

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202192673** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.02.24

(22) Дата подачи заявки
2019.05.06

(51) Int. Cl. **B21B 19/04** (2006.01)
B21B 19/06 (2006.01)
B21B 38/00 (2006.01)

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА ЗАКРУЧИВАНИЯ ВО ВРЕМЯ ОПЕРАЦИИ ПРОКАТКИ

(86) PCT/EP2019/061578

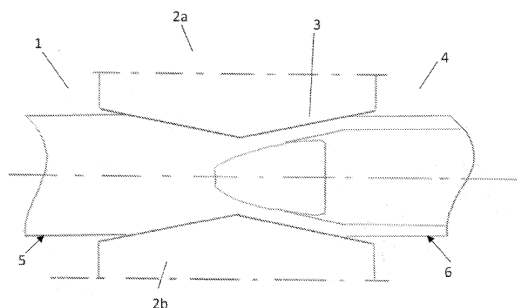
(87) WO 2020/224758 2020.11.12

(71) Заявитель:
ВАЛЛУРЕК ДОЙЧЛАНД ГМБХ (DE)

(72) Изобретатель:
**Ван Дер Лог Марк, Волль Ральф,
Клемпель Кристиан (FR)**

(74) Представитель:
Носырева Е.Л. (RU)

(57) Неразрушающий способ определения угла закручивания выходного продукта во время прокатки входного продукта в указанный выходной продукт, включающий этапы измерения входной скорости вращения входного продукта во время указанной прокатки, измерения выходной скорости вращения соответствующего выходного продукта во время указанной прокатки с целью определения дельты вращения, измерения продольной скорости и определения угла закручивания на основе указанной дельты вращения и указанных продольной выходной скорости и/или продольной входной скорости.



A1

202192673

202192673

A1

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА ЗАКРУЧИВАНИЯ ВО ВРЕМЯ ОПЕРАЦИИ ПРОКАТКИ

ОПИСАНИЕ

Настоящее изобретение относится к области изготовления бесшовных труб посредством поперечной прошивки или удлинения и относится к способу неразрушающего испытания в процессе производства горячекатаных труб, в частности, полых труб, выполненных из стали, обычно называемых гильзами. Настоящее изобретение также относится к устройству для осуществления этого способа.

При производстве бесшовных труб посредством поперечной прошивки цилиндрическая стальная болванка или заготовка вводится в качестве входного продукта с входной стороны прокатного устройства и между валками, имеющими заданный наклон по отношению к оси заготовки. Валки подвергают заготовку напряжению, превышающему предел текучести материала заготовки. Валки тянут заготовку к оправке, которая выталкивает наружу материал из центра заготовки и вытягивает материал заготовки наружу и к обратной стороне валков, таким образом производя выходной продукт, называемый гильзой, с соответственно внутренним диаметром и внешним диаметром. При поперечной прошивке заготовка и гильза, образованная из заготовки, образуют обрабатываемое изделие. Гильза выходит из прокатного устройства на выходной стороне прокатного устройства.

В процессе удлинения путем поперечной прокатки гильза в качестве входного продукта вводится на входной стороне прокатного устройства аналогично заготовке и выталкивается с выходной стороны указанного прокатного устройства. Можно использовать внутренний инструмент, например, оправку или длинную оправку. Соответствующий выходной продукт называется тонкостенной гильзой.

При поперечной прошивке или удлинении валки вращают обрабатываемое изделие. По окончании операции прошивки заготовка становится гильзой. В конце операции удлинения гильза становится тонкостенной гильзой. Важными элементами стана поперечной прокатки являются валки и оправка или длинная оправка. Все валки

вращаются в одном направлении и действуют как зубчатое колесо вместе с прокатываемым материалом, который расположен в центре. Таким образом, материал поворачивается в направлении противоположном направлению вращения валков. Наклонное положение валка приводит к винтовому движению.

Валки могут иметь либо форму бочки, т. е. оси валков расположены в плоскостях, которые параллельны оси прокатываемого материала либо они имеют форму конуса. При использовании конуса оси валков пересекают ось обрабатываемого изделия в одной точке, если угол подачи равен нулю.

Такое прокатное устройство описано в патенте US 3719066.

Процесс прошивки или процесс удлинения влечет за собой закручивание выходного продукта в результате различных скоростей поверхности валков вдоль оси материала. Закручивание зависит от множества факторов, среди которых коэффициент расширения, тип прошивного стана, угол подачи, угол раскатки, геометрия валков, марка материала, эффективность подачи. Таким образом, закручивание зависит от прокатного устройства, материалов и параметров процесса прокатки.

Кроме того, процесс прокатки может повлечь за собой дефекты в изготавливаемой полой трубе или тонкостенной гильзе. Поэтому готовые полые трубы или тонкостенные гильзы подвергаются контролю для выявления этих дефектов. Дефекты наружной поверхности могут быть поперечными, продольными или косыми. Косые дефекты имеют ориентацию с углом между поперечной и продольной ориентациями. Дефекты могут быть расположены на наружной поверхности гильзы или тонкостенной гильзы. Косые дефекты наружной поверхности обычно связаны с ориентацией закручивания и могут быть легко обнаружены с помощью УЗК, если известен угол закручивания. Поэтому существует преимущество определения угла закручивания полой трубы или тонкостенной гильзы для последующей оценки ориентации косых дефектов наружной поверхности и, следовательно, для улучшения обнаружения этих косых дефектов с помощью неразрушающего контроля, такого как ультразвуковой контроль.

