



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2013131665/02, 09.07.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
09.07.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.07.2013

(43) Дата публикации заявки: 20.01.2015 Бюл. № 2

(45) Опубликовано: 10.06.2015 Бюл. № 16

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU1624832A, 20.05.1997.  
SU1274880A1, 07.12.1986.  
RU2238828C1, 27.10.2004.  
KR1020060010966A, 03.02.2006.  
US20110089030A1, 21.04.2011.  
EP669863B1, 22.03.2000

Адрес для переписки:

456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул.  
Васильева, 13, ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ им.  
академ. Е.И. Забабахина", Отдел  
интеллектуальной собственности, Бакалову Г.В.

(72) Автор(ы):

Собко Сергей Аркадьевич (RU),  
Куликов Владимир Александрович (RU),  
Лежнев Дмитрий Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

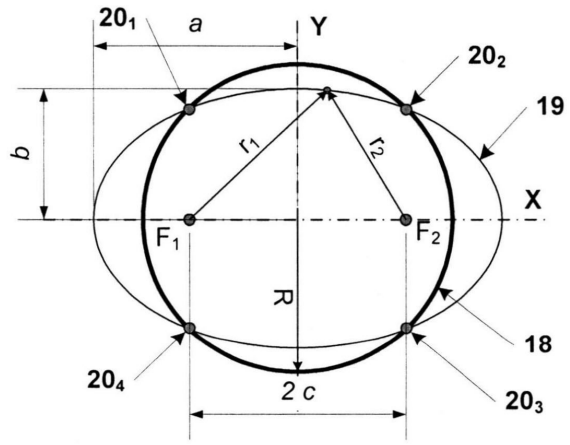
Российская Федерация, от имени которой  
выступает Государственная корпорация по  
атомной энергии "Росатом" (Госкорпорация  
"Росатом") (RU),  
Федеральное государственное унитарное  
предприятие "РОССИЙСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР-  
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМЕНИ  
АКАДЕМИКА Е.И. ЗАБАБАХИНА" (RU)

**(54) СПОСОБ СОВМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ЛУЧА СО СТЫКОМ КРУГОВОГО СОЕДИНЕНИЯ (ВАРИАНТЫ)**

(57) Реферат:

Изобретение относится к электронно-лучевой сварке круговых стыков и может быть использовано в различных областях машиностроения и приборостроения. Способ включает совмещение электронного луча со стыком кругового соединения. Определяют взаимное расположение луча и стыка кругового соединения по контрольным точкам. Для этого сканируют стык разверткой в виде эллипса, у которого большая диагональ  $2a \approx 2,2884R$ , меньшая диагональ  $2b \approx 1,7988R$ , где  $a$  - большая полуось эллипса,  $b$  - малая полуось эллипса,  $R$  - радиус кругового соединения по стыку. Определяют четыре контрольные точки пересечения развертки со стыком, последовательные временные промежутки между

которыми равны. В другом варианте сканируют стык разверткой в виде правильного многоугольника. Число контрольных точек равно двукратному числу ребер многоугольника, а размеры многоугольника ( $n$  - количество сторон,  $R_1$  - радиус описанной вокруг многоугольника окружности,  $R_2$  - радиус вписанной в многоугольник окружности) задают так, чтобы все точки пересечения ребер многоугольника с круговым стыком образовывали на окружности стыка равные по углам дуги. В результате обеспечивается точное совмещение оси вращения луча с осью стыка кругового соединения и в результате повышается качество сварки. 2 н. и 1 з.п. ф-лы, 8 ил.



Фиг. 2

RU 2552824 C2

RU 2552824 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2013131665/02, 09.07.2013**

(24) Effective date for property rights:  
**09.07.2013**

Priority:

(22) Date of filing: **09.07.2013**

(43) Application published: **20.01.2015** Bull. № 2

(45) Date of publication: **10.06.2015** Bull. № 16

Mail address:

**456770, Cheljabinskaja obl., g. Snezhinsk, ul. Vasil'eva, 13, FGUP "RFJaTs-VNIITF im. akadem. E.I. Zababakhina", Otdel intellektual'noj sobstvennosti, Bakalovu G.V.**

(72) Inventor(s):

**Sobko Sergej Arkad'evich (RU),  
Kulikov Vladimir Aleksandrovich (RU),  
Lezhnev Dmitrij Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Rossijskaja Federatsija, ot imeni kotoroj vystupaet Gosudarstvennaja korporatsija po atomnoj ehnergii "Rosatom" (Goskorporatsija "Rosatom") (RU),  
Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe predpriyatje "ROSSIJSKIJ FEDERAL'NYJ JaDERNYJ TsENTR-VSEROSSIJSKIJ NAUCHNO-ISSLEDOVATEL'SKIJ INSTITUT TEKHNICHESKOJ FIZIKI IMENI AKADEMIKA E.I. ZABABAKHINA" (RU)**

(54) **ALIGNMENT OF ELECTRON BEAM WITH RING JOINT BUTT (VERSIONS)**

(57) Abstract:

