

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 201990793 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2019.08.30

(51) Int. Cl. E04C 5/01 (2006.01)  
E04C 5/07 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2017.09.25

(54) АРМИРУЮЩИЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ  
САМОЗАТВЕРДЕВАЮЩИХ ПАСТООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

(31) P1600552

(32) 2016.09.28

(33) HU

(86) PCT/HU2017/050040

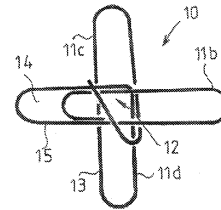
(87) WO 2018/060750 2018.04.05

(71) Заявитель:  
НОВОНОВОН ЗРТ. (HU)

(72) Изобретатель:  
Цинтош Чонгор (HU)

(74) Представитель:  
Веселицкая И.А., Веселицкий М.Б.,  
Кузенкова Н.В., Каксис Р.А., Белоусов  
Ю.В., Куликов А.В., Кузнецова Е.В.,  
Соколов Р.А., Кузнецова Т.В. (RU)

(57) В заявке описан армирующий элемент (10) для повышения прочности самозатвердевающих пастообразных материалов, выполненный из сгибаемых жил, имеющий центральную часть (12), из которой расходятся по меньшей мере по трем направлениям соответствующие лепестки (11), каждый из которых имеет по меньшей мере две различные жилы (13) и внешние концы, образованные соответствующими петлями (14), выполненными сгибанием жил (13), из которых изготовлены связанные с ними лепестки (11), причем в каждой петле (14) расстояние между жилами (13) превышает от 2 до 25 раз размер жилы (13), а лепестки (11) расположены так, что в любом полупространстве, отделенном любой плоскостью, проходящей через центральную часть (12), располагается по меньшей мере один из лепестков (11).



A1

201990793

201990793

A1

5 АРМИРУЮЩИЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ  
САМОЗАТВЕРДЕВАЮЩИХ ПАСТООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Изобретение относится к армирующему элементу для повышения прочности самозатвердевающих пастообразных материалов, выполненному из сгибаемых волокон.

10 Описание уровня техники в EP 2206848 A1 включает подробный обзор решений, используемых ранее для армирования бетона с целью устранения недостатков стальных стержней в качестве армирующих элементов, т.е., исключение необходимости проведения дорогих и трудоемких сборочных работ по установке армирующих стальных элементов перед заливкой в опалубку.

15 В этих вариантах использовалось введение и замешивание большого числа небольших армирующих элементов в бетон, все еще находящийся в пастообразном состоянии, после затвердевания которого, полученная конструкция приобретала более высокую несущую способность по сравнению с конструкцией без армирующих элементов, но не могла достичь прочности, 20 обеспечиваемой должным образом сконструированной стальной арматурой. В этой публикации небольшие спирали помещались в водорастворимые капсулы для предотвращения их соединения в процессе перемешивания и образования сгустков. Находящаяся в пастообразном бетоне вода растворяла капсулы и хорошо перемешанные элементы могли повысить прочность конструкции.

25 В US 5858082 описана проволока с загнутыми концами, выполненная из проволоки с эффектом памяти формы, которой придается U-образная конфигурация, и которая подвергается термической обработке для фиксации формы. Эти элементы замешиваются в пастообразный бетон и подвергаются 30 второй термической обработке, при которой температура поднимается выше критической температуры "памяти", при которой спирали "вспоминают" и снова принимают их исходную распрямленную форму.

В US 2010/0101163 A1 использовались армирующие элементы, имеющие центральную сферическую часть или корпус, из которого наружу расходились

стержни, на концах которых располагались утолщения с размером больше, чем у стержней, и, благодаря наличию этих утолщений, увеличивалась сила соединения между бетоном и стержнями. В этом решении в варианте, где множество лепестков отходит во всех трех пространственных направлениях, существует проблема в том, что центральная часть занимает большое пространство, элемент имеет большой вес и большое тело, и множество лепестков отходят почти во все направлениях, так что невозможно разместить армирующие элементы ближе друг к другу, чтобы достичь высокой плотности их введения. В случае, когда на стадии перемешивания имеется большое количество утолщений на концах лепестков, соответствующие элементы могут войти в нежелаемое взаимодействие с каждым другим и будет иметь место агломерация. Имеется также вариант с плоской конфигурацией. В этом случае элементы не могут быть надежно расположены после каждого перемешивания равномерным образом во всех пространственных направлениях, так что имеет место высокая степень анизотропии, поскольку элементы могут прийти во взаимодействие своими плоскостями.

Среди широко распространенных и представленных на рынке армирующих элементов для бетона могут быть отмечены элементы с торговым названием DRAMIX, содержащих стальную проволоку длиной 50 или 60 мм диаметром 0,8 мм, в которых проволока на концах имеет ступенчатые участки. Спецификация этой конструкции может быть найдена, например по веб-адресу:

[http://www.sinthaweethailaos.com/images/product/Steel-Fiber/1SteelFibre-20-20DRAMIX%C2%AE/LOOSE%20Fibres/Dramix\\_Duo100\\_GB.pdf](http://www.sinthaweethailaos.com/images/product/Steel-Fiber/1SteelFibre-20-20DRAMIX%C2%AE/LOOSE%20Fibres/Dramix_Duo100_GB.pdf)

Исследование бетонных труб, армированных мелкими армирующими элементами, описано в статье D. A. Scott, "Impact of Steel Fiber Size and Shape on the Mechanical Properties of Ultra-High Performance Concrete Geotechnical and Structures Laboratory", опубликованной в августе 2015 г., которую можно найти по веб-адресу: <http://www.dtic.mil/get-tr-doc/pdf?AD=ADA620738>.

Среди недостатков известных композитных армирующих элементов, не претендуя на полноту, можно упомянуть, что в процессе смешивания элементы имеют тенденцию к слипанию, в результате чего их пространственное распределение будет неоднородным. Кроме того, армирующий элемент выполнен из стали, плотность которой больше плотности бетона или

композиционного материала, поэтому после заливки смеси при окончательном формовании, армирующие элементы тонут в материале до того, как он затвердеет, и их распределение по высоте становится неоднородным. Другой недостаток состоит в том, что армирующие элементы не образуют соединения с композитным материалом за счет сопряжения формы, и связаны только 5 поверхностной адгезией, а эта связь является менее прочной, чем сцепление за счет сопряженной формы. Еще одним недостатком является анизотропия прочности армированного таким образом бетона, поскольку форма элементов не может гарантировать идентичности свойств во всех направлениях, поэтому 10 невозможно заранее точно рассчитать прочность. Элементы имеют тенденцию к коррозии, которая начинается обычно по краевым поверхностям конструкции или поверхности трещин, что рано или поздно ухудшает прочность и, в то же время, ржавые проволоки будут видны на наружной поверхности, ухудшая ее внешний вид.

15 Решаемая в изобретении задача состоит в создании армирующего элемента для повышения прочности самозатвердевающего пастообразного материала и способа введения элементов в пастообразный материал, благодаря чему могут быть ослаблены или даже устранены перечисленные выше и другие недостатки известных решений.

20 В изобретении предлагается армирующий элемент, обеспечивающий повышения прочности самозатвердевающего пастообразного материала, выполняемый из сгибаемых жил (армирующего волокна/проволоки) и согласно изобретению содержит центральную часть, из которой расходятся по по 25 меньшей мере трем направлениям соответствующие лепестки, каждый из которых имеет по меньшей мере две разнесенные жилы и внешние концы, образованные соответствующими петлями, выполненными сгибанием жил, из которых изготовлены связанные с ними лепестки, причем в каждой петле расстояние между жилами превышает от двух до двадцати пяти раз размер 30 любой плоскостью, проходящей через центральную часть, располагается по меньшей мере один из лепестков.

В предпочтительном варианте, длина лепестков превосходит их ширину не более чем в десять раз.

