

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **033515**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2019.10.31

(21) Номер заявки
201501136

(22) Дата подачи заявки
2015.11.05

(51) Int. Cl. *E04C 5/18* (2006.01)
E04C 1/40 (2006.01)
E04B 1/04 (2006.01)
E04B 1/20 (2006.01)
E04G 21/24 (2006.01)

**(54) СПОСОБ СИНТЕЗА КОНСТРУКЦИЙ С УПРАВЛЯЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ
ТЕРМИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИИ**

(43) **2017.05.31**

(96) **2015/ЕА/0140 (ВУ) 2015.11.05**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ВУ)**

(56) RU-C1-2017907
RU-U1-88700
SU-A2-950873
WO-A2-2014102844

(72) Изобретатель:
**Киричок Олег Иванович, Коликов
Андрей Олегович (ВУ)**

(57) Способ синтеза конструкций с управляемыми параметрами термической анизотропии относится преимущественно к изготовлению строительных конструкций. В способе используют элементы с разными коэффициентами теплового расширения, при этом элемент конструкции с одним коэффициентом температурного расширения замыкают в элементе с другим коэффициентом температурного расширения, а параметрами термической анизотропии конструкции при заданных физикомеханических параметрах материалов управляют подбором соотношения площадей поперечного сечения элементов. В другом варианте замыкают в систему треугольников элементы конструкции с различными коэффициентами теплового расширения, а параметрами термической анизотропии управляют изменением углов между элементами конструкции. При необходимости включают в систему треугольников один или несколько элементов по первому варианту способа. Названные элементы могут быть использованы в качестве стержневых элементов арматурного каркаса тела конструкции. В некоторых случаях один или несколько стержневых элементов конструкции могут быть вырожденными. Тело конструкции может быть анизотропно. Способ позволяет синтезировать конструкции форсированного термического удлинения, термически эквидистантные конструкции, а также конструкции с отрицательным коэффициентом теплового удлинения.

B1

033515

033515

B1

Изобретение относится преимущественно к строительным конструкциям.

Известность термически анизотропных конструкций связана по большей части с негативным воздействием анизотропии на технические характеристики этих конструкций. Известен способ синтеза железобетонных конструкций [1], в которых элементы конструкции - бетон и арматуру, подбирают с равными или близкими значениями коэффициентов теплового расширения. Такие конструкции обладают массой достоинств и безупречно работают в термостатированных условиях замкнутых помещений, но не позволяют решать многие технические задачи при работе в условиях резкого изменения температуры.

Известен также способ синтеза конструкции с направленной термической анизотропией, в котором скрепляют две металлические пластины, обладающие различными коэффициентами теплового расширения, и получают биметаллическую пластину [2], реагирующую изменением формы на изменение температуры.

Описанное техническое решение эффективно работает в термометрах, но не применимо в конструкциях, основными техническими характеристиками которых являются несущая способность.

Целью изобретения является получение конструкций с заданными параметрами термической анизотропии, в том числе не изменяющих своей длины при изменении температуры (термически эквидистантных).

Поставленная цель достигается тем, что элемент конструкции с одним коэффициентом температурного расширения замыкают в элементе с другим коэффициентом температурного расширения, а параметрами термической анизотропии конструкции управляют подбором соотношения площадей сечения элементов.

В другом варианте способа элементы конструкции с различными коэффициентами теплового расширения замыкают в систему треугольников, а параметрами термической анизотропии управляют изменением углов между элементами конструкции.

Большой анизотропный эффект получают, когда включают в систему треугольников один или несколько элементов с замкнутыми в них элементами с другим коэффициентом температурного расширения.

Названные выше элементы используют в качестве арматурного каркаса тела конструкции, а параметрами термической анизотропии управляют изменением угла с учетом физикомеханических характеристик материалов элементов и тела.

Кроме того, используют в качестве одного из элементов, формирующих анизотропию, тело конструкции.

В способе также используют тело конструкции, характеризующееся различными модулями упругости и/или коэффициентами теплового расширения по осям.

Изобретение поясняется чертежами.

Фиг. 1 иллюстрирует расположение элементов конструкции с управляемыми параметрами анизотропии в виде элемента конструкции, замкнутого в другом элементе.

Фиг. 2 поясняет реализацию другого варианта способа устройством в виде фермы с заданными параметрами термической анизотропии.