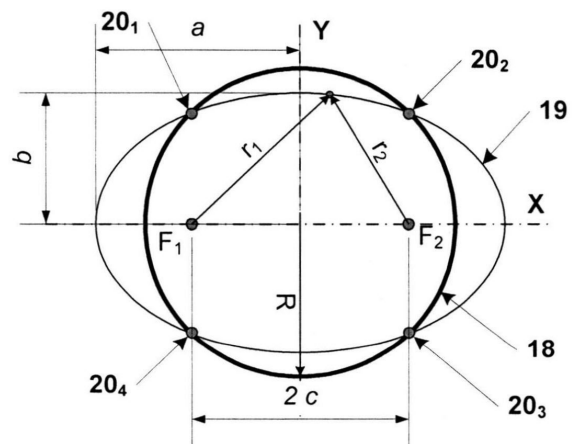
FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention relates to electron-beam welding of ring butts and can be used in various branches of machine and instrument building. This process comprises alignment of electron beam with ring joint butt. Mutual location of the beam and ring joint butt is defined by check points. For this, said butt is scanned by ellipsoid-like scan with larger diagonal  $2a \approx 2.2884R$ , smaller diagonal  $2b \approx 1.7988R$ , where  $a$  is ellipsoid larger axis,  $b$  is smaller axis,  $R$  is ring joint butt radius. Four check points of scan crossing with said butt are defined whereat sequential time intervals there between are equal. In compliance with second version, said butt is scanned with sweep shaped to regular polyhedron. The number of check points equals twofold number of polyhedron ribs. Sizes of polyhedron ( $n$  - number of sides,  $R_1$  - radius of circle circumscribed around polyhedron,  $R_2$  is radius of circle inscribed in polyhedron) are set so that all points of intersection of

polyhedron ribs with ring butt makes equal circular arc angles on butt circle.

EFFECT: precise alignment of beam spin axis with ring butt axis, higher quality of welding.

3 cl, 8 dwg



Фиг. 2

RU 2 552 824 C2

RU 2 552 824 C2

Изобретение относится к электронно-лучевой сварке круговых стыков, в частности, к технологии сварки сканирующим электронным лучом, и может быть использовано в различных областях машиностроения и приборостроения.

5 Известно изобретение под названием «Устройство визуализации стыка и шва для электронно-лучевой сварки» (А.с. СССР №1756070, МПК В23К 15/00, опубл. 1992 г.), в котором описан способ совмещения электронного луча со стыком. Электронный луч фокусируют на поверхности изделия и отклоняют в двух взаимно перпендикулярных направлениях таким образом, что он описывает на поверхности изделия прямоугольный растр.

10 Процесс совмещения сводится к совмещению перекрестия метки, при помощи перемещения стола с закрепленным на нем изделием или пушки, с заданной точкой на изображении.

Указанный способ позволяет совмещать электронный луч не только со стыком, но и с любой точкой на поверхности изделия, которую можно идентифицировать на 15 изображении поверхности изделия.

Однако использование поверхностного растра приводит к воздействию луча на материал сканируемой поверхности, что не всегда допустимо для привариваемой конструкции из-за наличия в ней технологических или функциональных отверстий, а также из-за особенностей привариваемого материала (стекло, керамика).

20 Наиболее близким аналогом заявляемого изобретения, выбранным в качестве прототипа, является способ совмещения электронного луча со стыком кругового соединения, при котором определяют взаимное расположение луча и стыка кругового соединения по контрольным точкам (А.с. СССР №1624832, МПК В23К 15/04, опубл. в 1997 г.). Положение луча относительно стыка определяют по двум контрольным 25 точкам. Электронный луч наводят на стык, поворотом изделия определяют точку максимального смещения стыка от оси луча, на стыке симметрично точке максимального смещения наносят контрольные точки и угловым смещением изделия, а также линейным и угловым перемещением луча совмещают его ось с плоскостью стыка на участке между контрольными точками. При этом длину участка между контрольными точками 30 выбирают равной 0,2-0,3 наружного диаметра свариваемого стыка.

Данный способ позволяет уменьшить максимальную величину несовмещения оси луча с плоскостью стыка и трудоемкость затрат на устранение брака.

Однако при реализации данного способа точка максимального смещения от оси луча определяется визуально, что недостаточно точно. Контрольные точки наносят 35 электронным лучом, что оставляет следы конечного размера, снижающие точность последующих совмещений. А самое главное, такой способ может быть применен только для деталей в виде тел вращения. В случае приварки кругового элемента в неподвижную деталь данный способ нереализуем.

При многолучевой сварке вращающимся лучом (сварке развернутым в кольцо лучом), 40 исключая отрицательное влияние автоподогрева, незначительная несоосность, незначительное смещение предварительно наведенной круговой развертки луча от линии кругового стыка, как перед сваркой, так и вследствие усадки непосредственно при сварке, а также при несопадении их диаметров даже незначительно, неизбежно приводит к несимметричному формированию шва и всем дефектам сварного соединения, 45 характерным при смещении со стыка: нестабильности глубины проплавления, локальным несплавлениям для тонкостенных деталей, прожогам, короблению ввариваемого элемента относительно корпуса и т.д. Такая несоосность связана не только с неточностью визуального контроля, но и с тем, что для круговых, более

сложных (или функционально значимых), в отличие от простых заглушек, элементов, ввариваемых в различные конструкции, существует проблема определения реальной точки оси вварыша, то есть может отсутствовать видимая или реальная точка оси.