Один известный способ оценки угла закручивания заключается в том, что на внешней поверхности представительной заготовки делается надрез, проходящий вдоль всей заготовки, и таким образом получают заготовку с канавкой, имеющую продольную

канавку. Затем заготовка с канавкой прошивается. Угол закручивания может быть оценен после прошивки путем измерения отпечатка этой канавки на гильзе. Это решение является непрактичным и затратным, так как требует проведения множества испытаний, а для каждого набора параметров необходимо провести по меньшей мере одно испытание. Такое решение отнимает много времени и ресурсов.

Таким образом, существует потребность в неразрушающем способе и устройстве, которые приводят к определению угла закручивания эффективным способом и которые совместимы с промышленными темпами.

Преимущественно способ и устройство согласно изобретению совместимы со всеми различными процессами поперечной прокатки, при этом после прошивки выполняются процессы удлинения, такие как прокатка по Маннесману, пилигримовая прокатка, прокатка на оправке, непрерывная прокатка на длинной оправке.

Преимущественно этот способ согласно изобретению представляет собой неразрушающий способ. Кроме того, закручивание может быть определено независимо от всех параметров клетки поперечной прокатки и от процесса прошивки.

Настоящее изобретение относится к неразрушающему способу для определения угла закручивания выходного продукта во время прокатки входного продукта в указанный выходной продукт, включающему следующие этапы:

- измерение входной скорости вращения входного продукта во время указанной прокатки,
- измерение выходной скорости вращения соответствующего выходного продукта во время указанной прокатки,
- измерение продольной выходной скорости и/или продольной входной скорости указанного соответствующего выходного продукта и/или входного продукта,
- определение дельты вращения на основе указанной входной скорости вращения и указанной выходной скорости вращения,

- определение угла закручивания на основе указанной дельты вращения и указанной продольной выходной скорости и/или продольной входной скорости.

Согласно одному аспекту, измерения входной скорости вращения, выходной скорости вращения, продольной выходной скорости и/или продольной входной скорости могут быть проведены от времени начала (t_0) до времени окончания (t_1).

Согласно другому аспекту, измерения входной скорости вращения могут быть произведены от времени начала впуска до времени окончания впуска, а измерения выходной скорости вращения производят от времени начала выпуска и времени окончания выпуска, при этом указанные время начала впуска и время окончания впуска определяют временное окно на входе, указанные время начала выпуска и время окончания выпуска определяют временное окно на выходе, а временное окно на входе и временное окно на выходе имеют общее временное окно, имеющее время начала (t_0) и время окончания (t_1).

Способ может дополнительно включать этап измерения выходного наружного диаметра выходного продукта.

Угол закручивания (TA) может быть определен по формуле (F)

$$(F) \quad TA = \text{atan}\left(\frac{\text{Delta} \times OD_H \times \pi}{\int_{t_0}^{t_1} V_{HT}}\right), \text{ где}$$

Delta представляет собой разницу в количестве оборотов между количеством выполненных оборотов выходного продукта и количеством выполненных оборотов входного продукта во временном окне от времени начала t_0 до времени окончания t_1 или в общем временном окне,

OD_H представляет собой наружный диаметр выходного продукта,

V_{HT} представляет собой продольную выходную скорость выходного продукта

В варианте осуществления продольную выходную скорость V_{HT} меняют на продольную входную скорость V_{BT} , умноженную на коэффициент удлинения k_e .

Способ может дополнительно включать этап измерения входного наружного диаметра входного продукта.

Согласно одному аспекту измерения выходной скорости и измерения выходного наружного диаметра могут быть выполнены в одной и той же плоскости ортогональной оси выходного продукта.

Согласно другому аспекту измерения входной скорости и измерения входного наружного диаметра могут быть выполнены в одной и той же плоскости ортогональной оси входного продукта.

Время начала (t_0) и время окончания (t_1) могут быть выбраны в фазе устойчивого состояния для более точного определения угла закручивания.

В одном варианте осуществления операция прокатки может быть операцией прошивки, в которой входной продукт является заготовкой, а выходной продукт является гильзой.

В другом варианте осуществления операция прокатки может быть операцией удлинения, в которой входной продукт является гильзой, а выходной продукт является тонкостенной гильзой.

Настоящее изобретение также представляет собой устройство для неразрушающего определения угла закручивания во время прокатки входного продукта в выходной продукт, содержащее:

- первый входной датчик, выполненный с возможностью измерения скорости входного продукта,
- первый выходной датчик, выполненный с возможностью измерения скорости выходного продукта,
- датчик (60) выходного наружного диаметра,
- электронное устройство, выполненное с возможностью определения угла закручивания указанного выходного продукта на основе измерений, выполняемых с помощью указанных датчиков во время прокатки.

