



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B23K 20/08 (2020.02); C23C 10/48 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2019144651, 28.12.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.12.2019

Дата регистрации:
02.07.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.12.2019

(45) Опубликовано: 02.07.2020 Бюл. № 19

Адрес для переписки:

400005, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-кт им. В.И.Ленина, 28, Кузьмину С.В.

(72) Автор(ы):

Гуревич Леонид Моисеевич (RU),
Шморгун Виктор Георгиевич (RU),
Писарев Сергей Петрович (RU),
Богданов Артем Игоревич (RU),
Слаутин Олег Викторович (RU),
Кулевич Виталий Павлович (RU),
Серов Алексей Геннадьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Волгоградский
государственный технический университет"
(ВолгГТУ) (RU)

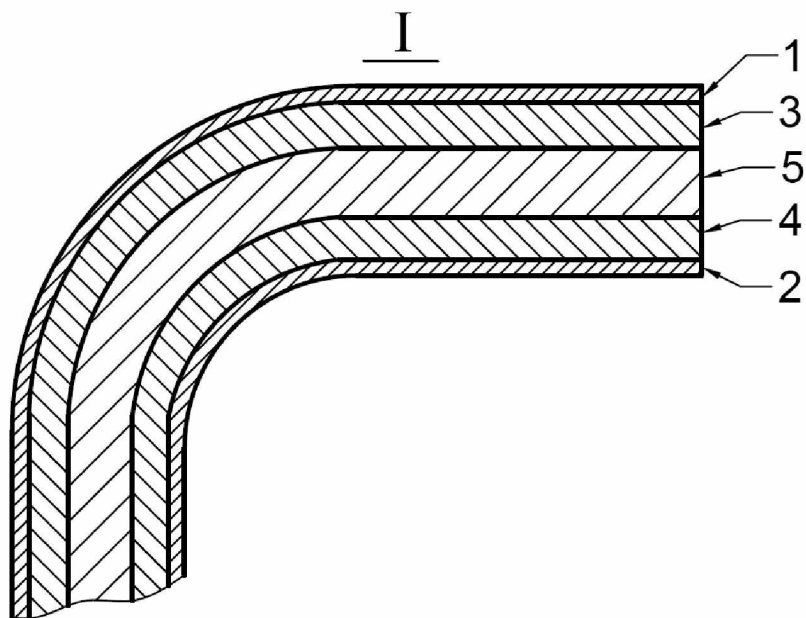
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2486999 C1, 10.07.2003. RU
2649929 C1, 05.04.2018. RU 2243871 C1,
10.01.2005. JP 2000117462 A, 24.05.2000. CN
104859219 A, 26.08.2015.

(54) Способ получения жаростойких покрытий на стали

(57) Реферат:

Изобретение относится к технологии получения покрытий на металлах с помощью энергии взрывчатых веществ и может быть использовано при изготовлении деталей энергетических и химических установок, обладающих повышенной жаростойкостью. Составляют трехслойный пакет, состоящий из неподвижной стальной пластины и симметрично размещенных по обе ее стороны метаемых фехральных пластин, толщиной 0,8-1 мм. Осуществляют сварку взрывом этих пластин при заданной скорости детонации зарядов

взрывчатого вещества. Высоту зарядов взрывчатого вещества и сварочный зазор между пластинами выбирают из условия получения заданной скорости их соударения. Затем проводят алитирование фехральных слоев сваренной заготовки в расплаве силумина марки АЛ2 и термообработку полученной заготовки. Техническим результатом изобретения является повышение рабочей температуры жаростойких покрытий в окислительных газовых средах и упрощение способа получения покрытий. 1 з.п. ф-лы, 2 ил., 1 табл., 3 пр.



