

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕЩИН НА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ УСАДОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

Хоменко А.А.

*Одесская государственная академия строительства
и архитектуры, Украина*

К технологическим (остаточным, начальным, наследственным) трещинам отнесены трещины, которые возникают в гетерогенном материале в период его технологической переработки в изделия. В литературе [1, 2, 3, 4] рассмотрены причины образования и развития технологических трещин. В нашем анализе мы принимаем, что технологические трещины присутствуют в материале образцов (изделий, конструкций). В силу того, что трещины возникают период становления материала и являются составной частью его структуры, логично предположить, что на их берегах будут проявляться спонтанные объемные деформации сопровождающие твердение и эксплуатацию материала. Это должно вести к перераспределению усадочных деформаций в образцах и изменению их общего деформированного состояния, что должно оказать влияние на изменение величины общей усадки. Поэтому была определена задача изучения влияния технологических трещин на распределение усадочных деформаций в образцах.

Анализ проводился графо-аналитическим методом, методом фотоупругости на модельных и реальных материалах (эпоксидной смоле типа ЭД-20 и глине).

В работе [5] показано, что при образовании трещины в сечении образца $a \times a \times 4a$ происходит не только изменение общей усадки, но и изменение анизотропии деформаций. В наших исследованиях проводился анализ влияния технологических трещин на распределение усадочных деформаций образцов, приведенных на рис. 1.

Построение эпюр перемещения точек проводилось на плоскости, проходящей по оси образца. При этом изменялись количество и месторасположение технологических трещин. Появление трещин и изменение их количества и ориентирования вызывает изменение величины и направления перемещения точки А, рис. 2.

Качественная картина влияния внутренних ПР на распределение усадочных деформаций подтверждена методом фотоупругости с использованием в качестве модельного материала эпоксидной смолы ЭД-20.

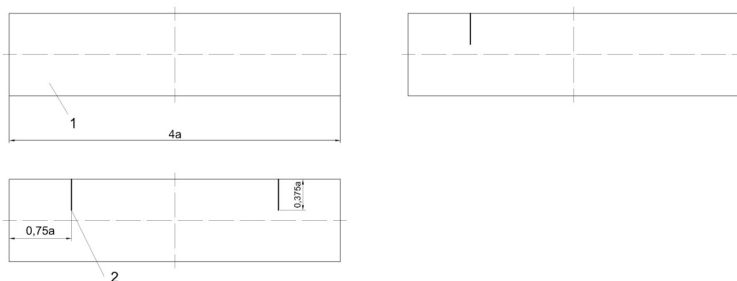


Рис. 1. Характеристика образцов с трещинами.
1 – характерные сечения образцов; 2 – трещины

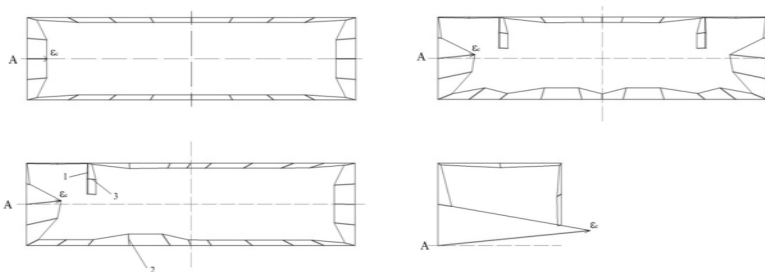


Рис. 2. Влияние технологических трещин на распределение усадочных деформаций в образцах $a \times a \times 4a$.

1 – трещина, как внутренняя ПР; 2 – результирующие перемещений на внешних ПР; 3 – результирующие перемещений на внутренних ПР; ϵ_c – усадка, определяемая стандартными методами.

Сравнение рисунка интерферентных полос (рис. 3) и эпюр перемещения точек в центральных сечениях (рис. 2) показывает сходную картину. Под действием внутренних ПР и градиентов усадки формируется остаточное деформированное состояние, которое должно определять перераспределение деформаций, связанное с внешними воздействиями. Сравнение также позволяет идентифицировать качественное значение интерферентных полос в оптически чувствительных материалах.

