

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **034072**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2019.12.24**

(51) Int. Cl. **D21F 11/00** (2006.01)  
**D21H 27/00** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201790689**

(22) Дата подачи заявки  
**2015.09.25**

---

(54) **СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА БУМАЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
МНОГОСЛОЙНОЙ КРЕПИРУЮЩЕЙ ЛЕНТЫ**

---

(31) **62/055,261; 14/865,443**

(32) **2014.09.25; 2015.09.25**

(33) **US**

(43) **2017.07.31**

(86) **PCT/US2015/052390**

(87) **WO 2016/049546 2016.03.31**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ДжиПиСиПи АйПи ХОЛДИНГЗ  
ЭлЭлСи (US)**

(72) Изобретатель:  
**Сзе Дэниел Х., Чоу Хун Лян, Фань  
Сяолинь (US)**

(74) Представитель:  
**Медведев В.Н. (RU)**

(56) **US-A1-2004154763  
US-A1-2010186913  
US-A1-2008029235  
US-B1-6576090  
WO-A1-2010068765**

---

(57) Предложен способ крепирования целлюлозного полотна, и этот способ включает получение зарождающегося полотна из водной бумагообразующей композиции; нанесение и крепирование зарождающегося полотна на многослойной крепящей ленте, которая включает (i) первый слой (502), выполненный из полимерного материала, имеющий множество отверстий (506), и (ii) второй слой (504), прикрепленный к поверхности первого слоя, причем зарождающееся полотно наносит на первый слой; и прикладывание вакуума к крепящей ленте так, что зарождающееся полотно втягивается во множество отверстий, но не втягивается во второй слой.

**B1**

**034072**

**034072  
B1**

### **Перекрестная ссылка на родственную заявку**

Данная заявка основана на предварительной патентной заявке US № 62/055261, поданной 25 сентября 2014 г., которая включена посредством ссылки в полном объеме.

### **Предпосылки создания изобретения**

#### **Область техники, к которой относится изобретение**

Настоящее изобретение относится к многослойной ленте, которая может быть использована для крепирования целлюлозного полотна в бумагоделательном способе. Настоящее изобретение также относится к способам изготовления бумажных изделий с применением многослойной ленты для крепирования в бумагоделательном способе. Настоящее изобретение также относится к бумажным изделиям, имеющим исключительные свойства.

#### **Предшествующий уровень техники**

Способы изготовления бумажных изделий, таких как изделия из бумаги тисью и полотенца, хорошо известны. В таких способах вначале формируют водное зарождающееся полотно из композиции бумажной массы. Зарождающееся полотно обезвоживают с использованием, например, ленточной структуры, изготовленной из полимерного материала, обычно в форме прижимной сетки. В некоторых бумагоделательных способах после обезвоживания полотну придают форму или трехмерную текстуру, получая в результате полотно, называемое структурированным листом. Один из подходов к приданию формы полотну предполагает использование операции крепирования, пока полотно все еще находится в полутвердом, пластичном состоянии. При операции крепирования используют крепирующую структуру, такую как лента или структурирующая сетка, и операция крепирования протекает под давлением в крепирующем зазоре, причем в зазоре полотно принудительно проталкивают в отверстия в крепирующей структуре. После операции крепирования также может быть использован вакуум, чтобы дополнительно втянуть полотно в отверстия в крепирующей структуре. По окончании операции(й) придания формы полотно сушат, чтобы удалить по существу любую оставшуюся воду, с использованием хорошо известного оборудования, например, янки-цилиндра (американского сушильного барабана).

Существуют различные конфигурации структурирующих сеток и лент, известных в данной области техники. Конкретные примеры лент и структурирующих сеток, которые могут быть использованы для крепирования в бумагоделательном способе, можно посмотреть в патенте US № 8152957 и в патентной заявке US № 2010/0186913, которые включены в настоящий документ посредством ссылки во всей их полноте.

Структурирующие сетки или ленты обладают многими свойствами, которые делают их подходящими для использования в операции крепирования. В частности, плетеные структурирующие сетки, изготовленные из полимерных материалов, таких как полиэтилентерефталат (ПЭТ), являются прочными, размерно-устойчивыми и имеют трехмерную текстуру за счет рисунка переплетения и промежутков между нитями, которые образуют плетеную структуру. Сетки, следовательно, могут создавать как прочную, так и гибкую крепирующую структуру, которая может выдерживать напряжения и деформации при работе на бумагоделательной машине во время бумагоделательного процесса. Однако структурирующие сетки не идеально подходят для всех операций крепирования. Отверстия в структурирующей сетке, в которые полотно втягивают во время придания формы, образованы в виде промежутков между переплетенными нитями. Более конкретно, отверстия формируют трехмерным образом, так как существуют «стыки» или точки пересечения переплетенных нитей в определенном желаемом рисунке как в машинном направлении (МН (MD)), так и поперечном направлении (ПН (CD)). В силу этого неизбежно существует ограниченный ряд отверстий, которые могут быть созданы в случае структурирующей сетки. Кроме того, подлинная природа сетки, представляющей собой плетеную структуру, изготовленную из нитей, сильно ограничивает максимальный размер и возможные конфигурации отверстий, которые могут быть образованы. И, более того, конструирование и изготовление любой сетки со специально конфигурированными отверстиями является дорогостоящим и трудоемким процессом. Таким образом, хотя структурирующие сетки структурно хорошо подходят для крепирования в бумагоделательных процессах с точки зрения прочности, долговечности и гибкости, существуют ограничения по типам придания формы бумагообразующему полотну, которые могут быть достигнуты при использовании плетеных структурирующих сеток. В результате трудно одновременно достичь более высокой толщины в милах и более высокой мягкости бумажного изделия, изготовленного с использованием операций крепирования.

В качестве альтернативы плетеным структурирующим сеткам при операции крепирования в качестве поверхности, придающей форму полотну, может быть использована экструдированная полимерная ленточная структура. В отличие от структурирующих сеток в полимерных структурах могут быть сформированы отверстия различных размеров и различных форм, например, путем лазерного сверления или механической штамповки. Удаление материала из полимерной ленточной структуры при формировании отверстий, однако, влияет на снижение прочности, долговечности и сопротивления растяжению ленты в МН. Таким образом, существует практическое ограничение по размеру и/или плотности отверстий, которые могут быть образованы в полимерной ленте, хотя лента все еще остается подходящей для бумагоделательного способа. Более того, почти любой монолитный полимерный материал (то есть однослойный экструдированный полимерный материал), который потенциально мог бы быть использован для форми-

рования ленточной структуры, будет менее прочен и менее устойчив к растяжению, чем типичные структурирующие сетки, вследствие природы монолитного материала в сравнении с плетеной структурой.

Предпринимались попытки использовать в бумагоделательных операциях полимерные ленточные структуры с экструдированным полимерным слоем. Например, патент US № 4446187 раскрывает ленточную структуру, которая включает полиуретановую фольгу или пленку, прикрепленную по меньшей мере к одной плетеной сетке для усиления ленты. Однако такая ленточная структура конфигурирована для использования в операциях обезвоживания на участках формования, прессования и/или сушки бумагоделательной машины. По этой причине такая ленточная структура не имеет отверстий достаточного размера для проведения структурирования полотна, такого как структурирование при операции крепирования.

Дополнительным ограничением для любой крепирующей ленты или сетки, которые используют в бумагоделательном процессе, является требование, чтобы крепирующая лента или сетка по существу препятствовали целлюлозным волокнам, используемым для изготовления бумажного изделия, проходить через крепирующую ленту или сетку в процессе изготовления бумаги. Волокна, которые полностью проходят через крепирующую ленту или сетку, будут оказывать негативное воздействие на бумагоделательный способ. Например, если значительное количество волокон из полотна полностью протягивается через крепирующую ленту или сетку, когда используют вакуумную камеру для втягивания полотна в отверстия крепирующей структуры, волокна постепенно будут накапливаться на наружной кромке вакуумной камеры. В результате толщина в милах бумажного изделия будет существенно снижаться из-за утечки воздуха через уплотнение между вакуумной камерой и крепирующей структурой. Кроме того, накопленные волокна, которые приводят к нежелательным колебаниям в свойствах бумажного изделия, также должны быть очищены с наружной кромки вакуумной камеры. Операция очистки приводит к дорогостоящим потерям времени для бумагоделательной машины и к производственным потерям. В общем случае предпочтительно, чтобы во время бумагоделательного процесса менее одного процента волокон полностью проходило через крепирующую ленту или сетку.

#### **Сущность изобретения**

В соответствии с одним аспектом настоящее изобретение предлагает способ крепирования целлюлозного листа. Способ включает приготовление зарождающегося полотна из водной композиции бумажной массы и нанесение и крепирование зарождающегося полотна на многослойной крепирующей ленте. Крепирующая лента включает (i) первый слой, выполненный из полимерного материала, имеющий множество отверстий, и (ii) второй слой, прикрепленный к поверхности первого слоя, причем зарождающееся полотно выкладывают на первый слой. К крепирующей ленте прикладывают вакуум так, что зарождающееся полотно втягивается во множество отверстий, но не втягивается во второй слой.

В соответствии с другим аспектом настоящего изобретения крепированное полотно изготавливают способом, который включает стадии приготовления зарождающегося полотна из водной композиции бумажной массы и крепирования зарождающегося полотна на многослойной ленте. Многослойная лента включает (i) первый слой, выполненный из полимерного материала, имеющий множество отверстий, и (ii) второй слой, прикрепленный к первому слою, причем зарождающееся полотно выкладывают на поверхность первого слоя. Способ также включает сушку и вытяжку крепированного полотна без процесса каландрования. Зарождающееся полотно втягивают во множество отверстий в первом слое многослойной ленты, но не во второй слой, так, что получают крепированное полотно с множеством куполообразных структур.

В соответствии с еще одним аспектом настоящее изобретение предлагает абсорбирующий лист из целлюлозных волокон, который имеет верхнюю сторону и нижнюю сторону. Абсорбирующий лист содержит множество полых куполообразных областей, выступающих из верхней стороны листа, причем каждая из полых куполообразных областей сформирована так, что расстояние по меньшей мере от одной первой точки на кромке полой куполообразной области до второй точки на кромке на противоположной стороне полой куполообразной области составляет по меньшей мере приблизительно 0,5 мм. Абсорбирующий лист также включает соединительные области, образующие сеть, объединяющую полые куполообразные области листа. Абсорбирующий лист имеет толщину в милах по меньшей мере приблизительно 140 мил/8 листов.

В соответствии с еще одним дополнительным аспектом настоящее изобретение предлагает абсорбирующий лист из целлюлозных волокон, который имеет верхнюю сторону и нижнюю сторону. Абсорбирующий лист содержит множество полых куполообразных областей, выступающих из верхней стороны листа, причем каждая из полых куполообразных областей ограничивает объем по меньшей мере приблизительно 1,0 мм<sup>3</sup>. Абсорбирующий лист также включает соединительные области, образующие сеть, объединяющую полые куполообразные области листа.

В соответствии с еще одним аспектом настоящее изобретение предлагает абсорбирующий лист из целлюлозных волокон, который имеет верхнюю и нижнюю стороны. Абсорбирующий лист содержит множество полых куполообразных областей, выступающих из верхней стороны листа, причем каждая из полых куполообразных областей ограничивает объем по меньшей мере приблизительно 0,5 мм<sup>3</sup>. Абсорбирующий лист также включает соединительные области, образующие сеть, объединяющую полые ку-

полоообразные области листа. Абсорбирующий лист имеет толщину в милах по меньшей мере приблизительно 130 мил/8 листов.

В соответствии с еще одним дополнительным аспектом настоящее изобретение предлагает абсорбирующий лист из целлюлозного волокна, который имеет верхнюю сторону и нижнюю сторону. Абсорбирующий лист содержит множество полых куполообразных областей, выступающих из верхней стороны листа, и соединительных областей, образующих сеть, объединяющую полые куполообразные области листа. Абсорбирующий лист имеет толщину в милах по меньшей мере приблизительно 145 мил/8 листов, и абсорбирующий лист имеет GM-модуль на разрыв меньше чем 3500 г/(3 дюйма) (3500 г/7, 62 см или 459,3 г/см).

В соответствии с еще одним аспектом настоящее изобретение предлагает абсорбирующий лист из целлюлозных волокон, который имеет верхнюю сторону и нижнюю сторону. Абсорбирующий лист включает множество полых куполообразных областей, выступающих из верхней стороны листа, и соединительных областей, образующих сеть, объединяющую полые куполообразные области листа. Плотность волокон полых куполообразных областей на передней стороне в машинном направлении (МН) существенно меньше, чем плотность волокон полых куполообразных областей на задней стороне в машинном направлении (МН).

#### **Краткое описание чертежей**

Фиг. 1 представляет собой схематический вид конфигурации бумагоделательной машины, которая может быть использована в настоящем изобретении.

Фиг. 2 представляет собой схематический вид, иллюстрирующий конвейер папмашины и участок ленточного крепирования бумагоделательной машины, показанной на фиг. 1.

Фиг. 3А представляет собой вид поперечного сечения части многослойной крепящей ленты в соответствии с вариантом осуществления изобретения.

Фиг. 3В представляет собой сверху части, показанной на фиг. 3А.

Фиг. 4А представляет собой поперечное сечение части многослойной крепящей ленты в соответствии с еще одним вариантом осуществления изобретения.

Фиг. 4В представляет собой вид сверху части, показанной на фиг. 4А.

Фиг. 5А-5С представляют собой виды сверху на микрофотографиях (50×) со стороны ленты абсорбирующих целлюлозных листов в соответствии с вариантами осуществления изобретения.

Фиг. 6А-6С представляют собой виды снизу на микрофотографиях (50×) другой стороны абсорбирующих целлюлозных листов в соответствии с вариантами осуществления изобретения, показанных на фиг. 5А-5С.

Фиг. 7А(1)-7С(2) представляют собой виды сверху и снизу на микрофотографиях (100×) куполообразной структуры абсорбирующих целлюлозных листов, показанных на фиг. 5А-5С.

Фиг. 8А-8С представляют собой виды поперечного сечения на микрофотографиях (40×) куполообразных структур абсорбирующих целлюлозных листов в соответствии с вариантами изобретения.

Фиг. 9 представляет собой вид измерения размера куполообразной области в бумажном изделии в соответствии с настоящим изобретением.

Фиг. 10 представляет собой изображение распределения плотности волокон в куполообразной области бумажного изделия в соответствии с настоящим изобретением.

Фиг. 11 представляет собой изображение в серой шкале распределения плотности волокон в куполообразной области бумажного изделия в соответствии с изобретением.

Фиг. 12 представляет собой график зависимости между мягкостью на ощупь и GM-модуль на разрыв бумажных изделий.

Фиг. 13 представляет собой график зависимости между толщиной в милах и GM-модуль на разрыв бумажных изделий в соответствии с изобретением.

Фиг. 14 представляет собой график зависимости между толщиной в милах бумажных изделий в соответствии с изобретением и объемом отверстий в конфигурации многослойной ленточной структуры в соответствии с изобретением.

Фиг. 15 представляет собой график зависимости между толщиной в милах бумажных изделий в соответствии с изобретением и объемом отверстий в конфигурации многослойной ленточной структуры в соответствии с изобретением.

Фиг. 16 представляет собой график зависимости между толщиной в милах бумажных изделий в соответствии с изобретением и диаметром отверстий в конфигурации многослойной ленточной структуры в соответствии с изобретением.

#### **Подробное описание изобретения**

В одном аспекте настоящее изобретение относится к бумагоделательным процессам, в которых используют ленту, имеющую многослойную структуру, которая может быть использована для крепирования полотна, в качестве части бумагоделательного процесса. Настоящее изобретение также относится к бумажным изделиям, обладающим исключительными свойствами, причем бумажные изделия могут быть получены с использованием многослойной крепящей ленты.

Термин "бумажные изделия", используемый в данном описании, охватывает любое изделие, включающее бумагообразующее волокно, содержащее целлюлозу в качестве основной составляющей. Этот термин включает, например, изделия, продаваемые как бумажные полотенца, туалетная бумага, косметические салфетки и т.д. Бумагообразующие волокна включают целлюлозу из первичного сырья, или рецикловые (вторичные) целлюлозные волокна, или волокна из смеси волокон, содержащих целлюлозные волокна. Древесные волокна включают, например, волокна, полученные из лиственных и хвойных деревьев, включая волокна из древесины мягких пород, такие как волокна крафт-целлюлозы из северной и южной хвойной древесины, и волокна из древесины твердых пород, таких как эвкалипт, клен, береза, осина или т.п. Примеры волокон, пригодных для изготовления волокон настоящего изобретения, включают недревесные волокна, такие как хлопковое волокно или производные хлопка, манильская пенька, кенаф, трава сабай, лен, трава эспарто, солома, джутовая конопля, багасса, нитевидные волокна молочая и волокна листьев ананаса. "Композиции бумажной массы" и подобная терминология относятся к водным композициям, содержащим бумагообразующие волокна и, опционально, влагопрочные смолы, разрыхлители и т.п., для изготовления бумажных изделий.

В данном изобретении исходное волокно и жидкую смесь, которые сушат до готового изделия в бумагоделательном способе, называют "полотном" и/или "образующимся полотном". Высушенное, однослойное изделие бумагоделательного способа называют "базовым листом". Кроме того, изделие бумагоделательного процесса может быть названо "абсорбирующим листом". При этом абсорбирующий лист может представлять собой то же самое, что и один базовый лист. С другой стороны, абсорбирующий лист может включать множество базовых листов в виде многослойной структуры. Кроме того, абсорбирующий лист может быть подвергнут дополнительной обработке после сушки в процессе формирования базового листа, например, тиснению.

При описании настоящего изобретения в данном документе термины "машинное направление" (МН (MD)) и "поперечное направление" (ПН (CD)) используются в соответствии с их хорошо известным в данной области техники значением. То есть МН ленты или другой крепящей структуры относится к направлению, в котором лента или другая крепящая структура перемещаются в бумагоделательном процессе, в то время как ПН относится к направлению, поперечному МН ленты или крепящей структуры. Аналогично, при ссылке на бумажные изделия, МН бумажного изделия относится к направлению на изделия, в котором изделие перемещается в процессе изготовления бумаги, и ПН относится к направлению на бумажном изделии, поперечному МН изделия.

#### Бумагоделательные машины

Способы, в которых используют ленты согласно изобретению и изготавливают изделия согласно изобретению, могут компактно включать обезвоживание бумагообразующей композиции бумажной массы, имеющей случайное распределение волокон, так, чтобы сформировать полутвердое полотно, а затем ленточное крепирование полотна так, чтобы перераспределить волокна и придать форму полотну с получением бумажных изделий с желаемыми свойствами. Эти стадии бумагоделательных процессов могут быть осуществлены на бумагоделательных машинах, имеющих различные конфигурации. Ниже будет описано два примера таких бумагоделательных машин.

Фиг. 1 показывает первый пример бумагоделательной машины 200. Бумагоделательная машина 200 представляет собой трехсеточную машину, которая включает прессовую часть 100, на которой проводят операцию крепирования. Перед прессовой частью 100 находится формующая часть 202, которую в случае бумагоделательной машины 200 называют в данной области техники сеточной частью. Формующая часть 202 включает напорный ящик 204, который выкладывает композицию бумажной массы на формующую сетку 206, поддерживаемую валами 208 и 210, в результате чего изначально формируется бумагоделательное полотно. Формующая часть 202 также включает формующий вал 212, который поддерживает бумагоделательное сукно 102. Пробег сукна 214 простирается до участка башмачного пресса 216, где влажное полотно выкладывают на опорный валик 108, причем полотно 116 подвергается мокрому прессованию одновременно с переносом на опорный валик 108.

Пример альтернативной конфигурации бумагоделательной машины 200 включает двухсеточный формующий участок вместо серповидного формующего участка 202. В такой конфигурации после двухсеточной формующей части остальные компоненты такой бумагоделательной машины могут быть выполнены и размещены аналогично остальным частям бумагоделательной машине 200. Пример бумагоделательной машины с двухсеточной формующей частью можно найти в вышеупомянутой публикации патентной заявки US № 2010/0186913.

