

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036326**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.10.27

(21) Номер заявки
201991874

(22) Дата подачи заявки
2019.09.07

(51) Int. Cl. **G01N 33/38** (2006.01)
G01N 17/00 (2006.01)
G01N 3/18 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ**(31) **2019101824**(32) **2019.01.23**(33) **RU**(43) **2020.07.31**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
"НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНОЙ
ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ АРХИТЕКТУРЫ И
СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК" (НИИСФ
РААСН) (RU)**

(72) Изобретатель:

**Желдаков Дмитрий Юрьевич,
Гагарин Владимир Геннадьевич,**

**Козлов Владимир Владимирович,
Пастушков Павел Павлович,
Неклюдов Александр Юрьевич (RU)**

(74) Представитель:

Пилишкина Л.С. (RU)(56) **RU-C1-2154271
RU-C1-2526299**

Крыгина А.М. и др. О долговечности
каменной кладки. Вестник. МГСУ. 3/2011,
сс. 185-188

Шишканова В.Н. Долговечность
строительных материалов, изделий и конструкций.
Учебное пособие по дисциплине "Строительные
материалы при реконструкции, восстановлении
и капитальном ремонте зданий и сооружений".
Тольятти. Изд-во ТГУ, 2013, сс. 1-126, сс. 3-7,
54-60,102-106

(57) Изобретение относится к области строительства и может быть использовано для определения долговечности кирпичной кладки из красного кирпича. Способ определения долговечности кирпичной кладки при положительных температурах заключается в том, что измеряют прочность кирпича на сжатие, измельчают кирпич и определяют долю L аморфной структуры кирпича - метаксаолина. Затем часть измельченного кирпича смешивают с концентрированным раствором гидроксида кальция и выдерживают в течение двух месяцев, после чего измеряют параметр, характеризующий концентрацию полученного раствора. По значению снижения концентрации гидроксида кальция рассчитывают массу M гидроксида кальция, прореагировавшего с образцом кирпича, и определяют скорость реакции W: $W = 6 \times M / 74,3$ (моль/год), где M - масса прореагировавшего гидроксида кальция, г; 74,3 - молярная масса гидроксида кальция, г/моль; 6 - коэффициент пересчета с двух месяцев на год. По полученным значениям L и W определяют долговечность кирпича Θ до полной потери прочности: $\Theta = 2 \times m \times L \times 250,32 \times W$ (в годах), где 2 - расход гидроксида кальция в молях на один моль метаксаолина; m - масса кирпича в г; 250,32 - молярная масса метаксаолина, г/моль. По измеренному значению прочности кирпича на сжатие в нулевой момент времени и по долговечности Θ до полной потери прочности определяют линейную зависимость прочности кирпича на сжатие от времени и по ней определяют долговечность кирпича до заданного снижения прочности.

B1**036326****036326****B1**

Изобретение относится к области строительства и может быть использовано для определения долговечности кирпичной кладки из красного кирпича.

Известны различные способы определения морозостойкости строительных материалов, в том числе известен способ определения морозостойкости строительных материалов, в том числе керамических кирпичей, который включает насыщение образцов в воде или растворе хлористого натрия, поверхностное циклическое замораживание и оттаивание образцов и регистрацию числа циклов замораживания и оттаивания до появления видимых признаков разрушения (расслоения, растрескивания, выкрашивания, шелушения), по которым судят о морозостойкости строительных материалов (RU 2154271 С1, 10.08.2000).

Однако определение морозостойкости кирпичной кладки не дает оснований судить о реальной её долговечности, поскольку процесс разрушения кирпичной кладки может активно протекать при положительных температурах, как будет показано ниже.

В уровне техники не обнаружены способы определения долговечности кирпичной кладки, находящейся на разных климатических территориях.

Технической проблемой, решаемой изобретением, является создание способа определения долговечности кирпичной кладки, находящейся круглый год в зоне положительных температур.

Техническая проблема решается способом определения долговечности кирпичной кладки при положительных температурах, заключающимся в том, что измеряют прочность кирпича на сжатие, измельчают кирпич, определяют долю L аморфной структуры кирпича - например, метаксаолина, часть измельченного кирпича смешивают с концентрированным раствором гидроксида кальция и выдерживают в течение двух месяцев, после чего измеряют параметр, характеризующий концентрацию полученного раствора, по значению снижения концентрации гидроксида кальция рассчитывают массу M гидроксида кальция, прореагировавшего с образцом кирпича и определяют скорость реакции W

$$W = 6 \cdot M / 74,3 \text{ (моль/год),}$$

где M - масса прореагировавшего гидроксида кальция, г;

74,3 - молярная масса гидроксида кальция, г/моль;

6 - коэффициент пересчета с двух месяцев на год,

по полученным значениям L и W определяют долговечность кирпича Θ до полной потери прочности

$$\Theta = 2 \cdot m \cdot L \cdot 250,32 \cdot W \text{ (в годах),}$$

где 2 - расход гидроксида кальция в молях на один моль метаксаолина;

m - масса кирпича в г,

250,32 - молярная масса метаксаолина, г/моль,

по измеренному значению прочности кирпича на сжатие в нулевой момент времени и по долговечности Θ до полной потери прочности определяют линейную зависимость прочности кирпича на сжатие от времени и по ней определяют долговечность кирпича до заданного снижения прочности.

