

СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С НИЗКИМ ВОДОЦЕМЕНТНЫМ ОТНОШЕНИЕМ

Дрозд А.А., канд. техн. наук, доцент, Бабицкий В.В., д-р техн. наук, профессор (БНТУ)

Аннотация. Исследовано влияние прессующего давления, вида вяжущего, химических добавок, технологических приемов изготовления на прочность цементного камня в области низких значений водоцементных отношений.

Одной из важнейших характеристик строительных материалов и, в частности, цементного камня, является прочность. Следует отметить, что прочность материала – естественное отражение его пористости (плотности). Есть мнение [1], что при устранении дефектов нарушения сплошности цементного камня его прочность может быть увеличена в десятки раз и при нулевой пористости составить 1370 МПа, что существенно превосходит параметры естественных каменных материалов. Практически же в настоящее время реализуется максимум 10-15 % заложенного в цементном камне потенциала прочности.

Несмотря на то, что бетон, как строительный материал, известен уже давно, свойства цементного камня и бетона в области водоцементных отношений ниже 0,2 остаются относительно малоизученными. В значительной степени это объясняется отсутствием надежных средств уплотнения цементного теста (бетонной смеси) с низким начальным водосодержанием, при котором можно кардинально уменьшить пористость цементного камня. Возможности виброуплотнения фактически исчерпаны. Лишь включение в технологическую цепочку такого приема, как прессование, позволяет качественно повысить характеристики цементного камня. Реализация такого средства уплотнения может быть осуществлена по следующим направлениям:

- прессование связного цементного теста пластичной начальной консистенции, сопровождающееся фильтрационным отжатием избыточной влаги;
- прессование несвязного цементного теста с низким начальным водосодержанием без отжатия воды;
- прессование сухого вяжущего с последующим его водонасыщением.

В принципе, все три направления позволяют достигать существенной степени уплотнения цементного теста и последующей высокой плотности и прочности цементного камня. Проведем сопоставительный анализ – равноценны ли они по достигаемым прочностным параметрам.

Образцы изготавливали как по традиционной технологии сухого формования, включающей уплотнение сухого вяжущего с последующей пропиткой водой или раствором химических добавок, так и с предварительным вакуумированием уплотненного вяжущего (вакуумная

технология). Насыщение образцов водопроводной водой при традиционной технологии сухого формования производили при избыточном давлении 0,1 МПа, а при вакуумной – при атмосферном, причем воду предварительно деаэрировали. В опытах варьировали вид (молотый клинкер и цемент на основе этого клинкера) и удельную поверхность вяжущего, прессующее давление, давление предварительного вакуумирования и температуру порошка вяжущего. В отдельных случаях вяжущее пропитывали раствором химических добавок: $NaNO_2$ (ингибитор коррозии стали, противоморозная добавка, интенсификатор гидратационных процессов) и С-3 (пластификатор). Образцы на сжатие испытывали после 28 суток твердения в нормальных условиях (рис. 1).

