



УКРАЇНА

(19) UA (11) 41698 (13) A
(51) 7 B21B17/00, B21C37/08МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗВАРНИХ ПРЯМОШОВНИХ ТРУБ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРА ТА ЛІНІЯ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) 2001010663

(22) 30.01.2001

(24) 17.09.2001

(46) 17.09.2001, Бюл. № 8, 2001 р.

(72) Потапкін Віктор Федорович, Колесніков Юрій Миколайович, Сусь Юрій Васильович, Капорович Світлана Едуардівна, Сатонін Олександр Володимирович, Послушняк Олексій Володимирович

(73) ЗАКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "НОВО-КРАМАТОРСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД"

(57) 1. Спосіб виготовлення зварних прямошовних труб великого діаметра, який включає підготовку листа під зварювання, формування заготовки та її зварювання, правлення труби, її випробування та оброблення, який **відрізняється** тим, що після зварювання заготовки виконують нагрів зварного шва до діапазону кувальних температур, а правлення труби здійснюють прокаткою у каліброваних валках, при цьому одночасно з калібруванням здійснюють зміцнення зварного шва завдяки прикладанню до навколошовної поверхні труби зусилля, яке дорівнює зусиллю прокатки висоти шва до товщини основної стінки труби.

2. Лінія для виготовлення зварних прямошовних труб великого діаметра, яка включає установлені в

технологічній послідовності листоправильну машину, верстат для стругання країв листа, прес для формування заготовки, зварювальні агрегати, пристрій для правлення труби, а також механізми для її випробування, оброблення та транспортування, яка **відрізняється** тим, що вона забезпечена пристроєм для розігрівання зварних швів, який розміщено поперед пристрою для правлення труби, а останній виконано у вигляді прокатної кліті дуо з каліброваними валками, радіус калібру яких, дорівнює зовнішньому радіусу труби, крім того, вона забезпечена засобом зміцнення зварного шва, який установлено в кліті.

3. Лінія по п. 2, яка **відрізняється** тим, що засіб зміцнення зварного шва виконано у вигляді блока роликів, який розміщено між каліброваними валками кліті та містить в собі ролики для обтискування, які встановлені з зазором один над другим з можливістю переміщення у вертикальній площині, та ролики для регулювання згаданого зазору, які взаємодіють з роликами, що обтискують, та встановлені з можливістю переїщення у вертикальній площині, при цьому радіус твірних роликів для обтискування вибрано з умови рівності внутрішньому радіусу труби.

Винахід відноситься до галузі обробки металу тиском і може бути використаний в трубозварювальних цехах, які спеціалізуються на виробництві електрозварних прямошовних труб великого діаметру.

Відомо спосіб виготовлення зварних прямошовних труб великого діаметру (Ю.М. Матвеев, Ю.-Я. Ваткин, Е.М. Кричевський. Сварные трубы. Металлургия. М., 1972, С. 115-129; Ю.М. Матвеев, В.Я. Иванцов, Н.А. Грум-Гржимайло. Производство электросварных труб большого диаметра. Металлургия. М., 1968 г., С. 10-65), який реалізований на Харцизькому, Новомосковському, Челябінському трубних заводах та містить в собі наступні операції: підготовки листа до зварки, форму-

вання заготовки, її зварку, правлення та випробування труби, її оброблення.

Підготовка листа під формування складається з правлення листа, обрізання його або стругання, щоб забезпечити листам точні розміри по ширині та створити фаску на краю листа під зварку, а також з очищення краю або всієї поверхні від іржі, огару та інших забруднень.

Формування заготовки з листа, який пройшов підготовку, виконують на вальцах для гноття або на пресах.

В обох варіантах формування здійснюють в три етапи: загибання країв, попереднє формування U-образної заготовки, остаточне формування заготовки правильної циліндричної форми.

(13) A

(11) 41698

(19) UA

Після формування заготовку передають для зварки, яку здійснюють двосторонніми зварними швами. Зовнішні зварні шви накладають після установки технологічних планок. Внутрішні зварні шви виконують після зварки труби по зовнішній поверхні.