Первый выходной датчик (58) может быть выполнен с возможностью измерения поперечной выходной скорости выходного продукта, и устройство может дополнительно содержать второй выходной датчик (57), выполненный с возможностью измерения продольной выходной скорости выходного продукта.

Первый входной датчик (53) может быть выполнен с возможностью измерения поперечной входной скорости входного продукта.

Согласно одному варианту осуществления устройство может содержать второй входной датчик (52), выполненный с возможностью измерения продольной входной скорости входного продукта.

Устройство может дополнительно содержать датчик (54) входного наружного диаметра.

В одном варианте первый входной датчик (53), второй входной датчик (52) и датчик (54) входного наружного диаметра могут быть расположены так, что измерения осуществляются в той же входной плоскости (55) измерения.

В одном варианте первый выходной датчик (58), второй выходной датчик (57) и датчик (60) выходного наружного диаметра могут быть расположены так, что измерения осуществляются в той же выходной плоскости (59) измерения.

Перечень фигур

На фиг. 1 схематически показан межвалковый зазор клетки поперечной прокатки

На фиг. 2 схематически показан развернутый вид выходного продукта с отпечатком закручивания

На фиг. 3a и 3b схематически показаны заготовка с канавкой и получаемая гильза с канавкой после прошивки

На фиг. 4 показана диаграмма измерений усилия прокатки во время прошивки заготовки

На фиг. 5 показан схематический вид устройства согласно настоящему изобретению

Подробное описание

Общий принцип процесса прокатки трубы изображен на фиг. 1. Ниже принцип описан в отношении прошивки, но процесс удлинения следует тем же основным этапам. Процесс начинается с круглого проката, обычно называемого заготовкой (1), который нагревают до температуры прокатки и затем вводят в прокатное устройство через входную сторону (5) между двумя наклонными, контурированными валками (2a, 2b), приводимыми в движение в одном направлении вращения. Заготовка (1) прошивается внутренней оправкой (3). Таким образом, заготовка (1) прокатывается в одном направлении по внутренней оправке (3) и между контурированными валками (2a, 2b) с образованием межвалкового зазора. Заготовка (1) преобразуется на другой стороне внутренней оправки (3) в гильзу (4). Гильза выходит из прокатного устройства с выходной стороны (6). Устройство может быть выполнено с возможностью увеличения или сохранения, или небольшого уменьшения наружного диаметра гильзы по сравнению с наружным диаметром заготовки. Устройство может быть выполнено с возможностью изготовления гильзы с заданной толщиной стенки.

Были проведены испытания для определения того, как деформируется заготовка (1) во время прошивки. Были проведены испытания с заготовками, на которых были выточены канавки для образования сетки с длиной края 60 на 60 мм. Глубина канавок сетки составила 3 мм, а ширина составила 4 мм. 20 заготовок было изготовлено и обработано в различных условиях прокатки.

На фиг. 2 схематически показан развернутый вид гильзы (4). Указанная гильза (4) содержит первую концевую часть (21) или головную часть, центральную часть или часть (23) с сеткой, вторую концевую часть (22) или хвостовую часть. Показана линия (24) закручивания. Возможно определить три области, представляющие разные рисунки линии (24) закручивания. Линия (24) закручивания образует по существу правильный эллипс вдоль части (23) с сеткой. Эта линия (24) закручивания имеет более неправильную форму в головной части (21) и в хвостовой части (22). Таким образом, линия (24) закручивания в части (23) с сеткой соответствует по существу постоянному углу закручивания вдоль части (23) с сеткой, тогда как на закручивание на концах влияет заполнение и освобождение межвалкового зазора. Фактически эти три области соответствуют трем фазам процесса прошивки: головная концевая часть гильзы изготавливается во время захвата или начала прокатки, часть (23) с сеткой изготавливается во время фазы установившегося или устойчивого состояния, хвостовая

часть (22) изготавливается во время завершающей фазы или фазы завершения прокатки.

За характеристиками стали наблюдали на протяжении всего испытания. На фиг. 3а схематически в развернутом представлении показан специальный входной продукт с канавками: заготовка (30) с прямыми осевыми канавками (31) и прямыми круговыми канавками (32). Перед прокаткой заготовка (30) с канавками имеет прямые осевые канавки (31), ориентированные в продольном направлении, и круговые канавки (32), ориентированные в поперечном направлении, образуя рисунок сетки. Были изготовлены несколько заготовок разных размеров согласно этому рисунку. Заготовки были нагреты и прокатаны в соответствии с несколькими различными параметрами, такими как коэффициент расширения и различная толщина стенки гильзы. После прошивки заготовок (30) с канавками на соответствующих гильзах (33) с канавками было обнаружено, что круговые канавки (32) остаются ориентированными поперечно и более отдалены друг от друга, тогда как осевые канавки (31) имеют угол относительно продольного направления и образуют спирали, как это схематически представлено на фиг. 3b. Таким образом, процесс вращения валков (2a, 2b) деформирует металл по спирали.