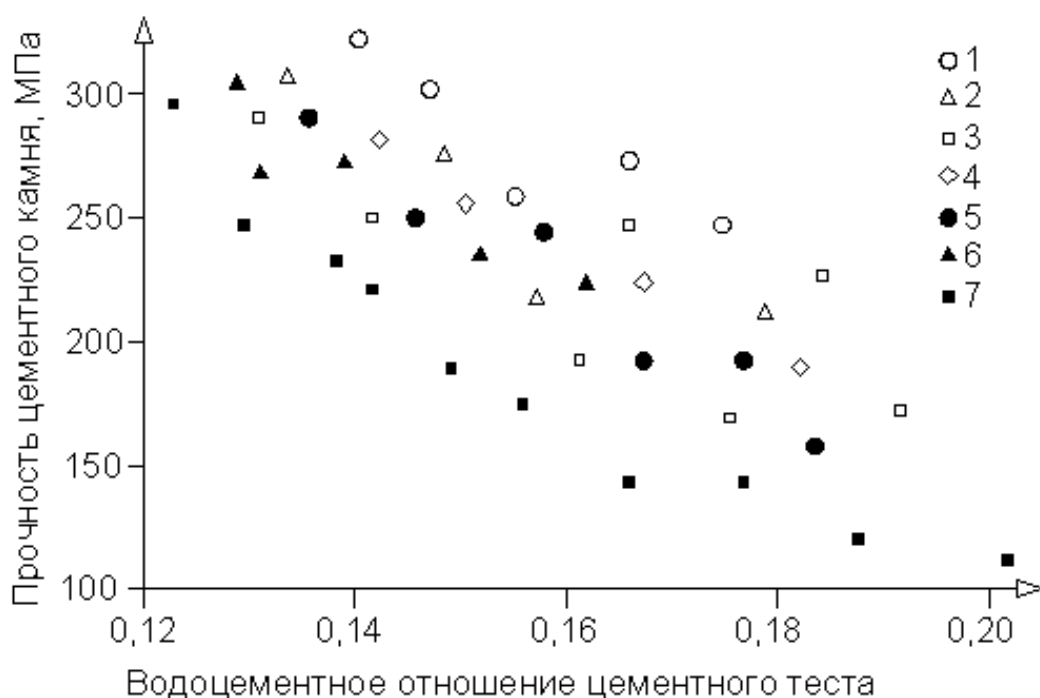


Рисунок 1 – Влияние водоцементного отношения на прочность цементного камня)
 1, 2, 3 – цемент с удельной поверхностью 300, 400, 600 м²/кг;
 4, 5, 6 – молотый клинкер с удельной поверхностью 300, 400, 600 м²/кг;
 7 – прессование с отжатием воды

Внешне полученные результаты выглядят несколько хаотичными, но нетрудно выявить общую тенденцию – вне зависимости от вида вяжущего и начального водосодержания цементного теста прочность образцов цементного камня, изготовленных по вакуумной технологии сухого формования, существенно выше, чем по традиционной. Сама по себе вакуумная обработка вяжущего перед насыщением его водой мало влияет на его уплотняемость и, как следствие, на водосодержание цементного теста. Однако насыщение образцов уплотненного вяжущего водой при избыточном давлении (традиционная технология) неизбежно приводит к образованию направленной пористости, обусловленной фильтрационными каналами. А пропитка при атмосферном давлении (вакуумная технология) исключает образование таких каналов, создавая более прочную структуру.

Отрицательное влияние направленной пористости на свойства бетона достаточно убедительно показал Батяновский Э.И. [2]. Кроме того, при десорбции воздуха с поверхности вяжущего освобождаются активные центры на поверхности вяжущего, процессы гидратации проходят ровно, продукты химических реакций в свободном пространстве также распределяются равномерно, местные напряжения минимальны. В результате складывается структура без дефектов, обладающая высокой однородностью и прочностью. При предварительном вакуумировании сухой смеси нельзя исключить и вероятность дезагрегации флюкул вяжущего, что сопровождается ростом контактирующей с водой поверхности твердой фазы и увеличением однородности образующегося в процессе твердения материала. Введение химических добавок ($NaNO_2$ и С-3) не нарушает общие выявленные тенденции.

Интересно сопоставить полученные результаты с данными других авторов. Рассмотрим графики на рис. 2, на которых отражено влияние прессующего давления и особенностей технологии изготовления образцов на прочностные характеристики цементного камня. Здесь, кроме данных авторов, приведены результаты, почерпнутые из [3,4].

