



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК  
B29C 64/10 (2017.01)  
B29C 64/40 (2017.01)  
B29C 64/393 (2017.01)  
B33Y 10/00 (2015.01)  
B33Y 30/00 (2015.01)  
B33Y 50/02 (2015.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*B29C 64/10 (2018.02); B29C 64/40 (2018.02); B29C 64/393 (2018.02); B33Y 10/00 (2018.02); B33Y 30/00 (2018.02); B33Y 50/02 (2018.02)*

(21)(22) Заявка: 2016140883, 24.03.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
24.03.2015

Дата регистрации:  
07.09.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
25.03.2014 IT VI2014A000074

(43) Дата публикации заявки: 25.04.2018 Бюл. № 12

(45) Опубликовано: 07.09.2018 Бюл. № 25

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 25.10.2016

(86) Заявка РСТ:  
IB 2015/052139 (24.03.2015)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2015/145346 (01.10.2015)

Адрес для переписки:  
191186, Санкт-Петербург, а/я 230, "АРС-ПАТЕНТ", М.В. Хмара

(72) Автор(ы):

**МАРОЦИН Алессандро (ИТ)**

(73) Патентообладатель(и):  
**ДВС С.Р.Л. (ИТ)**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: PU HUANG, ALGORITHMS FOR LAYERED MANUFACTURING IN IMAGE SPACE, 2012. WO 2012135279 A1, 04.10.2012. EP 1120228 A2, 01.08.2001.

## (54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАДАНИЯ ПОДДЕРЖИВАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ТРЕХМЕРНОГО ОБЪЕКТА, ИЗГОТАВЛИВАЕМОГО ПОСРЕДСТВОМ СТЕРЕОЛИТОГРАФИИ

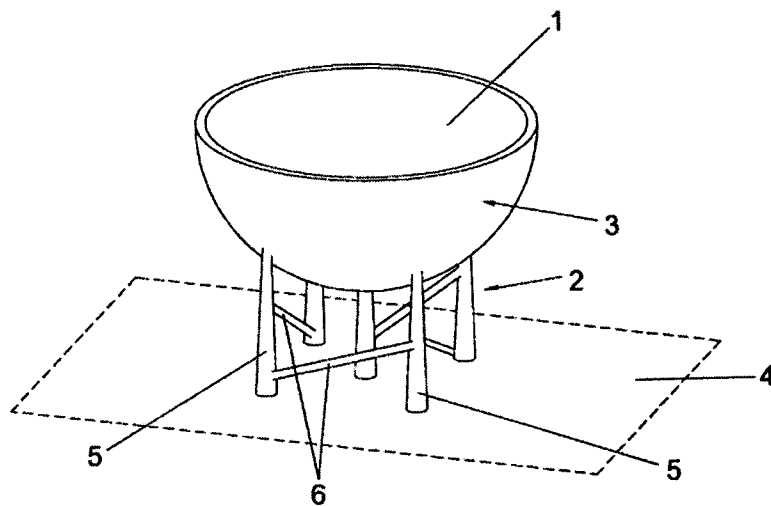
(57) Реферат:

Изобретение относится к способу и устройству для задания поддерживающей конструкции для трехмерного объекта. Компьютерно-реализуемый способ задания поддерживающей конструкции (2) для трехмерного объекта (1), изготавливаемого посредством стереолитографического процесса, содержит следующие операции: задание первой поверхности (3) трехмерного объекта (1), которую требуется поддерживать, и второй поверхности (4),

обращенной к первой поверхности (3), задание вытянутых поддерживающих элементов (5) между поверхностями (3, 4), задание пар поддерживающих элементов (5), задание для каждой пары поддерживающих элементов (5) вытянутого усиливающего элемента (6), соединяющего два поддерживающих элемента (5) данной пары. Указанное задание пары поддерживающих элементов (5) содержит следующие операции: задание референсной точки

(7) каждого поддерживающего элемента (5), задание связного ациклического графа (8), имеющего в качестве вершин референсные точки (7), задание для каждого ребра (9) указанного графа одной пары поддерживающих элементов, содержащей два поддерживающих элемента (5), соответствующих концам ребра (9). Указанное задание пар поддерживающих элементов (5) также содержит операцию задания дополнительной пары поддерживающих элементов для каждой вершины связного

ациклического графа (8), имеющей порядок 1, причем эта дополнительная пара содержит первый поддерживающий элемент (5), соответствующий вершине, имеющей порядок 1, и второй поддерживающий элемент (5), не связанный с первым поддерживающим элементом (5) ни одним ребром (9). Техническим результатом изобретения является уменьшение объема поддерживающей конструкции. 3 н. и 11 з.п. ф-лы, 7 ил.



**ФИГ. 3**

RU 2666444 C2

RU 2666444 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*B29C 64/10* (2017.01)  
*B29C 64/40* (2017.01)  
*B29C 64/393* (2017.01)  
*B33Y 10/00* (2015.01)  
*B33Y 30/00* (2015.01)  
*B33Y 50/02* (2015.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*B29C 64/10* (2018.02); *B29C 64/40* (2018.02); *B29C 64/393* (2018.02); *B33Y 10/00* (2018.02); *B33Y 30/00* (2018.02); *B33Y 50/02* (2018.02)

(21)(22) Application: **2016140883, 24.03.2015**

(24) Effective date for property rights:  
**24.03.2015**

Registration date:  
**07.09.2018**

Priority:

(30) Convention priority:  
**25.03.2014 IT VI2014A000074**

(43) Application published: **25.04.2018** Bull. № 12

(45) Date of publication: **07.09.2018** Bull. № 25

(85) Commencement of national phase: **25.10.2016**

(86) PCT application:  
**IB 2015/052139 (24.03.2015)**

(87) PCT publication:  
**WO 2015/145346 (01.10.2015)**

Mail address:  
**191186, Sankt-Peterburg, a/ya 230, "ARS-PATENT", M.V. Khmara**

(72) Inventor(s):  
**MAROTSIN Alessandro (IT)**

(73) Proprietor(s):  
**DWS S.R.L. (IT)**

(54) **METHOD AND EQUIPMENT FOR DEFINING SUPPORTING STRUCTURE FOR THREE-DIMENSIONAL OBJECT TO BE MADE THROUGH STEREO LITHOGRAPHY**

(57) Abstract:

FIELD: data processing.

