

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
МЕЛКОШТУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ИНТЕГРАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ**

Острая Т.В., Выровой В.Н., Суханов В.Г., Елькин А.В., Елькин В.В., Якименко Р.К. *(Одесская государственная академия строительства и архитектуры)*

Проаналізовано вплив геометричних характеристик дрібно-штучних виробів на формування характеру розподілу технологічних інтегральних деформацій. Показано, що за рахунок зміни геометрії виробів можна задавати необхідний початковий характер розподілу деформацій і впливати на формування структурних елементів матеріалу, що дозволяє регулювати фізико-технічні характеристики виробів.

Введение. Практически любой процесс получения строительных материалов и переработки их в изделия характеризуется возникновением технологических остаточных напряжений и деформаций. Эти напряжения и деформации присутствуют в изделиях и конструкциях до приложения внешних нагрузок и определяют их резерв прочности. При неблагоприятном для условий эксплуатации распределении остаточные напряжения и деформации значительно снижают усталостную прочность, могут способствовать самопроизвольному растрескиванию и разрушению конструкций не только в агрессивных средах, но и при длительном хранении. Это ставит задачи изучения формирования распределения технологических деформаций и выявления эффективных методов их регулирования.

По мнению специалистов [1,2,3] одной из причин возникновения технологических деформаций являются объемные изменения твердеющего материала. При этом отмечается, что независимо от вида материала на формирование распределения интегральных (возникающих на уровне изделия) начальных деформаций оказывает влияние геометрия изделия или конструкции. Проведенные нами исследования [4] позволили установить, что формирующиеся в зависимости от формы образцов различные поля технологических деформаций приводят к организации структуры материала с разной плотностью по сечению образцов. Так, развивающиеся деформации сжатия в нижней части образцов привели к повышению плотности в этой зоне на 10% и, в итоге, к повышению механических характеристик изделий. Полученные результаты показали реальную возможность управления распределением остаточных деформаций за счет изменения конструктивного оформления материала. Это предопределило задачу настоящей работы: исследовать влияние разных особенностей геометрии изделий на развитие интегральных технологических деформаций в них и проанализировать это влияние на формирование структуры и свойств изделий.

Проведение исследований и анализ полученных результатов. Объектом анализа были выбраны пустотелые стеновые материалы размером 250x120x65 мм с различными геометрическими особенностями пустот, рис.1. Выбор объекта анализа предопределен широким применением изделий с разнообразным конструктивным оформлением.

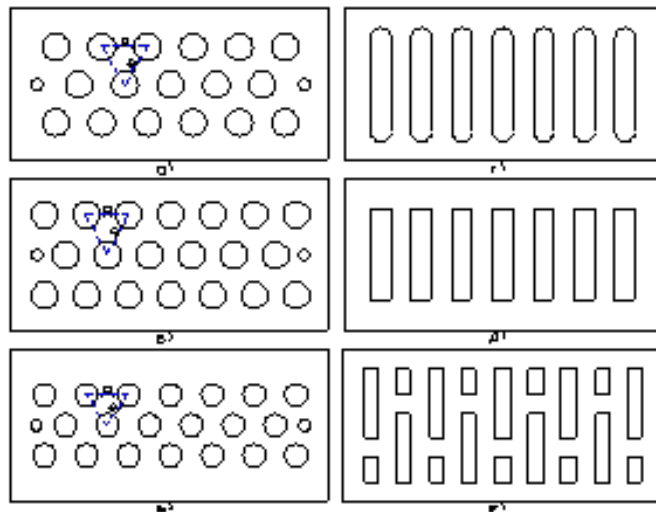


Рис. 1. Геометрические особенности мелкоштучных элементов: а) – гексагональное расположение пустот, $a = b$; б) – то же, $a < b$; в) – то же, $a > b$; г), д) – параллельное расположение пустот; е) – асимметричное расположение пустот

Анализ формирования характера распределения интегральных технологических деформаций проводили графо-аналитическим методом и методом фотоупругости. При анализе исходили из установленных фактов общего уменьшения объема твердеющих материалов на основе органических и неорганических вяжущих. Введение системы координат позволило количественно оценить изменение распределения деформаций с выделением таких параметров, как относительная величина деформаций ε и направление их действия через угол φ .

Проведенный графо-аналитическим методом анализ показал, что в каждом изделии с определенными геометрическими характеристиками возникает индивидуальный характер распределения деформаций, рис.2.

