

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **047236**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.06.24**

(51) Int. Cl. **B21F 1/02** (2006.01)  
**B21D 3/05** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**202290204**

(22) Дата подачи заявки  
**2020.06.26**

---

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПРОВОЛОКИ И СПОСОБЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ**

---

(31) **19183875.4**

(56) US-A-5676010  
US-A-3260093  
DE-A1-19506224  
US-A1-2009282883

(32) **2019.07.02**

(33) **EP**

(43) **2022.04.19**

(86) **PCT/EP2020/067988**

(87) **WO 2021/001271 2021.01.07**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**НВ БЕКАЭРТ СА (BE)**

(72) Изобретатель:  
**Де Кемпе Герт (BE)**

(74) Представитель:  
**Фелицына С.Б. (RU)**

(57) В изобретении раскрывается устройство обработки металлической проволоки путем ее многократного обратного изгибания и связанные с ним способы использования устройства. В правильных устройствах предшествующего уровня техники используются ролики одинакового диаметра с разными уровнями углубления и растягивающим натяжением, чтобы влиять на очертание металлической проволоки. Однако такие правильные устройства предшествующего уровня техники имеют много степеней свободы и их трудно настраивать, что приводит к менее желательным результатам. Изобретатели используют совершенно другой подход к выпрямлению проволоки, заключающийся в предложении устройств с последовательностью из "N+1" роликов. Первый ролик имеет диаметр первого ролика, за ним следуют N-1 промежуточных роликов с промежуточными диаметрами роликов, и в конце находится выходной ролик с диаметром выходного ролика. Выходной ролик больше, чем первый ролик, и любой один ролик в последовательности роликов имеет диаметр, который не меньше диаметра предшествующего ролика в последовательности. Постепенно увеличивающиеся диаметры придают проволоке хорошо контролируемую, постепенно уменьшающуюся кривизну, что приводит к получению проволоки с контролируемым очертанием. За счет изогнутого пути прохождения проволоки получается компактная конструкция, содержащая все более крупные ролики. Также описан способ работы устройства, который позволяет легко настраивать устройство в зависимости от толщины проволоки.

**047236**  
**B1**

**047236**  
**B1**

### Область техники

Изобретение относится к устройству для обработки металлической проволоки путем многократного обратного изгибания проволоки. Такое устройство также широко известно как "правильный станок для проволоки", "правильный блок", "правильное устройство".

### Уровень техники

Металлические проволоки благодаря их эластичному пластичному поведению позволяют придавать им путем растяжения, изгибания и кручения практически любую желаемую форму. Однако, прежде чем придать проволоке ее окончательную форму, необходимо многократно приводить проволоку в состояние, допускающее эту окончательную обработку.

В случае, например, штамповки гвоздей или формирования пружины, проволоку сначала делают прямой, чтобы обеспечить ее точный ввод в станок. Непрямая или изогнутая проволока может приводить к перекоосу и нежелательной остановке станка.

Форма проволоки, как правило, контролируется путем направления проволоки через устройство, называемое "правильным устройством". Такое устройство представляет собой серию роликов одинакового диаметра, которые последовательно изгибают металлическую проволоку в противоположных направлениях в одной плоскости по мере протягивания проволоки через устройство. Проволока проходит через ролики, изгибаясь в последовательности влево-вправо-влево-вправо... Путем выбора подходящего диаметра роликов и тщательной регулировки углубления роликов, внешние волокна металлической проволоки становятся пластичными, и можно контролировать получающееся "очертание" проволоки. "Очертание" проволоки - это диаметр проволочной петли, которая свободно удерживается в горизонтальной плоскости без приложения каких-либо сил (кроме силы тяжести). Для прямой проволоки диаметр бесконечен. "Углубление" правильного ролика - это расстояние, на которое один ролик отстоит от касательной линии к двум соседним роликам, обращенным к одному ролику.

В случае плоской проволоки, контроль очертания имеет решающее значение при производстве плоской проволоки для использования в качестве рычага стеклоочистителя или армирующей проволоки щетки стеклоочистителя. В случае круглой проволоки многократное изгибание в первой плоскости сопровождается многократным изгибанием во второй плоскости, перпендикулярной первой плоскости. Действительно, правильное устройство может регулировать кривизну проволоки только в одной плоскости. Может потребоваться отрегулировать кривизну также в направлении, перпендикулярном первой плоскости. Соответствующий уровень техники можно найти в старой публикации (US 1414371), а также в более поздней публикации (US 20050166656).

Еще одним видом использования устройств, осуществляющих многократное обратное изгибание проволоки, является создание желательных остаточных напряжений в наружной оболочке проволоки. Действительно, осуществляя больший изгиб, чем фактически необходимо для формования проволоки, можно создавать сжимающие остаточные напряжения во внешней оболочке проволоки. Сжимающие остаточные напряжения предотвращают распространение трещин и, следовательно, оказывают благоприятное влияние на усталостную долговечность металлических проволок, таких, например, как те, которые используются в металлокорде армированных шин, как показано в документе US 4612792.

Правильные устройства могут также использоваться в качестве "фильтров дефектов", в частности, в сочетании с осевым растягивающим усилием. Вследствие многократного изгибания проволоки в одну и другую стороны, любые пороки проволоки из-за дефекта поверхности или вкраплений приводят к разрыву проволоки. Такая "фильтрация" проволоки особенно важна, когда проволока должна использоваться в критических приложениях, где разрыв проволоки приводит к серьезным повреждениям, например, в случае проволочной резки. Обрыв пильной проволоки может привести к повреждению, кратно превышающему стоимость проволоки, поэтому этого следует избегать.

Дальнейшее использование устройств, обеспечивающих многократное обратное изгибание проволоки, состоит в придании проволоке благоприятных механических свойств. Действительно, из документа US 1824568 давно известно, что подвергание стальной проволоки, такой как бортовая проволока покрышки, многократному изгибанию в обратном направлении приводит к получению бортовой проволоки, которую легче формовать в борт покрышки. Бортовая проволока покрышки - это стальная проволока, покрываемая или не покрываемая латунью или бронзой, которая используется для наматывания бортов покрышки. "Борт покрышки" - это кольцевая арматура покрышки, которая удерживает покрышку на ободе колеса. Результатом многократного обратного изгибания является снижение предела текучести проволоки. Предел текучести - это напряжение, при котором проволока отклоняется от линейного поведения Хука в диаграмме "напряжение-деформация". Предел текучести определяется для определенного остаточного удлинения, которое обычно устанавливается равным 2 частям на 1000 или 0,2% остаточного удлинения после снятия нагрузки. Снижение предела текучести облегчает придание бортовой проволоке формы катушки.