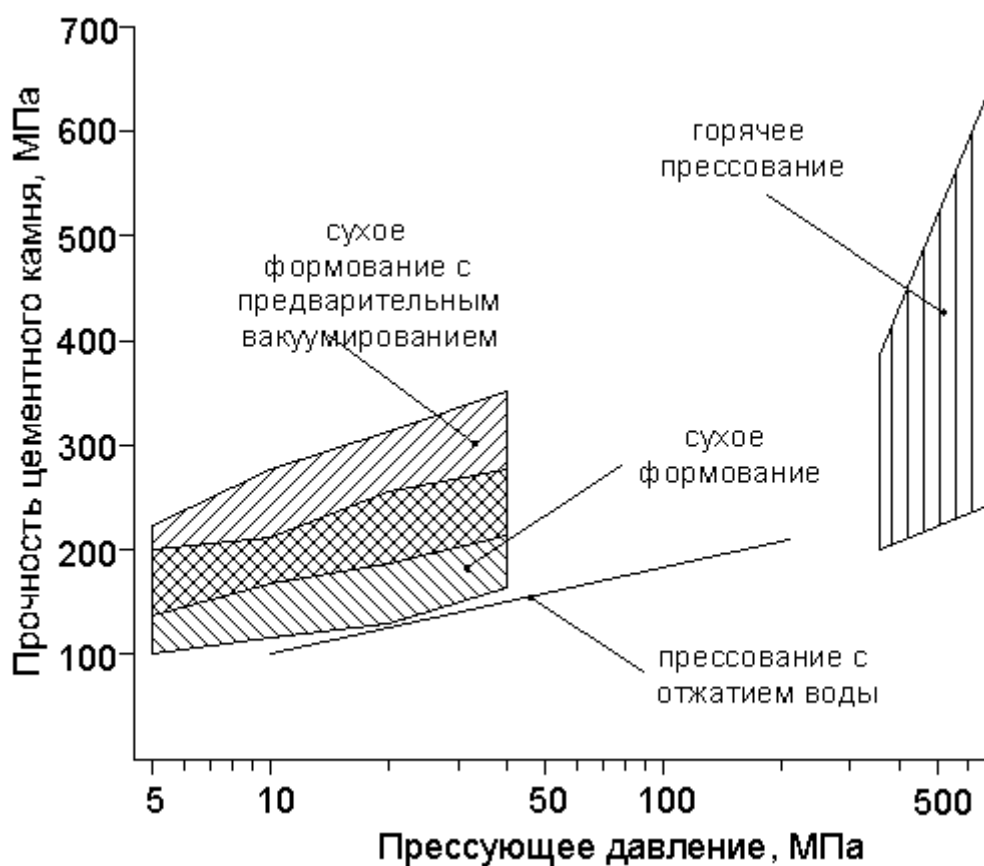


Рисунок 2 – Влияние прессующего давления на прочность цементного камня

Данные проф. Ахвердова И.Н. [3] представлены для технологии, связанной с прессованием пластичного водозатворенного цементного теста. В процессе прессования в материале образуется направленная пористость, являющаяся остатками каналов, по которым фильтровалась вода.

Соответственно и прочность цементного камня существенно ниже прочности цементного камня, изготовленного по технологии сухого формования (аналогичные результаты показаны и на рис. 1), а тем более горячего прессования.

Технология горячего прессования представлена данными Д. Рой и Г. Гоуда [4]. Согласно использованной ими методике изготовления образцов цементное тесто с очень низким водоцементным отношением (до 0,093) прессовалось как при нормальной температуре, так и в горячем состоянии. В результате горячее прессование позволило получить почти двукратное возрастание прочности цементного камня. Следует обратить внимание на то, что вакуумная технология позволяет получать вполне сопоставимые результаты, причем при несколько больших водоцементных отношениях и при прессующих давлениях на порядок ниже, чем использованных в [4]. И лишь включение в технологическую цепочку высокотемпературной обработки твердеющего цемента дает явный скачок прочности, что, кстати, связано с резким усложнением технологии изготовления образцов.

Выводы. Вакуумная технология сухого формования представляется достаточно эффективным приемом повышения плотности и прочности цементного камня в области низких водоцементных отношений.

Литература. 1. Крылов Н.А., Калашников В.А., Полищук А.М. Радиотехнические методы контроля качества железобетона. Л.: Стройиздат, 1966 – 380 с. 2. Батяновский Э.И. Особо плотный бетон сухого формования. – Мн.: НПО «Стринко», 2002 – 224 с. 3. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. – М.: Стройиздат, 1981 – 464 с. 4. Рой Д.М., Гоуда Г.Р. Оптимизация прочности цементного теста. – В кн.: Шестой Международный конгресс по химии цемента. Том. II, книга 1. – М.: Стройиздат, 1976, с. 310-314.