



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B21D 53/00 (2021.05)

(21)(22) Заявка: 2017136732, 18.10.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.10.2017Дата регистрации:
20.09.2021

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
23.01.2017 US 15/412,674

(43) Дата публикации заявки: 18.04.2019 Бюл. № 11

(45) Опубликовано: 20.09.2021 Бюл. № 26

Адрес для переписки:

190000, Санкт-Петербург, ВОХ-1125,
"ПАТЕНТИКА"

(72) Автор(ы):

ГЕНРИ Челси Элизибет (US),
ЛАРКИН Джереми Роберт (US),
ЛАРКИН Кари П. (US),
ТАТ Хун Хюэ (US),
ВУ Юань-Цзэ (US)

(73) Патентообладатель(и):

ЗЕ БОИНГ КОМПАНИ (US)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2145547 C1, 20.02.2000. RU
2395729 C2, 27.07.2010. RU 2524233 C2,
27.07.2014. US 2015106062 A1, 16.04.2015. RU
133773 U1, 27.10.2013.

(54) СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ ДЕТАЛИ

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к способу получения композитной детали, к системе для получения композитной детали, а также к некротковременному компьютерочитаемому носителю данных. В одном из примеров предложен способ получения композитной детали, согласно которому, на основании спецификации детали, режут слои материала в заданной последовательности и размещают слои с получением стопы. Для каждого слоя после размещения слоя и перед резкой следующего слоя в заданной последовательности, согласно способу также: (i) сканируют по длине слоя чтобы определить изображение, (ii) определяют по меньшей мере два края слоя на основании изображения, (iii) определяют измеренную

ширину в местах по длине слоя на основании указанных краев, (iv) сравнивают измеренную ширину в каждом месте с целевой шириной в этом же месте, (v) принимают решение на основании произведенного сравнения, следует ли скорректировать процесс изготовления, и, (vi) если указанным решением является проведение корректировки процесса изготовления, осуществляют последующую корректировку процесса изготовления на основании произведенного сравнения. При этом целевая ширина в каждом месте указана в спецификации детали. Заявленная группа изобретений обеспечивает повышение механических свойств получаемых изделий. 3 н. и 17 з.п. ф-лы, 23 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B21D 53/00 (2021.05)

(21)(22) Application: **2017136732, 18.10.2017**

(24) Effective date for property rights:
18.10.2017

Registration date:
20.09.2021

Priority:

(30) Convention priority:
23.01.2017 US 15/412,674

(43) Application published: **18.04.2019 Bull. № 11**

(45) Date of publication: **20.09.2021 Bull. № 26**

Mail address:
**190000, Sankt-Peterburg, BOX-1125,
"PATENTIKA"**

(72) Inventor(s):

**GENRI Chelsi Elizibet (US),
LARKIN Dzheremi Robert (US),
LARKIN Kari P. (US),
TAT Khun Khyue (US),
VU Yuan-Tsze (US)**

(73) Proprietor(s):

ZE BOING KOMPANI (US)

(54) **SYSTEMS AND METHODS FOR PRODUCING COMPOSITE PART**

(57) Abstract:

FIELD: composite materials.

SUBSTANCE: group of inventions relates to a method for producing a composite part, to a system for producing a composite part, as well as to a non-short-term computer-readable data carrier. In one of examples, a method for producing a composite part is proposed, according to which, based on the part specification, material layers are cut in the given sequence, and layers are placed to obtain a stack. For each layer, after the layer placement and before cutting the following layer in the given sequence, according to the invention: (i) scanning is performed along the layer length to determine an image, (ii) at least two layer edges are determined based on the image, (iii) the measured width

is determined at places along the layer length based on the specified edges, (iv) the measured width at each place is compared with the target width at the same place, (v) a decision is made based on the performed comparison, whether the production process should be adjusted, and (vi) if the specified decision is adjustment of the production process, the following adjustment of the production process is carried out based on the performed comparison. The target width in each place is indicated in the part specification.

EFFECT: claimed group of inventions provides for an increase in mechanical properties of obtained products.

20 cl, 23 dwg

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение в целом относится к композитным деталям, в частности к системам и способам получения композитной детали.

Если не указано иное, материалы, приведенные в данном разделе, не являются уровнем техники для пунктов формулы изобретения, при этом не предполагается включение указанных материалов в данный раздел в качестве уровня техники.

Благодаря легкости и высокой прочности композитные материалы находят широкое применение при изготовлении деталей во множестве различных областей промышленности. Например, в аэрокосмической промышленности используют композитные детали для создания легких конструктивных компонентов воздушного летательного аппарата и космического летательного аппарата, таких как, например, несущие конструкции фюзеляжа, стрингеры, крылья, горизонтальные стабилизаторы и/или вертикальные стабилизаторы. Один из подходов получения композитной детали включает резку множества слоев композитного материала, размещение слоев на каркасе, имеющем требуемую форму, и последующую термообработку слоев, которым придана требуемая форма.

РАСКРЫТИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Предложены способ и система для получения композитной детали. В одном из примеров способ получения композитной детали включает резку, по одному слою за раз в заданной последовательности на основании спецификации детали, множества слоев материала. В спецификации детали указаны параметры процесса изготовления для получения композитной детали. Способ также включает размещение, по одному слою за раз на основании спецификации детали, множества слоев с получением стопы в области измерения наслаивающего устройства. Для каждого слоя, после его размещения и перед резкой следующего слоя в последовательности, способ включает

- (i) сканирование слоя по длине для определения изображения слоя,
- (ii) определение, на основании указанного изображения, по меньшей двух краев слоя,
- (iii) определение, на основании указанных по меньшей двух краев, измеренной ширины во множестве мест по длине слоя,
- (iv) сравнение ширины слоя в каждом месте, с целевой шириной в месте,
- (v) принятие решения, на основании произведенного сравнения, следует ли скорректировать процесс изготовления, и
- (vi) если указанным решением является проведение корректировки процесса изготовления, осуществление последующей корректировки процесса изготовления на основании произведенного сравнения измеренной ширины с целевой шириной в каждом месте.

Параметры, указанные в спецификации детали, содержат целевую ширину в каждом месте по длине слоя. Кроме того, по меньшей мере для одного слоя принимают решение скорректировать процесс изготовления.

Еще в одном примере система для получения композитной детали содержит режущее устройство для резки множества слоев материала, по одному слою за раз, область измерения для приема указанного множества слоев, по одному слою за раз с получением стопы и измерительное устройство для сканирования области измерения. Система также содержит контроллер, выполненный с возможностью побуждать режущее устройство резать, на основании спецификации детали, множества слоев в последовательности по одному слою за раз. В спецификации детали указаны параметры процесса изготовления для получения композитной детали. Для каждого слоя, после приема слоя в области измерения и перед резкой режущим устройством следующего слоя в последовательности,

контроллер дополнительно выполнен с возможностью:

(i) побуждать измерительное устройство сканировать слой по длине для определения изображения слоя,

(ii) определять, на основании изображения, по меньшей мере два края слоя,

5 (iii) определять, на основании по меньшей мере двух краев, измеренной ширины во множестве мест по длине слоя,

(iv) сравнивать измеренную ширину слоя в каждом месте с целевой шириной в месте,

(v) принимать решение, на основании произведенного сравнения, следует ли скорректировать процесс изготовления, и

10 (vi) если указанным решением является проведение корректировки процесса изготовления, осуществлять последующую корректировку, на основании произведенного сравнения, по меньшей мере одного параметра из спецификации детали для резки следующего слоя в последовательности.

15 Параметры, указанные в спецификации детали, содержат целевую ширину в каждом месте по длине слоя. По меньшей мере для одного слоя принимают решение скорректировать процесс изготовления.

Еще в одном примере предложен некрatkвременный компьютерочитаемый носитель данных, содержащий хранящиеся на нем программные инструкции, которые при их исполнении контроллером, побуждают систему изготовления композитных деталей 20 выполнять ряд действий. Система изготовления композитных деталей содержит режущее устройство для резки множества слоев материала, область измерения для приема множества слоев с получением стопы и измерительное устройство для сканирования области измерения. Ряд действий включает резку режущим устройством, на основании спецификации детали, множества слоев в последовательности по одному слою за раз.

25 В спецификации детали указаны параметры процесса изготовления для получения композитной детали. Ряд действий также включает размещение, на основании спецификации детали, множества слоев по одному слою за раз с получением стопы в области измерения. Для каждого слоя, после размещения слоя и перед резкой следующего слоя в последовательности, ряд действий дополнительно включает:

30 (i) сканирование, посредством измерительного устройства, слоя по длине для определения изображения слоя,

(ii) определение, на основании изображения, по меньшей мере двух краев слоя,

(iii) определение, на основании по меньшей мере двух краев, измеренной ширины во множестве мест по длине слоя,

35 (iv) сравнение измеренной ширины слоя в каждом месте с целевой шириной в месте,

(v) принятие решения, на основании произведенного сравнения, следует ли скорректировать процесс изготовления, а

40 (vi) если указанным решением является проведение корректировки процесса изготовления, осуществление последующей корректировки, на основании произведенного сравнения, по меньшей мере одного параметра из спецификации детали для резки следующего слоя в последовательности.

Параметры, указанные в спецификации детали, содержат целевую ширину в каждом месте по длине слоя. По меньшей мере для одного слоя принимают решение скорректировать процесс изготовления.

45 Эти и другие аспекты, преимущества и альтернативы будут очевидны специалистам в данной области техники после прочтения приведенного далее подробного описания со ссылкой, при необходимости, на прилагаемые чертежи. Кроме того, следует понимать, что описание, приведенное в разделе «Раскрытие сущности изобретения» и где-либо

еще в данном документе, иллюстрирует заявленный объект в качестве примера, а не в качестве ограничения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Новые признаки, считаемые характеристикой иллюстративных примеров, заданы в прилагаемой формуле изобретения. Однако иллюстративные примеры, а также предпочтительный режим использования, дополнительные задачи и их описания будут наилучшим образом понятны по ссылке на приведенное далее подробное описание иллюстративного примера настоящего изобретения при прочтении вместе с прилагаемыми чертежами.

На фиг. 1А показан вид сбоку композитной детали согласно одному из примеров.

На фиг. 1В показан еще один вид сбоку композитной детали, показанной на фиг. 1А.

На фиг. 1С показан вид сверху композитной детали, показанной на фиг. 1А.

На фиг. 2 показана упрощенная структурная схема системы для получения композитной детали согласно одному из примеров.

На фиг. 3А показан вид сбоку измерительного устройства для сканирования области измерения наслаивающего устройства согласно одному из примеров.

На фиг. 3В показан еще один вид сбоку измерительного устройства для сканирования области измерения наслаивающего устройства, показанного на фиг. 3А.

На фиг. 4А показан график, иллюстрирующий измеренную высоту по ширине слоя согласно одному из примеров.

На фиг. 4В показан график наклона кривой, показанной на фиг. 4А.

На фиг. 5А показан график целевой ширины по длине слоя согласно одному из примеров.

На фиг. 5В показана увеличенная часть графика, показанного на фиг. 5А.

На фиг. 6 показана блок-схема примера процесса получения композитной детали согласно одному из примеров.

На фиг. 7 показана блок-схема примера процесса получения композитной детали согласно одному из примеров.

На фиг. 8 показана блок-схема примера процесса получения композитной детали согласно одному из примеров.

На фиг. 9 показана блок-схема примера процесса получения композитной детали согласно одному из примеров.

На фиг. 10 показана блок-схема примера процесса получения композитной детали согласно одному из примеров.

На фиг. 11 показана блок-схема примера процесса получения композитной детали согласно одному из примеров.

На фиг. 12 показана блок-схема примера процесса получения композитной детали согласно одному из примеров.

На фиг. 13 показана блок-схема примера процесса получения композитной детали согласно одному из примеров.

На фиг. 14 показана блок-схема примера процесса получения композитной детали согласно одному из примеров.

На фиг. 15 показана блок-схема примера процесса получения композитной детали согласно одному из примеров.

На фиг. 16 показана блок-схема примера процесса получения композитной детали согласно одному из примеров.

На фиг. 17 показана блок-схема примера процесса получения композитной детали

согласно одному из примеров.

На фиг. 18 показана блок-схема примера процесса получения композитной детали согласно одному из примеров.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

5 I. Обзор

Системы и способы согласно настоящему изобретению обеспечивают производственные системы и способы для получения композитной детали. В целом, композитная деталь может быть получена путем резки множества слоев неотвержденного композитного материала, размещения слоев друг на друга с
10 получением стопы и отверждения стопы. Работой системы можно управлять на основании спецификации детали, в которой указаны параметры процесса изготовления. Например, в спецификации детали могут быть указаны параметры, которые обеспечивают заданное количество отрезаемых слоев и целевые размеры каждого слоя. С использованием этих параметров режущее устройство может резать каждый слой с
15 обеспечением необходимых формы и размера. В качестве еще одного примера в спецификации детали могут быть указаны параметры, обеспечивающие заданную последовательность при отрезании слоев и размещении слоев на стопе, и/или параметры, обеспечивающие положение слоев относительно друг друга в стопе. Таким образом, с использованием спецификации детали система может осуществлять процесс
20 изготовления для получения композитной детали в соответствии с необходимым проектом, обеспеченным с помощью спецификации детали.

Во время процесса изготовления один или более из слоев могут и не быть изготовлены точно так, как это указано в спецификации детали. Например, процессы для резки и/или размещения слоев могут иметь характерную статистическую вариабельность,
25 которая вызывает изготовление композитной детали с одной или более вариациями и/или ошибками по отношению к спецификации детали. В зависимости от конечного использования композитной детали и/или области промышленности могут являться приемлемыми относительно небольшие отклонения, принимая во внимание, что относительно большие отклонения могут привести к отбраковке композитной детали.

В аэрокосмической промышленности, например, требования гарантии качества
30 могут относиться к геометрическим характеристикам композитной детали. В некоторых примерах инспектор может выборочно проверить отдельный слой (например, с использованием штангенциркулей) в нескольких местах для оценки, имеют ли геометрические характеристики слоя отклонение от спецификации детали на величину,
35 превышающую разрешенный технический допуск. Пока инспектор оценивает слой, процесс изготовления может быть остановлен, что приносит относительно длительные задержки в процесс изготовления. Если инспектор определяет, что геометрические характеристики слоя не удовлетворяют разрешенному техническому допуску (то есть, инспектор выявляет состояние выхода за пределы допуска), вся композитная деталь
40 может быть отбракована и утилизирована.