Выбор количества роликов, диаметров роликов в зависимости от диаметра проволоки и настройка углубления роликов предлагает очень большой диапазон параметров, в котором специалист в данной области техники может легко потеряться. Поэтому настройка правильных станков часто считается скорее искусством, чем наукой.

### Раскрытие сущности изобретения

Таким образом, задачей изобретения является снижение сложности настройки правильных устройств или, в более общем смысле, устройств обработки металлической проволоки путем многократного обратного изгибания. Еще одна задача изобретения состоит в том, чтобы уменьшить количество регулируемых параметров, чтобы упростить заправку проволоки. Еще одна задача изобретения состоит в том, чтобы получить устройство, которое применимо к широкому диапазону диаметров проволоки без какой-либо регулировки устройства. Два или более устройств могут объединяться для совместной работы. Также задачей изобретения является предложение способа работы устройства.

В первом аспекте изобретения предлагается устройство обработки металлической проволоки согласно ограничительной части пункта 1 формулы изобретения. Термин "металлическая проволока" следует понимать в самом широком смысле: любой металлический элемент или сплав металлических элементов или композит, состоящий преимущественно из металла, можно рассматривать как "металлическую проволоку". Конкретными примерами являются медная проволока, алюминиевая проволока, латунная проволока, бронзовая проволока и, прежде всего, стальная проволока. "Сталь" - это композитный материал известного в данной области техники состава, который преимущественно включает в себя железо с неметаллическими элементами, такими как углерод, кремний, сера, азот или фосфор, и металлическими элементами, такими как марганец, алюминий, хром, ванадий или любые другие элементы.

"Проволока" - это любой удлиненный элемент, длина которого намного превышает любое измерение поперечного сечения, взятое перпендикулярно этому направлению длины. Проволока может иметь круглое сечение. В качестве альтернативы, поперечное сечение проволоки может быть многоугольным, прямоугольным, квадратным или круглым. Для целей данного изобретения толщина "d" проволоки - это наименьшее расстояние между параллельными линиями в поперечном сечении, перпендикулярном длине проволоки, ширина "w" проволоки - это наибольшее расстояние между параллельными линиями в поперечном сечении, перпендикулярном длине проволоки. Другими словами:

толщина "d" - это наименьший размер, измеряемый штангенциркулем, а ширина "w" - наибольший размер, измеряемый штангенциркулем при измерении во всех направлениях вокруг проволоки. Для целей данного изобретения проволока имеет отношение ширины к толщине ("w/d") меньше 10 или даже меньше 8,5 или 1,5. Для круглой проволоки отношение "w/d" равно единице, а толщина называется диаметром. В отличие от этого, металлические листы имеют отношение "w/d" намного больше 0. Поведение металлической проволоки при изгибе отличается от поведения металлических листов, поскольку граничные условия совершенно разные.

В упомянутом устройстве металлическая проволока обрабатывается путем "многократного обратного изгибания", то есть при прохождении через устройство проволока подвергается изгибам в чередующихся направлениях, например, влево-вправо-влево-вправо... или вправо-влево-вправо-влево... Одно движение "влево-вправо" (или движение "вправо-влево") соответствует одному обратному изгибанию.

Устройство включает в себя первый ролик, ряд промежуточных роликов и выходной ролик, которые образуют пронумерованную последовательность роликов. Таким образом, каждому ролику может быть присвоен порядковый номер, например "1" для первого ролика и "N+1" для выходного ролика, в то время как промежуточные ролики могут быть пронумерованы от "2", ... до "N". Количество промежуточных роликов "N-1" предпочтительно равно одному, двум, трем или любому количеству до одиннадцати включительно. Каждый из роликов имеет диаметр, в частности диаметр первого ролика, диаметры промежуточных роликов и диаметр выходного ролика. Диаметр каждого ролика обозначен  $D_i$ , где  $i$  - индекс в последовательности. Ролики имеют кольцевую канавку, в которой должна двигаться или в которую должна приниматься металлическая проволока. Канавка может иметь прямоугольную форму - для обработки плоской проволоки - или круглое поперечное сечение, например, в форме буквы U или, что более предпочтительно, в форме буквы V. Для целей настоящего изобретения под "диаметром ролика" подразумевается диаметр ролика, измеренный по донцу канавки. Все ролики вращаются свободно и не имеют приводов или тормозов.

Ролики установлены таким образом, что все канавки, а точнее донца канавок, находятся в одной плоскости, называемой "плоскостью канавок". Имеется в виду, что ни один ролик не выходит более чем на одну ширину канавки из этой плоскости канавок, т.е. все донца канавок могут отклоняться в пределах плюс или минус одна ширина канавки от плоскости канавок. Еще более предпочтительно, чтобы все донца канавок могли находиться в пределах плюс или минус половина ширины канавки от плоскости канавок. Установка роликов с канавками вне плоскости канавок может приводить к вращению круглой проволоки, когда она скатывается к донцу канавки, что для данного изобретения не является предпочтительным сценарием.

Предлагаемое в настоящем изобретении правильное устройство для проволоки отличается от устройств предшествующего уровня техники тем, что диаметр выходного ролика больше, чем диаметр первого ролика, и тем, что любой ролик в последовательности роликов имеет диаметр, который не меньше, то есть больше или равен диаметру предшествующего ролика в последовательности. Если один ролик имеет индекс "i" в последовательности роликов, предыдущий ролик имеет индекс "i-1". Другими словами: диаметры роликов в последовательности монотонно возрастает от первого ролика к выходному ро-

лику. Некоторые из промежуточных роликов или выходной ролик могут иметь диаметр, равный диаметру предшествующего ролика. Условно:  $D_{N+1} > D_i$  и  $D_i \geq D_{i-1}$  для  $i=2, \dots, N+1$ .

Преимущество такого увеличивающегося диаметра роликов состоит в том, что кривизна, придаваемая проволоке, регулируется диаметром роликов, а не углублением роликов, как будет пояснено ниже.

В предпочтительном варианте осуществления любой ролик в последовательности роликов имеет диаметр, который больше диаметра предшествующего ролика в последовательности. Другими словами, диаметры роликов в последовательности роликов возрастают строго монотонно.

Условно:  $D_{N+1} > D_i$  и  $D_i > D_{i-1}$  для  $i=2, \dots, N, N+1$ .

