



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(51) МПК  
*B23K 33/00* (2006.01)  
*B23K 9/235* (2006.01)  
*B23K 26/42* (2006.01)  
*B23K 10/02* (2006.01)  
*B23K 15/00* (2006.01)  
*B82B 3/00* (2006.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2009122084/02, 09.06.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
09.06.2009

(45) Опубликовано: 27.11.2010 Бюл. № 33

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **Лекции по сварке разнородных разноименных металлов.** - М.: МДНТП, 1973, с.46-51. RU 2284252 C2, 27.09.2006. RU 2290286 C2, 27.12.2005. RU 2174900 C1, 20.10.2001. RU 1665615 C1, 27.10.1995. RU 2197366 C1, 27.01.2003. RU 2062189 C1, 20.06.1996. JP 63144874 A, 17.06.1988. JP 10034340 A, 10.02.1998.

Адрес для переписки:

630090, г.Новосибирск, ул. Институтская, 4/1,  
Институт теоретической и прикладной  
механики им. С.А. Христиановича  
Сибирского отделения Российской академии  
наук (ИТПМ СО РАН)

(72) Автор(ы):

**Черепанов Анатолий Николаевич (RU),  
Оришич Анатолий Митрофанович (RU),  
Афонин Юрий Васильевич (RU),  
Фомин Василий Михайлович (RU),  
Батаев Анатолий Андреевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

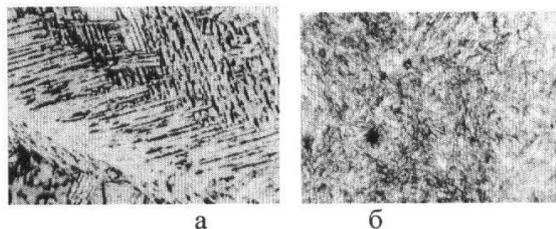
**Институт теоретической и прикладной  
механики им. С.А. Христиановича  
Сибирского отделения Российской академии  
наук (ИТПМ СО РАН) (RU)**

## (54) СПОСОБ СВАРКИ МАТЕРИАЛОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу сварки материалов высокоэнергетическими источниками излучения, например лазерным, плазменным или электроннолучевым, и может быть использован для сварки изделий из тонколистовых и разнородных материалов различного назначения в химической, электронной и радиотехнической промышленности. Перед сваркой осуществляют предварительное проплавление свариваемой зоны материалов. Сварку ведут с одновременным добавлением в зону плавления модификаторов в виде нанопорошковых материалов, выбранных из числа тугоплавких соединений, например нитридов, карбонитридов, оксидов. Концентрация нанопорошкового материала составляет менее 0,1% по массе сварочной ванны.

Нанопорошковые материалы в зону сварки могут быть нанесены в виде суспензии. Способ позволяет осуществлять сварку однородных материалов или разнородных материалов со вставками или без них, а также композиционных материалов со вставками или без них, при этом достигаются повышение качества сварных швов и получение высокопрочных поверхностных слоев. 4 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

*B23K 33/00* (2006.01)*B23K 9/235* (2006.01)*B23K 26/42* (2006.01)*B23K 10/02* (2006.01)*B23K 15/00* (2006.01)*B82B 3/00* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2009122084/02, 09.06.2009**(24) Effective date for property rights:  
**09.06.2009**(45) Date of publication: **27.11.2010 Bull. 33**

Mail address:

**630090, g.Novosibirsk, ul. Institutskaja, 4/1,  
Institut teoreticheskoy i prikladnoj mekhaniki  
im. S.A. Khristianovicha Sibirskogo otdelenija  
Rossijskoj akademii nauk (ITPM SO RAN)**

(72) Inventor(s):

**Cherepanov Anatolij Nikolaevich (RU),  
Orishich Anatolij Mitrofanovich (RU),  
Afonin Jurij Vasil'evich (RU),  
Fomin Vasilij Mikhajlovich (RU),  
Bataev Anatolij Andreevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Institut teoreticheskoy i prikladnoj mekhaniki  
im. S.A. Khristianovicha Sibirskogo otdelenija  
Rossijskoj akademii nauk (ITPM SO RAN) (RU)**

**(54) METHOD OF WELDING MATERIALS**

(57) Abstract:

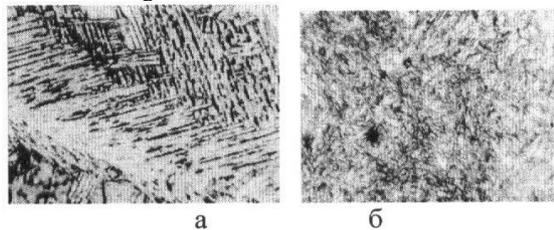
FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention relates to the method of welding materials by high-power radiation sources, e.g. laser, plasma or electron beam, and can be used for welding thin-sheet and diverse materials in various industries. Prior to welding, material edges to be welded are pre-melted. Welding is performed with simultaneous addition of modifiers into melting zone, said modifiers being made up of nanopowders selected from refractory compounds, e.g. nitrides, carbonitrides and oxides. Concentration of nanopowders material makes less than 0.1% by

weight of welding bath. Said nanopowders can represent suspensions.

EFFECT: welding of homogeneous and composite materials, higher quality of welded seams.

5 cl, 2 dwg



Фиг.1

Изобретение относится к области сварки материалов высокоэнергетическими источниками излучения, например лазерным, плазменным, или электроннолучевым методом, и может быть использовано для лазерной сварки изделий различного назначения из тонколистовых материалов в химической, электронной и радиотехнической промышленности, а также при производстве труб. Может использоваться для непосредственного соединения двух однородных или разнородных металлов или сплавов между собой.

Техническая задача сварки металлов состоит в повышении качества сварного соединения и увеличении производительности. Для достижения этих результатов используют, например присадочные материалы или промежуточные вставки, обеспечивающие те или иные свойства сварному шву. Успешному решению этой проблемы может способствовать развитие новых технологий, связанных с воздействием, направленным на формирование внутренней структуры материалов и свойств сварных соединений.

Известен способ лазерной сварки металлов с высокой теплопроводностью и высокой отражающей способностью, в котором на поверхность свариваемого металла со стороны лазерного луча наносят предварительно слой присадочного материала с меньшей отражающей способностью и с более высокой температурой плавления /1/.

Основной недостаток способа заключается в нерегламентированных размерах слоя присадочного материала, в результате чего при некоторых режимах сварки его эффективность невелика и может иметь место снижение коэффициента полезного действия (КПД) сварки и появление дефектов в сварном шве.

Известен способ сварки нержавеющей стали (X15H5Д2Т) с титановым сплавом ОТ4 с применением промежуточной вставки, в качестве которой используется ванадиевый сплав, легированный вольфрамом /В кн.: Лекции по сварке разнородных разноименных металлов. М.: МДНТП, 1973. С 46-51/.

Недостатком метода является необходимость управлять составом металла шва и применять технику сварки, надежно обеспечивающую получение сварных соединений заданного химического состава, т.к. механические свойства таких соединений определяются соотношением легирующих элементов в металле шва.

Задачей предлагаемого способа сварки материалов является повышение качества сварных швов и высокопрочных поверхностных слоев. При выполнении поставленной задачи должны быть учтены все требования, такие как локальный характер теплового воздействия, минимальная термическая деформация, широкий диапазон регулирования энергетических характеристик луча, обеспечивающих жесткий термический режим с высокими скоростями нагрева и охлаждения.

Перспективным направлением развития высокоэнергетических технологий сварки материалов, например лазерной, является совмещение высокоэнергетического воздействия на свариваемые материалы с насыщением их поверхностного слоя легирующими и модифицирующими добавками и создание упрочненного модифицированного слоя с помощью введения в зону сварки, например, тугоплавких наноразмерных частиц порошка. Такие модифицирующие добавки в металлургии называют нанопорошковые иннокуляторы (НПИ).

Поставленная задача выполняется благодаря тому, что способ сварки материалов высокоэнергетическими источниками излучения, например лазерным, плазменным или электроннолучевым, по которому перед сваркой осуществляют предварительное проплавление свариваемой зоны материалов, а сварку ведут с одновременным

добавлением в зону плавления модификаторов в виде нанопорошковых материалов, выбранных из числа тугоплавких соединений, например нитридов, карбонитридов, оксидов, при этом концентрация нанопорошкового материала составляет менее 0,1% по массе сварочной ванны. Нанопорошковые материалы в зону сварки могут быть нанесены в виде суспензии. Способ позволяет осуществлять сварку однородных материалов или разнородных материалов со вставками или без них, а также композиционных материалов со вставками или без них.

Совокупность существенных отличительных признаков не выявлена из существующего уровня техники, позволяет решить поставленную задачу, а также сделать вывод о том, что заявляемое техническое решение соответствует критерию "изобретательский уровень".