Зварені труби передають на очищення від спекеного флюсу, після чого їх оглядають та відрізають кінцеві технологічні планки.

Після відбраковки придатні труби направляють на відрізок кінців, правлення та калібрування.

Правлення та калібрування здійснюється, еспандуванням, яке полягає у розширюванні внутрішнім гідравлічним тиском труби до розміру внутрішньої камери преса-еспандера, який дорівнюється необхідному зовнішньому діаметру готової труби.

У процесі розширювання труба прилягає до напівштампів еспандера, в наслідок чого здійснюється її правлення та калібрування.

Після правлення трубу піддають гідровипробуванню, під час якого рідина знаходиться у трубі без напівштампів та без тиску.

Після еспандування труби подають на трубодірізні верстати, де знімають фаски з торців. Далі труби маркують та передають на склад готової продукції.

Лінія, на якій здійснюють цей спосіб виготовлення прямошовних труб великого діаметру складається з обладнання ділянки підготування листа, обладнання формування заготовки, зварочних агрегатів, установок для правлення, калібрування та випробування труби, а також механізмів її транспортування та обробки.

Початкова заготовка – лист надходить на ділянку підготовки на листоукладач, яким подають по одному листу до листопрямуючої машини для правлення. В процесі правлення досягають зниження хвилястості та коробоватості листів, а на їх поверхні частково зламується огар.

Після правлення лист надходить на верстати для стругання країв, де виконують двосторонню обробку країв листа і обробляють фаски під зварку. Верстати для стругання країв уявляють собою послідовно розміщені кліті з приводними валками, за допомогою яких лист утримується від бокового зміщення та транспортується. У процесі руху листа відбувається стругання країв нерухомими різцевими головками.

Від стругальних верстатів лист надходить до гільйотинних ножиць, де виконують обрізку переднього та заднього кінців листа.

Лист, який підготовлений вищеописаним способом, направляють на ділянку формування заготовки, де спочатку на чотириохкільтовому неперервному стані виконують загинання країв, потім на гідравлічному пресі виконують попереднє формування заготовки U-образної форми, а після цього пресом формують циліндричну заготовку.

Зформована циліндрична заготовка надходить до безперервного зварочного агрегату, в якому виконують зовнішній зварний шов зварочною головою, яка розміщена нерухомо. При цьому переміщується по транспортерам заготовка. Далі розташовано прохідний зварювальний агрегат, в якому накладають внутрішній зварний шов. В прохідному агрегаті труба нерухомо встановлена, а переміщу-

ється зварочна голова.

Зварені труби транспортним рольгангом передають на похилені грати, при перекочуванні по яким очищується внутрішня поверхня труби від зпеченого флюсу. Очищені труби передаються на інспекторські грати, на яких виконують їх огляд і ремонт, а далі – на відрізок технологічних планок. Готові труби направляють на трубообрізні верстати для обрізки кінців.

Після цього труби транспортують до преса-розширювача (еспандера), де виконують їх правлення та калібрування. Еспандер призначений для калібрування зварних труб методом розширювання внутрішнім гідравлічним тиском та подальшого гідравлічного їх випробування. Еспандер складається з двох силових головок. Штамп преса закріплені шарнірно, відчиняються та зачиняються гідроциліндрами. Внутрішній діаметр напівштампів в зачиненому стані дорівнюється необхідному зовнішньому діаметру готової труби. В процесі розширювання з торців труби вводять конуси, які призначені для калібрування кінців та ущільнювання труби перед наповненням її водою. Розширювання частини труби, що залишилась, відбувається під впливом води високого тиску. В процесі розширювання труба прилягає до напівштампів, внаслідок чого відбувається її калібрування та правлення. Трубу витримують під тиском розширювання протягом 30 секунд, після чого тиск знімають, розкривають напівштампами і трубу піддають гідравлічному випробуванню протягом ще 30 секунд.

Після еспандування труби, які витримали випробування, передають до трубообрізних верстатів, на яких знімають фаски з торців. Далі їх маркують та транспортують на склад готової продукції.