SUBSTANCE: invention relates to a method and an apparatus for specifying a supporting structure for a three-dimensional object. Computer-implemented method for specifying supporting structure (2) for three-dimensional object (1), produced by a stereolithographic process, comprises the following operations: setting first surface (3) of three-dimensional object (1) to be supported and second surface (4) facing first surface (3), the assignment of elongated support elements (5) between surfaces (3, 4), setting pairs of support elements (5), task for each pair of support elements (5)

of elongated reinforcing element (6) connecting two supporting elements (5) of the given pair. Specified job of a pair of support elements (5) contains the following operations: reference point (7) definition of each supporting element (5), definition of connected acyclic graph (8) having, as vertices, reference points (7), definition of one pair of support elements containing two supporting elements (5) corresponding to the ends of edges (9) for each edge (9) of specified graph. Specified pair of support elements (5) also contains the operation of specifying an additional pair of support elements for each vertex of connected acyclic graph (8)

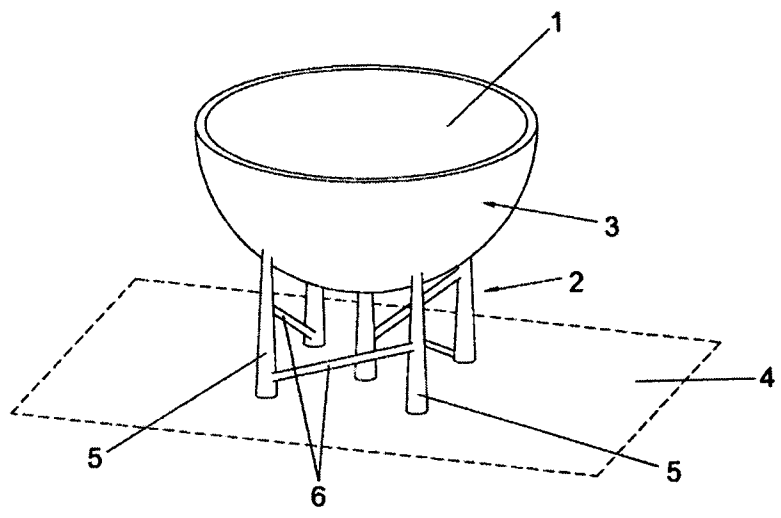
RU 2 666 444 C 2

RU 2 666 444 C 2

of order 1, this additional pair comprises first support element (5) corresponding to a vertex having order of 1 and second support element (5) connected to first support element (5) by no edge (9).

EFFECT: reduced volume of the supporting structure.

14 cl, 7 dwg



ФИГ. 3

RU 2666444 C2

RU 2666444 C2

Изобретение относится к способу и устройству для задания поддерживающей конструкции для трехмерного объекта, изготавливаемого посредством стереолитографии.

5 Как известно, стереолитографический процесс состоит в изготовлении трехмерного объекта посредством последовательного наложения множества слоев, составляющих этот объект.

Каждый слой объекта создают, отверждая путем селективного облучения светом материал, находящийся в жидком или пастообразном состоянии. Как правило, этот материал представляет собой соединение на основе пластических масс, которое  
10 полимеризуется при указанном облучении светом.

Отверждение каждого следующего слоя объекта происходит в соприкосновении с предыдущим отвержденным слоем, который служит опорой для этого следующего слоя.

Этим процессом управляет компьютер, в который введено первое множество данных,  
15 описывающее трехмерную геометрическую форму изготавливаемого объекта.

Компьютер определяет геометрическую форму разных слоев объекта и в соответствии с этой формой управляет стереолитографическим устройством.

Как правило, в этом процессе к трехмерному объекту до начала его фактического изготовления также добавляют поддерживающую конструкцию, которая  
20 изготавливается отверждением в одном с этим объектом стереолитографическом процессе.

Указанная поддерживающая конструкция поддерживает те части слоев, подлежащих отверждению, которые, непосредственно не поддерживаясь уже отвержденными слоями, могут обрушиться или необратимо деформироваться в ходе изготовления объекта.

25 Задание поддерживающей конструкции выполняется указанным компьютером, в который загружена программа, с некоторой степенью автоматизации добавляющая элементы поддерживающей конструкции и формирующая второе множество данных, описывающее трехмерную геометрическую форму, получающуюся в результате объединения изготавливаемого трехмерного объекта с поддерживающей конструкцией.  
30 Указанное второе множество данных затем используется для определения геометрической формы слоев этого трехмерного объекта.

Поддерживающая конструкция содержит множество поддерживающих элементов, соединяющих одну или более поверхностей трехмерного объекта, которые требуется поддерживать, с соответствующими поверхностями, обращенными к указанным  
35 поверхностям трехмерного объекта; поддерживающую конструкцию изготавливают в стереолитографическом процессе до изготовления указанных поверхностей трехмерного объекта.

Способ создания вышеуказанной поддерживающей конструкции раскрыт в европейской заявке EP 1120228 A2.

40 В одном из вариантов поддерживающей конструкции могут быть предусмотрены усиливающие элементы, соединяющие указанные поддерживающие элементы между собой. Усиливающие элементы делают поддерживающую конструкцию жестче и, соответственно, снижают риск того, что на этапе изготовления трехмерный объект обрушится.

45 В известном способе задания поддерживающей конструкции, основанном на указанном варианте, поддерживающую конструкцию задают в виде трехмерной сетки, имеющей заданную форму, по существу, не зависящую от геометрии трехмерного объекта.

Затем элементы сетки, пересекающиеся с трехмерным объектом, удаляют, сохраняя только те элементы сетки, которые расположены снаружи самого объекта.

Оставшуюся часть сетки соединяют с трехмерным объектом дополнительными соединительными элементами таким образом, чтобы получился единый объект.

5 Указанному известному способу присущ недостаток, состоящий в невозможности задать поддерживающую конструкцию оптимальным образом.

