

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 666.974.2

Курбанов Р.М., Хаджишалапов Г.Н., Хежев Т.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖАРОСТОЙКОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ БАЗАЛЬТОВОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ОБЕТОНИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Curbanov R.M., Hadgishalapov G.N., Hegev T.A.

RESEARCH OF HEAT-RESISTANT CONCRETE ON THE BASIS OF BASALT FILLER FOR CONCRETING OF METAL DESIGNS

В статье обосновывается целесообразность применения жаростойкого бетона на основе базальтового наполнителя. Тонкомолотая добавка способствует увеличению силы внутреннего трения между частицами материала. С увеличением силы внутреннего трения между частицами увеличивается вязкость вяжущего и как следствие возрастает температура размягчения под нагрузкой и повышается огнеупорность материала.

Ключевые слова: бетон, базальтовый наполнитель, огнеупорность материала.

Expediency of use of heat-resistant concrete locates in article on the basis of a basalt filler. It is thin a ground additive promotes increase in power of internal friction between material particles. With increase in power of internal friction between particles viscosity knitting increases and as a result rязmyagcheniye temperature under loading increases and fire resistance of a material increases

Key words: concrete, basalt filler, fire resistance of a material.

Защита строительных конструкций от воздействия высоких температур в случае возникновения техногенных катастроф является актуальной проблемой. Нормы контроля противопожарной защиты становятся жестче с каждым годом, поэтому для защиты зданий от пожара необходимо разрабатывать новые способы увеличения уровня безопасности зданий. Существующие способы огнезащиты подразделяют на две большие группы: активные – основаны на применении систем автоматической пожарной сигнализации и пожаротушения, средств противодымной защиты, а также устройств, обеспечивающих ограничение распространения пожара; пассивные – основаны на использовании материалов (применение составов штукатурного типа, обмазок, жидкостекольных мастик, комбинированных покрытий с применением комбинированных полотен, обкладок облегченными плитами) предотвращающих возгорание и препятствующих распространению огня, повышающих огнестойкость металлических строительных сооружений, инженерных систем и конструкций [1].

При возникновении пожара в зданиях и сооружениях металлические конструкции начинают терять свою несущую способность при достижении температуры 250 °С. Жаростойкие бетоны могут быть эффективно использованы для огнезащиты строительных конструкций, они являются более многокомпонентными материалами по сравнению с обычными бетонами и для большинства составов помимо вяжущего и заполнителя включает тонкомолотую добавку, а в ряде случаев и отвердитель. К исходным материалам для жаростойкого бетона предъявляются дополнительные требования, так как бетон должен сохранять заданные свойства не только при нормальных, но и при высоких температурах.

В Республике Дагестан создан технический парк по базальтовым технологиям, в состав которого входит ФГБОУ ВПО ДГТУ. В научно-исследовательской лаборатории по строительным материалам Центра «Экспертиза и аудит в строительстве» ДГТУ совместно с

ОАО «Стекловолокно» ведутся работы по исследованию состава жаростойкого бетона на базальтовом заполнителе для обетонирования металлических конструкций зданий и сооружений.

В качестве мелкого и крупного заполнителя используется базальтовый гравий месторождения «Кизил-Доре» Республики Дагестан с содержанием SiO_2 до 40-52 %. В качестве вяжущего портландцемент ПЦД500–ДО Серебряковского цементного завода с тонкомолотой добавкой до 35 % из боя обыкновенного глиняного кирпича производства Каспийского кирпичного завода с тонкостью помола $6000 \text{ см}^2/\text{г}$.

После предварительного помола добавки до тонкости $3000 \text{ см}^2/\text{г}$ для активации вяжущего осуществляли последующий совместный помол с портландцементом в активаторе М4 (рис. 1) до тонкости $6000 \text{ см}^2/\text{г}$.

Предельно допустимая температура применения разрабатываемого жаростойкого бетона на основе базальтового заполнителя 800°C , они предназначены и для огнезащиты строительных конструкций.