Предпочтительный вариант выполнения имеет четное число лепестков, и по меньшей мере пара лепестков, идущих в противоположные пространственные направления, выполнена сгибанием единой жилы.

5 В предпочтительном варианте используется четыре лепестка, из которых соответствующие пары выполнены сгибанием единой жилы, а их петли располагаются в центральной части в одной плоскости, пары лепестков, расходящиеся в одной плоскости, направлены вдоль соответствующих прямых линий, как продолжение друг друга, лепестки каждой пары расходятся в противоположных направлениях вдоль общей прямой линии, одна из пар, 10 образованная лепестками, отогнута в верхнем направлении от общей плоскости на заданный угол, а другая из пар лепестков отогнута также или практически также в противоположном направлении, т.е., вниз от общей плоскости.

В предпочтительном варианте, угол отгиба лепестков относительно общей плоскости составляет от  $20^\circ$  до  $50^\circ$ .

15 Предпочтительно также, чтобы две пары лепестков были скреплены друг с другом в центральной части сгибанием жилы, формирующей одну из пар.

В предпочтительном варианте выполнения, жилы имеют круглое поперечное сечение.

20 В наиболее предпочтительном варианте, армирующий элемент изготавливается сгибанием единой жилы.

Материалом жилы может быть сталь, медь, углеродное волокно, пластик, стекло, базальтовое волокно или комбинация этих материалов.

Другие преимущества могут быть получены при использовании волокон, содержащих оболочку для защиты от коррозии и/или повышения прочности.

25 Пространственное распределение будет более однородным, если средняя плотность армирующего элемента, регулируемая толщиной покрытия, сделана равной или близкой к плотности пастообразного материала.

30 Прочность может быть увеличена, если покрытие выполнено из пряжи углеродного волокна или стекловолокна, прикрепленной к жиле связующим материалом.

В предпочтительном варианте выполнения, жилы выполнены двойными.

В соответствии с изобретением также был предложен способ изготовления конструкции из формовочного материала, имеющего повышенную прочность,

при осуществлении которого смешивают материал в пастообразном состоянии из нескольких компонентов, затем заливают его в опалубку или литейную форму, имеющую требуемую геометрию, после чего дают материалу затвердеть, или схватиться, при этом согласно изобретению, способ включает введение по 5 меньшей мере  $80 \text{ кг/м}^3$  армирующих элементов, выполненных, как это было описано выше, в материал, находящийся еще в пастообразном состоянии, и размешивают добавленные армирующие элементы для их равномерного распределения в пастообразном материале, после чего и выполняют упомянутую заливку.

10        Следует заметить, что в литературе упоминаются как самозатвердевающие пастообразные материалы, так и композитные материалы.

      В предпочтительном варианте пастообразным материалом является бетон по меньшей мере класса C50 и, желательно, выше C100, но может быть также использован полиамид поликарбонат или любой другой аналогичный 15 пластический материал или керамика, стекло или металл.

      Далее изобретение будет описано на примере предпочтительных вариантов его выполнения, со ссылками на приложенные чертежи, на которых:

      на фиг. 1 представлен вид сверху варианта выполнения армирующего элемента в соответствии с изобретением;

20        на фиг. 2 представлен вид спереди варианта выполнения, показанного на фиг. 1;

      на фиг. 3 представлен вид сбоку варианта выполнения, показанного на фиг. 1;

25        на фиг. 4 представлен перспективный вид варианта выполнения, показанного на фиг. 1;

      на фиг. 5 представлен перспективный вид варианта выполнения с шестью лепестками);

      на фиг. 6 представлен перспективный вид сверху варианта выполнения армирующего элемента;

30        на фиг. 7 представлен фрагмент двойной жилы, формирующей армирующий элемент;

      на фиг. 8 представлен фрагмент жилы для формирования армирующего элемента, имеющей пластиковое покрытие;

на фиг. 9 представлен перспективный вид жилы 24, покрытой углеродным волокном;

на фиг. 10 представлен эскиз испытательной схемы для измерения обычного образца 26;

5 на фиг. 11 показано увеличенное сечение фрагмента фиг. 10;

на фиг. 12 представлен эскиз испытательной схемы, в которой используется образец 31 в соответствии с изобретением, аналогичный показанному на фиг. 10;

на фиг. 13 график зависимости "нагрузка-смещение", полученный для разных образцов;

10 на фиг. 14 представлено послойное рентгеновское изображение, полученное на испытательном кубе 35, армированном элементами Dramix;

на фиг. 15 показано распределение по высоте числа армирующих элементов в испытательном кубе 35;

15 на фиг. 16 представлено изображение, аналогичное изображению на фиг. 14, полученное на испытательном кубе 37, изготовленным в соответствии с изобретением; и

на фиг. 17 показано распределение по высоте числа армирующих элементов в испытательном кубе 37.

20 На фиг. 1-4 представлен вариант выполнения армирующего элемента 10 в соответствии с изобретением, имеющего четыре "лепестка" (англ. "arm"). Пространственная конфигурация армирующего элемента 10 характеризуется заданным числом лепестков 11, расходящихся от центральной части 12 в разные направления в пространстве. Также армирующий элемент 10 отличается тем, что соответствующие лепестки 11 выполнены из жилы 13 или проволоки так, что из  
25 жилы 13 согнуты соответствующие петли 14, а между ветвями петель 14 поддерживается заданное расстояние. Это расстояние от двух до двенадцати раз больше размера (диаметра) жилы 13 (а в случае использования некруглой жилы, этим размером является поперечный размер жилы). В данном случае, верхний предел не является жестким, поскольку могут быть использованы также и  
30 большие расстояния, однако в этом случае армирующий элемент 10 будет иметь меньшую жесткость. Нижний предел, соответствующий двойному размеру, необходим, поскольку от петли 14 требуется, чтобы пастообразный связующий материал мог легко проникать в пространство между ветвями 15 и заполнять

формируемое этими ветвями пространство. Материалом жилы 13, предпочтительно, является сталь, медь, пластик или варианты этих материалов с упрочнением углеродным волокном или лентой из углеродного волокна, а ее диаметр или наибольший поперечный размер составляет менее примерно 3 мм.

5 Эти ограничения размеров также не являются очень жесткими. Жила 13 должна обладать соответствующей высокой прочностью на разрыв, чтобы выдерживать действующие на нее нагрузки, при этом должна поддаваться изгибу, по меньшей мере, в процессе формования так, чтобы обеспечивалась возможность изгиба армирующих элементов 10 или по меньшей мере нескольких из их лепестков 11.

10 На чертежах можно заметить, что центральная часть 12 армирующего элемента 10 лежит в основном в плоскости, и на фиг. 2 и 3 прямая линия, лежащая в этой плоскости, нарисована пунктиром. За пределами центральной части 12 противоположные лепестки 11 образуют с этой плоскостью угол  $\alpha$ . На фиг. 2 видно, что два лепестка 11a и 11b отклонены на угол  $\alpha$  вниз от плоскости  
15 16. Другие два лепестка 11c и 11d также отклонены на тот же угол  $\alpha$  от плоскости 15, но в противоположное полупространство, т.е., в верхнем направлении. Линия начала сгиба может располагаться непосредственно после центральной части 12, как это показано на чертеже, но может и находиться дальше в наружном направлении.

20 Все лепестки составляют угол  $\alpha$  (абсолютная величина угла) с воображаемой плоскостью 16. Величина угла  $\alpha$ , предпочтительно, составляет в интервале  $20^\circ$ - $50^\circ$ , но наиболее предпочтительным является угловой интервал между  $25^\circ$  и  $35^\circ$ .