Фиг. 2

RU 2 7 2 5 5 0 3 C 1

RU 2 7 2 5 5 0 3 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

B23K 20/08 (2020.02); C23C 10/48 (2020.02)(21)(22) Application: **2019144651, 28.12.2019**(24) Effective date for property rights:
28.12.2019Registration date:
02.07.2020

Priority:

(22) Date of filing: **28.12.2019**(45) Date of publication: **02.07.2020** Bull. № 19

Mail address:

**400005, Volgogradskaya obl., g. Volgograd, pr-kt
im. V.I.Lenina, 28, Kuzminu S.V.**

(72) Inventor(s):

**Gurevich Leonid Moiseevich (RU),
Shmorgun Viktor Georgievich (RU),
Pisarev Sergej Petrovich (RU),
Bogdanov Artem Igorevich (RU),
Slautin Oleg Viktorovich (RU),
Kulevich Vitalij Pavlovich (RU),
Serov Aleksej Gennadevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezh-denie vysshego
obrazovaniya "Volgogradskij gosudarstvennyj
tekhnicheskij universitet" (VolGTU) (RU)**(54) **METHOD OF PRODUCING HEAT-RESISTANT COATINGS ON STEEL**

(57) Abstract:

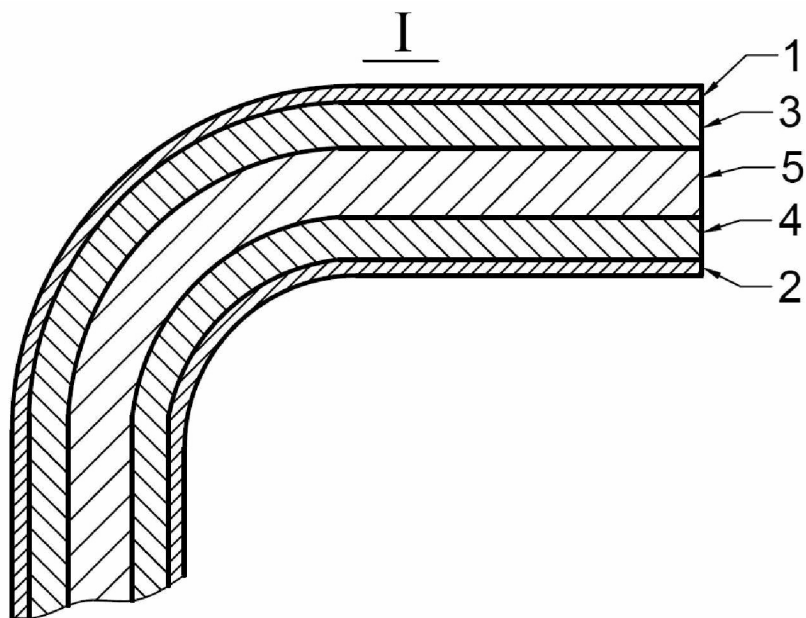
FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: invention relates to the technology of producing coatings on metals using explosive energy and can be used in making parts of power and chemical plants having high heat resistance. A three-layer stack consisting of a fixed steel plate and symmetrically arranged on both sides of the fechral driver plates with thickness of 0.8–1 mm is made. Welding is carried out by explosion of said plates at specified speed of detonation of explosive charges. Height of charges of

explosive substance and welding gap between plates are selected from the condition of obtaining specified speed of their collision. Then aluminizingof fechral layers of welded billet is performed in melt of silumin of AL2 grade and heat treatment of obtained billet.

EFFECT: technical result of the invention is to increase the working temperature of heat-resistant coatings in oxidative gaseous media and simplify the method of producing coatings.

1 cl, 2 dwg, 1 tbl, 3 ex



Фиг. 2

RU 2 7 2 5 5 0 3 C 1

RU 2 7 2 5 5 0 3 C 1

Изобретение относится к технологии получения покрытий на металлах с помощью энергии взрывчатых веществ (ВВ) и может быть использовано при изготовлении деталей энергетических и химических установок, обладающих повышенной жаростойкостью.