Было обнаружено, что деформированный рисунок был правильным вдоль гильзы (33) с канавками за исключением начала и конца указанной гильзы (33) с канавками, а спирали имели приблизительно одинаковый угол, при этом указанный угол был по существу постоянным, за исключением концевых частей труб, где деформации менее значимы, при этом угол спирали являлся меньшим, чем угол спирали, наблюдаемый на большей части тела трубы.

На основе этих испытаний было испытано несколько математических моделей. Был найден подход, в котором угол закручивания является функцией компонента относительного смещения точки полой трубы от первого момента времени до второго момента времени, а также функцией величины относительного поворота полой трубы по отношению к повороту заготовки во время указанного смещения от указанного первого момента времени до указанного второго момента времени.

Кроме того, оценка смещения заготовки или гильзы может быть выполнена путем интеграции скорости трубы при конкретной координате во времени.

С помощью способа настоящего изобретения возможно определение фактического закручивания в головной части и в хвостовой части, но менее точное, поскольку закручивание вдоль указанных головной части и хвостовой части изменяется. Более того, это не представляет реального интереса для цели последующего неразрушающего испытания, поскольку в настоящее время изменение угла не учитывается в существующих испытательных машинах. Таким образом, такое закручивание в головной части и хвостовой части считается неопределенным закручиванием для цели неразрушающего испытания.

Определение длины с неопределенным закручиванием представляет интерес, либо длины с закручиванием головной части, либо длины с закручиванием хвостовой части. Длина с неопределенным закручиванием может быть определена посредством следующих этапов:

- измерение усилия прокатки во время прокатки заготовки или измерение крутящего момента валка во время прокатки заготовки,
- измерение поперечной скорости гильзы,
- определения первого временного окна между первым моментом времени, когда усилие прокатки или крутящий момент валка возрастают от нуля, и вторым моментом времени, когда усилие прокатки или крутящий момент валка достигают заданного значения усилия или заданного значения крутящего момента соответственно,
- определение длины захвата (21) на основе измерения поперечной скорости и первого временного окна
- определение второго временного окна между третьим моментом времени, когда усилие прокатки или крутящий момент валка снижаются от заданного значения усилия или заданного значения крутящего момента, и четвертым моментом времени, когда усилие прокатки или крутящий момент валка достигают по существу нуля,
- определение длины свободной части (22) на основе измерения поперечной скорости и второго временного окна

Таким образом производится определение длин с неопределенным углом закручивания в хвостовой части и головной части.

Длина с закручиванием головной части или длина с закручиванием хвостовой части могут быть определены независимо.

Фаза устойчивого состояния может быть определена как усилие прокатки или крутящий момент валка, определяемые как 92% максимального усилия прокатки, прилагаемого во время прошивки.

На фиг. 4 изображена кривая, представляющая типичную функцию крутящего момента валка по отношению ко времени, с захватом (41) с возрастающим крутящим моментом вплоть до по существу плоской части кривой, соответствующей фазе (42) устойчивого состояния, который может включать некоторые неравномерности при сохранении крутящим моментом значения выше 92 % максимального примененного крутящего момента, и окончанием на свободной части, которое соответствует уменьшению значения крутящего момента валка.

Установленная модель в основном работает для фазы устойчивого состояния. Фаза устойчивого состояния соответствует рабочему времени, когда скорость прокатки или крутящий момент/усилие являются по существу постоянными, или при определении иным образом, при этом из рабочего времени исключается начальное увеличение скорости в начале прокатки и конечное снижение скорости в конце прокатки. Фаза устойчивого состояния также может называться установившимся процессом. Как можно видеть на фиг. 4, когда труба подвергается прокатке, в начале прокатки (41) происходит постепенное увеличение усилий прокатки, прикладываемых к заготовке, и увеличение скорости, а также в конце прокатки (43) происходит снижение усилий прокатки и скорости. Это связано по меньшей мере с входом и выходом в валки и из валков заготовки и трубы. Наконец, модель больше подходит для фазы (42) устойчивого состояния, когда усилия прокатки по существу постоянны, при этом скорость прокатки также по существу постоянна, то есть при изменении во времени менее чем на 10 %.

Фаза устойчивого состояния может быть определена на основе показаний усилия прокатки и крутящего момента валка.

Согласно одному аспекту настоящего изобретения угол закручивания (TA) определяют по формуле (F)

$$(F) \quad TA = \text{atan}\left(\frac{\text{Delta} \times OD_H \times \pi}{\int_{t_0}^{t_1} V_{HT}}\right), \text{ где}$$

Delta представляет собой разницу в количестве оборотов между количеством выполненных оборотов выходного продукта, то есть гильзы или тонкостенной гильзы, и количеством выполненных оборотов входного продукта, то есть заготовки или гильзы, во временном окне от времени начала t_0 до времени окончания t_1 ,

$$\text{Delta} = \text{обороты}_{\text{выпуск}} - \text{обороты}_{\text{впуск}}$$

При применении к операции прошивки формула приобретает вид

$$\text{Delta} = \text{обороты}_{\text{гильза}} - \text{обороты}_{\text{заготовка}}$$

Обороты_{выпуск} могут быть определены путем деления интеграла поперечной выходной скорости между временем начала t_0 и временем окончания t_1 , измеренной на внешней поверхности указанного выходного продукта, на наружный диаметр выходного продукта, являющегося гильзой или тонкостенной гильзой.

