

УДК 666.972

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЖБИ С ПРИМЕНЕНИЕМ УСКОРИТЕЛЕЙ ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА

Батяновский Э.И., Осос Р.Ф.

БГПА, Минск

Проблема снижения энергоснабжения одна из острейших для Республики Беларусь и, в частности, для предприятий и организаций строительного профиля, изготавливающих сборные бетонные и железобетонные изделия и строящих из монолитного цементного бетона. Энергетические затраты на обеспечение процесса ускорения его твердения достаточно высоки и в различных вариантах характеризуются расходом тепловой энергии в 0,3-0,5 Гккал/куб.м. бетона. Практической реализацией за период 1994-96 гг. на целом ряде заводов ЖБИ РБ малоэнергоёмкой технологией изготовления строительных конструкций, разработанной на кафедре технологии бетона и железобетона БГПА, показана возможность стабильного снижения энергозатрат на обеспечение твердения бетона до уровня отпускной (передаточной) прочности за 16-20ч. до 0,10-0,15Гккал/куб.м. При возможности увеличения продолжительности выдержки бетона в тепловом агрегате до 36-42 часов они могут быть снижены до 0,05-0,08Гккал/куб.м., а в период, характеризующийся среднесуточной температурой не ниже 15°C, обеспечивается беспрогревный вариант изготовления преднапряженных изделий. Изделия с обычным армированием в последнем случае можно бездефектно расплубливать через 20-24ч твердения бетона.

Технология представляет собой сочетание метода термоса при твердении бетона с интенсификацией процесса химическими добавками-ускорителями твердения. Их присутствие способствует ускорению гидролиза и гидратации вяжущего и существенно повышает тепловыделение цемента в первые 2-3 суток твердения. В результате при высокой степени заполнения объема теплового агрегата изделиями, хорошей его теплоизоляции и герметичности имеет место саморазогрев бетона, уровень которого составляет 5-10°C и более от исходного, в зависимости от группы эффективности применяемого цемента, его минералогического состава и содержания в бетоне, водоцементного отношения и ряда других параметров. Отмеченные процессы активизируются при кратковременном тепловом воздействии на бетон с добавкой, путем разогрева его до уровня 35-50°C (в зависимости от эффективности, вида цемента и консистенции бетона), а выделяющееся тепло экзотермии способствует поддержанию (в некоторых случаях кратковременному повышению) температуры в тепловом агрегате в течении периода твердения.

В итоге через 12-16ч термостатирования в тепловом агрегате бетон достигает 70-80% прочности, что обеспечивает возможность передачи усилия преднапряжения арматуры, а по остывании конструкции - отпуск ее потребителю.

Важнейшей особенностью технологии является низкотемпературный режим твердения бетона с добавкой. Это имеет ряд следствий, которые необходимо учитывать при ее практическом применении. В частности, в данном случае не происходит обезвоживание бетона и, в сравнении с материалом, твердевшим при 80-90°C, уровень его влажности выше. В результате, с одной стороны, это благоприятно сказывается на последующем росте прочности бетона при дозревании (в среде с положительной температурой), повышении его плотности и эксплуатационных характеристик. Вместе с тем, присутствие значительного количества влаги в теле бетона искажает (занижает) результаты определения его прочности неразрушающими методами контроля, в частности эталонным молотком и склерометрами, которыми оценивается прочность по состоянию поверхностного слоя бетона - его твердости и упругости. Следует учитывать, что отклонение между фактической прочностью бетона, определенной испытанием с разрушением контрольных образцов, и установленной неразрушающими методами может достигнуть 40-50% на гранях "из-под металла" и 20-25% на открытой поверхности бетона.

Существенным для производства изделий с отделяемыми поверхностями является гарантированное отсутствие жировых и цветowych пятен, связанных с воздействием на бетон смазок. При естественном твердении и низкотемпературном прогреве бетона необходима корректировка подхода к подготовке и смазке поверхности бортонастки. В этих случаях не происходит ее "выгорание", а избыток впитывается в тело бетона, снижая прочность пристенного слоя с возможностью образования жировых пятен. Практика показывает, что тщательная подготовка поверхности форм и смазка ровным тонким слоем (матовая, без блеска поверхность) традиционными смазками на основе ЭКС, машинных масел обеспечивает как бездефектную распалубку, так и качество поверхности изделий.

Известно, что бездефектная передача усилия преднапряжения стержневой арматуры на бетон возможна при достижении 60% "марочной" прочности, что практикует, например, специализированный на выпуске плит пустотного настила завод №5 г. Москвы, а иногда и наши предприятия. Определяющими элементами такой возможности являются качество сцепления бетона с арматурой, его прочность и упруго-деформативные характеристики. В настоящее время кафедра проводит исследования закономерностей изменения упруго-деформационных характеристик бетона с добавками, твердеющего в низкотемпературном режиме прогрева и их связи с прочностью в области 60-80% от "марочной". На данном этапе следует констатировать, что бетон низкотемпературного прогрева обладает несколько меньшим модулем упругости и большей деформативностью на уровне прочности 60% от марочной, что связано, на наш взгляд, с отмеченной ранее большей влажностью бетона. С учетом этого рекомендуется выдерживать требуемый уровень передаточной прочности бетона не ниже 70%.