Поскольку сетка поддерживающей конструкции задается, по существу, независимо от трехмерного объекта, эта конструкция может иметь слишком малый размер или, наоборот, чрезмерно большой размер относительно конструктивных потребностей  
10 самого объекта.

При слишком малом размере поддерживающая конструкция обладает недостатком, состоящим в том, что ее общий объем недостаточен для должного осуществления функции поддержания трехмерного объекта.

15 Напротив, чрезмерно большая поддерживающая конструкция имеет слишком большой общий объем.

Поскольку время, требуемое для стереолитографического процесса, увеличивается пропорционально объему отверждаемого материала, чрезмерно большая поддерживающая конструкция отрицательно повлияет на общее время изготовления  
20 трехмерного объекта.

Кроме того, чем больше объем поддерживающей конструкции, тем больше объем материала, необходимого для ее изготовления, что повышает общую стоимость  
25 трехмерного объекта.

Чрезмерно большая поддерживающая конструкция также может получиться в результате использования слишком толстой сетки, что создает дополнительный  
30 недостаток, поскольку затрудняет очистку трехмерного объекта, выполняемую в конце стереолитографического процесса.

Известно, что объект, изготовленный посредством стереолитографии, в конце стереолитографического процесса промывают для того, чтобы удалить остатки неотвержденного материала.

35 Указанную операцию промывания выполняют до отделения поддерживающей конструкции от трехмерного объекта.

Как следствие, поддерживающая конструкция затрудняет течение промывающей текучей среды по некоторым поверхностям трехмерного объекта, и чем толще сетка, определяющая конструкцию, тем сильнее выражен этот затрудняющий эффект.

35 Алгоритм построения поддерживающей конструкции раскрыт в публикации Китайского Университета Гонконга «Algorithm for Layered Manufacturing in Image Space - Master Thesis» (Алгоритм для послойного изготовления в пространстве изображения - основные тезисы), автор Pu Huang, опубликовано в октябре 2012 г., где раскрывается алгоритм построения поддерживающей конструкции, охватывающий задание графа,  
40 узлы которого соответствуют точкам привязки указанной конструкции, данный граф используется для задания связей между указанными точками привязки.

Настоящее изобретение направлено на устранение вышеуказанных недостатков, связанных с поддерживающими конструкциями известного типа.

45 В частности, целью настоящего изобретения является предложение поддерживающей конструкции для трехмерного объекта, изготавливаемого посредством стереолитографии, имеющей надлежащую прочность, но меньший общий объем по сравнению с поддерживающей конструкцией, которая может быть получена вышеописанными известными способами.

Указанная цель достигается посредством способа задания поддерживающей конструкции в соответствии с пунктом 1 формулы изобретения.

Указанная цель также достигается посредством устройства для задания указанной поддерживающей конструкции в соответствии с пунктом 13 формулы изобретения.

5 Указанная цель также достигается посредством компьютерного программного продукта в соответствии с пунктом 14 формулы изобретения.

Настоящее изобретение обеспечивает преимущество, состоящее в возможности изготовления поддерживающей конструкции, специфичной для каждого трехмерного объекта, что гарантирует соответствие поддерживающей конструкции конструкционным  
10 характеристикам объекта.

Кроме того, настоящее изобретение обеспечивает преимущество, состоящее в недопущении чрезмерно большого размера указанной поддерживающей конструкции, что ограничивает объем самой конструкции.

Преимуществом снижения объема поддерживающей конструкции является  
15 сокращение как общего времени, требуемого на изготовление трехмерного объекта в стереолитографическом процессе, так и количества материала, необходимого для изготовления, в результате чего снижается стоимость самого объекта.

Кроме того, настоящее изобретение обеспечивает преимущество, состоящее в том, что меньший объем поддерживающей конструкции упрощает промывание трехмерного  
20 объекта, выполняемую по завершении его изготовления.

Указанные цели и преимущества, вместе с другими, отмеченными далее в настоящем документе, иллюстрируются в описаниях нескольких предпочтительных вариантов осуществления настоящего изобретения, представляемых посредством  
неограничивающих примеров со ссылкой на сопровождающие чертежи, на которых:

25 на фиг. 1 представлен аксонометрический вид примера трехмерного объекта, изготавливаемого посредством стереолитографии;

на фиг. 2 представлен объект, полученный объединением трехмерного объекта, показанного на фиг. 1, и части поддерживающей конструкции в соответствии с настоящим изобретением;

30 на фиг. 3 представлен объект, полученный объединением трехмерного объекта, показанного на фиг. 1, и поддерживающей конструкции в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 4 представлена диаграмма связей между элементами поддерживающей конструкции, показанной на фиг. 3;

35 на фиг. 5 представлена диаграмма связей, относящаяся к варианту поддерживающей конструкции, показанной на фиг. 3;

на фиг. 6 представлен вариант поддерживающей конструкции, показанной на фиг. 3;

40 6. на фиг. 7 представляет вариант поддерживающей конструкции, показанной на фиг. 6.

Заявленный способ задания поддерживающей конструкции для трехмерного объекта, изготавливаемого посредством стереолитографии, раскрывается на примере трехмерного объекта, представленного на фиг. 1 и обозначенного позицией 1.

Здесь следует отметить, что с целью сделать чертежи более ясными трехмерный объект 1 целенаправленно представлен имеющим очень упрощенную геометрическую форму по сравнению с объектами, которые обычно изготавливают посредством  
45 стереолитографии.

Однако должно быть понятно, что вышеприведенное описание может быть

аналогичным образом применено к трехмерному объекту любой геометрической формы.

Прежде всего, способ содержит шаг задания первой поверхности 3, которая подлежит поддержке и принадлежит трехмерному объекту 1.

5 Очевидно, что может быть задано множество указанных первых поверхностей в зависимости от геометрической формы объекта, материала, используемого в стереолитографическом процессе, и, если необходимо, других параметров.

Очевидно, что способ согласно настоящему изобретению может быть применен к каждой из указанных первых поверхностей.

10 В соответствии с данным способом, для каждой первой поверхности 3 задается вторая поверхность 4, обращенная к первой поверхности.

Вторая поверхность 4 может быть отдельной от трехмерного объекта 1, как в случае, показанном на чертежах.

