

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С НАПОЛНИТЕЛЯМИ

Ткачук А.М. (УкрАзияСтрой, г. Киев), Лисенко В.А.,
Выровой В.Н., Сильченко С.В. (Одесская государственная академия
строительства и архитектуры)

Рассмотрены вопросы влияния количества и удельной поверхности молотого кварцевого песка на вязкость разрушения цементного камня в зависимости от способов инициирования начальной трещины.

Одной из основных задач механики разрушения является изучение условий развития трещин в материале [1]. При этом априорно предполагается наличие в нем трещин. В работах [2, 3] в качестве структурных параметров цементного камня приняты технологические трещины (ТТ), внутренние поверхности раздела (ВПР) и локальные и интегральные остаточные деформации. К ТТ относят трещины, которые возникли в период становления материала и которые в нем присутствуют длз приложения эксплуатационных нагрузок. ВПР отличаются тем, что в отличие от ТТ у них отсутствует устье. Согласно [3] ВПР можно рассматривать как вырожденные трещины (трещины, которые при своем развитии выклинились на берега других трещин или ВПР). Основное функциональное отличие ВПР и ТТ в том, что на берегах ВПР происходит перераспределение как внешних, так и внутренних деформаций, связанных с силовыми нагрузками и объемными изменениями материала. Трещина сама является источником концентрации напряжений и изменяет свои геометрические параметры по мере роста. К общим свойствам ВПР и ТТ следует отнести способность их берегов воспринимать и перераспределять деформации, возникающие в результате разнообразных (силовых и экологических) эксплуатационных нагрузок.

Изменять хаҺактер распределения и общее количество технологических несовершенств (ВПР+ТТ) можнј, как показано в работах [1, 4], при помощи минеральных наполнителей. Изменяя вид, количество и дисперсность минеральных наполнителей можно в широких пределах изменять свойства твердеющих и затвердевших вяжущих растворов и бетонов. Известно, что условия развития трещин

в значительной степени определяются гетерогенностью материала, которая, в свою очередь, зависит от количественного и качественного составов вяжущего. Кроме того, поврежденность цементного камня, его трещиностойкость и механические характеристики зависят от способов инициирования трещин. Качественная картина распределения остаточных деформаций определяется геометрическими характеристиками образца или изделия, а величина деформаций зависит от природы и состава материала. В свою очередь, объемные деформации твердеющих органических и неорганических вяжущих в значительной степени зависят от качественного и количественного составов наполнителей. Это позволило определить задачу исследований - изучить влияние способов инициирования исходных трещин и минеральных наполнителей на трещиностойкость цементного камня.

В опытах в качестве наполнителя принят молотый кварцевый песок. Применение кварцевого песка обосновывается его способностью принимать участие в физико-механических процессах организации структуры твердеющих минеральных вяжущих без существенных химических взаимодействий, что облегчает технологическую интерпретацию полученных результатов. Песок размалывался до следующей удельной поверхности: $S_1 = 100 \text{ м}^2/\text{кг}$, $S_2 = 300 \text{ м}^2/\text{кг}$, $S_3 = 500 \text{ м}^2/\text{кг}$. Количество наполнителей составляло 10, 20 и 30 % от массы цемента.

При изучении влияния количества наполнителей в опытах использовали кварцевый песок размолотый до $S_y = 300 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Анализ полученных результатов показал, что вязкость разрушения цементного камня зависит как от количества наполнителей, так и от методов инициирования начальной трещины. Введение наполнителей до $H = 10 \%$ от массы цемента вызывает повышение K_{IC} образцов с трещиной, полученной методом распила до 30 % по сравнению с цементным камнем без наполнителей. Дальнейшее увеличение количества наполнителей до $H = 30 \%$ практически не влияет на изменение трещиностойкости цементных композиций.

На 20 % снижается вязкость разрушения образцов с начальной трещиной, образованной методом заложения, при введении наполнителей до $H = 10 \%$. Дальнейшее увеличение количества наполнителей $H = 20$ и $H = 30 \%$ вызывает повышение трещиностойкости цементных композиций до 70 % по сравнению с $H = 10 \%$ и до 30 % по сравнению с наполненным цементным камнем.