Недоліком вище описаного способу та лінії для зварки труб великого діаметру є недостатня міцність виготовлених труб, що обумовлено рядом факторів пов'язаних з технологічними особливостями цього способу.

На міцність труби впливає якість зварного з'єднання, яке повинно бути рівномірним основному металу. Рівномірність зварного з'єднання порушується внаслідок таких факторів, як підрізи, недовари, поздовжні та поперечні тріщини, неплавний перехід від наплавленого металу до основного, зашлакованість, привищення кромок та друге.

Відмінна величина погонної енергії під час зварки труб також суттєво впливає на міцність зварного з'єднання. Велика величина погонної енергії (велика сила струму при малій швидкості зварки) викликає перегрів металу в зоні термічного впливу і, як наслідок, знижує міцність труби.

Велика швидкість зварки труб, особливо з сталі "жорстких" плавок з високим змістом вуглецю та марганцю (0,2% C, 1,5% Mn) викликає створення у зварних швах гарячих тріщин внаслідок великої швидкості кристалування. Тріщини являються своєрідними концентраторами напруги, які приводять до крихкого руйнування труби.

Забезпечити ідеальні умови зварки на практиці неможливо, що приводить до виникненню тих чи інших факторів, які знижують міцність труби.

Крім того, при еспандуванні виникають мікронадриви та тріщини у місцях, де знаходяться дрібні дефекти металургійного походження як на пове-

рхні металу, так і всередині нього, в зварних швах, які в умовах експлуатації можуть привести до руйнування трубопроводів. Особливо це відноситься до металу "жорстких" сплавів з підвищеним вмістом міцнісних елементів C, Mn, Si. При еспандуванні знижується ударна в'язкість та відносна видовга, границі текучості та міцності металу труби, в наслідок чого дуже важливо правильно обрати величину розширювання, із збільшенням якої змінюються характеристики міцності металу.

Вищеописаний спосіб і лінія для виготовлення зварних прямошовних труб великого діаметру прийнято за прототип.

До основи винаходу поставлене завдання створити засіб та лінію виготовлення зварних прямошовних труб великого діаметру підвищеної міцності.

Завдання підвищення міцності зварних прямошовних труб вирішено за рахунок технічного результату, який полягає в тому, що виключено зниження міцносних характеристик металу під час правлення труби та забезпечено зміцнювання зварного шва.

Для досягнення вищезгаданого результату в способі виготовлення зварних прямошовних труб великого діаметру, який включає підготування листа під зварку, формування заготовки та її зварку, правлення труби, її випробування та оброблення, відповідно винаходу, після зварки заготовки виконують нагрів зварного шва до діапазону кувальних температур, а правлення труби здійснюють прокаткою у каліброваних валках, при цьому одночасно з калібруванням здійснюють зміцнення зварного шва завдяки прикладанню до навколошовної поверхні труби зусилля, яке дорівнює зусиллю прокатки висоти шва до товщини основної стінки труби.

Крім того, для досягнення вищезгаданого результату в лінії для виготовлення зварних прямошовних труб великого діаметру, яка включає установлені в технологічній послідовності листоприсадкову машину, верстат для стругання країв листа, прес для формування заготовки, зварювальні агрегати, пристрій для правлення труби, а також механізми для її випробування, оброблення та транспортування, відповідно винаходу вона забезпечена пристроєм для розігрівання зварних швів, який розміщено поперед пристроєм для правлення труби, а останній виконано у вигляді прокатної кліти дуо з каліброваними валками, радіус калібру яких дорівнює зовнішньому радіусу труби, крім того вона забезпечена засобом зміцнення зварного шва, який і встановлено в кліті і виконано у вигляді блока роликів, який розміщено між каліброваними валками та містить в собі ролики для обтискування, які встановлені з зазором один над другим з можливістю переміщення у вертикальній площині, та ролики для регулювання згаданого зазору, які взаємодіють з роликами, що обтискують, та встановлені з можливістю переміщення у горизонтальній площині, при цьому радіус твірниць роликів для обтискування вибрано з умови рівності внутрішньому радіусу труби.

