных и железобетонных конструкций.–М.–Л.: Госстройиздат, 1953.–144 с.
6. 6.Лукьянов В.С. Расчеты температурного режима бетонных и каменных конструкций при зимнем производстве работ. – М.: Трансжелдориздат,1934. – 92с.
7. 7.Гендин В.Я., Толкынбаев Т.А. Повышение качества бетона в результате уменьшения его деструкции в процессе электротермообработки.– М.:Машиностроение, 1998.–178 с.
8. 8.Толкынбаев Т.А., Гендин В.Я. Повышение качества бетона путем ограничения температурных градиентов при его электротермообработке. – М.: Машиностроение, 1998. – 96 с.