Например, это актуально для газоввода с соосным трубопроводом (то есть пустотой в зоне оси) или для электрического разъема (где в зоне оси находятся штыревые контакты или керамические изоляторы или стеклоприпой с металлическими контактами).

Смещение электронного луча относительно стыка в процессе сварки приводит к отклонению корня шва от линии стыка и, как следствие, к непровару и к потере прочности сварного соединения, а для тонкостенных соединений к таким дефектам как прожоги и несплавления, то есть потере прочности и герметичности сварной конструкции. Сварка электронным лучом в автоматическом режиме переходников и вводов круговыми швами к несимметричной и невращаемой относительно луча конструкции в сварочном манипуляторе (позиционере) является сложнейшей задачей технологии неразъемных соединений. Основная задача при технологически невращаемой детали - это совмещение оси развертки луча и оси посадочного места (отверстия). Это связано с тем, что конструкции некоторых вводов не позволяют зафиксировать пересечение луча на оси развертки с осевой поверхностью ввариваемого элемента, например, из-за наличия в нем центрального отверстия (трубопровода) или при выполнении его с применением стекла или керамики (в разъемах), то есть при отсутствии видимой точки пересечения оси кольцевой развертки луча с осью отверстия или осью посадочного места для ввариваемой в корпус детали.

Точное совмещение оси неотклоненного луча и, соответственно, оси его круговой развертки с виртуальной осью ввариваемого элемента необходимо для точной электронно-лучевой сварки по всему круговому стыку. Это является необходимым условием для обеспечения одинаковой глубины проплавления соединения, обеспечения симметричных относительно оси посадочных явлений и, соответственно, линейных и угловых деформаций.

Задача, на решение которой направлено изобретение, - точное совмещение оси вращения луча с осью стыка кругового соединения.

Технический результат, получаемый при использовании предлагаемого технического решения, - определение оси ввариваемого кругового элемента.

Сущность первого варианта изобретения заключается в том, что в способе совмещения электронного луча со стыком кругового соединения, при котором определяют взаимное расположение луча и стыка кругового соединения по контрольным точкам, особенность заключается в том, что сканируют стык разверткой в виде эллипса, у которого большая диагональ  $2a \approx 2,2884R$ , меньшая диагональ  $2b \approx 1,7988R$  (где  $a$  - большая полуось эллипса,  $b$  - малая полуось эллипса,  $R$  - радиус кругового соединения по стыку) и определяют четыре контрольные точки пересечения развертки со стыком, последовательные временные промежутки между которыми равны.

Изобретение основано на зависимости, впервые установленной самими авторами, а именно соотношении размеров трех геометрических фигур: эллипса, квадрата и круга, расположенных относительно друг друга в определенном порядке. Такая зависимость не могла быть предсказана заранее на основе анализа известных из уровня техники зависимостей. Благодаря вновь введенным признакам достигается следующий технический результат. Сканирование стыка разверткой в виде эллипса с точно определенными параметрами для определения контрольных точек пересечения развертки со стыком позволяет зафиксировать пересечение оси развертки луча с поверхностью ввариваемого элемента в определенном месте и определить реальную точку оси

свариваемого кругового элемента. Таким образом решают задачу точного совмещения оси вращения луча с осью стыка кругового соединения.

5 Сущность второго варианта изобретения заключается в том, что в способе совмещения электронного луча со стыком кругового соединения, при котором определяют взаимное расположение луча и стыка кругового соединения по контрольным точкам, особенность заключается в том, что сканируют стык разверткой в виде правильного многоугольника, при этом число контрольных точек равно двухкратному числу ребер многоугольника, а размеры многоугольника ( $n$  - количество сторон,  $R_1$  - радиус описанной вокруг многоугольника окружности,  $R_2$  - радиус вписанной в

10 многоугольник окружности) задаются так, чтобы все точки пересечения ребер многоугольника с круговым стыком образовывали на окружности стыка равные по углам дуги, причем:

$$R_1 = R \cos(\alpha/2) / \cos \alpha,$$

15  $R_2 = R \cos(\alpha/2),$

где  $n$  - число сторон многоугольника;  $R$  - радиус кругового стыка;  $\alpha = 360/2n$ .

Принцип осуществления способа по второму варианту аналогичен осуществлению способа по первому варианту. А достигаемый при этом технический результат такой же, как и при осуществлении способа по первому варианту. Отличие заключается в том, что осуществление способа по второму варианту позволяет регулировать (уменьшить) ширину зоны поискового сканирования электронного луча при совмещении его оси с осью стыка кругового соединения.

20

Для повышения точности совмещения оси вращения луча с осью стыка кругового соединения определяют взаимное расположение луча и стыка кругового соединения по контрольным точкам несколько раз, поворачивая развертку относительно оси стыка на угол  $\alpha = 360/2n$ .

25

При проведении анализа уровня техники, включающего поиск по патентным и научно-техническим источникам информации, и выявлении источников, содержащих сведения об аналогах заявленного изобретения, не обнаружено аналогов, характеризующихся признаками, тождественными всем существенным признакам данного изобретения. Определение из перечня выявленных аналогов прототипа как наиболее близкого по совокупности существенных признаков аналога, позволило выявить совокупность существенных отличительных признаков от прототипа, изложенных в формуле изобретения.