Характерной особенностью распределения усадочных деформаций на берегах технологических трещин как внутренних ПР является разнонаправленность перемещений противоположных берегов. Это позволяет заключить, что при уменьшении объема материала, в котором присутствуют внутренние ПР, усадочные деформации распределяются таким образом, что способствуют удалению берегов друг от друга. Происходит увеличение ширины раскрытия трещин. Изменение ширины раскрытия трещин не позволяет возникающим усадочным деформациям проявляться в полном объеме на внешних гранях образца. Это не позволяет объективно оценить величину усадки образцов с внутренними ПР.

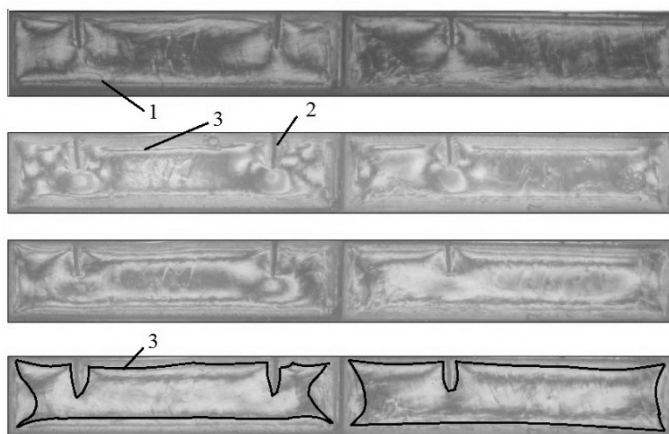


Рис. 3. Влияние технологических трещин на распределение остаточных деформаций в затвердевших образцах из фотоупругих материалов при нагревании. 1 – образец; 2 – внутренние ПР (берега трещин); 3 – интерферентные полосы

Влияние трещин на величину усадочных деформаций

Анализ эпюр перемещения точек на внутренних ПР (рис. 2) и характера рисунка интерферентных полос (рис. 3) показал, что, в зависимости от расположения и ориентирования технологических трещин, на их берегах проявляются неодинаковые по величине и направлению действия деформации. Это должно привести к индивидуальному формоизменению каждого берега и вызвать локальные изменения остаточного деформированного состояния затвердевшего материала. Для подтверждения выдвинутого

предположения были изготовлены образцы из модельного материала – глины с $V/\Gamma = 0,6$. Выбор материала обосновывался тем, что глиняное тесто в процессе сушки обладает пластичными свойствами, что позволит проявиться явлениям формоизменения без нарушения целостности материала.

Опыты проводились на образцах-балочках размером $4 \times 4 \times 16$ см с заложенными при формовании образцов трещинами по схеме (рис. 4).

Сушка образцов происходила при $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности равной 80%. Контролировали изменение массы образцов во времени, изменение линейных размеров образцов (ϵ_0), изменение ширины раскрытия трещин (s_T) и явления формоизменения.

Во время высушивания образцы фотографировались. Градиенты усадочных деформаций, которые проявлялись на внешних и внутренних ПР вызвали изменение их формы и ширины раскрытия трещин, рис. 4.

Подтвердился вывод об индивидуальном изменении формы противоположных берегов технологических трещин, рис. 5.

Сравнение изменения общей длины образцов с заложенными технологическими дефектами и контрольных образцов показывает, что перемещение внешних границ образцов с заложенными ТТ в 2,78 и 1,52 раза меньше по сравнению с контрольными образцами. Наличие двух технологических трещин в 1,83 раза уменьшает деформации, измеряемые на торцах образцов по сравнению с образцом с одной ТТ. При этом величина интегральной усадки образцов с ТТ равна усадке контрольных образцов.

Это подтверждает вывод о том, что внутренние ПР воспринимают часть деформаций, которые не передаются на внешние границы образца. Эти результаты подтвердили предложенную в [5] зависимость определения общей усадки образца с трещинами, перпендикулярно расположенными к его оси

$$\epsilon_0 = \epsilon_C + \sum_i^n \epsilon_T \quad (1)$$

где ϵ_0 – общая усадка; n – количество трещин; ϵ_T – изменение ширины раскрытия трещин.