Кроме того, инспектор может осуществить окончательную проверку композитной детали после завершения процесса изготовления. Например, инспектор может оценить окончательный объем композитной детали и определить, находится ли этот окончательный объем в пределах разрешенных технических допусков из спецификации
45 детали. В некоторых примерах инспектор может и не выявить состояния выхода за пределы допуска во время обследования отдельных слоев, однако инспектор может выявить состояние выхода за пределы допуска готовой композитной детали. Это может возникнуть в случае, когда небольшие отклонения в отдельных слоях накапливаются

таким образом, что в совокупности вызывают нахождение окончательной части за пределами допуска. В качестве альтернативы, поскольку инспектор может только выборочно проверить отдельные слои в нескольких местах, этот инспектор может упустить состояние выхода за пределы допуска одного или более слоев.

5 Таким образом, существующие системы и способы получения композитной детали подвержены задержкам и/или пустой трате материалов по причине процессов обследования, состояниям выхода за пределы допуска и/или отбраковке полученных композитных деталей. Системы и способы получения композитной детали, предложенные в настоящем изобретении, могут эффективно помочь по меньшей мере
10 частично устранить эти недостатки существующих систем и способов. В частности, системы и способы согласно настоящему изобретению могут уменьшить (или исключить) задержки и потери путем оценки слоев на послойной основе с обеспечением идентификации состояний выхода за пределы допуска во время процесса изготовления и, в случае идентификации состояния выхода за пределы допуска, могут динамически
15 скорректировать один или более последующих этапов в процессе изготовления по меньшей мере для частичного устранения состояния выхода за пределы допуска.

В рамках приведенных примеров после резки каждого слоя измерительное устройство может осуществлять сканирование слоя по длине для определения изображения слоя. Контроллер может определить края слоя на основании определенного изображения и
20 размеры слоя на основании определенных краев. Определенные размеры могут содержать, например, измеренную ширину в многочисленных местах по длине слоя, центровую линию по длине слоя, измеренную площадь поверхности слоя и/или измеренный объем слоя. Для слоя контроллер может сравнивать определенные размеры с соответствующими целевыми размерами, которые обеспечены посредством
25 спецификации детали. Если определено, на основании произведенного сравнения, что существует состояние выхода за пределы допуска (или вероятно будет существовать во время последующих этапов в процессе), то в дальнейшем корректируют процесс изготовления.

В одном из примеров корректировка процесса изготовления включает корректировку
30 одного или более параметров в спецификации детали, которые используют для резки последующего слоя. Например, если определено, что измеренная ширина слоя является слишком узкой, процесс изготовления может быть скорректирован для резки последующего слоя с увеличенной шириной. Аналогичным образом, если определено, что измеренная ширина слоя является слишком широкой, процесс изготовления может
35 быть скорректирован для резки последующего слоя с уменьшенной шириной. В дополнительных или альтернативных примерах корректировка процесса изготовления включает добавление дополнительного материала к слою в стопе, повторное размещение слоя на стопе и/или удаление и резку заменяющего слоя. В рамках приведенных примеров система может эффективно реализовывать эти динамические корректировки
40 в отношении процесса изготовления для реагирования на состояния выхода за пределы допуска без задержек, что улучшает эффективность технологического процесса.

II. Примеры композитных деталей

На фиг. 1А-1С показана композитная деталь 100 согласно одному из примеров. В частности, на фиг. 1А показан вид сверху одной из сторон композитной детали 100 в
45 плоскости X-Z системы 102 координат, на фиг. 1В показан вид сверху одной из сторон композитной детали 100 в плоскости Y-Z системы 102 координат, а на фиг. 1С показан вид сверху композитной детали в плоскости X-Y системы 102 координат. Для более ясной иллюстрации аспектов композитной детали, фиг. 1А-1С не представлены в

масштабе относительно друг друга.

Как показано на фиг. 1А-1С, композитная деталь 100 содержит множество слоев 110 композитного материала, расположенных в стопе 112. Одним из примеров композитного материала, который может быть использован, является легкий материал, такой как неотверждаемая армирующая лента с пропиткой или ткань (то есть «препрег»). Лента или ткань может содержать множество волокон, таких как графитовые волокна, которые реализованы в матричном материале, таком как полимер, например смола или фенопласт. Лента или ткань может быть однонаправленной или плетеной в зависимости от, например, необходимой степени усиления. Слои 110 могут иметь любой размер, подходящий для обеспечения различных степеней усиления, а композитная деталь 100 может содержать любое количество слоев ленты или ткани из препрега.

Слои 110 укладывают друг на друга и выравнивают с обеспечением заданного размера и/или заданной ориентации. Количество слоев 110, которые необходимо уложить в стопу, может зависеть от конечных геометрических размеров конструкции композитной детали 100, так что композитная деталь 100 может быть составлена таким образом, что она имеет необходимую толщину при заданной ориентации. Как показано на фиг. 1С, слои 110 в показанном примере расположены в стопе 112 таким образом, что эти слои 110 выровнены относительно общей центральной линии 114, которая проходит по длине слоев 110 в средней точке между двумя краями 116 слоев 110. В некоторых примерах выравнивание слоев 110 вокруг общей центральной линии 114 может эффективно облегчать достижение конкретных геометрических параметров конструкции детали из спецификации детали.

Как показано на фиг. 1А-1С, каждый слой 110 имеет длину, проходящую в направлении, параллельном Y-оси системы 102 координат, ширину, проходящую в направлении, параллельном X-оси системы 102 координат, и высоту, проходящую в направлении, параллельном Z-оси системы 102 координат. В показанном примере слои 110 обычно имеют одни и те же значения длины и значения высоты, но имеют разные значения ширины. Кроме того, в показанном примере слои 110 в целом выполнены прямоугольными, при этом ширина слоя 110 уменьшается от самого нижнего слоя в стопе 112 до самого верхнего слоя в стопе 112. В дополнительных или альтернативных примерах слои 110 могут иметь формы, размеры и/или ориентации, отличные от тех, которые показаны на фиг. 1А-1С.

III. Пример систем

На фиг. 2 показана упрощенная схема системы 200 для получения композитной детали 100 согласно одному из примеров. Как показано на фиг. 2, система 200 может содержать контроллер 217, режущее устройство 218, размещающее устройство 220, укладчик 222, измерительное устройство 224, привод 226, отверждающее устройство 228 и устройство 230 ввода-вывода. Эти компоненты системы 200 могут быть соединены любым способом, в том числе с помощью проводных или беспроводных соединений. Кроме того, в некоторых примерах компоненты системы 200, показанные в виде одиночного объекта, могут быть распределены среди множества физических объектов, а компоненты, показанные в виде многочисленных объектов, могут быть реализованы в виде одиночного физического объекта.

Контроллер 217 может быть реализован с использованием аппаратных средств, программного обеспечения и/или прошивки. Например, контроллер 217 может содержать один или более процессоров 232 и некратковременный компьютерочитаемый носитель 234 данных (например, энергозависимую и/или энергонезависимую память), который хранит инструкции на машинном языке или иные исполняемые инструкции.

Инструкции при их исполнении одним или более процессорами побуждают контроллер 217 выполнять различные операции системы 200, описанной в данном документе.

Как показано на фиг. 2, компьютерочитаемый носитель 234 данных хранит спецификацию 236 детали, в которой указаны множество параметров, относящиеся к процессу изготовления для получения композитной детали 100. В качестве примеров спецификация 236 детали может содержать параметры, касающиеся количества слоев 110 композитной детали 100, один или более целевых размеров каждого слоя 110, последовательность резки слоев 110, последовательность размещения слоев 110 на наслаивающем устройстве 222, целевое местоположение каждого слоя 110 в стопе 112 и/или целевой объем стопы 112 на каждом этапе в процессе изготовления. В одной из реализаций целевые размеры каждого слоя 110 содержат целевую ширину в каждом месте из множества мест по длине слоя 110. В качестве дополнительных или альтернативных примеров параметры могут относиться к технологическим допускам, которые могут обеспечивать пороговые значения или величины для определения, следует ли скорректировать процесс изготовления, как описано более подробно ниже. Параметры из спецификации 236 детали могут дополнительно содержать компьютерочитаемые инструкции, которые, при их исполнении контроллером 217, обеспечивают управление работой компонентов системы 200 для осуществления процесса изготовления для получения композитной детали 100.

В одном из примеров контроллер 217 может определить спецификацию 236 детали на основании, по меньшей мере частично, реализуемого с помощью компьютера программного обеспечения, которое принимает входные данные, связанные с конструкцией композитной детали 100, и генерирует параметры системы 200 из этих входных данных. Например, программное обеспечение может содержать программные средства автоматизированного проектирования (CAD) для указания конструктивных аспектов композитной детали 100, в том числе конструктивных аспектов, относящихся к одному или более из вышеописанных примеров параметров.

Режущее устройство 218 выполнено с возможностью резки материала 238, по одному слою за раз, на множество слоев 110. В одном из примеров режущее устройство 218 содержит режущее приспособление, которое может совершать перемещение вдоль одной или более машинных осей с тем, чтобы следовать запрограммированной траектории резки, основанной на спецификации 236 детали. Например, один или более параметров из спецификации 236 детали могут обеспечить координаты, соответствующие целевым краям слоя 110, а режущее приспособление может совершать перемещение вдоль траектории резки, содержащей координаты. Координаты для направления режущего устройства 218 могут быть основаны на параметрах из спецификации 236 детали, в которой указана целевая ширина в каждом месте из множества мест по длине каждого слоя 110. В силу этого режущее устройство 218 выполняет резку слоя 110 до целевых размеров, указанных посредством параметров из спецификации 236 детали для слоя 110.

В одном из примеров режущее устройство 218 может содержать машину с числовым программным управлением (CNC) с одним или более ультразвуковыми режущими инструментами, каждый из которых имеет режущий нож, приводимый в действие ультразвуковым преобразователем. Ультразвуковой режущий инструмент или ультразвуковые режущие инструменты могут быть соединены с резцовой головкой, которая может совершать перемещение вдоль одной или более машинных осей с тем, чтобы следовать запрограммированной траектории резки, основанной на спецификации 236 детали. В качестве дополнительных или альтернативных примеров для резки каждого

слоя 110 от материала 238 режущее устройство 218 может содержать одну или более из ленточных пил, фрезы, ножовочных пил, насадки шлифовальной машинки и/или срезающих колес.

Укладчик 222 имеет поверхность 240 укладки, на которой располагают слои 110 с получением стопы 112. Укладчик 222 также имеет область 242 измерения, которая содержит объем свободного пространства, проходящего от поверхности 240 укладки до измерительного устройства 224 (как показано на фиг. 3А-3В и описано более подробно ниже). В силу этого укладчик 222 принимает, по одному слою за раз, слои 110 в области 242 измерения, когда эти слои 110 размещают с получением стопы 112 на поверхности 240 укладки.

Как показано на фиг. 2, система 200 может содержать размещающее устройство 220, которое облегчает размещение слоев 110 в области 242 измерения укладчика 222. Например, в реализации, в которой режущее устройство 218 находится в первом состоянии, а укладчик 222 находится во втором состоянии, позиционирующее устройство 220 может содержать транспортировочное устройство для перемещения, по одному слою за раз, слоев 110 с режущего устройства 218 на укладчик 222. Например, размещающее устройство 220 может содержать одну или более бобин для сдвигания каждого слоя 110 с режущего устройства 218 на укладчик 222.

В качестве еще одного примера позиционирующее устройство 220 может содержать одно или более робототехнических устройств, содержащих рабочие органы, которые могут физически взаимодействовать с каждым слоем 110 с обеспечением размещения этих слоев 110 относительно друг друга в области 242 измерения. Робототехническими устройствами можно управлять на основании спецификации 236 детали. Например, параметры из спецификации 236 детали могут определять координаты на наслаивающем устройстве 222 для целевого местоположения каждого слоя 110, а робототехническое устройство или робототехнические устройства может или могут перемещать слой 110 в целевое место.

В качестве еще одного примера позиционирующее устройство 220 может содержать физическую модель и/или модель из спроецированного света для облегчения ручной укладки слоев 110 на поверхность 240 укладки. Работа модели или моделей также может быть основана на спецификации 236 детали. Например, модель из спроецированного света может проецировать модель освещения, что указывает на местоположение каждого слоя 110 на поверхности 240 укладки на основании координат для модели освещения, обеспеченной посредством параметров из спецификации 236 детали.

В качестве дополнительного или альтернативного примера позиционирующее устройство 220 может быть объединено с режущим устройством 218. Например, в некоторых примерах режущее устройство 218 может резать каждый слой 110 и может размещать слой 110 на наслаивающем устройстве 222 по существу одновременно. В одной из реализаций материал 238 размещают на стопе 112, а режущее устройство 218 в дальнейшем выполняют резку следующего слоя 110 от материала на месте на стопе 112, при этом удаляют любой лишний материал 238. Еще в одной реализации режущее устройство 218 может принимать материал 238, выполнять резку слоя 110 от материала 238 и размещать слой 110 за одну непрерывную операцию.

Измерительное устройство 224 выполнено с возможностью сканирования области 242 измерения для определения изображения слоя или слоев 110 на поверхности 240 укладки. В рамках примеров измерительное устройство 224 может содержать датчик смещения (например, лазерный датчик смещения и/или ультразвуковой датчик смещения), который может измерять расстояние во множестве точек в области 242

измерения между (i) измерительным устройством 224 и (ii) слоем или слоями 110 в области 242 измерения и/или поверхностью 240 укладки. Соответствующее расстояние, измеренное в каждой точке в области 242 измерения, соответствует соответствующему результату измерения высоты в точке. Результаты измерения высоты, полученные
 5 посредством измерительного устройства 224, могут быть пространственно наложены на соответствующие точки в области 242 измерения для определения изображения слоя или слоев 110 в области 242 измерения.