Обороты_{впуск} могут быть определены путем деления интеграла поперечной входной скорости между временем начала t_0 и временем окончания t_1 , измеренной на внешней поверхности указанного входного продукта, на наружный диаметр входного продукта, являющегося заготовкой или гильзой.

Измерения скорости представляют собой измерения скорости поверхности. Указанные измерения могут быть выполнены с помощью оптических средств. Указанные измерения могут быть выполнены с помощью лазерных датчиков скорости. Преимуществом такого датчика является то, что измерения скорости могут быть выполнены с горячим материалом. Фактически, заготовка и гильза, тонкостенная гильза могут иметь температуры в несколько сотен градусов при прокатке. Были проведены испытания с горячими и холодными материалами, и было установлено, что такие лазерные датчики нечувствительны к разнице температур материала.

В качестве альтернативы также может быть возможна непосредственная оценка выходной или входной скоростей вращения благодаря датчику, непосредственно

измеряющему скорость вращения (в рад/с) вместо линейной поперечной скорости (в единицах длины, поделенных на единицу времени, например секунду) без необходимости измерения наружного диаметра.

OD_H представляет собой наружный диаметр полый трубы.

Наружные диаметры заготовки и гильзы могут быть измерены оптическими датчиками.

Время начала t_0 и время окончания t_1 могут соответствовать выбранному временному окну. Предпочтительно время начала t_0 и время окончания t_1 выбираются так, чтобы находиться в пределах фазы устойчивого состояния прошивки обрабатываемого изделия.

V_{HT} представляет собой продольную выходную скорость выходного продукта. Что касается измерения скорости вращения, это измерение выполняется с помощью оптического средства, такого как лазерный датчик.

В качестве альтернативы может быть использована продольная входная скорость входного продукта с коэффициентом умножения k_e , соответствующим коэффициенту удлинения.

В одном варианте первое время начала и первое время окончания могут быть выбраны для измерений, выполняемых с входным продуктом, а второе время начала и второе время окончания могут быть выбраны для измерений, выполняемых с выходным продуктом; с соответственным определением первого временного окна или второго временного окна. В этом случае формула применяется к общему временному окну, общему для первого временного окна и второго временного окна. В качестве альтернативы временные окна одинаковой продолжительности выбираются в первом временном окне и втором временном окне и выбираются в фазе устойчивого состояния для применения формулы (F).

Настоящее изобретение также относится к устройству для измерения угла закручивания гильзы, которое содержит

(1) Входной модуль (51)

Входной модуль (51) содержит:

- Устройство (53) измерения входной поперечной скорости

(2) Выходной модуль (56)

Выходной модуль содержит:

- Устройство (57) измерения выходной поперечной скорости и устройство (58) измерения выходной продольной скорости

Предпочтительно устройство измерения выходной поперечной скорости и устройство измерения выходной продольной скорости расположены таким образом, что измерения выполняются в одной и той же плоскости, называемой выходной плоскостью (59) измерения. Эта выходная плоскость измерения по существу перпендикулярна продольной оси (X) материала в устройстве поперечной прокатки.

- Устройство (60) измерения выходного наружного диаметра

Устройства измерения наружного диаметра могут быть вращающимся измерительным устройством STEELMASTER SMR от ZUMBACH. Принцип этого устройства измерения основан на оптическом измерении, выполняемом лазером в режиме вращения или в статическом режиме.

Устройства измерения скорости могут быть лазерными устройствами измерения, такими как лазерный измеритель скорости поверхности LSV_065 от Polytec.

Входной модуль (51) может содержать устройство (54) измерения входной продольной скорости. Предпочтительно устройство измерения входной поперечной скорости и устройство измерения входной продольной скорости расположены таким образом, что измерения выполняются в одной и той же плоскости, называемой входной плоскостью (55) измерения. Эта входная плоскость измерения по существу перпендикулярна продольной оси (X) материала в устройстве поперечной прокатки. Это означает, что измерения выполняются в местоположениях поверхности трубы, расположенных в указанной плоскости измерения. Этот признак обеспечивает возможность точных измерений.

Входной модуль (51) может содержать устройство (55) измерения входного наружного диаметра для автоматического получения и обработки наружного диаметра входного

продукта, даже если наружный диаметр входного продукта, такого как заготовка, в целом известен.

Согласно одному аспекту устройство измерения поперечной скорости и устройство измерения продольной скорости, а также устройство измерения наружного диаметра, выходное или входное устройства соответственно, расположены таким образом, что местоположения или поверхности, где производятся измерения с помощью лазерных лучей, находятся в одной и той же плоскости, ортогональной центральной линии, называемой входной или выходной плоскостью (55; 59) измерения. Это означает, что измерения скорости и измерения гильзы OD выполняются в одной и той же плоскости. Преимущество заключается в том, что точность вычисления угла закручивания увеличивается.

