

Почему нельзя использовать стекло наполнителем в бетонах, а пеностекло ПЕНОСИТАЛ® - можно?

Стекло как материал обладает рядом ценных эксплуатационных свойств: высокой твердостью, химической стойкостью, доступностью и относительно невысокой стоимостью. Все эти отличительные особенности, особенно последняя, относятся и к стеклобою, который в значительных количествах попадает на полигоны твердых бытовых отходов (свалки) и наносит вред окружающей среде.

Утилизация стеклобоя является серьезной проблемой для муниципалитетов в любой стране мира. Только в Москве ежегодно собирается более 50 тыс. тонн стеклобоя. С выгодой использовать такие отходы как металл и пластик не представляет трудностей, однако рынок сбыта для стеклобоя практически не существует.

Тем не менее, вышеназванные свойства позволяют надеяться на использование стекла как эффективного наполнителя в цементных композиционных материалах. То же самое можно сказать и о многих стеклосодержащих материалах, таких как минеральные и стеклянные волокнистые материалы (ваты), стеклоткань, пеностекло, которые могли бы быть использованы как эффективные заполнители в цементных композициях.

Однако, несмотря на кажущуюся простоту и очевидность такого решения, использование дробленого стеклобоя и иных стекломатериалов в качестве наполнителя для бетонов является проблемой, из-за химической реакции, протекающей между щелочью цемента (или щелочью наполнителя) и оксидом кремния стекла. В результате данной щелочно-кремниевой реакции (в дальнейшем – ASR – alkali-silica reaction) образуется гель, который разбухает в присутствии влаги, приводя к образованию трещин и неприемлемому разрушению бетона. Данная реакция может протекать и в обычном бетоне, в случае, если наполнитель природного происхождения содержит реакционноспособный (обычно аморфный) оксид кремния.

Посмотрите на рисунок - так выглядят образцы из бетона с наполнителем из дробленого стекла после стандартных испытаний. Происходит расширение и разрушение бетона.



До настоящего времени не удавалось использовать стекло вообще и стеклобой или пеностекло, в частности, для получения вяжущих или наполнителей для бетонов из-за сложностей, связанных с протеканием щелочно-силикатной реакции (ASR). Щелочно-силикатная реакция может протекать в бетоне в случае, если был выбран «неправильный» наполнитель. Зачастую не удается выяснить, может ли вступать определенный наполнитель в химическое взаимодействие или нет, может ли он являться причиной разрушения материала. С этой точки зрения стекольный наполнитель имеет дополнительную проблему – реакция ASR протекает в стекольном наполнителе с большей долей вероятности, вследствие того, что стекло содержит на поверхности ионы Na^+ , которые вымываются водой и способны создавать определенную концентрацию NaOH в цементной композиции даже в случае отсутствия щелочи в исходном цементе, а, с другой стороны, именно стекло содержит на поверхности соединения оксида кремния в аморфном виде.

Реакция ASR начинается с взаимодействия щелочных гидроокисей, полученных из щелочей (Na_2O и K_2O), и кремнеземистых минералов заполнителя. В результате образуется гелеобразное вещество, состоящее из силикатов щелочных металлов, при этом происходит увеличение объема заполнителя. По некоторым данным, возникающее при этом давление может превышать 2 Н/мм^2 . Естественно, что это приводит в конце концов к возникновению трещин и разрушению цементного камня.

Принятая в некоторых странах норма по допускаемому содержанию в цементе 0,6% щелочей (в пересчете на Na_2O) не подтверждается экспериментальными данными. Устойчивое отсутствие расширения наблюдалось при меньшем содержании

щелочей, составлявшем около 0,3% (в пересчете на Na_2O). Таким образом, при применении в бетоне цементов с содержанием щелочей более 0,3% и заполнителей, содержащих реакционноспособный кремнезем, необходимость защиты определяется после непосредственного испытания цементов с данным заполнителем. В случае невозможности отказа от применения цемента или заполнителя, сочетание которых приводит к расширению, следует применять активные тонкомолотые гидравлические добавки в количестве не менее 15%.

Для оценки реакционной способности заполнителей следует рекомендовать непосредственное определение степени расширения во времени образцов раствора; последний должен быть изготовлен на цементах с разным исходным содержанием щелочей в заполнителях в виде песка, приготовленного дроблением исследуемых пород. Степень и скорость развития процессов взаимодействия, оцениваемые по величине расширения, превышающей через 6 месяцев твердения образцов во влажных условиях 0,05%, а через год – 0,1%, обычно свидетельствует о деструктивных процессах, приводящих к разрушению по предлагаемым в России методикам. Стандарты США предполагают более жесткие нормативы по пределам расширения композитов под воздействием ASR – не более 0,04% за один год при 38°C.

Большинство специалистов сходятся во мнении, что есть два необходимых условия развития процесса ASR в цементной композиции:

- 1) наличие щелочей (преимущественно NaOH), причем не существует принципиальной разницы в источнике этой щелочи – цемент, раствор или наполнитель;
- 2) наличие в наполнителе реакционноспособного, обычно аморфного, кремнезема.