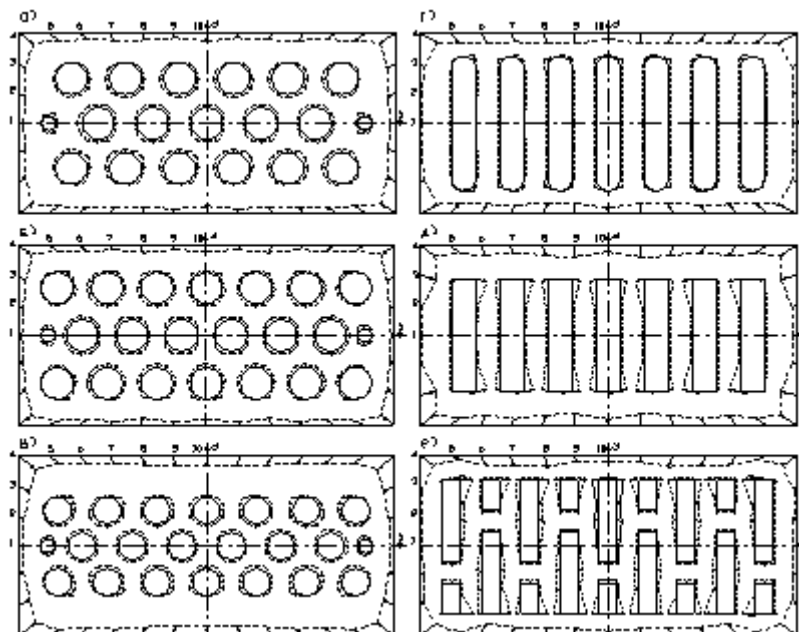


Рис. 2. Распределение технологических интегральных деформаций в отдельных сечениях мелкоштучных элементов с разными геометрическими характеристиками

Изменение внутренней геометрии формирует различный характер распределения деформаций не только по границам отверстий, но и на внешней поверхности образцов.

Геометрические особенности пустот определяют места возникновения градиентов деформаций по величине и направлению. В изделиях с гексагональным расположением пустот наибольшее перемещение на внешней границе претерпевают точки 4,5, рис.2.а, б, в. Изменение формы и схемы расположения пустот приводит к возникновению градиентов деформаций по величине и направлению в других точках (например, в образцах с прямоугольными отверстиями – т.3, 6, 9, рис.2.д).

В изделиях с асимметричным расположением пустот (рис.2.е) формируется асимметричный характер распределения технологических деформаций относительно центра тяжести сечения. Это приводит к неодинаковому деформированию поверхностей разных частей изделия.

Проведенный анализ показал, что в полнотелых изделиях при общем симметричном распределении деформаций относительно центра тяжести сечения на внешних границах также возникают градиенты усадочных деформаций по величине и направлению. Абсолютная величина деформаций на внешних границах полнотелого изделия меняется до 57%, тогда как для изделий с разными схемами гексагонального расположения пустот эти значения отличаются на 73-82%, для других видов рассмотренной геометрии разница составляет 86-88%.

Еще более сложное распределение деформаций формируется на границах раздела с пустотами. В зависимости от формы и расположения пустот, значения, возникающих на их границах деформаций, могут отличаться в 4-30 раз.

Разные по значению и направлению деформации вызывают формоизменение поверхностей раздела. Проведенный графо-аналитическим методом анализ показал, что формирование характера распределения технологических деформаций представляет собой кинетический процесс, который вызывает постоянное изменение конфигурации границ раздела. Градиенты деформаций по величине и направлению, возникающие на первом этапе структурообразования материала, определяют формирование распределения деформаций на следующих этапах. При этом, в зависимости от геометрического оформления материала направление действия деформаций на разных этапах может меняться. Например, в моделях с гексагональным расположением пустот меняют свое направление перемещения точки Е, Б, Л, М и соответствующие им точки на поверхностях других пустот, рис.3. При таком расположении последних, направление деформаций может меняться до 30°.

Резкое изменение деформаций по значению 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 с прямоугольными отверстиями уже на первом этапе структурообразования на границах раздела можно выделить участки с явно выраженными разнонаправленными градиентами деформаций по величине и направлению. Градиенты деформаций возникают в углах пустот, что обеспечивает в этих местах высокую вероятность возникновения трещин, рис.2.д,е.

В изделиях с гексагональным расположением круглых пустот такими «опасными» участками являются Б-Г, Д-Е, М-Л, И-З и соответствующие им участки на поверхностях других пустот, рис. 3.

