



(51) МПК

*B23K 26/21* (2014.01)*B23K 26/323* (2014.01)*B23K 33/00* (2006.01)*B23K 26/60* (2014.01)*B23K 26/70* (2014.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013137994/02, 13.08.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
13.08.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.08.2013

(43) Дата публикации заявки: 20.02.2015 Бюл. № 5

(45) Опубликовано: 10.06.2015 Бюл. № 16

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2458768 C1, 20.08.2012. SU 863234 A1, 15.09.1981. SU 745103 A1, 15.06.1990. JP 2003126978 A, 08.05.2003. US 6060682 A, 09.05.2000

Адрес для переписки:

456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул.  
Васильева, 13, ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ им.  
академ. Е.И. Забабахина", Отдел  
интеллектуальной собственности, Кацману К.Б.,  
а/я 245

(72) Автор(ы):

Гареев Игорь Святославович (RU),

Писарев Максим Сергеевич (RU),

Собко Сергей Аркадьевич (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"  
(ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И.  
Забабахина") (RU)

## (54) СПОСОБ СВАРКИ ДЕТАЛЕЙ РАЗНОЙ ТОЛЩИНЫ ИЗ РАЗНОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

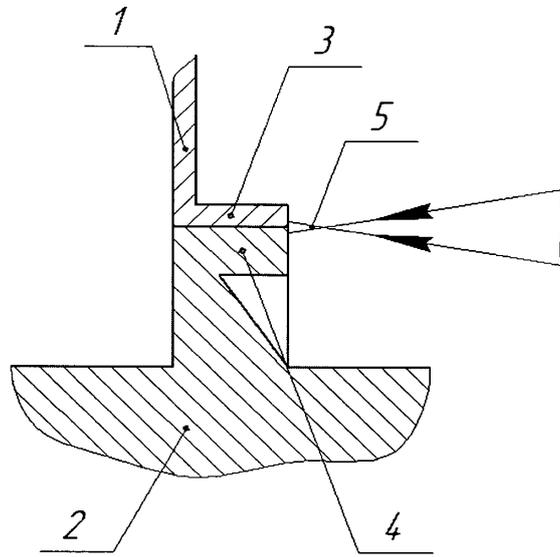
(57) Реферат:

Способ сварки деталей 1 и 2 разной толщины из разнородных металлов может быть использован в авиастроении, приборостроении, в атомной энергетике. Формируют технологические бурты 3 и 4 на толстостенной 2 и тонкостенной 1 деталях. Высота бурта 3 в 3-4 раза больше толщины детали 1. Высота бурта 4 равна высоте бурта 3. Толщину бурта 4 определяют по формуле  $S_2=(1+\Delta) \cdot S_1$ . Поверхности

контакта буртов 3 и 4 обрабатывают ультразвуком в этиловом спирте. Детали 1 и 2 закрепляют в сварочном приспособлении. Обеспечивают зазор в стыке и смещение буртов 3 и 4 менее 10% толщины детали 1. Лазерный луч 5 направляют на стык буртов 3 и 4. Изобретение позволяет повысить прочность сварного шва за счет выполнения рациональной конструкции технологических буртов 3 и 4. 2 з.п. ф-лы, 4 ил.

RU 2 552 823 C 2

RU 2 552 823 C 2



Фиг.2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

*B23K 26/21* (2014.01)*B23K 26/323* (2014.01)*B23K 33/00* (2006.01)*B23K 26/60* (2014.01)*B23K 26/70* (2014.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2013137994/02, 13.08.2013

(24) Effective date for property rights:  
13.08.2013

Priority:

(22) Date of filing: 13.08.2013

(43) Application published: 20.02.2015 Bull. № 5

(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, Katsmanu K.B., a/ja 245

(72) Inventor(s):

Gareev Igor' Svjatoslavovich (RU),  
Pisarev Maksim Sergeevich (RU),  
Sobko Sergej Arkad'evich (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 Tekhnicheskoy Fiziki imeni akademika  
E.I. Zababakhina" (FGUP "RFJaTs-VNIITF im.  
akadem. E.I. Zababakhina") (RU)