На фиг. 3 показано, как располагают элементы в теле конструкции с заданными параметрами анизотропии.

Фиг. 4 иллюстрирует использование внутренней структуры тела для управления параметрами термической анизотропии.

На фиг. 5 представлена принципиальная схема анизотропной конструкции, в которой армируют тело одноосно.

В первом варианте способа синтеза конструкций с управляемыми параметрами термической анизотропии синтезируют конструкцию, в которой элемент 1 с одним коэффициентом температурного расширения α_1 замыкают в элементе 2 с другим коэффициентом температурного расширения α_2 , а параметрами термической анизотропии управляют подбором соотношения площадей поперечного сечения элементов. При этом замыкаемый элемент может быть в любом агрегатном состоянии и под любым давлением.

В другом варианте способа располагают элементы 3 конструкции с коэффициентом температурного расширения α_3 под углом φ_1 к продольной оси 4 конструкции, другие - 5, с коэффициентом теплового расширения α_4 под углом φ_2 к продольной оси 4 конструкции, а элементы 6 с коэффициентом теплового расширения α_5 поперек продольной оси 4. Параметрами термической анизотропии в пределах заданного температурного интервала Δt управляют изменением углов φ_1 , φ_2 между осью 4 и элементами 3 и 5 конструкции.

В случае использования элементов конструкции 3, 5 и 6 в качестве арматурного каркаса тела 7 конструкции, параметрами термической анизотропии управляют изменением углов φ_1 , φ_2 с учетом физикомеханических характеристик материалов элементов 3, 5, 6 и тела 7.

Также используют в качестве одного из элементов, формирующих анизотропию, тело 7 конструкции из изотропного материала, к примеру, исключением элемента 6 на фиг. 3.

В способе также используют тело 7 конструкции, характеризующееся различными модулями упру-

гости и/или коэффициентами теплового линейного расширения по осям. Внутренняя структура тела 7 может быть использована для усиления направленной анизотропии (фиг. 4). Более того, конструкцию с заданными параметрами термической анизотропии синтезируют с применением лишь одного арматурного элемента 8 (фиг. 5).

При реализации первого варианта способа синтеза и управления параметрами термической анизотропии конструкции синтезируют конструкцию, в которой элемент 1 с одним коэффициентом температурного расширения α_1 замыкают в элементе 2 с другим коэффициентом температурного расширения α_2 . При этом элемент 1 может быть в любом агрегатном состоянии находиться под любым начальным давлением. Параметрами термической анизотропии конструкции управляют подбором соотношения площадей поперечного сечения элементов 1 и 2. Коэффициент термической анизотропии ξ определяется в этом случае по формуле

$$\xi = \frac{\alpha_2 + \chi_{12}\alpha_1}{1 + \chi_{12}} \Delta t - \frac{2\mu_1\chi_{12}}{1 + \chi_{12}} \left(\frac{E_2 \cdot (D - d) \cdot \alpha_2 + E_1 \cdot d \cdot \alpha_1}{E_2 \cdot (D - d) + E_1 \cdot d} \Delta t - \alpha_1 \Delta t \right) + \frac{\mu_2}{1 + \chi_{12}} \left(\frac{E_2 \cdot (D - d) \cdot \alpha_2 + E_1 \cdot d \cdot \alpha_1}{E_2 \cdot (D - d) + E_1 \cdot d} \Delta t - \alpha_2 \Delta t \right) + 1$$

μ_1 - коэффициент Пуассона материала элемента 1;

μ_2 - коэффициент Пуассона материала элемента 2;

χ_{12} - относительная жесткость первого элемента относительно второго ($\chi_{12} = \frac{E_1 A_1}{E_2 A_2}$, где E_1 - модуль упругости первого элемента, E_2 - модуль упругости второго элемента, A_1 - площадь первого элемента, A_2 - площадь второго элемента);

d - диаметр элемента 1;

D - внешний диаметр элемента 2.