Для облегчения сканирования измерительное устройство 224 поверх точек в области 242 измерения, привод 226 выполнен с возможностью перемещения измерительного
 10 устройства 224 по отношению к области 242 измерения. В рамках приведенных примеров привод 226 может содержать один или более механических приводов, гидравлические приводы, пневматические приводы и/или электромеханические приводы для перемещения измерительного устройства 224. В одном из примеров привод 226 может содержать линейный привод, который выполнен с возможностью перемещения
 15 измерительного устройства 224 в одиночной плоскости по длине слоя или слоев 110 в области 242 измерения. Еще в одном примере привод 226 выполнен с возможностью перемещения измерительного устройства 224 во многочисленных плоскостях. Перемещение измерительного устройства 224 в многочисленных плоскостях может обеспечивать преимущество, например, в реализациях, в которых измерительное
 20 устройство 224 необходимо перемещать для сканирования слоя или слоев 110 и/или области 242 измерения по всей ширине.

В целом, привод 226 выполнен с возможностью перемещения измерительного устройства 224 с обеспечением возможности измерительному устройству 224 получать результат измерения расстояния и/или высоты во множестве точек в области 242
 25 измерения. В качестве одного из примеров привод 226 выполнен с возможностью облегчения получения, посредством измерительного устройства 224, результата измерения каждые приблизительно 0,1 миллиметра (то есть, приблизительно 0,0039 дюйма) по ширине области 242 измерения и каждые приблизительно 4 миллиметра (то есть, приблизительно 0,1575 дюйма) по длине области 242 измерения. Таким образом,
 30 для слоя 110, ширина которого составляет приблизительно 60 миллиметров (то есть, приблизительно 2,3622 дюйма), а длина составляет приблизительно 185 миллиметров (то есть, приблизительно 7,2834 дюйма), измерительное устройство 224 измеряет соответствующее расстояние в приблизительно 27750 точек в области 242 измерения.

На фиг. 3А-3В показаны виды сбоку измерительного устройства 224, сканирующего
 35 три слоя 110 в области 242 измерения согласно одному из примеров. На фиг. 3А-3В каждый слой 110 имеет длину, которая проходит в направлении, параллельном Y-оси системы 102 координат, ширину, которая проходит в направлении, параллельном X-оси системы 102 координат, и высоту, которая проходит в направлении, параллельном Z-оси системы 102 координат. Для более ясной иллюстрации аспектов этих признаков
 40 фиг. 3А-3В не представлены в масштабе относительно друг друга.

Как показано на фиг. 3А-3В, слои 110 расположены в стопе 112 на поверхности 240 укладки, которая представляет собой плоскую поверхность, проходящую в первой плоскости области 242 измерения (например, плоскости, параллельной плоскости X-Y системы 102 координат). Как также показано на фиг. 3А-3В, измерительное устройство
 45 224 может совершать перемещение вдоль направляющей 344 над поверхностью 240 укладки от первого конца 242А области 242 измерения до второго конца 242 В области 242 измерения. Таким образом, направляющая 344 направляет перемещение измерительного устройства 224 во второй плоскости, которая параллельна первой

плоскости и расположена от нее на заданном расстоянии. Это позволяет измерительному устройству 224 осуществлять сканирование слоев 110 сверху вниз по длине.

Согласно фиг. 2, отверждающее устройство 228 выполнено с возможностью отверждения стопы 112. Например, отверждающее устройство 228 может содержать автоклав и/или систему на основе вакуумного мешка для приложения тепла и/или давления к слоям 110 стопы 112.

Блок 230 ввода-вывода содержит еще одни устройства, выполненные с возможностью приема входных данных от пользователя и/или возможностью выдачи выходных данных пользователю. Например, блок 230 ввода-вывода может содержать дисплей, который выполнен с возможностью выдачи информации пользователю. В одной из реализаций дисплей представляет собой сенсорный экран, выполненный с возможностью выдачи информации пользователю и возможностью приема входных данных пользователя. В качестве дополнения и/или альтернативы блок 230 ввода-вывода может содержать одну или более кнопок, переключатели, рычаги, микрофоны и т.д., выполненные с возможностью приема входных данных пользователя, и/или один или более динамиков, индикаторы и т.д., выполненные с возможностью представления пользователю визуальных/звуковых выходных данных.

Как описано выше, блок 230 ввода-вывода соединен с возможностью связи с контроллером 217 для приема входных данных от пользователя и/или выдачи выходных данных пользователю.

В рамках показанных примеров система 200 может быть выполнена с возможностью автономной работы и/или полуавтономной работы. Кроме того, система 200 показана на фиг. 2 для иллюстративных процессов согласно одному из примеров, а в дополнительных или альтернативных примерах она также может содержать большее или меньшее количество компонентов.

IV. Примеры операций

При эксплуатации система 200 осуществляет процесс изготовления, включающий последовательность операций получения композитной детали 100. В рамках приведенных примеров процесс изготовления включает (i) резку режущим устройством 218, на основании спецификации 236 детали, множества слоев 110 материала по одному слою за раз в заданной последовательности, (ii) размещение, на основании спецификации 236 детали, указанных слоев по одному слою за раз с получением стопы 112 в области 242 измерения укладчика 222, (iii) после размещения каждого слоя 110, оценка слоя 110 для принятия решения, следует ли скорректировать процесс изготовления перед резкой следующего слоя в указанной последовательности, а (iv) если указанным решением является проведение корректировки процесса изготовления, последующее определение корректировки и ее введение в процесс изготовления на основании указанного результата оценки.

Для резки слоев режущее устройство 218 сначала принимает материал 238 от устройства подачи материала. Режущее устройство 218 в дальнейшем выполняет резку, на основании спецификации 236 детали, слоев 110 материала 238 в последовательности по одному слою за раз. Как описано выше, работой режущего устройства 218 можно управлять на основании параметров из спецификации 236 детали. Например, режущее устройство 218 может резать запрограммированное количество слоев в запрограммированной последовательности с обеспечением запрограммированных размеров на основании параметров из спецификации 236 детали.

В одной из реализаций режущее устройство 218 может резать каждый слой 110 путем перемещения вдоль запрограммированной траектории резки на основании координат,

указанных посредством параметров из спецификации 236 детали для указанного слоя 110. Таким образом, координаты, обеспеченные посредством спецификации 236 детали, могут облегчать резку каждого слоя 110 в соответствии с одним или более целевых значений ширины во множестве мест по длине слоя 110. В одной из реализаций координаты могут представлять критичные точки, в которых необходимы изменения целевой ширины слоя 110.

Слои 110 размещают, на основании спецификации 236 детали, по одному слою за раз с получением стопы 112 в области 242 измерения укладчика 222. Например, размещающее устройство 220 может размещать слои 110 относительно друг друга на основании координат, указанных посредством параметров из спецификации 236 детали. Координаты могут представлять целевые местоположения для указанных слоев 110. В одной из реализаций целевые местоположения слоев 110 выполнены с возможностью выравнивания центральной линии 114 каждого слоя 110 с центральной линией 114 других слоев 110 в стопе 112.

Как описано выше, в качестве дополнения или альтернативы размещение слоев 110 на основании спецификации 236 детали может включать размещение слоев 110, согласно заданной последовательности по одному слою за раз, указанной в спецификации 236 детали. В рамках приведенных примеров первый слой 110 в последовательности расположен на поверхности 240 укладки для начала получения стопы 112, а каждый последующий слой 110 в последовательности в дальнейшем размещают поверх предыдущего слоя 110 в последовательности.

Для оценки каждого слоя 110, после размещения слоя 110 в области 242 измерения и перед резкой следующего слоя в последовательности, измерительное устройство 224 осуществляет сканирование слоя 110 по длине для определения изображения слоя 110. В одном из примеров при сканировании слоя 110 по длине измерительное устройство 224 измеряет высоту во множестве точек в области 242 измерения. Измерительное устройство 224 и/или контроллер 217 могут в дальнейшем осуществлять пространственное наложение высоты, измеренной в каждой точке, на область 242 измерения с получением изображения. В одной из реализаций контроллер 217 также генерирует графическое представление изображения путем кодирования множества монохромных значений в различные результаты измерения высоты. Устройство 230 ввода-вывода может выдавать графическое представление оператору.

Контроллер 217 определяет, на основании полученного изображения, по меньшей два края 116 слоя 110. Например, контроллер 217 может определить первый набор из множества точек в области 242 измерения и второй набор из множества точек в области измерения, в которой изменение измеренной высоты превышает пороговое значение. Пороговое значение может быть основано на, например, толщине слоя 110.

На фиг. 4А показан график 400 высот, измеренных в точках в области 242 измерения для одиночного места по длине слоя 110 согласно одному из примеров, а на фиг. 4В показан график 402 наклона кривой, показанной на фиг. 4А. Как показано на фиг. 4А-4В, края 116 слоя 110 указаны точками 404, в которых изменение измеренной высоты и, таким образом, наклона превышает пороговое значение. В качестве одного из примеров пороговое значение может представлять собой изменение наклона приблизительно на 0,0025 в примере, показанном на фиг. 4В.

Контроллер 217 определяет, на основании по меньшей двух краев 116, измеренную ширину в каждом из мест по длине слоя 110. Например, контроллер 217 может определить измеренную ширину в каждом месте путем определения расстояния между точкой в первом наборе и точкой во втором наборе, соответствующем краям 116 слоя

110 в месте.

Контроллер 217 в дальнейшем сравнивает измеренную ширину слоя 110 в каждом месте с целевой шириной в месте, которая указана посредством параметров из спецификации 236 детали. Контроллер 217 в дальнейшем принимает решение, на основании произведенного сравнения, следует ли скорректировать процесс изготовления перед резкой следующего слоя в последовательности. Например, контроллер 217 может производить сравнение путем определения разницы между измеренной шириной и целевой шириной в каждом месте и в дальнейшем определять, превышает ли разница пороговое значение. Если разница между измеренной шириной и целевой шириной по меньшей мере для одного места больше порогового значения, контроллер 217 может принять решение скорректировать процесс изготовления. В одном из примеров пороговое значение для разницы между измеренной шириной и целевой шириной может составлять приблизительно 0,03 дюйма (то есть, приблизительно 0,762 миллиметров).

В качестве еще одного примера контроллер 217 может производить сравнение путем определения разницы между местом перехода в измеренных значениях ширины относительно места перехода для целевых значений ширины. Например, в некоторых реализациях в спецификации 236 детали могут быть указаны целевые значения ширины, изменяющиеся по длине слоя 110. Место, в котором имеется изменение целевой ширины, может называться местом перехода ширины. В таких реализациях контроллер 217 может определять, на основании измеренных значений ширины, одно или более мест перехода ширины и может определять разницу между местами перехода измеренных значений ширины и соответствующими местами перехода целевых значений ширины. Если разница между местами перехода измеренных значений ширины и целевых значений ширины больше порогового значения, контроллер 217 может принять решение скорректировать процесс изготовления. В одном из примеров пороговое значение для разницы в местах перехода измеренных значений ширины и целевых значений ширины может составлять приблизительно 0,1 дюйма (то есть, приблизительно 2,54 миллиметра).

На фиг. 5А показан график 500 целевых значений ширины во множестве мест по длине одного слоя 110 согласно одному из примеров. Как показано на фиг. 5А, в данном примере целевые значения ширины могут изменяться во множестве мест 508 перехода ширины. На фиг. 5В показан увеличенный вид части графика 500, показанного на фиг. 5А в иллюстративном месте перехода. Кроме того, на фиг. 5В показана целевая ширина, основанная на спецификации 236 детали, максимально допустимая ширина слоя, основанная на пороговом значении для разницы между измеренной шириной и целевой шириной, а также минимально допустимая ширина, основанная на пороговом значении. В примере, показанном на фиг. 5В, пороговое значение составляет 0,03 дюйма. На фиг. 5В дополнительно показано место с максимально допустимым переходом ширины и место с минимально допустимым переходом ширины на основании целевой ширины и порогового значения в 0,1 дюйма для разницы в местах перехода ширины.

Если контроллер 217 принимает решение скорректировать процесс изготовления, затем корректируют процесс изготовления на основании произведенного сравнения измеренной ширины с целевой шириной в каждом месте. В одном из примеров контроллер 217 корректирует процесс изготовления путем корректировки, на основании разницы между измеренной шириной и целевой шириной в каждом месте, по меньшей мере одного параметра из спецификации 236 детали для резки следующего слоя. Например, если измеренная ширина слоя 110 меньше целевой ширины в первом месте, контроллер 217 может скорректировать параметр или параметры из спецификации 236 детали путем увеличения целевой ширины в первом месте для следующего слоя в

спецификации 236 детали. Аналогичным образом, если измеренная ширина слоя 110 больше целевой ширины в первом месте, контроллер 217 может скорректировать параметр или параметры из спецификации 236 детали путем уменьшения целевой ширины в первом месте для следующего слоя в спецификации 236 детали. Таким образом, когда процесс изготовления приступает к выполнению резки следующего слоя 110, режущее устройство 218 будет запрограммировано следовать скорректированной траектории резки через материал для снижения выхода параметров за пределы допусков, выявленного при оценке слоя 110.

В дополнительных или альтернативных примерах контроллер 217 может скорректировать параметр или параметры из спецификации 236 детали путем увеличения и/или уменьшения целевой ширины более одного из остальных слоев 110 в стопе 112. Например, контроллер 217 может скорректировать параметр или параметры из спецификации 236 детали путем увеличения и/или уменьшения целевой ширины следующих двух слоев 110, следующих трех слоев 110, следующих четырех слоев 110 и т.д. в стопе 112. Это может обеспечить снижение выхода параметров за пределы допусков путем внесения меньших корректировок в многочисленные слои 110 вместо внесения относительной большой корректировки в одиночный слой 110.

В дополнительных или альтернативных примерах корректировка процесса изготовления включает добавление дополнительного материала к слою 110 в стопе 112. Например, контроллер 217 может определить, на основании разницы между измеренной шириной и целевой шириной в заданном месте, количество материала, которое необходимо добавить к слою 110 в месте. Определенное количество композитного материала в дальнейшем добавляют к слою 110 в месте для снижения выхода параметров за пределы допусков.

В дополнительных или альтернативных примерах корректировка процесса изготовления включает удаление и резку заменяющего слоя 110 перед резкой следующего слоя в последовательности. Путем корректировки процесса изготовления на основании результата оценки слоя 110, перед резкой следующего слоя в последовательности, система 200 может эффективно реализовывать эти динамические корректировки в отношении процесса изготовления для реагирования на выход параметров за пределы допусков без задержек, что улучшает эффективность производства.