Известен способ получения жаростойкого интерметаллидного покрытия на поверхности пластины из низкоуглеродистой стали, при котором алюминиевую пластину размещают между пластинами из низкоуглеродистой стали. На поверхности одной из стальных пластин полученного пакета размещают заряд ВВ и осуществляют его сварку взрывом при регламентированных скоростных режимах соударения пластин и скорости детонации заряда ВВ. Термическую обработку сваренной трехслойной заготовки проводят при температуре 660-665°C в течение 0,7-1 ч, затем охлаждают с печью до температуры 640-650°C, выдерживают при этой температуре 2-3 ч с последующим охлаждением на воздухе, приводящим к самопроизвольному отделению алюминия от слоев низкоуглеродистой стали по интерметаллидным диффузионным прослойкам, с образованием при этом на поверхности каждой из двух стальных пластин сплошного жаростойкого покрытия системы алюминий-железо (Патент РФ №2649920, МПК В23К 20/08, С23С 26/00, опубл. 05.04.2018, бюл. №10).

К недостаткам данного способа следует отнести возможность нанесения таких покрытий лишь с одной стороны плоских стальных изделий, а также недостаточно высокую жаростойкость получаемого по этому способу покрытия, поскольку его допустимая рабочая температура в окислительных газовых средах не превышает 950-1000°C, что весьма ограничивает возможности применения данного способа при изготовлении жаростойких деталей энергетических и химических установок.

Наиболее близким по техническому уровню и достигаемому результату является способ получения покрытия, при котором сваривают взрывом пакет из никелевой пластины с заданной толщиной и стальной пластины, осуществляют горячую прокатку сваренного двухслойного пакета при температуре 900-950°C с обжатием до толщины никелевого слоя, составляющей 0,3-0,5 его исходной толщины. Сваривают взрывом эту биметаллическую заготовку и алюминиевую пластину при скорости детонации заряда ВВ 2000-2700 м/с. Высоту заряда ВВ, а также сварочный зазор между металлической алюминиевой пластиной и никелевым слоем неподвижной биметаллической заготовки выбирают из условия получения скорости их соударения в пределах 420-500 м/с. Термообработку сваренной трехслойной заготовки для образования сплошной интерметаллидной диффузионной прослойки между алюминием и никелем проводят при температуре 600-630°C в течение 1,5-7 ч с охлаждением на воздухе, приводящим к самопроизвольному разделению алюминия и никеля по интерметаллидной диффузионной прослойке. На поверхности стальной пластины получают жаростойкое покрытие из интерметаллидов системы алюминий-никель с малой амплитудой шероховатостей поверхности, имеющее пониженную склонность к образованию трещин при теплосменах, с рабочей температурой в окислительных газовых средах до 1000°C (Патент РФ №2486999, МПК В23К 20/08, С23С 26/00, опубл. 10.07.2013, бюл. №19 - прототип).

Недостатки данного способа такие же, как у описанного выше: возможность нанесения жаростойких покрытий лишь с одной стороны плоских стальных изделий, а также недостаточно высокая жаростойкость получаемого по этому способу покрытия. Его допустимая рабочая температура в окислительных газовых средах не превышает 950-1000°C, что ограничивает возможности применения данного способа при изготовлении жаростойких деталей энергетических и химических установок.

В связи с этим важнейшей задачей является создание нового способа получения

жаростойких покрытий на стальных изделиях, как плоской, так и сложной формы, по новой технологической схеме формирования фазового состава покрытий, их структуры и служебных свойств.

5 Техническим результатом заявленного способа является значительное повышение рабочей температуры жаростойких покрытий в окислительных газовых средах и упрощение способа получения покрытий.

