

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **028399**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2017.11.30

(21) Номер заявки
201500289

(22) Дата подачи заявки
2015.02.20

(51) Int. Cl. **B23K 26/32** (2014.01)
B23K 26/70 (2014.01)
B23K 33/00 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ РАЗНОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**

(43) **2016.08.31**

(96) **2015/EA/0027 (BY) 2015.02.20**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(BY)**

(56) RU-C2-2415739
RU-C2-2357841
RU-C1-2404887
US-B2-7189941
WO-A1-2012123740

(72) Изобретатель:
**Лапковский Александр Сергеевич,
Девойно Олег Георгиевич,
Пантелеенко Федор Иванович,
Веремей Павел Валерьянович (BY)**

(57) Изобретение относится к способам сварки разнородных металлов лазерным излучением и может быть использовано в том числе в областях автомобиле- и машиностроения. Задачей, решаемой изобретением, является повышение скоростей сварки, увеличение соотношения глубины к ширине сварного шва, снижение разнородности сварного соединения в разных направлениях. Поставленная задача достигается тем, что в способе лазерной сварки деталей из разнородных металлов, при котором лазерное излучение фокусируют на более тугоплавкий металл на расстоянии от стыковой поверхности, предварительно на образце тугоплавкого металла определяют режимы сварки, обеспечивающие кинжальное проплавление, конфигурацию шва в поперечном сечении, в соответствии с которой выполняют разделку кромок, затем проводят сварку, фокусируя лазерное излучение на расстоянии от стыковой поверхности, обеспечивающем примыкания ванны расплава к стыку.

B1

028399

028399

B1

Изобретение относится к способам сварки разнородных металлов лазерным излучением и может быть использовано в том числе в областях автомобиле- и машиностроения.

Известен способ сварки металлических листов различной толщины [1], при котором металлические пластины устанавливаются встык и свариваются лазерным лучом. В процессе сварки луч лазера движется по траектории, смещенной относительно стыка в сторону толстого листа. Величина смещения составляет 0,1...0,4 мм от стыка листов. В процессе лазерной сварки на первом этапе происходит плавление кромки более толстого листа, а кромка тонкого листа временно служит подушкой для расплава и может быть использована для вдавливания в расплав, что снижает требования к точности разделки (пригонки) кромок свариваемых листов.

Указанный способ не может быть использован при сварке листов разнородных металлов одинаковой толщины, так как со сдвигом точки фокусировки от сварного шва имеет место неравномерный прогрев зоны сварного шва вследствие разных условий теплоотвода в глубине и на поверхности свариваемых листов. Это, как правило, приводит к перегреву отдельных зон сварного шва, формированию неоптимальной структуры, образованию пор и других дефектов, снижающих прочность сварного соединения.

Наиболее близким к заявляемому является способ лазерной сварки деталей из разнородных металлов [2], при котором плоскость стыкового соединения выполняют наклонной по касательной к сегменту зоны термического влияния сварного шва, а лазерное излучение фокусируют на более тугоплавкий металл на расстоянии от стыковой плоскости, при этом угол наклона плоскости стыкового соединения и расстояние фокусировки рассчитывают из условия испарения легкоплавкого металла и проводят сварку металлов в режиме сварки проводимостью.

Недостатком прототипа является то, что при осуществлении способа лазерную сварку проводят в режиме сварки проводимостью, который характеризуется пониженными скоростями сварки, а полученные швы имеют малое соотношение глубины к ширине. Кроме того, наклонная плоскость сварки может приводить к разнородности сварного соединения в разных направлениях.

Задачей, решаемой изобретением, является повышение скоростей сварки, увеличение соотношения глубины к ширине сварного шва, снижение разнородности сварного соединения в разных направлениях.

Поставленная задача достигается тем, что в способе лазерной сварки деталей из разнородных металлов, при котором лазерное излучение фокусируют на более тугоплавкий металл на расстоянии от стыковой поверхности, предварительно на образце тугоплавкого металла определяют режимы сварки, обеспечивающие кинжальное проплавление, конфигурацию шва в поперечном сечении, в соответствии с которой выполняют разделку кромок, затем проводят сварку, фокусируя лазерное излучение на расстоянии от стыковой поверхности, обеспечивающим примыкание ванны расплава к стыку.

Сущность изобретения поясняется чертежом, на котором представлена схема сварки.

При осуществлении заявленного способа в процессе лазерной сварки в режиме кинжального проплавления ванна 1 расплава формируется в зоне фокусировки лазерного луча 2 на тугоплавком металле 3. К ванне расплава примыкает зона плавления более легкоплавкого металла 4. За счет теплопроводности происходит плавление более легкоплавкого металла 4, частичное перемешивание расплава и при кристаллизации образование прочного сварного соединения. Конфигурация зоны расплава в поперечном сечении при оптимальном режиме является прямолинейной в центральной части с расширением в нижней и верхней зонах, что связано с ухудшением теплоотвода в этих областях.