Как вариант, вторая поверхность 4 может принадлежать трехмерному объекту 1.

15 Первый вариант подходит, когда первая поверхность 3 будет размещена так, чтобы она была обращена к установочной платформе, служащей опорой трехмерному объекту 1 при его изготовлении, при этом не нужно располагать между ними другие части самого объекта.

20 В частности, вторая поверхность 4 может быть задана таким образом, чтобы при реальном изготовлении трехмерного объекта она совпадала с поверхностью указанной установочной платформы.

Именно этот последний случай показан на фиг. 2 и 3, где указанная вторая поверхность 4 изображена штриховой линией.

25 В соответствии с вариантом осуществления, представленным на фиг. 6, вторая поверхность 4 принадлежит поддерживающему основанию 11, предназначенному для расположения в соприкосновении с указанной установочной платформой. Этот вариант раскрывается более подробно ниже.

30 Если же, напротив, первая поверхность 3 располагается в полости трехмерного объекта 1 или иным образом обращена к другой поверхности самого объекта, то вторая поверхность 4, предпочтительно, принадлежит данному объекту.

В последнем случае второй поверхностью 4, предпочтительно, является поверхность трехмерного объекта 1, непосредственно обращенная к первой поверхности 3, например, поверхность указанной полости, противоположной первой поверхности 3.

35 Очевидно, что один трехмерный объект 1 может быть комбинацией вышеописанных случаев.

После того, как первая поверхность 3 и вторая поверхность 4 определены, способ содержит шаг задания множества поддерживающих элементов 5 вытянутой формы, продолжающихся от первой поверхности 3 до второй поверхности 4, как показано на фиг. 2.

40 Аналогично данному выше примечанию, следует отметить, что поддерживающие элементы 5, показанные на фиг. 2, целенаправленно представлены в сокращенном количестве, чтобы упростить представление.

45 Однако очевидно, что, в общем, количество поддерживающих элементов будет больше, чем показано на чертежах, и будет зависеть от геометрии объекта и других параметров.

В общем случае количество поддерживающих элементов будет больше двух, а в большинстве случаев больше трех.

Несмотря на вышесказанное, раскрытый в настоящем документе способ может быть

применен в любом случае, независимо от количества предусмотренных поддерживающих элементов.

Предпочтительно, но не обязательно, указанные поддерживающие элементы 5 имеют коническую или цилиндрическую форму, но очевидно, что они могут иметь и другие формы.

Поддерживающие элементы 5 также могут быть снабжены ответвлениями на одном конце или на обоих концах, обеспечивающими присоединение к соответствующей поверхности в нескольких точках. Ответвления такого типа не представлены на чертежах, но известны.

Предпочтительно, каждый поддерживающий элемент 5 содержит более тонкую часть, находящуюся на уровне первой поверхности 3 и/или второй поверхности 4, не представленную на чертежах, но известную.

Указанная более тонкая часть дает преимущество, состоящее в упрощении отделения поддерживающего элемента 5 от поверхностей 3 и/или 4 после завершения стереолитографического процесса, в ходе которого был изготовлен трехмерный объект 1.

Указанный способ также содержит операцию задания для каждой пары поддерживающих элементов 5 одного или более усиливающих элементов 6 вытянутой формы, предпочтительно конической или цилиндрической, соединяющих два поддерживающих элемента 5 указанной пары, как показано на фиг. 3.

Указанные усиливающие элементы 6 обеспечивают преимущество, состоящее в возможности увеличения жесткости поддерживающей конструкции 2 при неизменности ее объема, или, как вариант, уменьшения объема поддерживающей конструкции 2 при неизменной жесткости.

В соответствии с настоящим изобретением пары поддерживающих элементов 5, к которым должны быть присоединены указанные усиливающие элементы 6, выбираются с помощью хорошо известной теории графов.

В частности, способ содержит операцию задания референсной точки 7, принадлежащей каждому поддерживающему элементу 5.

Затем формируется связный ациклический граф, вершинами которого являются референсные точки 7.

Как известно, граф представляет собой математическую конструкцию, состоящую из одной пары множеств  $V$  и  $E$ , в которой элементы первого множества  $V$  представляют собой точки в пространстве, называемые вершинами графа, а элементы второго множества  $E$  представляют собой соответствующее количество называемых ребрами графа связей между парами вершин графа.

Соответственно, в математических обозначениях граф  $G$  выражается следующей взаимосвязью:

$$G=(V, E).$$

С формальной точки зрения ребро, соединяющее две обычных вершины  $u$  и  $v$ , представляется парой  $(u, v)$  самих этих вершин.

Очевидно, что для множества вершин  $V$  существует бесконечное множество графов, содержащих указанное множество  $V$ , отличающихся множеством ребер  $E$ . Требование, чтобы граф был связным ациклическим графом, ограничивает количество указанных графов до конечного числа.

В частности, требование, чтобы граф был связным, подразумевает, что для любых двух вершин графа существует соединяющая их последовательность ребер.

Требование, чтобы граф был ациклическим, подразумевает, что любые две вершины

соединяются через одну и только одну последовательность ребер.

В теории графов связный ациклический граф вышеуказанного типа также называется деревом.

Предпочтительно, связные ациклические графы, соответствующий данному множеству вершин, могут быть найдены посредством подходящих известных алгоритмов.

Фиг. 4 представляет схематичный вид в плане связного ациклического графа 8, вершинами которого являются референсные точки 7, который, очевидно, является только одним из возможных графов, имеющих указанные свойства.

Конкретно, каждое ребро 9 графа 8 представлено на фиг. 4 пунктирным отрезком, проходящим между соответствующими референсными точками 7.

В соответствии со способом настоящего изобретения, пары поддерживающих элементов 5, которые должны быть соединены, находят, используя указанный связный ациклический граф 8. Конкретно, для каждого ребра 9 графа 8 задают пару, содержащую два поддерживающих элемента 5, соответствующих концам самого ребра 9. Путем задания пар поддерживающих элементов 5 описанным выше способом можно ограничить объем поддерживающей конструкции 2 по отношению к объему, который может быть получен известными способами.