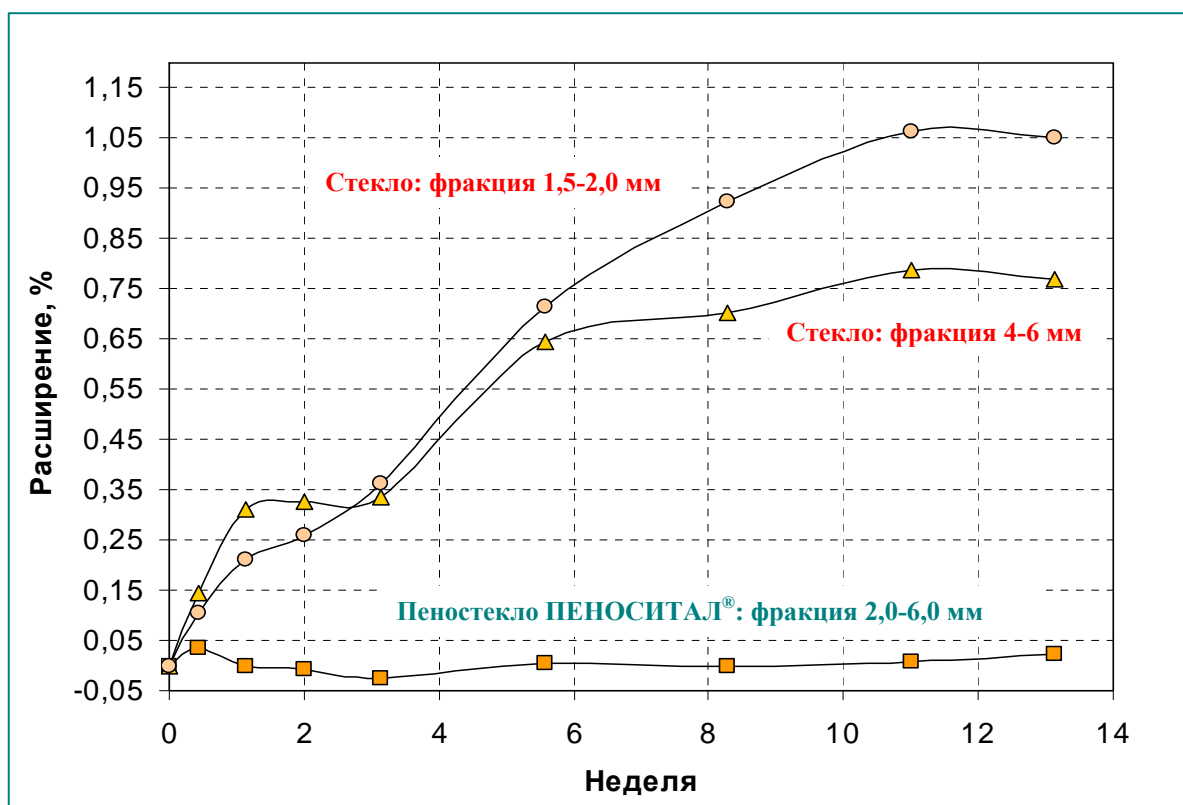
Поэтому использование в качестве заполнителей в цементных композициях стекла и его продуктов неизбежно приводит к наличию в системе обеих вышеназванных причин ASR. Действительно, стекло всегда содержит в своем составе Na_2O , способный вымываться водой с поверхности с образованием щелочи и стекло, включая силикатную составляющую всегда аморфно, то есть содержит реакционноспособный оксид кремния.

Однако пеностекло ПЕНОСИТАЛ® частично окристаллизовано, поэтому оксид кремния содержится в нем в менее активной, чем в обычном стекле, форме. Кроме того, гравий ПЕНОСИТАЛ® дополнительно обрабатывается с поверхности в процессе изготовления материалами, способствующими переходу оксида кремния на поверхности гранул в наименее реакционную форму.

Для подтверждения возможности использования пеностекла ПЕНОСИТАЛ® как наполнителя в бетонах, наша фирма провела многочисленные эксперименты с использованием общепринятых методик и стандартов.

Для проведения экспериментов использовали стандарт ASTM C 1293-01 в модификации с повышенной температурой. Для этого стандартные образцы бетонов длиной 250 мм выдерживали при температуре 60°C в течение трех месяцев. Образцы периодически извлекали из термостата для контроля расширения. После приведения температуры образца к комнатной его длину замеряли с помощью оптического дилатометра. Контроль прочности образцов производили на машине для испытания на сжатие ИП 6010-100-1.

Типичные зависимости расширения образцов от времени представлены на рисунке.



Очевидно, что расширение бетонов с заполнителем из обычного стекла приводит к значительному расширению и, в конечном счете, разрушению бетонов, как это можно видеть на вышеприведенном рисунке. А бетоны с наполнителем из пеностекла ПЕНОСИТАЛ® не подвержены расширению и разрушению.

Поэтому возможно использование пеностекла ПЕНОСИТАЛ® как наполнителя в бетонах, в любых сочетаниях с цементом. На рисунке Вы видите различные варианты цементных связок с нашим. Результат везде одинаковый – получен отличный и долговечный материал.