Введение в бетон добавок-электролитов (CaCl_2 , NH_4Cl , CH_3COOH) способствует незначительной пластификации смеси, которая для солей-хлоридов проявляется кратковременным эффектом, т.к. они способствуют ускорению схватывания цементного теста. Добавка сульфата натрия (Na_2SO_4) пластифицирующий эффект проявляет на стадии виброформования смеси, в форме повышенного водоотделения, что следует учитывать при

мерно 5-6% снижением расчетного водосодержания бетона. При этом время начала схватывания цементного теста нормальной густоты сокращается не более, чем на 15%, что обеспечивает возможность перерывов при формировании изделий продолжительностью до 1ч. Следует отметить, что введение добавок-электролитов в дозировке порядка 1% от массы цемента способствует повышению эксплуатационных характеристик бетона - водонепроницаемости и морозостойкости, при 5-15% росте прочности в возрасте 28 суток.

Одной из проблем эффективного использования малоэнергоемкой технологии является обеспечение необходимого уровня технологической дисциплины производства. Максимальный эффект, соответствующий установленному при научно-технической разработке технологии, получен предприятиями, где соблюдаются требования к рецептуре бетона (особенно в части дозировки воды и цемента), качеству его уплотнения, поддержанию в должном состоянии тепловых агрегатов (теплоизоляция, герметизация затворов, крышек и т.д.) и выдерживаются рекомендации разработчиков. Следует учитывать, что постановка технологии на производство индивидуальна не только для каждого завода, но и для отдельных типов производств (в частности, тепловых агрегатов) в рамках одного предприятия. Соответственно с их особенностями: номенклатурой изделий и способом их производства, видами потребляемой энергии на тепловую обработку и типами (техническим состоянием) тепловых агрегатов, уровень экономической эффективности различен, так как различны рациональные режимы твердения бетона.

При твердении без дополнительной подачи тепла темп-роста прочности в первые 1-3 суток пластичного бетона с добавками хлористого кальция, ННХК, сульфата натрия примерно в два раза выше, чем у бетона без добавки. В результате при температуре в 18-20°C твердеющего бетона подвижностью 5-9см на рядовом портландцементе М 400 II-ой группы эффективности прочность (выраженная в "%") изменяется в примерном соотношении: 21, 32, 53% - без добавки и 44, 68, 75% для бетона с добавкой 1% "СН" через 1, 2 и 3 суток соответственно. Введение хлористых солей в естественных условиях может повысить прирост прочности бетона на 5-10%, но следует учитывать их коррозионное воздействие на арматуру и бортоснастку.

В бетонах из жестких бетонных смесей эффективность ускорителей твердения выше и прочность в 70% от 28-суточной в означенных ранее условиях достигается через 36-48ч., т.е. к исходу 2-х суток твердения. Понижение температуры среды до 13-15°C отодвигает этот срок до 3-4 суток, а в случае 5-8°C до 5-7 суток, в зависимости от свойств цемента. При естественном твердении бетона они приобретают особую значимость и должны безусловно учитываться технологической службой предприятий. Например, цементные заводы Беларуси практикуют замену природного гипсового камня на фосфогипс, что приводит к торможению процесса гидратации и твердения цемента, существенно увеличиваются сроки схватывания и падает темп роста прочности бетона.

Подобный результат вызывает повышенное содержание в вяжущем минеральных добавок, особенно природного происхождения (например, трепел), содержащиеся в цементе Кричевского завода. Применение таких вяжущих не целесообразно, если преследуется цель получить в естественных условиях твердения бетона достаточно интенсивный оборот бортоснастки.

Кратковременная интенсификация твердения бетона с добавкой 1% “СН” разогревом за 1,5 часа характеризуется данными, приведенными в таблице.

Температура бетона	Марка бетона	Формуемость смеси		Цемент		Прочность, через 24ч, %
		Ж, с	ОК, см	марка	группа эффективности	
30	200	5-10	-	500	I	85,5
35	200	5-10	-	500	II	82,0
40	200	5-10	-	400	II	80,0
45	200	5-10	-	400	III	72,5
35	300	5-10	-	500	II	78,0
40	300	-	5-9	400	II	73,5
35	300	-	5-9	500	II	75,5
40	300	-	5-9	400	II	71,5
40	100	-	5-9	400	II	75,0

Образцы бетона твердеющие по режиму: предварительная выдержка - 2-3ч, нагрев за 1,5ч (исходная температура смеси примерно 10-12°C) до указанной в таблице температуры, термостатическая выдержка в пропарочной камере (при естественном ее остывании, температура воздуха 14-16°C) в течении 16ч и остывание на воздухе до испытаний через 24 часа после изготовления.

Трехлетний период производственного использования молознергоемкой технологии на основе добавки “СН” Фанипольским заводом ЖБМК, заводом ЖБИ стройтреста №9 г. Витебска (АО “Горизонт”) и целым рядом других предприятий отрасли свидетельствуют об устойчивом экономическом эффекте от ее применения. В зависимости от конкретных условий производства выработаны общие границы режима начальных паро- и электродного разогрева бетона в летний период в течении 0,5-1,5ч и 1,5-2,0ч для зимнего времени года, а для электромагнитных камер (Светлогорский завод ЖБИ-иК) - нагрев в течении 0,5-1,0 часа.

Сочетание экономической эффективности и благоприятного воздействия низкотемпературного прогрева на формирование структуры цементного камня и бетона в целом создают необходимые предпосылки для широкого применения рассматриваемой технологии предприятиями и организациями строительной отрасли Беларуси.