30

35 Следовательно, заявленное изобретение соответствует условию «новизна».

Для проверки соответствия заявленного изобретения условию «изобретательский уровень» заявитель провел дополнительный поиск известных решений, чтобы выявить признаки, совпадающие с отличительными от прототипа признаками заявленного устройства. В результате поиска не выявлены технические решения с этими признаками. На этом основании можно сделать вывод о соответствии заявляемого изобретения условию «изобретательский уровень».

40

На фиг.1 представлена функциональная схема устройства для осуществления предлагаемого способа.

На фиг.2 представлен вид траектории электронного луча при поисковом сканировании стыка кругового соединения по первому варианту.

45

На фиг.3 представлен исходный момент сканирования при несовпадении оси эллипса и кругового стыка.

На фиг.4 представлен итог сканирования: совмещение осей эллипса и кругового

стыка.

На фиг.5 представлен рисунок эллипса с вписанным квадратом и параметрами для расчета.

На фиг.6 представлен вид траектории электронного луча при сканировании стыка  
5 кругового соединения по второму варианту (квадратом) при несовпадении оси симметрии квадрата и кругового стыка.

На фиг.7 представлен вид траектории электронного луча при сканировании стыка кругового соединения по второму варианту (квадратом) при совмещении осей.

На фиг.8 представлен рисунок, представляющий все зоны совмещения траектории  
10 поискового сканирования с осью стыка и их параметры для расчета по второму варианту.

Устройство, реализующее заявляемый способ по первому и второму вариантам, содержит электронно-лучевую пушку 1, систему статической фокусировки 2, систему статического отклонения 3, 4 по осям X и Y (первый канал статического отклонения),  
15 систему динамической фокусировки и отклонения 5, 6, 7 по осям X и Y (второй канал динамического отклонения). Также устройство содержит датчик вторичных электронов 8. Элементы 2-7 образуют электронно-оптическую систему. Управление электронно-оптической системой производится посредством блока усилителей 9 и блока цифровоаналоговых преобразователей (ЦАП) 10. Преобразование сигнала отраженных  
20 электронов осуществляется с помощью блока преобразователей уровня сигналов 11 и блока аналого-цифровых преобразователей (АЦП) 12. Обработка и передача сигналов управления электронно-оптической системой электронной пушки и сигналов с датчика вторичных электронов 8 производится микроконтроллером 13, блоком ПЛИС 14 (программируемая интегральная логическая схема), модулем статической памяти 15 и  
25 персональным компьютером (ПК) 16. Устройство осуществляет сварку детали 17 по стыку 18 кругового соединения (фиг.1).

Способ по первому варианту осуществляют следующим образом.

Электронно-лучевой пушкой 1 формируется электронный луч в виде эллипса 19,  
который сканируют по стыку 18 кругового соединения (фиг.2). Для этого программой  
30 управления разверткой луча устанавливается эллипс с определенным соотношением амплитуд отклонения по осям X и Y, у которого большая диагональ  $2a \approx 2,2884R$ , меньшая диагональ  $2b \approx 1,7988R$  (где  $a$  - большая полуось эллипса 19,  $b$  - малая полуось эллипса 19,  $R$  - радиус кругового соединения по стыку 18, который равен радиусу ввариваемого кругового элемента (на фиг. не показан). Причем большая полуось  $a$   
35 эллипса больше радиуса ввариваемого кругового элемента, а меньшая полуось  $b$  меньше.

После чего определяют четыре контрольные точки 20 пересечения развертки в виде эллипса 19 со стыком 18. Непериодичность 4-х откликов ( $\tau_{12} \neq \tau_{23} \neq \tau_{34} \neq \tau_{41}$  - время  
40 прохождения луча от первой контрольной точки  $20_1$  до второй точки  $20_2$  и т.д., фиг.3) означает несоосность оси 21 развертки 19 и оси 22 стыка 18. Смещением всей развертки по осям X и Y вручную или специальной программой устанавливается равенство последовательных временных промежутков между 4-мя откликами в цикле одного вращения луча в развертке ( $\tau_{12} = \tau_{23} = \tau_{34} = \tau_{41}$ ). Таким образом определяется расположение  
45 оси ввариваемого кругового элемента. Это обеспечивает точное совмещение геометрической оси вращения луча (оси 21 развертки 19) и оси 22 стыка кругового соединения 18 (фиг.4). Так определяют взаимное расположение луча и стыка кругового соединения по контрольным точкам.

Совмещение оси симметрии 21 эллиптической развертки 19 с осью 22 кругового соединения 18 возможно только при размерах эллипса, в который вписывается квадрат 23, вершины которого в четырех точках 20 совпадут с окружностью сварного соединения 18. Этот квадрат 23 вписан в окружность, совпадающую с траекторией кругового стыка 18 (фиг.5).