На фиг.1 изображена микроструктура сварного шва стали марки Ст 20: а) без добавления нанопорошковых материалов; б) с добавлением нанопорошковых материалов  $TiN+Y_2O_3$ . На фиг.2 - механические характеристики сварного соединения сплава ВТ5 без добавок НПИ и с добавлением НПИ тугоплавких соединений: а) относительное удлинение  $\delta$ ; б) предел прочности  $\sigma_b$  и в) предел текучести  $\sigma_{0,2}$ .

Способ сварки материалов осуществляется следующим образом.

Рассмотрим способ лазерной сварки. Вначале подготавливают свариваемые поверхности. При подготовке свариваемых пластин удаляют пленку оксидов на ширине 20-25 мм по всей длине соединения травлением в растворе NaOH (50 г на 1 л  $H_2O$ ) с последующим осветлением в 30% растворе  $HNO_3$ . После травления детали промывают в горячей воде. Непосредственно перед сваркой соединяемые поверхности зачищают шабером до блеска. Это позволит избежать дефектов при сварке и в первую очередь пористости. В качестве защитной среды при лазерной сварке используют гелий как наиболее эффективный для достижения наибольшего эффекта проплавления либо гелий используют для защиты верхней поверхности сварочной ванны, а нижнюю - защищают аргоном. При этом защита обеих поверхностей при лазерной сварке алюминиевых и титановых сплавов обязательна. Расход гелия не менее 7-8 л/мин, аргона - 5-6 л/мин.

Массовый расход нанопорошкового материала на единицу длины обрабатываемой поверхности составляет  $M_p = \rho p d h$ , кг/м, где  $p$  - массовая доля порошка;  $d$  - ширина сварочного шва,  $h$  - толщина пластин,  $\rho$  - плотность жидкого металла.

#### Пример 1

Рассмотрим сварку материала с параметрами:  $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$ ,  $d = 0,004 \text{ м}$ ,  $h = 0,0015 \text{ м}$ , тогда  $M_p = 7800 \cdot 0,004 \cdot 0,0015 = 0,0468 p$ . Значение величины  $p$  примем аналогично к процессу модифицирования сплавов нанопорошковыми материалами, равным 0,0005. В результате получим  $m_p = 0,0468 \cdot 0,0005 = 2,34 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м} = 0,0234 \text{ г/м}$ . Поскольку в процессе сварки возможно выгорание нанопорошкового материала, то значение этой величины может быть установлено экспериментально.

#### Пример 2

Были проведены экспериментальные исследования влияния тугоплавких механоактивированных нанопорошковых материалов на качество сварных соединений, формирующихся при воздействии на металл лазерного излучения. Обработку образцов из сплавов на основе алюминия, титана и железа проводили на непрерывном  $CO_2$ -лазере в атмосфере гелия. Скорость перемещения луча по обрабатываемой поверхности варьировалась в интервале (2-4) м/мин, мощность излучения - от 2 до 3,5 кВт. Специально подготовленные нанопорошковые материалы и их композиции в виде суспензии наносились на предварительно обработанные

поверхности пластин в количестве менее 0,1% по массе сварочной ванны (проплавляемого металла) в расчете на тугоплавкие соединения. В качестве нанопорошковых материалов использовались различные порошковые композиции с наночастицами TiN, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiC, плакированные соответствующим металлом (хромом, никелем, титаном и др.).

На фиг.1 в качестве примера приведены фотографии шлифов сварного соединения стальных пластин, не содержащего нанопорошковые добавки и модифицированного нанопорошковым материалом TiC<sub>x</sub>N<sub>y</sub>+СтЗ.

Видно, что применение модификатора из нанопорошкового материала изменило как морфологию сварного шва, так и микроструктуру соединения. Размеры кристаллов видманштеттова феррита в сварном шве без модификатора достигают 100÷150 мкм в длину, тогда как в шве с модифицированными добавками не превышают 30÷40 мкм.

Следует отметить, что нанесение нанопорошковых материалов в зону сварки в виде суспензии значительно повышает коэффициент поглощения энергии излучения, что позволяет при той же мощности излучения в 1.5-2 раза увеличить скорость сварки детали.