Внаслідок порівняльного аналізу запропонованого способу для виготовлення зварних прямошовних труб великого діаметру з прототипом, виявлено, що вони мають такі **загальні ознаки**:

- підготування листа під зварку;
- формування заготовки;
- зварка заготовки;
- правлення труби;
- випробування труби;
- оброблення труби;

та **відмінні ознаки**:

- після зварювання заготовки виконують нагрів зварного шва до діапазону кувальних температур;
- правлення труби здійснюють прокаткою у каліброваних валках;
- одночасно з калібруванням труби здійснюють зміцнення зварного шва.

Таким чином, пропонується спосіб виготовлення труб великого діаметру має нові операції та новий засіб виконання операцій.

Внаслідок порівняльного аналізу пропонуємої лінії для виготовлення зварних прямошовних труб великого діаметру з прототипом виявлено, що вони мають такі **загальні ознаки**:

- листоприсадкова машина;
- верстат для стругання країв листа;
- прес для формування заготовки;
- зварювальні агрегати;
- пристрій для правлення труби;
- механізм для випробування труби;
- механізм для оброблення труби;
- засіб для транспортування труби;

та **відмінні ознаки**:

- пристрій для розігріву зварних швів, який встановлено поперед пристроєм для правлення труби;
- пристрій для правлення труби виконано у вигляді прокатної кліти дуо з каліброваними валками;
- радіус калібру валків дорівнює зовнішньому радіусу труби;
- засіб зміцнення зварного шва виконано у вигляді блока роликів, який розміщено між каліброваними валками кліти;
- блок роликів містить пару роликів для обтискування та пару роликів для регулювання;
- ролики для обтискування встановлені з зазором один над другим з можливістю переміщення у вертикальній площині;
- ролики для регулювання взаємодіють з роликами, що обтискують, та встановлені з можливістю переміщення в горизонтальній площині;
- радіус твірниць роликів для обтискування дорівнює внутрішньому радіусу труби.

Таким чином, запропонована лінія для виготовлення труб великого діаметру має нові конструктивні елементи, нові зв'язки вузлів та деталей, нові форми виконання елементів та вузлів.

Між відмінними ознаками та досягненим технічним результатом існує причинно-слідчий зв'язок.

Завдяки нагріву зварочного шву до кувальних температур та подальшої прокатки його забезпечено рівномірність зварного з'єднання за рахунок укатки дефектів основного металу і зварного шва, зміцнення навколошовного простору, що приводить до підвищення міцності усієї зварної труби.

Завдяки забезпеченню лінії для виготовлення труб пристроєм розігрівання зварних швів та виконанню пристроєм для правки труби у вигляді кліти дуо з каліброваними валками, між якими розміщено блок роликів, стало можливим виконувати одночасно

сно з калібруванням труби зміцнення зварного шва, що приводить до підвищення міцності труби.

Таким чином, використання для виготовлення труб пропонуємих способа і лінії дозволяє одержати труби великого діаметру підвищеної міцності.

Виключення із вказаної вище сукупності відмінних ознак хоча б одного з них, не забезпечує набуття нової якості – підвищення міцності труб.

Заявляємо технічне рішення не відомо з рівня техніки, тому воно є новим.

Технічне рішення, що заявляється, має винахідницький рівень, тому що запропонований спосіб і лінія для виготовлення труб великого діаметру для фахівця наявним чином не виходить з рівня техніки.

Технічне рішення, що з'являється, промислове застосоване, тому що його технічне і технологічне виконання не завдає труднощів на машинобудівному заводі. По цьому рішенням проведені технологічні випробування нових операцій на базі лабораторій Донбаської державної машинобудівної академії, виконано технічний проект нових машин лінії для виготовлення труб пристосовано до Харцизького трубного заводу.

Таким чином, технічному рішенням, що заявляється, може надаватися правова охорона, тому що воно є новим, має винахідницький рівень та промислове застосовано, отже відповідає усім критеріям винаходу.