Плоскости измерения (входная и выходная) должны располагаться как можно ближе к межвалковому зазору.

Способ является преимущественно неразрушающим.

Этот способ работает для всех марок стали или любого типа материала, а также он имеет то преимущество, которое работает для любого варианта размера, для любого наружного диаметра заготовок и любого наружного диаметра получаемых труб, и, таким образом, также для различных типов соотношения между наружным диаметром заготовки и наружным диаметром гильзы.

В дополнение этот способ может быть использован для каждой отдельно производимой трубы и не предназначен для конкретных труб.

Были проведены испытания для проверки воздействия вращения и осевого движения проката на точность измерения. Вначале был проставлен отпечаток на холодной трубе при медленном движении с первой осевой скоростью, и были выполнены измерения наружных диаметров. Эксперимент был повторен со второй продольной скоростью, которая выше, чем первая продольная скорость. Воздействие на измерение наружного диаметра было незначительным, поскольку для наружного диаметра, измеренного в диапазоне от 89,1 до 89,3 мм, была обнаружена разница в 0,05 мм. Испытания были проведены с разными скоростями вращения. Испытания не показали значительного воздействия на среднее значение измеренного наружного диаметра.

Углы закручивания могут быть рассчитаны в нескольких местоположениях вдоль гильзы. Средний угол закручивания может быть рассчитан на основе разных углов закручивания в разных местоположениях вдоль гильзы.

Первоначально поданная формула изобретения

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Неразрушающий способ определения угла закручивания выходного продукта во время прокатки входного продукта в указанный выходной продукт, включающий следующие этапы:
 - измерение входной скорости вращения входного продукта во время указанной прокатки,
 - измерение выходной скорости вращения соответствующего выходного продукта во время указанной прокатки,
 - измерение продольной выходной скорости и/или продольной входной скорости указанного соответствующего выходного продукта и/или входного продукта,
 - определение дельты вращения на основе указанной входной скорости вращения и указанной выходной скорости вращения,
 - определение угла закручивания на основе указанной дельты вращения и указанной продольной выходной скорости и/или продольной входной скорости.
2. Способ по предыдущему пункту, отличающийся тем, что дополнительно включает этап измерения выходного наружного диаметра выходного продукта.
3. Способ по п. 1 или п. 2, отличающийся тем, что измерения входной скорости вращения, выходной скорости вращения, продольной выходной скорости и/или продольной входной скорости проводят от времени начала (t_0) до времени окончания (t_1).
4. Способ по п. 1 или п. 2, отличающийся тем, что измерения входной скорости вращения производят от времени начала впуска до времени окончания впуска, а измерения выходной скорости вращения производят от времени начала выпуска и

времени окончания выпуска, при этом указанные время начала впуска и время окончания впуска определяют временное окно на входе, указанные время начала выпуска и время окончания выпуска определяют временное окно на выходе, а временное окно на входе и временное окно на выходе имеют общее временное окно, имеющее время начала (t_0) и время окончания (t_1).

5. Способ по п. 3 или п. 4, отличающийся тем, что угол закручивания (ТА) определяют по формуле (F)

$$(F) \quad TA = \arctan\left(\frac{Delta \times OD_H \times \pi}{\int_{t_0}^{t_1} V_{HT}}\right), \text{ где}$$

Delta представляет собой разницу в количестве оборотов между количеством выполненных оборотов выходного продукта и количеством выполненных оборотов входного продукта во временном окне от времени начала t_0 до времени окончания t_1 или в общем временном окне,

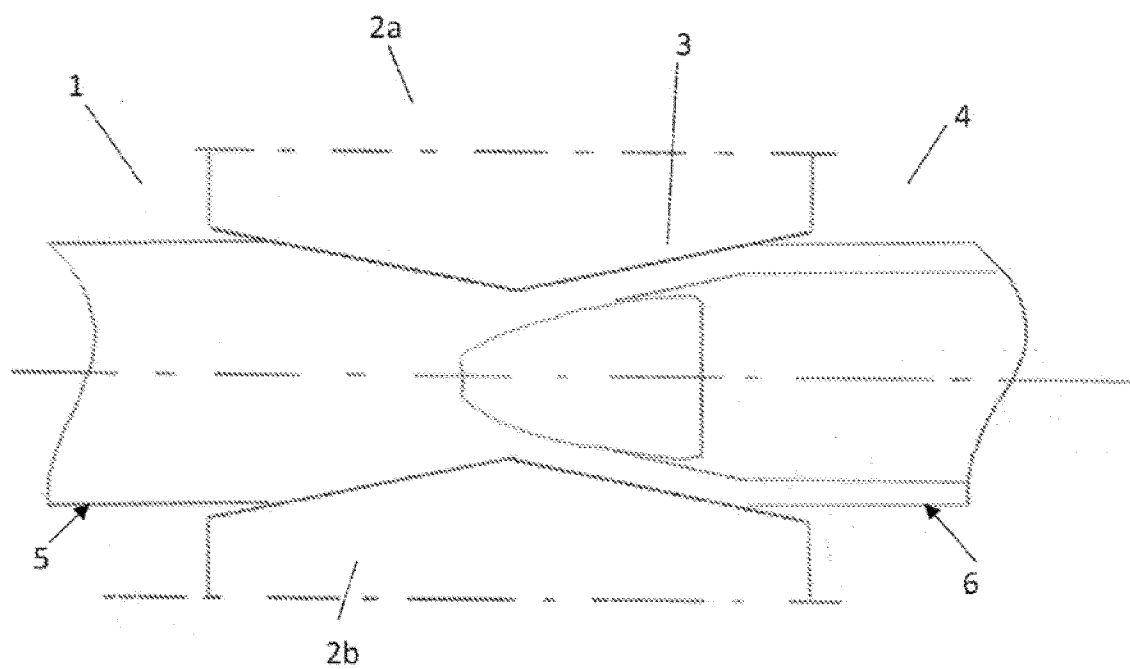
OD_H представляет собой наружный диаметр выходного продукта,