Другие примеры альтернативных формующих участков, которые могут быть использованы в бумагоделательной машине, включают двухсеточное формующее устройство с С-образным охватом, двухсеточное формующее устройство с S-образным охватом или формующее устройство с грудным отсасывающим валом. Специалисту в данной области техники будет понятно, как эти или даже другие альтернативные формующие части могут быть интегрированы в бумагоделательную машину.

Полотно 116 переносят на крепящую ленту 112 в зазор крепящей ленты 120 и затем втягивают вакуумом с помощью вакуумной камеры 114, как будет описано более подробно ниже. После такой операции крепирования полотно 116 выкладывают на янки-цилиндр 218 в другой прессовый зазор 216 с

использованием крепирующего клея. Перенос на янки-цилиндр 218 может быть проведен, например, при находящейся под давлением площади контакта между полотном 116 и поверхностью янки-цилиндра от приблизительно 4 до приблизительно 40% при давлении приблизительно от 250 до 350 фунтов на линейный дюйм (PLI, фунт/л.дюйм) (приблизительно от 43,8 до 61,3 кН/м). Перенос у зазора 216 может происходить при консистенции полотна, например, приблизительно от 25 до 70%. Следует отметить, что термин "консистенция", используемый в данном случае, относится к проценту твердых веществ в зарождающемся полотне, например, при пересчете на абсолютно сухое вещество. При консистенции от приблизительно 25 до приблизительно 70% иногда трудно достаточно надежно прикрепить полотно 116 к поверхности янки-цилиндра 218 с тем, чтобы тщательно удалить полотно с крепирующей ленты 112. Для увеличения адгезии между полотном 116 и поверхностью янки-цилиндра 218 на поверхность янки-цилиндра 218 может быть нанесен клей. Клей может создать условия для высокой скорости работы системы и высокой скорости сушки ударной воздушной струей, а также обеспечивает возможность последующего отслаивания полотна 116 с янки-цилиндра 218. Примером такого клея является клеевая композиция поли(виниловый спирт)/полиамид, причем типичная норма нанесения такого клея находится на уровне меньше чем приблизительно 40 мг/м<sup>2</sup> листа. Однако специалисту в данной области техники будет легко определить широкое разнообразие альтернативных клеев, а также количества клея, которые могут быть использованы для облегчения переноса полотна 116 на янки-цилиндр 218.

Полотно 116 сушат на янки-цилиндре 218, который представляет собой нагретый цилиндр, с помощью высокоскоростной ударной струи воздуха в сушильном колпаке вокруг янки-цилиндра 218. Так как янки-цилиндр 218 вращается, полотно 116 отслаивается от сушилки 218 в положении 220. Полотно 116 затем может быть намотано на принимающую бобину (не показана). Бобина может работать быстрее, чем янки-цилиндр 218 при устойчивом состоянии работы, чтобы придать дополнительное крепирование полотну 116. Опционально, крепирующий шабер 222 может быть использован для стандартного сухого крепирования полотна 116. В любом случае может быть установлен очистной шабер для периодического входа в зацепление и использован для контроля наматывания.

Фиг. 2 показывает детали прессовой части 100, где происходит крепирование. Прессовая часть 100 включает сукно бумагоделательной машины 102, отсасывающий вал 104, башмачный пресс 106 и опорный вал 108. Опорный вал 108 опционально может быть нагрет, например, паром. Прессовая часть 100 также включает крепирующий вал 110, крепирующую ленту 112 и вакуумную камеру 114. Крепирующая лента 112 может быть выполнена в виде многослойной ленты согласно изобретению, которая будет подробно описана ниже.

В крепирующем зазоре 120 полотно 116 переносят на верхнюю сторону крепирующей ленты 112. Крепирующий зазор 120 ограничен между опорным валом 108 и крепирующей лентой 112, причем крепирующая лента 112 прижата относительно опорного вала 108 поверхностью 172 крепирующего вала 110. При таком переносе в крепирующем зазоре 120 волокна целлюлозного полотна 116 перегруппировывают и ориентируют, как будет подробно описано ниже. После переноса полотна 116 на крепирующую ленту 112 может быть использована вакуумная камера 114 для прикладывания всасывающего действия к полотну 116, чтобы по меньшей мере частично вытянуть мельчайшие складки. Приложенное всасывающее действие также может способствовать втягиванию полотна 116 в отверстия в крепирующей ленте 112, тем самым дополнительно придавая форму полотну 116. Более подробно такое придание формы полотну 116 будет описано ниже.

Крепирующий зазор 120, как правило, простирается на все расстояние или ширину зазора крепирующей ленты в любом месте, например, от приблизительно 1/8 до приблизительно 2 дюймов (приблизительно от 3,18 до 50,8 мм), более конкретно от приблизительно 0,5 до приблизительно 2 дюймов (приблизительно от 12,7 до 50,8 мм). Отжимное давление в крепирующем зазоре 120 возникает из-за нагрузки между крепирующим валом 110 и опорным валом 108. Крепирующее давление, как правило, составляет от приблизительно 20 до приблизительно 100 фунт/л.дюйм (PLI, фунт на линейный дюйм) (приблизительно от 3,5 до 17,5 кН/м), более точно от приблизительно 40 до приблизительно 70 фунт/л.дюйм (приблизительно от 7 до 12,25 кН/м). Хотя часто в крепирующем зазоре 120 необходимо минимальное давление 10 фунт/л.дюйм (1,75 кН/м) или 20 фунт/л.дюйм (3,5 кН/м), специалисту в данной области техники будет понятно, что на промышленной машине максимальное давление может быть несколько возможно высоким, ограниченным только конкретным используемым оборудованием. Таким образом, давление свыше 100 фунт/л.дюйм (17,5 кН/м), 500 фунт/л.дюйм (87,5 кН/м), 1000 фунт/л.дюйм (175 кН/м) или больше может быть использовано, если это целесообразно, и при условии, что дельта скорости может быть сохранена.

В некоторых вариантах выполнения может быть желательно реструктурировать межволоконные характеристики полотна 116, тогда как в других случаях может быть желательно воздействовать на свойства только в плоскости полотна 116. Параметры крепирующего зазора могут оказывать влияние на распределение волокон в полотне 116 в ряде направлений, включая изменения в z-направлении (то есть в объеме полотна 116), а также в МН и ПН. В любом случае, перенос от крепирующей ленты 112 протекает при высокой ударной нагрузке по причине того, что крепирующая лента 112 движется медленнее, чем полотно 116 перемещается от опорного вала 108, и имеет место значительное изменение скорости. В

этой связи уровень крепирования часто называют степенью крепирования, причем эту степень рассчитывают, как:

Степень крепирования (%) =  $S_1/S_2 - 1$ , где  $S_1$  означает скорость опорного вала 108, а  $S_2$  означает скорость крепирующей ленты 112. Как правило, полотно 116 крепируют со степенью приблизительно от 5% до 60%. Фактически, могут быть использованы высокие степени крепирования, приближающиеся или даже превышающие 100%.

Следует еще раз отметить, что бумагоделательная машина, изображенная на фиг. 1, представляет собой всего лишь пример возможных конфигураций, которые могут быть использованы в изобретении, описанном в данном документе. Другими примерами являются примеры, которые описаны в вышеупомянутой публикации патентной заявки US № 2010/0186913.

#### **Многослойные крепирующие ленты**

Настоящее изобретение частично относится к многослойной ленте, которая может быть использована для операций крепирования в бумагоделательных машинах, таких как машины, описанные выше. Как будет очевидно из данного документа, многослойная ленточная структура обеспечивает много положительных характеристик, которые особенно подходят для операций крепирования. Следует отметить, что в той мере, в которой лента конструктивно описана в работе, ленточная структура может быть использована для вариантов применения, отличных от операций крепирования, таких как собственно процесс формования, который придает формы бумагообразующему полотну.

Крепирующая лента должна иметь разнородные свойства, чтобы удовлетворительно функционировать в бумагоделательных машинах, таких как машины, подобно описанные выше. С одной стороны, важно, чтобы крепирующая лента была в состоянии выдерживать растяжение, сжатие и трение, которые прикладываются к крепирующей ленте во время работы. По существу, крепирующая лента должна быть прочной или, говоря точнее, должна иметь высокий модуль упругости (размерную стабильность), особенно в МН. С другой стороны, крепирующая лента должна быть гибкой и долговечной, чтобы идти гладко (например, плоской) при высокой скорости в течение длительных периодов времени. Если крепирующая лента изготовлена слишком хрупкой, она будет чувствительна к растрескиванию или другому разрушению в процессе эксплуатации. Комбинация прочности, но при этом еще и гибкости, ограничивает потенциальные материалы, которые могут быть использованы для получения крепирующей ленты. То есть крепирующая ленточная структура должна быть способна обеспечивать сочетание прочности и гибкости.

Помимо того, что крепирующая лента является как прочной, так и гибкой, крепирующая лента в идеале должна позволять формировать разноплановые размеры и конфигурации отверстий на бумагообразующей поверхности ленты. Отверстия в крепирующей ленте образуют купола, создающие толщину в милах в конечной структуре бумаги, как будет подробно описано ниже. Более конкретно и безотносительно к какой-либо особенной теории, представляется, что толщина изделий, вырабатываемая с использованием крепирующей ленты, прямо пропорциональна размеру отверстий в ленте. Более крупные отверстия в крепирующей ленте обеспечивают возможность получения большего количества волокон, которые сформированы в куполообразные структуры, которые в конечном итоге присутствуют в готовом изделии, и куполообразные структуры создают дополнительную толщину в милах в изделии. Примеры, демонстрирующие толщину в милах, которая может быть получена с помощью настоящего изобретения, будут описаны ниже. Отверстия в крепирующей ленте также можно использовать для придания определенных форм и узоров полотну, которое подвергают крепированию, и, таким образом, получаемым бумажным изделиям. За счет использования разных размеров, плотностей, распределения и глубины отверстий верхний слой ленты может быть использован для выработки бумажных изделий, имеющих различные визуальные узоры, объем и другие физические свойства. В целом, важной особенностью любого потенциального материала или комбинации материалов для использования при получении крепирующей ленты является способность образовывать разноплановые отверстия в поверхности материала, который используют для поддержания полотна при операции крепирования.

Экструдированные полимерные материалы могут быть сформированы в крепирующие ленты, имеющие разнородные отверстия, и, следовательно, экструдированные полимерные материалы представляют собой возможные материалы для использования при формировании крепирующей ленты. В частности, имеющие точно определенную форму отверстия могут быть образованы в экструдированной полимерной ленточной структуре с помощью различных методов, включая, например, лазерное сверление или высечку. При всех прочих равных условиях основным фактором, ограничивающим типы и размеры отверстий, которые могут быть образованы в данной полимерной монолитной ленте, является то, что общее количество материала ленты, которое может быть удалено с образованием отверстий, ограничено. Если слишком много материала ленты удалено с образованием отверстий, структура монолитной полимерной ленты будет неспособна выдерживать напряжение операции крепирования в бумагоделательном способе. То есть полимерная лента, снабженная слишком большими отверстиями, будет разрушаться уже на начальном этапе ее использования в бумагоделательном процессе.

Крепирующая лента в соответствии с настоящим изобретением обеспечивает все желаемые аспекты полимерной крепирующей ленты за счет получения различных свойств ленты в разных слоях конечной

ленточной структуры. В частности, многослойная лента включает верхний слой, изготовленный из полимерного материала, который создает предпосылки для отверстий разнообразных форм и размеров, которые должны быть образованы в слое. В то же время нижний слой многослойной ленты формируют из материала, который обеспечивает прочность и долговечность ленты. За счет обеспечения прочности и долговечности в нижнем слое верхний полимерный слой может быть снабжен более крупными отверстиями, чем могли бы быть созданы в полимерной ленте в иных случаях, так как верхний слой не должен обязательно вносить вклад в прочность и долговечность ленты.

Многослойная крепирующая лента в соответствии с изобретением включает по меньшей мере два слоя. Как используют в данном описании, "слой" представляет собой непрерывную отдельную часть ленточной структуры, которая физически отделена от другого непрерывного отдельного слоя ленточной структуры. Как будет показано ниже, примером двух слоев в многослойной ленте в соответствии с изобретением является полимерный слой, который прикреплен с помощью клея к сеточному слою. В частности, слой, как он определен в данном документе, может представлять собой структуру, имеющую другую структуру, по существу заделанную в нее. Например, патент US № 7118647 описывает структуру бумагоделательной ленты, в которой слой, изготовленный из фоточувствительной смолы, имеет армирующий элемент, заделанный в смолу. Эта фоточувствительная смола с армирующим элементом представляет собой слой в терминах настоящего изобретения. Однако, в то же время, фоточувствительная смола с армирующим элементом не образуют "многослойную" структуру, как это понимают в настоящей заявке, так как фоточувствительная смола с армирующим элементом не представляют собой две непрерывные отдельные части ленточной структуры, которые физически отделены друг от друга.

Детали верхнего и нижнего слоев многослойной ленты в соответствии с изобретением описаны ниже. В данном случае "верхняя" сторона, или сторона "листа", или "янки"-сторона крепирующей ленты относятся к стороне ленты, на которую выкладывают полотно для операции крепирования. Следовательно, "верхний слой" представляет собой часть многослойной ленты, которая образует поверхность, на которой целлюлозному полотну придают форму при операции крепирования. "Нижняя" сторона или сторона "воздуха" ("машины") крепирующей ленты, используемой в данном случае, относятся к противоположной стороне ленты, то есть к стороне, которая обращена к технологическому оборудованию и контактирует с ним, такому как крепирующий вал и вакуумная камера. И, соответственно, "нижний слой" образует нижнюю сторону (сторона воздуха) поверхности.

#### **Верхний слой**

Одна из функций верхнего слоя многослойной ленты в соответствии с изобретением состоит в создании структуры, в которой могут быть образованы отверстия, причем отверстия проходят через слой от одной стороны слоя к другой и отверстия придают куполообразные формы полотну в процессе изготовления бумаги. Верхний слой не обязательно придает какую-либо прочность и долговечность ленточной структуре как таковой, так как такие свойства будет обеспечивать преимущественно нижний слой, как описано ниже. Кроме того, отверстия в верхнем слое нет необходимости конфигурировать так, чтобы предупреждать протягивание волокон через верхний слой в процессе производства бумаги, поскольку это также будет достигаться за счет нижнего слоя, что также будет описано ниже.

В некоторых вариантах выполнения изобретения верхний слой многослойной ленты изготавливают из экструдированного гибкого термопластичного материала. При этом нет никаких особенных ограничений по типам термопластичных материалов, которые могут быть использованы для формирования верхнего слоя, пока материал в целом придает такие свойства, как трение (например, между бумагообразующим полотном и лентой), сжимаемость и прочность при растяжении, верхнему слою, описанному в данном документе. И, как будет понятно специалисту в данной области из приведенного описания, существуют многочисленные допустимые гибкие термопластичные материалы, которые могут быть использованы, и которые будут обеспечивать, по существу, аналогичные свойства термопластиков, конкретно обсуждаемых в настоящем документе. Также следует отметить, что термин "термопластичный материал", который используют в данном случае, подразумевает включение термопластичных эластомеров, например, каучуковых материалов. Следует также отметить, что термопластичный материал может включать либо термопластичные материалы в виде волокон (например, рубленое полиэфирное волокно), либо непластичные добавки, такие как добавки, обнаруживаемые в композитных материалах.

Термопластичный верхний слой может быть изготовлен с помощью любого подходящего метода, например, формованием, экструдированием, термоформованием и т.д. В частности, термопластичный верхний слой может быть выполнен из множества секций, которые соединены вместе, например, сторона к стороне по спирали, как описано в патенте US № 8394239, описание которого включено в документ посредством ссылки в полном объеме. Более того, термопластичный верхний слой может быть выполнен любой конкретной требуемой длины и может быть приспособлен к длине пути, требуемой для любой определенной конфигурации бумагоделательной машины.

В конкретных вариантах выполнения материал, используемый для формирования верхнего слоя многослойной ленты, представляет собой полиуретан. В общем случае термопластичные полиуретаны производят по реакции (1) диизоцианатов с короткоцепочечными диолами (то есть с удлинителями цепи) и (2) диизоцианатов с длинноцепочечными бифункциональными диолами (то есть с полиолами). Прак-

тически неограниченное число возможных комбинаций, получаемых путем варьирования структуры и/или молекулярной массы реакционных соединений, позволяет получать огромное разнообразие полиуретановых композиций. И из этого следует, что полиуретаны представляют собой термопластичные материалы, которые могут быть получены с необычайно широким спектром свойств. При рассмотрении полиуретанов для использования в качестве верхнего слоя в многослойной крепирующей ленте в соответствии с изобретением весьма полезно иметь возможность регулировать твердость полиуретана и, соответственно, коэффициент трения поверхности полиуретана. В табл. 1 показаны свойства примера полиуретана, который используют для формирования верхнего слоя многослойной ленты в некоторых вариантах выполнения изобретения.

Таблица 1

Свойство	Стандарт	Значение
Предел прочности при растяжении (фунт/дюйм <sup>2</sup> ) (МПа)	ASTM D412	5500-7500 (37,9-51,7)
Сопротивление раздиру, штамп С (фунт·с/дюйм) (кг·с/см)	ASTM D624	250-750 (288-864)
Твердомер, по Шору ±5	ASTM D2240	От 75А до 75D

Полиуретаны, имеющие свойства в интервалах, указанных в табл. 1, будут эффективны при использовании в качестве верхнего слоя в многослойной ленте, описанной в данном документе. Как будет понятно специалисту в данной области техники, значения для свойств, показанных в табл. 1, являются приблизительными, и поэтому иногда они могут выходить за указанные интервалы, при этом все еще будут обеспечивать многослойную ленту со свойствами, которые описаны в документе. Примеры конкретных полиуретанов с такими свойствами продаются под обозначениями MP750, MP850, MP950 и MP160 (San Diego Plastics, Inc., National City, California).

В качестве альтернативы полиуретану пример конкретного термопластика, который может быть использован для формирования верхнего слоя в других вариантах изобретения, продается под названием HYTREL® (E.I. du Pont de Nemours and Company, Wilmington, Delaware). HYTREL® представляет собой полиэфирный термопластичный эластомер с трением, сжимаемостью и механическими свойствами при растяжении, благоприятными для формирования верхнего слоя многослойной крепирующей ленты, описанной в данном документе.

Термопластики, такие как полиуретаны, описанные выше, являются предпочтительными материалами для формирования верхнего слоя многослойной ленты согласно изобретению, учитывая их способность к образованию отверстий различных размеров и конфигураций в термопластиках. Отверстия в термопластиках, используемых для формирования верхнего слоя, могут быть легко получены с помощью ряда способов. Примеры таких способов включают лазерную гравировку, сверление, высежку или механическую штамповку. Как будет понятно специалисту в данной области техники, такие методы могут быть использованы для образования больших и стабильно выдержанных по размерам отверстий. Фактически отверстия любых основных конфигураций (размеры, форма, угол наклона боковой стенки и т.д.) могут быть образованы в термопластичном верхнем слое с использованием таких методов.

При рассмотрении различных конфигураций отверстий, которые могут быть образованы в верхнем слое, важно отметить, что отверстия не обязательно должны быть одинаковыми. То есть некоторые из отверстий, образованных в верхнем слое, могут иметь конфигурации, отличные от конфигураций других отверстий, которые образованы в верхнем слое. Действительно, в верхнем слое могут быть созданы разные отверстия, чтобы обеспечить различные функции в процессе изготовления бумаги. Например, некоторым из отверстий в верхнем слое можно придавать размеры и формы, обеспечивающие формирование куполообразных структур в бумагообразующем полотне во время операции крепирования (подробно описано ниже). В то же время другие отверстия в верхнем слое могут быть гораздо большего размера и меняющейся формы с тем, чтобы создать узоры в бумагообразующем полотне, которые эквиваленты узорам, достигаемым с помощью операции тиснения. Однако узоры получают без нежелательных эффектов тиснения, таких как потеря листового объема и других нужных свойств.