25 Другим существенным признаком армирующего элемента 10, показанного на фиг. 1-4, является длина лепестков 11, т.е., протяженность их выступающей части. При нормальном использовании, армирующие элементы 10 в большом количестве загружаются в самозатвердевающий пастообразный или частично жидкий материал и хорошо с ним перемешиваются. Задача состоит в равномерном распределении армирующих элементов 10 в пастообразном  
30 материале в результате перемешивания, не должно быть локальных сгустков, а угловое положение соответствующих армирующих элементов 10 должно характеризоваться однородным распределением среди возможных направлений. На качество перемешивания сильно влияет длина лепестков 11 и величина угла



а. С учетом предложенного углового интервала, предпочтительно, чтобы длина лепестков 11 не превышала десятикратного расстояния между ветвями 15. Это значение не является критичным, но если лепестки 11 имеют меньшую длину, то снижается и опасность взаимного сцепления лепестков. Конечно, длина лепестков также имеет разумные ограничения, но эти пределы не являются чересчур важными с точки зрения качества смешивания, принимая во внимание случай слишком коротких лепестков среди лепестков хаотически близко размещенных армирующих элементов.

Помимо длины лепестков 11, слипание и взаимное сцепление между элементами будет предотвращаться наличием согнутых петель в виде дугообразных концов лепестков, отличающихся от законцовки жил в виде острых концов. Петли 14 имеют большое значение, поскольку помимо обеспечения однородного перемешивания, соединение концов разнесенных ветвей 15 лепестков 11 посредством дугообразных петель 14 образует соответствующие отверстия 17 в каждой ветви 15. Материал пастообразной заливки может проходить через эти отверстия 17 и полностью заполнять их, и после затвердевания материала петля 14 будет удерживаться не только благодаря силам адгезии между формовочным материалом и жилой 13, но и, преимущественно, за счет сопряжения формы, в конце концов, затвердевшего формовочного материала внутри и сквозь петли 14. Существо соединения такого типа состоит в том, что затвердевший материал, окруженный петлями 14, образует единый массив с петлями 14 на лепестках соседних армирующих элементов 10, и если на данное сечение бетона действует растягивающая нагрузка, то другие лепестки армирующих элементов 10 будут давить на бетон, а бетон обладает высоким пределом прочности при сжатии. Конечно, в некоторых частях жил 13 армирующих элементов 10 будут развиваться растягивающие усилия, но армирующие элементы 10 имеют значительно более высокую прочность на разрыв, чем бетон. Это как раз и является причиной возникновения более высокой устойчивости к воздействию нагрузки из-за наличия армирующих элементов 10. В результате того, что петли 14 охватывают самозатвердевающий материал после его затекания в отверстия 17, образованные ветвями 15 лепестков 11, дополнительно создается значительно более прочное соединение за счет сопряжения формы между охватываемым материалом и армирующим

элементом 10, по сравнению с соединением, обеспечиваемым только силами адгезии между жилами 13 и самозатвердевающим материалом. В случае армированного бетона классической конструкции, это является обычным типом сцепления между стальными армирующими проволоками и окружающим  
5 материалом бетона. Такие соединения будут возникать между обычными армирующими элементами и окружающим самозатвердевающим материалом. Предложенное охватывающее соединение за счет сопряжения формы не зависит от типа и качества жил 13, образующих армирующие элементы 10, поэтому также возможно выполнять жилы 13 из специальных материалов, имеющих  
10 меньшую адгезию к пастообразному материалу. Это свойство лежит в основе ряда предпочтительных признаков, которые будут рассмотрены в дальнейших разделах настоящего описания.

Показанный на фиг. 1-4 армирующий элемент 10 обладает важным свойством, состоящим в том, что он может быть выполнен из единой  
15 непрерывной жилы 13 только посредством сгибания. Важность этого свойства в том, что армирующий элемент 10 не имеет отдельных частей, которые должны быть соединены в отдельных шагах способа, и это повышает его прочность и нагрузочную способность. Хотя изготовление из единой жилы имеет ряд преимуществ, использование этой технологии не всегда обязательно.  
20 Соответствующие лепестки или пары лепестков армирующего элемента 10 могут быть выполнены в виде отдельных частей, которые могут быть соединены обычными способами (например, сваркой, пайкой или использованием связующего материала).

Хотя конструкция армирующего элемента 10 является предпочтительной,  
25 на фиг. 5-8 показаны другие альтернативные варианты выполнения.

На фиг. 5 показан армирующий элемент 9, имеющий шесть лепестков 18, который также может быть выполнен сгибанием из единой жилы. Противоположные лепестки 18 располагаются вдоль одной и той же прямой  
30 линии и образуют диагонали воображаемого куба. Дальнейшее увеличение числа лепестков нецелесообразно, поскольку это может препятствовать расположению таких армирующих элементов 9 вблизи друг друга, в результате чего окажется невозможным вводить и смешивать нужное количество их в заданный объем пастообразного материала. Такой эффект сохранения дистанции друг от друга

вряд ли возникнет при использовании варианта выполнения, показанного на фиг. 1-4, поскольку эти армирующие элементы 10 имеют более открытую форму, которая не препятствует плотному расположению с другими аналогичными элементами.

5           Пространственное размещение лепестков 11 и их число можно визуаль-  
вообразить или сделать понятным, если задать пространственную воображаемую  
плоскость так, что она может иметь любое направление, но на эту плоскость  
может быть помещена прямая линия Р, совпадающая с центральной частью 12  
армирующего элемента 10 или 9, и эта прямая линия была показана на фиг. 5  
10 штрих-пунктирной линией. Плоскость разделяет окружающее пространство на  
две половины, в каждую из которых должно попадать примерно одинаковое  
число лепестков 11. Выполнение этого условия означает, что лепестки 11  
армирующих элементов равномерно распределены в пространстве, т.е.,  
отсутствует преимущественное направление для лепестков 11, в которое  
15 направлено больше лепестков, чем в любое другое направление.

На фиг. 6 показан армирующий элемент 19, который, в отличие от  
показанного на фиг. 5, имеет только три лепестка, которые все согнуты, но на  
показанной на фигуре проекции изгиб и угол отклонения лепестков показаны  
неясно, однако закономерность, сформулированная в предыдущем параграфе,  
20 также применима и к этому варианту выполнения.

Предпочтительная конструкция жил 13, которые могут быть использованы  
для формирования армирующих элементов 10, 9, 19, показана на фиг. 7-9. На  
фиг. 7 показана двойная жила 22, содержащая пару жил 13а и 13b, проходящих  
параллельно друг другу, которые окружены и соединены пластической  
25 оболочкой 20. На фиг. 8 жила 23 окружена цилиндрической гибкой пластиковой  
оболочкой 21. При изготовлении оболочек 20, 21 можно использовать материалы  
и технологии, аналогичные тем, что используются при изготовлении  
изолированных электрических кабелей, но желательно, чтобы размеры и масса  
оболочки 20, 21 выбирались так, чтобы итоговая плотность изготовленных таким  
30 путем жил 22, 23 была равна или почти равна плотности пастообразного  
самозатвердевающего связующего материала, который будет окружать их в  
процессе использования. В случае использования бетона в качестве  
пастообразного материала, если жилы 13, 13а или 13b выполнены из стали, и

оболочки 20, 21 выполнены из пластического материала, объем оболочек 20, 21 должен выбираться, предпочтительно, примерно в 2,6- 2,8 раз больше объема стали. Когда это условие выполняется, плотность изготовленных таким образом армирующих элементов 10 будет такой же, как и плотность бетона, и когда  
5 элементы 10 вводятся в пастообразный бетон, они не будут тонуть в окружающей среде.