Винахід пояснюється кресленнями, на яких зображено:

на фіг. 1 – схема технологічного процесу виготовлення труб великого діаметру;

на фіг. 2 – схема розташування обладнання лінії для виготовлення труб великого діаметру;

на фіг. 3 – розтин А-А на на фіг. 2;

на фіг. 4 – розтин Б-Б на фіг. 3.

Пропонуємий спосіб виготовлення зварних труб великого діаметру зображен на фіг. 1 у виді технологічної схеми. На початку лінії проводять складання 1 пачки листів, з якої іде полістове завдання 2 листа на ділянку підготовки, де виконують правлення 3 листа, стругання 4 його країв та відрізання 5 переднього та заднього кінців листа. Після цього лист передається на ділянку формування трубної заготовки, де виконують загинання 6 країв листа, попереднє формування 7 U-образної заготовки та її остаточне формування 8 у циліндр. Потім заготовка надходить на ділянку зварки, де виконують зварку 9 зовнішнього шва та зварку 10 внутрішнього шва. Після чого здійснюють нагрівання 11 зварного шва та калібрування 12 труби прокаткою у каліброваних валках з одночасним зміцненням навколошовного простору. У труби, яка пройшла правлення, виконують відрізання 13 торців та гідровипробування 14. Готові труби складають 15.

Лінія для виготовлення труб великого діаметру, на якій реалізують пропонуємий спосіб, складається з розташованого в технологічній послідовності обладнання (фіг. 2):

– листоукладач 16;

– листопрямильна машина 17, яка оснащена парою роликів, які задають лист, блоком роликів для правлення та парою роликів, які тягнуть лист на виході з машини;

– верстат 18 для стругання країв листа, який

виконано у виді блоку послідовно розташованих клітей, які забезпечені приводними валками та різцевими головками;

– ножиці 19 гільйотинного типу;

– неперервний стан 20, який складається з чотирьох послідовно розташованих клітей, однією – з циліндричними роликками для завдання листа та трьох – з профільними валками для загинання країв;

– гідравлічний прес 21 попереднього формування заготовки, який має траверсу зі штампом та роликки для гнуття (діаметр штампу дорівнює діаметру труби);

– гідравлічний прес 22 остаточного формування заготовки, який має верхній та нижній штамп;

– неперервний агрегат 23 зовнішньої зварки, який складається з шести клітей: двох - вертикальних з неприводними валками, трьох - вертикальних з приводними валками та з однією - зварочною, яка обладнана зварочною головкою;

– прохідний агрегат 24 внутрішньої зварки, який складається з естакади, по якій переміщується візок зі штангою, що обладнана зварочною головкою;

– пристрій 25 для нагрівання зварного шва, який виконано у виді лінійного індуктора;

– кліть дуо 26 з пристроєм для зміцнення зварного шва;

– трубообрізувальний верстат 27;

– пристрій 28 для гідровипробування труби, який має ущільнювальні конуси з отворами для наповнення труби водою та для випускання повітря, яке витиснено водою;

– склад 29 заготовок з інспекційними столами;

– транспортні рольганги 30, що з'єднують все обладнання лінії у єдиний технологічний ланцюг.

Кліть дуо 26 має станину 31, в якій у подушках 32 розміщені приводні калібровані валки 33. Радіус калібру валків обрано рівним зовнішньому радіусу труби.

Між каліброваними валками 33 розміщено блок роликів, який складається з пари роликів 34, що обтискують, вісі яких знаходяться в одній вертикальній площині з вісями каліброваних валків 33, та пари роликів 35, що регулюють, які взаємодіють з роликками 34 для обтискання. Опори роликів 35, що регулюють, встановлені у касету 36, яка забезпечена приводом 37 горизонтального переміщення відносно штанги 38. Привід 37 може бути виконано гідравлічним (гідроциліндр) або механічним (пара гвинт-гайка). Опори роликів 34, що обтискують, розташовані у напрямних штанги 38 з можливістю вертикального переміщення. Штанга 38 стаціонарно закріплена на станині 31 кліті дуо 26. Ролики 34, що обтискують, виконано з твірницею, яка дорівнює внутрішньому радіусу труби, а ролики 35, що регулюють, виконано з двох частин. Одна з них у місці їх взаємодії, одне з одним має циліндричну форму, а друга у місці їх взаємодії з роликками 34, що обтискують, має форму відповідну твірниці цих роликів.