При рассмотрении размера отверстий для формирования куполообразных структур в бумагообразующем полотне при операции крепирования важно то, что верхний слой многослойной ленты согласно изобретению позволяет получать гораздо большие размеры, чем альтернативные структуры, такие как плетеные структурирующие сетки и полимерные монолитные ленточные структуры. Размер отверстий может быть количественно определен в значениях площади поперечного сечения отверстий в плоскости поверхности многослойной ленты, образованной верхним слоем. В некоторых вариантах выполнения отверстия в верхнем слое многослойной ленты имеют среднюю площадь поперечного сечения на формирующей (верхней) поверхности по меньшей мере приблизительно 1,0 мм<sup>2</sup>. Более конкретно, отверстия имеют среднюю площадь поперечного сечения от приблизительно 1,0 до приблизительно 15 мм<sup>2</sup>, или еще более конкретно, от приблизительно 1,5 до приблизительно 8,0 мм<sup>2</sup>, или даже более конкретно, от приблизительно 2,1 до приблизительно 7,1 мм<sup>2</sup>. Как легко будет понятно специалисту в данной области техники, было бы крайне сложно, если не невозможно или непрактично, получить монолитную ленту, имеющую отверстия с площадями поперечных сечений многослойной ленты в соответствии с настоящим изобретением. Например, отверстия таких размеров будут требовать удаления такого объема материала,

образующего монолитную ленту, что лента скорее всего не будет достаточно прочной, чтобы выдерживать жесткие условия и напряжения процесса бумагоделательного ленточного крепирования. Также специалист в данной области техники легко поймет, что плетеная структурирующая сетка, по-видимому, не может быть снабжена эквивалентом такого размера отверстий, так как нити сетки нельзя переплести (расстояние между ними или размер), чтобы обеспечить такой эквивалент отверстиям и все еще сохранить достаточную структурную целостность, чтобы быть в состоянии функционировать в бумагоделательном способе.

Размер отверстий также может быть количественно определен в единицах объема. В данном случае объем отверстия относится к пространству, которое отверстие занимает по толщине ленты. Отверстия в верхнем слое многослойной ленты в соответствии с изобретением могут иметь объем по меньшей мере приблизительно  $0,2 \text{ мм}^3$ . Более конкретно, объем отверстий может находиться в интервале от приблизительно  $0,5$  до приблизительно  $23 \text{ мм}^3$ , или более конкретно объем отверстий находится в интервале от  $0,5$  до приблизительно  $11 \text{ мм}^3$ . Как он будет понятен специалисту в данной области техники, крайне трудно, если не невозможно или непрактично, изготовить работоспособную монолитную термопластичную ленту, включающую значительное число отверстий, имеющих такие объемы, из-за количества материала ленты (массы), которое будет удалено при формировании отверстий. То есть, как уже упоминалось выше, монолитная лента, включающая значительное число отверстий, имеющих объемы, описанные в данном документе, не будет достаточно прочной, чтобы выдерживать нагрузки, которые являются частью бумагоделательного процесса. Как будет понятно специалисту в данной области техники, при сравнении с четко очерченными отверстиями в крепящихся лентах, описанных в данном документе, в структурирующих сетках объем "отверстий" четко не очерчен через структурирующую сетку вследствие природы плетеной структуры. В любом случае плетеная структурирующая сетка не может обеспечить эквивалент объему отверстий в многослойной ленте в соответствии с изобретением.

Другие уникальные характеристики многослойной ленты в соответствии с изобретением представляют собой процент площади контакта, создаваемого верхней поверхностью ленты, которую образует верхний слой. Процент площади контакта верхней поверхности относится к проценту поверхности ленты, которая не является отверстием. Процент контактного слоя связан с тем фактом, что более крупные отверстия могут быть образованы в многослойной ленте согласно изобретению, чем в плетеных структурирующих сетках или в монолитных лентах. То есть, отверстия фактически уменьшают площадь контакта верхней поверхности ленты, и, так как многослойная лента может иметь большие отверстия, процент площади контакта уменьшается. В вариантах выполнения изобретения верхняя поверхность многослойной ленты обеспечивает площадь контакта приблизительно от 10 до 65%. В более конкретных вариантах выполнения верхняя поверхность обеспечивает от приблизительно 15 до приблизительно 50% площади контакта и в еще более конкретных вариантах выполнения верхняя поверхность обеспечивает от приблизительно 20 до приблизительно 33% площади контакта. И снова специалисту в данной области техники будет понятно, что верхняя граница этих интервалов площадей контакта вероятнее всего не может быть найдена в плетеной структурирующей сетке или монолитной ленте для промышленных бумагоделательных операций.

Плотность отверстий представляет собой еще один показатель относительного размера и числа отверстий в верхней поверхности, образуемой верхним слоем многослойной ленты согласно изобретению. В данном случае плотность отверстий верхней поверхности относится к числу отверстий на единицу площади, например, к числу отверстий на  $\text{см}^2$ . В вариантах выполнения изобретения верхняя поверхность, образованная верхним слоем, имеет плотность отверстий от приблизительно  $10/\text{см}^2$  до приблизительно  $80/\text{см}^2$ . В более конкретных вариантах выполнения верхняя поверхность, образованная верхним слоем, имеет плотность отверстий от приблизительно  $20/\text{см}^2$  до приблизительно  $60/\text{см}^2$  и в еще более конкретных вариантах выполнения верхняя поверхность имеет плотность отверстий от приблизительно  $25/\text{см}^2$  до приблизительно  $35/\text{см}^2$ . Как описано в настоящем документе, отверстия ленты формируют куполообразные структуры в полотне во время операции крепирования. Многослойная лента согласно изобретению может обеспечить более высокие плотности отверстий, чем может быть получено в монолитной ленте, и более высокие плотности отверстий, чем эквивалентно может быть достигнуто с помощью плетеной структурирующей сетки. Таким образом, многослойная лента может быть использована для формирования большего числа куполообразных структур в полотне во время операции крепирования, чем в случае монолитной ленты или плетеной структурирующей сетки, и, соответственно, многослойная лента может быть использована в бумагоделательном способе, который производит бумажные изделия с большим числом куполообразных структур, чем структурирующие сетки или монолитные ленты.

Два других аспекта крепящей поверхности, образованной верхним слоем многослойной ленты, которые влияют на процесс изготовления бумаги, представляют собой трение и твердость верхней поверхности. Безотносительно к какой-либо теории полагают, что более мягкая крепящая структура (лента или сетка) будет обеспечивать более хорошую равномерность давления внутри крепящего затора. Кроме того, трение на поверхности крепящей ленты минимизирует проскальзывание полотна при переносе полотна на крепящую ленту в крепящем заторе. Меньшее проскальзывание полотна вызывает меньший износ крепящей ленты и позволяет крепящей структуре хорошо работать

в случае как верхнего, так и нижнего интервалов базового веса. Следует также отметить, что крепирующая лента может предупреждать проскальзывание полотна без значительного повреждения полотна. При этом крепирующая лента имеет преимущество перед плетеной сеточной структурой, так как узелки на поверхности плетеной сетки могут рвать полотно во время операции крепирования. Таким образом, многослойная ленточная структура может обеспечить более хороший результат в интервале низкого базового веса, где разрывы в полотне могут быть вредны при процессе крепирования. Такая способность работать в интервале низкого базового веса может быть полезна, например, при формировании косметических салфеток.

При рассмотрении материала для использования, при формировании верхнего слоя многослойной ленты согласно изобретению, полиуретан представляет собой особенно приемлемый материал, как описано выше. Полиуретан представляет собой относительно мягкий материал для использования в крепирующей ленте, особенно при сравнении с материалами, которые могли бы быть использованы для формирования монолитной крепирующей ленты. В то же время полиуретан может обеспечить относительно высокое поверхностное трение. Полиуретан, как известно, имеет коэффициент трения в интервале приблизительно от 0,5 до 2 в зависимости от его состава. В типичных вариантах выполнения изобретения полиуретановая верхняя поверхность многослойной ленты имеет коэффициент трения приблизительно 0,6. В частности, термопластик NYTREL®, также рассмотренный выше в качестве особенно подходящего материала для формирования верхнего слоя, имеет коэффициент трения приблизительно 0,5. Таким образом, многослойная лента согласно изобретению может обеспечить мягкую и имеющую высокий коэффициент трения верхнюю поверхность, влияющую на операцию крепирования "мягкого" листа.

Трение верхней поверхности верхнего слоя, а также другие поверхностные явления на верхней поверхности, могут быть изменены за счет нанесения покрытий на верхнюю поверхность. При этом покрытия могут быть добавлены к верхней поверхности для повышения или снижения трения на верхней поверхности. Дополнительно или взамен покрытие может быть добавлено к верхней поверхности для изменения антиадгезионных свойств верхней поверхности. Примерами таких покрытий являются как гидрофобные, так и гидрофильные композиции в зависимости от конкретных процессов изготовления бумаги, в которых используют многослойную крепирующую ленту. Такие покрытия могут быть нанесены на ленту во время бумагоделательного процесса, или покрытия могут быть образованы в качестве постоянного покрытия, прикрепленного к верхней поверхности многослойной ленты.

#### **Нижний слой**

Нижний слой многослойной крепирующей ленты функционирует так, чтобы обеспечить прочность, растяжение в МН и сопротивление ползучести, стабильность в ПН и долговечность ленты. Как обсуждалось выше, гибкий полимерный материал, такой как полиуретан, дает привлекательный выбор для верхнего слоя ленты. Однако полиуретан представляет собой относительно слабый материал, который сам по себе не будет обеспечивать требуемые свойства ленты. Однородная монолитная полиуретановая лента не может выдерживать напряжения и деформации, сообщаемые ленте во время бумагоделательного процесса. При объединении полиуретанового верхнего слоя со вторым слоем, однако, второй слой может обеспечить необходимую прочность, сопротивление растяжению и т.д. ленты. Фактически, использование отличающегося нижнего слоя, отдельного от верхнего слоя, расширяет потенциальный ряд материалов, которые могут быть использованы для верхнего слоя.

Как и в случае верхнего слоя, нижний слой также имеет множество отверстий по толщине слоя. Каждое отверстие в нижнем слое совпадает по меньшей мере с одним отверстием в верхнем слое, и, следовательно, создаются отверстия через толщину многослойной ленты, то есть через верхний и нижний слои. Однако отверстия в нижнем слое меньше, чем отверстия в верхнем слое. То есть отверстия в нижнем слое имеют меньшую площадь поперечного сечения, прилегающую к границе раздела между верхним слоем и нижним слоем, чем площадь поперечного сечения множества отверстий в верхнем слое, прилегающая к границе раздела между верхним и нижним слоями. Отверстия в нижнем слое, следовательно, могут препятствовать протягиванию целлюлозного волокна полностью через многослойную ленточную структуру, например, когда ленту и бумагообразующее плотно подвергают воздействию вакуума. Как в целом обсуждалось выше, волокна, которые протягиваются через ленту, убыточны для бумагоделательного процесса в том, что со временем волокна накапливаются в бумагоделательной машине, например, скапливаются на наружной кромке вакуумной камеры. Накопление волокон неизбежно влечет за собой простой оборудования для очистки волоконного наслоения. Отверстия в нижнем слое, таким образом, могут быть выполнены так, чтобы существенно предупреждать протягивание волокна через ленту. Однако, поскольку нижний слой не создает крепирующую поверхность и, следовательно, не участвует в придании формы полотну во время операции крепирования, конфигурирование отверстий в нижнем слое с целью предупреждения протягивания волокна через ленту не оказывает существенного влияния на операцию крепирования этой ленты.

В некоторых вариантах изобретения плетеная сетка представлена в качестве нижнего слоя в многослойной крепирующей ленте. Как обсуждалось выше, плетеные структурирующие сетки обладают прочностью и долговечностью, чтобы выдерживать усилия операции крепирования. И, как таковые, плетеные структурирующие сетки сами по себе используются в качестве крепирующих структур в бумагодела-

тельных способах. Плетеная структурирующая сетка, следовательно, может обеспечивать необходимую прочность, долговечность и другие свойства в случае многослойной крепирующей ленты в соответствии с настоящим изобретением.

В конкретных вариантах выполнения многослойной крепирующей ленты плетеная сетка, предлагаемая для нижнего слоя, имеет характеристики, аналогичные характеристикам плетеных структурирующих сеток, используемых сами по себе в качестве крепирующих структур. Такие сетки имеют плетеную структуру, которая, по сути, имеет множество "отверстий", образованных между нитями, образующими сеточную структуру. При этом наличие отверстий в сетке может быть количественно определено как воздухопроницаемость, что дает возможность воздуху проходить через сетку. С точки зрения настоящего изобретения проницаемость сетки в сочетании с отверстиями в верхнем слое дает возможность воздуху проходить через ленту. Такой воздушный поток может быть протянут через ленту в вакуумной камере в бумагоделательной машине, как описано выше. Другим аспектом слоя плетеной сетки является способность предупреждать полное протягивание волокна через многослойную ленту в вакуумной камере. В общем случае предпочтительно, чтобы меньше одного процента волокон полностью проходило через крепирующую ленту или сетку во время бумагоделательного процесса.

Проницаемость сетки измеряют в соответствии с хорошо известными в данной области техники оборудованием и методами испытания, например, с использованием прибора дифференциального давления для измерения воздухопроницаемости Frazier® (Frazier Precision Instrument Company, Hagerstown, Maryland). В вариантах выполнения многослойной ленты в соответствии с изобретением проницаемость сеточного нижнего слоя составляет по меньшей мере приблизительно 350 куб.фут/мин (CFM) (9,91 м<sup>3</sup>/мин). В более конкретных вариантах выполнения проницаемость сетчатого нижнего слоя составляет от приблизительно 350 до приблизительно 1200 куб.фут/мин (9,91-34 м<sup>3</sup>/мин), и в еще более конкретных вариантах выполнения проницаемость сетчатого нижнего слоя составляет от приблизительно 400 до приблизительно 900 куб.фут/мин (11,3-25,5 м<sup>3</sup>/мин). В еще одних вариантах выполнения проницаемость сетчатого нижнего слоя составляет от приблизительно 500 до приблизительно 600 куб.фут/мин (14,2-17 м<sup>3</sup>/мин).

В табл. 2 приведены конкретные примеры структурирующих сеток, которые могут быть использованы для формирования нижнего слоя в многослойных крепирующих лентах в соответствии с изобретением. Все сетки, показанные в табл. 2, производит Albany International Corporation, Rochester, NH.

Таблица 2

Наименование	Ячейка (см)	Плотность (см)	Размер основы (мм)	Размер утка (мм)	Проницаемость (куб. фут/мин) , (м <sup>3</sup> /мин)
ElectroTech 55LD	22	19	0,25	0,4	1000 (28,3)
U5076	15,5	17,5	0,35	0,35	640 (18,2)
J5076	33	34	0,17	0,2	625 (17,7)
FormTech 55LD	21	19	0,25	0,35	1200 (34,0)
FormTech 598	22	15	0,25	0,35	706 (20,0)
FormTech 36BG	15	16	0,40	0,40	558 (15,8)

Конкретные примеры многослойных лент с сеткой J5076 в качестве нижнего слоя приведены ниже. J5076 изготовлена из полиэтилентерефталата (ПЭТ (PET)).

В качестве альтернативы плетеной сетке в других вариантах выполнения изобретения нижний слой многослойной крепирующей ленты может быть выполнен из экструдированного термопластичного материала. В отличие от гибких термопластичных материалов, используемых для формирования верхнего слоя и рассмотренных выше, термопластичный материал, используемый для формирования нижнего слоя, предусмотрен для того, чтобы придать прочность, сопротивление растяжению, долговечность и т.д. многослойной крепирующей ленте. Примеры термопластичных материалов, которые могут быть использованы для формирования нижнего слоя, включают полиэферы, сополиэферы, полиамиды и сополиамиды. Конкретные примеры сложных полиэфиров, сополиэфиров, полиамидов и сополиамидов, которые могут быть использованы для формирования нижнего слоя, можно найти в упомянутой выше публикации патентной заявки US № 2010/0186913.

В конкретных вариантах выполнения изобретения ПЭТ может быть использован для формирования экструдированного нижнего слоя многослойной ленты. ПЭТ представляет собой хорошо известный прочный и гибкий сложный полиэфир. В других вариантах выполнения NYTREL® (обсуждавшийся выше) может быть использован для формирования экструдированного нижнего слоя многослойной ленты. Специалисту в данной области техники будут очевидны аналогичные альтернативные материалы, которые могут быть использованы для формирования нижнего слоя.

При использовании экструдированного полимерного материала для нижнего слоя отверстия могут быть образованы сквозь полимерный материал таким же образом, каким создают отверстия в верхнем слое, например, путем лазерного сверления, высечки или механического перфорирования. По меньшей мере некоторые из отверстий в нижнем слое совпадают с отверстиями в верхнем слое, в результате чего обеспечивают возможность воздуху протекать через структуру многослойной ленты таким же образом,

как и нижний слой плетеной сетки дает возможность воздуху протекать через структуру многослойной ленты. Отверстия в нижнем слое, однако, не должны быть такого же размера, как отверстия в верхнем слое. Действительно, чтобы уменьшить протягивание волокна способом, аналогичным способу в случае сеточного нижнего слоя, отверстия в экструдированном полимерном нижнем слое могут быть существенно меньше, чем отверстия в верхнем слое. В общем случае размер отверстий в нижнем слое может быть скорректирован так, чтобы дать возможность определенным объемам воздуха проходить через ленту. Кроме того, большое число отверстий в нижнем слое может совпадать с отверстиями в верхнем слое. Большой поток воздуха может быть протянут через ленту в вакуумной камере, если большое число отверстий предусмотрено в нижнем слое с тем, чтобы обеспечить большее суммарное живое сечение в нижнем слое относительно живого сечения в верхнем слое. В то же время использование большого числа отверстий с меньшей площадью поперечного сечения уменьшает количество протаскиваемых волокон относительно одного более крупного отверстия в нижнем слое. В конкретном варианте осуществления изобретения отверстия во втором слое имеют максимальную площадь поперечного сечения 350 мкм<sup>2</sup>, прилегающую к границе раздела с первым слоем.

Наряду с этим в вариантах выполнения изобретения с экструдированным полимерным верхним слоем и экструдированным полимерным нижним слоем характерной особенностью ленты является отношение площади поперечного сечения отверстий в верхней поверхности, образованной верхним слоем, к площади поперечного сечения отверстий в нижней поверхности, образованной нижним слоем. В вариантах выполнения изобретения отношение площадей поперечных сечений верхних и нижних отверстий находится в интервале от приблизительно 1 до приблизительно 48. В более конкретных вариантах выполнения это отношение составляет приблизительно от 4 до 8. В еще более конкретных вариантах выполнения отношение равно приблизительно 5.

Существуют другие материалы, которые могут быть использованы для формирования нижнего слоя в качестве альтернативы плетеной сетке и экструдированному полимерному слою, описанных выше. Например, в варианте осуществления изобретения, нижний слой может быть выполнен из металлических материалов, и, в частности, из металлической похожей на решетку структуры. Металлическая решетка обеспечивает свойства прочности и гибкости многослойной ленты таким же образом, как сетка и экструдированный полимерный слой, описанные выше. Кроме того, металлическая решетка функционирует так, что предупреждает протаскивание целлюлозных волокон через ленточную структуру таким же образом, как плетеная сетка и экструдированные полимерные материалы, описанные выше. Еще одним альтернативным материалом, который может быть использован для формирования нижнего слоя, является сверхпрочный волоконный материал, такой как материал, полученный из пара-арамидных синтетических волокон. Сверхпрочные волокна могут отличаться от сеток, описанных выше, тем, что они не переплетены вместе, но все еще способны формировать прочный и гибкий нижний слой. Специалист в данной области техники будет способен распознать и другие альтернативные материалы, которые могут обеспечивать свойства нижнего слоя многослойной ленты, описанной в данном документе.

#### **Многослойная структура**

Многослойную ленту в соответствии с изобретением получают путем соединения описанных выше верхнего и нижнего слоев. Как будет понятно из описания настоящего изобретения, соединение между слоями может быть достигнуто с использованием ряда различных методов, некоторые из которых будут описаны более полно ниже.