На фиг. 9 показана жила 24, имеющая стальную внутреннюю жилу 13с, вокруг которой намотана лента 25, выполненная из пряжи углеродного волокна или других прочных волокон, и эта волоконная структура прикреплена к  
10 внутренней жиле 13с связующим материалом. При использовании такого варианта выполнения, жила 24 должна быть согнута для изготовления армирующего элемента 10 до отвердевания пластического связующего материала. Выбор этого варианта выполнения предпочтителен и оправдан при использовании в бетонных конструкциях, подвергаемых очень высоким  
15 нагрузкам, поскольку материал, армированный углеродным волокном, имеет прочность на разрыв примерно 5000-8000 МПа, в то время как прочность на разрыв стали обычно составляет от 800 до 1500 МПа, т.е., прочность на разрыв жилы 24 по меньшей мере в пять раз выше, чем у стали, или даже еще больше. Вместо угольных волокон могут быть использованы нити стекловолокна, или  
20 базальта или других пластических волокон, имеющие требуемую прочность.

В том случае, когда жила 13 выполнена из стали, предпочтительно, чтобы она была покрыта тонким слоем цинка для защиты от коррозии.

Наружная поверхность жилы 13 может быть выполнена из материалов, которые имеют значительно меньшую адгезию к бетону или другому  
25 самозатвердевающему пастообразному материалу, поскольку при использовании армирующего элемента 10 передача сил происходит за счет наличия петель 14, которые окружают некоторые небольшие объемы самозатвердевающего пастообразного материала, благодаря чему адгезия между оболочкой и пастообразным материалом имеет второстепенное значение.

Использование армирующих элементов 10 в соответствии с изобретением  
30 предназначено преимущественно для повышения прочности различных формованных конструкций. Наиболее часто используемым самозатвердевающим пастообразным материалом является бетон, однако все чаще возникает

необходимость в упрочнении конструкций из пластических материалов, например, выполненных из полиамида, полипропилена, полиэфира, или другого термопластичного материала со сравнимыми свойствами. Аналогичным способом можно упрочнить композитный материал, выполненный на основе многокомпонентных самозатвердевающих или термореактивных материалов.

В процессе осуществления способа, пастообразный и частично жидкий самозатвердевающий материал смешивают в подходящем резервуаре и в ходе смешивания в смесь вводится заданное количество армирующих элементов 10. Перемешивание продолжается, пока не достигнута требуемая однородность, после чего материал заливается в пространство, окруженное снизу и со всех сторон, соответствующей опалубки или заливочной формы, затем, при необходимости, материал подвергают воздействию вибрации для удаления лишних пузырьков воздуха и оставляют заливочную форму в таком состоянии до затвердевания. В случае необходимости, внешнюю поверхность опрыскивают (необходимо, например, в случае бетона).

Количество вводимых армирующих элементов 10 влияет на прочность выполненной описанным способом конструкции, и путем увеличения этого количества прочность может быть повышена до заданного уровня. Количество, которое может быть добавлено, ограничено только способностью материала принять эти элементы. В случае бетона, нижний предел для добавления армирующих элементов 10 составляет примерно  $70-80 \text{ кг/м}^3$  (если армирующий элемент выполнен из стали), и требуемая прочность достигается при количестве примерно  $150-200 \text{ кг/м}^3$ . Качество бетона должно быть достаточно высоким, с нижним пределом предпочтительного интервала, соответствующим классу C50, что не исключает использования бетона с качеством более низкого класса, однако в этом случае увеличение прочности будет менее заметным. Качество бетона не имеет верхнего предела, однако нет смысла использовать бетон класса более чем примерно C500, или, если и использовать, то только для специальных целей.

С использованием армирующего элемента 10 в соответствии с настоящим изобретением были проведены многочисленные эксперименты, испытания и сравнительные измерения с тем, чтобы лучше понять его свойства и подтвердить, что эти свойства характерны для всех случаев. Перед подробным

описанием экспериментов будут рассмотрены несколько тестов и полученные результаты.

На фиг. 10 и 12 показана схема испытания, использованная для исследования сопротивления изгибу. Для испытаний были изготовлены испытательные образцы квадратного сечения  $150 \times 150 \text{ мм}^2$  длиной 600 мм. На 5 фиг. 10 показан выполненный обычным способом образец 26, в нижней части которого имеется пара расположенных по бокам стальных проволок 27, имеющих концевые части которых отогнуты назад и вверх, как показано на чертеже, диаметром 8 мм. Использовался бетон класса С 25. В процессе 10 испытания, на горизонтальную опорную поверхность на расстоянии 500 мм укладывались два опорных цилиндра 28, 29. Нагрузку представляла вертикальная сила  $F$ , приложенная к нажимному валику 30, и в зависимости от силы  $F$  измерялось вертикальное смещение (изгиб) нижней центральной точки образца 26.

15 В соответствии с предложенным в изобретении способом был изготовлен образец 31 с теми же размерами, с использованием бетона класса С 110, и в этот бетон были введены армирующие элементы 10, показанные на фиг. 1-4, в количестве  $100 \text{ кг/м}^3$ . Диаметр воображаемой сферы, в которую должны быть 20 вписаны эти армирующие элементы 10, составлял 30 мм, диаметр ветвей 15 составлял 0,9 мм, а расстояние между ветвями 15 лепестков 11 составляло 6 мм, а жила была стальной.

Для дальнейшего сравнения, был приготовлен образец аналогичного размера с добавлением обычных армирующих элементов, имеющих на рынке под торговым названием DRAMIX ZC-50/0,8, также в количестве  $200 \text{ кг/м}^3$ . 25 Длина стальных армирующих элементов составляла 50 мм, их диаметр составлял 0,8 мм, а на обоих концах был сделан двойной изгиб. Наконец, следующее испытание было проведено с использованием другого образца с теми же размерами из бетона класса С 25, в который не добавлялось никаких армирующих элементов.

30 Результаты испытаний показаны на графиках, приведенных на фиг. 13. Кривая 32, нанесенная штрих-пунктирной линией, относится к образцу 26, армированному обычными стальными стержнями. Кривая 33, изображенная тонкой пунктирной линией, относится к бетонному образцу без какого-либо

армирования и показывает, что неармированный бетон может выдерживать очень низкие нагрузки и быстро разрушается. Кривая 34, изображенная штриховой линией, относится к образцу, в котором бетон был армирован армирующими элементами DRAMIX. Наконец, кривая 35, нанесенная сплошной линией, относится к образцу 31, выполненному в соответствии с изобретением. Без каких-либо специальных пояснений видно, что бетон с армирующими элементами 10 имеет выдающуюся прочность и устойчивость к воздействиям. Его несущая способность, в сравнении с обычным армированным бетоном 26, выражается соотношением 90/60, т.е., выше на 50%, и он не разрушается после достижения максимума и продолжает сопротивляться даже и с еще большими изгибами за пределами максимальной нагрузки, что является очень ценным свойством в случае, когда имеются переменные нагрузки. Его прочность в пять раз превышает прочность бетона того же размера, армированного элементами DRAMIX, и важно заметить, что его прочность сохраняется при любом направлении приложенной нагрузки.

Далее, со ссылкой на фиг. 14-17, рассматриваются другие свойства технического решения в соответствии с изобретением. Из бетона, армированного элементами DRAMIX, описанного в предыдущем примере, изготовлены образцы кубов 35 с размером ребра 150 мм, и аналогичные образцы кубов 31 были выполнены из бетона, армированного в соответствии с изобретением, и два куба с ребром 150 мм были исследованы посредством компьютерного томографа с получением большого числа рентгенограмм в различных сечениях. На фиг. 14 показана картина, типичная для послойных изображений, полученных на кубе 35, армированном известными элементами.