Как известно из литературы (Справочник по высшей математике / А.А. Гусак, Г.М. Гусак, Е.А. Бричикова. - Минск: ТетраСистема, 2007. - С.25):

$F_1$  и  $F_2$  - фокусы эллипса 19;

$r_1$  и  $r_2$  - фокальные радиусы из фокусов;

$2c$  - фокусное расстояние;

$a$  - большая полуось;

$b$  - малая полуось;

$R$  - радиус кругового стыкового соединения 18

$r_1+r_2=\text{const}=2a$ .

Эти общие данные необходимы для выведения уникального формульного соотношения трех геометрических фигур, расположенных относительно друг друга в определенном порядке.

В любой эллипс ( $c^2=a^2-b^2$ ) вписывается единственный квадрат, но только в определенный эллипс с полуосями  $a$  и  $b$  (то есть единственное соотношение между  $a$  и  $b$ ) можно вписать квадрат, у которого сторона равняется  $2c$  (фиг.5).

Диагональ квадрата ( $2R$ ), вписанного в круг, есть диаметр этого круга с радиусом  $R$  окружности, совпадающей со стыком кругового сварного соединения.

Геометрически найдем соотношения  $a$ ,  $b$  и  $R$ . Используем для этого свойства эллипса:

$$c^2=a^2-b^2; r_1+r_2=2a$$

$$\text{при } \tau_1=c, \tau_2=r_1 \cdot 5^{1/2}.$$

так как  $R=c \cdot 2^{1/2}$ , то из геометрических соотношений:

$$c=2a/(1+5^{1/2}), a=1,1442R,$$

$$2a=2,2884R,$$

$$\text{из } c^2=a^2-b^2 \quad b=0,8994R,$$

$$2b=1,7988R.$$

Исходя из известного радиуса  $R$  окружности кругового стыка 18, рассчитываем  $a$  и  $b$ . Это будут полуоси эллипса, большая  $a$  и малая  $b$ . Эти размеры полуосей дадут установочные амплитуды развертки поискового настроенного луча.

Равенство сторон вписанного квадрата 23 обеспечивает равенство периодов ( $\tau_{12}=\tau_{23}=\tau_{34}=\tau_{41}$ ) между амплитудами сигналов с датчика вторичных электронов 8 при пересечении развертки 19 со стыком 18 в четырех равноудаленных точках 20. Это отличительное свойство эллипса и одновременно окружности с вписанным в нее квадратом (фиг.5). Обеспечение равенства сигналов (амплитуд) и будет свидетельствовать о полном совмещении оси 22 кругового соединения 18 с осью 21 развертки 19.

Затем, увеличивая амплитуду меньшей полуоси  $b$  эллипса до сведения в две точки пересечения эллипса со стыком 18, то есть совпадения с окружностью кругового соединения 18, определяют таким образом по одной полуоси  $b$  уровень сигнала (амплитуду), соответствующий диаметру  $2R$  кругового соединения 18. Выставляя это значение аналогичным для амплитуды другой полуоси  $a$  эллипса 19, получают круговую



развертку луча идеальной окружности, которая совпадает с окружностью кругового соединения 18. По сигналам датчика вторичных электронов 8 добиваются максимального уровня сигналов по всей длине окружности сканирования стыка 18. Осуществляется односторонняя однолучевая или многолучевая сварка или сварка

5 развернутым в кольцо лучом.

Способ по второму варианту осуществляют следующим образом.

Электронно-лучевой пушкой 1 формируется развертка электронного луча в виде правильного многоугольника 24 (треугольника, квадрата и др.), которую сканируют по стыку 18 (фиг.6, 7, 8 - траектория в виде квадрата). Для этого программой управления

10 разверткой луча устанавливается траектория в виде правильного многоугольника 24, причем, характерные размеры многоугольника ( $n$  - число сторон,  $R_1$  - радиус описанной вокруг многоугольника 24 окружности 25 и  $R_2$  - вписанной в многоугольник 24

окружности 26) задаются по соответствующим соотношениям таким образом, чтобы все точки пересечения 20 ребер многоугольника 24 с круговым стыком 18 образовывали

15 на окружности стыка равные по углам дуги ( $\alpha_1=\alpha_2=\alpha_3=\dots$ , фиг.7).

$n$  - число сторон правильного многоугольника 24;

$\alpha=360/2n$  - центральный угол, образующий дугу на окружности кругового стыка между точками ее пересечений с правильным многоугольником;

$R$  - радиус кругового стыкового соединения 18;

20

$R_1$  - радиус описанной вокруг многоугольника 24 окружности 25;

$R_2$  - радиус вписанной в многоугольник 24 окружности 26 (апогема многоугольника).

Зона сканирования 28 развертки представляется в виде концентрического кольца, ширина которого ограничена окружностями 25 и 26, зависит от количества сторон

25 многоугольника и равна  $\delta=R_1-R_2$ .

Из геометрических соотношений:

$$R_1=R\cos(\alpha/2)/\cos\alpha,$$

$$R_2=R\cos(\alpha/2),$$

30

$$\delta=R\cos(\alpha/2)\cdot[(1-\cos\alpha)/\cos\alpha],$$

где  $\alpha=360/2n$ ,  $n$  - число сторон многоугольника.