В другом предпочтительном варианте осуществления отношение диаметра любого промежуточного ролика или выходного ролика к диаметру предшествующего ролика в последовательности роликов составляет от 1,00 до 2,00.

Условно:  $1,00 \leq D_i/D_{i-1} \leq 2,00$  для  $i=2, \dots, N, N+1$ .

В другом предпочтительном варианте осуществления отношение диаметра любого промежуточного ролика или выходного ролика к диаметру предшествующего ролика в последовательности роликов составляет от 1,05 до 2,00.

Условно:  $1,05 \leq D_i/D_{i-1} < 2,00$  для  $i=2, \dots, N, N+1$ .

В еще одном предпочтительном варианте осуществления отношение диаметра промежуточного ролика, следующего за первым роликом, к диаметру первого ролика составляет от 1,05 до 1,20 или символически  $1,05 \leq D_2/D_1 < 1,20$ . Это означает, что диаметр первого промежуточного ролика должен быть на 5-20% больше диаметра первого ролика.

Отношение между диаметрами последующих роликов может постепенно увеличиваться в направлении выходного ролика. В предпочтительном варианте осуществления отношение диаметра выходного ролика к диаметру ролика, предшествующего выходному ролику в последовательности роликов, составляет от 1,2 до 2,0 или условно:  $1,2 \leq D_{N+1}/D_N \leq 2,0$ . В еще более предпочтительном варианте осуществления диапазон составляет от 1,4 до 2,0. В любом случае предпочтительно, чтобы соотношение диаметров роликов увеличивалось к выходу из устройства.

Для ясности: выражение "от X до Y" означает "в диапазоне от X до Y, включая конечные значения X и Y".

Каждый из "N+1" роликов имеет ось, вокруг которой вращается ролик, и эти оси ориентированы перпендикулярно плоскости канавок. При размещении, положение осей, перпендикулярных плоскости канавок, таково, что воображаемая проволока, направляемая роликами, может следовать - а это означает, что это можно реализовать - по извилистой траектории с множеством обратных изгибов. Воображаемая проволока имеет бесконечно малый диаметр, нулевую жесткость на изгиб и бесконечную прочность. На извилистом пути многократного обратного изгибания воображаемая проволока, направляемая через ролики, попеременно изгибается влево-вправо-влево-вправо... или, что эквивалентно, вправо-влево-вправо-влево... когда протягивается через ролики и удерживается в последовательности роликов. Другими словами, направление изгиба такой траектории меняется от одного ролика к другому. Кроме того, среднее значение абсолютных углов, под которыми воображаемая проволока проходит через промежуточные ролики, превышает  $180^\circ$ . Это делает путь "извилистым".

Для изобретения достаточно построить по меньшей мере один путь с множеством изгибов. Тот факт, что такая извилистая траектория с множеством изгибов может быть построена для конкретного расположения роликов, не исключает того, что может быть сконструирована траектория, которая не является извилистой траекторией с множеством изгибов в смысле этой заявки при том же самом расположении роликов. Например, может оказаться вполне возможным построить путь, обеспечивающий изгибание влево-вправо-вправо-влево... при расположении роликов, которое допускает по меньшей мере один путь с множеством изгибов.

Извилистая траектория с множеством обратных изгибов включает в себя криволинейные участки, где воображаемая проволока следует канавке в роликах и полностью адаптируется к кривизне ролика, и прямые участки, где воображаемая проволока не касается ролика и следует по прямой линии.

В особенно предпочтительном варианте осуществления длина прямых участков, следующих за каждым роликом из первого ролика и промежуточных роликов на извилистом пути с множеством обратных изгибов, остается короткой и в любом случае меньше диаметра этого ролика. Еще более предпочтительно, чтобы длина прямого участка была меньше трех четвертей, или даже половины, или четверти диаметра ролика. Прямые участки должны быть как можно короче, чтобы предотвращать вращение проволоки при переходе от одного направления изгиба к другому. Действительно, поскольку проволока будет сопротивляться обратному изгибу, она будет пытаться вращаться. Это должно быть насколько возможно предотвращено.

Устройство имеет ось, которая соответствует касательной к кольцевой канавке первого ролика и к кольцевой канавке выходного ролика. Если общее количество роликов "N+1" четное, предпочтительно, чтобы первый и выходной ролики касались оси устройства с противоположных сторон этой оси. И наоборот, если общее количество роликов "N+1" нечетное, предпочтительно, чтобы первый и выходной

ролик касались оси устройства с одной и той же ее стороны.

Поскольку диаметры роликов мультипликативно увеличиваются в направлении выходного ролика, ролики быстро становятся большими в диаметре. В таком случае вставка устройства в тракт линии обработки проволоки становится проблематичной. Однако изобретатели предлагают предпочтительные схемы размещения роликов, в которых расстояние ("Расстояние") вдоль оси устройства от точки касания первого ролика до точки касания выходного ролика меньше суммы ("Суммы") диаметров промежуточных роликов плюс радиус первого ролика плюс радиус выходного ролика. Еще более предпочтительно, если Расстояние меньше 80% Суммы или даже меньше 70% Суммы. Чем меньше Расстояние, тем короче может быть устройство.

В другом предпочтительном варианте осуществления второй ролик и, возможно, ролики с четными номерами, следующие в последовательности роликов, могут быть перемещены из положения с одной стороны оси устройства в положение на противоположной стороне оси устройства и наоборот. Ролик считается перемещенным с одной стороны устройства на другую сторону устройства, если по меньшей мере упомянутая ось ролика пересекает ось устройства или даже если весь ролик перемещен через ось устройства, т.е. ось ролика смещена на диаметр ролика или более.

Так, например, только второй ролик может быть перемещен с одной стороны оси устройства на другую сторону. Или второй и четвертый ролик могут быть перемещены с одной стороны оси устройства на другую. Или второй, четвертый и шестой ролики могут быть перемещены с одной стороны оси на другую и обратно. Дальнейшее расширение этого подхода очевидно специалисту в данной области техники.

Ролики с четными номерами можно перемещать по отдельности или вместе, при этом предпочтение отдается первому варианту. Индивидуальное управление одиночным роликом с четным номером позволяет автоматически настраивать устройство для различных диапазонов диаметров проволоки, если осуществляется перемещение роликов с четными номерами. Такая модификация может также значительно упрощать заправку проволоки в устройство.