Фиг. 3А представляет собой вид поперечного сечения части многослойной крепящей ленты 400 в соответствии с вариантом осуществления изобретения. Лента 400 включает полимерный верхний слой 402 и сетчатый нижний слой 404. Полимерный верхний слой 402 образует верхнюю поверхность 408 ленты 400, на которой полотно крепяют во время операции крепяния бумагоделательного способа. Отверстие 406 получают в полимерном верхнем слое 402, как описано выше. Следует отметить, что отверстие 406 простирается через толщину полимерного верхнего слоя 402 от верхней поверхности 408 к поверхности, обращенной к сетчатому нижнему слою 404. Так как сетчатый нижний слой 404 имеет определенную проницаемость, может быть приложен вакуум к стороне плетеного сетчатого нижнего слоя 404 ленты 400, и, таким образом, протянуть поток воздуха через отверстие 406 и плетеный сетчатый нижний слой 404. Во время операции крепяния с использованием ленты 400 целлюлозные волокна из полотна втягивают в отверстие 406 в полимерном верхнем слое 402, что приводит к куполообразной структуре, сформированной в полотне (как будет более подробно описано ниже). Также может быть использован вакуум, чтобы втянуть полотно в отверстие 406.

Фиг. 3В представляет собой вид сверху ленты 400 при взгляде вниз на участок с отверстием 406, показанном на фиг. 3А. Как видно из фиг. 3А и 3В, хотя плетеный сетчатый нижний слой 404 позволяет вакууму проходить через ленту 400, плетеный сетчатый нижний слой 404 также эффективно блокирует отверстие 406 в верхнем слое. То есть плетеный сетчатый нижний слой 404 по существу предоставляет множество отверстий, которые имеют меньшую площадь поперечного сечения, прилегающую к границе раздела между экструдированным полимерным верхним слоем 402 и плетеным сетчатым нижним слоем 404. Таким образом, плетеный сетчатый нижний слой 404 может в значительной степени препятствовать целлюлозным волокнам проходить через ленту 400. Как описано выше, плетеный сетчатый нижний слой

404 также придает ленте 400 прочность, долговечность и устойчивость.

Фиг. 4А представляет собой вид поперечного сечения части многослойной крепирующей ленты 500 в соответствии с вариантом осуществления изобретения, которая включает экструдированный полимерный верхний слой 502 и экструдированный полимерный нижний слой 504. Полимерный верхний слой 502 образует верхнюю поверхность 508, на которой крепируют бумагообразующее полотно. В этом варианте осуществления отверстие 506 в полимерном верхнем слое 502 совмещено с тремя отверстиями 510 в нижнем слое. Как видно на виде сверху части ленты 500, показанном на фиг. 4В (со ссылкой на фиг. 4А), отверстия 510 в полимерном нижнем слое 504 имеют существенно меньшее поперечное сечение, чем отверстие 506 в полимерном верхнем слое 502. То есть полимерный нижний слой 504 включает множество отверстий 510, имеющих меньшую площадь поперечного сечения, примыкающую к границе раздела между полимерным верхним слоем 502 и полимерным нижним слоем 504. Это позволяет экструдированному полимерному нижнему слою 504 функционировать так, что по существу он предупреждает протягивание волокна через структуру ленты таким же образом, как плетеный сетчатый нижний слой, описанный выше. Следует отметить, что, как указывалось выше, в альтернативных вариантах выполнения одно отверстие в экструдированном полимерном нижнем слое 504 может быть совмещено с отверстием 506 в экструдированном полимерном верхнем слое 502. Фактически любое количество отверстий может быть образовано в полимерном нижнем слое 504 для каждого отверстия в полимерном верхнем слое 502.

Отверстия 406, 506 и 510 в экструдированных полимерных слоях в лентах 400 и 500 являются таковыми, что стенки отверстий 406, 506 и 510 простираются перпендикулярно поверхностям лент 400 и 500. Однако в других вариантах выполнения стенки отверстий 406, 506 и 510 могут быть выполнены при разных углах относительно поверхностей лент. Угол отверстий 406, 506 и 510 может быть выбран и выполнен при формировании отверстия с помощью таких методов, как лазерное сверление, высечка или механическое перфорирование. В конкретных примерах боковые стенки имеют углы от приблизительно 60 до приблизительно 90° и более конкретно от приблизительно 75 до приблизительно 85°. Однако в альтернативных конфигурациях угол боковых стенок может быть больше чем приблизительно 90°. Следует обратить внимание, что угол боковых стенок, на который ссылаются в настоящем документе, измеряют так, как обозначено углом  $\alpha$  на фиг. 3А.

Слои многослойной ленты в соответствии с настоящим изобретением могут быть соединены вместе любым способом, который обеспечивает достаточно прочное соединение между слоями, чтобы позволить использование многослойной крепирующей ленты в бумагоделательном процессе. В некоторых вариантах выполнения слои соединяют вместе с помощью химических средств, например, с использованием клея. Конкретный пример клеевой структуры, которая могла бы быть использована для соединения слоев, представляет собой двухстороннюю липкую ленту. В других вариантах выполнения слои могут быть соединены вместе с помощью механических средств, например, с использованием застёжки "липучка". В еще одних других вариантах выполнения слои многослойной ленты могут быть соединены с помощью такой технологии, как тепловая сварка и лазерное сплавление. Специалист в данной области техники будет учитывать многочисленные методы ламинирования, которые могут быть использованы для соединения слоев, описанных в настоящем документе, с получением многослойной ленты.

Хотя варианты выполнения многослойной ленты, изображенные на фиг. 3А, 3В, 4А и 4В, включают два отдельных слоя, в других вариантах выполнения может быть предусмотрен дополнительный слой между верхним и нижним слоями, показанными на фигурах. Например, дополнительный слой может быть расположен между верхним и нижним слоями, описанными выше, чтобы создать дополнительный барьер, который, хотя и позволяет воздуху проходить через ленту, препятствует протягиванию волокна через ленточную структуру. В других вариантах выполнения средства, используемые для соединения верхнего и нижнего слоев вместе, может быть выполнены как дополнительный слой. Например, клеевой слой может представлять собой третий слой, который находится между верхним слоем и нижним слоем.

Общая толщина многослойной ленты в соответствии с изобретением может быть скорректирована под конкретную бумагоделательную машину и конкретный бумагоделательный процесс, в которых используют многослойную ленту. В некоторых вариантах выполнения общая толщина ленты составляет от приблизительно 0,5 до приблизительно 2,0 см. В вариантах выполнения изобретения, которые включают плетеный сетчатый нижний слой большую часть от общей толщины многослойной ленты создает экструдированный полимерный верхний слой. В вариантах выполнения изобретения, которые включают экструдированные полимерные верхний и нижний слои, толщина каждого из двух слоев может быть выбрана по желанию.

Как обсуждалось выше, преимущество многослойной ленточной структуры состоит в том, что прочность, сопротивление растяжению, размерная стабильность и долговечность ленты могут быть обеспечены с помощью одного из слоев, в то время как другой слой не должен обязательно вносить вклад в эти параметры. Долговечность многослойных ленточных материалов в соответствии с изобретением сравнивают с долговечностью других потенциальных материалов, образующих ленту. В этом испытании долговечность ленточных материалов оценивают количественно в значениях прочности на разрыв материалов. Как будет понятно специалисту в данной области техники, комбинация хорошей проч-

ности при растяжении и хороших упругих свойств приводит к материалу с высокой прочностью на раздир. Проведены испытания прочности на раздир семи образцов ленточных материалов верхнего и нижнего слоя, описанных выше. Также оценена прочность на раздир структурирующей сетки, используемой для операции крепирования. Для этих испытаний разработана методика, частично основанная на стандарте ISO 34-1 (Tear Strength of Rubber, Vulcanized or Thermoplastic- Part 1: Trouser, Angle and Crescent; Прочность на раздир каучука, вулканизованного или термопластичного - Часть 1: раздвоенный разрыв, надрез под прямым углом, почковидный образец с надрезом в центре). Используют двухколонную настольную универсальную испытательную систему Instron® 5966 (Instron Corp., Norwood, Massachusetts) и программное обеспечение BlueHill 3 Software (также Instron Corp., Norwood, Massachusetts). Все испытания на раздир проводят при скорости 2 дюйм/мин (5,08 см/мин) (что отличается от стандарта ISO 34-1, в котором используют скорость 4 дюйм/мин (10,16 см/мин)) для удлинения при раздире в 1 дюйм (2,54 см) при средней нагрузке, записываемой в фунтах.

Данные по образцам и их прочности на раздир в МН и ПН приведены в табл. 3. Следует отметить, что обозначение "холостой" для образца означает, что образец не снабжен отверстиями, а обозначение "прототип" означает, что образец еще не был изготовлен в виде бесконечный ленточной структуры, а скорее представляет собой только ленточный материал в испытуемом образце. Сетки А и В представляют собой плетеные структуры, конфигурированные для крепирования в бумагоделательном процессе.

Таблица 3

Образец	Композиция	МН-Прочность на раздир (Средняя нагрузка, фунт (кг))	ПН-Прочность на раздир (Средняя нагрузка, фунт (кг))
1	0,70 мм ПЭТ (холостой)	9,43 (4,23)	5,3 (2,40)
2	0,70 мм ПЭТ (прототип)	8,15 (3,70)	7,36 (3,34)
3	1,00 мм NYTREL® (холостой)	20,075 (9,108)	19,505 (8,845)
4	0,50 мм ПЭТ (холостой)	3,017 (1,368)	2,04 (0,93)
5	Сетка А	20,78 (9,43)	16,26 (7,38)
6	Сетка В	175 (79,38)	175 (79,38)

Как можно увидеть из результатов, представленных в табл. 3, сетки и материал NYTREL® имеют значительно более высокую прочность на раздир, чем ПЭТ полимерные материалы. Как описано выше, слой плетеной сетки или экструдированного материала NYTREL® может быть использован для формирования одного из слоев многослойной ленты в соответствии с настоящим изобретением. Общая прочность на раздир многослойной ленточной структуры будет неизбежно по меньшей мере такой же высокой, как у любого из слоев. Таким образом, многослойные ленты, которые включают слой плетеной сетки или слой экструдированного материала NYTREL®, будут придавать хорошую прочность на раздир независимо от материала, используемого для формирования другого слоя или других слоев.

Как отмечалось выше, варианты выполнения изобретения могут включать экструдированный полиуретновый верхний слой и плетеный сеточный нижний слой. Проведена оценка прочности на раздир в МН таких комбинаций, а также проведено сравнение с прочностью на раздир в МН плетеной структурирующей сетки, используемой в операции крепирования. Используют тот же метод испытания, как и в вышеупомянутых испытаниях. В этих испытаниях образец 1 представляет собой двухслойную ленточную структуру с верхним слоем толщиной 0,5 мм из экструдированного полиуретана, имеющим отверстия 1,2 мм. Нижний слой представляет собой плетеную сетку J5076, производимую Albany International, характеристики которой могут быть найдены выше. Образец 2 представляет собой двухслойную ленточную структуру с верхним слоем толщиной 1,0 мм из экструдированного полиуретана, имеющим отверстия 1,2 мм, и сеткой J5076 в качестве нижнего слоя. Прочность на раздир самой сетки J5076 также оценена в виде образца 3. Результаты этих испытаний представлены в табл. 4.

Таблица 4

Образец	МН-Прочность на раздир (Средняя нагрузка, фунт (кг))
1	12,2 (5,53)
2	15,8 (7,17)
3	9,7 (4,4)

Как можно увидеть из данных табл. 4, многослойная ленточная структура с экструдированным полиуретановым верхним слоем и плетеным сеточным нижним слоем имеет превосходную прочность на раздир. При рассмотрении прочности на раздир только плетеной сетки можно увидеть, что большую часть прочности на раздир ленточной структуры дает плетеная сетка. Экструдированный полиуретан обеспечивает пропорционально меньшую прочность на раздир многослойной ленточной структуры. Тем не менее, хотя экструдированный полиуретановый слой сам по себе не имеет достаточных прочности, сопротивления растяжению и долговечности в значениях прочности на раздир, как видно из данных

табл. 4, когда используют многослойную структуру с экструдированным полиуретановым слоем и слоем плетеной сетки, может быть получена достаточно долговечная ленточная структура.

В табл. 5 представлены свойства восьми примеров многослойных лент, которые выполнены в соответствии с изобретением. Ленты 1 и 2 имеют два полимерных слоя в своей структуре. Ленты 3-8 имеют верхние слои, образованные из полиуретана (ПУ (PUR)), и нижние слои, образованные из ПЭТ сетки J5076, производимой Albany International (описана выше). Табл. 5 показывает характеристики отверстий в верхнем слое (то есть "стороны листа") каждой ленты, такие как площади поперечного сечения, объемы отверстий и углы боковых стенок отверстий. В табл. 5 также представлены характеристики отверстий в нижнем слое (то есть "стороны воздуха").

Таблица 5

Свойства	Лента 1 (верхний слой)	Лента 1 (нижний слой)	Лента 2 (верхний слой)	Лента 2 (нижний слой)	Лента 3	Лента 4	Лента 5	Лента 6	Лента 7	Лента 8
Материал верхнего слоя	ПЭТ	-	ПУ	-	ПУ	ПУ	ПУ	ПУ	ПУ	ПУ
Материал нижнего слоя	-	ПЭТ	-	ПЭТ	Сетка	Сетка	Сетка	Сетка	Сетка	Сетка
Диаметр отверстия стороны листа в ПН (мм)	2,41	0,65	2,50	0,69	2,40	2,53	2,54	3,00	1,43	1,65
Диаметр отверстия стороны листа в МН (мм)	2,41	0,63	2,50	0,69	2,40	2,53	2,64	3,00	1,62	1,67
Отношение диаметров отверстий стороны листа ПН/МН	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0
Площадь поперечного сечения отверстия стороны листа (мм <sup>2</sup> )	4,57	0,32	4,91	0,37	4,53	5,02	5,27	7,07	1,81	2,17
Живое сечение отверстий стороны листа, %	73,6	64,1	82,7	64,5	80,0	66,9	67,5	79,3	79,3	76,4
Диаметр отверстия стороны воздуха в ПН (мм)	1,91	0,35	2,08	0,36	2,0	1,96	1,98	2,41	1,04	1,07
Диаметр отверстия стороны воздуха в МН (мм)	1,91	0,35	2,08	0,36	2,0	1,96	1,98	2,41	1,13	1,07
Отношение диаметров отверстий стороны воздуха ПН/МН	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0
Площадь поперечного сечения отверстия стороны воздуха (мм <sup>2</sup> )	2,85	0,10	3,41	0,10	3,14	3,03	3,08	4,57	0,92	0,89
Живое сечение отверстий стороны воздуха, %	45,9	19,0	57,4	17,3	55,5	40,4	42,9	43,7	40,3	31,5
Отношение живых сечений (сторона листа) / (сторона воздуха)	1,6	3,4	1,4	3,7	1,4	1,7	1,7	1,5	2,0	2,4
Угол боковой стенки в ПН 1 (град)	69,0	73,1	67	72	68,1	74,3	74,4	78,9	66,4	75,1
Угол боковой стенки в ПН 2 (град)	69,0	73,1	67	72	68,1	74,3	74,4	78,9	71,5	72,4
Угол боковой стенки в МН 1 (град)	69,0	73,1	70	72	68,1	74,3	71,7	78,9	63,9	73,2
Угол боковой стенки в МН 2 (град)	69,0	73,1	65	72	68,1	74,3	71,7	78,9	63,9	73,2
Объем отверстий в верхнем слое (мм <sup>3</sup> )	2,60	0,11	2,18	0,13	2,01	4,27	4,63	8,66	0,76	1,66
Материал, удаленный из верхнего слоя, %	83,6	44,1	73,5	43,8	71,1	57,0	64,4	55,2	66,6	58,6
Расстояние контакта в МН (мм)	1,64	0,79	2,17	0,11	2,14	2,68	2,35	2,98	0,17	1,42
Отношение (расстояние контакта в МН) / (Диаметр в МН), %	67,9	125,7	86,8	16,5	89,3	105,9	89,1	99,2	10,3	84,8
Расстояние контакта в ПН (мм)	0,65	0,06	0,04	0,75	0,09	0,35	0,34	0,50	1,14	0,19
Отношение (расстояние контакта в ПН) / (Диаметр в ПН), %	27,3	8,48	1,73	109,25	3,75	13,95	13,38	16,79	79,41	11,24
1/ширина (столбец/см)	3,26	14,12	3,93	6,97	4,02	3,47	3,47	2,85	3,90	5,44
1/высота (ряд/см)	4,94	14,12	4,28	25,04	4,40	3,84	4,00	3,85	11,22	6,48
Число отверстий на см <sup>2</sup>	16	199	17	174	18	13	14	10	44	35

## Процессы

Другой аспект настоящего изобретения относится к процессам изготовления бумажных изделий. В этих процессах могут быть использованы многослойные ленты, описанные в изобретении для операции крепирования. В таких процессах может быть использована любая из бумагоделательных машин общего типа, описанных выше. Разумеется, специалист в данной области техники определит многочисленные варианты и альтернативные конфигурации бумагоделательных машин, которые могут быть использованы для осуществления способов согласно изобретению, описанных в данном документе. Более того, специалисту в данной области техники будет понятно, что хорошо известные переменные и параметры, которые являются частью любого бумагоделательного процесса, могут быть легко определены и использованы в комбинации с процессами согласно изобретению, например, конкретный тип композиции бумажной массы для формования полотна в бумагоделательном способе может быть выбран на основе требуемых характеристик изделия.

В некоторых процессах в соответствии с изобретением при выкладывании на крепирующую ленту полотно находится в консистенции (то есть при содержании твердых веществ) приблизительно от 15 до 25%. В других способах в соответствии с изобретением ленточное крепирование происходит под давлением в крепирующем зазоре, при этом полотно имеет консистенцию от приблизительно 30 до прибли-

тельно 60%. В таких способах бумагоделательная машина, например, может иметь конфигурацию, показанную на фиг. 1 и описанную выше. Детали такого способа можно найти в вышеупомянутой публикации патентной заявки US № 2010/0186913. В этом способе консистенция полотна, дельта скорости, имеющая место в зазоре крепирующей ленты, давление, прикладываемое к крепирующему зазору, и геометрия ленты и зазора функционируют так, чтобы перераспределить волокно, при этом полотно еще остается достаточно податливым, чтобы претерпевать структурные изменения. Безотносительно к какой-либо теории полагают, что более медленная скорость формирующей поверхности крепирующей ленты заставляет полотно в значительной степени запрессовываться в отверстия крепирующей ленты, причем волокна перестраиваются пропорционально степени крепирования. Некоторые из волокон перемещаются в ПН, тогда как другие волокна складываются в узкие полоски в МН. В результате такой операции крепирования могут быть сформированы листы высокой толщины. Многослойная лента, описанная в документе, хорошо подходит для таких способов. В частности, как описано выше, многослойная лента может быть конфигурирована так, что отверстия имеют широкий интервал размеров и, следовательно, может быть эффективно использована с такими способами.

Еще один аспект способов в соответствии с настоящим изобретением состоит в прикладывании вакуума к многослойной крепирующей ленте. Как описано выше, вакуум может быть использован, когда полотно выкладывают на крепирующую ленту в процессе изготовления бумаги. Вакуум действует так, чтобы втянуть полотно в отверстия в крепирующей ленте, то есть в отверстия в верхнем слое многослойной ленты в соответствии с изобретением. В частности, в процессах как с использованием, так и без использования вакуума полотно втягивают во множество отверстий в верхнем слое многослойной ленточной структуры, но полотно не втягивается в нижний слой многослойной ленточной структуры. В некоторых из вариантов осуществления изобретения прикладывают вакуум приблизительно от 5 до 30 дюймов рт.ст. (127-762 мм рт.ст.). Как подробно описано выше, нижний слой многослойной ленты действует как сито, предотвращая протягивание волокна через ленточную структуру. Такая функция сита нижнего слоя особенно важна при прикладывании вакуума, так как это препятствует протаскиванию волокон через структуру, которая создает вакуум, то есть через вакуумную камеру.