Для термически эквидистантной конструкции необходимо выполнение следующего равенства:

$$\frac{\alpha_2 + \chi_{12}\alpha_1}{1 + \chi_{12}} \Delta t + \frac{\mu_2}{1 + \chi_{12}} \left(\frac{E_2 \cdot (D - d) \cdot \alpha_2 + E_1 \cdot d \cdot \alpha_1}{E_2 \cdot (D - d) + E_1 \cdot d} \Delta t - \alpha_2 \Delta t \right) = \frac{2\mu_1\chi_{12}}{1 + \chi_{12}} \left(\frac{E_2 \cdot (D - d) \cdot \alpha_2 + E_1 \cdot d \cdot \alpha_1}{E_2 \cdot (D - d) + E_1 \cdot d} \Delta t - \alpha_1 \Delta t \right)$$

К примеру, конструкция в виде стальной трубки с заваренными концами, заполненная водой, находящаяся под давлением 1 МПа при температуре 0°C, при нагревании на 10°C будет обладать коэффициентом линейного температурного расширения, превышающим коэффициент линейного расширения стали примерно в 300 раз при равенстве площадей поперечных сечений стенки трубки и отверстия в ней.

В реализации другого варианта способа располагают элементы 3 конструкции с коэффициентом температурного расширения α_3 под углом φ_1 к продольной оси 4 конструкции, другие - 5, с коэффициентом теплового расширения α_4 под углом φ_2 к продольной оси 4 конструкции, а элементы 6 с коэффициентом теплового расширения α_5 поперек продольной оси 4. Параметрами термической анизотропии по выбранной оси в пределах заданного температурного интервала Δt управляют изменением углов φ_1 , φ_2 между осью 4 и элементами 3 и 5 конструкции. Углы (φ_1 , φ_2 могут быть определены экспериментально либо вычислены. К примеру, для фермы с идентичными элементами конструкции 3 и 5, не изменяющей длины при изменении температуры, т.е. термически эквидистантной конструкции, по формуле

$$\varphi = \arcsin \sqrt{\frac{\xi_l^2 - \xi_b^2}{1 - \xi_b^2}},$$

где ξ_l - коэффициент удлинения элементов 3 и 5, равный отношению длины деформированного элемента к его начальной длине

$$\xi_l = 1 + \alpha_l \Delta t,$$

ξ_b - коэффициент удлинения поперечного элемента 6, равный отношению длины деформированного поперечного элемента к его начальной длине

$$\xi_b = 1 + \alpha_b \Delta t.$$

Для фермы, укорачивающейся при нагревании с коэффициентом, к примеру, численно равным по величине α_t ($\alpha_t < 0$)

$$\varphi = \arcsin \sqrt{\frac{\xi_l^2 - \xi_b^2}{(1 + \alpha_t \Delta t)^2 - \xi_b^2}}.$$

В варианте использования названных выше стержневых элементов в качестве арматурного каркаса тела 7 конструкции параметрами термической анизотропии в заданном температурном интервале Δt управляют изменением углов φ_1 , φ_2 между элементами 3 и 5 с учетом характеристик материалов элементов и тела. Приводим выражения для расчета эквидистантных конструкций с идентичными элементами 3 и 5

$$\varphi = \arcsin \sqrt{\frac{\xi_l^2 - \xi_b^2}{(\xi_m + \varepsilon_\mu)^2 - \xi_b^2}}$$

где ξ_l - коэффициент удлинения элементов 3 и 5, равный отношению длины деформированных элементов 3 и 5 к их начальным длинам;

$$\xi_l = 1 + \frac{\alpha_l + \chi_l \alpha_m}{1 + \chi_l} \Delta t,$$

ξ_b - коэффициент удлинения элементов 6, равный отношению длины деформированного элементов 6 к его начальной длине;

$$\xi_b = 1 + \frac{\alpha_b + \chi_b \alpha_m}{1 + \chi_b} \Delta t, \quad \varepsilon_\mu = -\mu(\xi_b - \alpha_m \Delta t - 1),$$

где

$$\chi_l = \frac{E_m A_m^l}{E_l A_l}, \quad \chi_b = \frac{E_m A_m^b}{E_b A_b},$$

где α_l - коэффициент линейного теплового расширения элементов 3 и 5;

α_b - коэффициент линейного теплового расширения элементов 6;

α_m - коэффициент линейного теплового расширения материала тела 7 конструкции;

E_l - модуль упругости элементов 3 и 5;

E_b - модуль упругости элементов 6;

E_m - модуль упругости материала тела 7 конструкции;

A_l - площадь поперечного сечения элементов 3 и 5;