Согласно второму аспекту изобретения комбинация из двух, трех, четырех или более устройств по первому аспекту изобретения характеризуется следующими отличительными признаками:

каждое из двух, трех, четырех или более устройств имеет некую плоскость канавок;

каждое из двух, трех, четырех или более устройств имеет ось устройства, соответствующую касательной к кольцевой канавке первого ролика и к кольцевой канавке выходного ролика;

... которые объединены следующим образом:

оси всех из двух, трех, четырех или более устройств совпадают, т.е. все устройства имеют одну общую ось;

плоскости канавок двух, трех, четырех или более устройств попарно отличаются друг от друга. Другими словами: ни одна пара плоскостей канавок не совпадает, но все плоскости пересекаются друг с другом вдоль одной оси.

В одном из конкретных вариантов осуществления плоскость канавок первого устройства может рассматриваться как ориентация  $0^\circ$ , в то время как плоскость канавок второго устройства расположена под углом  $60^\circ$  к плоскости канавок первого устройства, а плоскость канавок третьего устройства расположена под углом  $120^\circ$  к плоскости канавок первого устройства.

В предпочтительном варианте осуществления количество устройств равно двум, и плоскости канавок ориентированы перпендикулярно друг другу. Это позволяет изгибать проволоку во взаимно ортогональных плоскостях и в принципе позволяет контролировать кривизну проволоки в двух плоскостях.

В третьем аспекте изобретения предлагается способ обработки металлической проволоки путем многократного обратного изгибания с использованием устройства по любому из вышеописанных вариантов осуществления. Проволока непрерывно подается, например, с катушки или непрерывно обеспечивается предшествующим процессом обработки проволоки. Проволока имеет толщину "d".

Металлическая проволока пропускается через все или часть роликов в последовательности роликов по пути с многократным обратным изгибанием. Ролик, который первым сгибает проволоку, будет называться входным роликом. В любом случае проволока выходит из устройства через выходной ролик, то есть ролик с наибольшим диаметром. Металлическую проволоку, например, можно сначала согнуть третьим роликом в последовательности. В этом случае третий ролик становится входным роликом, а первый ролик и второй ролик остаются незадействованными и не используются.

В частности, отношение диаметра  $D_{\text{entry}}$  входного ролика к толщине металлической проволоки "d" или  $D_{\text{entry}}/d$  составляет от 15 до 90, более предпочтительно от 20 до 50 или от 35 до 50, например от 35 до 45. Это отношение важно, так как оно настраивает проволоку на последующие изгибы с меньшим радиусом кривизны.

Во время обработки металлическая проволока будет контактировать с роликом на протяжении угла контакта. Контакт начинается, когда металлическая проволока впервые касается ролика, и заканчивается, когда металлическая проволока отходит от контактируемого ролика. Угол контакта - это угол с вершиной в центре ролика, охватывающий дугу металлической проволоки, которая находится в физическом контакте с роликом и повторяет радиус ролика. Проволока, которая просто касается ролика, имеет нуле-

вой угол контакта.

В следующем предпочтительном способе осуществления металлическая проволока контактирует с любым из промежуточных роликов под углом контакта от  $15^\circ$  до  $90^\circ$ . В аналогичном предпочтительном способе каждый из промежуточных роликов контактирует с металлической проволокой под углом от  $15^\circ$  до  $90^\circ$ .

В более предпочтительном способе сумма абсолютных углов контакта всех касающихся промежуточных роликов больше  $360^\circ$ , или больше  $540^\circ$ , или больше  $720^\circ$ ,  $900^\circ$  или даже больше  $1080^\circ$ . Под термином "абсолютный" понимается, что любое угловое направление (влево или вправо) считается положительным.

В другом предпочтительном способе металлический провод контактирует с одним из промежуточных роликов с углом контакта от  $90^\circ$  до  $270^\circ$ , или от  $120^\circ$  до  $270^\circ$ , или даже от  $180^\circ$  до  $270^\circ$ . В качестве альтернативы, каждый из промежуточных роликов контактирует с металлической проволокой под углом от  $90^\circ$  до  $270^\circ$ , или от  $120^\circ$  до  $270^\circ$ , или даже от  $180^\circ$  до  $270^\circ$ .

Пути с многократным изгибанием с большими углами контакта позволяют проектировать устройство более компактно, так как ролики могут располагаться по извилистой траектории в форме буквы S.

В другом предпочтительном способе используется комбинация из двух, трех, четырех или более устройств. В этом способе металлическую проволоку сначала многократно обратимо изгибают в первой плоскости, затем следуют один, два, три или более многократных или обратных изгиба в одной или нескольких последующих плоскостях, причем упомянутые последующие плоскости отличаются от первой плоскости и взаимно отличаются друг от друга.

Способ применим к любой металлической проволоке, которую можно пластически гнуть. В некоторой степени предпочтительными диапазонами толщины проволоки - но, само собой разумеется, не ограничивающими изобретение - являются металлические проволоки толщиной от 0,25 до 3,0 мм, например от 0,5 до 2,0 мм. Этот способ был специально разработан для обработки стальной проволоки.

#### Краткое описание чертежей

На фиг. 1 показано правильное устройство известного уровня техники, заправляемое проволокой малого диаметра.

На фиг. 2 показан вариант осуществления правильного устройства предшествующего уровня техники, заправляемого проволокой большего диаметра.

На фиг. 3 показан первый вариант осуществления предлагаемого в настоящем изобретении устройства, заправляемого первым способом.

На фиг. 4 показан такой же вариант осуществления предлагаемого в настоящем изобретении устройства по п. фиг. 3, но заправляемого вторым способом.

На фиг. 5 показан вариант осуществления устройства со смещаемым вторым роликом в первом положении, заправляемого проволокой малого диаметра.

На фиг. 6 показан вариант осуществления устройства, показанного на фиг. 5, в котором второй ролик перемещен во второе положение, позволяющее заправлять проволоку большего диаметра.

На фиг. 7 показана комбинация устройств для многократного обратного изгибания в двух направлениях.

На фиг. 8 показан вариант осуществления, в котором объединены многие из отличительных признаков изобретения.

Разряд сотен в ссылочных позициях на чертежах относится к номеру чертежа, а разряды десятков и единиц относятся к соответствующим ссылочным позициям на разных чертежах. На всех чертежах проволока изображена в самом нижнем возможном положении на донцах канавок роликов.