Указанный технический результат достигается в предлагаемом способе получения жаростойких покрытий на стали, включающем составление пакета из неподвижной стальной пластины и метаемой пластины, содержащей материал покрытия,
 10 осуществление сварки взрывом этих пластин, нанесение алюминиевого покрытия, термообработку полученной заготовки для формирования на поверхности пластины, содержащей материал покрытия, диффузионного слоя и охлаждение на воздухе стальной пластины с нанесёнными слоями покрытия, причем упомянутый пакет составляют с симметричным размещением между двумя метаемыми фехрелевыми пластинами,
 15 содержащими материал покрытия, толщиной 0,8-1 мм неподвижной стальной пластины толщиной не менее 3 мм, при этом используют одинаковые заряды взрывчатого вещества, которые располагают с двух сторон пакета на поверхностях фехрелевых пластин, сварку взрывом осуществляют при одновременном инициировании в упомянутых зарядах взрывчатого вещества процесса детонации со скоростью детонации
 20 в каждом из них, равной 2240-2950 м/с, а высоту зарядов взрывчатого вещества и сварочные зазоры между свариваемыми металлами выбирают из условия получения скорости соударения фехрелевых пластин с стальной пластиной в пределах 610-710 м/с, алюминиевые покрытия наносят алитированием обоих фехрелевых слоёв сваренной трёхслойной заготовки в расплаве силумина марки АЛ2 при температуре 720-760 °С в течение 0,1-0,25 ч, полученную при этом заготовку нагревают до температуры 950-1050 °С, выдерживают при этой температуре в течение 15-25 ч с формированием с двух её
 25 сторон жаростойких слоёв, состоящих из продуктов диффузионного взаимодействия компонентов силумина с фехрелевыми слоями.

Способ получения жаростойкого покрытия на стали характеризуется тем, что в
 30 качестве материала для изготовления фехрелевой пластины используют сплав Х15Ю5.

Новый способ имеет существенные отличия по сравнению с прототипом как по используемым материалам и совокупности технологических приёмов и режимов, осуществляемых при реализации способа, по фазовому составу, количеству поверхностей с нанесёнными покрытиями, так и по служебным свойствам получаемых покрытий.

35 Так предложено составлять под сварку взрывом трёхслойный пакет с симметричным размещением между двумя метаемыми фехрелевыми пластинами, содержащими материал покрытия, толщиной 0,8-1 мм неподвижной стальной пластины толщиной не менее 3 мм. Сплав Х15Ю5 является жаростойким, способным работать в окислительных газовых средах при температуре до 1150 °С, но живучесть его при этом не превышает 120 часов.
 40 Поскольку такого времени живучести у ряда изделий, используемых в промышленности недостаточно, то в данном способе для повышения долговечности получаемого покрытия фехрелевый слой сваренной взрывом трёхслойной заготовки предложено алитировать. Перед алитированием, при необходимости, эту заготовку можно подвергнуть формоизменению путём горячей обработки давлением, что не приводит
 45 к ухудшению качества получаемого покрытия.

При толщине каждой фехрелевой пластины менее 0,8 мм в процессе сварки взрывом у них могут происходить неконтролируемые деформации, вероятно появление нарушений сплошности, а их толщина более 1 мм является избыточной, поскольку на

качество покрытия это не влияет, но приводит лишь к удорожанию получаемой продукции.

Толщину неподвижной стальной пластины предложено изготавливать толщиной не менее 3 мм. При толщине стальной пластины менее 3 мм возможны неконтролируемые деформации металлических слоев при сварке взрывом, приводящие к снижению качества получаемой продукции. При её толщине большей 3 мм ухудшения качества сварных соединений и качества получаемой продукции при соблюдении всех предлагаемых технологических режимов не происходит.

Симметричное размещение между двумя метаемыми фехрелевыми пластинами неподвижной стальной пластины в сочетании с использованием одинаковых зарядов ВВ, которые располагают с двух сторон пакета на поверхностях фехрелевых пластин, а также осуществление сварки взрывом при одновременном инициировании в зарядах ВВ процесса детонации способствует получению одинаковых скоростных режимов с двух сторон стальной пластины, и, тем самым, обеспечению качественной сварки обеих фехрелевых пластин со стальной пластиной, исключает неконтролируемые деформации получаемой заготовки.

Предложено использовать при сварке взрывом заряды ВВ со скоростью детонации в каждом из них, равной 2240-2950 м/с, а высоту зарядов взрывчатого вещества и сварочные зазоры между свариваемыми металлами выбирать из условия получения скорости соударения фехрелевых пластин с стальной пластиной в пределах 610-710 м/с, что обеспечивает надежную сварку пластин между собой, исключает нарушение сплошности металлических пластин, появление непроваров и других дефектов при сварке взрывом.