#### **Бумажные изделия**

Другие аспекты настоящего изобретения составляют новые бумажные изделия, которые не могли быть произведены с использованием ранее известных бумагоделательных машин и процессов, известных в данной области техники. В частности, многослойная лента, описанная в данном документе, позволяет формовать бумажные изделия, демонстрирующие превосходные свойства и характеристики, которые ранее не были обнаружены в бумажных изделиях, произведенных с помощью известных бумагоделательных машин и бумагоделательных процессов.

Следует отметить, что бумажные изделия, упоминаемые в настоящем документе, охватывают все сорта изделий. То есть некоторые варианты выполнения изобретения относятся к изделиям санитарно-гигиенического сорта, которые в общем случае имеют базовый вес меньше чем приблизительно 27 фунт/стопа (12,25 кг/стопа) и толщину в милах меньше чем приблизительно 180 мил/8 листов. Другие варианты выполнения изобретения относятся к изделиям полотенежного сорта, которые в общем случае имеют базовый вес больше чем приблизительно 35 фунт/стопа (15,88 кг/стопа) и толщину в милах больше чем приблизительно 225 мил/8 листов.

Фиг. 5А, 5В и 5С показывают виды сверху с микрофотографий (10х) части базового листа, изготовленного с использованием многослойной ленты в соответствии с изобретением. На этих фигурах показана сторона листа, которую формируют относительно ленты, то есть на верхней поверхности, образованной верхним слоем. Базовый лист 600А, показанный на фиг. 5А, изготовлен с лентой 2, описанной выше; базовый лист 600В, показанный на фиг. 5В, изготовлен с лентой 3, описанной выше; и базовый лист 600С, показанный на фиг. 5С, изготовлен лентой 7, описанной выше. Ленты используют в операции крепирования с получением базовых листов 600А, 600В и 600С с помощью бумагоделательной машины, имеющей общую конфигурацию, показанную на фиг. 1. Базовые листы 600А, 600В и 600С включают множество обогащенных волокном куполообразных областей 602А, 602В и 602С, расположенных с постоянно повторяющимся узором. Такие куполообразные области 602А, 602В и 602С соответствуют шаблону отверстий на верхней поверхности многослойной ленты, используемой для изготовления каждого листа. Куполообразные области 602А, 602В и 602С находятся на расстоянии друг от друга и объединены между собой множеством окружающих областей 604А, 604В и 604С, которые образуют объединенную сеть и имеют меньшую степень плотности (текстуру).

Фиг. 6А, 6В и 6С показывают обратную сторону базовых листов 600А, 600В и 600С, представленных на фиг. 5А, 5В и 5С, соответственно. Фиг. 7А(1), 7А(2), 7В(1), 7В(2), 7С(1), и 7С(2) показывают увеличенные виды (100х) куполообразной области для каждого из базовых листов 600А, 600В и 600С, соответственно. На различных фигурах видно, что мельчайшие складки образуют рубчики на куполообразных областях 602А, 602В и 602С и желобки или бороздки на стороне, противоположной стороне листа с куполами. Из других микрофотографий будет видно, что базовый вес в куполообразных областях может значительно отличаться от точки к точке. Также на фигурах можно увидеть ориентацию волокна в областях базовых листов 600А, 600В и 600С. С точки зрения качества можно заметить, что значительное

количество волокна сформовано в куполообразных областях 602А, 602В и 602С. Это особенно примечательно, учитывая, что куполообразные области 602А, 602В и 602С больше, чем куполообразные области, которые могут быть найдены в базовых листах, изготовленных с другими крепирующими структурами, благодаря размерам более крупных отверстий, которые присутствуют в многослойных лентах.

Фиг. 8А, 8В и 8С представляют собой виды поперечных сечений куполообразных областей в базовых листах 900А, 900В и 900С, которые изготовлены в соответствии с вариантами осуществления изобретения, причем поперечные сечения получены вдоль МН базовых листов. Базовый лист 900А, показанный на фиг. 8А, изготовлен с лентой 3, описанной выше; базовый лист 900В, показанный на фиг. 8В, изготовлен с лентой 6, описанной выше; и базовый лист 900С, показанный на фиг. 8С, изготовлен с лентой 7, описанной выше. На каждой из фиг. 8А и 8С передняя кромка с точки зрения направления, в котором базовый лист производят, показана на правой стороне фигуры, при этом задняя кромка показана на левой стороне фигуры. На фиг. 8В передняя кромка показана на левой стороне фигуры, и задняя кромка показана на правой стороне фигуры. Фигуры снова демонстрируют, что значительное количество волокна находится в куполообразных областях листов. Также следует отметить углы передней и задней кромок куполообразных областей. Передние кромки показывают гораздо более пологий угол, чем относительный острый угол задней кромки.

Следует отметить, что куполообразные области 602А, 602В и 602С, показанные на фиг. 5А-5С, 6А-6С, 7А(1)-7С(3), 8А-8С, имеют по существу круглую форму, если смотреть от одной из сторон листа. Как показывает описание данного документа, однако, форма куполообразных структур в бумажных изделиях в соответствии с изобретением может быть изменена на любую другую форму за счет изменения соответствующей конфигурации отверстий в крепирующей структуре, используемой для формирования отверстий, то есть в крепирующей ленте или структурирующей сетке.

Как обсуждалось выше, одним из преимуществ использования конфигурации многослойной ленты является возможность формировать большие отверстия в верхнем слое ленты, которые создают поверхность крепирования без существенного снижения долговечности ленты, и одновременно по-прежнему предупреждать протаскивание значительного количества волокна через ленту в процессе изготовления бумаги. По сути, многослойная ленточная структура позволяет сформировать отверстия, которые не могут быть возможны в случае полостей сетки или отверстий в монолитных лентах. В результате куполообразные области в изделиях, полученных с многослойной лентой, такие как области, показанные на фиг. 5А-5С, 6А-6С, 7А(1)-7С(3), 8А-8В, формируют с гораздо большим размером, чем куполообразные области в бумажных изделиях, полученных с другими крепирующими структурами, такими как монолитные ленты и структурирующие сетки.

Для количественного описания размера куполообразных областей бумажных изделий в соответствии с настоящим изобретением может быть измерено расстояние от одной точки на кромке купола до другой точки на кромке на противоположной стороне купола. Пример такого измерения показан линиями А и В на фиг. 9. Эти измерения могут быть проведены, например, при рассмотрении купола бумажного изделия рядом со шкалой под микроскопом. (Одним примером микроскопа, который может быть использован в этом способе, является Keyence VHX-1000 Digital Microscope, производимый Keyence Corporation, Osaka, Japan). В вариантах выполнения бумажных изделий в соответствии с изобретением расстояние по меньшей мере от одной точки на кромке полой куполообразной области до точки на кромке с противоположной стороны полой куполообразной области составляет по меньшей мере приблизительно 0,5 мм. В более конкретных вариантах выполнения измеренное расстояние составляет от приблизительно 1,0 до приблизительно 4,0 мм, а в еще более конкретных вариантах выполнения измеренное расстояние составляет от приблизительно 1,5 до приблизительно 3,0 мм. В конкретном варианте осуществления расстояние по меньшей мере от одной точки на кромке полой куполообразной области до точки на кромке с противоположной стороны полой куполообразной области составляет приблизительно 2,5 мм. И снова специалисту в данной области техники будет понятно, что купола таких размеров не могут быть образованы с помощью других крепирующих структур, известных в данной области техники, таких как монолитные ленты и структурирующие сетки.

Другой метод описания куполообразных областей в бумажных изделиях в соответствии с настоящим изобретением использует объем куполообразных структур. При этом ссылки на "объем" куполообразной области в данном документе относятся к объему части бумажного изделия, а также полой области, ограниченной куполообразной областью. Специалисту в данной области техники будет понятно, что этот объем может быть измерен с использованием различных методов. В примере одного из таких методов используют цифровой микроскоп для измерения объема множества слоев в бумажном изделии. Затем может быть рассчитана сумма слоев в области, составляющей куполообразную область, чтобы в результате рассчитать общий объем куполообразной области.

В вариантах выполнения изобретения куполообразные области имеют объем по меньшей мере приблизительно 0,1 мм<sup>3</sup>, а иногда куполообразные области имеют объем по меньшей мере приблизительно 1,0 мм<sup>3</sup>. В конкретных вариантах выполнения куполообразные области имеют объем от приблизительно 1,0 до приблизительно 10,0 мм<sup>3</sup>. Другие конкретные примеры бумажных изделий в соответствии с изобретением имеют куполообразные области с объемами от приблизительно 0,1 до приблизительно 3,5 мм<sup>3</sup>,

и более конкретно от приблизительно 0,2 до приблизительно 1,4 мм<sup>3</sup>. И снова следует отметить, что куполообразные области таких размеров не могут быть получены с использованием крепирующих структур, известных в данной области техники, таких как монолитные ленты и структурирующие сетки.

Большие куполообразные области, сформованные в бумажных изделиях в соответствии с изобретением, оказывают существенное влияние на толщину в милах бумажных изделий. Как показывают экспериментальные результаты, представленные ниже, более крупные куполообразные области будут приводить к бумажным изделиям, имеющим большую толщину в милах, что весьма желательно в бумагоделательных способах. В частности, базовые листы, показанные на фиг. 5А-5С, 6А-6С, 7А(1)-7С(3) и 8А-8С, имеют толщину в милах по меньшей мере приблизительно 140 мил/8 листов, что является относительно высоким значением толщины. Кроме того, как показано выше, куполообразные области в базовых листах содержат значительное количество волокон. Полагают, что такая толщина в милах не может быть достигнута при использовании обычных крепирующих структур и способов крепирования по меньшей мере без использования значительно большего количества волокна, чем необходимо для формирования соответствующего значения толщины в бумажных изделиях в соответствии с изобретением. В конкретных примерах бумажные изделия с вышеупомянутыми размерами купола, как с точки зрения расстояния через купол, так и с точки зрения объема куполов, имеют толщину в милах по меньшей мере приблизительно 130 мил/8 листов, приблизительно 140 мил/8 листов, приблизительно 145 мил/8 листов или даже приблизительно 245 мил/8 листов. Конкретные примеры таких бумажных изделий будут описаны ниже. И даже если толщину получают с использованием обычных крепирующих структур и обычных способов крепирования, распределение волокон отличается от распределения волокон в бумажных изделиях в соответствии с изобретением, например, не настолько много волокна может быть обнаружено в куполообразных областях традиционно изготовленных бумажных изделий.

Еще один новый аспект куполообразных структур бумажных изделий в соответствии с изобретением составляет плотность волокон, обнаруживаемая в разных частях куполообразной структуры. Для понимания этих аспектов настоящего изобретения могут быть использованы методы, которые обеспечивают приблизительную оценку локальной плотности волокна в бумажных изделиях, таких как изделия настоящего изобретения, при разрешениях порядка базового разрешения изображений трехмерного рентгеновского микрокомпьютерного томографа (XR-μСТ), полученных с помощью синхротрона или лабораторных приборов. Примером такого лабораторного прибора является MicroXCT-200 (XRadia, Inc., Pleasanton, CA). В частности, по методике, описанной ниже, плотность волокна в перпендикулярном (нормальном) направлении может быть определена у центральной поверхности бумажного изделия. Следует обратить внимание, что плотность волокна может меняться в направлении, не лежащем в плоскости, вследствие тиснения, крепирования, особенностей сушки и т.п.

С помощью метода определения плотности волокна получают набор данных XR-μСТ после обработки данных по преобразованию Радона или преобразованию Джона, чтобы преобразовать радиально проецируемые рентгеновские изображения в трехмерные наборы данных, состоящие из пакетов двумерных полутоновых изображений. Например, данные по бумажному изделию, полученные от синхротрона на Европейской установке синхротронного излучения (European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, France), состоят из 2000 тонких слоев, каждый размерами 2000×~800 пикселей, с восьмиразрядными значениями полутонов со многими оттенками. Значения полутонов со многими оттенками отображают затухание массы, которое для материала сравнительно однородной молекулярной массы близко аппроксимируется с трехмерным распределением массы или фактуры. Бумажные изделия состоят преимущественно из целлюлозных волокон, поэтому допущение постоянного коэффициента затухания рентгеновских лучей и, следовательно, прямой зависимости между полутонами и массой, является разумным.

Наборы данных XR-μСТ, полученные из преобразования Радона или Джона, показывают пустое пространство в виде конечного значения уровня серого и массу при более высоком значении уровня серого в интервале от 0 до 255. Изображения тонких слоев также показывают видимые артефакты, которые возникают, когда образец бумажного изделия, смещается во время воздействия или от неточного перемещения столика вращения или z-позиционирования. Эти артефакты проявляются в виде линий, проецируемых из массы при различных ориентациях. Если образец бумажного изделия вращают внутри рентгеновского пучка по оси, перпендикулярной основной плоскости образца бумажного изделия, также могут иметь место "кольцевой" артефакт и центральный "палец" более высокого уровня серого, которые должны быть рассмотрены, так как это указывает на массу, которой нет в образце бумажного изделия. В частности, это может быть в случае набора данных XR-μСТ, полученных от синхротрона.

Процесс сегментации относится к разделению различных фаз материала, находящегося в образце бумажного изделия. Процесс представляет собой просто разграничение между твердыми волокнами целлюлозы и воздухом (пустым пространством). Для получения репрезентативного томографического набора данных может быть использован следующий процесс сегментации с применением открытого программного обеспечения, называемого ImageJ, которое находится в открытом доступе; программа обработки изображений, разработанная в Национальном Институте охраны здоровья US (United States National Institute of Health). Вначале тонкие слои подвергают двум фильтрующим процессам "сглаживания

участков изображения с сильным контрастом", при которых каждый пиксель заменяют медианным значением для  $3 \times 3$  окружающих соседей. Это удаляет шум типа "соль с перцем" (высокие и низкие значения), особенно, артефакты, описанные выше, и оказывает незначительное влияние на увеличение функции рассеяния линии на краю целлюлозных волокон. Затем регулируют гистограмму зачерненности путем определения порога более низкого значения (черный) с тем, чтобы ограничить пустое пространство нулевых значений (черный) и значениями уровня серого для размаха масс остальной гистограммы серого уровня. Следует быть внимательными, чтобы не устанавливать пороговое значение на значение, которое является слишком высоким, в противном случае масса на краю волокна будет преобразована в пустое пространство, а волокна, как покажется, не будут находиться в поперечном сечении. Все тонкие слои обрабатывают в том же порядке так, что получают набор данных, который дает четкое разграничение между массой волокна и пустым пространством.

Относительная плотность образца бумажного изделия может быть рассчитана из предварительно обработанного набора данных XR- $\mu$ СТ путем генерирования вначале поверхностей, которые приближаются к верхней и нижней границам образца, а затем путем расчета центральной поверхности между двумя поверхностями. Векторы нормалей к поверхности, которые определяют при каждой позиции в пределах центральной поверхности, затем используют для определения массы на единицу объема в цилиндре, который является кратным  $1 \times 1$  пиксель расстоянию (в пикселях) между верхней и нижней поверхностью вдоль вектора нормали к поверхности. Все расчеты могут быть выполнены с использованием MATLAB® (MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts). Конкретная методика включает определение поверхности, нормалей к поверхности и трехмерной толщины, трехмерной плотности и трехмерных изображений плотности, как будет описано далее.

В случае определения поверхности тонкие слои в наборе данных XR- $\mu$ СТ представляют собой X-Z проекции, где плоскость X-Y представляет собой главную плоскость образца и является той же самой плоскостью, которая образована МН или ПН. Таким образом, ось Z перпендикулярна плоскости X-Y и каждый тонкий слой означает единичный шаг в направлении Y. Для каждой позиции X в пределах каждого тонкого слоя идентифицируют наиболее высокую и наиболее низкую позицию Z, где значение уровня серого превышает порог ограничения значения (обычно 20). Таким образом, каждый тонкий слой будет давать кривую, соединяющую максимальную (верхнюю) и минимальную (нижнюю) позиции волокон, отображенных в тонком слое.

Те области, где отсутствие массы может быть обнаружено вдоль оси Z, то есть там, где в материале имеется сквозное отверстие, могут составлять проблему для создания непрерывной центральной поверхности. Для преодоления такой проблемы отверстия могут быть заполнены путем расширения отверстия (увеличения размера отверстия) на два пикселя вокруг периферии, и среднее значение может быть определено для окружающих позиций, которые имеют конечные значения Z для максимума, минимума или центра в зависимости от поверхности, которую корректируют. Затем отверстие может быть заполнено значением средней позиции Z так, что разрыв непрерывности отсутствует, и так, что на сглаживание поверхности не будет оказывать негативное влияние пустое пространство.

Затем к каждой поверхности может быть применена надежная трехмерная сглаживающая сплайн-функция. Алгоритм для выполнения этой функции приведен в публикации D. Garcia, *Computational Statistics and Data Analysis*, 54:1167-1178 (2010), описание которой включено в документ посредством ссылки в полном объеме. Параметр сглаживания можно варьировать с получением серии массива данных, что дает интервал гладкости поверхности, который предоставляет детали единичного волокна в большей или меньшей степени.

Нормали к трехмерной поверхности могут быть рассчитаны для каждой вершины в пределах сглаженной центральной поверхности с использованием функции MATLAB® "surfnorm". Алгоритм основан на кубическом соответствии x-, y- и z-матриц. Диагональные векторы могут быть рассчитаны на компьютере и перекрещены с образованием нормали. Линейные отрезки, параллельные нормали к поверхности, которые проходят через каждую вершину и оканчиваются у верхней и нижней сглаженных поверхностей, могут быть использованы для определения толщины образца бумажного изделия в направлении, перпендикулярном к центральной поверхности.

Трехмерную относительную плотность волокна определяют вдоль траектории, перпендикулярной к центральной поверхности при допущении правильной прямоугольной призмы с двумя размерами, составляющими один пиксель, и с третьим в виде длины линейного отрезка, простирающегося от двух внешних сглаженных поверхностей через вершину. Массу, находящуюся в этом объеме, определяют в виде вокселей, имеющих конечную массу, на которую указывает значение уровня серого из томографического набора данных. Таким образом, максимальная относительная плотность у вершины равна единице, если все воксели вдоль линейного отрезка имеют значение уровня серого 255. Максимальное значение для стенок клеток целлюлозных волокон, как принято, равно  $1,50 \text{ г/см}^3$ .

Удобное представление трехмерной плотности волокна может быть получено путем картирования плотности волокна в четырех измерениях с использованием сглаженной центральной поверхности, чтобы показать степень внеплоскостной деформации образца, и с указанием трехмерной плотности в виде

спектральной диаграммы со значениями в каждой точке карты. Такие карты могут быть представлены в виде относительной плотности с максимальными значениями 1 или в виде нормализованной плотности целлюлозы с максимумом  $1,50 \text{ г/см}^3$ , как указано. Пример такой карты плотности волокна показан на фиг. 10.

Карта плотности волокна по шкале серых тонов, полученная в соответствии с описанными выше методами, показана на фиг. 11. На этой фигуре нарисован прямоугольник А, который очерчивает часть куполообразной структуры, сформированной на стороне выхода в МН куполообразной структуры, то есть на "передней стороне" куполообразной структуры. Также нарисован прямоугольник В, который очерчивает часть куполообразной структуры, сформированной на стороне входа в МН куполообразной структуры, то есть на "задней стороне" куполообразной структуры. Так как карту плотности получают в соответствии с описанными выше методами, темнее оттененные участки соответствуют более высокой плотности, светлее оттененные участки соответствуют меньшей плотности. Из данных, используемых для составления карты профиля плотности, может быть определена и сравнена медианная плотность для участков, находящихся в прямоугольниках А и В.

Установлено, что куполообразная структура бумажных изделий в соответствии с изобретением проявляет существенные различия в плотности волокна на различных участках куполообразной структуры. В частности, более высокая плотность волокна формируется на задней стороне куполообразной структуры, чем плотность волокна, сформировавшаяся на передней стороне куполообразной структуры. Это можно увидеть в примере, показанном на фиг. 11, на которой часть куполообразной структуры, которая сформирована на задней стороне в прямоугольнике В, имеет заметно более высокую плотность, чем часть куполообразной структуры, которая сформирована на передней стороне куполообразной структуры в прямоугольнике А. В соответствии с вариантом осуществления изобретения эта разница в плотности на противоположных сторонах куполообразной структуры составляет приблизительно 70% при определении с помощью описанной рентгеновской томографии. Другими словами, передняя сторона куполообразной структуры имеет на 70% меньше плотность волокна, чем плотность волокна на задней стороне куполообразной структуры. В другом варианте осуществления разность плотностей в бумажном изделии в соответствии с изобретением равна разности плотностей приблизительно 75% между передней и задней сторонами их куполообразных структур.