#### Осуществление изобретения

На фиг. 1 и 2 проиллюстрированы проблемы, связанные с правильными устройствами предшествующего уровня техники. На фиг. 1 изображено правильное устройство 100 с пятью роликами 110, 112, 114, 116, 118, которое заправляется проволокой 102 малого диаметра. Все ролики имеют канавку, по которой проходит проволока. Все ролики имеют одинаковый диаметр. Проволока протягивается через устройство с вытягивающим усилием  $F_{out}$  на скорости " $v$ ". Мощность, необходимая для протягивания проволоки через правильное устройство, составляет " $F_{out} v$ ". На входе прикладывается оттягивающее усилие " $F_{in}$ ", чтобы удерживать металлическую проволоку в правильном устройстве.

Показанный радиус  $R_0$  представляет собой радиус кривизны металлической проволоки, проходящей через ролик 110. В этом случае - поскольку диаметр проволоки небольшой, и, следовательно, жесткость на изгиб мала - проволока точно повторяет кривизну всех роликов. Жесткость на изгиб " $(EI)$ " (в  $\text{Нмм}^2$ ) проволоки пропорциональна модулю упругости материала " $E$ " (в  $\text{Н/мм}^2$ ) и второму осевому моменту площади " $I$ " (в  $\text{мм}^4$ ), который для круглой проволоки диаметром " $d$ " равен  $(\pi d^4/64)$ . Изгиб проволоки до радиуса кривизны  $R_0$  требует энергии, поэтому каждый ролик будет добавлять некоторую силу оттягивания " $\Delta F_i$ " к входному оттягивающему усилию " $F_{in}$ ", делая сквозное усилие " $F_{out}$ " больше, чем входное оттягивающее усилие " $F_{in}$ ". Кроме того, при увеличении углубления роликов " $\Delta_i$ " ( $i = 2, 3, 4$ ) обычно считается, что проволоке придется больше кривизны. Однако для проволоки небольшого диаметра с низкой

жесткостью на изгиб, касающейся ролика с диаметром  $D$  в пределах некоего угла контакта, придаваемая кривизна будет составлять  $2/(D+d)$ , независимо от углубления ролика.

Когда металлическая проволока становится больше в диаметре, ситуация меняется на ту, что показана на фиг. 2. Опять же, металлическая проволока 202 - большего диаметра, чем металлическая проволока 102 - проходит между противоположно расположенными роликами 212, 216 относительно роликов 210, 214 и 218. Однако из-за повышенной жесткости на изгиб "(EI)" проволоки ("I" масштабируется с  $d^4$ !) металлическая проволока будет иметь закругление не с радиусом роликов 210, 212, 214, 216 и 218, а со своим собственным радиусом кривизны, обозначенным  $R_1, R_2, R_3, R_4$  и  $R_5$  с соответствующим центром - не соответствующим осям роликов -  $C_1, C_2, C_3, C_4$  и  $C_5$ .

Только когда натяжение проволоки достаточно велико, между роликом и металлической проволокой образуется ненулевой угол контакта, следовательно, радиус кривизны, придаваемый металлической проволоке на пути касания в пределах угла контакта, будет равен радиусу ролика. Следуя классической теории упругого изгибания Эйлера-Бернулли, можно продемонстрировать, что минимальное натяжение " $T_{\min}$ " (в Н), необходимое для получения ненулевого угла контакта, равно  $T_{\min} \geq EI/D^2$ , где " $D$ " (в мм) является диаметром ролика.

Тогда очевидной мерой для обеспечения ненулевого угла контакта является увеличение диаметра роликов и увеличение углубления. Однако это, в свою очередь, влияет на усилие протягивания, которое, в свою очередь, влияет на угол контакта. Вывод состоит в том, что в правильном устройстве предшествующего уровня техники величина кривизны, придаваемая металлической проволоке, зависит, в первую очередь, от местного напряжения, прикладываемого к проволоке, и вдавливания проволоки, т.е. переменных, которые оказывают взаимное влияние друг на друга и в меньшей степени зависят от диаметра роликов. Это справедливо по меньшей мере для относительно толстых проводов. Это затрудняет контроль свойств проволоки, выходящей из правильных устройств предшествующего уровня техники.

Чтобы преодолеть эту проблему управления, предлагаемое изобретателями устройство исходит из другого подхода. Вместо того чтобы контролировать придаваемую к проволоке кривизну за счет натяжения, диаметра роликов и вдавливания, их идея состоит в том, чтобы поддерживать постоянное вдавливание и адаптировать диаметр роликов по мере прохождения металлической проволоки через устройство.

Первый вариант осуществления этого принципа показан на фиг. 3. Здесь металлическая проволока 302 проходит через первый ролик 310, пять промежуточных роликов 312, 314, 316, 318, 320 и выходной ролик 322. Каждый из роликов имеет кольцевую канавку, которая представляет собой прямоугольную канавку в случае плоской проволоки или V-образную канавку в случае круглой проволоки, радиус кривизны донца которой намного меньше половины диаметра проволоки. Ролики имеют диаметр  $D_i$  на донце канавки, входной ролик 310 имеет диаметр  $D_0$ , выходной ролик 322 имеет диаметр  $D_6$ . Все канавки находятся в одной плоскости канавок. Канавка предназначена для предотвращения вращения проволоки при переходе от одного ролика к другому.

В предлагаемом в изобретении устройстве выходной ролик 322 больше входного ролика 310, и любой один ролик в последовательности роликов имеет диаметр, который не меньше, чем диаметр предшествующего ролика в последовательности. Более того: любой ролик в последовательности роликов имеет диаметр ролика больше, чем предшествующий ролик.

При заправке проволоки в устройство в качестве входного ролика выбирается ролик, диаметр  $D_i$  которого в 15-90 раз превышает толщину металлической проволоки " $d$ ". Обратите внимание, что входным роликом не обязательно должен быть первый ролик. Отношение должно выбираться таким, чтобы привести внешние волокна входящей проволоки сразу в пластичное состояние. Например, отношение 40 обеспечивает удлинение внешних волокон проволоки на 2,44% ( $100/41$ ), и для стальной проволоки, например оно достаточно, чтобы придать внешнему волокну пластичность, то есть придать проволоке постоянный изгиб.

Идея изобретения заключается в том, что поставив самый маленький ролик в начале, металлическую проволоку пластически изгибают и придают заданное очертание. Это очертание в последующих роликах постепенно увеличивается за счет изгибания металлической проволоки в противоположном направлении роликами все большего размера. Таким образом, кривизна, придаваемая проволоке, ступенчато сводится к нулю, то есть получается практически прямая проволока.