A_b - площадь поперечного сечения элементов 6;

ξ_m - коэффициент удлинения, равный отношению длины деформированного материала тела 7 конструкции к ее начальной длине;

χ_l - относительная жесткость вдоль элементов 3 и 5;

χ_b - относительная жесткость вдоль элементов 6;

φ - угол между элементами 3, 5 и 6;

μ - коэффициент Пуассона материала тела 7 конструкции;

ε_μ - относительное продольное удлинение материала, возникающее вследствие свойств материала, характеризуемых коэффициентом Пуассона;

A_m^l - площадь поперечного сечения материала по оси элементов 3 и 5;

A_m^b - площадь поперечного сечения материала по оси элементов 6.

Эффективно направленную анизотропию формируют в конструкциях использованием только элементов 3 и 5 или только элементов 6 в изотропном теле 7 при существенно отличающихся коэффициентах теплового расширения стержневых элементов арматурного каркаса и тела 7 конструкции.

Тело 7 конструкции может быть также анизотропно, что создает дополнительную термическую анизотропию как с использованием элементов 3, 5 и 6, также и с использованием только элементов 3 и 5 или только элементов 6.

Если материал тела 7 конструкции работает преимущественно на сжатие, то используют предварительное напряжение одного или нескольких стержневых элементов арматурного каркаса.

Список использованных источников информации.

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. "Железобетонные конструкции. Общий курс" М. Стройиздат, 1984, 728 с.

2. Clyne, T.W. "Residual stresses in surface coatings and their effects on interfacial debonding" Key Engineering Materials (Switzerland). Vol. 116-117, pp. 307-330. 1996.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ синтеза конструкций с заданными параметрами термической анизотропии, содержащий использование элементов с разными коэффициентами теплового расширения, отличающийся тем, что элемент конструкции с одним коэффициентом температурного расширения замыкают в элементе с другим коэффициентом температурного расширения, а параметры термической анизотропии конструкции задают подбором соотношения площадей поперечного сечения элементов с использованием следующей зависимости:

$$\xi(D, d) = \frac{\alpha_2 + \chi_{12}\alpha_1}{1 + \chi_{12}} \Delta t - \frac{2\mu_1\chi_{12}}{1 + \chi_{12}} \left(\frac{E_2 \cdot (D - d) \cdot \alpha_2 + E_1 \cdot d \cdot \alpha_1}{E_2 \cdot (D - d) + E_1 \cdot d} \Delta t - \alpha_1 \Delta t \right) + \frac{\mu_2}{1 + \chi_{12}} \left(\frac{E_2 \cdot (D - d) \cdot \alpha_2 + E_1 \cdot d \cdot \alpha_1}{E_2 \cdot (D - d) + E_1 \cdot d} \Delta t - \alpha_2 \Delta t \right) + 1,$$

где ξ - требуемый коэффициент удлинения, равный отношению длины деформированного элемента к его начальной длине;

α_1, α_2 - коэффициенты температурного расширения материалов элементов;

μ_1, μ_2 - коэффициенты Пуассона материалов элементов;

$\chi_{12} = \frac{E_1 A_1}{E_2 A_2}$ - относительная жесткость первого элемента относительно второго, где E_1, E_2 модули упругости элементов, A_1, A_2 - площади элементов;

d - диаметр первого элемента;

D - внешний диаметр второго элемента;

Δt - температурный интервал.

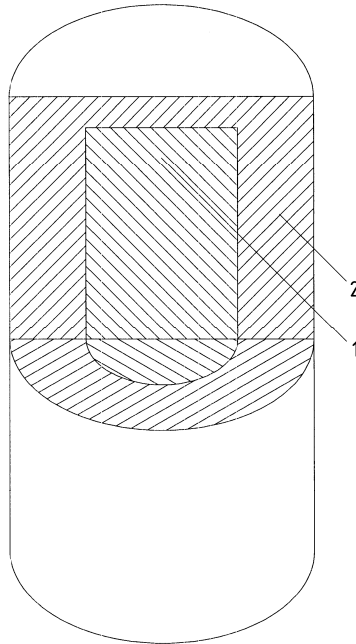
2. Способ синтеза конструкций с заданными параметрами термической анизотропии (вариант), отличающийся тем, что замыкают в систему треугольников элементы конструкции с различными коэффициентами теплового расширения, а параметры термической анизотропии задают изменением углов между элементами конструкции.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что включают в систему треугольников один или несколько элементов по п.1.