При скорости детонации обеих зарядов ВВ и скорости соударения металлических пластин в трёхслойном пакете выше верхних предлагаемых пределов возможны неконтролируемые деформации металлических слоёв с нарушениями их сплошности, что может привести к невозможности дальнейшего практического использования сваренной при этом заготовки. При скорости детонации зарядов ВВ и скоростях соударения металлических пластин в трёхслойном пакете ниже нижних предлагаемых пределов возможно появление непроваров в зонах соединения металлов, что приводит к появлению брака получаемой продукции.

Предложено алюминиевые покрытия наносить алитированием обеих фехрелевых слоёв сваренной трёхслойной заготовки в расплаве силумина марки АЛ2 при температуре 720-760 °С в течение 0,1-0,25 ч. При необходимости эту заготовку можно предварительно подвергнуть формоизменению.

Операция алитирования обеспечивает необходимые условия для получения сплошных диффузионных слоёв на поверхностях фехрелевых слоёв необходимой толщины и с необходимыми свойствами. В процессе алитирования на предлагаемых режимах силумин АЛ2 переходит в жидкое состояние, при этом весьма существенно увеличивается скорость диффузионных процессов между компонентами, входящими в его состав, и компонентами фехрелевых слоёв, что способствует получению за короткое время этой операции на их поверхностях сплошных многокомпонентных диффузионных слоёв, из которых при дальнейшей термической обработке формируются жаростойкие покрытия с требуемыми свойствами.

При температуре и времени алитирования ниже нижних предлагаемых пределов не обеспечивается необходимая прочность сцепления диффузионных слоёв с фехрелевыми слоями, что может приводить к появлению брака у получаемой продукции. Температура и время алитирования выше верхних предлагаемых пределов являются избыточными,

поскольку это приводит к снижению служебных свойств у получаемых покрытий.

Сплав марки АЛ2 является наиболее подходящим для процесса алитирования фехрелевых слоёв, поскольку обладает высокой жидкотекучестью, способствующей получению сплошных диффузионных слоёв, содержит в необходимом количестве

5 компоненты, способствующие повышению жаростойкости получаемых покрытий.

Алитированную заготовку предложено подвергать термической обработке: нагревать до температуры 950-1050 °С, выдерживать при этой температуре в течение 15-25 ч для формирования на поверхностях фехрелевых слоёв жаростойких слоёв, состоящих из

10 продуктов диффузионного взаимодействия компонентов силумина с фехрелевыми слоями. В процессе такой термической обработки происходит трансформация диффузионных слоёв, полученных при алитировании, в слои, обладающими необходимыми служебными свойствами и толщиной.

При температуре и времени термической обработки ниже нижних предлагаемых пределов жаростойкость получаемых покрытий оказывается недостаточной.

15 Температура и время термической обработки выше верхних предлагаемых пределов являются избыточными, поскольку не приводят к повышению служебных свойств получаемых покрытий.

После термической обработки стальную пластину с нанесёнными с двух её сторон сплошными жаростойкими покрытиями охлаждают на воздухе, поскольку такое

20 охлаждение является наиболее дешевым способом снижения температуры, не приводящим к повреждению полученного по предлагаемому способу покрытия.

На фиг. 1 в качестве примера показан внешний вид стального изделия с внутренней полостью, с нанесёнными на него жаростойкими покрытиями, полученного с

25 применением перед операцией алитирования горячей обработки давлением первоначально плоской заготовки.

На фиг. 2 показана часть поперечного сечения полученного изделия с указанием расположения в нём слоёв, где позиции 1, 2 - наружные слои покрытий, состоящие из

30 продуктов диффузионного взаимодействия компонентов силумина с фехрелевыми слоями, 3, 4- промежуточные фехрелевые слои, 5- стальной слой.