Из теории графов известно, что связные ациклические графы таковы, что среди всех графов, которые могут быть определены на одном множестве вершин, имеют наименьшее количество ребер и при этом соединяют все вершины этого множества.

В частности, количество ребер связного ациклического графа равно уменьшенному на единицу количеству вершин.

Следовательно, для заданного количества усиливающих элементов 6 между каждой парой поддерживающих элементов 5 задание пар поддерживающих элементов 5 так, как раскрыто выше, дает возможность ограничить количество связей между указанными поддерживающими элементами и, соответственно, количество усиливающих элементов 6, имея при этом все поддерживающие элементы 5 соединенными между собой, и тем самым получить устойчивую поддерживающую конструкцию 2.

Использование теории графов для задания пар усиливающих элементов 5 дает преимущество, состоящее в возможности использования для формирования связного ациклического графа 8 указанных известных алгоритмов.

Предпочтительно, для одной или более пар поддерживающих элементов 5 задают множество отдельных усиливающих элементов 6, схематично показанных на фиг. 3.

Наличие нескольких усиливающих элементов 6 для одной пары поддерживающих элементов 5 обеспечивает преимущество, состоящее в возможности получения более устойчивого соединения между поддерживающими элементами 5, особенно когда элементы 5 очень длинные.

Следствием этого является преимущество, состоящее в большей устойчивости поддерживающей конструкции 2.

Очевидно, что в вариантах осуществления настоящего изобретения количество усиливающих элементов 6, соединяющих данную пару поддерживающих элементов 5, может быть любым, и, кроме того, в разных парах поддерживающих элементов 5 это количество может быть разным.

Предпочтительно, но не обязательно, чтобы усиливающие элементы 6, соединяющие каждую пару поддерживающих элементов 5, были расположены во взаимно наклоненных направлениях, таким образом, чтобы образовывать подобие каркаса, дополнительно увеличивая тем самым устойчивость данного соединения.

Предпочтительно, указанный связный ациклический граф 8 задают таким образом, чтобы он совпадал с наименьшим остовным деревом полного графа, имеющего те же вершины, что и связный ациклический граф 8, а каждому ребру был сопоставлен вес, соответствующий расстоянию между концами указанного ребра.

5 Конкретнее, известно, что полный граф представляет собой граф, в котором любая пара вершин соединена по меньшей мере одним ребром.

Как также известно, наименьшее остовное дерево графа может быть задано только после присваивания веса каждому ребру этого графа, поскольку это дерево задается как конкретное подмножество этого графа, для которого сумма указанных весов  
10 является наименьшей.

В частности, если указанные веса выбраны таким образом, что представляют длины ребер, как раскрыто выше, то наименьшее остовное дерево соответствует дереву, ребра которого имеют наименьшую суммарную длину.

Соответственно, только что описанный выше критерий задания пар поддерживающих элементов 5 дает возможность получения поддерживающей конструкции 2, в которой  
15 усиливающие элементы 6 проходят по наикратчайшему из возможных путей.

Как следствие, обеспечивается преимущество, состоящее в возможности минимизировать объем поддерживающей конструкции 2 при сохранении неизменного количества усиливающих элементов 6 между каждой парой поддерживающих элементов  
20 5.

Преимуществом является возможность определения указанного наименьшего остовного дерева с использованием математических алгоритмов, известных в теории графов.

В вариантах осуществления настоящего изобретения указанные веса могут задаваться  
25 иначе, чем описано выше.

Например, может быть уместно соединить одну или более пар поддерживающих элементов 5 усиливающими элементами, образующими изогнутые траектории и/или линии с разрывами. В этом случае ребрам присваиваются соответствующие веса, равные  
30 длинам соответствующих траекторий.

В соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения задается дополнительная пара поддерживающих элементов 5 на уровне каждой вершины связного ациклического графа 8, имеющей порядок 1.

Конкретно, указанная дополнительная пара содержит первый поддерживающий элемент 5, соответствующий указанной вершине, имеющей порядок 1, и второй  
35 поддерживающий элемент 5, соответствующий вершине графа 8, не соединенной с первой вершиной.

Как известно, вершиной, имеющей порядок 1, называют вершину, встречающуюся только на одном ребре графа, то есть такая вершина соединена с одной и только с одной вершиной графа.

40 Можно понять, что, как следствие, добавление вышеописанной дополнительной пары дает преимущество, состоящее в том, что любой поддерживающий элемент 5 оказывается соединенным с по меньшей мере двумя другими поддерживающими элементами 5, что увеличивает общую конструктивную жесткость поддерживающей конструкции 2.

45 Возможная дополнительная пара схематично представлена на фиг. 5, где обозначена ссылочным номером 10.

Предпочтительно, указанную дополнительную пару задают таким образом, чтобы расстояние между соответствующими вершинами связного ациклического графа 8 было

наименьшим возможным расстоянием.

Это только что описанное условие дает преимущество, состоящее в возможности ограничения до минимума длины усиливающих элементов 6, используемых для соединения указанных дополнительных пар поддерживающих элементов 5.

5 Предпочтительно, эти дополнительные пары задают между двумя поддерживающими элементами 5, каждый из которых соответствует вершине порядка 1, таким образом, чтобы минимизировать количество добавляемых дополнительных пар.

10 Как уже отмечалось, фиг. 6 представляет вариант осуществления настоящего изобретения, в котором вторая поверхность 4 является отдельной от трехмерного объекта 1.

В этом случае все усиливающие элементы 6 лежат на указанной второй поверхности 4 и таким образом соединяют концы поддерживающих элементов 5.

15 В этой конфигурации усиливающие элементы 6 создают поддерживающее основание 11, которое с целью поддержки трехмерного объекта 1 может быть размещено в соприкосновении с установочной платформой стереолитографической машины.

Преимуществом поддерживающего основания 11, формируемого согласно вышеприведенному описанию, является его значительно меньший объем по сравнению с обычно используемыми основаниями, которые продолжаются и в те зоны, где нет поддерживающих элементов 5.

20 Предпочтительно, вторая поверхность 4 является плоской, что дает возможность использовать указанное поддерживающее основание 11 с установочной платформой, имеющей плоскую поверхность, которая соответствует обычно используемому типу установочной платформы.