В качестве дополнения или альтернативы в рамках приведенных примеров контроллер 217 оценивает слой 110 путем определения, на основании по меньшей мере двух краев 116, центральной линии 114 слоя и путем сравнения центральной линии 114 с опорной центральной линией. Например, контроллер 217 может определить центральную линию 114 путем определения набора точек в области 242 измерения, которые расположены на равном расстоянии друг от друга между кромками 116 слоя 110 по длине слоя 110. Опорная центровая линия может представлять собой центровую линию 114 первого слоя в последовательности. Контроллер 217 может сравнивать центровую линию 114 слоя 110 с опорной центральной линией путем определения разницы между центральной линией 114 слоя 110 и опорной центральной линией и определения, превышает ли разница пороговое значение.

В одном из примеров, если контроллер 217 определяет, что разница превышает пороговое значение, в дальнейшем слой 110 повторно размещают на стопе 112 для уменьшения разницы между центральной линией 114 слоя 110 и опорной центральной линией. Еще в одном примере, если контроллер 217 определяет, что разница превышает пороговое значение, в дальнейшем слой 110 удаляют из стопы 112 и повторно режут для уменьшения разницы между центральной линией 114 слоя 110 и опорной центральной

линией.

Кроме того, в качестве дополнения или альтернативы в рамках приведенных примеров контроллер 217 оценивает слой 110 путем определения, на основании по меньшей двух краев 116, площади поверхности слоя. Контроллер 217 может определить, на основании определенной площади поверхности слоя 110 и известной толщины слоя 110, объем стопы 112, имеющейся в области 242 измерения после размещения слоя 110. Контроллер 217 в дальнейшем сравнивает измеренный объем с целевым объемом стопы 112, ожидаемым в области 242 измерения на этой стадии процесса изготовления. В спецификации 236 детали может быть указан целевой объем для каждой стадии процесса изготовления.

Контроллер 217 в дальнейшем принимает решение, на основании произведенного сравнения измеренного объема с целевым объемом, следует ли скорректировать по меньшей мере один параметр из спецификации 236 детали для резки следующего слоя в последовательности. Например, контроллер 217 может определить, превышает ли пороговое значение разницы между измеренным объемом и целевым объемом и, если превышает, то в дальнейшем контроллер 217 может принять решение скорректировать параметр или параметры. Если контроллер 217 принимает решение скорректировать параметр или параметры, в дальнейшем это контроллер 217 может скорректировать по меньшей мере один параметр из спецификации 236 детали для резки следующего слоя.

Например, если измеренный объем меньше целевого объема, контроллер 217 может скорректировать параметр или параметры из спецификации 236 детали путем увеличения целевой ширины в одном или более мест для следующего слоя в спецификации 236 детали. Аналогичным образом, если измеренный объем больше целевого объема, контроллер 217 может скорректировать параметр или параметры из спецификации 236 детали путем уменьшения целевой ширины в одном или более мест для следующего слоя в спецификации 236 детали. Таким образом, когда процесс изготовления приступает к выполнению резки следующего слоя, режущее устройство 218 будет запрограммировано следовать скорректированной траектории резки через материал для снижения риска наличия у композитной детали 100 неприемлемого объема после завершения процесса изготовления.

В дополнительных или альтернативных примерах корректировка процесса изготовления включает добавление дополнительного материала к слою 110 в стопе 112 и/или удаление и резку заменяющего слоя 110 перед резкой следующего слоя в последовательности для уменьшения риска наличия у композитной детали 100 неприемлемого объема.

После резки всех слоев 110 и их размещения в стопе 112, отверждающее устройство 228 отверждает слои 110. Например, отверждающее устройство 228 может применять тепло и/или давление для отверждения стопы слоев с получением готовой композитной детали 100, размеры и свойства которой соответствуют конструкции из спецификации 236 детали.

На фиг. 6 показана блок-схема процесса 600 получения композитной детали согласно одному из примеров. В блоке 610 процесс 600 включает резку, по одному слою за раз на основании спецификации детали, множества слоев материала в заданной последовательности. В спецификации детали указаны параметры процесса изготовления для получения композитной детали. В блоке 612 процесс 600 включает размещение, по одному слою за раз на основании спецификации детали, множества слоев с получением стопы в области измерения укладчика.

В блоке 614 процесс 600 включает, после размещения слоя и перед резкой следующего слоя в последовательности, выполнение для каждого слоя множества этапов, включающих блоки 614А-614F. Как показано в блоке 614А, этапы включают сканирование слоя по длине для определения изображения слоя. В блоке 614В этапы включают определение, на основании изображения, по меньшей двух краев слоя. В блоке 614С этапы включают определение, на основании по меньшей двух краев, измеренной ширины во множестве мест по длине слоя. В блоке 614D этапы включают сравнение измеренной ширины слоя в каждом месте с целевой шириной в месте. Параметры, указанные в спецификации детали, содержат целевую ширину в каждом месте по длине слоя.

В блоке 614Е этапы включают принятие решения, на основании произведенного сравнения, следует ли скорректировать процесс изготовления. В блоке 614F, если указанным решением является проведение корректировки процесса изготовления в блоке 614Е, в дальнейшем этапы включают корректировку процесса изготовления на основании произведенного сравнения измеренной ширины с целевой шириной в каждом месте. По меньшей мере для одного слоя в блоке 614Е принимают решение скорректировать процесс изготовления.

На фиг. 7-18 показаны дополнительные аспекты процесса 600 согласно дополнительным примерам. Как показано на фиг. 7, сканирование слоя по длине для определения изображения в блоке 614А может включать измерение соответствующей высоты в каждой точке для множества точек в области измерения в блоке 616 и определение изображения путем пространственного проецирования высоты, измеренной в каждой точке, на область измерения в блоке 618. Как показано на фиг. 8, обнаружение по меньшей двух краев в блоке 614В может включать определение первого набора из множества точек и второго набора из указанного множества точек, в которых изменение измеренной высоты превышает пороговое значение в блоке 720.

Как показано на фиг. 9, корректировка процесса изготовления в блоке 614F включает определение разницы между измеренной шириной и целевой шириной в первом месте из множества мест в блоке 622 и осуществление корректировки, на основании разницы, по меньшей мере одного параметра из спецификации детали для резки следующего слоя в последовательности в блоке 624.

Как показано на фиг. 10, корректировка по меньшей мере одного параметра из спецификации детали в блоке 624 может включать увеличение целевой ширины в первом месте для следующего слоя в спецификации детали в блоке 624А, в которой измеренная ширина меньше целевой ширины в первом месте. Как показано на фиг. 11, корректировка по меньшей мере одного параметра из спецификации детали в блоке 624 может включать уменьшение целевой ширины в первом месте для следующего слоя в спецификации детали в блоке 624В, в которой измеренная ширина больше целевой ширины в первом месте.

Как показано на фиг. 12, корректировка процесса изготовления в блоке 614F включает определение разницы между измеренной шириной и целевой шириной в первом месте из множества мест в блоке 626, определение, на основании разницы, количества материала, которое необходимо добавить к слою в первом месте в блоке 628, и добавление количества материала к слою в первом месте в блоке 630.

Как показано на фиг. 13, корректировка процесса изготовления в блоке 614F включает удаление слоя из стопы в блоке 632, резку заменяющего слоя материала в блоке 634, а после резки заменяющего слоя в блоке 632 и удаления слоя из стопы в блоке 634 размещение заменяющего слоя на стопе в блоке 636.

Как показано на фиг. 14, процесс 600 также может включать определение в блоке 638 опорной центральной линии первого слоя в заданной последовательности на основании указанных по меньшей двух краев, определенных для первого слоя в блоке 614С. В блоке 640 процесс 600 дополнительно включает, для каждого слоя в заданной последовательности после первого слоя, выполнение множества этапов, показанных в блоках 640А-640D. В блоке 640А этапы включают определение центральной линии слоя на основании по меньшей двух краев, определенных для слоя. В блоке 640В этапы включают определение разницы между центральной линией слоя и опорной центральной линией. В блоке 640С этапы включают определение, превышает ли разница пороговое значение. В блоке 640D в случае превышения разницей порогового значения, этапы включают повторное размещение слоя на стопе для уменьшения разницы между центральной линией слоя и опорной центральной линией.

Как показано на фиг. 15, в блоке 642 процесс 600 также может включать, для каждого слоя, выполнение совокупностей этапов, показанных в блоках 642А-642Е. В блоке 642А процесс 600 включает определение, на основании по меньшей двух краев, площади поверхности слоя. В блоке 642 В процесс 600 включает определение, на основании площади поверхности, объема стопы, измеренного в области измерения. В блоке 642С процесс 600 включает сравнение измеренного объема с целевым объемом стопы в области измерения. Целевой объем указан в спецификации детали. В блоке 642D процесс 600 включает принятие решения, на основании произведенного сравнения измеренного объема с целевым объемом, следует ли скорректировать по меньшей мере один параметр из спецификации детали для резки следующего слоя в последовательности. В блоке 642Е, если указанным решением в блоке 642D является проведение корректировки по меньшей мере одного параметра из спецификации детали, процесс в дальнейшем осуществляет корректировку по меньшей мере одного параметра на основании произведенного сравнения. По меньшей мере для одного слоя принимают решение, на основании произведенного сравнения измеренного объема с целевым объемом в блоке 642D, скорректировать по меньшей мере один параметр.

Как показано на фиг. 16, корректировка по меньшей мере одного параметра из спецификации детали для резки следующего слоя в блоке 642Е включает уменьшение целевой ширины по меньшей мере для одного места по длине следующего слоя в блоке 644, в котором измеренный объем больше целевого объема. Как показано на фиг. 17, корректировка по меньшей мере одного параметра из спецификации детали для резки следующего слоя в блоке 642Е включает увеличение целевой ширины по меньшей мере для одного места по длине следующего слоя в блоке 646, в котором измеренный объем меньше целевого объема.

Как показано на фиг. 18, сканирование слоя по длине в блоке 614А может включать в блоке 648 перемещение лазерного датчика смещения от первого конца области измерения до второго конца области измерения во второй плоскости, параллельной первой плоскости. Стопа расположена на плоской поверхности, проходящей в первой плоскости области измерения, которая расположена на заданном расстоянии от второй плоскости.

V. Примеры изменений

В примере, показанном на фиг. 3А-3В, поверхность 240 укладки представляет собой плоскую поверхность, однако еще в одном примере поверхность 240 укладки может представлять собой поверхность на сердечнике, имеющем объемную форму. Кроме того, в примерах, показанных на фиг. 1А-1С и фиг. 3А-3В, слои имеют по существу прямоугольную форму, однако в дополнительных или альтернативных примерах слои

могут иметь различные формы и размеры.

Термины «по существу» или «приблизительно», использованные в данном документе, означают, что нет необходимости в достижении точного значения характеристики, параметра или значения, однако отклонения или изменения, в том числе, например, допуски, погрешность измерения, ограничения точности измерения и другие факторы, известные специалисту в данной области техники, могут возникнуть в значениях, которые не исключают эффект, на обеспечение которого направлена указанная характеристика.

Выше были описаны примеры аспектов. После изучения конфигураций, примеров и конструкций, описанных в данном документе, специалист в данной области техники сможет понять, что, однако, такие изменения и модификации могут быть реализованы без выхода за пределы объема и сущности настоящего изобретения. Описание различных предпочтительных аспектов было приведено для целей иллюстрации и описания, а не для того, чтобы его считали исчерпывающим или ограниченным раскрытой формой. После ознакомления с описанием настоящего изобретения специалистам в данной области техники станут очевидны многие модификации и изменения. Кроме того, различные предпочтительные аспекты могут обеспечить различные преимущества по сравнению с другими предпочтительными аспектами. Отбираемые примеры аспектов выбраны и описаны для пояснения принципов настоящего изобретения, практического применения, а также для обеспечения возможности другим специалистам в данной области техники понять настоящее изобретение с различными модификациями, подходящими для конкретного предполагаемого использования.

Кроме того, данный документ содержит примеры согласно приведенным далее пунктам.

1. Способ получения композитной детали, согласно которому:
 - выполняют резку, на основании спецификации детали, множества слоев материала в последовательности по одному слою за раз, при этом в спецификации детали указаны параметры процесса изготовления для получения композитной детали;
 - размещают на основании спецификации детали, указанное множество слоев, по одному слою за раз с получением стопы в области измерения укладчика;
 - для каждого слоя, после его размещения и перед резкой следующего слоя в последовательности:
 - сканируют слой по длине для определения изображения слоя;
 - определяют, на основании изображения, по меньшей мере два края слоя;
 - определяют, на основании указанных по меньшей мере двух краев, измеренную ширину во множестве мест по длине слоя;
 - производят сравнение измеренной ширины слоя в каждом месте с целевой шириной в этом месте, причем параметры, указанные в спецификации детали, содержат целевую ширину в каждом месте по длине слоя;
 - на основании произведенного сравнения принимают решение, следует ли скорректировать процесс изготовления; и
 - если указанным решением является проведение корректировки процесса изготовления, осуществляют корректировку процесса изготовления на основании произведенного сравнения измеренной ширины с целевой шириной в каждом месте, причем по меньшей мере для одного слоя указанным решением является проведение корректировки процесса изготовления.

2. Способ по пункту 1, согласно которому при сканировании слоя по длине для определения изображения:

измеряют соответствующую высоту в каждой точке из множества точек в области измерения и

определяют изображение путем пространственного проецирования высоты, измеренной в каждой точке, на область измерения.

5 3. Способ по пункту 2, согласно которому при определении указанных по меньшей двух краев определяют первый набор указанного множества точек и второй набор указанного множества точек, в которых измеренная высота изменяется выше порогового значения.

10 4. Способ по пункту 1, согласно которому при корректировке процесса изготовления: определяют разницу между измеренной шириной и целевой шириной в первом месте из указанного множества мест и

корректируют, на основании разницы, по меньшей мере один параметр спецификации детали для резки следующего слоя в последовательности.

15 5. Способ по пункту 4, согласно которому если измеренная ширина меньше целевой ширины в первом месте,

корректировка по меньшей мере одного параметра из спецификации детали включает увеличение целевой ширины в первом месте для следующего слоя в спецификации детали.

20 6. Способ по пункту 4, согласно которому если измеренная ширина больше целевой ширины в первом месте,

корректировка по меньшей мере одного параметра из спецификации детали включает уменьшение целевой ширины в первом месте для следующего слоя в спецификации детали.