При развертке в виде квадрата:  $n=4$ ,  $\alpha=45^\circ$ ,

$$R_1=R\cos 22,5^\circ/\cos 45^\circ\approx 1,307 R,$$

$$R_2=R\cos 22,5^\circ\approx 0,924R,$$

35

$$\delta=0,383 R.$$

После чего определяют контрольные точки пересечения 20 развертки 24 со стыком 18, число которых равно двукратному числу ребер многоугольника и числу равноугловых дуг на окружности стыка (фиг.7).

Для этого при пересечении разверткой 22 стыка 18 по сигналам датчика вторичных электронов 8 определяются относительные координаты точек пересечения 20 развертки 24 с круговым стыком 18. Непериодичность откликов ( $\tau_{12}\neq\tau_{23}\neq\tau_{34}\neq\tau_{41}\dots$  - время

40 прохождения луча от первой контрольной точки 20<sub>1</sub> до второй точки 20<sub>2</sub> и т.д., фиг.6) означает несоосность оси 27 развертки 24 и оси 22 стыка 18. Смещением всей развертки вручную или специальной программой устанавливается равенство последовательных временных промежутков между всеми откликами в цикле одного вращения луча в

45 развертке ( $\tau_{12}=\tau_{23}=\tau_{34}=\tau_{41}\dots$ ). Таким образом определяется расположение оси свариваемого кругового элемента. Это обеспечивает точное совмещение геометрической

оси вращения луча (оси 27 развертки 24) и оси 22 стыка кругового соединения 18 (фиг.7). Так определяется взаимное расположение луча и стыка кругового соединения по контрольным точкам. Для того чтобы повысить точность совмещения оси вращения луча с осью стыка кругового соединения, можно определять расположение луча и стыка несколько раз, поворачивая развертку относительно оси стыка на угол  $\alpha=360/2n$ .

С увеличением числа сторон многоугольника  $n$  ширина  $\delta$  зоны 28 уменьшается, ограничивая тем самым зону воздействия луча, следовательно, и зону тепловложения, что обеспечивает локализацию тепловых воздействий только в зоне, прилегающей к шву.

Преимущество изобретения состоит в точном позиционировании оси круговой развертки луча с осью свариваемого элемента, необходимым для обеспечения симметричного формирования сварного шва относительно линии стыка. Это позволит исключить такие дефекты сварки, как неравномерность глубины шва вдоль стыкового соединения, а также коробление свариваемой детали, увод ее оси от оси отверстия, а также прожоги и несплавления тонкостенных свариваемых функциональных переходников и вводов, например, электрических разъемов.

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о возможности выполнения при использовании способа по заявляемому изобретению следующей совокупности:

- процесс, воплощающий заявленный способ при его осуществлении, предназначен для использования в электронной, машиностроительной, автомобильной, аэрокосмической и приборостроительной промышленности, в том числе как для крупногабаритных изделий сложной геометрии (не вращаемых при сварке), так и для прецизионной сварки вводов в тонкостенные малогабаритные изделия;
- для заявляемого способа в том виде, в котором он охарактеризован в формуле изобретения, подтверждена возможность его осуществления.

Следовательно, заявляемый способ соответствует условию «промышленная применимость».

#### Формула изобретения

1. Способ электронно-лучевой сварки стыка кругового соединения (варианты), включающий определение взаимного расположения электронного луча и стыка свариваемого кругового соединения по контрольным точкам, отличающийся тем, что осуществляют сканирование свариваемого стыка разверткой в виде эллипса с большей диагональю  $2a=2,2884R$  и с меньшей диагональю  $2b=1,7988R$ , где  $a$  - большая полуось эллипса,  $b$  - малая полуось эллипса,  $R$  - радиус кругового стыкового соединения, определяют четыре контрольные точки пересечения развертки со стыком, последовательные временные промежутки между которыми равны, и получают круговую развертку луча, совпадающую с окружностью свариваемого кругового соединения.

2. Способ электронно-лучевой сварки стыка кругового соединения (варианты), включающий определение взаимного расположения электронного луча и стыка свариваемого кругового соединения по контрольным точкам, отличающийся тем, что осуществляют сканирование свариваемого стыка разверткой в виде правильного многоугольника с числом контрольных точек, равным двукратному числу ребер многоугольника, при этом параметры многоугольника:  $n$  - количество сторон,  $R_1$  - радиус описанной вокруг многоугольника окружности,  $R_2$  - радиус вписанной в многоугольник окружности, задают с выполнением условия образования на окружности

стыка всеми точками пересечения ребер многоугольника с круговым стыком равных по углам дуг, причем:

$$R_1 = R \cos(\alpha/2) / \cos \alpha,$$

$$R_2 = R \cos(\alpha/2),$$

5 где  $R$  - радиус кругового стыка;  $\alpha = 360/2n$ , и совмещают геометрическую ось вращения луча и ось стыка свариваемого кругового соединения.

3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что определяют взаимное расположение луча и свариваемого стыка кругового соединения по контрольным точкам несколько раз, поворачивая развертку относительно оси стыка на угол  $\alpha = 360/2n$ .