Такое неоднозначное влияние количества наполнителей на изменение трещиностойкости образцов с различными способами

инициирования трещин может быть связано: для образцов с трещиной, полученной методом заложения, с влиянием наполнителей на величину начальных

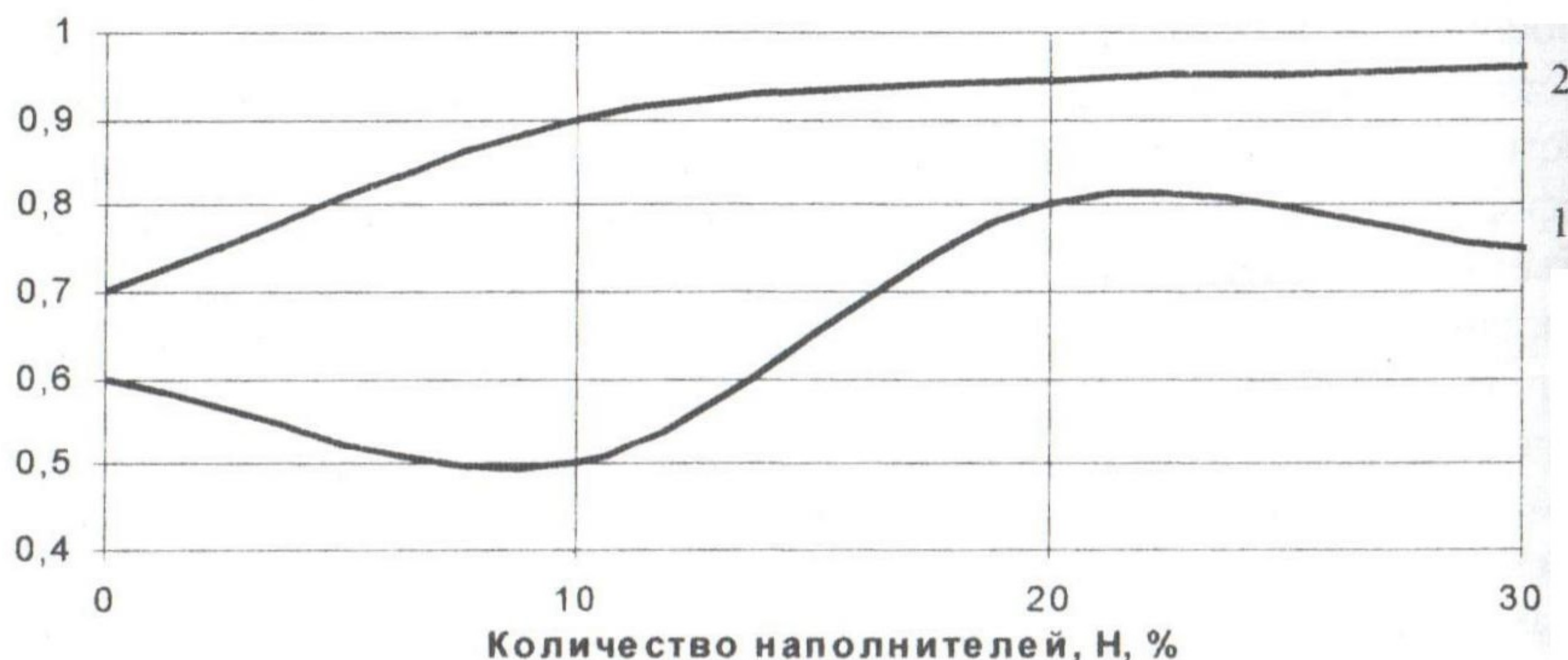


Рис. 1 Влияние количества наполнителей и способов инициирования трещин на трещиностойкость цементного камня.

1 – трещина, полученная методом заложения ($L^3 = 0,436$);
 2 – трещина, полученная методом распила ($L^p = 0,436$).