25 Поддерживающее основание 11, представленное на фиг. 6, создается усиливающими элементами 6, проходящими между поддерживающими элементами 5 в соответствии с теми же связями, которые представлены на фиг. 4.

Фиг. 7 представляет еще один вариант осуществления настоящего изобретения, в котором поддерживающее основание 11 имеет такие же связи, как показано на фиг. 5.

30 Этот вариант отличается от варианта, представленного на фиг. 6, наличием дополнительной связи между поддерживающими элементами 5, соответствующей ребру 10 на фиг. 5.

35 Согласно вышесказанному, можно понять, что графы, которые могут быть получены способом в соответствии с вышеприведенными несколькими вариантами, могут быть использованы для создания как поддерживающей конструкции 2 с конфигурацией решетчатого типа, представленного на фиг. 3, так и поддерживающего основания 11, такого типа, как представлено на фиг. 6 и 7.

40 Очевидно, что в вариантах осуществления настоящего изобретения в поддерживающей конструкции 2 могут использоваться усиливающие элементы 6 обоих типов, не обязательно располагающиеся на одних и тех же парах поддерживающих элементов 5.

Что касается задания референсных точек 7, то его, предпочтительно, выполняют путем задания предпочтительно плоской референсной поверхности, пересекающей все поддерживающие элементы 5.

45 Каждую референсную точку 7 задают таким образом, чтобы она принадлежала области пересечения соответствующего поддерживающего элемента 5 и указанной референсной поверхности.

Предпочтительно, указанную референсную поверхность задают таким образом, чтобы она проходила через поддерживающие элементы 5 на высоте соответствующих

срединных точек.

В соответствии с вариантом осуществления, референсную поверхность задают таким образом, чтобы она совпадала с первой поверхностью 3 или со второй поверхностью 4.

5 Еще один вариант осуществления содержит задание референсной поверхности аналогично раскрытому выше, а затем задание поддерживающей точки, принадлежащей зоне пересечения каждого поддерживающего элемента 5 и указанной референсной поверхности.

10 Каждую из указанных поддерживающих точек проецируют на заданную, предпочтительно, плоскую поверхность проекции, и таким образом получают соответствующую референсную точку 7.

Указанная поверхность проекции может совпадать с первой поверхностью 3 или со второй поверхностью 4.

15 Вышеописанный способ может также применяться к нескольким группам поддерживающих элементов 5, когда усиливающие элементы 6 соединяют поддерживающие элементы 5 внутри каждой группы, но не соединяют эти группы между собой.

В этом случае данный способ применяется отдельно к каждой группе поддерживающих элементов 5 с целью формирования соответствующих связанных ациклических графов 8. Данный вариант может, предпочтительно, применяться к 20 случаю, в котором имеются группы относительно близких друг к другу поддерживающих элементов 5, в то же время удаленных от других поддерживающих элементов 5, поскольку при его использовании не создаются чрезмерно длинные усиливающие элементы 6 и не приходится пренебрегать устойчивостью внутри каждой группы.

25 Вышеописанный способ осуществляется, предпочтительно, посредством устройства, содержащего компьютер, не представленный на чертежах, но сам по себе известный, снабженный модулем обработки и запоминающим устройством, к которой указанное устройство обработки данных может обращаться.

30 Указанное устройство содержит средства для приема первого множества данных, описывающего геометрическую форму трехмерного объекта 1, и загрузки указанного множества в указанное запоминающее устройство.

Указанное устройство также содержит средства для задания первой поверхности 3, подлежащей поддержке, и средства для задания соответствующей второй поверхности 4.

35 Указанное устройство также содержит средства для задания поддерживающих элементов 5, средства для задания пар поддерживающих элементов 5 и средства для задания усиливающих элементов 6 между указанными парами.

40 Указанное устройство также содержит средства для формирования второго множества данных, описывающих геометрическую форму, образующуюся в результате объединения поддерживающих элементов 5 и усиливающих элементов 6 с трехмерным объектом 1, и для загрузки указанного второго множества данных в запоминающее устройство.

В соответствии с настоящим изобретением, указанные средства для задания пар поддерживающих элементов 5 содержат средства для задания референсной точки 7, 45 принадлежащей каждому поддерживающему элементу 5, средства для задания указанного связанного ациклического графа 8 и средства для задания одной пары поддерживающих элементов для каждого ребра 9 указанного связанного ациклического графа 8, как описано выше.

Указанное устройство, предпочтительно, конфигурируется посредством компьютерного программного продукта, содержащего средства обработки данных, снабженные программными сегментами, которые при выполнении на указанном компьютере реализуют вышеописанные средства указанного устройства.

5 Вышеприведенные пояснения дают возможность понять, что посредством вышеописанных способа, устройства и компьютерного программного продукта реализуются все поставленные цели.

В частности, настоящее изобретение дает возможность создания поддерживающей конструкции, имеющей уменьшенный объем по сравнению с поддерживающими  
10 конструкциями известного уровня техники.

#### (57) Формула изобретения

1. Компьютерно-реализуемый способ задания поддерживающей конструкции (2) для трехмерного объекта (1), изготавливаемого посредством стереолитографического  
15 процесса, включающий следующие операции:

задают первую поверхность (3), которая подлежит поддержке и принадлежит указанному трехмерному объекту (1);

задают вторую поверхность (4), обращенную к указанной первой поверхности (3);

20 задают множество поддерживающих элементов (5), имеющих вытянутую форму и проходящих от указанной первой поверхности (3) до указанной второй поверхности (4);

задают множество пар указанных поддерживающих элементов (5);

для каждой пары из указанного множества пар поддерживающих элементов (5) задают по меньшей мере один усиливающий элемент (6), имеющий вытянутую форму  
25 и соединенный с двумя поддерживающими элементами (5) указанной пары,

при этом указанная операция задания указанного множества пар поддерживающих элементов (5) содержит следующие шаги:

задают для каждого поддерживающего элемента (5) принадлежащую ему референсную точку (7);

30 задают связный ациклический граф (8), имеющий в качестве вершин указанные референсные точки (7) и содержащий соответствующие ребра (9) между указанными вершинами;

задают одну из указанных пар поддерживающих элементов для каждого из указанных ребер (9), причем указанная пара содержит два поддерживающих элемента (5),  
35 соответствующих концам указанного ребра (9),

отличающийся тем, что указанная операция задания указанного множества пар поддерживающих элементов (5) включает дополнительную операцию задания дополнительной пары поддерживающих элементов для каждой вершины указанного связного ациклического графа (8), имеющей порядок 1, указанная дополнительная пара  
40 содержит первый поддерживающий элемент (5), соответствующий указанной вершине, имеющей порядок 1, а второй из указанных поддерживающих элементов (5) не связан с указанным первым поддерживающим элементом (5) ни одним из указанных ребер (9).