25 7. Способ по пункту 1, согласно которому при корректировке процесса изготовления: определяют разницу между измеренной шириной и целевой шириной в первом месте из множества мест;

определяют, на основании разницы, количество материала, которое необходимо добавить к слою в первом месте; и

добавляют указанное количество материала к слою в первом месте.

30 8. Способ по пункту 1, согласно которому при корректировке процесса изготовления включает:

удаляют слой из стопы;

режут заменяющий слой материала; а

35 после резки заменяющего слоя и удаления слоя из стопы, размещают заменяющий слой на стопе.

9. Способ по пункту 1, согласно которому дополнительно:

определяют опорную центровую линию первого слоя в последовательности на основании указанных по меньшей мере двух краев, определенных для первого слоя; для каждого слоя в последовательности после первого слоя:

40 определяют центровую линию слоя на основании по меньшей мере двух краев, определенных для слоя;

определяют разницу между центральной линией слоя и опорной центральной линией;

определяют, превышает ли разница пороговое значение; и

45 в случае превышения разницей порогового значения, повторно размещают слой на стопе для уменьшения разницы между центральной линией слоя и опорной центральной линией.

10. Способ по пункту 1, согласно которому дополнительно:

для каждого слоя:

определяют, на основании указанных по меньшей двух краев, площадь поверхности слоя;

определяют, на основании площади поверхности, измеренный объем стопы в области измерения;

5 сравнивают измеренный объем с целевым объемом стопы в области измерения, причем целевой объем указан в спецификации детали;

принимают решение, на основании произведенного сравнения измеренного объема с целевым объемом, следует ли скорректировать по меньшей мере один параметр из спецификации детали для резки следующего слоя в последовательности; и

10 если указанным решением является проведение корректировки по меньшей мере одного параметра из спецификации детали, корректируют по меньшей мере один параметр на основании произведенного сравнения,

причем по меньшей мере для одного слоя решением, основанным на произведенном сравнении измеренного объема с целевым объемом, является проведение корректировки 15 указанного по меньшей мере одного параметра.

11. Способ по пункту 10, согласно которому если измеренный объем больше целевого объема,

корректировка по меньшей мере одного параметра из спецификации детали для резки следующего слоя включает уменьшение целевой ширины по меньшей мере для 20 одного места по длине следующего слоя.

12. Способ по пункту 10, согласно которому если измеренный объем меньше целевого объема,

корректировка по меньшей мере одного параметра из спецификации детали для резки следующего слоя включает увеличение целевой ширины по меньшей мере для 25 одного места по длине следующего слоя.

13. Способ по пункту 1, согласно которому стопу размещают на плоской поверхности, проходящей в первой плоскости области измерения,

при этом сканирование слоя по длине слоя включает перемещение лазерного датчика смещения от первого конца области измерения ко второму концу области измерения 30 во второй плоскости, параллельной первой плоскости,

причем первая плоскость расположена на заданном расстоянии от второй плоскости.

14. Система для получения композитной детали, содержащая:

режущее устройство для резки множества слоев материала по одному слою за раз; область измерения для приема указанного множества слоев, по одному слою за раз,

35 с получением стопы;

измерительное устройство для сканирования области измерения и

контроллер, выполненный с возможностью:

побуждать режущее устройство выполнять резку, на основании спецификации детали, указанного множества слоев в заданной последовательности по одному слою за раз, 40 причем в спецификации детали указаны параметры процесса изготовления для получения композитной детали, и

для каждого слоя, после приема слоя в области измерения и перед резкой режущим устройством следующего слоя в последовательности:

побуждать измерительное устройство сканировать слой по длине для определения 45 изображения слоя;

определять, на основании изображения, по меньшей два края слоя;

определять, на основании по меньшей двух краев, измеренную ширину во множестве мест по длине слоя;

сравнивать измеренную ширину слоя в каждом месте с целевой шириной в месте, причем параметры, указанные в спецификации детали, содержат целевую ширину в каждом месте по длине слоя;

принимать решение, на основании произведенного сравнения, следует ли скорректировать процесс изготовления; и

если указанным решением является проведение корректировки процесса изготовления, осуществлять корректировку, на основании произведенного сравнения, по меньшей мере одного параметра из спецификации детали для резки следующего слоя в последовательности,

причем по меньшей мере для одного слоя указанным решением является проведение корректировки процесса изготовления.

15. Система по пункту 14, в которой измерительное устройство представляет собой лазерный датчик смещения.

16. Система по пункту 14, в которой контроллер дополнительно выполнен с возможностью:

определять опорную центровую линию первого слоя в последовательности на основании по меньшей мере двух краев, определенных для первого слоя;

для каждого слоя в последовательности после первого слоя:

определять центровую линию слоя на основании по меньшей мере двух краев,

определенных для слоя;

определять разницу между центральной линией слоя и опорной центральной линией;

определять, превышает ли разница пороговое значение; и

в случае превышения разницей порогового значения, повторно размещать слой на стопе для уменьшения разницы между центральной линией слоя и опорной центральной линией.

17. Система по пункту 14, в которой контроллер дополнительно выполнен с возможностью:

для каждого слоя:

определять, на основании по меньшей мере двух краев, площадь поверхности слоя;

определять, на основании площади поверхности, измеренный объем стопы в области измерения;

сравнивать измеренный объем с целевым объемом стопы в области измерения, причем целевой объем указан в спецификации детали;

принимать решение, на основании произведенного сравнения измеренного объема с целевым объемом, следует ли скорректировать по меньшей мере один параметр из спецификации детали для резки следующего слоя в последовательности; и

если указанным решением является проведение корректировки по меньшей мере одного параметра из спецификации детали, осуществлять корректировку указанного по меньшей мере одного параметра на основании произведенного сравнения,

причем по меньшей мере для одного слоя решением, основанном на произведенном сравнении измеренного объема с целевым объемом, является проведение корректировки указанного по меньшей мере одного параметра из спецификации детали.

18. Некратковременный компьютерочитаемый носитель данных, содержащий хранящиеся на нем, программные инструкции, которые при их исполнении контроллером побуждают систему изготовления композитных деталей выполнять ряд действий,

причем система изготовления композитных деталей содержит режущее устройство для резки множества слоев материала, область измерения для приема множества слоев с получением стопы, и измерительное устройство для сканирования области измерения,

а

ряд операций включает:

резку режущим устройством, на основании спецификации детали, множества слоев в последовательности по одному слою за раз, причем в спецификации детали указаны

5 параметры процесса изготовления для получения композитной детали;

размещение, на основании спецификации детали, указанного множества слоев по одному слою за раз с получением стопы в области измерения; и

для каждого слоя, после размещения слоя и перед резкой следующего слоя в последовательности:

10 сканирование, посредством измерительного устройства, слоя по длине для определения изображения слоя;

определение, на основании изображения, по меньшей двух краев слоя;

определение, на основании по меньшей двух краев, измеренной ширины во множестве мест по длине слоя;

15 сравнение измеренной ширины слоя в каждом месте с целевой шириной в месте, причем параметры, указанные в спецификации детали, содержат целевую ширину в каждом месте по длине слоя;

принятие решения, на основании произведенного сравнения, следует ли скорректировать процесс изготовления; и

20 если указанным решением является проведение корректировки процесса изготовления, осуществление корректировки, на основании произведенного сравнения, по меньшей мере одного параметра из спецификации детали для резки следующего слоя в последовательности,

25 причем по меньшей мере для одного слоя указанным решением является проведение корректировки процесса изготовления.

19. Некратковременный компьютерочитаемый носитель данных по пункту 18, в котором указанный ряд действий дополнительно включает:

определение опорной центральной линии первого слоя в последовательности на основании по меньшей двух краев, определенных для первого слоя;

30 для каждого слоя в последовательности после первого слоя:

определение центральной линии слоя на основании по меньшей двух краев, определенных для слоя;

определение разницы между центральной линией слоя и опорной центральной линией;

определение, превышает ли разница пороговое значение; и

35 в случае превышения разницей порогового значения, повторное размещение слоя на стопе для уменьшения разницы между центральной линией слоя и опорной центральной линией.

20. Некратковременный компьютерочитаемый носитель данных по пункту 18, в котором указанный ряд действий дополнительно включает:

40 для каждого слоя:

определение, на основании по меньшей двух краев, площади поверхности слоя;

определение, на основании площади поверхности, объема стопы, измеренного в области измерения;

сравнение измеренного объема с целевым объемом стопы в области измерения,

45 причем целевой объем указан в спецификации детали;

принятие решения, на основании произведенного сравнения измеренного объема с целевым объемом, следует ли скорректировать по меньшей мере один параметр из спецификации детали для резки следующего слоя в последовательности; и

если указанным решением является проведение корректировки по меньшей мере одного параметра из спецификации детали, осуществление последующей корректировки по меньшей мере одного параметра на основании произведенного сравнения,

5 причем по меньшей мере для одного слоя решением, основанным на произведенном сравнении измеренного объема с целевым объемом, является проведение корректировки указанного по меньшей мере одного параметра из спецификации детали.

(57) Формула изобретения

1. Способ (600) получения композитной детали, согласно которому:

10 выполняют резку (600), на основании спецификации детали, множества слоев материала в последовательности по одному слою за раз, при этом в спецификации детали указаны параметры процесса изготовления для получения композитной детали;

размещают (612) на основании спецификации детали по одному слою за раз указанное множество слоев с формированием стопы в области измерения укладчика;

15 для каждого слоя (614) после его размещения и перед резкой следующего слоя в последовательности:

сканируют (614A) слой по длине для определения изображения слоя;

определяют (614B), на основании изображения, по меньшей мере два края слоя;

20 определяют (614C), на основании указанных по меньшей мере двух краев, измеренную ширину во множестве мест по длине слоя;

производят (614D) сравнение измеренной ширины слоя в каждом месте с целевой шириной в этом месте, причем параметры, указанные в спецификации детали, содержат целевую ширину в каждом месте по длине слоя;

25 на основании произведенного сравнения принимают (614E) решение, следует ли скорректировать процесс изготовления; и,

если указанным решением (614F) является проведение корректировки процесса изготовления, осуществляют корректировку процесса изготовления на основании произведенного сравнения измеренной ширины с целевой шириной в каждом месте,

30 причем по меньшей мере для одного слоя указанным решением является проведение корректировки процесса изготовления.

2. Способ (600) по п. 1, согласно которому при сканировании слоя по длине для определения изображения:

измеряют (616) соответствующую высоту в каждой точке из множества точек в области измерения и

35 определяют (618) изображение путем пространственного проецирования высоты, измеренной в каждой точке, на область измерения.

3. Способ (600) по п. 2, согласно которому при определении (614B) указанных по меньшей мере двух краев определяют (620) первый набор указанного множества точек и второй набор указанного множества точек, в которых измеренная высота изменяется

40 выше порогового значения.

4. Способ (600) по п. 1 или 2, согласно которому при корректировке (614F) процесса изготовления:

определяют (622) разницу между измеренной шириной и целевой шириной в первом месте из указанного множества мест и

45 корректируют (624), на основании разницы, по меньшей мере один параметр спецификации детали для резки следующего слоя в последовательности.

5. Способ (600) по п. 4, согласно которому если измеренная ширина меньше целевой ширины в первом месте,

корректировка (624) по меньшей мере одного параметра спецификации детали включает увеличение (624А) целевой ширины в первом месте для следующего слоя в спецификации детали.

6. Способ (600) по п. 4, согласно которому если измеренная ширина больше целевой ширины в первом месте,

корректировка (624) по меньшей мере одного параметра из спецификации детали включает уменьшение (624В) целевой ширины в первом месте для следующего слоя в спецификации детали.

7. Способ (600) по п. 1 или 2, согласно которому при корректировке (614F) процесса изготовления:

определяют (626) разницу между измеренной шириной и целевой шириной в первом месте из указанного множества мест;

определяют (628), на основании разницы, количество материала, которое необходимо добавить к слою в первом месте; и

добавляют (630) указанное количество материала к слою в первом месте.

8. Способ (600) по п. 1 или 2, согласно которому при корректировке (614F) процесса изготовления:

удаляют (632) слой из стопы;

режут (634) заменяющий слоя материала; а

после резки (636) заменяющего слоя и удаления слоя из стопы, размещают заменяющий слой на стопе.

9. Способ (600) по п. 1 или 2, согласно которому дополнительно:

определяют (638) опорную центровую линию первого слоя в последовательности на основании указанных по меньшей мере двух краев, определенных для первого слоя;

для каждого слоя (640) в последовательности после первого слоя:

определяют (640А) центровую линию слоя на основании указанных по меньшей мере двух краев, определенных для слоя;

определяют (640В) разницу между центральной линией слоя и опорной центральной линией;

определяют (640С), превышает ли разница пороговое значение; и

в случае (640D) превышения разницей порогового значения, повторно размещают слой на стопе для уменьшения разницы между центральной линией слоя и опорной центральной линией.

10. Способ (600) по п. 1 или 2, согласно которому дополнительно: для каждого слоя (642):

определяют (642А), на основании указанных по меньшей мере двух краев, площадь поверхности слоя;

определяют (642В), на основании площади поверхности, измеренный объем стопы в области измерения;

сравнивают (642С) измеренный объем с целевым объемом стопы в области измерения, причем целевой объем указан в спецификации детали;

принимают (642D) решение, на основании произведенного сравнения измеренного объема с целевым объемом, следует ли скорректировать по меньшей мере один параметр из спецификации детали для резки следующего слоя в последовательности; и

если указанным решением (642Е) является проведение корректировки по меньшей мере одного параметра из спецификации детали,

корректируют указанный по меньшей мере один параметр на основании произведенного сравнения,

причем по меньшей мере для одного слоя решением, основанным на произведенном сравнении измеренного объема с целевым объемом, является проведение корректировки указанного по меньшей мере одного параметра.

11. Способ (600) по п. 10, согласно которому если измеренный объем больше целевого объема,

корректировка (642) по меньшей мере одного параметра из спецификации детали для резки следующего слоя включает уменьшение (644) целевой ширины по меньшей мере для одного места по длине следующего слоя.

12. Способ (600) по п. 10, согласно которому если измеренный объем меньше целевого объема,

корректировка (642) по меньшей мере одного параметра из спецификации детали для резки следующего слоя включает увеличение (646) целевой ширины по меньшей мере для одного места по длине следующего слоя.