10

15

20

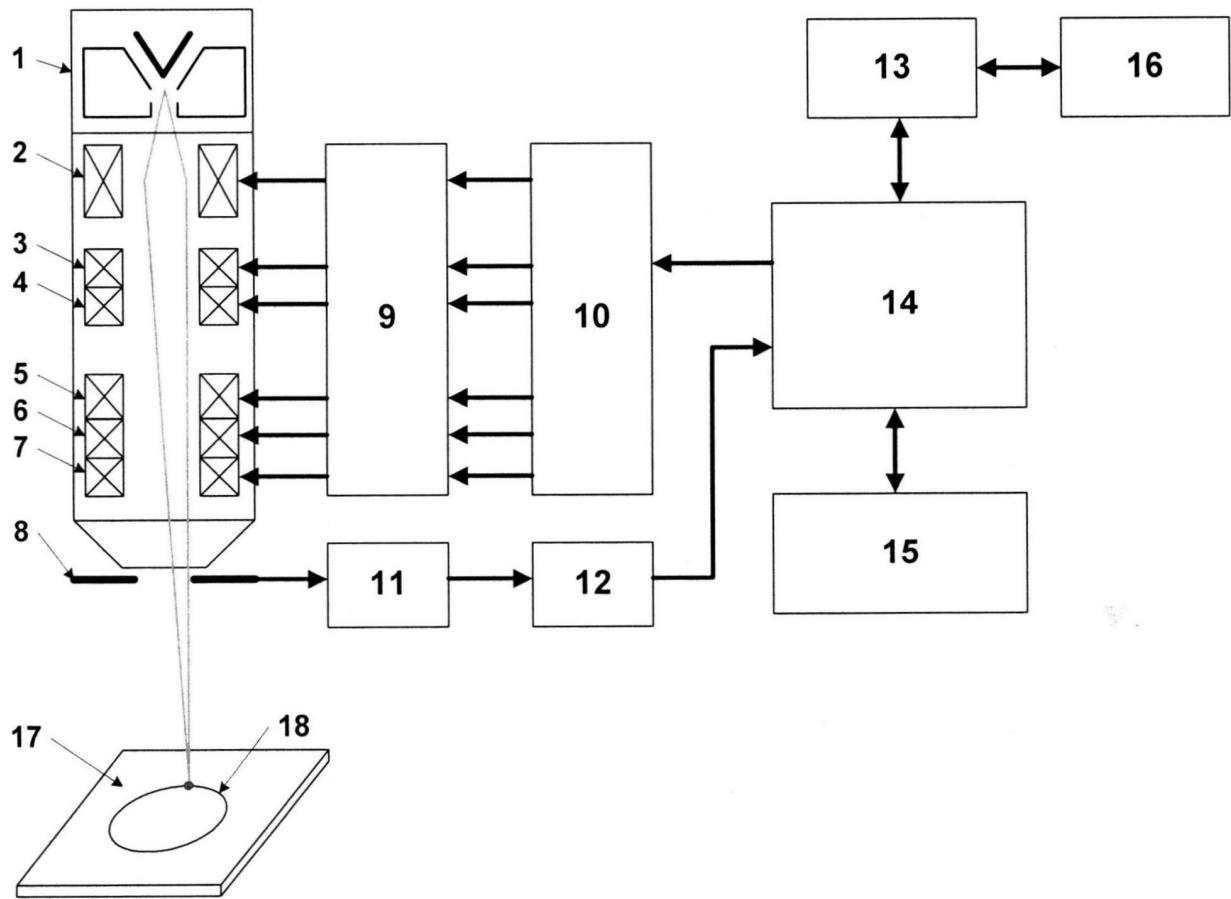
25

30

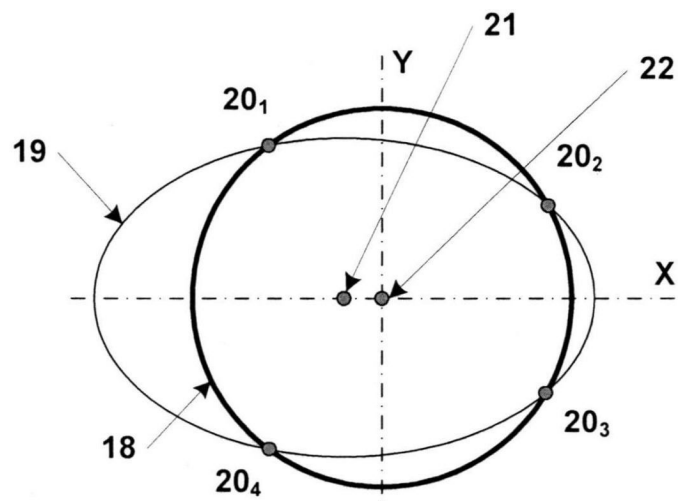
35

40

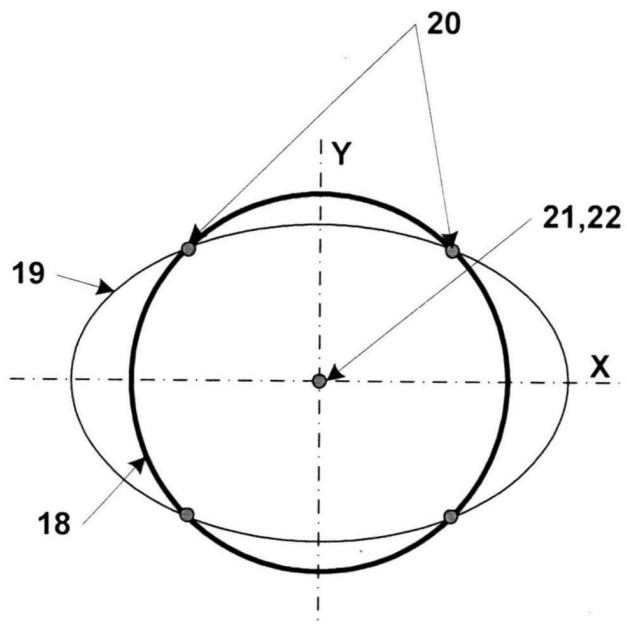
45



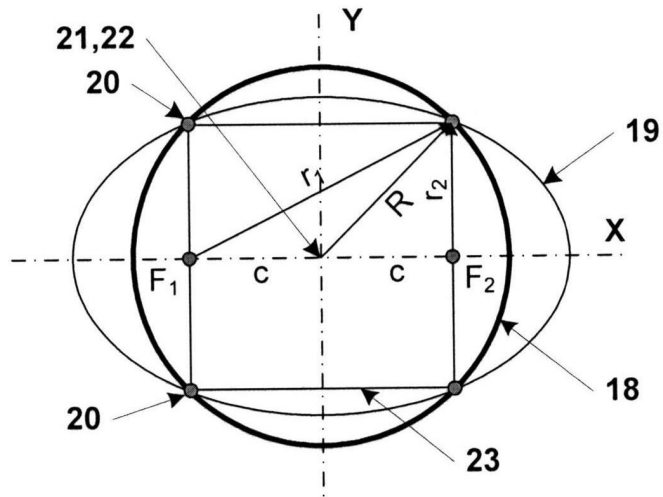