Отношение диаметра ролика 312 к диаметру первого ролика 310 составляет от 1,05 до 1,20, например 1,10. Отношение диаметра выходного ролика 322 к диаметру ролика 320 составляет от 1,20 до 2,00, например 1,90. Промежуточные ролики имеют увеличивающийся диаметр: отношения диаметров промежуточных роликов  $D_i/D_{i-1} = 1,20$  ("i" теперь изменяется от 2 до N-1).

Вдавливания  $\Delta'i$ , где  $i = 2, 3, 4, 5$  и 6, придаваемые проволоке, всегда одинаковы и - для целей изобретения - не являются регулируемым параметром, т.е. могут оставаться фиксированными. Конечно, должно быть какое-то вдавливание, чтобы по меньшей мере удерживать проволоку в канавках ролика. Оси роликов (обозначены на чертежах крестиками "+") ориентированы перпендикулярно плоскости канавок. Они расположены таким образом, что формируется путь многократного обратного изгибания с изогнутыми участками и прямыми участками, по которому следует проволока 302 на фиг. 3. Углы кон-

такта на этом пути многократного обратного изгибания составляют от  $15^\circ$  до  $90^\circ$ . Кроме того, может быть определена ось 330, соответствующая касательной к кольцевой канавке первого ролика 310 и к кольцевой канавке выходного ролика 322.

Чтобы обеспечить еще больший угол контакта между роликами и металлической проволокой, то же устройство, что изображено на фиг. 3, может заправляться другим способом посредством выбора пути многократного обратного изгибания между роликами, обеспечивающими ситуацию, что углы контакта с промежуточными роликами 412, 414, 416, 418 и 420 остаются в пределах от  $90^\circ$  до  $270^\circ$ , как это показано на фиг. 4. Этот путь представляет собой извилистый путь многократного обратного изгибания, поскольку средний абсолютный угол контакта промежуточных роликов превышает  $180^\circ$ . По-прежнему важно насколько это возможно уменьшить длину прямых участков  $S_i$ , где  $i = 1, 2, 3, 4, 5$  и  $6$ , и в любом случае сделать их короче диаметра ролика, предшествующего прямому участку. Причина, по которой прямые участки должны быть короткими, состоит в том, что необходимо предотвратить вращение проволоки вокруг своей оси, вызываемое обратным изгибанием, осуществляемым следующим роликом.

Обратите внимание, что в данном случае осью устройства, показанного на фиг. 4, является ось 430. Поскольку количество роликов нечетное (семь), выходной ролик 422 расположен на той же стороне от оси 430 устройства, что и первый ролик 410.

На фиг. 5 показано выгодное использование второго ролика 512, который может перемещаться с одной стороны оси 530 устройства на другую сторону в положение 512'. При обработке проволоки малого диаметра, проволока должна входить в месте расположения ролика меньшего размера, чем при обработке более толстой проволоки. Путем перемещения ролика 512 на ту же сторону относительно оси устройства, что и первый ролик, роликом, который первым изгибает проволоку 502, то есть входным роликом становится первый ролик 510. Таким образом, входной ролик соответствует первому ролику.

Если теперь устройство будет использоваться для обработки более толстой проволоки 602 (переход к фиг. 6), для которой требуется входной ролик большего диаметра, ролик 612 перемещается в положение 612' относительно оси устройства, противоположное положению первого ролика, т.е. второй ролик 612 отводится от пути прохождения проволоки. Соответственно, ролик 614 - третий ролик в последовательности роликов - становится входным роликом. Поскольку упомянутый ролик 614 имеет больший диаметр, он обеспечивает правильное удлинение проволоки 602.

Такой отличительный признак делает переключение с одного диапазона диаметров проволоки на другой диапазон диаметров особенно простым:

при переходе с тонкой проволоки на толстую проволоку конец тонкой проволоки приваривается к началу толстой проволоки. Перед тем, как сварной шов пройдет через устройство, устройство переводят из положения, показанного на фиг. 5, в положение, показанное на фиг. 6. Сварной шов пройдет без проблем, поскольку он не подвергается сильному изгибанию;

когда необходимо осуществить переход от толстой проволоки к тонкой проволоке с соответствующими изменениями, прежде чем изменить положение роликов с показанного на фиг. 6 на положение, показанное на фиг. 5, необходимо сначала пропустить через устройство сварной шов.

Специалисту в данной области техники понятно, как отличительный признак наличия подвижного ролика может быть распространен не только на второй ролик 612, но также и на четвертый ролик 616 и так далее.

На фиг. 7 показано, как может быть получена комбинация 700 из двух устройств 704, 704'. Две монтажные пластины 734, 734', параллельные плоскостям канавок соответствующих устройств 704, 704', установлены на несущей балке 732. Оба устройства 704, 704' имеют единую ось 730 в качестве оси устройства. Каждое из устройств 704, 704' снабжено последовательностью роликов 710, 712, 714, 716, 718 и 710', 712', 714', 716', 718', которые попарно одинаковы. Проволока 702 сначала входит в первое устройство 704, в котором она многократно обратно изгибается в плоскости 704 канавок. Затем проволока 702 поступает во второе устройство 704'. При этом проволока многократно и обратно изгибается в направлении, ортогональном первому направлению.

Специалисту в данной области техники понятно, что последующие устройства могут последовательно осуществлять дополнительные многократные обратные изгибания проволоки в других направлениях.

На фиг. 8 показано, как можно уменьшить общую длину устройства. Расположение осей роликов таким образом, чтобы формировалась сильноизвилистая траектория для проволоки, значительно сокращает общую длину устройства. Длина устройства определяется на основе расстояния "L" между точками касания первого ролика 810 и выходного ролика 824. Каждый из промежуточных роликов с 812 по 822 имеет диаметр  $D_i = 1, 2, \dots$  до 6. При добавлении половины диаметра, т.е. радиуса ролика 810, плюс половины диаметра выходного ролика 824 ко всем диаметрам промежуточных роликов, получается сумма, превышающая длину "L".

Далее, на фиг. 8 общая сумма абсолютных углов контакта промежуточных роликов составляет приблизительно  $1140^\circ$ . Обратите внимание, что ролик 812 может перемещаться из положения с одной стороны оси 830 устройства в положение 812' с противоположной стороны оси устройства.