Безотносительно к какой-либо теории полагают, что описанные в данном изобретении методы обеспечивают возможность для уникальных разностей в плотности на противоположных сторонах куполообразных структур. В частности, формование больших куполов, например, с помощью отверстий большого размера в многослойных лентах, описанных в изобретении, позволяет большему количеству волокон затекать в отверстия во время операции крепирования. Такой поток волокон приводит к разрыву большого количества волокна на передней стороне куполообразной структуры, и, следовательно, к более низкой плотности волокна. Также полагают, что более высокая плотность в других частях боковых стенок куполообразной структуры приводит к более высокой толщине в милах и также может привести к несколько более мягким изделиям благодаря частям боковых стенок с более низкой плотностью.

#### **Мягкость и толщина в милах бумажных изделий**

Важным свойством любого бумажного изделия является ощущаемая мягкость бумаги. Чтобы улучшить ощущаемую мягкость бумажного изделия, однако, часто приходится жертвовать качеством других свойств бумажного изделия. Например, при регулировании параметров бумажного изделия так, чтобы улучшить ощущаемую мягкость бумаги, часто будут иметь нежелательный побочный эффект уменьшения толщины в милах бумажного изделия.

Установлено, что ощущаемая мягкость бумажного изделия может сильно коррелировать с геометрически усредненным (GM) модулем на разрыв бумажного изделия. GM-Модуль на разрыв определяют, как квадратный корень произведения прочности на разрыв в МН и прочности на разрыв в ПН бумажного изделия. Фиг. 12 показывает корреляцию между мягкостью на ощупь и GM-модулем на разрыв базовых листов, которые изготовлены с помощью лент 1 и 3-6, описанных выше, и для сетки, известной в данной области техники для использования в операции крепирования в бумагоделательном способе. Мягкость на ощупь является показателем ощущаемой мягкости бумажного изделия, которую определяют подготовленные эксперты с использованием стандартизированных методик тестирования. То есть мягкость на ощупь оценивают подготовленные эксперты, имеющие опыт в определении мягкости, при этом эксперты придерживаются конкретных методик захвата бумаги и установления ощущаемой мягкости бумаги. Чем выше число мягкости на ощупь, тем выше ощущаемая мягкость. Четкой тенденцией в бумажных изделиях, как показывают данные, относящиеся к базовым листам, представленные на фиг. 13, является то, что по мере того, как GM-модуль на разрыв бумажного изделия уменьшается, мягкость на ощупь бумажного изделия повышается, и наоборот.

Бумажные изделия в соответствии с настоящим изобретением демонстрируют прекрасное сочетание GM-модуля на разрыв и толщины в милах. То есть, бумажные изделия согласно изобретению обладают отличной мягкостью (низкий GM-модуль на разрыв) и отличной пухлостью (высокая толщина в милах). Для демонстрации такой комбинации свойств изготовлены изделия с использованием лент 1 и 3-6 и проведено сравнение с бумажными изделиями, изготовленными с использованием структурирующей

сетки; полиэфирная сетка 44G, производимая Voith GmbH, Heidenheim, Germany. Сетка 44G представляет собой хорошо известную сетку для крепирования в бумагоделательном способе.

В случае ленты 1 два испытания с рабочими условиями, представленными в табл. 6, проведены на бумагоделательной машине, аналогичной машине, показанной на фиг. 1. Следует обратить внимание, что названия крафт-целлюлозы из древесины северных мягких пород (NSWK), хвойной крафт-целлюлозы (SWK), влагопрочной смолы (ВПС (WSR)), карбоксиметилцеллюлозы (СМЦ (КМЦ)) и поливинилового спирта (ПВС (PVOH)) могут быть использованы в сокращенном виде, как указано.

Таблица 6

Композиция бумажной массы Слой стороны янки-цилиндра Слой стороны воздуха	80/20 NSWK/эвкалипт, нерафинированная 80/20 NSWK/эвкалипт, рафинированная
Деление композиции бумажной массы	35/65 янки-цилиндр/воздух
Рафинирование слоя воздуха, Нр	27
Контроль прочности во влажном состоянии	ВПС 25 фунт/т (11,3 кг/т) КМЦ 5 фунт/т (2,3 кг/т)
Контроль отношения прочности влажное/сухое	Без разрыхлителя
Сетка крепирования/Вал крепирования	20%/7%
Скорость янки-цилиндра, фут/мин (м/сек)	1200 (6,1)
Формующий ящик, вакуум, дюйм рт.ст. (мм ст.ст.)	23,7 (693,4)
Химикаты при крепировании	Использование ПВС и других обычных компонентов покрытия
Влажность при крепировании	~2%
Потребность в материнском рулоне	2 рулона для каждого условия

Два испытания проведено с лентой 3 и два испытания проведено с лентой 4. Условия испытаний в случае лент 3 и 4 указаны в табл. 7, а испытания проведены на бумагоделательной машине, аналогичной машине, показанной на фиг. 1.

Таблица 7

	Испытание 1	Испытание 2
Композиция бумажной массы Слой стороны янки-цилиндра Слой стороны воздуха	80/20 NSWK/эвкалипт, нерафинированная 80/20 NSWK/эвкалипт, рафинированная	80/20 NSWK/эвкалипт, нерафинированная 80/20 NSWK/эвкалипт, рафинированная
Деление композиции бумажной массы	35/65 янки-цилиндр/воздух	35/65 янки-цилиндр/воздух
Рафинирование слоя воздуха, Нр	27	≤27
Разрыхлитель, фунт/т (кг/т)	6,5 (2,95)	6,5 (2,95)
Контроль прочности во влажном состоянии	ВПС 25 фунт/т (11,3 кг/т) КМЦ 5 фунт/т (2,3 кг/т)	ВПС ≤25 фунт/т (11,3 кг/т) КМЦ ≤5 фунт/т (2,3 кг/т)
Контроль отношения прочности Влажное/Сухое	10 фунт/т (4,5 кг/т) разрыхлителя на стороне воздуха Нет разрыхлителя на стороне янки-цилиндра	10 фунт/т (4,5 кг/т) разрыхлителя на стороне воздуха Нет разрыхлителя на стороне янки-цилиндра
Сетка крепирования/Вал крепирования	20%/7%	20%/7%
Скорость янки-цилиндра, фут/мин (м/сек)	1200 (6,1)	1200 (6,1)
Формующий ящик, вакуум, дюйм рт.ст. (мм рт.ст)	23,7 (693,4) или максимальный	23,7 (693,4) или максимальный
Химикаты для крепирования	Использование ПВС и других обычных компонентов покрытия	Использование ПВС и других обычных компонентов покрытия
Влажность при крепировании	~2%	~2%
Потребность в материнском рулоне	4 каландрованных рулона и 2 некаландрованных рулона	4 каландрованных рулона и 2 некаландрованных рулона

Также два испытания проведено с использованием ленты 5 в бумагоделательной машине с конфигурацией, аналогичной показанной на фиг. 1. В случае испытания 1 используют композицию бумажной массы 100% NSWK в однородном состоянии. Базовый вес задают так, чтобы он составлял 16,8 фунт/стопа (7,62 кг/стопа). Добавляют суммарно 3,0 фунт/т (1,4 кг/т) разрыхлителя к массе на стороне воздуха и не добавляют разрыхлитель к массе на стороне янки-цилиндра. Для обеспечения достаточной адгезии к янки-цилиндру используют ПВС KL506 в качестве части клеевого покрытия янки-цилиндра. Целевую толщину в милах базового листа достигают за счет выработки наиболее возможной толщины в милах некаландрованной бумаги и затем путем каландрования с ожидаемым результатом 125 мил/8 слоев. Получают прочность на разрыв во влажном состоянии в ПН 550 г/3 дюйма за счет выравнивания рафинированием и за счет добавлений влагопрочной смолы и карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ). Исходные настройки рафинирования составляют 45НР с начальным потреблением влагопрочной смолы и КМЦ соответственно 25 и 5 фунт/т (11,3 и 2,3 кг/т). Испытание 2 с использованием ленты 5 такое же, как и испытание 1, за исключением того, что используют композицию бумажной массы 100% Naheola SWK.

В случае ленты 5 собирают десять каландрованных рулонов и два некаландрованных рулона в каждом из испытаний 1 и 2. Рабочие условия и технологические параметры для испытаний с лентой 5 приведены в табл. 8.

Таблица 8

	Испытание 1	Испытание 2
Композиция бумажной массы Слой стороны янки-цилиндра Слой стороны воздуха	100% NSWK, нерафинированная 100% NSWK, рафинированная	100% Naheola SWK, нерафинированная 100% Naheola SWK, рафинированная
Деление композиции бумаги	35/65 янки-цилиндр/воздух	35/65 янки-цилиндр/воздух
Рафинирование слоя стороны воздуха (Нр)	~45	~45
Разрыхлитель, фунт/т (кг/т)	3,0 (1,4)	3,0 (1,4)
Контроль прочности во влажном состоянии	ВПС 25 фунт/т (11,3 кг/т) КМЦ 5 фунт/т (2,3 кг/т)	ВПС 25 фунт/т (11,3 кг/т) КМЦ 5 фунт/т (2,3 кг/т)
Контроль отношения прочности влажное/сухое	3,0 фунт/т (1,4 кг/т) разрыхлителя	3,0 фунт/т (1,4 кг/т) разрыхлителя
Сетка крепирования/Вал крепирования	20%/2%	20%/2%
Скорость янки-цилиндра, фут/мин (м/мин)	1600 (487,7)	1600 (487,7)
Формующий ящик, вакуум, дюйм рт.ст. (мм рт.ст)	23,7 (693,4) или максимальный	23,7 (693,4) или максимальный
Химикаты для крепирования	Использование ПВС и других обычных компонентов покрытия	Использование ПВС и других обычных компонентов покрытия
Влажность при крепировании	~2%	~2%
Потребность в материнском рулоне	10 каландрованных рулонов и 2 некаландрованных рулона	10 каландрованных рулонов и 2 некаландрованных рулона
Базовый вес, фунт/стопа (кг/стопа)	16,8 (7,72)	16,8 (7,62)
Толщина в милах, мил/8 слоев	125	125
МН-Прочность на разрыв, г/3 дюйма (г/7,62 см, г/см)	1570 (206)	1570 (206)
ПН-Прочность на разрыв, г/3 дюйма (г/7,62 см)	1570 (206)	1570 (206)
ПН-Прочность на разрыв во влажном состоянии, г/3 дюйма (г/7,62 см, г/см)	550 (72)	550 (72)
Отношение прочности Влажное/Сухое	0,35	0,35
Материнские рулоны каландрованные	10	10
Материнские рулоны некаландрованные	2	2

Четыре испытания проведено с использованием ленты 6 на бумагоделательной машине с конфигурацией, показанной на фиг. 1. В случае первой серии испытаний используют смесь 80% Naheola SSWK/20% Naheola SHWK в однородной форме. Базовый вес устанавливают при 16,8 фунт/стопа в случае испытания 1, 21,0 фунт/стопа в случае испытания 2 и 25,5 фунт/стопа в случае испытания 3 (7,62, 9,53 и 11,57 кг/стопа). В исходную массу разрыхлитель не добавляют. Сетку крепирования и вал крепирования устанавливают на уровне 20 и 2%, тогда как влажность листа перед отсасывающим ящиком устанавливают при нормальных условиях (то есть приблизительно 57%). Для обеспечения достаточной адгезии к янки-цилиндру используют ПВС KL506 в виде части клеевого покрытия янки-цилиндра. Целевую прочность на разрыв во влажном состоянии в ПН базового листа (600 г/3 дюйма) достигают за счет выравнивания рафинированием и за счет добавлений влагопрочной смолы и КМЦ. Исходные настройки рафинирования составляют 45НР с начальным потреблением влагопрочной смолы и КМЦ соответственно 25 и 5 фунт/т (11,3 и 2,3 кг/т). Для достижения целевой прочности на разрыв во влажном состоянии в ПН рафинирование корректируют. Если толщина в милах некаландрованной бумаги падает ниже 160 мил/8 слоев и целевая прочность на разрыв во влажном состоянии в ПН не достигается, добавляют большее количество влагопрочной смолы и КМЦ (в соотношении 2:1), чтобы получить целевую прочность на разрыв во влажном состоянии в ПН. Прочности на разрыв в сухом состоянии разрешают колебаться. В каждом испытании собирают два (2) некаландрованных рулона.

Следующая серия испытаний с лентой 6 аналогична первой серии испытаний, за исключением скорости крепирования. Базовый вес фиксируют при 25,5 фунт/стопа (11,57 кг/стопа) или на базовом весе, который дает наиболее высокую толщину в милах базового листа. Разрыхлитель в исходную массу не добавляют. Целевой показатель для сетки крепирования составляет 10% в случае испытания 4, 15% в случае испытания 5 и 20% в случае испытания 6. Вал крепирования устанавливают на уровне 2%, при этом влажность листа перед отсасывающим ящиком устанавливают при нормальном состоянии (то есть приблизительно 57%). Для обеспечения достаточной адгезии к янки-цилиндру используют ПВС в качестве части клеевого покрытия янки-цилиндра. Целевую прочность на разрыв во влажном состоянии в ПН базового листа (600 г/3 дюйма) достигают за счет выравнивания рафинированием и за счет добавлений влагопрочной смолы и КМЦ. Исходные настройки рафинирования составляют 45НР с начальным потреблением влагопрочной смолы и КМЦ соответственно 25 и 5 фунт/т (11,3 и 2,3 кг/т). Для достижения целевой прочности на разрыв во влажном состоянии в ПН вначале корректируют рафинирование. Если толщина некаландрованной бумаги падает ниже 160 мил/8 слоев и целевая прочность на разрыв во влажном состоянии в ПН все еще не достигается, добавляют большее количество влагопрочной смолы и КМЦ (в соотношении 2:1), чтобы получить целевую прочность на разрыв во влажном состоянии в ПН. Прочности на разрыв в сухом состоянии разрешают колебаться. В каждом испытании собирают два некаландрованных рулона.

Следующая серия испытаний с лентой 6 аналогична первой серии испытаний, за исключением влажности листа. Базовый вес фиксируют при 25,5 фунт/стопа (11,57 кг/стопа) или на базовом весе, который дает наиболее высокую толщину в милах базового листа. Разрыхлитель в исходную массу не добавляют. Сетку крепирования и вал крепирования устанавливают на уровне 20 и 2% соответственно. Влажность листа перед отсасывающим ящиком устанавливают при нормальных условиях (то есть приблизительно 57%) в случае испытания 7, 59% в случае испытания 8 и 61% в случае испытания 9 (табл. 9). Влажность листа корректируют настройкой нагрузки ADVANTAGE™ VISCONIP™ (Metso Oyj, Helsinki, Finland) (то есть 550, 325 и 200 фунт/дюйм<sup>2</sup> (3,79, 2,24 и 1,38 МПа)) или добавлением водного орошения перед крепящим валом. Для обеспечения достаточной адгезии к янки-цилиндру используют ПВС в качестве части клеевого покрытия янки-цилиндра. Целевую прочность на разрыв во влажном состоянии в ПН базового листа (600 г/3 дюйма, 70 г/см) достигают за счет выравнивания рафинированием и за счет добавлений влагопрочной смолы и КМЦ. Исходные настройки рафинирования составляют 45НР с начальным потреблением влагопрочной смолы и КМЦ соответственно 25 и 5 фунт/т (11,3 и 2,3 кг/т). Для достижения целевой прочности на разрыв во влажном состоянии в ПН вначале корректируют рафинирование. Если толщина в милах некаландрованной бумаги падает ниже 160 мил/8 слоев и целевая прочность на разрыв во влажном состоянии в ПН все еще не достигается, добавляют большее количество влагопрочной смолы и КМЦ (в соотношении 2:1), чтобы получить целевую прочность на разрыв во влажном состоянии в ПН. Прочности на разрыв в сухом состоянии разрешают колебаться. В каждом испытании собирают два некаландрованных рулона.

В финальной серии испытаний с лентой 6 выбирают наилучшую комбинацию базового веса, сетки крепирования и влажности листа перед отсасывающим ящиком с целью производства наиболее хорошего 1-слойного базового листа, который имеет толщину в милах 160 мил/8 слоев, прочность на разрыв во влажном состоянии в ПН 600 г/3 дюйма (79 г/см), растяжение в МН 20%. Собирают десять материнских рулонов для преобразования в 1-слойное полотенце.

Рабочие условия и технологические параметры для испытаний с лентой 6 приведены в табл. 9.

Таблица 9

Композиция бумажной массы Слой стороны янки-цилиндра Слой стороны воздуха	80/20 Naheola SWK/HWK, рафинированная 80/20 Naheola SWK/HWK, рафинированная
Деление композиции бумаги	35/65 янки-цилиндр/воздух
Рафинирование всех слоев (Hr)	~45
Разрыхлитель, фунт/т	0
Контроль прочности во влажном состоянии	ВПС 25 фунт/т (11,3 кг/т) КМЦ 5 фунт/т (2,3 кг/т) (при необходимости корректируют)
Контроль отношения прочности влажное/сухое	нет
Сетка крепирования/вал крепирования	10%, 15%, 20% (испытание 2)/2%
Скорость янки-цилиндра, фут/мин (м/мин)	1600 (487,7)
Формующий ящик, вакуум, дюйм рт.ст. (мм рт.ст.)	23,7 (693,4) или максимальный
Химикаты для крепирования	Использование ПВС KL506 и других обычных компонентов покрытия
Влажность полотна перед формующим ящиком	57%, 59%, 61% (испытание 3)
Влажность при крепировании	~2%
Потребность в материнском рулоне	2 некаландрованных рулона (испытание 1-3) 10 некаландрованных рулонов (испытание 4)
Базовый вес, фунт/стопа (кг/стопа)	16,8, 21, 25,5 (7,62, 9,53, 11,57) (испытание 1)
Толщина в милах (мил/8 слоев)	160+
МН-Прочность на разрыв, г/3 дюйма (г/7,62 см или г/см)	2400 (315)
ПН-Прочность на разрыв, г/3 дюйма (г/7,62 см или г/см)	2400 (315)
ПН-Прочность на разрыв во влажном состоянии, г/3 дюйма (г/7,62 см или г/см)	600+ (79)
Отношение прочности на разрыв влажное/сухое	0,25+

Данные испытаний с лентами 1 и 3-6 и со структурирующей сеткой показаны на фиг. 13. Результаты демонстрируют отличное сочетание GM-модуля на разрыв и толщины в милах бумажных изделий, которые произведены в испытаниях с использованием многослойных лент. В частности, результаты показывают, что изделия, изготовленные с лентами 3-5, имеют толщину в милах по меньшей мере приблизительно 245 мил/8 слоев. Изделия, изготовленные с лентами 3-6, имеют GM-модуль на разрыв меньше чем приблизительно 3500 г/3 дюйма (459,3 г/см). Также следует отметить, что изделия, произведенные с использованием ленты 3, имеют толщину в милах больше чем приблизительно 270 мил/8 слоев, а GM-модуль на разрыв меньше чем 3100 г/3 дюйма (406,8 г/см), обеспечивая таким образом особенно хорошее изделие с точки зрения толщины и мягкости. Результаты, показанные на фиг. 14, также демонстрируют превосходство бумажных изделий, изготовленных с многослойными лентами, по сравнению с изделиями, изготовленными с сеткой, с точки зрения комбинации толщины в милах и GM-модуля на разрыв. Хотя бумажные изделия, произведенные с использованием сетки, находятся в пределах интервала GM-модуля на разрыв, ни одно из изготовленных с сеткой бумажных изделий не имеет толщину значительно больше чем приблизительно 240 мил/8 слоев. Как подробно обсуждалось выше, бумажные изделия, изготовленные с использованием многослойной ленты, обеспечивают возможность для формирования более крупных куполообразных структур, чем может быть произведено с использованием структурирующих сеток. Более крупные куполообразные структуры, в свою очередь, обеспечивают более высокую толщину бумажных изделий. Следовательно, как показано на фиг. 14, изготовленные с многослойной лентой изделия имеют более высокую толщину, чем изделия, изготовленные с использованием сетки.