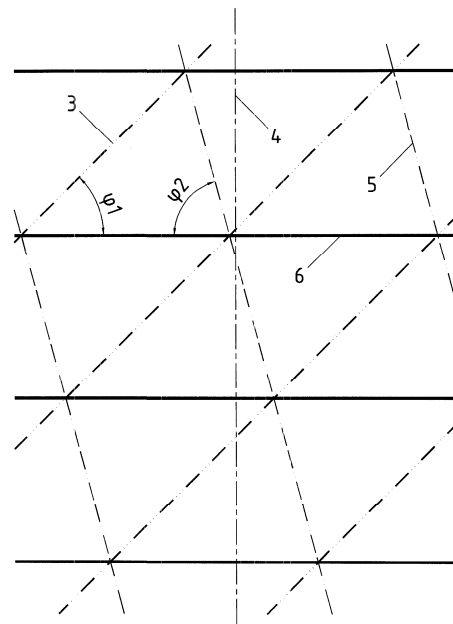
4. Способ по п.2, отличающийся тем, что используют названные элементы в качестве стержневых элементов арматурного каркаса тела конструкции.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что используют в качестве одного или нескольких стержневых элементов арматурного каркаса, формирующих анизотропию, тело конструкции.

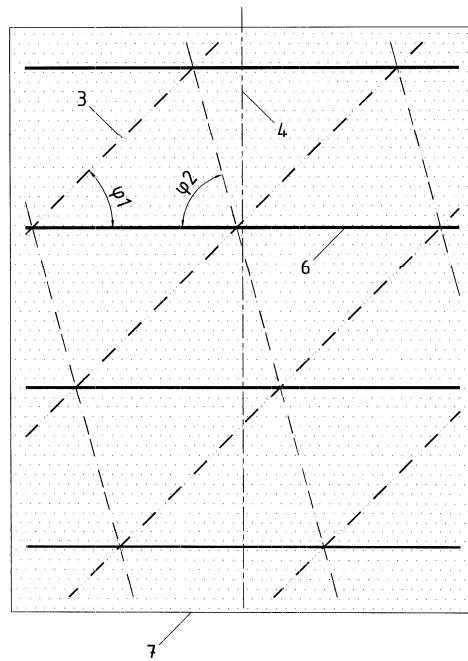
6. Способ по пп.4, 5, отличающийся тем, что используют тело конструкции, характеризующееся различными по осям модулями упругости и/или коэффициентами теплового расширения.



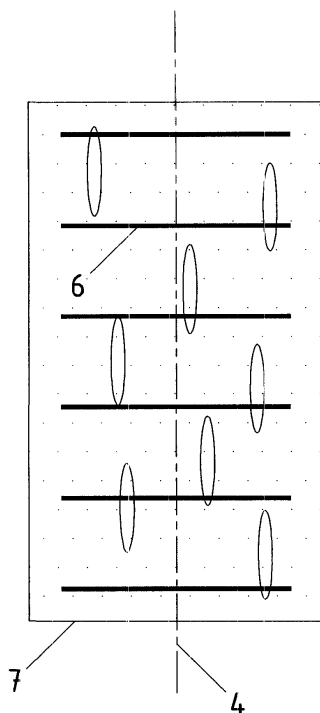
Фиг. 1



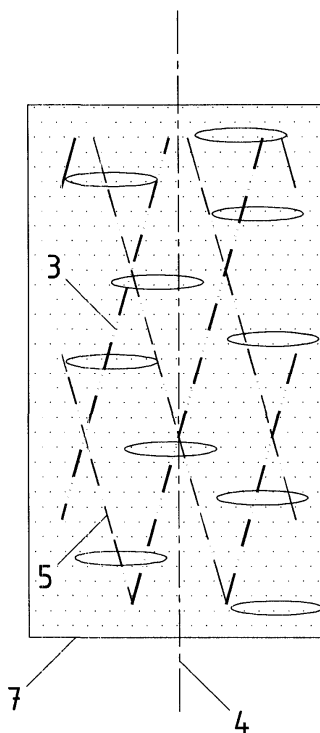
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