V_{HT} представляет собой продольную выходную скорость выходного продукта.

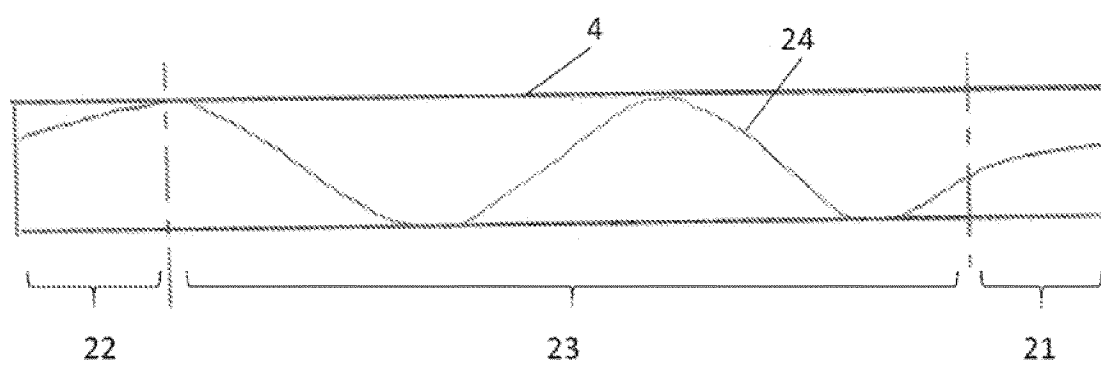
6. Способ по п. 5, отличающийся тем, что продольную выходную скорость V_{HT} меняют на продольную входную скорость V_{BT} , умноженную на коэффициент удлинения k_e .
7. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что дополнительно включает этап измерения входного наружного диаметра входного продукта.
8. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что измерения выходной скорости и измерения выходного наружного диаметра выполняют в одной и той же плоскости ортогональной оси выходного продукта.
9. Способ по п. 7 или п. 8, отличающийся тем, что измерения входной скорости и измерения входного наружного диаметра выполняют в одной и той же плоскости ортогональной оси входного продукта.
10. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что время начала (t_0) и время окончания (t_1) выбирают в фазе устойчивого состояния.

11. Неразрушающий способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что в нем операция прокатки представляет собой операцию прошивки, и в которой входной продукт является заготовкой, а выходной продукт является гильзой.
12. Неразрушающий способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что в нем операция прокатки представляет собой операцию удлинения, и в которой входной продукт является гильзой, а выходной продукт является тонкостенной гильзой.
13. Устройство для неразрушающего определения угла закручивания во время прокатки входного продукта в выходной продукт, содержащее:
 - первый входной датчик, выполненный с возможностью измерения скорости входного продукта,
 - первый выходной датчик, выполненный с возможностью измерения скорости выходного продукта,
 - датчик (60) выходного наружного диаметра,
 - электронное устройство, выполненное с возможностью определения угла закручивания указанного выходного продукта на основе измерений, выполняемых с помощью указанных датчиков во время прокатки.
14. Устройство по п. 13 или п. 14, отличающееся тем, что первый выходной датчик (58) выполнен с возможностью измерения поперечной выходной скорости выходного продукта, и при этом устройство дополнительно содержит второй выходной датчик (57), выполненный с возможностью измерения продольной выходной скорости выходного продукта.
15. Устройство по любому из пп. 13–15, отличающееся тем, что первый входной датчик (53) выполнен с возможностью измерения поперечной входной скорости входного продукта.
16. Устройство по п. 15, отличающееся тем, что дополнительно содержит второй входной датчик (52), выполненный с возможностью измерения продольной входной скорости входного продукта.