Рисунок 1 - Активатор 4М (планетарная мельница) для активации вяжущих компонентов до механохимических реакций

Базальты – излившиеся древне и нововулканические аналогии габбро, отличающиеся от него своими структурными и текстурными особенностями. Базальты макроскопически представляют черную плотную застывшую лаву, находящуюся в скрытокристаллическом или аморфном состоянии с зернистым строением и стекловидной массой, заполняющей промежутки между зёрнами различных размеров. Они являются твердыми и одновременно хрупкими труднообрабатываемыми породами, их прочность варьируется в широких пределах от 110 до 500 МПа в зависимости от содержания стеклофазы. Средняя плотность базальтов составляет $3000\text{-}3300 \text{ кг/м}^3$ [2]. Наиболее ценными считаются свежие

мелкозернистые базальты, не содержащие стекла. Характеристики использованного базальтового заполнителя для жаростойких бетонов приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Характеристики базальтового заполнителя

Заполнитель	Насыпная плотность, г/см ³	Кажущаяся плотность, г/см ³	Истинная плотность, г/см ³	Водопоглощение	Коэффициент качества заполнителя
Базальт	1,8	3	3,1	0,1	0,6

Исследования проводились на образцах-кубах размерами 10х10х10 см. Для получения жаростойкого бетона на базальтовом заполнителе со средней плотностью 2250 кг/м³, класса В10 и класса по предельно допустимой температуре применения исследовался состав бетонной смеси, который приведен в табл. 2.

Таблица 2 - Состав жаростойкой бетонной смеси на базальтовом заполнителе

/п	Наименование компонентов	Крупность зерен заполнителя	Тонкость помола вяжущего и добавки	Расход на 1 кг/м ³
	Крупный заполнитель – базальт	5-10 мм		950
	Мелкий заполнитель – базальт	0,1-2 мм		834
	Вяжущее – портландцемент ПЦ500–ДО		3000 см ² /г	350
	Тонкомолотая добавка – бой из глиняного кирпича		3000 см ² /г	116
	Суперпластификатор С-3			2,8
	Вода			175

Для обеспечения заданной прочности жаростойкого бетона при приготовлении бетонной смеси рекомендуется определять водовяжущее отношение B/B_v по формуле [3]

$$B/B_g = nA_g / (R + 1,3nA_g)$$

где n – коэффициент качества заполнителя; R – контрольная прочность на сжатие; МПа; A_g – активность вяжущего (0,5-0,75 A_u).

Активность вяжущего определяют по формуле

$$A_g = A_u / (1 + D),$$

где A_u – активность цемента, МПа; D – количество тонкомолотой добавки в частях массы цемента.

Тогда B/B_v для жаростойкого бетона на базальтовом заполнителе с применением портландцемента ПЦ500–ДО и активированной тонкомолотой добавки из боя обыкновенного глиняного кирпича равно

$$B/B_u = 0,6 \times 50 \times 0,75 / (15 + 1,3 \times 0,6 \times 50 \times 0,75) = 22,5 / 44,25 = 0,5;$$

$$A_g = 500 / (1 + 0,3) = 384.$$

Исследования зависимости прочности и коэффициента теплопроводности от температуры нагрева жаростойкого бетона проводили после предварительной сушки при температуре 110 °С. Предел прочности при сжатии бетона определяли после нагрева по следующей схеме: скорость подъема температуры 200 °С за 1 ч, выдержка при заданной температуре в течение 2 ч. Испытание образцов проводили на трех образцах после

охлаждения для каждого температурного диапазона нагрева. Результаты испытаний приведены на рис. 2.

