

УДК 691.421-478:620.191

**ВЛИЯНИЕ ВИДА ЭФФЕКТИВНЫХ КИРПИЧЕЙ НА  
ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ**

**ВПЛИВ ВИДУ ЕФЕКТИВНОЇ ЦЕГЛИ НА ФОРМУВАННЯ  
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ**

**THE INFLUENCE OF THE TYPE OF EFFECTIVE BRICKS ON  
THE FORMING OF THE TECHNOLOGICAL DEFORMATIONS**

**Остра Т.В., к.т.н., ас.** (Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса)

**Острая Т.В., к.т.н., асс.** (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

**Ostraya T.V., candidate of technical sciences, assistant** (Odessa State Academy of Building and Architecture, Odessa)

**Проаналізовано вплив геометричних характеристик порожнистої цегли на характер розподілу в ній технологічних деформацій і його вплив на формування структури і властивості виробів.**

**Проанализировано влияние геометрических характеристик пустотелых кирпичей на характер распределения в них технологических деформаций и его влияние на формирование структуры и свойств изделий.**

**It was analyzed the influence of the geometrical characteristics of hollow bricks on the type of distribution of the technological deformations in it. It is shown the influence of the type of distribution of the deformations on the forming of products' structure and properties.**

**Ключевые слова:**

Цегла, деформації, технологічні.

Кирпич, деформации, технологические.

Brick, deformations, technological.

**Состояние вопроса и задачи исследования.** Несмотря на ежегодное появление на строительном рынке все новых и новых эффективных материалов, пустотелые кирпичи и камни не теряют своей популярности и остаются востребованными как в малоэтажном строительстве, так и строительстве многоэтажных каркасных зданий с заполнением стен. При

этом обращает внимание то, что некоторые виды кирпичей уже после изготовления покрыты сетью трещин. Такие трещины формируются в процессе получения изделий, поэтому отнесены к технологическим, или начальным. От вида и характера технологических трещин в значительной мере зависят физико-механические свойства композиционных строительных материалов и изделий [1,2]. Специалисты отмечают [3,4], что появлению и развитию технологических трещин способствуют градиенты остаточных деформаций по величине и направлению.

Известно [5,6], что характер распределения остаточных (технологических) деформаций зависит от геометрической формы изделий. В настоящее время в мире производится кирпич более 15 тысяч сочетаний форм, размеров, цветов и фактур поверхности, что позволяет выполнить любое архитектурное решение. Логично предположить, что разнообразие особенностей форм кирпича должно влиять на формирование распределения остаточных деформаций, и, в свою очередь, на физико-механические свойства изделий. Поэтому задачей исследований ставился анализ влияния геометрических характеристик пустотелых стеновых элементов на формирование характера распределения в них технологических деформаций и его влияния на организацию структуры и свойства изделий.

**Методы исследований.** В качестве объекта исследований приняты керамические пустотелые (щелевые) кирпичи и камни с разными геометрическими параметрами, из которых были выделены: форма и размеры изделий; пустотность, %; форма, размеры и расположение отверстий (пустот); расстояние между отверстиями. Изделия рассматривались с пустотами цилиндрической, квадратной, щелевидной (эллипсоидной и прямоугольной) формы с расположением по разному типу. При этом учитывалось расстояние между пустотами в разных направлениях, рис.1.

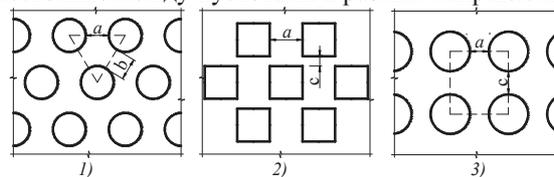


Рис.1. Расположение пустот по гексагональной (1,2) и кубической схемам (3).

При исследовании формирования распределения технологических деформаций применяли графо-аналитический метод [4] и метод фотоупругости. Поврежденность образцов технологическими дефектами оценивали через коэффициент поврежденности  $K_n$ , который определяли из отношения общей длины технологических трещин и внутренних поверхностей раздела  $L$  к площади поверхности, на которой они проявились  $S$ ,  $K_n = L/S$ .

**Проведение исследований и анализ полученных результатов.** При анализе исходили из установленных фактов общего уменьшения объема

твердеющих материалов на основе органических и неорганических вяжущих. Построение эпюр деформаций графо-аналитическим методом выполнялось в отдельных сечениях, проходящих через ось изделия и перпендикулярных его боковой грани, *рис. 2, 1*.