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что указанный связный ациклический граф (8) задают таким образом, чтобы он совпадал с наименьшим остовным деревом полного  
45 графа, имеющего те же вершины, что и указанный связный ациклический граф (8), при этом каждому ребру (9) присваивают вес, равный значению расстояния между концами указанного ребра (9).

3. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что указанные дополнительные пары задают таким образом, чтобы сумма расстояний между соответствующими вершинами указанного связного ациклического графа (8) была наименьшей.

5 4. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что указанная операция задания указанного по меньшей мере одного усиливающего элемента (6) включает операцию задания множества указанных усиливающих элементов (6), отличающихся один от другого, для по меньшей мере одной пары из указанного множества пар поддерживающих элементов (5).

10 5. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что указанная вторая поверхность принадлежит указанному трехмерному объекту (1).

6. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что указанная вторая поверхность (4) является отдельной от указанного трехмерного объекта (1), при этом все указанные усиливающие элементы (6) лежат на указанной второй поверхности (4).

15 7. Способ по п. 6, отличающийся тем, что указанная вторая поверхность (4) является плоской.

8. Способ по любому из пп. 1, 2, 7, отличающийся тем, что каждый из указанных поддерживающих элементов (5) имеет соответствующую более тонкую часть, находящуюся на уровне первой поверхности (3) или соответствующей второй поверхности (4).

20 9. Способ по любому из пп. 1, 2, 7, отличающийся тем, что указанные усиливающие элементы (6) имеют коническую или цилиндрическую форму.

10. Способ по любому из пп. 1, 2, 7, отличающийся тем, что указанное задание указанных референсных точек (7) включает следующие операции:

25 задают референсную поверхность, пересекающую все указанные поддерживающие элементы (5);

для каждого поддерживающего элемента (5) задают соответствующую референсную точку (7) в зоне пересечения указанного поддерживающего элемента (5) и указанной референсной поверхности.

30 11. Способ по любому из пп. 1, 2, 7, отличающийся тем, что указанное задание указанных референсных точек включает следующие операции:

задают референсную поверхность, пересекающую все указанные поддерживающие элементы (5);

задают поддерживающую точку в зоне пересечения каждого поддерживающего элемента (5) с указанной референсной поверхностью;

35 задают поверхность проекции;

задают каждую из указанных референсных точек (7) как проекцию соответствующей одной из указанных поддерживающих точек на указанную поверхность проекции.

40 12. Способ по п. 10, отличающийся тем, что указанная референсная поверхность совпадает с указанной первой поверхностью (3) или с указанной второй поверхностью (4).

13. Устройство для задания поддерживающей конструкции (2) для трехмерного объекта (1), изготавливаемого посредством стереолитографического процесса, содержащее:

45 компьютер, содержащий модуль обработки данных и запоминающее устройство, к которому указанный модуль обработки данных имеет доступ;

средства для приема первого множества данных, описывающего геометрическую форму указанного трехмерного объекта (1), и для загрузки указанного первого множества данных в указанное запоминающее устройство;

средства для задания первой поверхности (3), которая подлежит поддержке и которая принадлежит указанному трехмерному объекту (1);

средства для задания второй поверхности (4), обращенной к указанной первой поверхности (3);

5 средства для задания множества поддерживающих элементов (5), имеющих вытянутую форму и проходящих от указанной первой поверхности (3) до указанной второй поверхности (4);

средства для задания множества пар указанных поддерживающих элементов (5);

10 средства для задания для каждой пары из указанного множества пар поддерживающих элементов (5) по меньшей мере одного усиливающего элемента (6), имеющего вытянутую форму и соединенного с указанными двумя соответствующими поддерживающими элементами (5);

15 средства для формирования второго множества данных, описывающих геометрическую форму, получаемую в результате объединения указанных поддерживающих элементов (5) и указанных усиливающих элементов (6) с указанным трехмерным объектом (1), и для загрузки указанного второго множества данных в указанное запоминающее устройство,

при этом указанные средства для конструирования указанного множества пар поддерживающих элементов (5) содержат:

20 средства для задания для каждого поддерживающего элемента (5) принадлежащей ему референсной точки (7);

средства для задания связного ациклического графа (8), имеющего в качестве вершин указанные референсные точки (7) и содержащего соответствующие ребра (9) между указанными вершинами;

25 средства для задания одной пары поддерживающих элементов для каждого из указанных ребер (9), причем указанная пара содержит два поддерживающих элемента (5), соответствующих концам указанного ребра (9),

отличающееся тем, что указанные средства для задания указанного множества пар поддерживающих элементов (5) выполнены так, чтобы для каждой вершины указанного 30 связного ациклического графа (8), имеющей порядок 1, задавать дополнительную пару поддерживающих элементов, причем указанная дополнительная пара содержит первый поддерживающий элемент (5), соответствующий указанной вершине, имеющей порядок 1, а второй из указанных поддерживающих элементов (5) не связан с указанным первым поддерживающим элементом (5) ни одним из указанных ребер (9).