На квадратной записи представлено изображение куба 35 образца в положении, соответствующем процессу формования, т.е., цифры 1-5 показывают высоту, причем №1 соответствует самой верхней зоне, а №5 самой нижней зоне по высоте. На записи светлые пятна являются изображениями армирующих элементов в соответствующем слое и выглядят, частично, как небольшие кружки, а частично как более короткие или более длинные полосы, в зависимости от расположения элементов в кубе. Записи, сделанные на разных высотах, позволяют вычислить число армирующих элементов на соответствующих высотах. Изображение на фиг. 14 с очевидностью показывает,

что белые пятна, соответствующие армирующим элементам, имеют более высокую плотность в нижней зоне 5, в то время как в верхних зонах можно видеть значительно меньше элементов. На диаграмме 36 на фиг. 15 представлено вычисленное количество  $N$  армирующих элементов в соответствующих зонах.

5 Можно видеть, что в зоне №1 насчитали только около 100 элементов, и это число постепенно нарастает с глубиной, и между зонами №4 и №5 достигает максимума в 460 штук. Изменение, т.е., степень неоднородности, составляет 4,7  
10 раза. Это увеличение плотности в нижнем направлении является следствием более высокого веса стальных армирующих элементов по сравнению с бетоном, и они стремятся опуститься в пастообразном или жидком бетоне. Причиной того, что бóльшая часть элементов не находится в самой нижней области, является то, что элементы могут занимать любое угловое положение, и когда один из их концов достигает опалубки, они не могут смещаться вниз.

На фиг. 16 представлена аналогичная послойная запись для образца куба  
15 37, содержащего армирующие элементы 10 в соответствии с изобретением. При взгляде на изображение сразу можно заметить и определить, что распределение элементов по высоте является значительно более однородным. Различающиеся размеры белых пятен показывают, что армирующие элементы 10 занимают  
20 разные положения, и поэтому пятна их проекций имеют больший или меньший размеры. На фиг. 17, аналогичной фиг. 15, показано количество  $N$  подсчитанных армирующих элементов 10 на соответствующих высотах. Диаграмма 38 представляет более однородное распределение и, в то же время число элементов значительно выше. Наименьшее количество составляет 1000, а наибольшее 1200,  
25 т.е., степень неоднородности достигает 32%, в отличие от 470% в контрольном случае.

Следует заметить, что неоднородность в поперечном направлении была невелика в обоих образцах кубов 35, 37, поскольку в поперечном направлении гравитация проявляется незначительно.

На фиг. 10 был показан обычный испытательный образец 26, выполненный  
30 из обычного бетона, армированного сталью, в несколько преувеличенном масштабе с небольшим изгибом под действием нагрузки. Поскольку нижние слои бетона слегка растягиваются под действием нагрузки, неподвижные армирующие стержни также растягиваются, в результате чего в материале



бетона появляются небольшие трещины, показанные на чертеже в несколько преувеличенном масштабе. На фиг. 11 эти трещины 39 показаны в увеличенном виде, где можно видеть и стальной стержень 40 и окружающие частицы 41 гравия. Наличие трещин 39 на поверхности нагруженной бетонной конструкции, подвергнутой растяжению, можно считать естественным явлением, в результате чего под действием влажности окружающего воздуха или наличия местной влаги, стальной стержень 40 подвергается коррозии, которая со временем может привести к неприятностям, особенно с учетом того, что корродированное железо имеет втрое больший объем, чем сталь. Локальное увеличение объема может создать напряжение в материале бетона и способствовать дальнейшему процессу коррозии и растрескивания, что со временем снижает прочность бетона.

В отличие от описанного выше, в конструкции в соответствии с изобретением, показанной на фиг. 12, образования трещин не происходит, поскольку расширение небольших армирующих элементов 10 существенно меньше и нагружает окружающий бетон сдавливающими, а не растягивающими силами, поэтому образование трещин исключено. В результате снижается или исключается опасность коррозии и существенно повышается полезная долговечность конструкции. Опасность коррозии еще больше снижается, если жила 13 имеет цинковую или пластиковую оболочку.

Стоит проанализировать и перечислить основания, которые, в совокупности, обеспечивают преимущества изобретения в сравнении с известными армирующими элементами. Эти основания вкратце описаны ниже в порядке, не соответствующем степени их важности.

Ранее отмечалось, что соединение, передающее усилие между армирующими элементами 10 и окружающим пастообразным материалом, обусловлено сцеплением между материалом, находящимся первоначально в пастообразном состоянии, который затекал через петли 14, и самими петлями 14, которые удерживают материал после его затвердевания, и это сцепление отличается от фрикционной и адгезионной связи между жилой 13 и окружающей средой. Помимо того факта, что в результате могут быть переданы большие усилия, создается возможность покрытия материала жилы 13 устойчивым к коррозии слоем или даже волокнистым покрытием, увеличивающим прочность

на разрыв, или пластиковой оболочкой, уменьшающей общую плотность в нужной степени.

Наличие лепестков армирующего элемента, расходящихся под не очень большими углами в разных направлениях, в значительной мере способствует перемешиванию, поскольку не происходит образования скоплений элементов или их взаимного зацепления. Если лепесток армирующего элемента проскальзывает в петлю лепестка другого армирующего элемента, то в дальнейшем, под действием сил, возникающих в процессе перемешивания, он легко может выскользнуть оттуда, поэтому нет причин для соединения в процессе перемешивания соседних армирующих элементов. Скопление армирующих элементов происходит при использовании подобных элементов всех известных типов.

Другая проблема создается ранее упомянутой угрозой оседания армирующего элемента в текучей среде. Лепестки армирующего элемента выступают во всех направлениях и действуют как парашют, увеличивая сопротивление движению в текучей среде, при этом не существует какого-либо преимущественного направления, вдоль которого этот эффект не проявляется. Кроме того, частицы гравия могут соприкасаться с лепестками армирующих элементов и создавать локальную опору, предотвращая смещение в среде. В результате перечисленных причин, эффект оседания будет слабее, даже если удельная плотность не уменьшена использованием пластиковой оболочки, регулирующей удельную плотность.

Устранение опасности образования сгустков создает следующее преимущество, а именно, возможность размещения в единице объема значительно большего числа армирующих элементов, благодаря чему также нарастает и эффект упрочнения. Сравнение количеств  $N$  на фиг. 15 и 17 показывает, что эта зависимость подтверждается экспериментально, и в образце бетона, использующем настоящее изобретение, имеется значительно больше армирующих элементов.

Концы лепестков 11 армирующего элемента 10 образованы связанными с ними петлями 14, которые могут вступать в контакт с опалубкой только по соответствующим точкам. Благодаря этому, после того, как опалубку удаляют, на наличие армирующих элементов 10 указывают самое большее небольшие

точки, а не длинные поверхности проволок, как это имеет место в случае известных армирующих элементов. Металлические проволоки, доходящие до наружной поверхности готовых конструкций, являются при этом центрами коррозии, и сильно портят вид наружных поверхностей. При использовании армирующих элементов 10, предложенных в изобретении, даже если не используется антикоррозионная оболочка, будут видны только небольшие точки, но если конструкция предусматривает нанесение цинкового покрытия или пластиковой оболочки, то опасность коррозии не может возникнуть.

Следующее важное свойство состоит в том, что в случае использования армирующих элементов 10 отсутствует преимущественное направление, и в результате хорошего перемешивания и в силу закона больших чисел, лепестки обращены во всех направлениях, и прочность получается полностью изотропной, т.е., это проявляется при любом направлении нагрузки. Это является важным преимуществом по сравнению с ранее используемыми техническими решениями, поскольку отсутствует опасность возникновения локальной анизотропии, как вследствие скопления элементов.

В результате перечисленных факторов, конструкции, использующие армирующие элементы 10 в соответствии с изобретением, могут быть созданы с размерами и предназначаться для любых заданных нагрузок, и не будет возникать проблем из-за того, что несущие свойства будут изменяться и зависеть от используемой технологии и условий производства.

Наконец, следует упомянуть, что также может иметь место и ряд дополнительных преимуществ, поскольку, например, графики, представленные на фиг. 13, показывают, что наблюдается существенное увеличение прочности, а если имеется необходимость в дальнейшем повышении несущей способности, то значительно более прочные конструкции могут быть получены с оболочкой, показанной на фиг. 9, армированной углеродным волокном.

## ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Армирующий элемент (10) для повышения прочности самозатвердевающих пастообразных материалов, выполненный из сгибаемых жил, **отличающийся тем**, что имеет центральную часть (12), из которой расходятся по по меньшей мере трем направлениям соответствующие лепестки (11), каждый из которых имеет по меньшей мере две разнесенные жилы (13) и внешние концы, образованные соответствующими петлями (14), выполненными сгибанием жил (13), из которых изготовлены связанные с ними лепестки (11), причем в каждой петле (14) расстояние между жилами (13) превышает от двух до двадцати пяти раз размер жилы (13), а лепестки (11) расположены так, что в любом полупространстве, отделенном любой плоскостью, проходящей через центральную часть (12), располагается по меньшей мере один из лепестков (11).

2. Армирующий элемент по п. 1, **отличающийся тем**, что длина лепестков (11) превышает их ширину не более чем в десять раз.

3. Армирующий элемент по п. 1 или 2, **отличающийся тем**, что имеет четное количество лепестков (11), и по меньшей мере пара лепестков (11), выступающих в противоположных направлениях, выполнена сгибанием единой жилы (13).

4. Армирующий элемент по п. 1 или 2, **отличающийся тем**, что количество лепестков (11) равно четырем, из которых соответствующие пары лепестков выполнены сгибанием единой жилы (13), а их петли (14) сходятся в центральной части (12) по существу в общей плоскости, пары, образующие лепестки (11), расходящиеся в общей плоскости, располагаются по соответствующим прямым линиям, образуя продолжение друг друга, и лепестки (11) в каждой паре расходятся в противоположных направлениях общей прямой линии, причем одна из пар, образованная лепестками (11), отогнута вверх от общей плоскости на заданный угол ( $\alpha$ ), а другая пара лепестков (11) отогнута также или почти также в противоположном направлении, т.е., вниз от общей плоскости.

5. Армирующий элемент по п. 4, **отличающийся тем**, что угол ( $\alpha$ ) отгиба лепестков (11) относительно общей плоскости составляет от  $20^\circ$  до  $50^\circ$ .

5 6. Армирующий элемент по п. 4 или 5, **отличающийся тем**, что две пары лепестков (11) прикреплены друг к другу в центральной части (12) сгибанием жилы (13), формирующей одну из пар.

7. Армирующий элемент по любому из п.п. 1-6, **отличающийся тем**, что жилы (13) имеют круглое поперечное сечение.

10

8. Армирующий элемент по любому из п.п. 1-7, **отличающийся тем**, что изготовлен сгибанием единой жилы (13).

15 9. Армирующий элемент по любому из п.п. 1-8, **отличающийся тем**, что материалом жил (13, 13а, 13б, 22, 23, 24) является сталь, медь, углеродное волокно, пластик, стекло, базальтовое волокно или комбинация этих материалов.

20 10. Армирующий элемент по любому из п.п. 1-9, **отличающийся тем**, что жилы (13) имеют оболочку для защиты от коррозии и/или для повышения прочности.

25 11. Армирующий элемент по п. 10, **отличающийся тем**, что его средняя плотность регулируется толщиной оболочки так, чтобы быть равной или почти равной плотности пастообразного материала.

12. Армирующий элемент по п. 10 или 11, **отличающийся тем**, что оболочка выполняется из пряжи углеродного волокна или стекловолокна, прикрепленной к жиле (13) связующим материалом.

30 13. Армирующий элемент по любому из п.п. 1-12, **отличающийся тем**, что жилы (13) выполнены из двойной жилы.

14. Способ изготовления конструкции из формовочного материала, обладающей повышенной прочностью, при осуществлении которого смешивают

- из нескольких компонентов материал, находящийся в пастообразном состоянии, заливают его в опалубку или заливочную форму, имеющую требуемую геометрию, после чего позволяют материалу затвердеть или схватиться, **отличающийся тем**, что в материал, находящийся еще в пастообразном
- 5 состоянии, вводят армирующие элементы, выполненные в соответствии с п.п. 1-13, в количестве по меньшей мере  $80 \text{ кг/м}^3$ , и перемешивают добавленные армирующие элементы (10) для их равномерного распределения, после чего и осуществляют заливку.
- 10 15. Способ по п. 14, **отличающийся тем**, что пастообразным материалом является бетон класса по меньшей мере C50 и, предпочтительно, выше C100.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Армирующий элемент (10) для повышения прочности самозатвердевающих пастообразных материалов, выполненный из сгибаемых жил (13) и имеющий центральную часть (12), лежащую по существу в плоскости, и по меньшей мере три лепестка (11), которые расходятся от центральной части в разных пространственных направлениях и каждый из которых образован соответствующими петлями (14), выполненными сгибанием жилы (13), из которой изготовлены соответствующие лепестки (11), и петля (14) имеет внешний конец, взаимосоединяющий две разнесенные ветви (15), образованные согнутой жилой (13) соответствующей петли (14), **отличающийся тем**, что в каждой петле (14) ветви (15) в основном параллельны друг другу так, что расстояние между ними примерно от двух до двадцати пяти раз превышает размер жилы (13), и лепестки (11) расходятся от центральной части (12) с равномерным пространственным распределением так, что отсутствует преимущественное направление лепестков (11), в котором выступает больше лепестков, чем в любом другом направлении, а в любом полупространстве, отделенном любой плоскостью, проходящей через центральную часть (12), располагается по меньшей мере один из лепестков (11).

2. Армирующий элемент по п. 1, **отличающийся тем**, что длина лепестков (11) превышает их ширину не более чем в десять раз.

3. Армирующий элемент по п. 1 или 2, **отличающийся тем**, что он имеет четное количество лепестков (11), и по меньшей мере пара лепестков (11), выступающих в противоположных направлениях, выполнена сгибанием единой жилы (13).

4. Армирующий элемент по п. 1 или 2, **отличающийся тем**, что количество лепестков (11) равно четырем, из которых соответствующие пары лепестков выполнены сгибанием единой жилы (13), а их петли (14) сходятся в центральной части (12) по существу в общей плоскости, пары, образующие лепестки (11), расходящиеся в общей плоскости, располагаются в основном по соответствующим прямым линиям, образуя продолжение друг друга, и лепестки

(11) в каждой паре расходятся в противоположных направлениях общей прямой линии, причем одна из пар, образованная лепестками (11), отогнута вверх от общей плоскости на заданный угол ( $\alpha$ ), а другая пара лепестков (11) отогнута также или почти также в противоположном направлении - вниз от общей плоскости.

5. Армирующий элемент по п. 4, **отличающийся тем**, что угол ( $\alpha$ ) отгиба лепестков (11) относительно общей плоскости составляет от  $20^\circ$  до  $50^\circ$ .

10 6. Армирующий элемент по п. 4 или 5, **отличающийся тем**, что две пары лепестков (11) прикреплены друг к другу в центральной части (12) сгибанием жилы (13), формирующей одну из пар.

15 7. Армирующий элемент по любому из п.п. 1-6, **отличающийся тем**, что жилы (13) имеют круглое поперечное сечение.

8. Армирующий элемент по любому из п.п. 1-7, **отличающийся тем**, что изготовлен сгибанием единой жилы (13).

20 9. Армирующий элемент по любому из п.п. 1-8, **отличающийся тем**, что материалом жил (13, 13а, 13б, 22, 23, 24) является сталь, медь, углеродное волокно, пластик, стекло, базальтовое волокно или комбинация этих материалов.

25 10. Армирующий элемент по любому из п.п. 1-9, **отличающийся тем**, что жилы (13) имеют оболочку для защиты от коррозии и/или для повышения прочности.