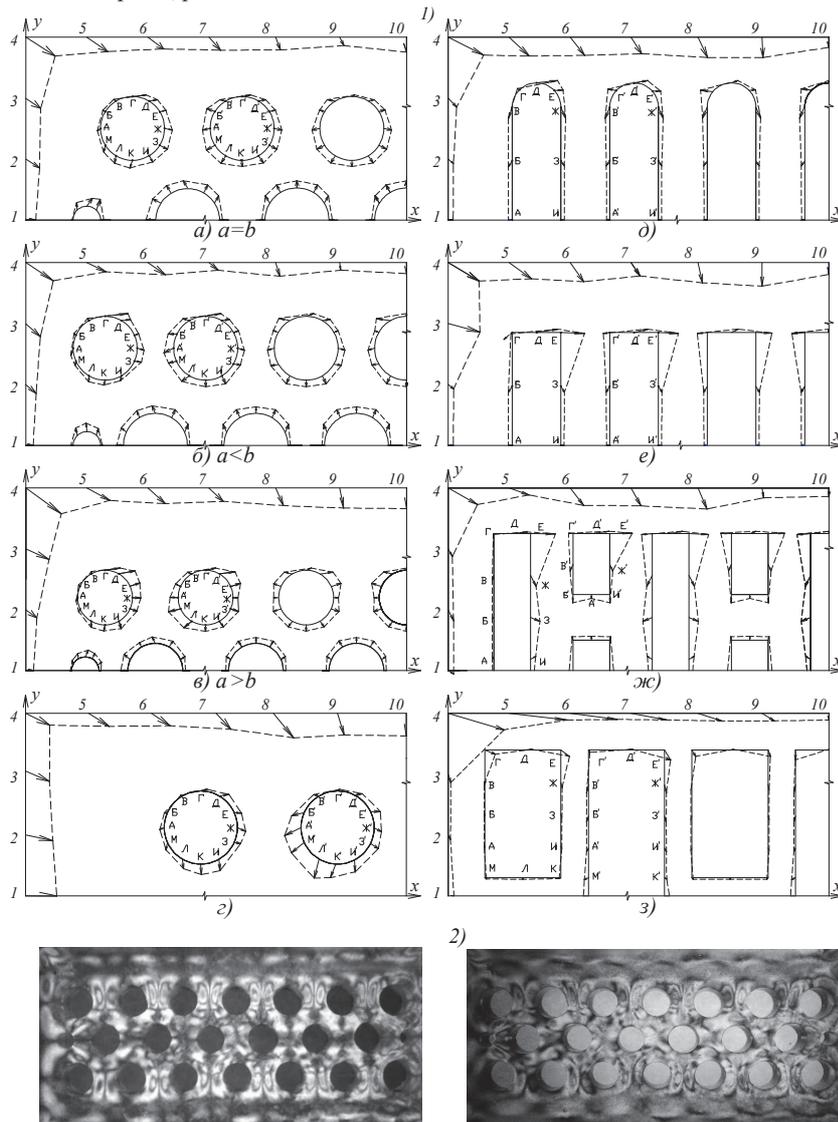


Рис. 2. Распределение технологических деформаций в отдельных сечениях пустотелых изделий размером 250x120x65(140) мм (1) и фотоупругих моделях (2).

Проведенный анализ показал, что для каждого вида изделий характерно формирование индивидуального распределения деформаций. Изменение геометрии пустот при постоянных макропараметрах (внешней форме и размерах) изделий, способствует изменению распределения деформаций не только по границам пустот, но и на внешней поверхности образцов. Так, при гексагональном расположении цилиндрических пустот (рис.2,1, а,б,в) значения деформаций на внешних границах одного изделия отличаются на 73-100%, при кубическом (рис.2,1, з) – на 42-135%. В изделиях со щелевидными пустотами разной формы (рис.2,1, д,е,ж,з) те же значения могут отличаться до 12 раз. Разница значений деформаций еще больше увеличивается на границах раздела с пустотами: от 5 до 10 раз для пустот цилиндрической формы и от 7 до 22 раз – для щелевидных пустот.

При расположении цилиндрических пустот по кубической схеме значения возникающих градиентов деформаций по величине выше на 7... 25%, чем при гексагональном расположении пустот такого же диаметра.

При изменении внешней формы изделий меняется характер распределения начальных деформаций с полным перераспределением по сечению их градиентов по величине и направлению действия, рис.3.

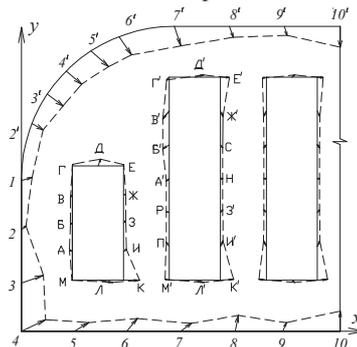


Рис.3. Распределение технологических деформаций в угловом кирпиче.