13. Способ (600) по п. 1 или 2, согласно которому стопу размещают на плоской поверхности, проходящей в первой плоскости области измерения,

при этом сканирование (614A) слоя по длине включает перемещение (648) лазерного датчика смещения от первого конца области измерения ко второму концу области измерения во второй плоскости, параллельной первой плоскости,

причем первая плоскость расположена на заданном расстоянии от второй плоскости.

14. Система (200) для получения композитной детали (100), содержащая:

режущее устройство (218) для резки по одному слою (110) за раз множества слоев (110) материала;

область (242) измерения для приема указанного множества слоев (110), по одному слою (110) за раз, с получением стопы (112);

измерительное устройство (224) для сканирования области (242) измерения; и контроллер (217), выполненный с возможностью:

побуждать режущее устройство (218) выполнять резку, по одному слою (110) за раз в заданной последовательности на основании спецификации (236) детали, указанного множества слоев (110), причем в спецификации (236) детали указаны параметры процесса изготовления для получения композитной детали (100), и

для каждого слоя (110), после приема слоя (110) в области (242) измерения и перед резкой режущим устройством (218) следующего слоя (110) в указанной последовательности:

побуждать измерительное устройство (224) сканировать слой (110) по длине для определения изображения слоя (110);

определять, на основании изображения, по меньшей два края (116) слоя (110);

определять, на основании указанных по меньшей двух краев (116), измеренную ширину во множестве мест по длине слоя (110);

сравнивать измеренную ширину слоя (110) в каждом месте с целевой шириной в

указанном месте, причем параметры, указанные в спецификации (236) детали, содержат целевую ширину в каждом месте по длине слоя (110);

принимать решение, на основании произведенного сравнения, следует ли скорректировать процесс изготовления; и

если указанным решением является проведение корректировки процесса изготовления, осуществлять корректировку, на основании произведенного сравнения, по меньшей мере одного параметра из спецификации (236) детали для резки следующего слоя (110) в последовательности,

причем по меньшей мере для одного слоя (110) указанным решением является

проведение корректировки процесса изготовления.

15. Система (200) по п. 14, в которой измерительное устройство (224) представляет собой лазерный датчик смещения.

16. Система (200) по п. 14 или 15, в которой контроллер (217) дополнительно выполнен с возможностью:

определять опорную центровую линию первого слоя (110) в последовательности на основании указанных по меньшей двух краев (116), определенных для первого слоя (110);

для каждого слоя (110) в последовательности после первого слоя (110):

10 определять центровую линию (114) слоя (110) на основании указанных по меньшей двух краев (116), определенных для слоя (110);

определять разницу между центральной линией (114) слоя (110) и опорной центральной линией;

определять, превышает ли разница пороговое значение; и

15 в случае превышения разницей порогового значения, повторно размещать слой (110) на стопе (112) для уменьшения разницы между центральной линией (114) слоя (110) и опорной центральной линией.

17. Система (200) по п. 14 или 15, в которой контроллер (217) дополнительно выполнен с возможностью:

20 для каждого слоя (110):

определять, на основании по меньшей двух краев (116), площадь поверхности слоя (110);

определять, на основании площади поверхности, измеренный объем стопы (112) в области (242) измерения;

25 сравнивать измеренный объем с целевым объемом стопы (112) в области (242) измерения, причем целевой объем указан в спецификации (236) детали;

принимать решение, на основании произведенного сравнения измеренного объема с целевым объемом, следует ли скорректировать по меньшей мере один параметр из спецификации (236) детали для резки следующего слоя (110) в последовательности; и

30 если указанным решением является проведение корректировки по меньшей мере одного параметра из спецификации (236) детали, осуществлять корректировку указанного по меньшей мере одного параметра на основании произведенного сравнения,

причем по меньшей мере для одного слоя (110) решением, основанным на произведенном сравнении измеренного объема с целевым объемом, является проведение корректировки указанного по меньшей мере одного параметра из спецификации (236) детали.

18. Некратковременный компьютерочитаемый носитель (234) данных, содержащий хранящиеся на нем программные инструкции, которые при их исполнении контроллером побуждают систему (200) изготовления композитных деталей выполнять ряд действий,

40 причем система (200) изготовления композитных деталей содержит режущее устройство (218) для резки множества слоев (110) материала, область (242) измерения для приема указанного множества слоев (110) с получением стопы (112), и измерительное устройство (224) для сканирования области (242) измерения, а

ряд операций включает:

45 резку режущим устройством, по одному слою (110) за раз в заданной последовательности на основании спецификации (236) детали, множества слоев (110), причем в спецификации (236) детали указаны параметры процесса изготовления для получения композитной детали;

размещение, на основании спецификации (236) детали, указанного множества слоев (110) по одному слою (110) за раз с получением стопы (112) в области измерения; и для каждого слоя (110), после размещения слоя (110) и перед резкой следующего слоя (110) в последовательности:

- 5 сканирование, посредством измерительного устройства, слоя (110) по длине для определения изображения слоя (110);
определение, на основании изображения, по меньшей двух краев (116) слоя (110);
определение, на основании указанных по меньшей двух краев (116), измеренной ширины во множестве мест по длине слоя (110);
- 10 сравнение измеренной ширины слоя (110) в каждом месте с целевой шириной в указанном месте, причем параметры, указанные в спецификации (236) детали, содержат целевую ширину в каждом месте по длине слоя (110);
принятие решения, на основании произведенного сравнения, следует ли скорректировать процесс изготовления; и
- 15 если указанным решением является проведение корректировки процесса изготовления, осуществление корректировки, на основании произведенного сравнения, по меньшей мере одного параметра из спецификации (236) детали для резки следующего слоя (110) в последовательности,
причем по меньшей мере для одного слоя (110) указанным решением является
- 20 проведение корректировки процесса изготовления.

19. Некратковременный компьютерочитаемый носитель (234) данных по п. 18, в котором указанный ряд действий дополнительно включает:

- определение опорной центральной линии первого слоя (110) в последовательности на основании указанных по меньшей двух краев (116), определенных для первого слоя
- 25 (110);
для каждого слоя (110) в последовательности после первого слоя (110):
определение центральной линии (114) слоя (110) на основании указанных по меньшей двух краев (116), определенных для слоя (110);
определение разницы между центральной линией (114) слоя (110) и опорной центральной
- 30 линией;
определение, превышает ли разница пороговое значение; и
в случае превышения разницей порогового значения, повторное размещение слоя (110) на стопе для уменьшения разницы между центральной линией (114) слоя (110) и опорной центральной линией.

- 35 20. Некратковременный компьютерочитаемый носитель (234) данных по п. 18 или 19, в котором указанный ряд действий дополнительно включает:

- для каждого слоя (110):
определение, на основании указанных по меньшей двух краев (116), площади поверхности слоя (110);
- 40 определение, на основании площади поверхности, измеренного объема стопы в области (242) измерения;
сравнение измеренного объема с целевым объемом стопы в области (242) измерения, причем целевой объем указан в спецификации (236) детали;
- принятие решения, на основании произведенного сравнения измеренного объема с
- 45 целевым объемом, следует ли скорректировать по меньшей мере один параметр из спецификации (236) детали для резки следующего слоя (110) в последовательности; и
если указанным решением является проведение корректировки по меньшей мере одного параметра из спецификации (236) детали, осуществление корректировки

указанного по меньшей мере одного параметра на основании произведенного сравнения, причем по меньшей мере для одного слоя решением, основанным на произведенном сравнении измеренного объема с целевым объемом, является проведение корректировки указанного по меньшей мере одного параметра из спецификации (236) детали.