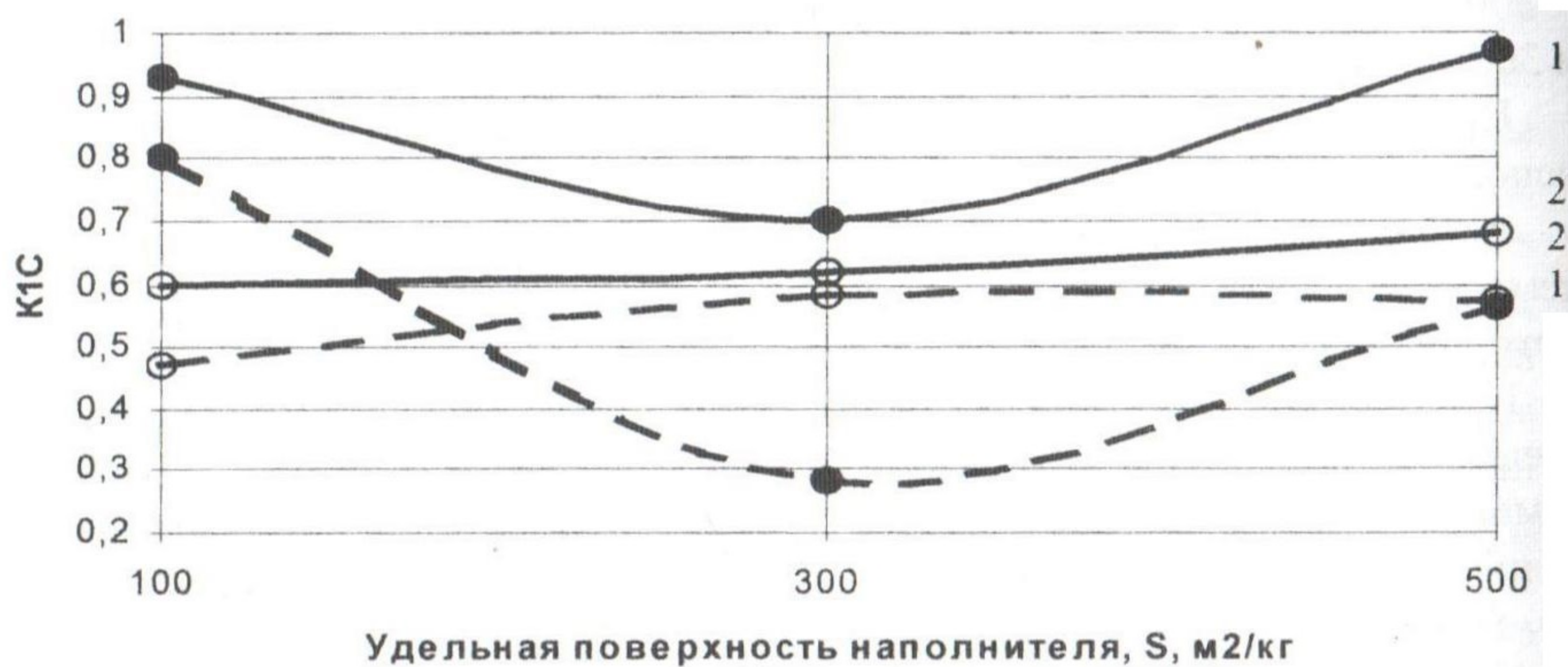


Рис. 2. Влияние удельной поверхности (H = 20 %) и способов инициирования трещин на трещиностойкость цементного камня.

1, 2 – трещины, полученные методом заложения (1 - $L^3 = 0,436$; 2 - $L^3 = 0,178$)
 1', 2' – трещины, полученные методом распила (1' - $L^3 = 0,436$; 2' - $L^3 = 0,178$)

объемных изменений, что вызывает различное по значениям остаточное поле деформаций; для образцов с трещиной, образованной методом распила, с изменением таких структурных параметров как ВПР и ТТ. Введение наполнителей изменяет условия начальных процессов структурообразования, что ведет к изменению количества и качественного состава структурных агрегатов. Это вызывает изменение поврежденности цементных композиций технологическими трещинами, что может вызвать изменение их трещиностойкости. Подтверждением может служить анализ поверхностей разрушения образцов с различными способами инициирования трещин. Для ненаполненного цементного камня характерна достаточно ровная линия разрушения без заметных искривлений поверхности берегов трещин ($\bar{K}_D \approx 0,97...0,98$). На поверхностях разрушения образцов с наполнителями характерно появление «ступенек», что говорит об торможении и искривлении фронта трещин при встрече с неоднородностями структуры. Поврежденность при этом находилась в пределах $K_D \approx 0,93...0,95$.