Разные по значению и направлению деформации, возникающие в процессе структурообразования материала на поверхностях раздела, вызывают их постоянное формоизменение. При этом в некоторых точках поверхностей направление действия деформаций может меняться, рис.4.

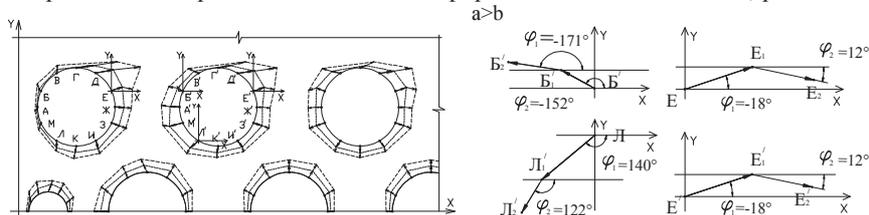


Рис.4. Поэтапное формирование распределения технологических деформаций.

Резкое изменение значений деформаций по величине и направлению на отдельных участках поверхности ведет к концентрации деформаций сдвига. В местах разнонаправленных деформаций или резкого изменения их начального направления создаются реальные предпосылки к зарождению трещин. В изделиях со шелевидными прямоугольными пустотами уже в начальный период структурообразования на границах раздела с пустотами можно выделить участки с разнонаправленными градиентами деформаций по величине (рис.2,1,в,ж,з, участки Г-Е, Г'-Е'), что обеспечивает в таких местах высокую вероятность возникновения трещин. В изделиях с цилиндрическими пустотами «опасными» участками являются В-Г, Д-Е, М-Л, И-З и соответствующие им участки на поверхностях других пустот, рис.4. Если на этих участках имело место появление технологических трещин, то происходит новый этап перераспределения деформаций: на берегах трещин начинается интенсивное развитие деформаций с некоторым замедлением на поверхностях пустот. В этом случае градиенты деформаций по величине и направлению появляются в устьях трещин, что способствует их росту. Траектория развития трещин определяется направлением градиентов деформаций, которое зависит от геометрических характеристик моделей. Проведенные исследования показали, что в готовых изделиях места зарождения технологических трещин соответствуют «благоприятным» для их появления участкам, выявленным графо-аналитическим методом, рис.5.

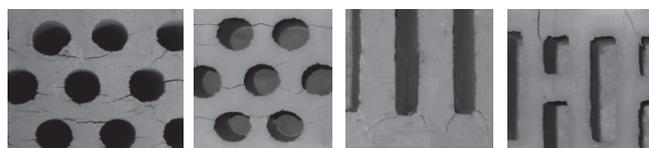


Рис. 5. Характер трещинообразования готовых изделий.

Остаточные технологические деформации/напряжения возникают в процессе получения материала или переработки его в изделие и сохраняются до восприятия им эксплуатационных нагрузок. Тогда способность материала сохранять свои параметры в период эксплуатации будет определяться характером напряженного состояния после наложения внешнего поля деформаций на остаточное. Представляло интерес влияние полей остаточных деформаций на распределение внешних усилий.

Исследования проводили методом фотоупругости на плоских образцах из эпоксидной смолы ЭД-20 с фотофиксацией полей деформаций для каждой ступени нагружения.

Проведенные исследования показали, что распределение деформаций от внешней нагрузки зависит от геометрических характеристик изделий и определяется характером распределения полей начальных деформаций. Наличие в материале полей с остаточными деформациями разного характера препятствует равномерному распределению рабочих усилий по объему

изделий. Наложение внешних полей деформаций на остаточные способствует развитию концентрации напряжений в локальных объемах, что приводит к накоплению ослабленных зон в материале. Таким образом, геометрическое оформление пустотелых изделий оказывает влияние на формирование структуры и формирует остаточное деформативное состояние готового изделия.

Влияние геометрических характеристик щелевых кирпичей на формирование структуры изучалось на образцах из глины с  $V/\Gamma=0,6$  и цементно-песчаного теста с  $V/\Gamma=0,48$  с учетом доли пустот.

Проведенный анализ показал, что независимо от вида материала, в образцах с разной геометрией пустот формируется индивидуальный характер и различная степень поврежденности:  $K_{\text{п}}$  глиняных образцов может изменяться до 47%, цементных – до 92%. При этом происходит изменение плотности, о чем свидетельствует изменение водопоглощения цементно-песчаных образцов до 1,2%.