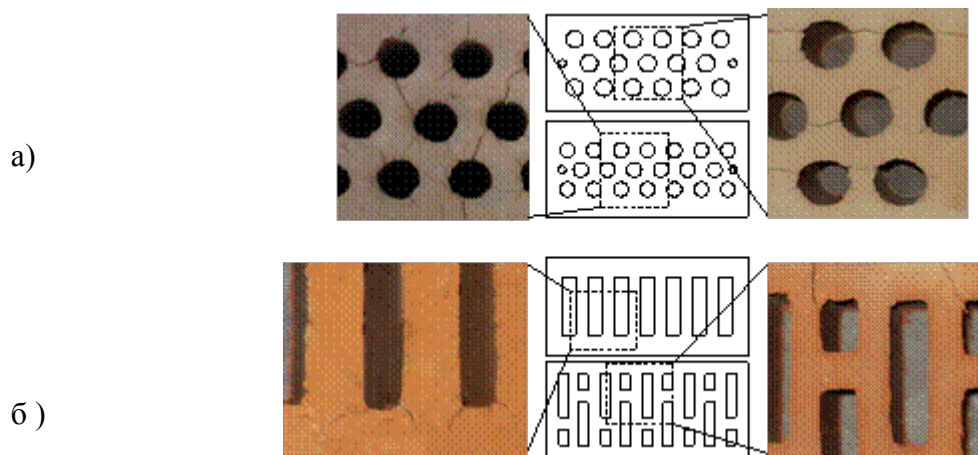


Рис. 5. Характер распределения технологических трещин в мелкоштучных элементах

Проведенный графо-аналитическим методом анализ показал, что характер распределения интегральных технологических деформаций зависит от геометрических характеристик мелкоштучных элементов и эта зависимость сохраняется на всех этапах становления структуры. В каждом изделии в зависимости от его геометрических особенностей формируется индивидуальный характер распределения начальных (наследственных) деформаций. Геометрические особенности пустот определяют места возникновения градиентов деформаций по величине и направлению, способствующих зарождению и развитию технологических трещин, характер распространения которых также зависит от геометрии изделия.

Полученная методом фотоупругости интерференционная картина в моделях мелкоштучных элементов из эпоксидной смолы ЭД-20 согласуется с распределением остаточных деформаций, полученным графо-аналитическим методом.

Таким образом, геометрическое оформление материала определяет развитие структурных элементов на всех этапах структурообразования и формирует остаточное деформированное состояние готового изделия. В силу этого можно предположить, что создание «оптимальной» геометрии, которая позволит либо свести градиенты деформаций по значению и направлению к минимуму, либо создавать полезное для условий эксплуатации предварительное напряженное состояние, позволит управлять организацией структуры и регулировать физико-технические показатели изделий.

Проведенные исследования позволили предложить мелкоштучные элементы с измененными геометрическими характеристиками, рис.6.а,б.

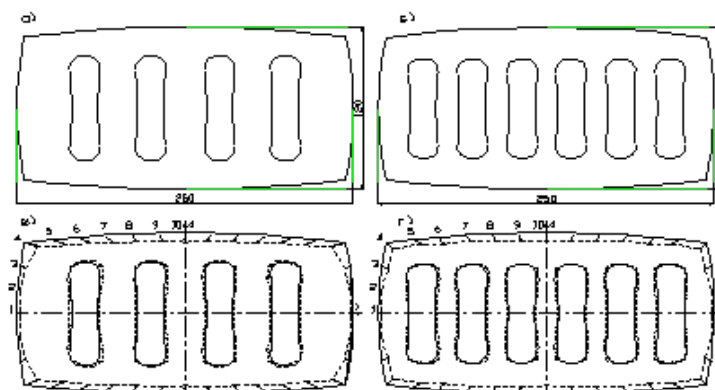


Рис. 6. Мелкоштучные изделия с измененными геометрическими характеристиками (а, б) и распределение технологических деформаций в отдельных сечениях изделий (в, г)

Эпюры деформаций (рис.6.в,г), построенные графо-аналитическим методом, и их количественная оценка показали, что изменение геометрии изделий позволило уменьшить градиенты усадочных деформаций на поверхностях пустот и создать на внешних границах изделия начальное распределение деформаций, обеспечивающее объемное сжатие. Это должно повлиять на процессы твердения материала и привести к изменению свойств.

Для исследования выдвинутого предположения были смоделированы изделия с предложенной геометрией и изделия, рекомендуемые стандартами, с одинаковой пустотностью. Образцы готовили из цементного теста нормальной густоты, 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 изделий позволило снизить абсолютное значение водопоглощения на 4% (что свидетельствует об изменении плотности структуры) и улучшить механические характеристики образцов: удалось повысить значение R_b до 30% и R_{bt} до 2 раз.

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили предположение о возможности регулирования физико-технических характеристик изделий путем изменения их геометрии.

Выводы

1. Проведенный анализ показал, что характер распределения интегральных технологических (наследственных) деформаций зависит от геометрических особенностей изделий (формы, размеров и количества пустот, расстояния между ними, общей схемы расположения) и эта зависимость сохраняется на всех этапах становления структуры. При изменении внутренней геометрии изделий меняется распределение деформаций как на внешней границе, так и на границах раздела с пустотами. Развивающиеся при этом градиенты деформаций по значению и направлению вызывают неравномерное деформирование отдельных участков границ материала и создают предпосылки к зарождению и развитию технологических трещин.

2. Проведенные исследования показали, что за счет изменения геометрии изделий можно создавать требуемое распределение технологических деформаций, влиять на процессы организации структуры, что позволит повышать физико-технические свойства изделий и их эксплуатационную надежность.

1. Ву Э. Механика композиционных материалов / Под ред. Дж. Сендечки. – М.: Мир, 1978. – С. 401-492. 2. Поздеев А.А., Няшин Ю.И., Трусов П.В. Остаточные напряжения: теория и приложения. – М.: Наука, 1982. -112 с. 3. Соломатов В.И., Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Сиренко А.В. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости. - К: Будівельник, 1991. – 144с.: ил. 4. Роль остаточных деформаций в организации структуры строительных материалов и конструкций / Острая Т.В., Суханов В.Г., Выровой В.Н., Дорофеев А.В / Современные строительные конструкции из металла и древесины, ч.1. Одесса: Внешрекламсервис, 2008. – с. 218-225.