**(54) METHOD OF WELDING PARTS WITH DIFFERENT THICKNESS OUT OF DISSIMILAR METALS**

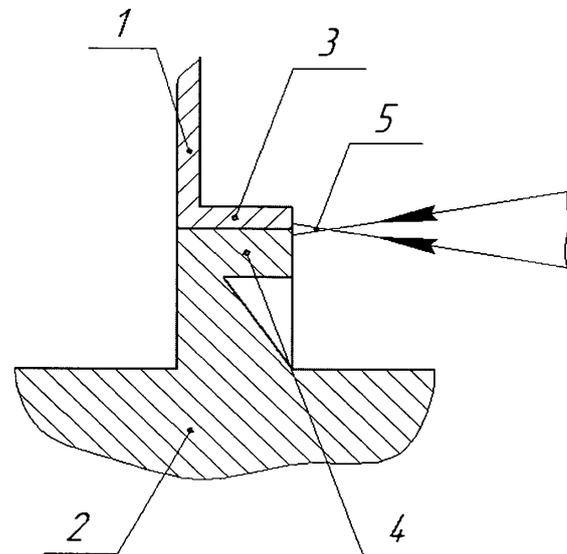
(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: temporary beads 3 and 4 are made on thick 2 and thin 1 parts. The bead 3 height is by 3-4 times higher than thickness of part 1. Height of bead 4 is equal to height of bead 3. Bead 4 thickness is determined by equation  $S_2=(1+\Delta)\cdot S_1$ . Beads 3 and 4 contact surface is treated by ultrasound in ethyl alcohol. Parts 1 and 2 are secured in welding fixture. Butt joint gap and beads 3 and 4 shift at least 10% of part 1 thickness are ensured. Laser beam 5 is directed to butt joint of beads 3 and 4.

EFFECT: invention increases weld strength due to rational design of the temporary beads.

3 cl, 4 dwg



Фиг.2

Изобретение относится к области сварочного производства, в частности к технологии сварки деталей разной толщины, выполненных из разнородных металлов. Изобретение может быть использовано в машиностроении, авиастроении, приборостроении, в атомной энергетике и других отраслях промышленности.

5 Предшествующий уровень техники

Известен способ лазерной сварки деталей из разнородных металлов (патент РФ №2415739 от 10.04.2011, В23К 26/40, В23К 9/23, В23К 33/00, авторы Звездин В.В., Исрафилов И.Х., Велиев Д.Э.). Способ заключается в том, что плоскость стыкового соединения деталей из разнородных металлов выполняют наклонной по касательной к сегменту зоны термического влияния сварного шва. Лазерное излучение фокусируют на более тугоплавкий материал на расстоянии от стыковой плоскости. Угол наклона плоскости стыкового соединения и расстояние фокусировки рассчитывают из условия обеспечения отсутствия испарения легкоплавкого материала.

Недостатком данного способа из-за неравномерности нагрева деталей с разным коэффициентом термического расширения является склонность к накоплению сварочных напряжений и деформаций. Это может привести к снижению прочности сварных соединений.

В качестве прототипа для способа был выбран способ дуговой сварки неплавящимся электродом (патент РФ №2458768 от 20.08.2012, В23К 31/02, авторы Трегубов В.И., Заболотнов В.М., Хабаров А.Н., Гаевский В.В.). В способе изготовления тонкостенной осесимметричной сварной конструкции с толстостенными навесными элементами в трубных толстостенных заготовках навесных элементов в местах их приварки формируют технологические буртики толщиной и шириной, равной толщине трубчатого каркаса. Осуществляют предварительную сборку, собранную конструкцию закрепляют на установке сварки в сварочном приспособлении, фиксируют каждый элемент прихватками. Осуществляют автоматическую сварку в среде защитных газов.

Недостатком данного способа является высокая вероятность образования прожога в тонкостенной детали и ее несплавление с толстостенной, что снижает прочность и нарушает герметичность сварного шва. При сварке деталей разной толщины это происходит, как правило, в связи с увеличенным тепловым расширением металла тонкой кромки, что приводит к ее местному короблению и появлению зазора между деталями, тонкая кромка перегревается - образуется прожог. Кроме этого, смещение теплового потока на более массивную деталь не всегда обеспечивает получение качественного сварного шва, так как возможно несплавление свариваемых кромок. Поэтому при сварке разнотолщинных деталей, для получения стабильного результата целесообразней рассматривать стыковое соединение с отбортовкой кромок.

Раскрытие изобретения

Задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является разработка способа сварки деталей разной толщины из разнородных металлов, который обеспечивает получение герметичных неразъемных соединений с повышенным качеством сварного шва.