Фиг.1



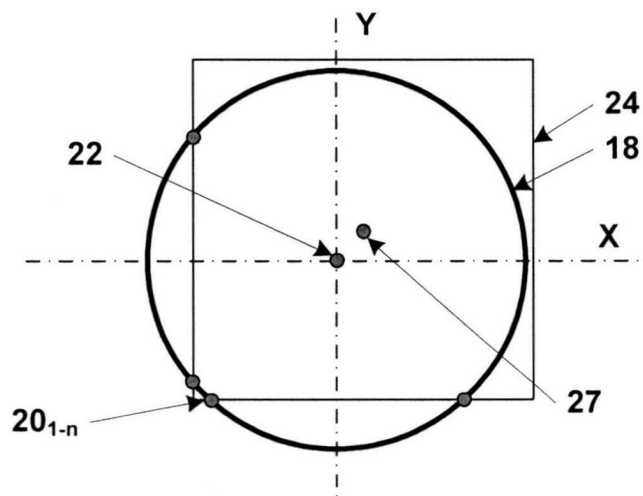
Фиг.3



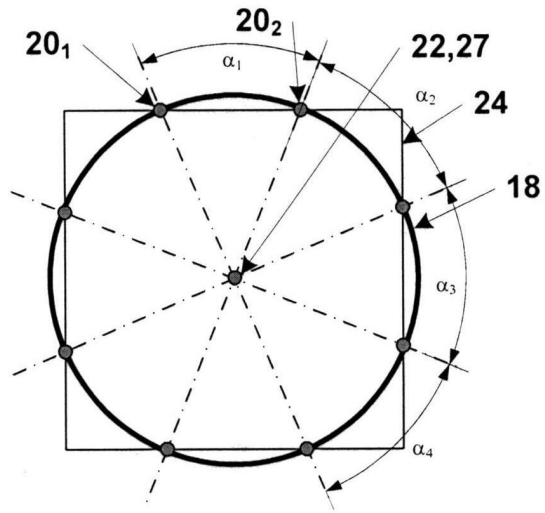
Фиг. 4



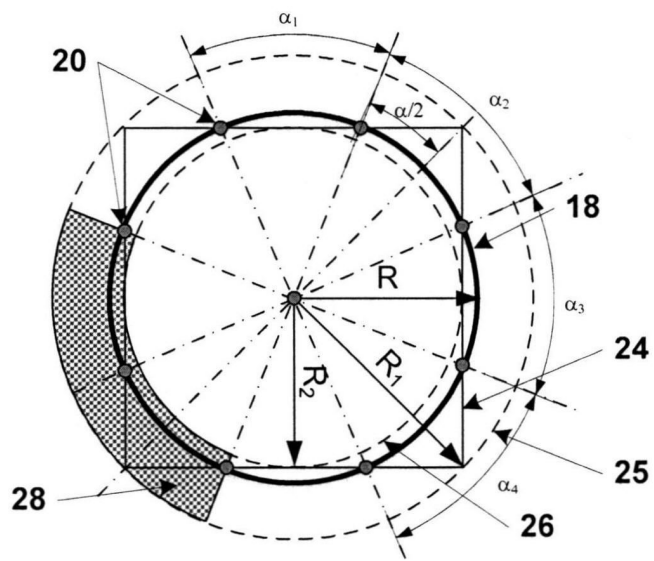
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8