Автором были проведены исследования различных типов разрушения кирпичной кладки. Был проведен анализ кирпичной кладки в двух регионах: в г. Москва, Россия с резкоконтинентальным климатом и холодной зимой (облицовочный слой из щелевого глиняного кирпича; здание второй половины 20 века) и в городах Сиена и Болонья, регионов Тоскана и Эмилья-Романья, Италия (кирпичная кладка из полнотелого красного кирпича; крепостная стена 12-15 веков, г. Сиена) с мягким средиземноморским климатом без снижения температуры ниже нуля градусов в течение всего года. Были сделаны следующие выводы.

1) Анализ разрушения кладки из полнотелого красного кирпича, из которого выполнена верхняя часть крепостной стены города Сиена, показал, что процесс разрушения кирпичной кладки может активно протекать при положительных температурах. В данной кладке повреждено 20% кирпичей, разрушение на глубину от 15 до 100 мм. Тот же вывод можно сделать при исследовании разрушений кладки цоколя жилого дома в г. Сиена, где разрушение произошло на глубину 65 мм. Цоколь одного дома в г. Болонья, Италия разрушен с повреждением 100% кирпичей и 20% раствора, при этом зафиксировано разрушение раствора на глубину от 5 до 10 мм, а разрушение кирпичей на глубину до 45 мм. Другой цоколь поврежден с зафиксированным дефектом 10% кирпичей и 100% раствора, при этом разрушение раствора произошло на глубину от 15 до 70 мм, а разрушение кирпичей на глубину до 20 мм.

2) Другой факт разрушения кирпичной кладки, зафиксированный при натурном обследовании, который нельзя объяснить с точки зрения морозостойкости материала, заключается в следующем. Исследовались участки стен с крайне неравномерным разрушением вплотную расположенных кирпичей. Близость расположения кирпичей косвенно свидетельствует о том, что кирпичи поставлены на стройку в одной партии. В кладке кирпичи подвергались абсолютно равным температурным и влажностным нагрузкам. При этом один кирпич имеет глубокое разрушение, а рядом с ним расположенный полностью сохранен. При этом данный факт равно прослеживается как для полнотелого глиняного кирпича, уложенного в стену постройки 12-15 веков и эксплуатировавшегося только при положительных температурах, так и для пустотелого глиняного кирпича в здании, построенном в 1957 г. в условиях с длительными

отрицательными температурами.

В результате натурального обследования зданий установлено, что разрушение кирпичной кладки для зданий, расположенных в разных климатических территориях, носит одинаковый характер. Разрушение материала кирпича и раствора может происходить при положительных температурах, что полностью противоречит теории морозостойкости.

Кроме того, разрушение материалов имеет некоторые характеристики, которые также не могут быть объяснены с точки зрения морозостойкости материалов: неравномерное разрушение рядом уложенных в кладку кирпичей, разные скорости разрушения кирпича и раствора при положительных температурах, разрушение кирпича под цементно-песчаным раствором и сохранение под известковым.

Сущность предложенного способа основана на следующем утверждении: все строительные материалы, участвующие в строительном процессе и соприкасающиеся между собой, способны взаимодействовать между собой на уровне ионообменных химических реакций и процессов сорбции. Обязательным условием начала процессов взаимодействия является наличие влаги на границе сред. Для кирпичной кладки данными материалами являются кирпич и цементно-песчаный раствор. Данное утверждение позволяет определять долговечность керамического кирпича, полностью отказавшись от марки по морозостойкости. При этом данный расчет будет гораздо более точным, чем какой-либо расчет долговечности с использованием понятия морозостойкости.

Принципиальная схема физико-химического механизма разрушения строительной керамики в системе "кирпич - цемент" ограждающих конструкций зданий

Рассмотрим схему протекания основных реакций в системе двух строительных материалов: цементно-песчаного раствора с использованием в качестве вяжущего портландцемента и красного полнотелого глиняного кирпича.

Стартовой реакцией в этой схеме будет реакция растворения оксида кальция и переход его в гидроксид кальция



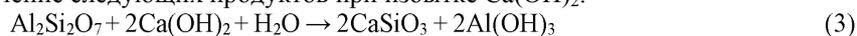
В кирпиче гидроксид кальция вступает в реакцию с активным метаксаолинитом, присутствующем в кирпиче.