Предлагаемый способ получения жаростойких покрытий на стали осуществляется в следующей последовательности. Очищают от окислов и загрязнений свариваемые

35 металлические пластины и составляют трёхслойный пакет с симметричным размещением между двумя метаемыми фехрелевыми пластинами с толщиной каждой из них 0,8-1 мм, неподвижной стальной пластины с толщиной не менее 3 мм, при этом для изготовления

40 фехрелевых пластин предложено использовать сплав Х15Ю5. Пластины в пакете располагают параллельно друг другу на расстоянии одинаковых технологических сварочных зазоров. Располагают с двух сторон пакета на метаемых фехрелевых пластинах защитные прослойки из высокоэластичного материала, например, из резины, с одинаковыми зарядами ВВ, располагают полученную сборку вертикально на песчаном

45 грунте и осуществляют сварку взрывом полученной при этом сборки путём одновременного взрыва зарядов ВВ с помощью электродетонатора и двух отрезков детонирующих шнуров равной длины. Скорость детонации каждого заряда ВВ должна быть равной 2240-2950 м/с, при этом их высоту, а также сварочные зазоры между соединяемыми металлами выбирают из условия получения скорости соударения

метаемых фехрелевых пластин с стальной пластиной в пределах 610-710 м/с.

После сварки взрывом, например, на фрезерном станке, обрезают у сваренной трёхслойной заготовки боковые кромки с краевыми эффектами, при необходимости подвергают формоизменению, после чего у такой заготовки, закреплённой в

специальном приспособлении, алитировуют фехралевые слои, например, в электропечи, в расплаве силумина марки АЛ2, при температуре 720-760 °С, в течение 0,1-0,25 ч.

Затем полученную заготовку нагревают в электропечи до температуры 950-1050 °С, выдерживают при этой температуре в течение 15-25 ч, после чего стальное изделие с нанесёнными на его поверхности сплошными жаростойкими покрытиями охлаждают на воздухе. В результате с двух сторон стальной, при необходимости формоизменённой вместе с фехралевыми слоями пластины, получают жаростойкие покрытия, каждое из которых состоит из наружного слоя, состоящего из продуктов диффузионного взаимодействия компонентов силумина с фехралевым слоем толщиной 0,2-0,3 мм и промежуточного фехралевого слоя толщиной около 0,7-0,9 мм.

При этом обеспечивается получение жаростойких покрытий на стальных изделиях, как плоской, так и сложной формы, с рабочей температурой жаростойкого покрытия в окислительных газовых средах на 150-200 °С превосходящей рабочую температуру изделий по прототипу.

Кроме этого, происходит упрощение способа получения покрытия за счет его осуществления без использования в технологической схеме дорогостоящего никеля и операции прокатки, с сокращением количества операций сварки взрывом до одной.

Сущность способа поясняется примерами. Все примеры, в том числе и пример по прототипу, приведены в таблице с указанием основных технологических режимов получения покрытий, состава и толщин свариваемых материалов, а также свойств полученного продукта.

Пример 1 (см. таблицу, пример 1).

Очищают от окислов и загрязнений две фехралевые пластины из сплава Х15Ю5, а также пластину из стали 12Х1МФ, из которых составляют трёхслойный пакет с симметричным размещением между двумя метаемыми фехралевыми пластинами неподвижной стальной. Пластины в пакете располагают параллельно друг другу на расстоянии одинаковых технологических сварочных зазоров. Размеры фехралевых пластин: длина 300 мм, ширина 200 мм, толщина $d_1=0,8$ мм. У стальной пластины длина

и ширина такие же, как у фехралевой, но толщина $d_2=3$ мм. При сборке пакета

предварительно, с помощью компьютерной технологии, определяют величину необходимых сварочных зазоров h . Для сварки взрывом пакета выбрано ВВ из рекомендуемого диапазона со скоростью детонации $D_{ВВ}=2240$ м/с. Такую скорость

обеспечивает ВВ, представляющее собой смесь из 50% порошкообразного аммонита 6ЖВ и 50% аммиачной селитры. ВВ помещают в два контейнера длиной каждого из них 320 мм, шириной 220 мм, с обеспечением высоты каждого заряда ВВ $H_{ВВ}=20$ мм.