Пропонуємий спосіб виготовлення труб великого діаметру реалізується на описаній вище лінії таким чином.

Зі складу металу пакет листів подають до лінії та розміщують його на листоукладач 16, який роз-

ташовано біля прийомного рольгангу 30. Листоукладач 16 здійснює подачу листів по одному до рольгангу, по якому він передається в листопрямильну машину 17, де відбувається правлення листа. В процесі правлення досягають зниження хвилястості, коробоватості листів, а також зламують огар, який утворився на його поверхні.

Від листопрямильної машини 16 рольгангом 30 лист подається до верстату 18, на якому виконують стругання обох країв листа та знімають фаски під зварку. Лист переміщується між приводними валками послідовно розташованих клітей і під час цього відбувається стругання бокових країв листа нерухомо закріпленими в них різцевими головками.

Після стругання лист рольгангом 30 транспортується до гільйотинних ножиць 19, де виконують обрізку переднього та заднього кінців листа.

Далі лист подають на ділянку формування трубної заготовки. Там спочатку виконують загиначання його країв у чотирьохвалковому неперервному стані 20. Краї загинають по радіусу, який відповідає радіусу готової труби. Стан складається з чотирьох послідовно розташованих клітей, перша з яких має циліндричні валки та слугує для завдання листа, а інші – мають профільні валки, які служать для гнуття.

Далі на гідравлічному пресі 21, який має верхній штамп та ролики для гнуття, формують U-образну заготовку. Для чого заготовку вводять в прес по роликам до підпори. Потім балка з верхнім штампом переміщується вниз, під час чого відбувається формування.

Після цієї операції заготовку передають для остаточного формування на прес 22, який має два штампи: верхній рухомий та нижній нерухомий, внутрішні діаметри яких дорівнюють зовнішньому діаметру труби.

Заготовку циліндричної форми транспортують рольгангом 30 на ділянку зварки, де спочатку виконують зовнішню зварку труби неперервним агрегатом 23, який складений з 6-ти клітей. У вертикальних клітях виконують стиснення країв трубної заготовки та транспортують її у процесі зварки, а остання кліть оснащена зварочним автоматом, який виконує зовнішній шов.

Від агрегату 23 зовнішньої зварки труба за допомогою рольгангу 30 переміщується до прохідно-

го агрегату 24 внутрішньої зварки. На вході в агрегат 24 виконують приварку до переднього та заднього кінців труби в місці шва технологічних планок, які призначені для запалювання в них дуги та фіксації закінчення процесу зварки. В прохідному агрегаті 24 труба обертається швом донизу, після чого візок зі зварною штангою, яка оснащена зварочною головкою, насувається на трубу, під час чого виконується внутрішній шов.

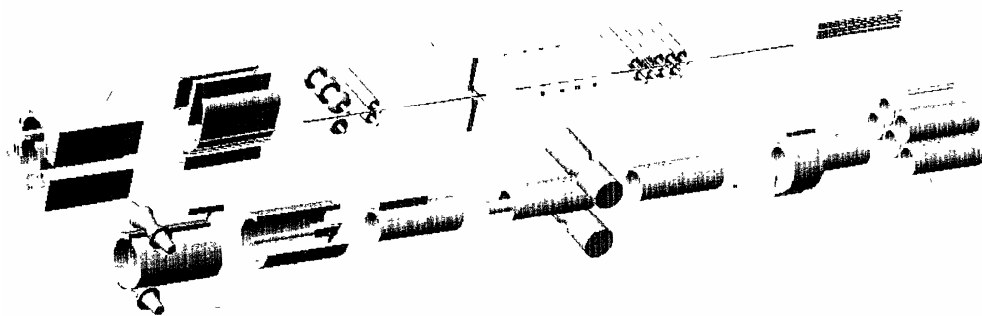
Зварені труби рольгангом 30 передають на похилі грати, де вони очищуються від зпеченого флюсу, оглядаються та видаляють технологічні планки.