Технический результат, достигаемый при решении этой задачи, заключается в повышении прочности сварного шва за счет выполнения рациональной конструкции технологических буртов, обеспечении равномерного нагрева свариваемых деталей и исключении деформации сварного шва.

Для получения указанного технического результата в способе сварки деталей разной толщины в среде инертных газов, включающем формирование технологического бурта на толстостенной детали, сборку деталей в сварочном приспособлении, прихватку,

сварку деталей, согласно изобретению формируют технологический бурт на тонкостенной детали, с высотой бурта в 3-4 раза больше толщины самой детали. Формируют бурт на толстостенной детали с высотой, равной высоте бурта тонкостенной детали, с толщиной, зависящей от коэффициента отражения свариваемых деталей по формуле  $S_2=(1+\Delta)\cdot S_1$ , где  $\Delta=R_2-R_1$ ,  $R_1$  - коэффициент отражения толстостенной детали,  $R_2$  - коэффициент отражения тонкостенной детали,  $S_1$  - толщина бурта тонкостенной детали,  $S_2$  - толщина бурта толстостенной детали. Сваривают детали из разнородных металлов лазерным лучом, при этом лазерный луч направляют на стык буртов свариваемых деталей.

Совокупность перечисленных существенных признаков обеспечивает получение технического результата - равномерный нагрев свариваемых деталей и снижение перегрева тонкостенной детали и деформации, а также исключение несплавлений и прожогов в сварном шве, следовательно, повышение прочности сварного шва.

Перед сборкой поверхности контакта буртов можно подвергнуть ультразвуковой обработке в этиловом спирте. Этим очищают свариваемые поверхности от загрязнений, и таким образом исключают влияние адсорбированных атомов внешней среды на качество шва. Без загрязнений качество шва улучшается.

Сборку выполнять можно с допущением зазора в стыке и смещений по высоте свариваемых буртов, не превышающих 10% от толщины тонкостенной детали. При этом обеспечивают плотный контакт свариваемых буртов, исключают образование воздушных полостей между буртами, наличие которых являются причиной прожога бурта тонкостенной детали. Отсутствие зазоров улучшает качество шва.

Для того чтобы обеспечить возможность сварки разнородных металлов, в том числе в инертной среде, необходимо учитывать их теплофизические и физико-химические характеристики.

Для соединения тонкостенной и толстостенной деталей целесообразно применение способа сварки с минимальным тепловложением - лазерная или лазерная импульсная сварка.

Данный способ позволяет получить надежное соединение из разнородных металлов только при выдерживании указанных параметров буртов. Причем геометрические размеры буртов подобраны с учетом теплофизических свойств соединяемых металлов.

Краткое описание фигур чертежа

На фиг.1 показано поперечное сечение свариваемых деталей с выполненными технологическими буртами.

На фиг.2 показано соединение деталей перед сваркой.

На фиг.3 показано поперечное сечение сварного соединения М1+12Х18Н10Т.

На фиг.4 показано поперечное сечение сварного соединения НП2+12Х18Н10Т.

Варианты осуществления изобретения

В качестве материала тонкостенной детали применяют медь марки М1 ГОСТ 1173-2006 и никель марки НП2 ГОСТ 2170-73.

Материал толстостенной детали - нержавеющей сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 4986-79.

Таким образом, в данной работе авторы рассматривают сварку деталей разной толщины из разнородных металлов в следующем сочетании: М1+12Х18Н10Т и НП2+12Х18Н10Т.

На фиг.1 представлены тонкостенная деталь 1 и толстостенная деталь 2, на которых выполнены технологические бурты 3 и 4. В рассматриваемом варианте выполнения сварки геометрические размеры свариваемых деталей 1 и 2 весьма малы, поэтому для

экспериментального подтверждения правильности предлагаемой сварной конструкции в качестве примера рассматривают импульсную лазерную сварку.

Толщину бурта 4 детали 2 определяют по формуле:  $S_2=(1+\Delta)\cdot S_1$ , где  $\Delta=R_2-R_1$ ,  $R_1$  - коэффициент отражения детали 2,  $R_2$  - коэффициент отражения детали 1,  $S_1$  - толщина бурта 3 детали 1,  $S_2$  - толщина бурта 4 детали 2. Коэффициент отражения меди детали 1 составляет  $R_2=0,91$ , часть энергии лазерного луча 5 отражается поверхностью детали 1. При этом поглощается меньше энергии лазерного луча 5 буртом 3 и он меньше нагревается. Коэффициент отражения нержавеющей стали меньше, чем у меди, следовательно, бурт 4 поглощает больше энергии, чем бурт 3. Поэтому, для равномерного нагрева буртов 3 и 4 необходимо, чтобы толщина бурта 4 была больше толщины бурта 3. Поэтому, чтобы обеспечить равномерное расплавление буртов 3 и 4 свариваемых деталей 1 и 2, учитывают коэффициенты отражения свариваемых деталей 1 и 2.