### Пример 3

Был выполнен цикл исследований влияния модификаторов в виде нанопорошковых материалов на качество сварного соединения титанового сплава BT5. В качестве нанопорошковых материалов использовались тугоплавкие соединения: нитрид титана (TiN), а также их смесь нитрида титана (TiN) с оксидом иттрия (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), плакированные хромом. Концентрация модифицирующей композиции, вводимой в сварочную ванну, составляла менее 0,1% по массе. Подготовленная композиция наносилась в виде суспензии на поверхность свариваемых пластин, толщина которых составляла 2 мм; мощность лазерного луча 2,0 кВт, а скорость сварки 2 м/мин. Было установлено, что применение модификаторов позволяет повысить скорость сварки при той же мощности луча за счет увеличения коэффициента поглощения интенсивности лазерного излучения. При этом повысилось качество соединения (морфология и структура шва), существенно возросли его механические характеристики (прочность на разрыв, предел текучести) как при использовании первой, так и второй модифицирующей добавки (см. фиг.2).

Проведенные эксперименты показали положительное воздействие модификаторов в виде нанопорошковых материалов, выбранных из числа тугоплавких соединений, на макро- и микроструктуру металла и его механические свойства в зоне высокоэнергетического воздействия. Существенно увеличивается коэффициент поглощения, что позволяет в полтора-два раза повысить скорость обработки, уменьшилась зона термического влияния, возросли дисперсность кристаллической структуры и плотность сварного шва.

### Источники информации

1. Патент RU №2133662, В23К 26/00, 1998 г.

2. Кн.: Лекции по сварке разнородных разноименных металлов. М.: МДНТП, 1973, с.46-51 - прототип.

### Формула изобретения

1. Способ сварки материалов, включающий сварку материалов высокоэнергетическими источниками излучения, например лазерным, плазменным или электронно-лучевым, по которому перед сваркой осуществляют предварительное

проплавление свариваемой зоны материалов, отличающийся тем, что сварку ведут с одновременным добавлением в зону сварки модификаторов в виде нанопорошковых материалов, выбранных из числа тугоплавких соединений, например нитридов, карбонитридов, оксидов, при этом концентрация нанопорошкового материала составляет менее 0,1% по массе сварочной ванны.

2. Способ сварки материалов по п.1, отличающийся тем, что сварку материалов ведут в защитной среде гелия обеих поверхностей.

3. Способ сварки материалов по п.1, отличающийся тем, что нанопорошковые материалы в зону сварки наносят в виде суспензии.

4. Способ сварки материалов по одному из п.1, 2, 3, отличающийся тем, что осуществляют сварку однородных материалов со вставками или без них.

5. Способ сварки материалов по одному из пп.1, 2, 3, отличающийся тем, что осуществляют сварку разнородных материалов со вставками или без них.

5

10

15

20

25

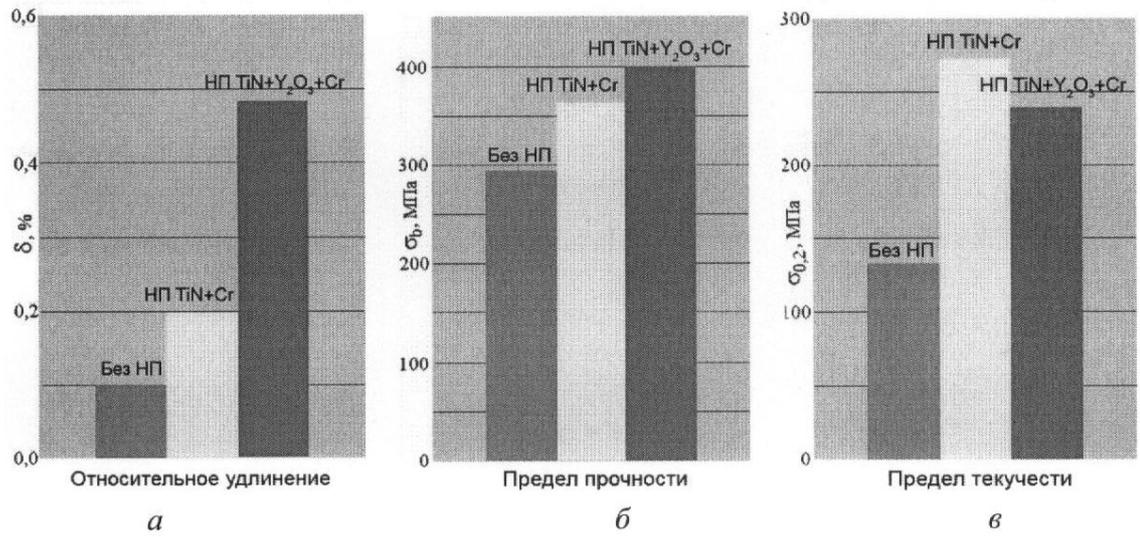
30

35

40

45

50



Фиг. 2