Гідні труби далі передають на пристрій для нагріву навколошовного простору та зварного шву до температури кування, після чого їх задають у кліть дуо 26, де проводять правлення труби в каліброваних валках 33 та прокату зварного шва між валками 33 та роликами 34, що обжимають. Попереднє встановлення зазору між калібром валків 33 та обтискуючими роликами 34 рівне товщині стінки труби виконують переміщенням регулюючих роликів 35 за допомогою механізму 37 у горизонтальній площині. Таким чином, під час проходження труби у кліть дуо 26 відбувається правлення труби та зміцнення зварного шва прокаткою.

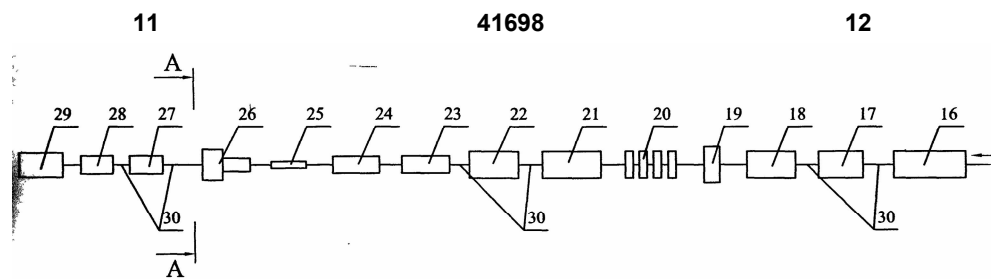
Далі труба транспортується рольгангом 30 до трубодірізного верстата 27, де виконують підрізку її кінців, та до прилада 28 для гідровипробування, в якому торці труби ущільнюють конусами, через які подають рідину та витримують 30сек. Труба вважається випробуваною, як що не буде течії, потіння або залишкових деформувань, які виводять розміри труби за межі допусків.

Труби, які не витримали випробування, піддають ремонтуванню та повторному випробуванню, а гідні труби транспортують на склад 29 готової продукції.

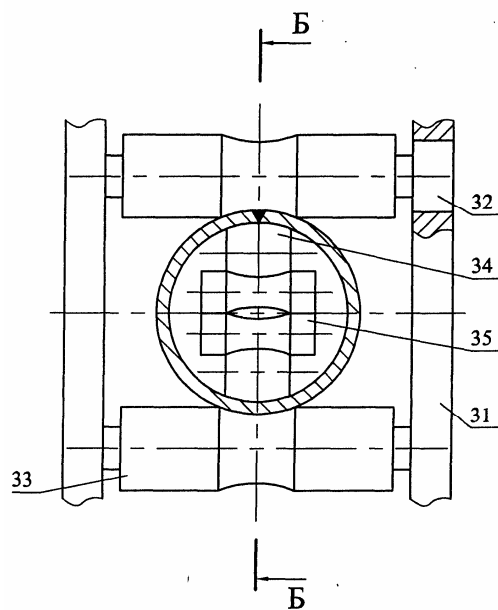
З усього вищевикладеного видно, що в пропонуємому способі виготовлення труб великого діаметру у процесі прокатки зварного шва вдається ліквідувати дефекти, які виникли під час зварки металу (повздовжні та поперечні тріщини, недовари та інше), а також досягнути рівномірності листової заготовки та зварного шва. Все це приводить до підвищення міцності труби, яка виготовляється цим способом.



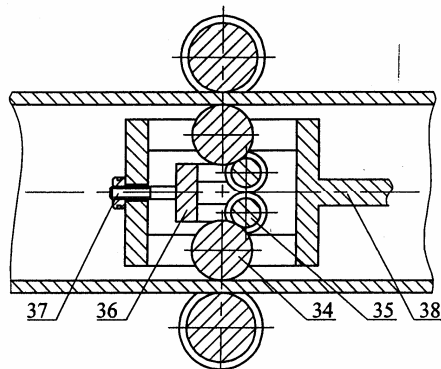
Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4