35 14. Средство для обработки данных, снабженное программными сегментами, выполненными так, что при выполнении на компьютере, содержащем модуль обработки данных и запоминающее устройство, к которому указанный модуль обработки данных имеет доступ, указанные программные сегменты определяют:

40 средства для сбора первого множества данных, представляющего геометрическую форму указанного трехмерного объекта (1), и для загрузки указанного первого множества данных в указанное запоминающее устройство;

средства для задания первой поверхности (3), которая подлежит поддержке и принадлежит указанному трехмерному объекту (1);

45 средства для задания второй поверхности (4), обращенной к указанной первой поверхности (3);

средства для задания множества поддерживающих элементов (5), имеющих вытянутую форму и проходящих от указанной первой поверхности (3) до указанной второй поверхности (4);

средства для задания множества пар указанных поддерживающих элементов (5);  
средства для задания для каждой пары из указанного множества пар поддерживающих элементов (5) по меньшей мере одного усиливающего элемента (6), имеющего вытянутую форму и соединенного с указанными двумя соответствующими поддерживающими элементами (5);

5 средства для формирования второго множества данных, представляющих геометрическую форму, образующуюся в результате объединения указанных поддерживающих элементов (5) и указанных усиливающих элементов (6) с указанным трехмерным объектом (1), и для загрузки указанного второго множества данных в  
10 указанное запоминающее устройство,

при этом указанные средства для задания указанного множества пар поддерживающих элементов (5) содержат:

средства для задания для каждого поддерживающего элемента (5) принадлежащей ему референсной точки (7);

15 средства для задания связного ациклического графа (8), имеющего в качестве вершин указанные референсные точки (7) и содержащего соответствующие ребра (9) между указанными вершинами;

средства для задания одной пары поддерживающих элементов для каждого из указанных ребер (9), причем указанная пара содержит два поддерживающих элемента  
20 (5), соответствующих концам указанного ребра (9),

отличающееся тем, что указанные средства для задания указанного множества пар поддерживающих элементов (5) выполнены так, чтобы для каждой вершины указанного связного ациклического графа (8), имеющей порядок 1, задавать дополнительную пару поддерживающих элементов, причем указанная дополнительная пара содержит первый  
25 поддерживающий элемент (5), соответствующий указанной вершине, имеющей порядок 1, а второй из указанных поддерживающих элементов (5) не связан с указанным первым поддерживающим элементом (5) ни одним из указанных ребер (9).

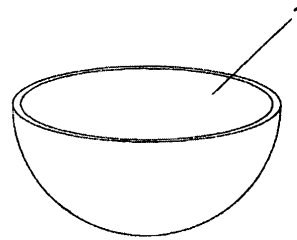
30

35

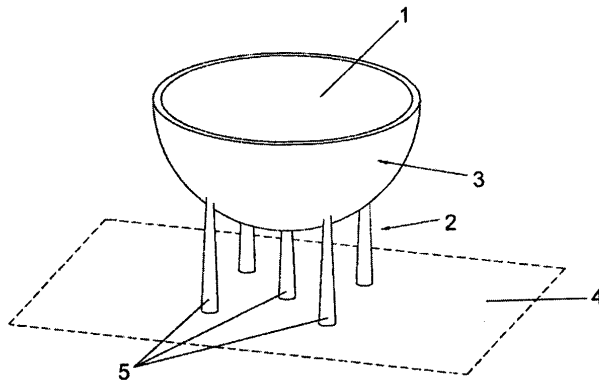
40

45

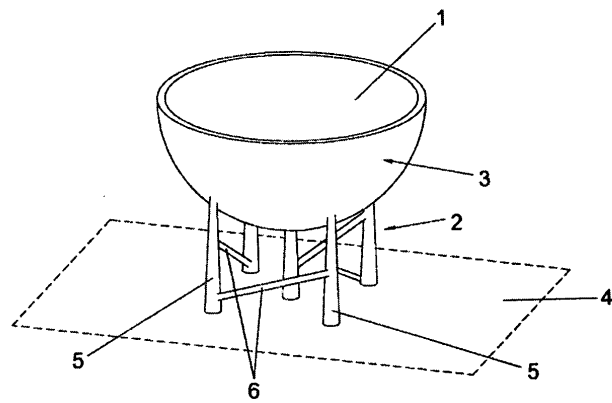
1



**ФИГ. 1**

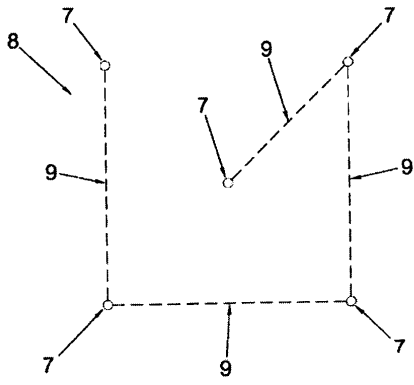


**ФИГ. 2**

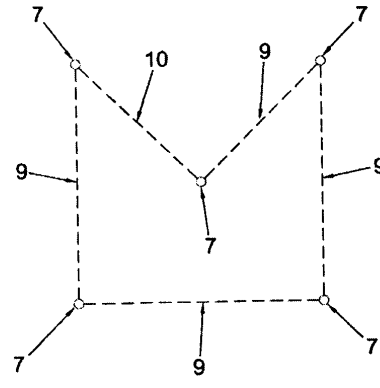


**ФИГ. 3**

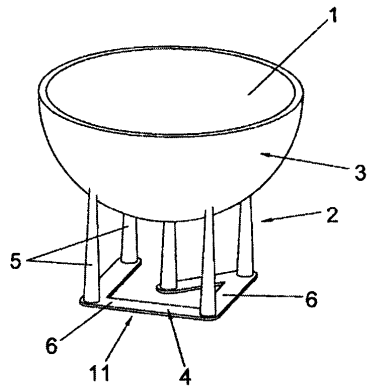
2



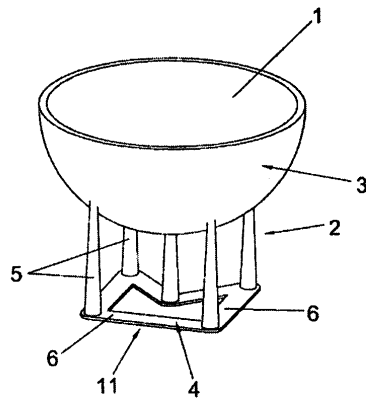
**ФИГ. 4**



**ФИГ. 5**



**ФИГ. 6**



**ФИГ. 7**