В целом результаты, представленные на фиг. 13, показывают, что бумажные изделия по настоящему изобретению, которые могут быть изготовлены с многослойными лентами, имеют более высокую толщину в милах и большую мягкость, чем базовые листы, изготовленные со структурирующей сеткой. Специалисту в данной области техники безусловно будет понятно, что толщина и мягкость являются важными свойствами многих бумажных изделий. Таким образом, бумажные изделия в соответствии с

изобретением обладают весьма привлекательным сочетанием свойств.

Свойства базового листа и переработанной бумаги Дополнительные базовые листы и готовые изделия производят с лентами 5 и 6 и определяют свойства таких базовых листов и готовых изделий. В случае этих испытаний используют те же самые общие рабочие методики, которые использовали при испытаниях толщины в милах и мягкости с лентами 5 и 6, описанных выше. Композиция бумажной массы и каландрование в этой серии испытаний изменены, а свойства сформованных базовых листов приведены в табл. 10. Следует обратить внимание, что в табл. 10 композиция T1 относится к композиции бумажной массы из 100% NSWK, а композиция T2 относится к композиции бумажной массы 80% Naheola SSWK/20% Naheola SHWK.

Таблица 10

Лента/Испытание	5/1	5/2	5/3	5/4	6/1	6/2
Композиция бумажной массы	T1	T1	T2	T2	T2	T2
Каландрование	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет
Базовый вес, фунт/стопа (кг/стопа)	17,04 (7,73)	16,59 (7,53)	16,99 (7,71)	16,88 (7,66)	16,76 (7,60)	16,50 (7,48)
Толщина в милах, мил/8 листов	121,5	145,4	126,0	147,3	130,7	155,9
МН-Прочность на разрыв, г/3 дюйма (г/7,62 см)	1612	1337	1656	1409	1778	1665
ПН-Прочность на разрыв, г/3 дюйма (г/7,62 см)	1553	1419	1607	1498	1574	1534
GM-Модуль на разрыв, г/3 дюйма (г/7,62 см)	1581	1377	1631	1452	1637	1598
Растяжение в МН, %	28,5	28,6	28,0	26,5	26,1	23,7
Растяжение в ПН, %	9,3	9,4	9,2	8,5	7,3	6,8
Прочность на разрыв во влажном состоянии (Finch), г/3 дюйма (г/7,62 см)	510	502	541	595	613	575
Отношение ПН-прочности влажное/сухое (Finch), %	32,9	35,3	33,7	39,7	39,0	37,5
GM-Разрушающее напряжение при разрыве, г/%	98,0	84,6	101,2	96,7	121,5	125,3

В качестве дополнительного аспекта этой серии испытаний базовые листы, показанные в табл. 10, перерабатывают в готовые бумажные полотенца. Процесс переработки включает тиснение с использованием шаблона для тиснения, показанного в патенте на промышленный образец US № 648137 (описание которого включено документ посредством ссылки в полном объеме), в режиме работы THVS при количестве листов 52 и отрезке листа 0,14 дюйма (0,36 см). Для испытания, обозначенного 4/1, глубину тиснения варьируют приблизительно от 0,065 до 0,072 дюйма (0,165-0,183 см). Для других испытаний в табл. 10 глубину тиснения устанавливают на 0,070 дюйма (0,0178 см). Ширину зазора соединительного валика устанавливают на 13 мм для всех испытаний, и испытываемые базовые листы производят с использованием перфорационных ножей, имеющих ширину соединения 0,019 дюйма (0,048 см) с соединениями на нож. Свойства переработанных готовых изделий приведены в табл. 11.

Таблица 11

Лента/Испытание	4/1	4/2	4/3	4/4	5/1	5/2
Базовый вес, фунт/стопа (кг/стопа)	34,46 (15,6)	33,16 (15,0)	33,63 (15,3)	33,01 (14,97)	32,97 (14,95)	32,59 (14,8)
Толщина в милах (мил/8 листов)	224,0	266,0	237,6	266,5	239,4	292,0
МН-Прочность на разрыв, г/3 дюйма (г/7,62 см)	3414	2930	3303	3125	3618	3436
ПН-Прочность на разрыв, г/3 дюйма (г/7,62 см)	3058	2744	3032	2952	3098	2779
GM-Модуль на разрыв, г/3 дюйма (г/7,62 см)	3231	2836	3164	3037	3346	3089
Растяжение в МН, %	27,0	26,6	24,2	24,1	23,0	22,5
Растяжение в ПН, %	9,5	9,7	9,2	9,1	7,8	7,3
ПН-Прочность на разрыв во влажном состоянии (Finch), г/3 дюйма	940	859	922	963	1034	928
Отношение прочностей влажное/сухое (Finch), %	30,7	31,3	30,4	32,6	33,4	33,4
Прочность на разрыв перфорации, г/3 дюйма	713	666	750	683	798	672
Абсорбционная емкость по воде (SAT), г/м <sup>2</sup>	434	455	442	474	405	407
Адсорбционная емкость SAT, г/г	7,7	8,4	8,1	8,8	7,6	7,7
Скорость абсорбции SAT, г/сек <sup>0,5</sup>	0,11	0,09	0,11	0,11	0,07	0,05
GM-Разрушающее напряжение при разрыве, г/%	202,6	175,5	213,0	204,4	250,8	240,9
GM-Модуль на разрыв при растяжении (г/дюйм/%)	43,4	38,2	48,3	43,6	53,3	51,7
Диаметр рулона, дюйм (см)	4,91 (12,5)	5,27 (13,4)	5,03 (12,8)	5,27 (13,4)	5,14 (13,1)	5,59 (14,2)
Сжатие рулона (%)	9,5	9,8	9,8	7,7	11,2	10,3
Мягкость на ощупь	10,42	10,33	9,05	9,07	6,94	6,64

Большинство свойств готовых бумажных полотенечных изделий, представленных в табл. 11, эквивалентны или превосходят свойства существующих в настоящее время бумажных полотенец. Следует отметить, однако, что толщина в милах бумажных полотенец в общем случае существенно превосходит толщину предлагаемых в настоящее время бумажных полотенец. Как в целом рассмотрено выше, толщина в милах бумажного изделия обратно пропорциональна мягкости. Хотя мягкость и впитывающая способность готовых бумажных полотенечных изделий, представленных в табл. 11, на что указывают мягкость на ощупь, GM-модуль на разрыв и абсорбционная емкость по воде (SAT), немного меньше, чем мягкость других бумажных полотенечных изделий, мягкость, тем не менее, является очень хорошей, учитывая очень большую толщину в милах изделий. Также следует обратить внимание на GM-разрушающее напряжение при разрыве готовых бумажных полотенечных изделий. GM-Разрушающее напряжение при разрыве бумажного изделия является хорошим показателем прочности изделия. Готовые бумажные полотенца, представленные в табл. 9, показывают прекрасное GM-разрушающее напряжение при разрыве.

Свойства бумаги в зависимости от свойств ленты В другой серии испытаний определено влияние различных свойств ленточных материалов на бумажные изделия. В первой серии испытаний определяют влияние объема отверстия в многослойных ленточных материалах в соответствии с изобретением на толщину в милах, создаваемую в изделиях полотенечного сорта. Результаты сравнивают с влиянием объема отверстий в монолитных (полимерных) ленточных конфигурациях при формировании полотенечных изделий. Как отмечалось выше, полотенечное изделие обычно имеет базовый вес приблизительно 33 фунт/стопа (210 кг/стопа) и толщину в милах приблизительно 225 мил/8 листов. Для этих испытаний формируют базовые листы с использованием многослойных ленточных материалов в соответствии с изо-

бретением, и формируют базовые листы сорта бумажных полотенец с использованием монолитных ленточных материалов. Многослойные ленточные материалы имеют отверстия в верхней поверхности верхнего слоя, которые находятся в интервале приблизительно от 2,0 до 9,0 мм<sup>3</sup>. Монолитные ленточные материалы имеют отверстия меньше чем приблизительно 1,0 мм<sup>3</sup>. Следует обратить внимание, что размеры отверстий в многослойных ленточных материалах и монолитных ленточных материалах соответствуют приведенному выше описанию, указывающему, что структура многослойной ленты позволяет создавать более крупные отверстия, чем структура монолитной ленты. То есть отверстия в многослойных ленточных материалах выполнены более крупными, учитывая, что большие отверстия не могут быть образованы в монолитной ленточной структуре, используемой в настоящее время в бумагоделательном способе. Эта серия испытаний проведена в лабораторных условиях на экспериментальной бумагоделательной машине при технологических условиях, которые в целом описаны выше.

Фиг. 14 показывает результаты испытаний в значениях толщины в милах базовых листов полотенец сорта, которые получены относительно объема отверстий в верхнем слое многослойной и монолитной лент. Как видно из фигуры, более высокую толщину в милах вырабатывают с помощью многослойного ленточного материала, чем толщина, которую получают с помощью монолитных ленточных материалов. Такие результаты показывают, что большой объем отверстий в ленточной структуре может привести к более высокой толщине в изделиях полотенец сорта. Особо следует отметить, что многослойный ленточный материал, имеющий конфигурацию с отверстиями приблизительно 9,0 мм<sup>3</sup>, дает толщину приблизительно 220 мил/8 листов, что почти на 100 мил/8 листов больше, чем любая толщина, вырабатываемая с помощью монолитных лент. Специалист в данной области техники без труда поймет, что чрезвычайно большая толщина в милах, вырабатываемая таким многослойным ленточным материалом, может быть использована для производства чрезвычайно привлекательного полотенец изделия.

В другой серии испытаний определяют влияние объема отверстий в многослойных лентах в соответствии с изобретением на толщину в милах, вырабатываемую в изделиях санитарно-гигиенического сорта. Результаты также сравнивают с влиянием объема отверстий в монолитных (полимерных) ленточных конфигурациях при формировании изделий санитарно-гигиенического сорта. Как отмечалось выше, изделие санитарно-гигиенического сорта имеет базовый вес приблизительно 27 фунт/стопа (12,5 кг/стопа) и толщину в милах приблизительно 140 мил/8 листов. Для этих испытаний формируют базовые листы в лаборатории с использованием многослойных ленточных материалов в соответствии с изобретением, и базовые листы санитарно-гигиенического сорта формируют в лаборатории с использованием монолитного ленточного материала. Многослойные ленточные материалы имеют конфигурации с отверстиями в верхней поверхности верхнего слоя в интервале приблизительно от 1,5 до 5,5 мм<sup>3</sup>. Монолитные ленточные материалы имеют конфигурации с отверстиями меньше чем 1,0 мм<sup>3</sup>. Следует обратить внимание, что размеры отверстий в многослойных ленточных материалах и монолитных ленточных материалах согласуются с приведенным выше описанием, указывающим, что многослойная ленточная структура позволяет создавать более крупные отверстия, чем монолитная ленточная структура. Эта серия испытаний проведена в лаборатории на экспериментальной бумагоделательной машине при технологических условиях, которые в целом описаны выше.

Результаты этих испытаний представлены на фиг. 15. Как можно увидеть из фигуры, многослойные ленточные материалы, которые имеют более крупные отверстия, могут производить базовые листы санитарно-гигиенического сорта, имеющие толщину, сравнимую с толщиной, которая обнаружена в базовых листах санитарно-гигиенического сорта, изготовленных с использованием ленточных материалов с монолитным слоем. Хотя многослойный ленточный материал не создает повышенной толщины, как видно по испытаниям полотенец (фиг. 14), многослойные ленточные материалы, тем не менее, могут быть успешны при формировании изделий санитарно-гигиенического сорта. Например, как отмечалось выше, более крупные отверстия, которые могут быть образованы многослойной ленточной конфигурацией, создают возможность для большей плотности волокна в пределах куполообразных структур в изделии. Кроме того, многослойные ленточные структуры, хотя и вырабатывают толщину, сравнимую с толщиной санитарно-гигиенического сорта, как и монолитные, могут быть прочнее и долговечнее, чем монолитная структура, по всем причинам, которые обсуждались выше. Таким образом, даже если толщина изделия санитарно-гигиенического сорта, которую вырабатывают с помощью многослойной ленточной структуры, находится в том же интервале, как и толщина, которую вырабатывают с использованием монолитной ленточной структуры, многослойная ленточная структура, тем не менее, имеет определенные преимущества при использовании в бумагоделательном способе для получения санитарно-гигиенических изделий.

В еще одной серии опытов различные многослойные крепящие ленточные материалы, имеющие различные размеры отверстий, используют для выработки изделий полотенец сорта. Испытано четыре ленточных материала, при этом ленточные материалы имеют круглые отверстия в верхнем слое, как описано выше. Ленточный материал А имеет 1,0 мм полиуретановый верхний слой, прикрепленный к 0,5 мм ПЭТ нижнему слою, ленточный материал Б имеет 0,5 мм полиуретановый верхний слой, прикрепленный к 0,5 мм ПЭТ нижнему слою, ленточный материал С имеет 0,5 мм полиуретановый верхний слой и сеточный нижний слой, и ленточный материал D имеет 1,0 полиуретановый верхний слой и се-

точный нижний слой. Для каждого типа ленточного материала испытаны конфигурации с отверстиями разных размеров, причем отверстия находятся в интервале приблизительно от 0,75 до 2,25 мм в диаметре. Эта серия испытаний проведена в лабораторных условиях с использованием вакуумной формовки листа, которая имитирует бумагоделательный процесс (фактически без проведения операции крепирования).

Результаты этих испытаний представлены на фиг. 16, которая показывает соотношение между диаметром верхнего отверстия (выреза) и толщиной, вырабатываемой в случае каждого из ленточных материалов. Как видно из фигуры, по мере повышения размера отверстия в каждом ленточном материале, толщина получаемого бумажного изделия, изготовленного с помощью ленточного материала, повышается. Это снова согласуется с приведенным выше описанием, указывая на то, что при увеличении размера отверстия в верхнем слое многослойной ленты может быть выработана более высокая толщина по меньшей мере в отношении изделий полотенежного сорта. Данные на фигуре также демонстрируют, что разная толщина многослойной ленточной структуры может производить сравнительно сопоставимую толщину в бумажных изделиях, при этом 1,0 мм верхний слой иногда создает немного более высокую толщину, чем 0,5 мм верхний слой.

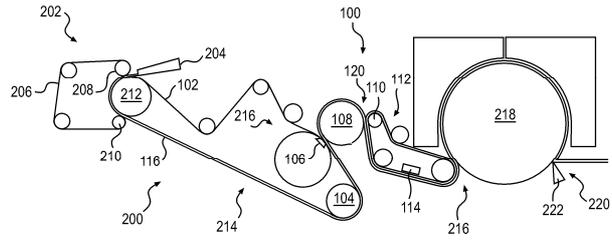
Хотя настоящее изобретение описано в некоторых конкретных типичных вариантах выполнения, большое число дополнительных модификаций и изменений будут очевидны специалисту в данной области техники в свете приведенного описания. Поэтому следует понимать, что настоящее изобретение может быть реализовано на практике иначе, чем конкретно описано. Таким образом, типичные варианты выполнения изобретения следует рассматривать во всех отношениях как иллюстративные, а не как ограничивающие, а объем настоящего изобретения должен определяться любой формулой изобретения, поддерживаемой настоящей заявкой, и ее эквивалентами, а не приведенным выше описанием.

#### **Промышленная применимость**

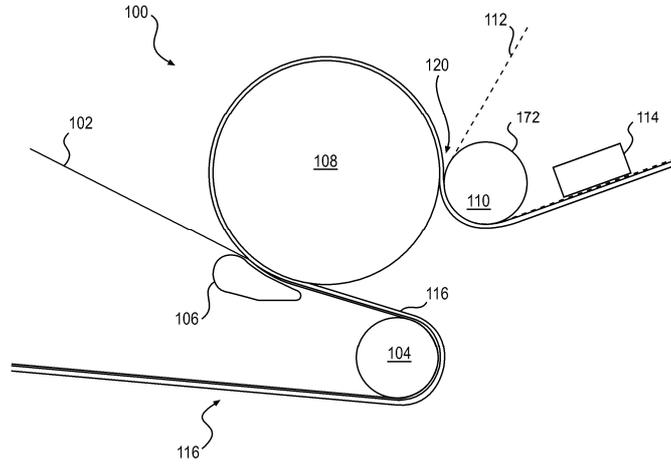
Устройства, способы и изделия, описанные в данном документе, могут быть использованы для производства промышленных бумажных изделий, таких как туалетная бумага и бумажные полотенца. Таким образом, устройства, способы и изделия имеют многочисленные области применения, связанные с индустрией изделий из бумаги.

#### **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

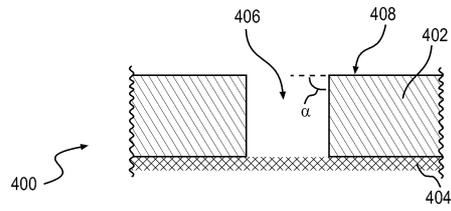
1. Способ крепирования целлюлозного листа, при этом способ включает:
  - (a) получение исходного полотна (116) из водной бумагообразующей композиции;
  - (b) нанесение и крепирование исходного полотна (116) на многослойной крепирующей ленте (112), которая включает (i) первый слой (402, 502), выполненный из полимерного материала, имеющий множество отверстий, и (ii) второй слой (404, 504), который является отдельным от первого слоя (402, 502) и прикреплен к поверхности первого слоя, причем исходное полотно (116) наносят на первый слой (402, 502); и
  - (c) прикладывание вакуума к крепирующей ленте (112) так, что исходное полотно (116) втягивается во множество отверстий (406, 506) в первом слое (402, 502) крепирующей ленты (112), но не втягивается во второй слой (404, 504) крепирующей ленты (112).
2. Способ по п.1, в котором исходное полотно (116) наносят на крепирующую ленту (112) при содержании твердых веществ от приблизительно 30 до приблизительно 60%.
3. Способ по п.1, в котором исходное полотно (116) наносят на крепирующую ленту (112) при содержании твердых веществ от приблизительно 15 до приблизительно 25%.
4. Способ по п.1, также включающий прикладывание вакуума, когда исходное полотно (116) наносят на крепирующую ленту (112), в дополнение к вакууму, который втягивает исходное полотно (116) во множество отверстий (406, 506).
5. Способ по п.4, в котором вакуум, прикладываемый при нанесении исходного полотна (116) на крепирующую ленту (112), составляет от приблизительно 5 до приблизительно 30 дюйм рт.ст. (127-762 мм рт.ст.).
6. Способ по п.1, в котором большая часть волокон полностью не проходят через второй слой (404, 504) крепирующей ленты (112).
7. Способ по п.1, в котором полимерный материал первого слоя (402, 502) представляет собой полиуретан, а второй слой (404, 504) выполнен из полиэтилентерефталатной сетки.
8. Способ по п.1, в котором стадия нанесения включает нанесение исходного полотна (116) с поверхности переноса на крепирующую ленту (112).
9. Способ по п.8, в котором поверхность конвейера движется со скоростью поверхности переноса, а крепирующая лента (112) движется со скоростью крепирующей ленты (112), при этом скорость поверхности переноса выше, чем скорость крепирующей ленты (112).
10. Способ по п.1, в котором первый слой (402, 502) выполнен из экструдированного полимерного материала.