Импульсную лазерную сварку разнотолщинных деталей 1 и 2 осуществляют следующим образом. Формируют технологический бурт 3 высотой в 3-4 раза больше толщины детали 1. Формируют бурт 4 высотой, равной высоте бурта 3, толщиной, зависящей от коэффициента отражения свариваемых деталей 1 и 2 по формуле  $S_2=(1+\Delta)\cdot S_1$ .

Если толщина  $S_2$  бурта 4 детали 2 меньше толщины  $S_1$  бурта 3 детали 1, это приводит к неравномерному нагреву деталей 1 и 2 при сварке, следовательно, к отсутствию взаимного расплавления буртов 3 и 4 и формированию сварных швов 6 и 7 нестабильного качества.

Если высота бурта 3 детали 1 меньше 3-4 толщины самой детали 1, то материала бурта 3 недостаточно для формирования номинального сечения сварного шва 6 и образуются несплавления или подрезы, что может ухудшить качество сварного шва 6. Если же высота бурта 3 детали 1 больше 3-4 толщины самой детали 1, то происходит неполное расплавление бурта 3 с искажением формы сварного шва 6, так как образуется избыток материала для формирования сварного шва 6.

Форма бурта 4 объясняется тем, что необходимо уменьшить тепловое воздействие на деталь 2 при сварке и обеспечить более равномерный нагрев буртов 3 и 4.

Перед сборкой поверхности контакта буртов 3 и 4 подвергают ультразвуковой обработке в этиловом спирте. Свариваемые детали 1 и 2 устанавливают в специальном сборочно-сварочном приспособлении, обеспечивают плотный контакт поверхностей буртов 3 и 4 таким образом, как это показано на фиг.2. При этом зазор и смещение свариваемых буртов 3 и 4 не превышает 10% от толщины детали 1. Сборочно-сварочное приспособление обеспечивает беспрепятственный доступ лазерного луча 5 и защитного газа в зону сварки. Для защиты в процессе сварки сварных швов 6, 7 (на фиг.3 и 4) от окисления используют инертный газ. Далее лазерный луч 5 направляют на стык буртов 3, 4 и осуществляют прихватку детали 1 с деталью 2 отдельными точками в нескольких местах, равноудаленных друг от друга. Прихватку выполняют на том же режиме, на котором затем выполняют сварку.

Сварку выполняют по стыку деталей 1 и 2. В процессе взаимодействия лазерного луча 5 со свариваемыми буртами 3 и 4 производят их нагрев и дальнейшее расплавление. Различие теплофизических свойств и коэффициентов отражения лазерного луча 5 компенсируют формой выполнения буртов 3, 4 и их геометрическими размерами. В результате сварные швы 6 и 7 формируют с равномерным оплавлением технологических буртов 3 и 4 свариваемых деталей 1 и 2.

Как показано на фиг.3, металл шва 6 плотный, без дефектов. В сварном шве 6 происходит взаимное расплавление меди бурта 3 и нержавеющей стали бурта 4.

Как показано на фиг.4, более стабильное формирование сварного шва 7 наблюдается при соединении никеля бурта 3 с нержавеющей сталью бурта 4. Характерной особенностью микроструктуры сварного шва 7 является дендритное или, другими словами, литое строение. В околосшовной зоне соединение имеет аустенитную структуру. Границы аустенитных зерен совпадают с границами первичных кристаллов. В сварном шве 7 благодаря высокой стабильности аустенитной структуры вторичная кристаллизация не наблюдается, так как после затвердевания сварной ванны фиксируется первичная структура. Вследствие этого обстоятельства металл шва 7 имеет более однородную структуру, не наблюдается появление внутренних напряжений, которые способствуют развитию микротрещин и, как правило, нарушению герметичности шва 7.

Практика показала, что, при соблюдении требований к сборке деталей 1, 2 и при выдерживании необходимых геометрических размеров буртов 3, 4, сварные швы 6, 7 имеют высокое качество.