Если разделка стыка не эквидистантна ванне расплава, в разных зонах сварного соединения разнородных металлов имеет место существенное различие термических циклов, что снижает качества сварного соединения. Так, при прямолинейной форме стыка и при его положении, соответствующем примыканию к зоне плавления в центральной части, имеет место перегрев зон сварного соединения в верхней и нижней частях (в наибольшей степени перегрев легкоплавкого металла 4), что может приводить к возникновению дефектов сварного шва в указанных зонах, например повышенной пористости, увеличению напряжений, что может привести к образованию холодных и горячих трещин. Если прямолинейный стык находится в зоне примыкания к ванне 1 расплава верхних и нижних частей, то соединение в средней части произойдет в режиме пайки жидкого легкоплавкого металла 4 к твердому тугоплавкому металлу 3 или с минимальным перемешиванием расплавов. Это приводит к увеличенному градиенту свойств в зоне соединения и, как следствие, возникновению высокого уровня остаточных напряжений, что, в свою очередь, способствует снижению прочности сварного соединения или образованию трещин.

При смещении точки фокусировки лазерного луча 2 на расстояние 5 от стыка свариваемых металлов, выполненного по предлагаемой конфигурации, меньше заявляемого, происходит перегрев расплава легкоплавкого металла 4, что приводит к его интенсивному испарению, образованию пор в сварном соединении, снижению его прочности.

При смещении точки фокусировки лазерного луча на расстояние 5 от стыка свариваемых металлов, выполненного по предлагаемой конфигурации, больше заявляемого, имеет место непровар, а при плавлении более легкоплавкого металла 4 происходит его припайка к тугоплавкому металлу 3, что приводит к снижению прочности соединения или образованию трещин.

Примеры

Сварку проводили согласно заявляемому способу и по способу прототипу.

При сварке встык по обоим способам применялись образцы углеродистой стали $T_{пл}=1490^{\circ}\text{C}$ и медно-никелевого сплава $T_{пл}=1200^{\circ}\text{C}$ толщиной 2 мм, размером 50×50 мм.

Сварка проводилась излучением волоконного лазера мощностью 1 кВт (фокусное расстояние коллирующей линзы 60 мм, фокусное расстояние фокусирующей линзы 150 мм).

При сварке по заявляемому способу на первом этапе производился выбор режимов, обеспечивающих стабильное кинжальное проплавление тугоплавкого металла (углеродистая сталь) при условии отсутствия дефектов, для этого проводили сварку образцов углеродистой стали на различных режимах. Далее для оценки размеров ванны расплава проводили металлографические исследования. Желаемой зоне проплава соответствовали следующие параметры режима: заглупление фокуса 0,7 мм, мощность 1 кВт, скорость сварки 1600 мм/мин. При этом режиме сварки получена следующая конфигурация шва: ширина в верхних и нижних частях 0,8 мм, в центральной части 0,6 мм; протяженность центральной части 0,6 мм, верхней и нижней частей 0,4 мм.

Затем механическим путем проводили разделку стыков тугоплавкого и легкоплавкого металлов в соответствии с полученными размерами, проводили сварку образцов.

Сварку по способу прототипа проводили на следующих режимах: заглупление фокуса 8 мм (для достижения плавления проводимостью на волоконном лазере), мощность 1 кВт, скорость 500 мм/мин. Угол разделки ($\gamma=12^{\circ}$) и расстояние от точки фокусировки до стыка ($l=1$ мм) определены в соответствии с методикой расчета, указанной в способе прототипе.

Прочность соединений, сваренных по способу прототипу и заявляемому способу, определяли на излом при зажатии образца в тисках и создании изгибающего усилия с помощью динамометрического ключа.

Качество сварного соединения на предмет отсутствия пор и трещин проверяли металлографически с помощью микроскопа Микро 2000.

Результаты испытаний приведены в таблице.

№	Толщина образцов	Расстояние точки фокусировки луча от разделки, мм	Усилие излома, Н	Скорость сварки, м/мин	Качество сварного соединения
1	2	d/2	311	1600	Наличие пор
2	2	d/2-0.15	164	1600	Наличие пор
3	2	d/2+0.15	350	1600	Отсутствие дефектов
4	2	d/2+0.30	73	1600	Частичное несплавление
5	2	Способ прототипа	347	500	Отсутствие дефектов

Как видно из таблицы, прочностные характеристики швов, выраженные в усилии излома образца, полученного по заявляемому способу, соответствуют характеристикам шва, полученного по способу прототипу. Кроме того, таблица демонстрирует влияние соблюдения оптимального расстояния от точки фокусировки до разделки на прочностные характеристики и характер дефектов. Также из режимов обработки видно, что при равных мощностях лазерного источника скорость сварки на указанной толщине для заявляемого способа в 3,2 раза выше в сравнении со способом прототипом. При этом ширина шва и зоны термического влияния существенно меньше. Кроме того, заявленный способ обеспечивает снижение разнородности сварного соединения в различных направлениях.

Источники информации.

1. "Method of laser-welding metal sheets having different thickness", патент №5250783, US, МПК В 23К 26/00, опубликован 05.10.1993.

2. "Способ лазерной сварки деталей из разнородных металлов", патент №2415739, RU, МПК В 23К 26/40, 9/23, 33/00, опубликован 20.04.2011.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ лазерной сварки деталей из разнородных металлов, при котором лазерное излучение фокусируют на более тугоплавкий металл на расстоянии от стыковой поверхности, отличающийся тем, что предварительно на образце тугоплавкого металла определяют режимы сварки, обеспечивающие кинжальное проплавление, конфигурацию шва в поперечном сечении, в соответствии с которой выполняют разделку кромок, затем проводят сварку, фокусируя лазерное излучение на расстоянии от центральной части разделки кромок, равном половине суммы диаметра лазерного луча на поверхности заготовки и ширины центральной части шва, определенной на образце тугоплавкого материала.