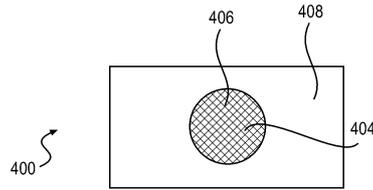
Фиг. 1



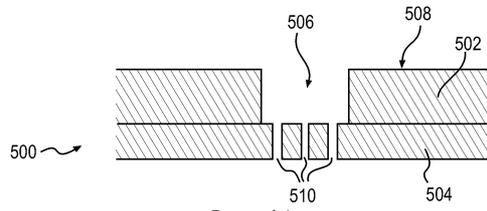
Фиг. 2



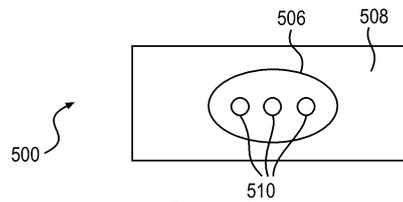
Фиг. 3А



Фиг. 3В

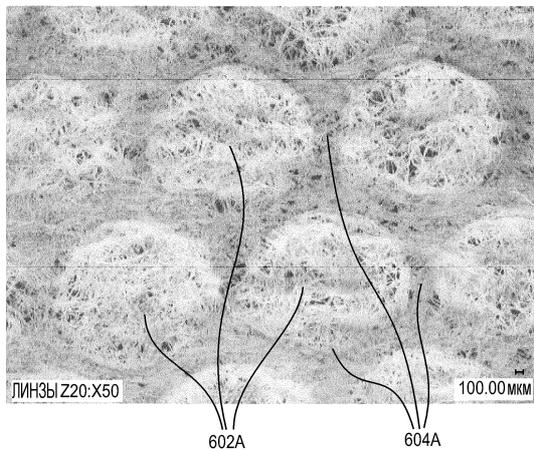


Фиг. 4А



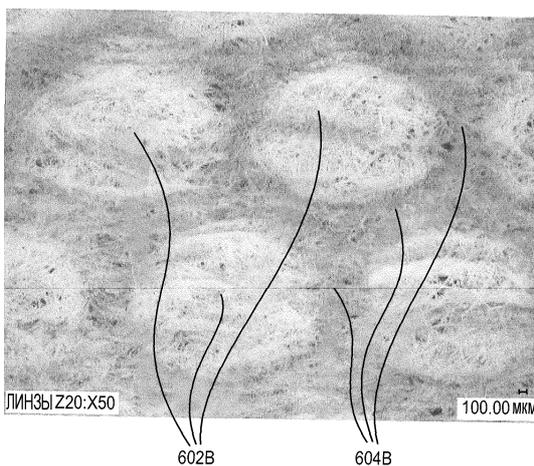
Фиг. 4В

600A  
↘



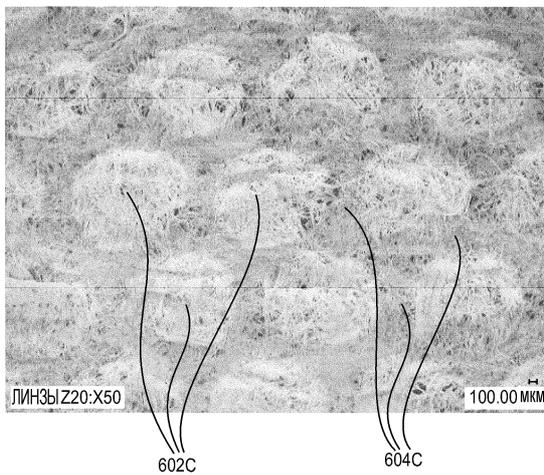
Фиг. 5А

600B  
↘

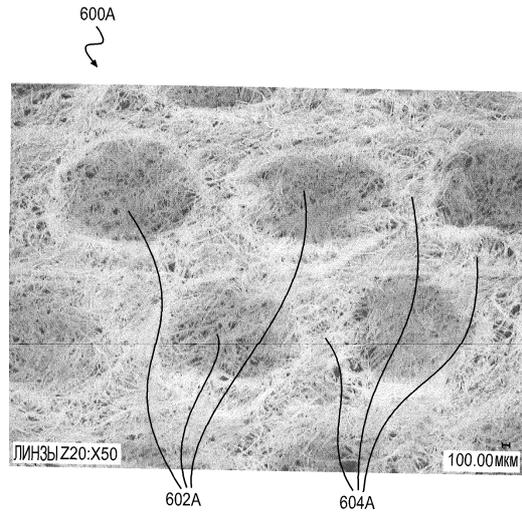


Фиг. 5В

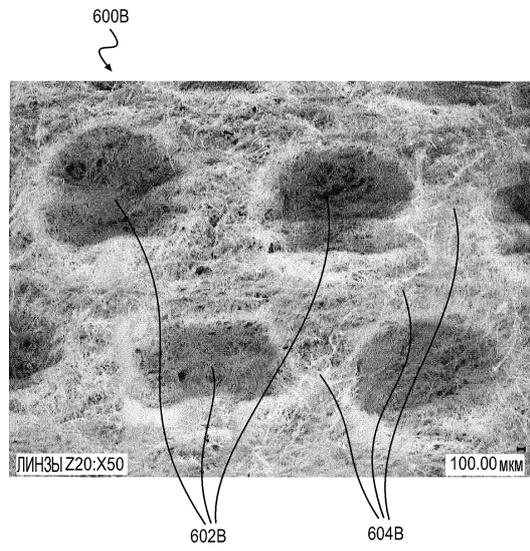
600C  
↘



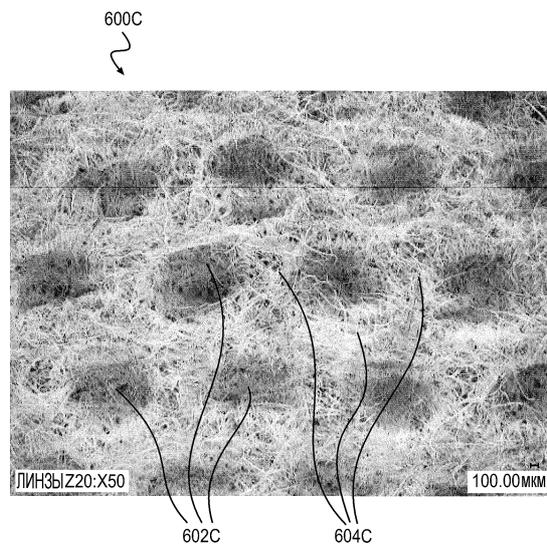
Фиг. 5С



Фиг. 6А

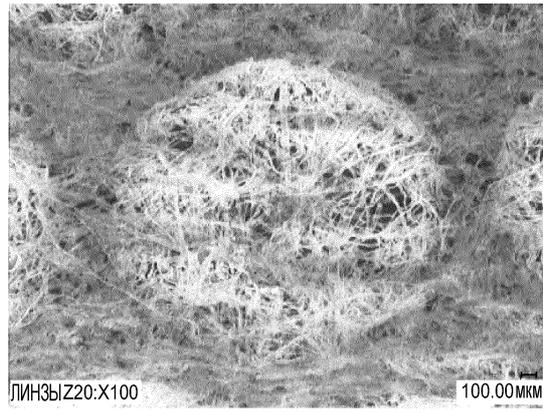


Фиг. 6В

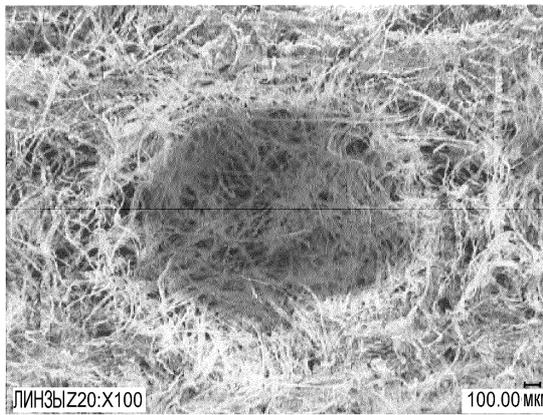


Фиг. 6С

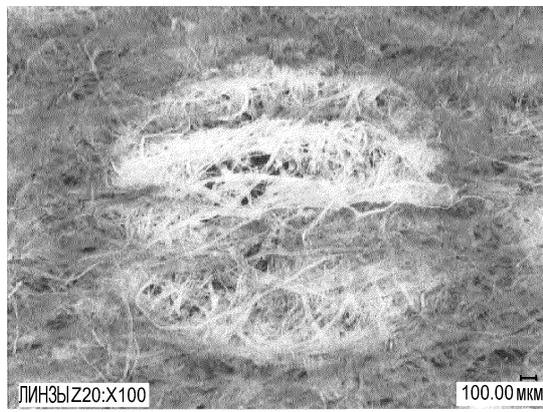
034072



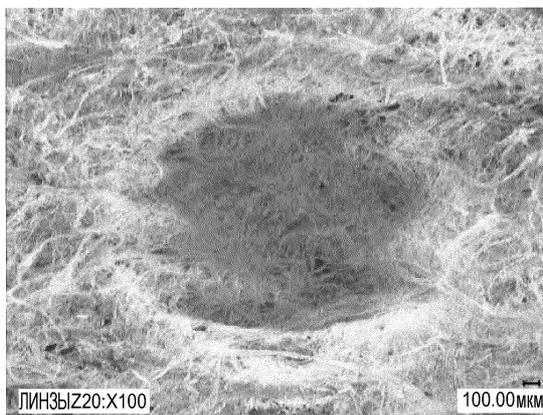
Фиг. 7А(1)



Фиг. 7А(2)

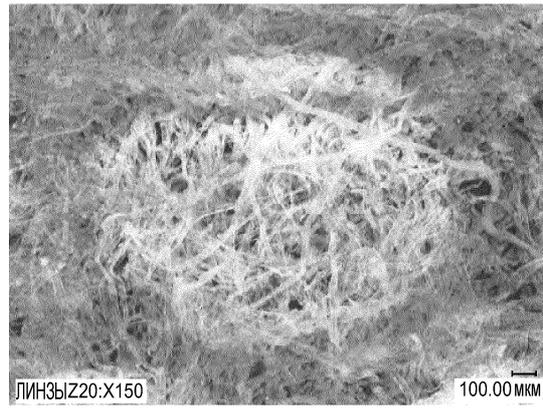


Фиг. 7В(1)

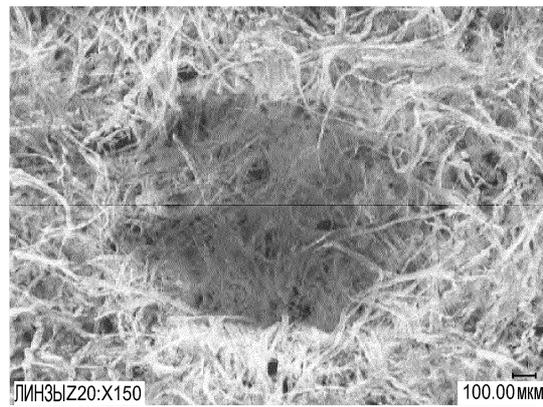


Фиг. 7В(2)

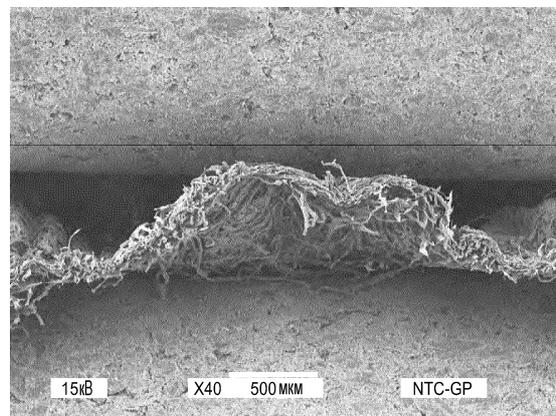
034072



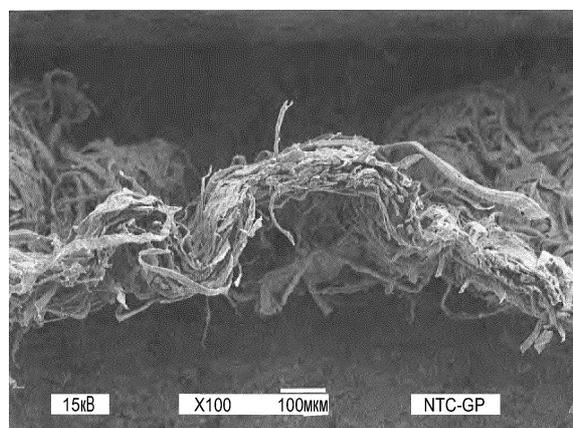
Фиг. 7С(1)



Фиг. 7С(2)

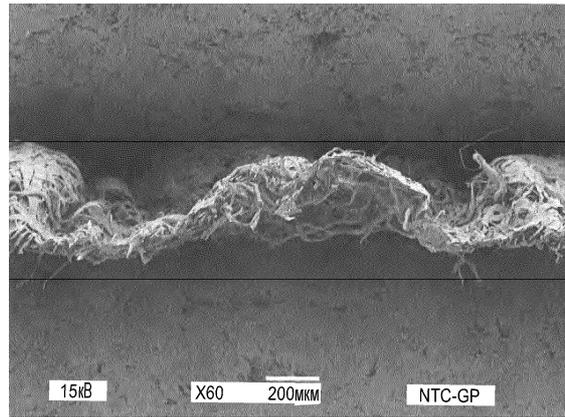


Фиг. 8А

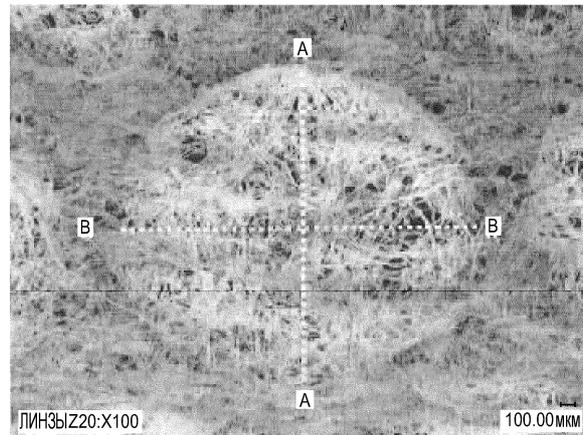


Фиг. 8В

034072



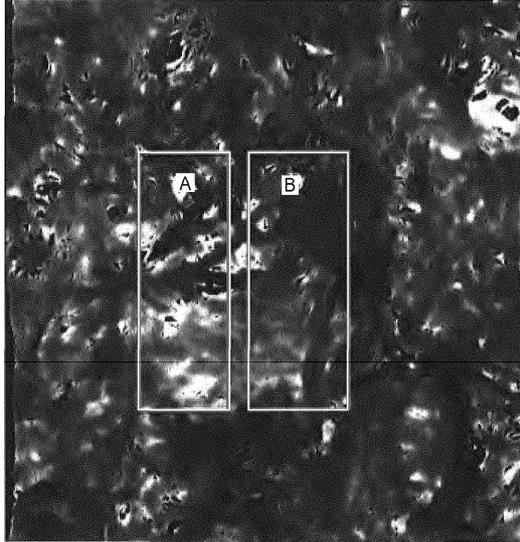
Фиг. 8С



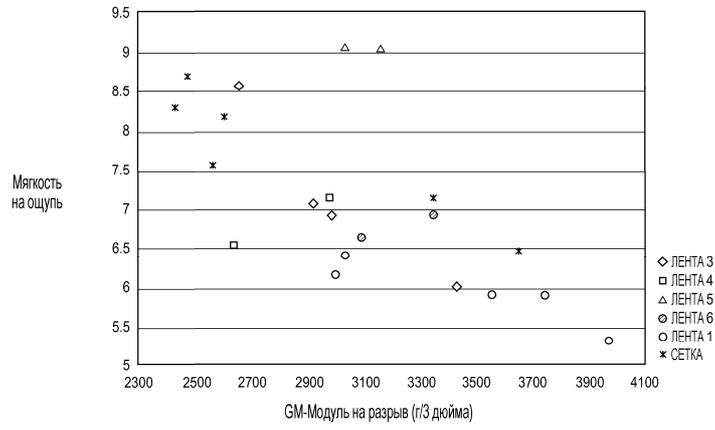
Фиг. 9



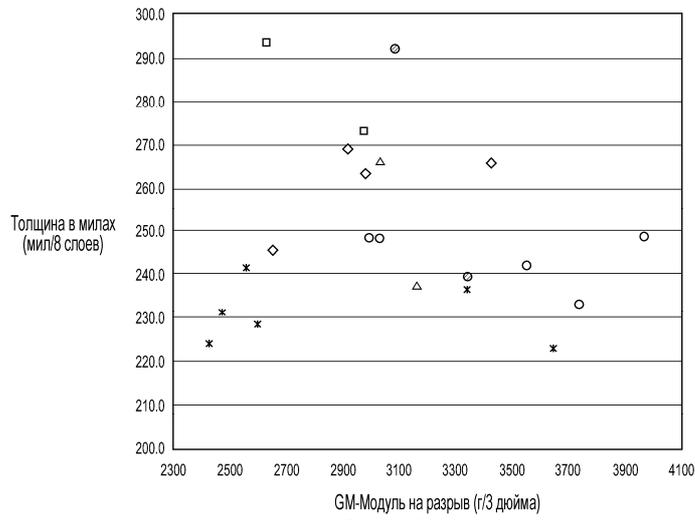
Фиг. 10



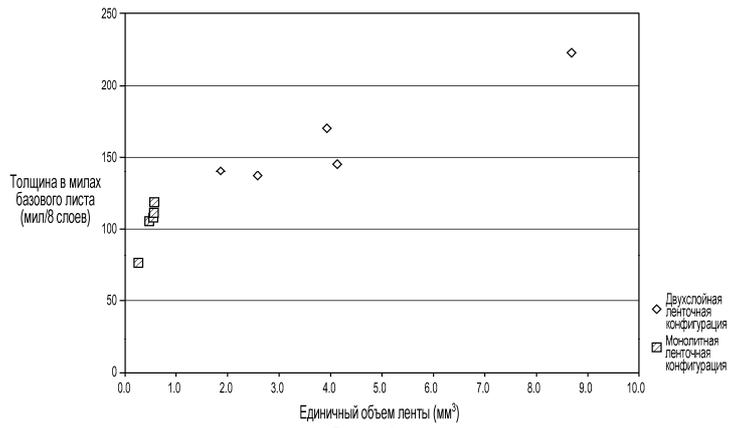
Фиг. 11



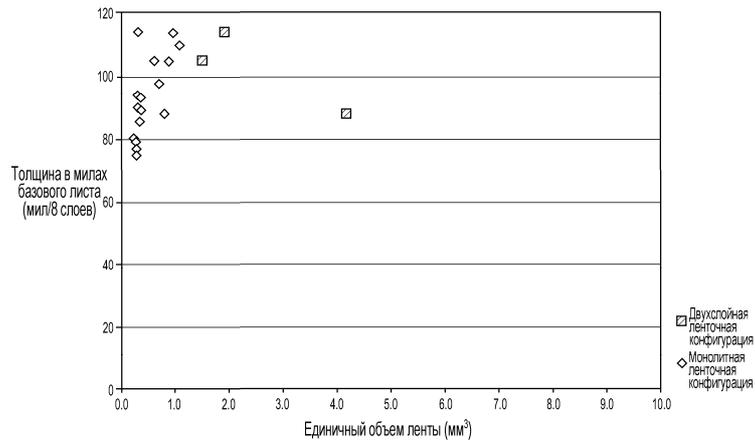
Фиг. 12



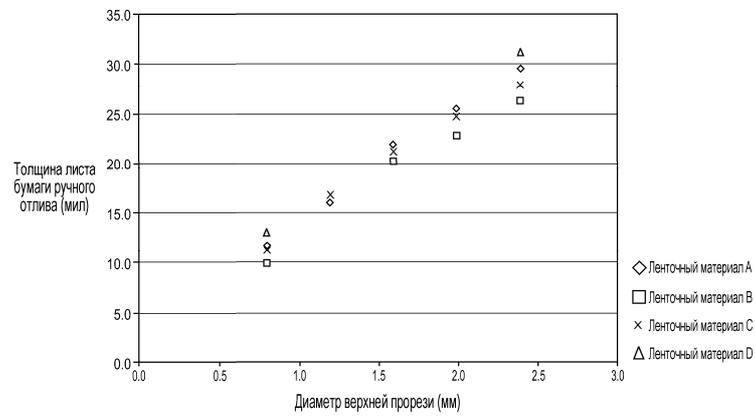
Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15



Фиг. 16