Таким образом, выполнение бурта 3 на детали 1 и выполнение бурта 4 на детали 2 позволяет не только повысить стабильность качества сварных швов 6 и 7, но и обеспечить их герметичность. В результате проведенных экспериментов было подтверждено, что при импульсной лазерной сварке деталей 1 и 2 разной толщины из разнородных металлов происходит взаимное расплавление буртов 3 и 4. При этом сварные швы 6 и 7 герметичны, не имеют наружных и внутренних дефектов и дефектов микроструктуры.

#### Промышленная применимость

Наиболее эффективно выглядит использование предложенного способа в силовых узлах конструкций ответственного назначения, где предъявляются высокие требования по обеспечению герметичности сварных соединений. То есть, там где в конструкции присутствует необходимость соединения деталей разной толщины, выполненных из разнородных металлов, и предъявляются повышенные требования к геометрии изделия, в целом, и к качеству сварных швов, в частности.

Предлагаемый вариант конструкции сварного соединения обеспечивает технический эффект, заключающийся в повышении качества сварных соединений.

В целом, рассмотренный вариант выполнения изобретения может быть реализован на существующем в настоящее время оборудовании с использованием имеющихся материалов. Это показывает его работоспособность и подтверждает промышленную применимость.

#### Формула изобретения

1. Способ сварки деталей разной толщины из разнородных металлов в среде инертных газов, включающий формирование технологического бурта на толстостенной детали, сборку деталей в сварочном приспособлении, прихватку и сварку деталей, отличающийся тем, что формируют технологический бурт на тонкостенной детали с высотой бурта в 3 - 4 раза больше ее толщины, а бурт на толстостенной детали формируют с высотой, равной высоте бурта тонкостенной детали, и с толщиной, выбираемой в зависимости от коэффициента отражения свариваемых деталей по формуле  $S_2=(1+\Delta)\cdot S_1$ , где  $\Delta=R_2-R_1$ ,  $R_1$  - коэффициент отражения толстостенной детали,  $R_2$  - коэффициент отражения тонкостенной детали,  $S_1$  - толщина бурта тонкостенной детали,  $S_2$  - толщина бурта толстостенной детали, при этом детали сваривают лазерным лучом, который направляют

на стык упомянутых буртов.

2. Способ сварки деталей по п. 1, отличающийся тем, что перед сборкой поверхности контакта буртов подвергают ультразвуковой обработке в этиловом спирте.

3. Способ сварки деталей по п. 1, отличающийся тем, что сборку выполняют с зазором в стыке и относительным смещением свариваемых буртов по высоте, не превышающем 10% толщины тонкостенной детали.