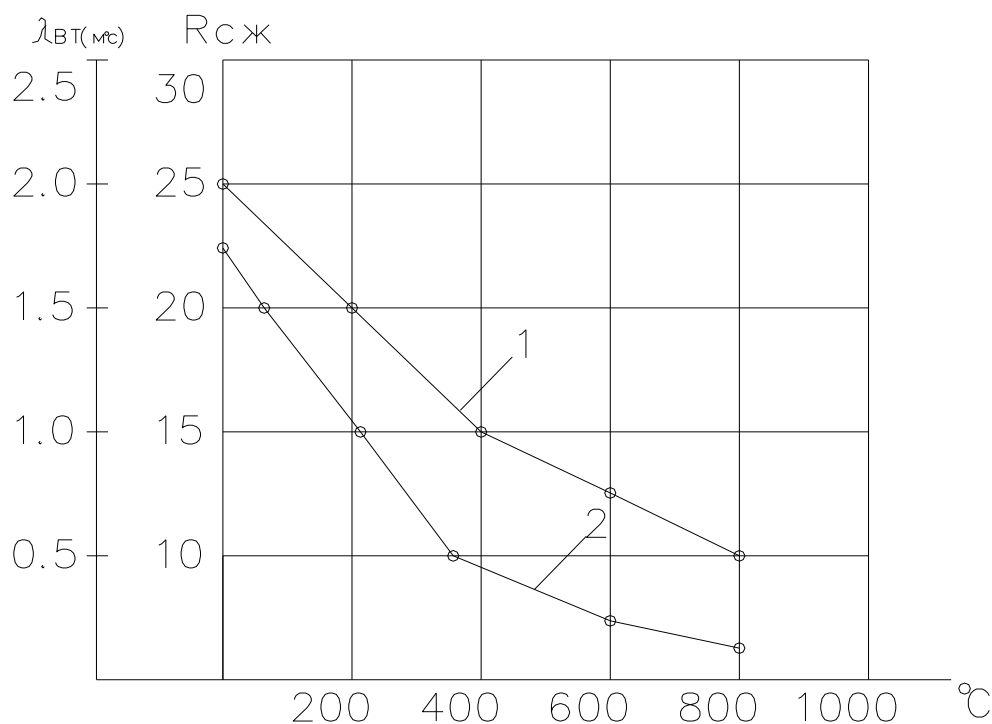


Рисунок 2 - Зависимость прочности (1) и коэффициента теплопроводности (2) от температуры нагрева

Анализ графика зависимости прочности от температуры нагрева показывает, что остаточная прочность бетона после нагрева до 800 °C составляет 45 % от первоначальной и равно 10 МПа, что достаточно для обетонирования металлических конструкций зданий и сооружений несущих конструкций.

Нагревание образцов до 200 °C приводит к падению прочности бетона. Это связано с обезвоживанием трехкальциевого алюмината. Обезвоживание гидратированного трехкальциевого алюмината происходит в температурном интервале 220-330 °C. Характер и интенсивность изменения объема гидратированного трехкальциевого алюмината при нагревании зависит от снижения его обезвоживания. Образцы, прогретые при 230 °C, несколько повышают свою прочность вследствие удаления адсорбционной воды. В этом случае нарушение структуры не наблюдается. Нагревание до 330 °C ведет к снижению прочности почти в два раза по сравнению с начальной.

При обезвоживании трехкальциевого гидроалюмината происходит частичное разложение его на CaO и C_3A_3 , что влияет на прочность образцов. При температуре 330 °C при появлении свободных радикалов оксида кальция, тонкомолотая добавка начинает связывать свободные радикалы CaO и дальнейшее падение прочности бетона прекращается.

Ведение в портландцемент тонкомолотой добавки приводит к уменьшению количества расплава на единицу объема. В этом случае расплава не хватает для заполнения пустот между твердыми частицами связки и капиллярные силы, стягивающие зерна твердой фазы существенно возрастает [2]. Также тонкомолотая добавка способствует увеличению силы внутреннего трения между частицами материала. С увеличением силы внутреннего трения между частицами увеличивается вязкость вяжущего, и как следствие, возрастает температура размягчения под нагрузкой и повышается огнеупорность материала. Падение коэффициента теплопроводности с увеличением температуры нагрева объясняется тем, что в диапазоне от 200 °C до 300 °C происходит обезвоживание физически несвязанной воды в составе бетона, а

температурном диапазоне от 500 °С до 800 °С наблюдается образование в структуре бетона плавня из-за наличия до 45 % стекланной фазы в базальтовом заполнителе.