Увеличение ширины раскрытия трещин вызывает их рост и, в итоге, разделение образца на части. При этом общая усадка образцов (s_0) включает в себя изменение ширины раскрытия трещин, что подтверждает справедливость зависимости (1).

Выводы

1. Внутренние ПР (берега технологических трещин) вызывают перераспределение усадочных деформаций в образцах. Качественные и количественные зависимости влияния внутренних ПР на распределение усадочных деформаций можно изучать графоаналитическим методом и методом фотоупругости. Характер распределения усадочных деформаций в образцах зависит от количества, протяженности и ориентирования внутренних ПР.

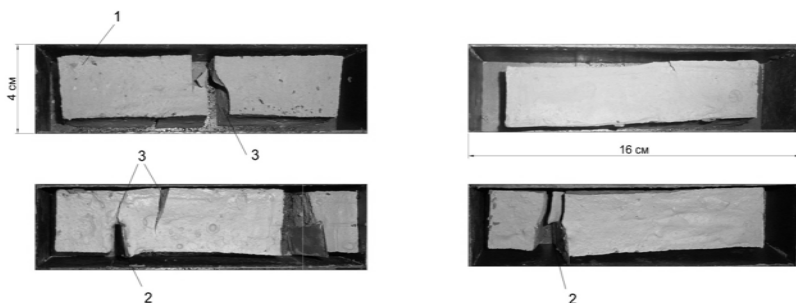


Рис. 4. Влияние технологических трещин на характер трещинообразования образцов из глины. 1 – образцы после высыхания глины; 2 – трещины, заложенные при формовании; 3 – трещины, образовавшиеся при усадке глины

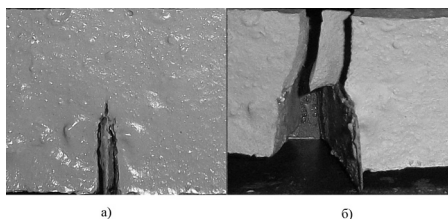


Рис. 5. Формоизменение внутренних ПР при твердении материалов.
а – фрагмент образца с заформованной трещиной;
б – фрагмент образца с трещиной после затвердения

2. Распределение усадочных деформаций на берегах технологических трещин (внутренних ПР) вызывает увеличение ширины их раскрытия. Опыты показали, что уменьшение усадки, определяемой стандартными методами, связано с компенсацией части усадочных деформаций на внутренних ПР. Для более объективной

оценки величины усадочных деформаций необходимо учитывать количество и изменение ширины раскрытия трещин, ориентированных перпендикулярно оси образца, вдоль которой определяется усадка.

3. Градиенты усадочных деформаций на берегах технологических трещин вызывают их индивидуальное формоизменение. Это ведет к необратимым процессам трещинообразования гетерогенных материалов и оказывает влияние на оценку величины интегральных усадочных деформаций.

Summary

The article provides an analysis of influence of technological cracks on the distribution of the shrinkage strains in samples. The article shows, that it's necessary to take the number and opening width of technological cracks, located perpendicular to the axis, into consideration, when evaluating shrinkage strains. Shrinkage strain gradients cause the individual forming of the crack edges and, as the result, influence on the value of the integral shrinkage strains.

Литература

1. Вировий В. М. Структуроутворення та руйнування композиційних будівельних матеріалів і конструкцій. Буд. матеріали і конструкції. – 1995. - №1. – С.29.

2. Выровой В. Н. Механизм формирования внутренних поверхностей раздела при твердении строительных композиционных материалов. Применение цементных и асфальтовых бетонов в Сибири. – Омск. СибАДИ. 1983. – С.3-10.

3. Ресурсосберегающая технология бетона. Соломатов В. И., Тахиров М. К., Ханин В. К. и др. – Ташкент: Мехмат. 1990. – 384с.

4. Шейкин А. Е. Структура, прочность и трещиностойкость цементного камня. – М.: Стройиздат, 1974. – 192с.

5. Соломатов В. И., Выровой В. Н., Дорофеев В. С., Сиренко А. В.. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости. Киев. Будівельник. 1991.