5

10

15

20

25

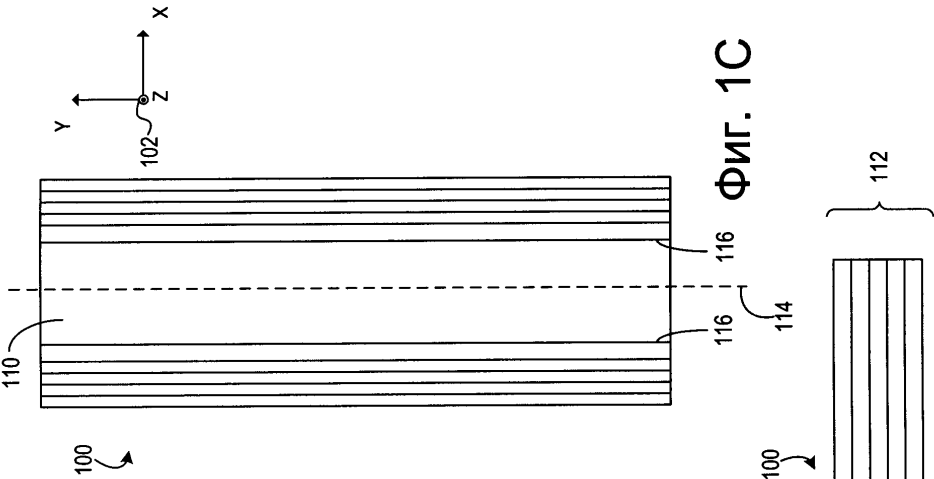
30

35

40

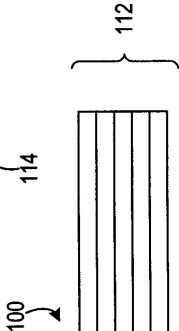
45

1

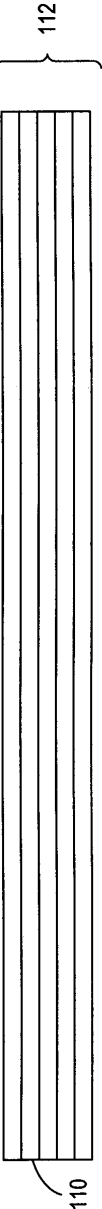


Фиг. 1А

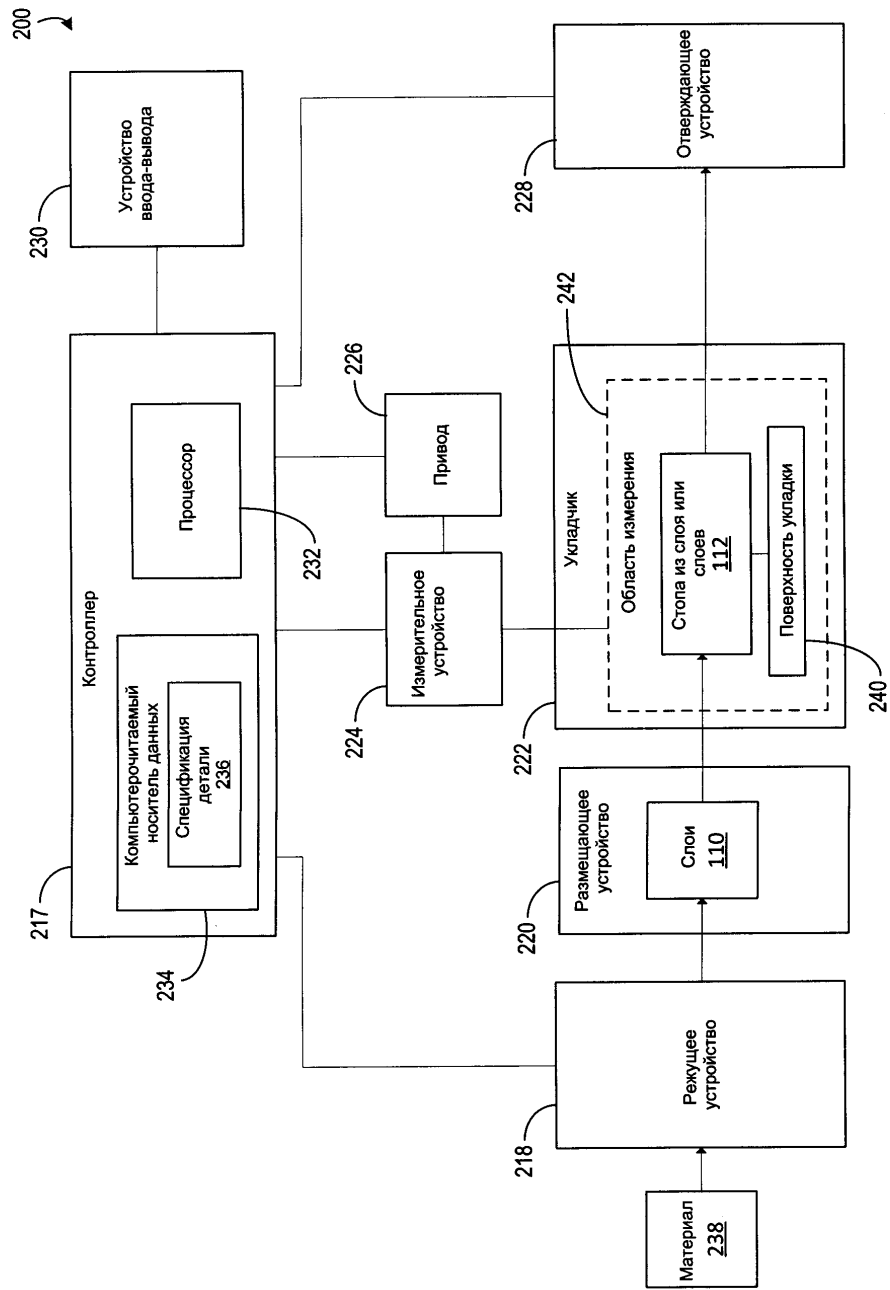
Фиг. 1С



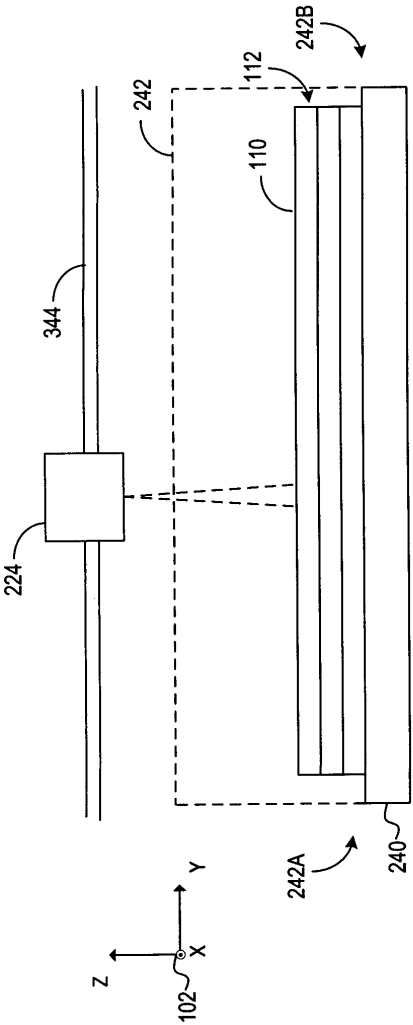
Фиг. 1В



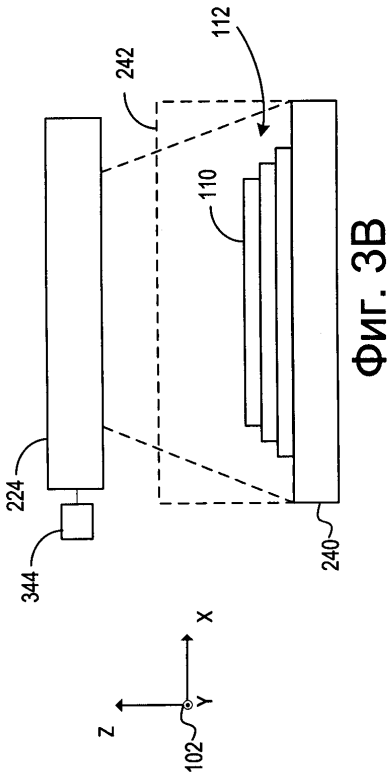
2



Фиг. 2

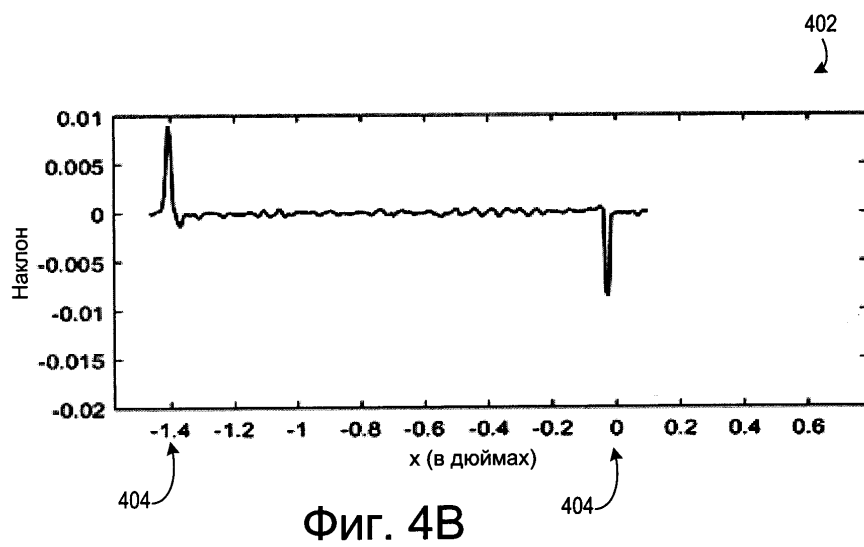
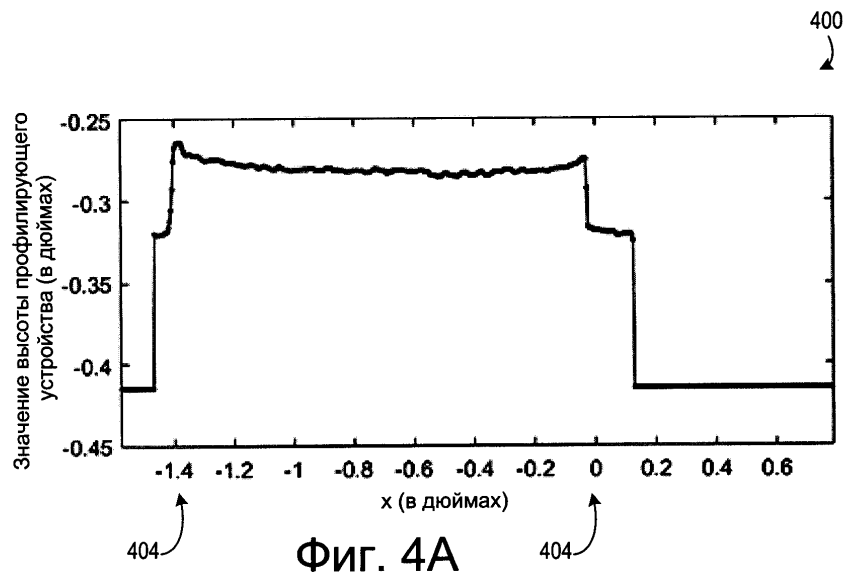