Результаты исследований зависимости прочности от времени перемешивания и величины пригруза при виброформовании образцов приведены на рис. 3

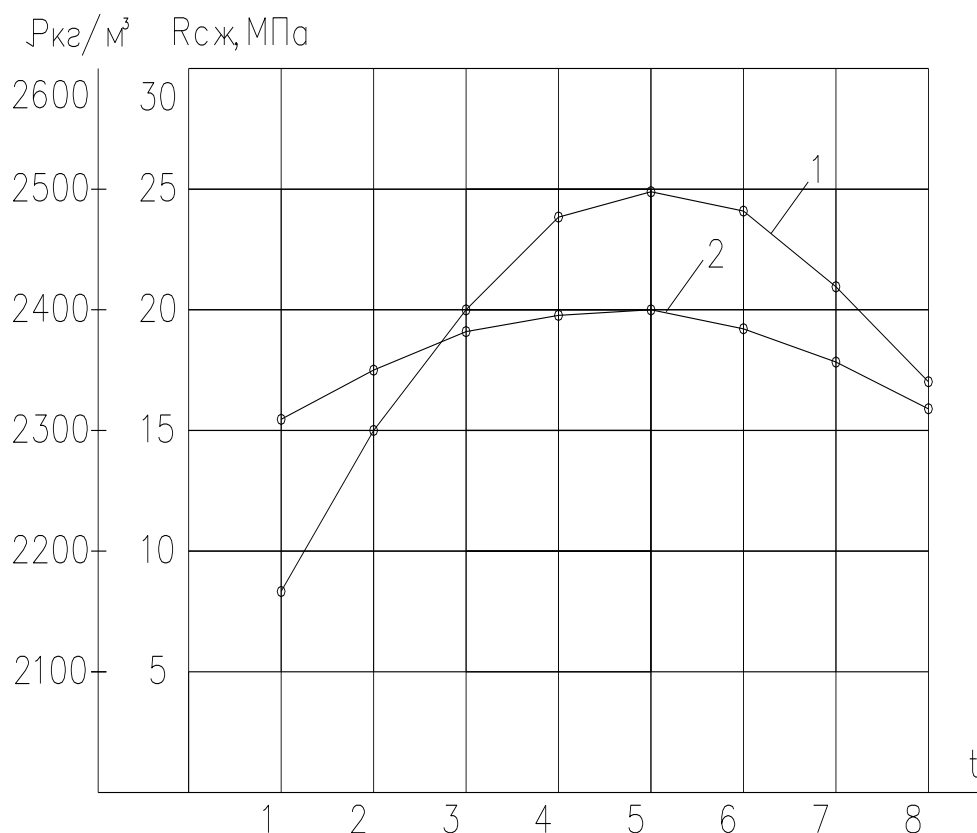


Рисунок 3 - График зависимости прочности от времени перемешивания (1) и виброформования (2)

Из рисунка 3 видно, что максимальные показатели прочности наблюдается при времени перемешивания от 4 до 5 минут, дальнейшее увеличению времени перемешивания приводит к падению прочности бетона за счет расслоения бетонной смеси. Показатели прочности бетона в зависимости от виброформования показывают, что оптимальные значения достигаются при продолжительности вибрирование от 3-х до 4-х минут.

Полученные результаты испытаний показывают, что жаростойкий бетон на основе базальтового заполнителя с модифицированным вяжущим может быть использован для защиты металлических конструкций методом обетонирования в случае возникновения пожара.

Библиографический список:

1. Страхов В.Л., Гаращенко А.Н. Огнезащита строительных конструкций: современные средства и методы оптимального проектирования // Строительные материалы. – 2002. – № 6. – С. 2–5.
2. Общий курс строительных материалов: Учебное пособие для строительных специальностей вузов/ под ред. И.А. Рыбьева. – М.: Высш. шк., 1987. – 584 с.
3. Справочное пособие к СНиП 3.03.01-87 «Технология изготовления жаростойких бетонов». – М.: Стройиздат, 1991. – 64 с.