30 11. Армирующий элемент по п. 10, **отличающийся тем**, что его средняя плотность регулируется толщиной оболочки так, чтобы быть равной или почти равной плотности пастообразного материала.

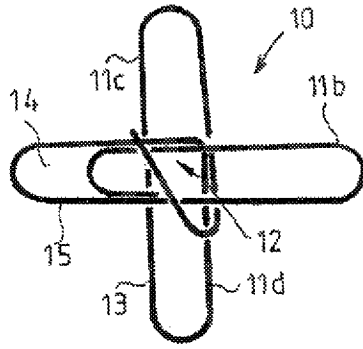
12. Армирующий элемент по п. 10 или 11, **отличающийся тем**, что оболочка выполняется из пряжи углеродного волокна или стекловолокна, прикрепленной к жиле (13) связующим материалом.



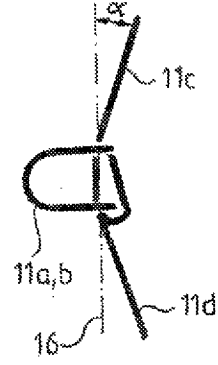
13. Армирующий элемент по любому из п.п. 1-12, **отличающийся тем**, что жилы (13) выполнены из двойной жилы.

5 14. Способ изготовления конструкции из формовочного материала, обладающей повышенной прочностью, при осуществлении которого смешивают из нескольких компонентов материал, находящийся в пастообразном состоянии, затем заливают его в опалубку или заливочную форму, имеющую требуемую геометрию, после чего позволяют материалу затвердеть или схватиться,  
10 **отличающийся тем**, что в материал, находящийся еще в пастообразном состоянии, вводят армирующие элементы по любому из п.п. 1-13, в количестве по меньшей мере  $80 \text{ кг/м}^3$ , и перемешивают добавленные армирующие элементы (10) для их равномерного распределения, после чего осуществляют заливку.

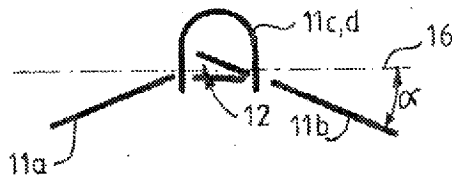
15 15. Способ по п. 14, **отличающийся тем**, что пастообразным материалом является бетон класса по меньшей мере С50 и, предпочтительно, выше С100.