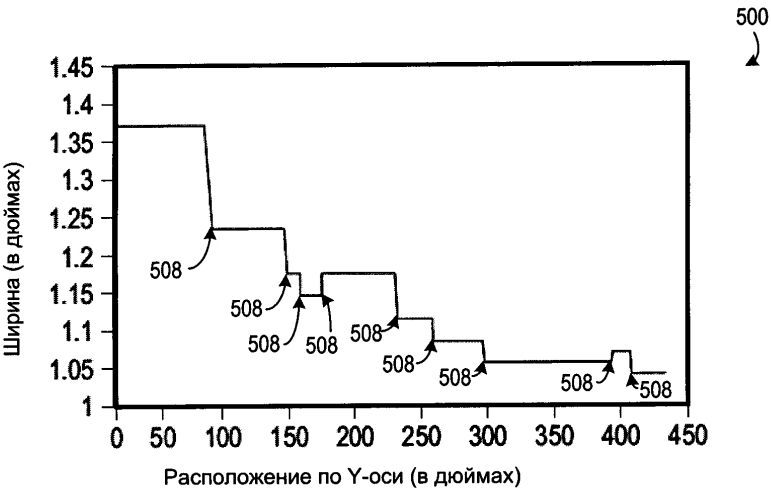
ФИГ. 3А



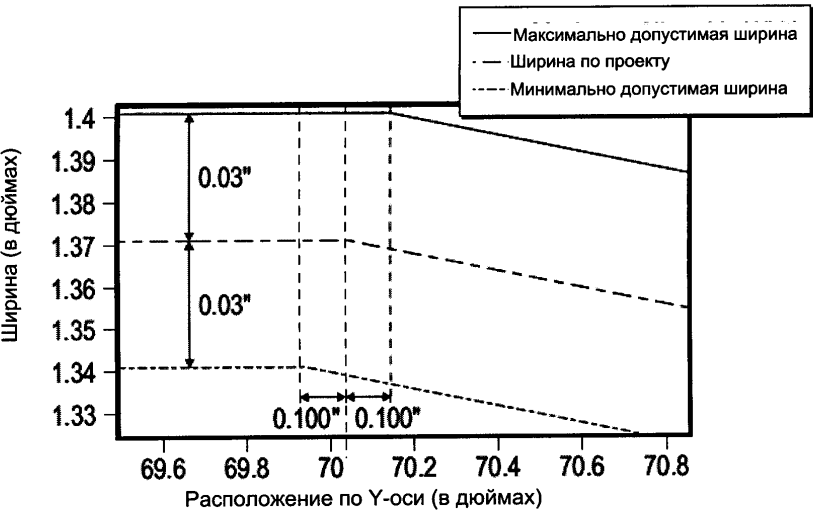
ФИГ. 3В

4/13



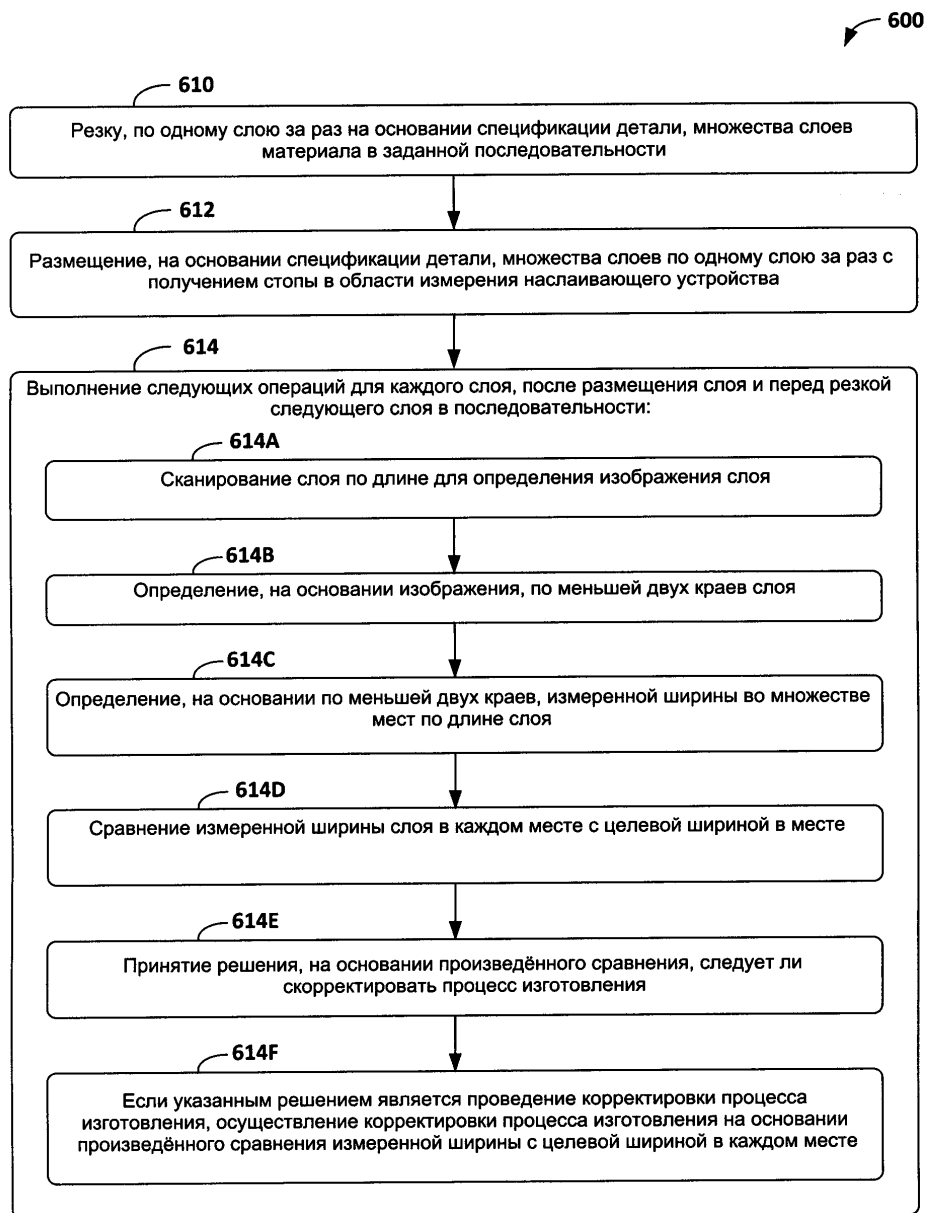


Фиг. 5А

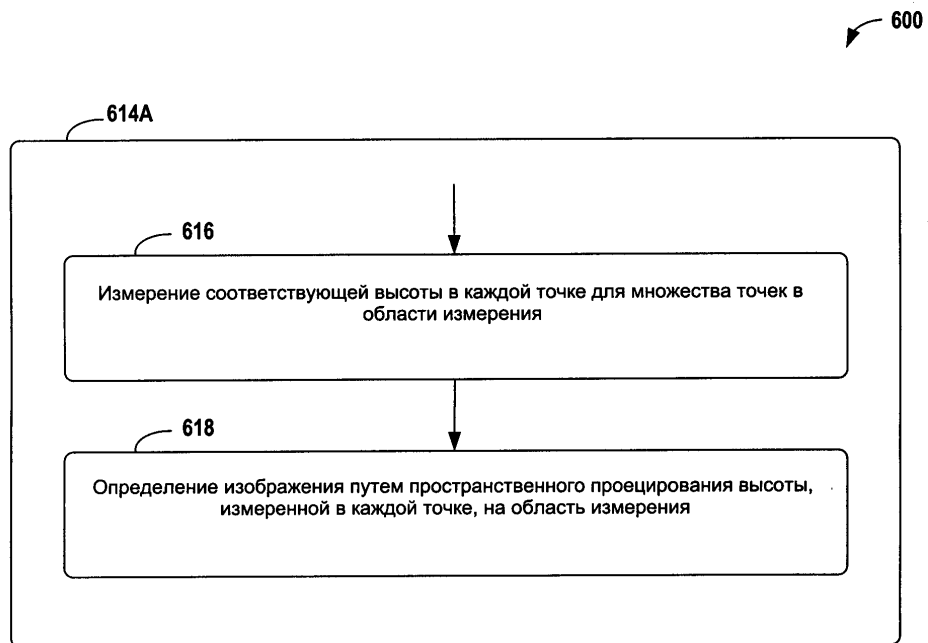


Фиг. 5В

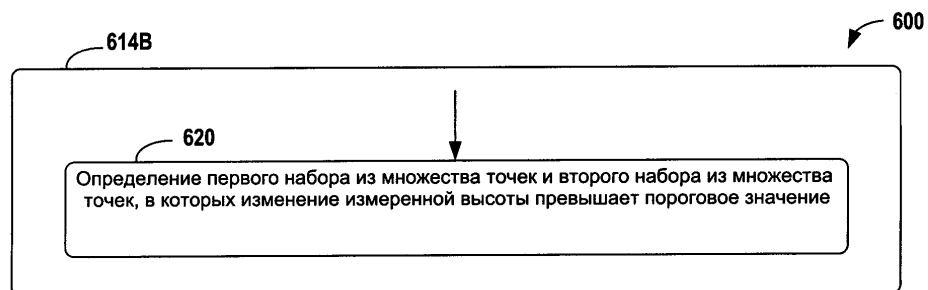
6/13



Фиг. 6

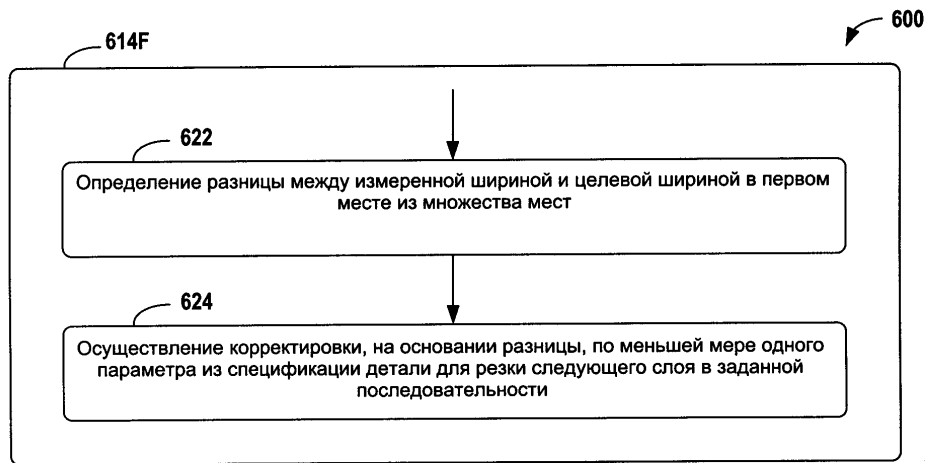


Фиг. 7



Фиг. 8

8/13

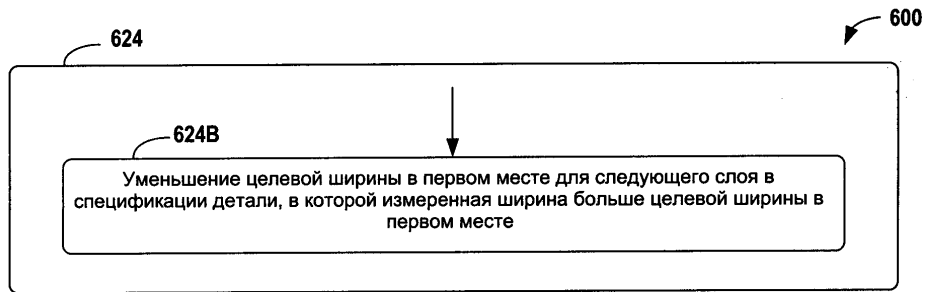


Фиг. 9

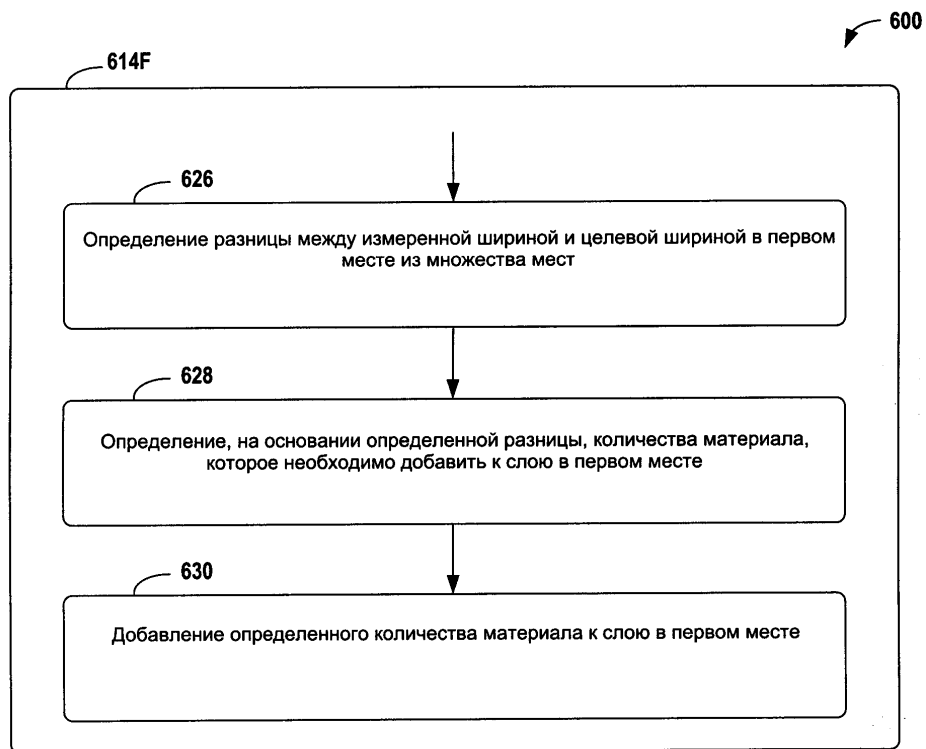


Фиг. 10

9/13

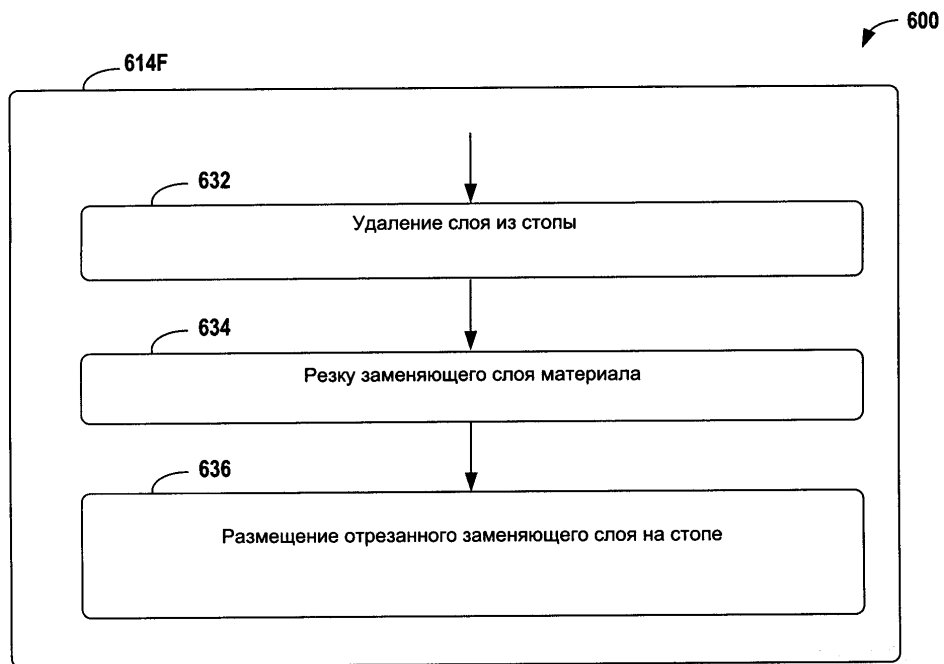


Фиг. 11



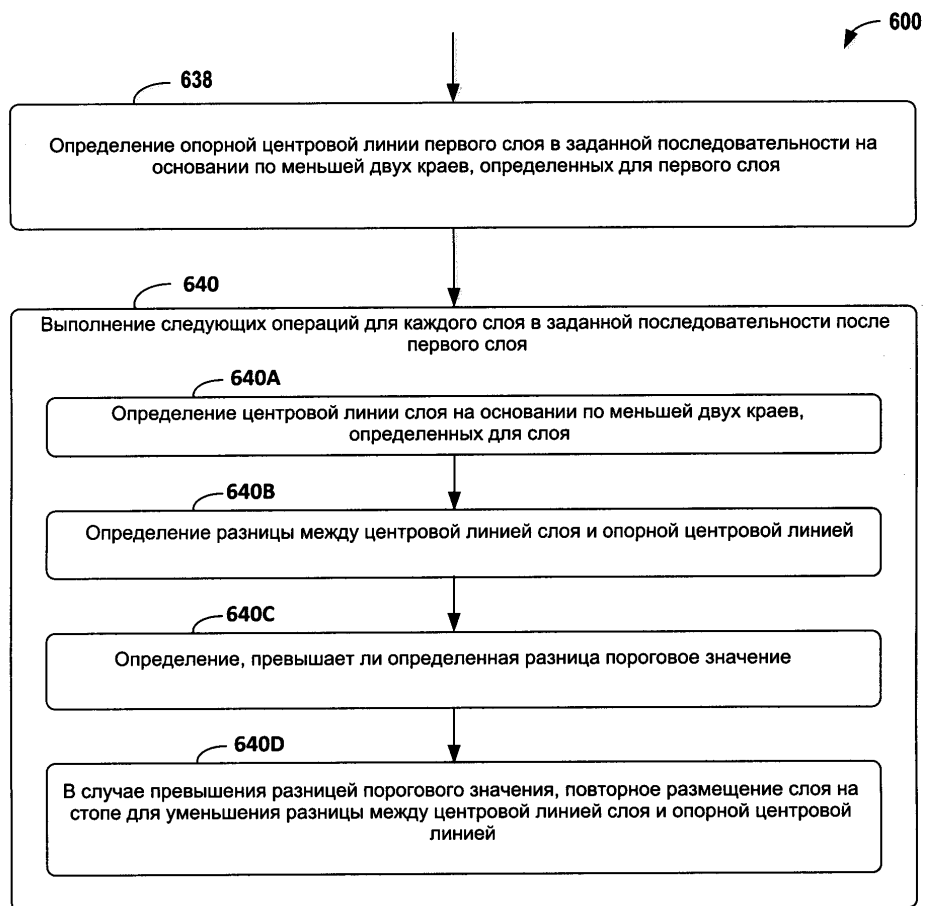
Фиг. 12

10/13



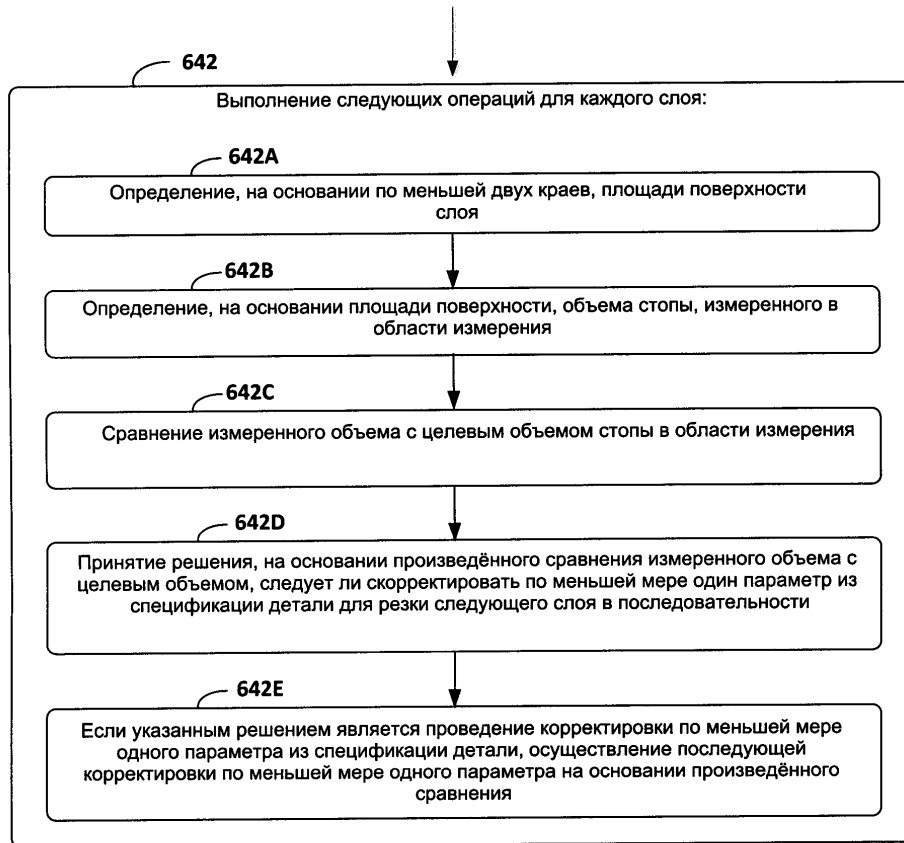
Фиг. 13

11/13



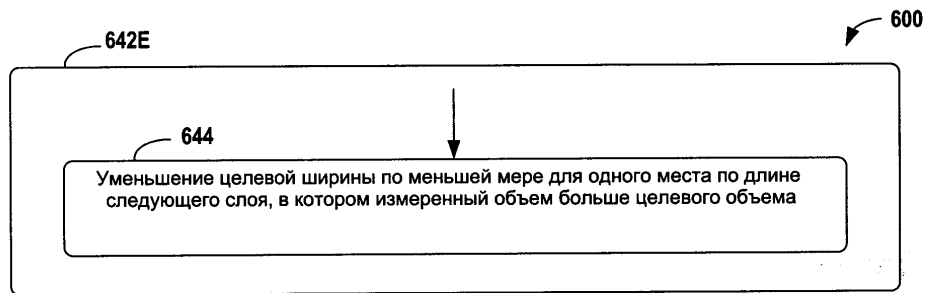
Фиг. 14

12/13

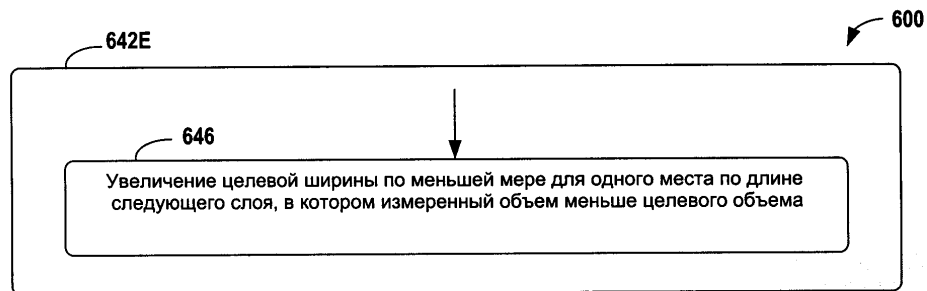


Фиг. 15

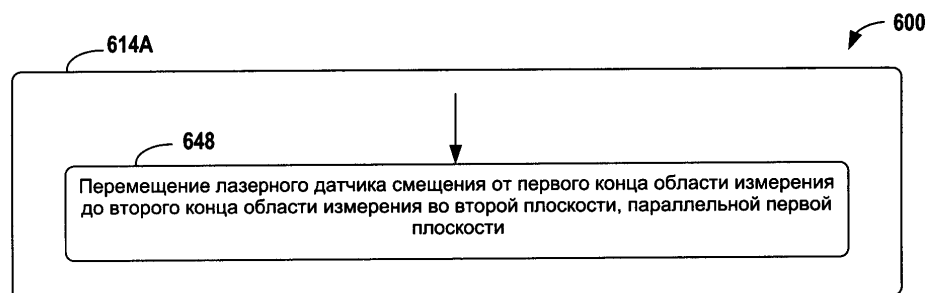
13/13



Фиг. 16



Фиг. 17



Фиг. 18