Металлическая проволока 302, 402, 502, 602, 702 или 802 может быть любой металлической прово-



локой, такой как плоская или круглая медная, алюминиевая или стальная проволока, толщина которой больше или равна 0,25 мм и меньше 3,0 мм. Особенно выгодным применением устройства и способа является производство бортовой проволоки, используемой для изготовления бортов покрышки. Устройство также используется при производстве плоских проволок, таких как плоские проволоки для рычагов очистителя ветрового стекла или плоских проволок, являющихся основой щеток стеклоочистителя.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обработки металлической проволоки посредством ее многократного обратного изгибания с использованием по меньшей мере одного устройства, содержащего первый ролик, имеющий диаметр первого ролика, ряд промежуточных роликов, имеющих диаметры промежуточных роликов, и один выходной ролик, имеющий диаметр выходного ролика, причем упомянутые первый ролик, промежуточные ролики и выходной ролик образуют последовательность роликов, при этом упомянутые ролики содержат кольцевую канавку для приема упомянутой металлической проволоки, причем канавки упомянутых роликов расположены в одной плоскости канавок, при этом диаметр выходного ролика больше диаметра первого ролика, и любой ролик в последовательности роликов имеет диаметр, который не меньше диаметра предшествующего ролика в последовательности роликов, включающий в себя следующие этапы:

непрерывное предоставление металлической проволоки, имеющей толщину, при этом указанная толщина металлической проволоки представляет собой наименьший размер, измеряемый штангенциркулем, а ширина металлической проволоки представляет собой наибольший размер, измеряемый штангенциркулем при измерении во всех направлениях, перпендикулярных металлической проволоке, при этом отношение толщины металлической проволоки к ширине металлической проволоки меньше 10;

пропускание упомянутой металлической проволоки через всю или часть упомянутой последовательности роликов по пути с множеством обратных изгибов от входного ролика до выходного ролика, причем упомянутый входной ролик является роликом устройства, который первым изгибает упомянутую проволоку,

отличающийся тем, что

при этом отношение диаметра входного ролика к толщине металлической проволоки составляет от 20 до 50,

металлическая проволока контактирует с любым из промежуточных роликов на протяжении угла контакта, имеющего вершину, совпадающую с осью упомянутого промежуточного ролика, причем указанный угол контакта составляет более 180° и менее 270°.

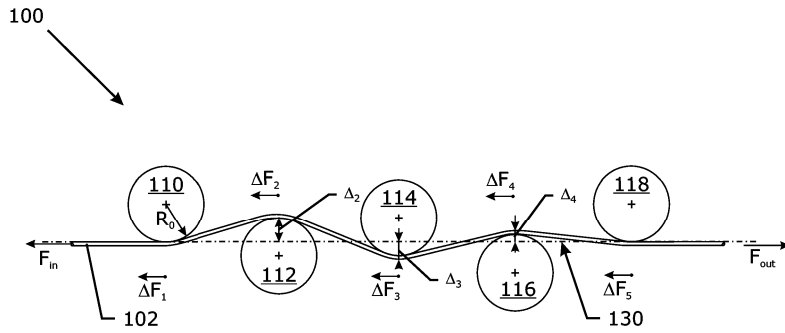
2. Способ по п.1, в котором оси роликов ориентированы перпендикулярно упомянутой плоскости канавок, причем упомянутые ролики расположены в упомянутой плоскости канавок таким образом, что воображаемая проволока, направляемая роликами, следует по извилистому пути с множеством обратных изгибов, содержащему криволинейные участки и прямолинейные участки, при этом после каждого ролика из первого ролика и промежуточных роликов в последовательности роликов следует прямолинейный участок, причем длина упомянутого прямолинейного участка меньше диаметра упомянутого каждого ролика.

3. Способ по пп.1 или 2, в котором металлическую проволоку обрабатывают с помощью комбинации из двух, трех или более устройств, при этом каждое из упомянутых устройств имеет ось устройства, соответствующую касательной линии к кольцевой канавке первого ролика и к кольцевой канавке выходного ролика, при этом все оси двух, трех или более устройств совпадают друг с другом, причем плоскости канавок двух, трех или более устройств попарно отличаются друг от друга,

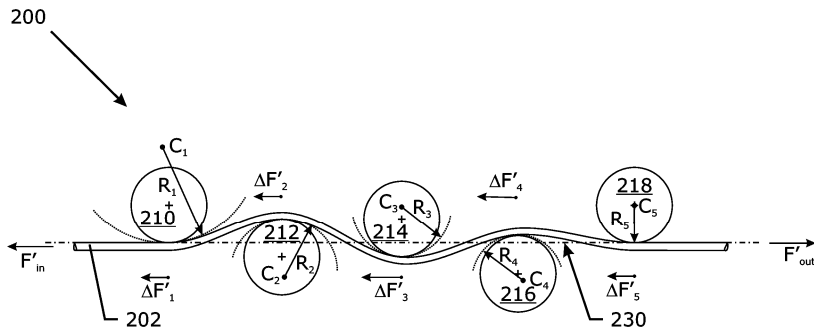
причем металлическую проволоку сначала многократно и обратимо изгибают в первой плоскости, затем однократно или многократно обратимо изгибают в одной или нескольких последующих плоскостях, причем упомянутые последующие плоскости отличаются от упомянутой первой плоскости и взаимно отличаются друг от друга.

4. Способ по любому из пп.1-3, в котором упомянутая толщина металлической проволоки больше или равна 0,25 мм и меньше или равна 3,0 мм.

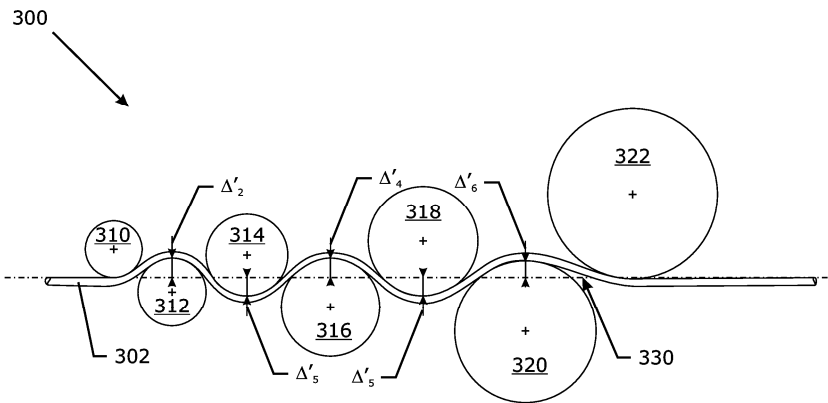
5. Способ по любому из пп.1-4, в котором упомянутая металлическая проволока представляет собой стальную проволоку.