Метаксаолин образуется при температурах 550-980°C из алюмосиликатов, в частности из каолинита, по следующей реакции:



Метаксаолин со щелочами ведет себя как химическое соединение, а с кислотами - как смесь двух оксидов: Al_2O_3 и SiO_2 . При взаимодействии с щелочными растворами оксид кремния практически полностью переходит в раствор. С кислотами оксид кремния практически не реагирует. В кислотный раствор переходит только оксид алюминия. Реакционная активность метаксаолина по отношению к кислотам зависит от степени дефектности, разрушенности и неупорядоченности кристаллической решетки метаксаолина. Об этом свидетельствует зависимость степени перехода кремния в сернокислотный раствор от величины измельченности материала.

Таким образом Al в метаксаолине выступает как катион в соли кремниевой кислоты (пироксид алюминия). Соответственно в зависимости от количества гидроксида кальция, участвующего в реакции, возможно получение следующих продуктов при избытке $\text{Ca}(\text{OH})_2$:



Реакция (3) описывает химизм разрушения структуры кирпича. По скорости данной реакции, индивидуальной для каждого кирпича, и количеству метаксаолина в структуре кирпича можно определить время деструкции кирпича, а, следовательно, вычислить его долговечность.

С некоторыми допущениями реакцию между метаксаолином и гидроксидом кальция (3) можно представить как простую: концентрация гидроксида кальция в системе поддерживается на постоянном уровне максимального растворения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ за счет гидролиза алюмосиликатов кальция цементно-песчаного раствора, а количество метаксаолина (или аморфной части) в кирпиче настолько велико, что его концентрацию тоже можно считать постоянной.

Наиболее важный для ограждающей конструкции параметр - прочность несущей стены здания. Тогда долговечность конструкции Θ по параметру прочности можно записать в виде

$$\Theta = \frac{R-S}{\sum_{j=1}^k W_j} = \frac{R-S}{W_1 + W_2} \quad (4)$$

где R - начальная прочность материала несущей стены, МПа;

S - нормативная нагрузка, действующая на конструкцию несущей стены, МПа;

W_1, W_2 , - скорости деструкции материала при воздействии независимых процессов, а именно химической коррозии материала конструкции по реакции (3) и политермического замораживания, МПа/год.

В общем виде формула (4) показывает, что деструкция материала будет протекать и при положительных температурах, то есть когда процесс замораживания-оттаивания отсутствует и W_2 равно нулю. В присутствии процесса замораживания-оттаивания скорость деструкции увеличится. Эти выводы полностью подтверждаются натурными исследованиями.

На фиг. 1 представлен график зависимости прочности кирпича на сжатие от времени, полученной

предложенным способом.

Способ определения долговечности кирпичной кладки включает следующий порядок действий.

1) Берут образец кирпича из партии и измеряют его прочность на сжатие любым (разрушающим или не разрушающим) методом. Далее образец измельчают до частиц размером 50-100 мкм.

2) Количество аморфной части (метакаолина) структуры кирпича определяют любым доступным методом, например, с использованием порошкового рентгеновского дифрактометра и выражается в процентах.

3) Часть измельченного образца является контрольной, другую часть массой 1,0 г, взвешенную с точностью 0,001 г, смешивают в герметичной колбе объемом 1000 мл с концентрированным гидроксидом кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с $\text{pH}_1=11,5$.

4) Колба с образцом кирпича и гидроксидом кальция выдерживается два месяца. После этого колбу вскрывают и сразу измеряют pH_2 раствора. Принимается, что при $\text{pH}_1=11,5$ в воде растворено 1,66 г/л гидроксида кальция. Снижение концентрации гидроксида кальция рассчитывают следующим образом: $10^{\text{pH}_1-\text{pH}_2}$ (разница показателя рН является степенью 10).

Определение концентрации гидроксида кальция в растворе до и после контакта с образцом кирпича по изменению рН можно заменить другим способом, например титрованием.

5) Разница между начальной и конечной концентрациями в г/л (с учетом, что раствор был приготовлен в литровой колбе) является массой гидроксида кальция, вступившего в реакцию с образцом кирпича в течении двух месяцев M , [г].

6) Скорость реакции рассчитывают по формуле

$$W = 6 \cdot M / 74,3 \quad [\text{моль/год}],$$

где M - масса вступившего в реакцию гидроксида кальция, г;

74,3 - молярная масса гидроксида кальция, г/моль;

6 - коэффициент пересчет с двух месяцев на год.