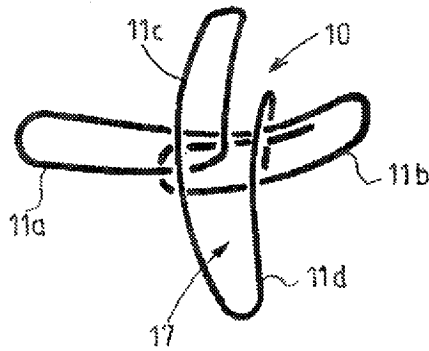
ФИГ. 1



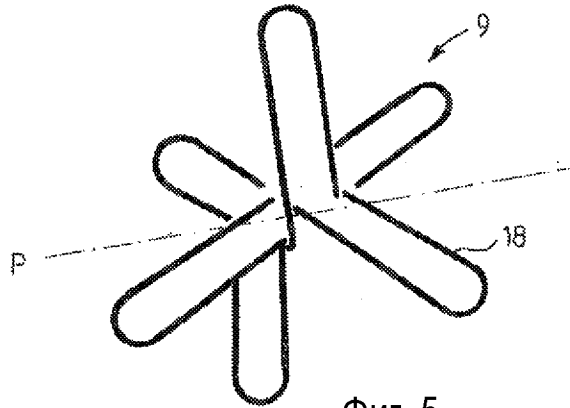
ФИГ. 3



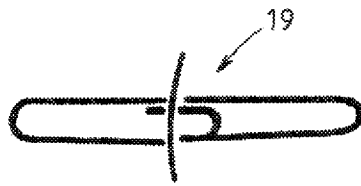
ФИГ. 2



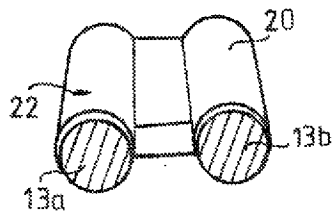
ФИГ. 4



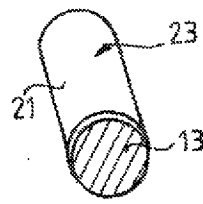
Фиг. 5



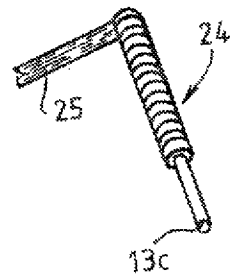
Фиг. 6



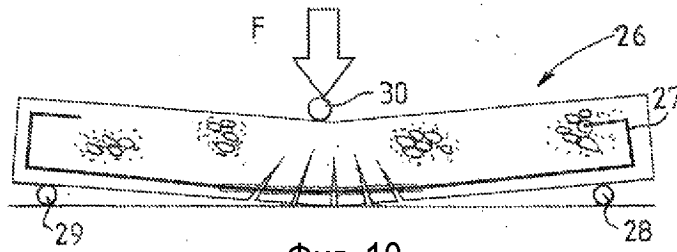
Фиг. 7



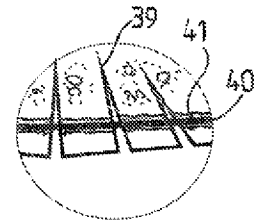
Фиг. 8



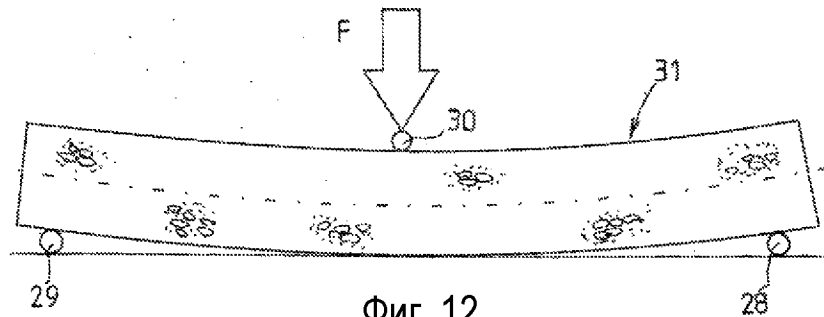
Фиг. 9



Фиг. 10

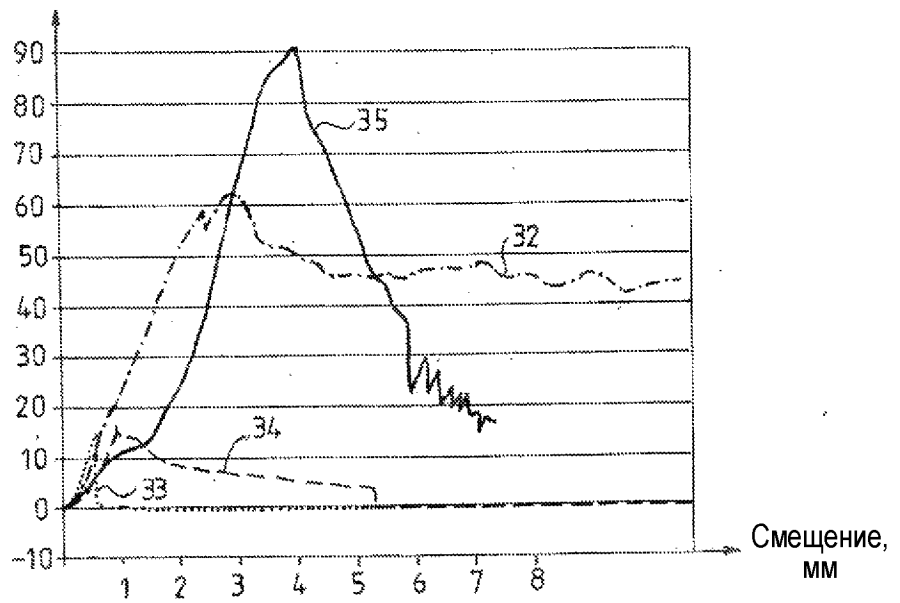


Фиг. 11

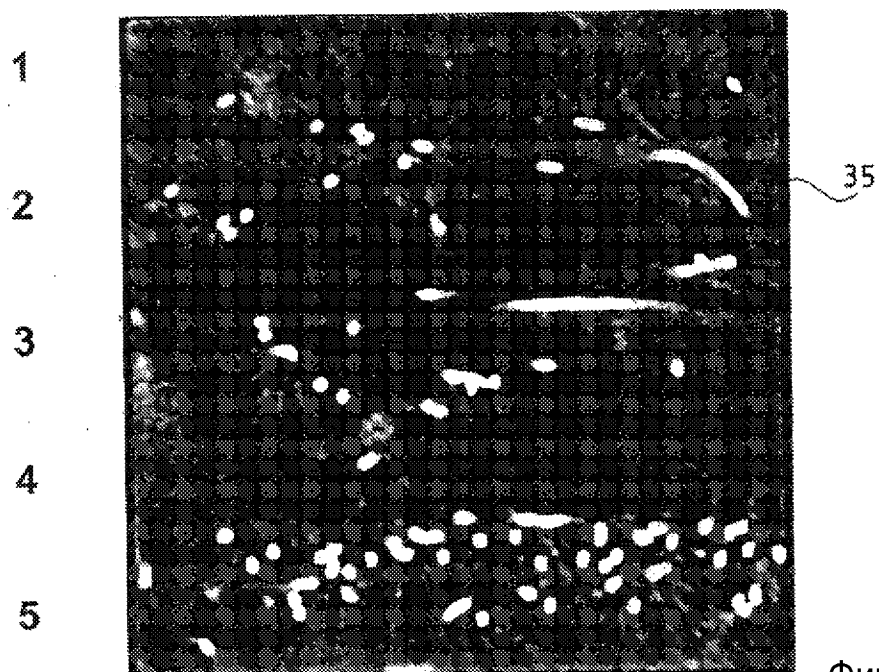


Фиг. 12

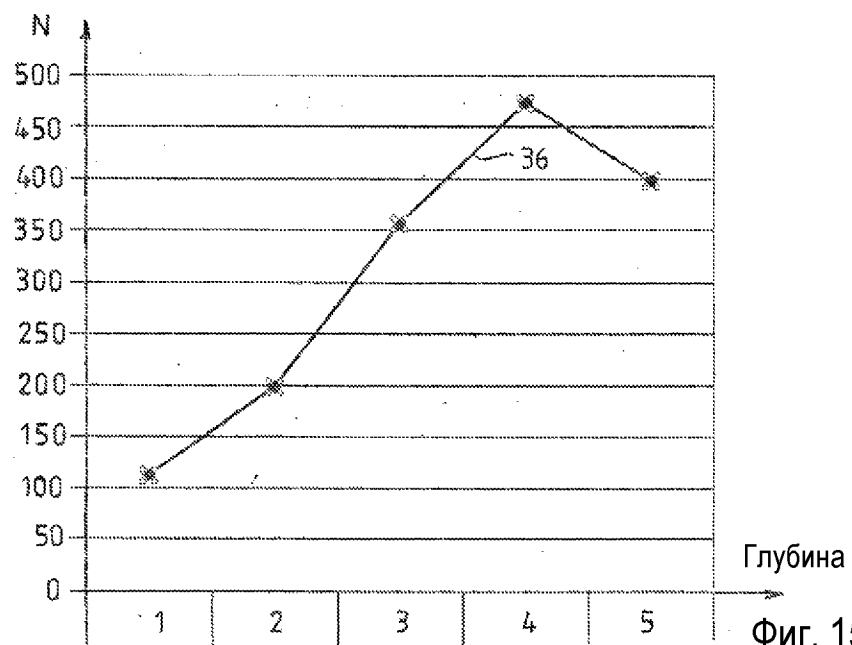
Нагрузка, кН



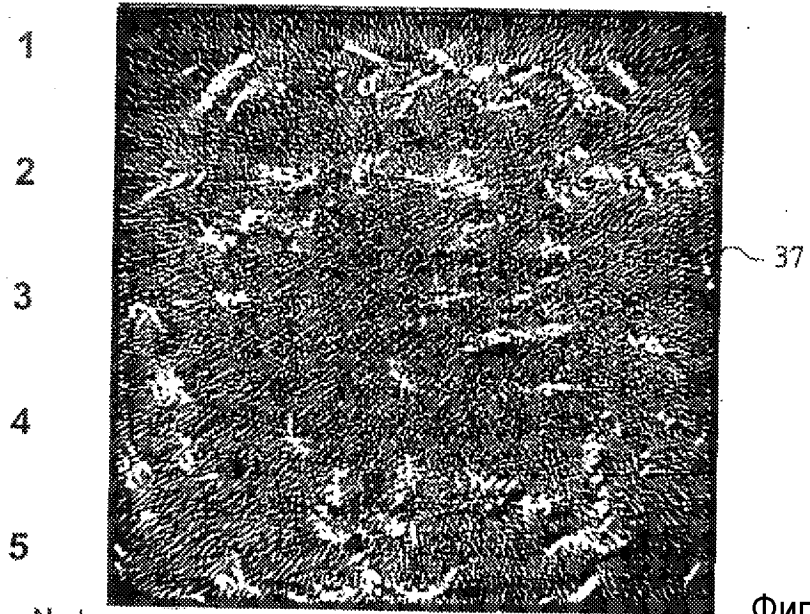
Фиг. 13



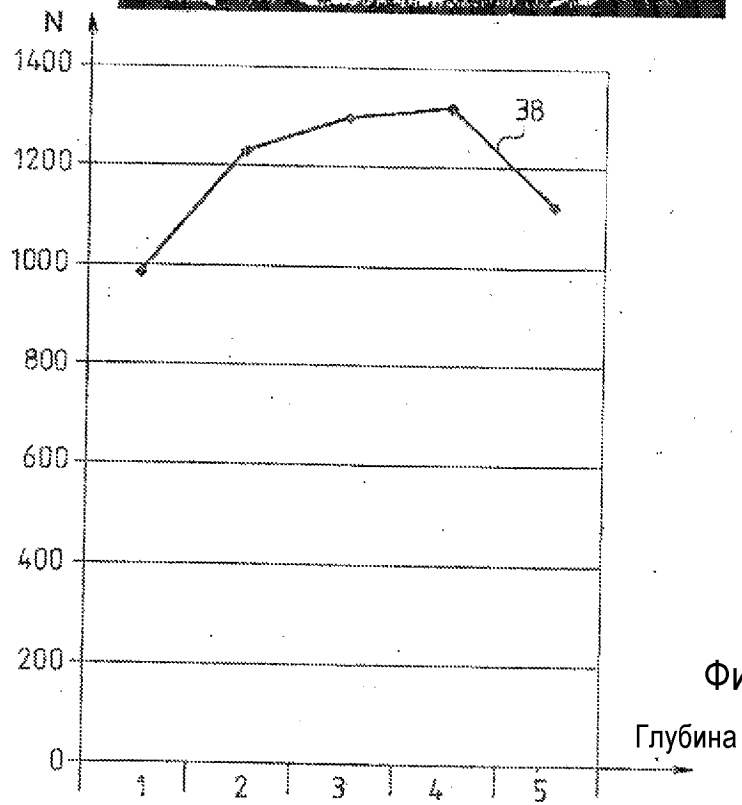
Фиг. 14



Фиг. 15



Фиг. 16



Фиг. 17