Таким образом, создание «эффективной» геометрии, позволяющей свести градиенты деформаций по значению и направлению к минимуму и/или способствующей формированию полезного для условий эксплуатации предварительного напряженного состояния, должно позволить управлять организацией структуры и регулировать физико-технические показатели изделий.

На рис.6 приведены варианты возможного изменения геометрии изделий со щелевидными пустотами.

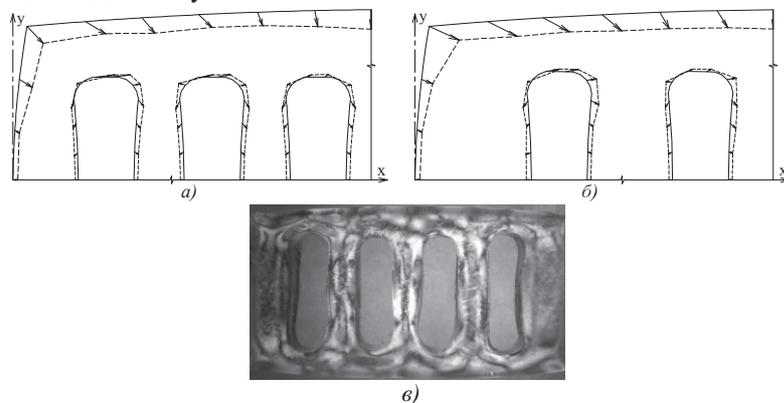


Рис. 6. Распределение технологических деформаций в образцах нестандартной формы с долей пустот 32% (а) и 23% (б,в).

Изменение формы щелевидных пустот позволило снизить в соответствующих точках поверхностей градиенты усадочных деформаций в 1,2..4,8 раза и создать на внешних границах изделия начальное распределение деформаций сжимающего характера. Это должно повлиять на процессы структурообразования и привести к изменению свойств изделий.

Для исследования выдвинутого предположения были смоделированы изделия со щелевидными пустотами, рекомендуемые стандартами, и изделия с предложенной геометрией с учетом доли пустот. Образцы готовились из цементно-песчаного теста состава 1:2 с В/Ц=0,48, испытания проводили после их твердения в течение 28-ми суток в нормальных условиях. Определяли водопоглощение образцов, прочность на растяжение при изгибе  $R_{bt}$ , прочность при сжатии  $R_b$ .

Анализ экспериментальных данных показал, что изменение геометрии образцов позволило снизить абсолютное значение водопоглощения до 4% и повысить механические характеристики:  $R_b$  до 30% и  $R_{bt}$  до 1,8 раз.

#### **Выводы.**

1. Характер распределения технологических деформаций в пустотелых кирпичах зависит от их формы, формы и размеров пустот, расстояния между пустотами и общей схемы расположения, и эта зависимость сохраняется на всех этапах становления структуры.

2. При постоянной внешней форме кирпичей, изменение геометрических параметров пустот приводит к изменению характера распределения деформаций во всем изделии. Расположение цилиндрических пустот по кубической схеме способствует увеличению градиентов деформаций по величине на 7...25% в сравнении с гексагональным расположением пустот такого же диаметра. Разница значений деформаций на внешних границах одного изделия может составлять: с цилиндрическими пустотами до 2,7 раз, со щелевидными – до 12 раз; на границах раздела с пустотами – до 10 и 22 раз соответственно.

3. Экспериментально установлено, что перераспределение деформаций от внешних усилий зависит от распределения полей технологических деформаций. За счет изменения геометрии пустотелых элементов можно задавать характер распределения начальных деформаций, влиять на процессы организации структуры и повышать физико-технические свойства изделий.

1. Дорофеев В.С. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций / Дорофеев В.С., Выровой В.Н. – Одесса: Город мастеров, 1998. – 168 с.
2. Зайцев Ю.В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения / Зайцев Ю.В. – М.: Стройиздат, 1982. – 196с.
3. Выровой В.Н. Бетон в условиях ударных воздействий / Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Фиц С.Б. – Одесса: Внешрекламсервис, 2004. – 270 с.
4. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости / [Соломатов В.И., Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Сиренко А.В.]. – К: Будівельник, 1991. – 144 с.
5. Остаточные напряжения в профилях и способы их снижения / [Скороходов А.Н., Зудов Е.Г., Киричков А.А., Петренко Ю.П.]; под ред. Полухина П.И. – М: Металлургия, 1985. – 185 с.
6. Исследование перераспределения остаточных напряжений в оптических материалах / [Лавренюк В.И., Правдивая М.М., Савченко В.И. и др.] // Труды Всесоюзного симпозиума по остаточным напряжениям и методам регулирования. – М. 1982. – С. 247-255.