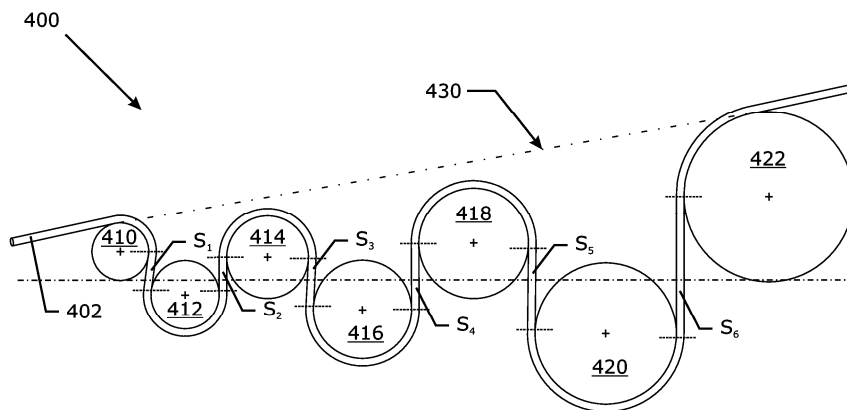
Фиг. 1



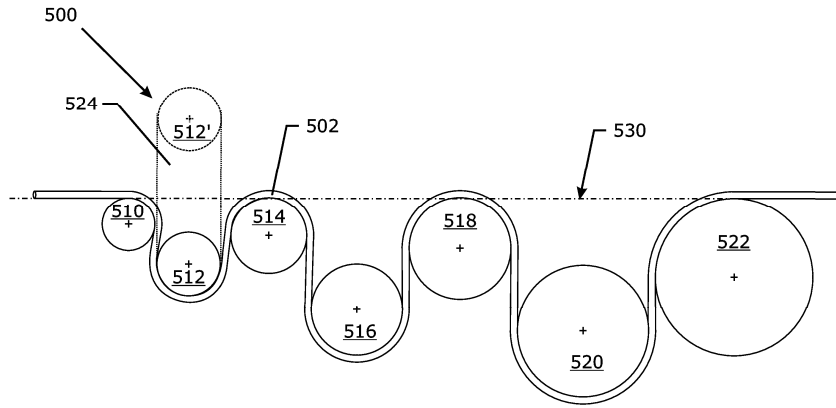
Фиг. 2



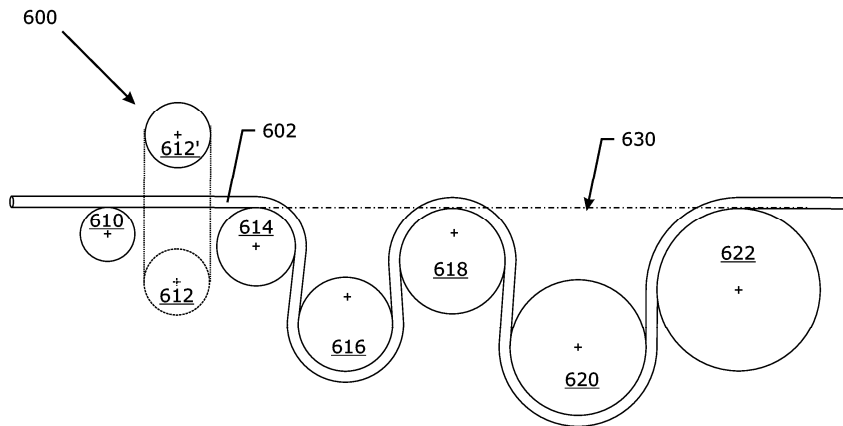
Фиг. 3



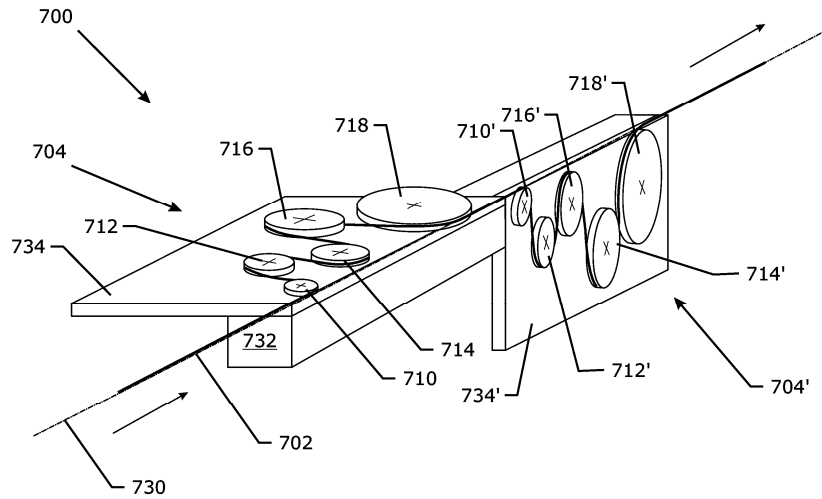
Фиг. 4



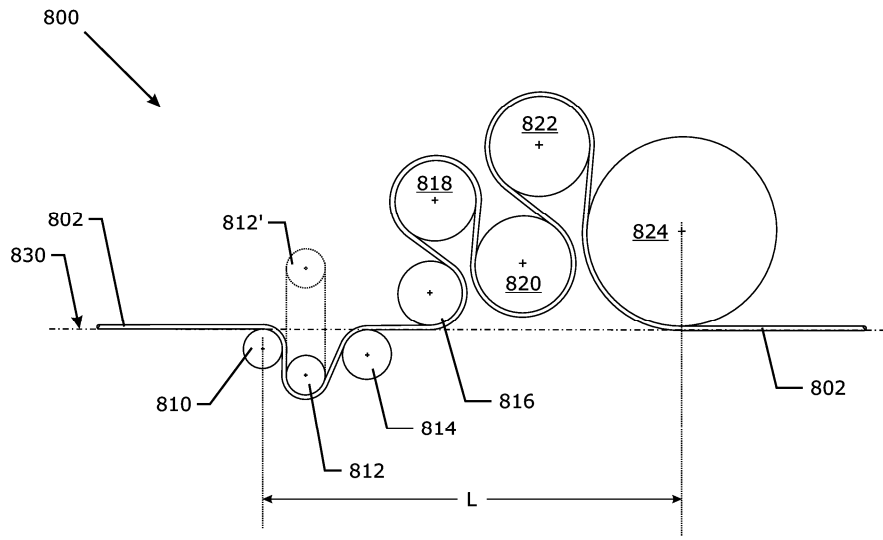
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