Физико-механика организации структуры минеральных вяжущих в значительной степени зависит от дисперсности наполнителей. В нашем случае дисперсность наполнителей изменялась путем изменения их удельной поверхности. Опыты показали, что при одинаковом количестве наполнителей ($N = 20\%$) трещиностойкость зависит для образцов с разными методами инициирования трещин от удельной поверхности наполнителей, рис. 2.

Для образцов с трещиной образованной методом распила максимальной трещиностойкостью при $L^P = 0,436$ обладают цементные композиции с наполнителями, удельная поверхность которых составляет $S = 100$ и $S = 500$ м²/кг. Применение наполнителей с $S = 300$ м²/кг вызывает снижение K_{IC} в среднем на 30 % и достигает значений ненаполненного цементного камня. Уменьшение длины трещины до $L^P = 0,178$ при общем уменьшении трещиностойкости ведет к менее заметному влиянию S_y (увеличение S_y от $S_y = 100$ до $S_y = 500$ м²/кг приводит к повышению K_{IC} до 10 %).

Максимальной трещиностойкостью обладают образцы с заложенной трещиной в случае применения наполнителей с $S_y = 100$ м²/кг. Увеличение удельной поверхности до $S_y = 300$ м²/кг приводит к снижению вязкости разрушения в 2,8 раза. Дальнейшее увеличение S_y до $S_y = 500$ м²/кг вызывает повышение K_{IC} до 2-х раз, однако абсолютные значения остаются меньше по сравнению с композициями с наполнителем с $S_y = 100$ м²/кг в среднем на 30 %.

Влияние удельной поверхности наполнителей сглаживается при уменьшении длины заложеной трещины до $L^3 = 0,178$. Минимальные значения характерны для композиций с наполнителями с $S_y = 100$ м²/кг. Увеличение удельной поверхности до $S_y = 300$ м²/кг и $S_y = 500$ м²/кг ведет к увеличению K_{IC} до 20 % и по значениям приравнивается к образцам с $L^3 = 0,436$ с наполнителями $S_y = 500$ м²/кг.

Проведенные исследования позволяют заключить:

1. Трещиностойкость цементных композиций зависит от количества наполнителей. Применение наполнителей, в нашем случае молотого кварцевого песка, позволяет повысить вязкость разрушения образцов с начальной трещиной, полученной методом распила. Изменение способа инициирования трещины на ее заложение при формовании образца, в зависимости от количества наполнителей, может привести как к снижению (при 10 % Н), так и к повышению (при Н = 20 и 30 %) трещиностойкости.
2. На трещиностойкость цементных композиций оказывает влияние удельная поверхность наполнителей. Максимальной трещиностойкостью обладают образцы, вне зависимости от способа инициирования трещины ($L^3 = 0,436$), с наполнителями с удельной поверхностью $S_y = 100$ и $S_y = 500$ м²/кг. Уменьшение длины начальной трещины до $L = 0,178$ изменяет влияние удельной поверхности наполнителей на трещиностойкость цементного камня. Это необходимо учитывать при выборе методов оценки влияния рецептурных факторов на изменение трещиностойкости строительных материалов.
3. Проведенные экспериментальные исследования показали, что трещиностойкость цементного камня зависит от качественного и количественного составов наполнителей и от остаточного поля деформаций, которое определяется способами инициирования трещин. Это открывает возможности, через изменение состава вяжущего за счет применения наполнителей, изменять его трещиностойкость в условиях циклического влажностного воздействия среды эксплуатации. Кроме того, для получения более объективной информации об изменении трещиностойкости в зависимости от способов инициирования начальных трещин, необходимо провести комплекс сравнительных исследований.

1. Броск Д. основы механики разрушения. – М., Высшая школа, 1980, 368 с.
2. Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Фац С.Б. Бетон в условиях ударных взаимодействий. – Одесса, Внешрекламсервис, 2004. – 270 с.
3. Дорофеев В.С., Фац С.Б., Выровой В.Н. Анализ влияния ВПР на разрушение бетонов в условиях ударного разрушения. – Дни современного бетона. – Запорожье, Будиндустрия, 2004. – с. 104-109.
4. Дворкин Л.И., Соломатов В.И., Выровой В.Н., Чудновский С.М. Цементные бетоны с минеральными наполнителями., Киев, Будивэльник, 1991. – 136 с.