7) Долговечность кирпича, θ [лет] с учетом того, что его масса составляет 4500 г, определяют по формуле

$$\theta = 2 \cdot 4500 \cdot L \cdot 250,32 \cdot W, \quad [\text{лет}]$$

где 2 - в соответствии с реакцией (3) на один моль метакаолина расходуется два моль гидроксида кальция;

L - доля аморфной части (метакаолина), равная количеству аморфной массы в процентах, определенную в п.2, деленному на 100;

250,32 - молярная масса метакаолина, г/моль.

В соответствии с основной реакцией деструкции при взаимодействии метакаолина с гидроксидом кальция на один моль метакаолина требуется два моля гидроксида кальция. Молярная масса метакаолина составляет 250,32 г/моль. В соответствии с таблицей структурного анализа образцов кирпича, количество аморфной части составляет 20% или для кирпича массой 4,5 кг равно 900 г или 10,786 моль в пересчете на метакаолин.

8) Определяют зависимость прочности образца кирпича от времени.

Строят линейный график по двум точкам (см. чертеж) (допущено, что реакция простая и идет с постоянной скоростью):

на оси ординат ($x=0$) откладывается начальная прочность на сжатие образца кирпича, МПа;

по оси абсцисс ($y=0$) откладывается расчетная долговечность образца кирпича (время деструкции до полного разрушения), θ , лет.

Точки соединяют прямой линией.

Линейный график строится по двум точкам и является упрощенной моделью зависимости прочности от времени протекания реакции деструкции. Он может быть уточнен.

Линейная зависимость прочности образца кирпича от времени также может быть рассчитана и представлена в виде таблицы.

9) Задается возможное снижение прочности на сжатие кирпича. Разница в числителе формулы (4) между начальной прочностью материала несущей стены и нормативной нагрузкой, действующей на конструкцию несущей стены, должна быть задана проектом. По графику определяется предельная долговечность работы кирпича в конструкции.

Пример.

1) У отобранного образца кирпича измеренная прочность на сжатие составила 20,0 МПа;

2. Количество аморфной части (метакаолина), определенное с помощью порошкового рентгеновского дифрактометра, составила 20%; доля аморфной части $L=0,2$.

3-5) $\text{pH}_1 = 11,5$; $\text{pH}_2 = 11,3$. Снижение концентрации в $10^{0,2} = 1,58$ раз. Количество прореагировавшего за два месяца гидроксида кальция $M = 1,66 - 1,66/1,58 = 0,61$ г;

6) Скорость реакции $W = 6 \cdot 0,61 / 74,3 = 0,049$ моль/год;

7) Долговечность составила

$$\theta = 2 \cdot 4500 \cdot L / (250,32 \cdot W) = 146,7 \text{ лет}$$

8) Нарисовали график.

9) Задали снижение прочности 10%, то есть до 18,0 МПа.

Определили предельную долговечность материала кирпича в кирпичной кладке до заданного снижения прочности, которая составила 20 лет.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

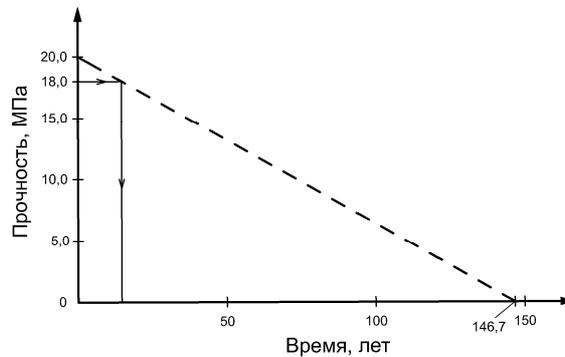
Способ определения долговечности кирпичной кладки при положительных температурах до заданного снижения прочности, заключающийся в том, что измеряют прочность кирпича на сжатие, измельчают кирпич с массой m , выраженной в граммах, определяют долю L аморфной структуры кирпича - метаксаолина, часть измельченного кирпича смешивают с концентрированным раствором гидроксида кальция и выдерживают в течение двух месяцев, после чего измеряют параметр, характеризующий концентрацию полученного раствора, по значению снижения концентрации гидроксида кальция рассчитывают массу M гидроксида кальция в граммах, прореагировавшего с образцом кирпича, и определяют скорость реакции W

$$W = 6 \times M / 74,3 \text{ (моль/год),}$$

рассчитывают долговечность кирпича Θ до полной потери прочности по формуле

$$\Theta = 2 \times m \times L \times 250,32 \times W \text{ (в годах),}$$

по измеренному значению прочности кирпича на сжатие в нулевой момент времени и по долговечности Θ до полной потери прочности, когда прочность обращается в ноль, строят линейную зависимость прочности кирпича на сжатие от времени и по ней определяют долговечность кирпича до заданного снижения прочности.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2