10

15

20

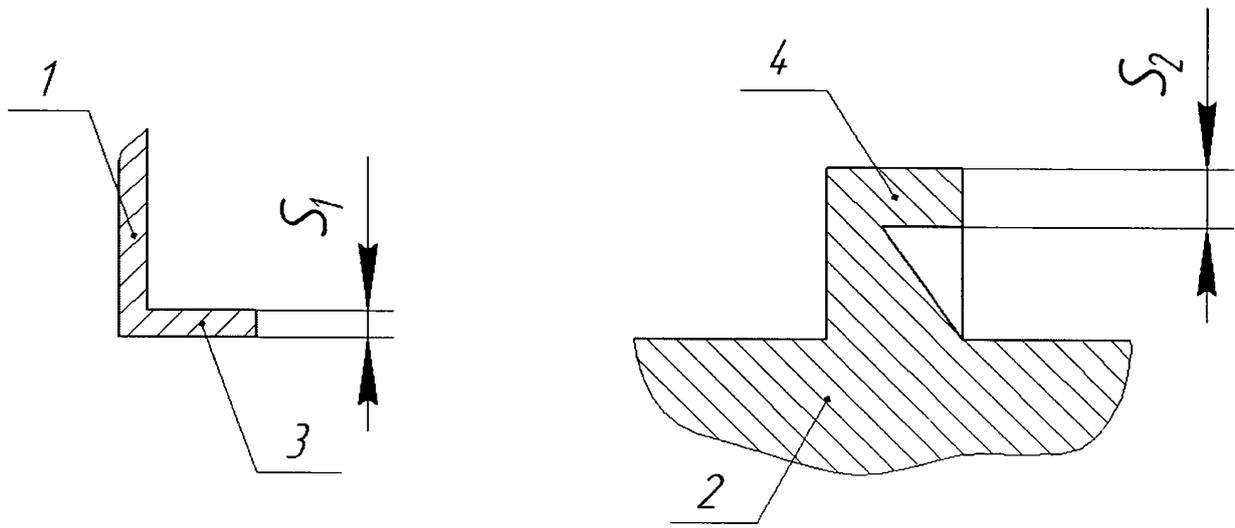
25

30

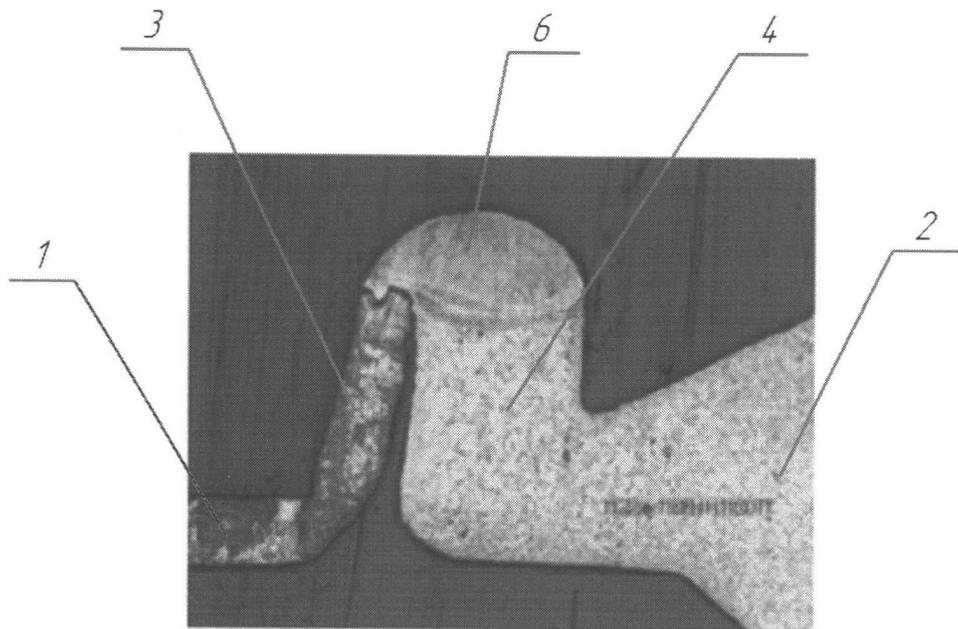
35

40

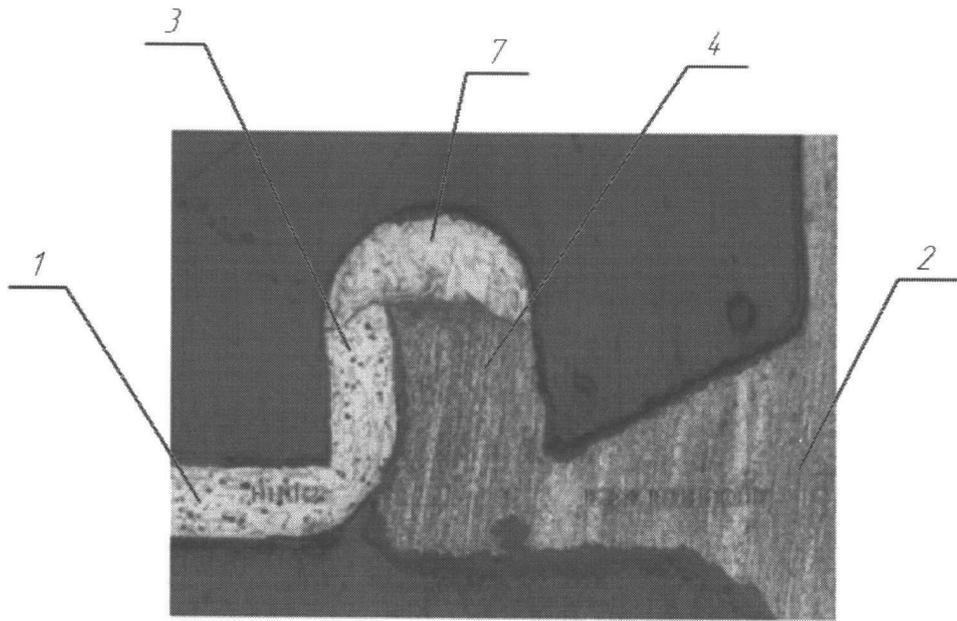
45



Фиг.1



Фиг.3



Фиг.4