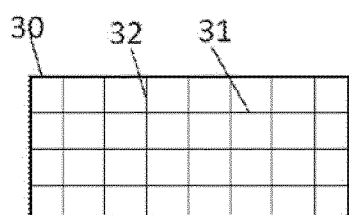
17. Устройство по любому из пп. 13–16, отличающееся тем, что дополнительно содержит датчик (54) входного наружного диаметра.
18. Устройство по п. 17, отличающееся тем, что первый входной датчик (53), второй входной датчик (52) и датчик (54) входного наружного диаметра располагают так, что измерения осуществляют в той же входной плоскости (55) измерения.
19. Устройство по любому из пп. 14–18, отличающееся тем, что первый выходной датчик (58), второй выходной датчик (57) и датчик (60) выходного наружного диаметра располагают так, что измерения осуществляют в той же выходной плоскости (59) измерения.



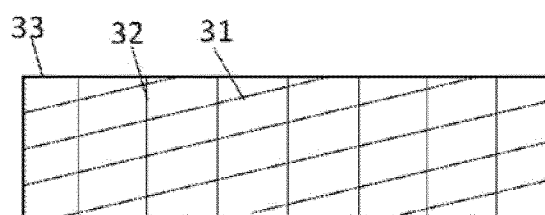
Фиг. 1



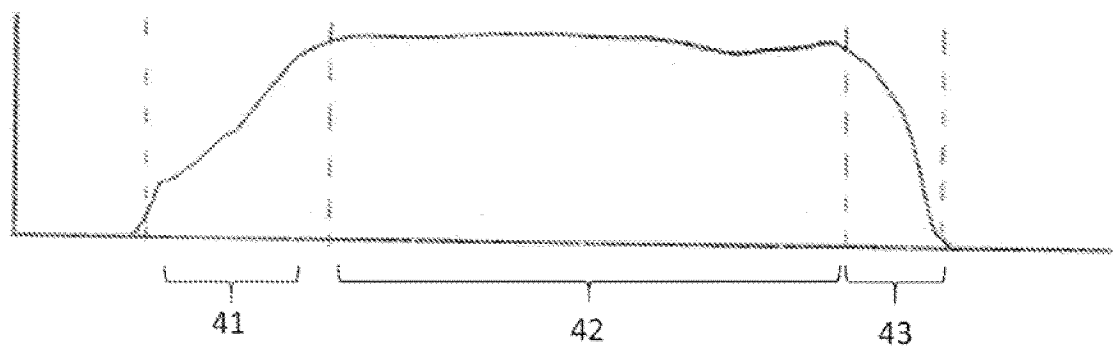
Фиг. 2



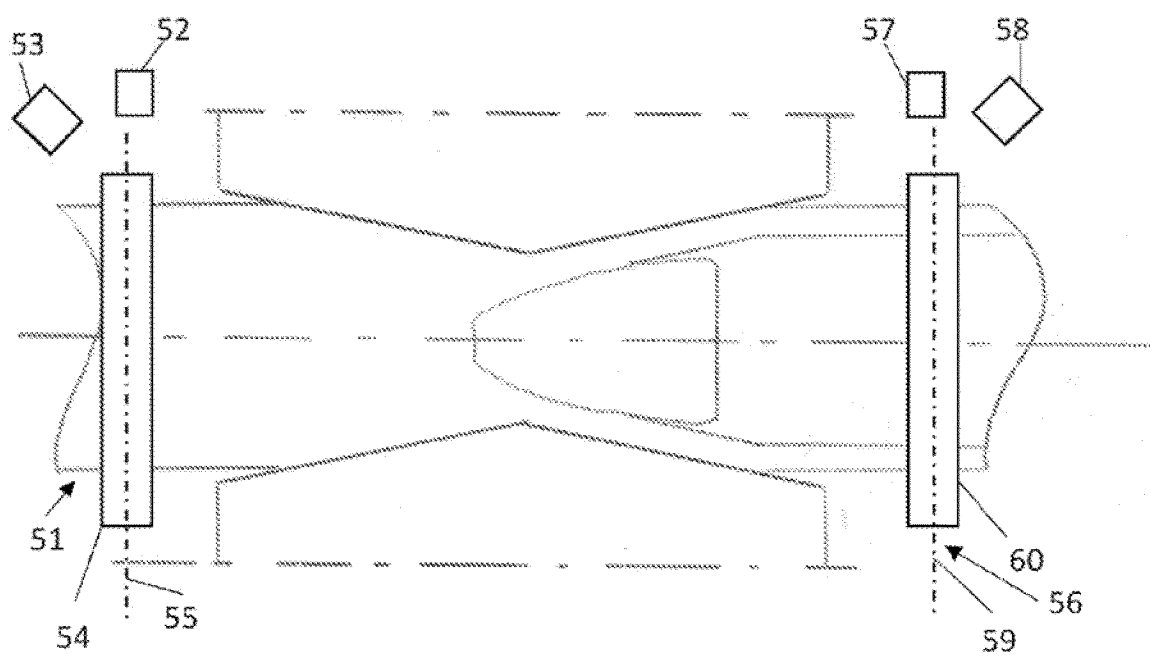
Фиг. 3a



Фиг. 3b



Фиг. 4



Фиг. 5