Располагают с двух сторон пакета на метаемых фехралевых пластинах защитные прослойки из высокоэластичного материала, например, из резины толщиной 2 мм,

защищающие поверхности метаемых фехралевых пластин от повреждений продуктами детонации ВВ, а на их поверхностях устанавливают заряды ВВ. Для получения скорости

соударения металлических слоёв в пределах предлагаемого диапазона, при выбранных параметрах зарядов ВВ, величина сварочного зазора равна: $h=1,5$ мм, что обеспечивает скорость соударения слоёв при сварке взрывом $V=610$ м/с. Располагают полученную

сборку вертикально на песчаном грунте и осуществляют сварку взрывом полученной при этом сборки путём одновременного взрыва зарядов ВВ с помощью электродетонатора и двух отрезков детонирующих шнуров равной длины. После сварки взрывом, например, на фрезерном станке, обрезают у сваренной трёхслойной заготовки боковые кромки с краевыми эффектами. После обрезки длина заготовки 280 мм, ширина

- 180 мм.

Формоизменение сваренной заготовки производили путём горячей штамповки, при этом в ней была сформирована внутренняя полость.

После формоизменения у полученной заготовки очищают от окислов и загрязнений наружные поверхности, закрепляют её в специальном приспособлении и алитруют фехральевые слои, например, в электропечи, в расплаве силумина марки АЛ2, при температуре $t_{ал}=720\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 0,25 ч, затем полученную заготовку нагревают в электропечи до температуры $t_{то}=1050\text{ }^{\circ}\text{C}$, выдерживают при этой температуре в течение $\phi_{то}=15$ ч, после чего стальное изделие с нанесёнными с двух её сторон сплошными жаростойкими покрытиями охлаждают на воздухе. В результате с двух сторон стального изделия с внутренней полостью (см. фиг. 1, 2) получают жаростойкие покрытия, в виде наружных слоёв, состоящих из продуктов диффузионного взаимодействия компонентов силумина с фехральевыми слоями с толщиной каждого $d_{инт}=0,3$ мм и промежуточных слоёв из сплава Х15Ю5 с толщиной каждого $d_{ф}=0,7$ мм.

Допускаемая рабочая температура полученных покрытий на стали в окислительных газовых средах достигает 1150°C , что на $150\text{--}200\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше, чем у изделий, получаемых по прототипу, а живучесть при этой температуре не менее, чем в 30 раз выше, чем у сплава Х15Ю5. Суммарная толщина стального изделия с покрытиями $d_{и}=5$ мм.

Промежуточный фехральевый слой из сплава Х15Ю5 исключает возможность появления микротрещин в стальном слое со стороны наружного слоя покрытия, а также обеспечивает дополнительную защиту стали от окисления в нагретых газовых средах.

Пример 2 (см. таблицу, пример 2).

То же, что в примере 1, но внесены следующие изменения.

Толщина каждой фехральевой пластины $d_1=0,9$ мм, у стальной пластины толщина $d_2=4$ мм. Для сварки взрывом трёхслойного пакета выбрано ВВ из рекомендуемого диапазона со скоростью детонации $D_{вв}=2580$ м/с. Такую скорость обеспечивает ВВ, представляющее собой смесь из 75% порошкообразного аммонита 6ЖВ и 25% аммиачной селитры. ВВ помещают в два контейнера с обеспечением высоты каждого заряда ВВ $H_{вв}=20$ мм. Для получения скорости соударения металлических слоёв в пределах предлагаемого диапазона, при выбранных параметрах заряда ВВ, величина сварочных зазоров равна $h=1,8$ мм, что обеспечивает скорость соударения слоёв при сварке взрывом $V=660$ м/с.

Фехральевые слои алитруют при температуре $t_{ал}=740\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 0,15 ч, затем полученную заготовку нагревают в электропечи до температуры $t_{то}=1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, выдерживают при этой температуре в течение $\phi_{то}=20$ ч.

Результаты получения жаростойких покрытий на стали те же, что в примере 1, но толщина их наружных слоёв $d_{инт}=0,25$ мм, у обоих промежуточных слоёв из сплава Х15Ю5 толщина каждого из них $d_{ф}=0,8$ мм. Суммарная толщина стального изделия с покрытиями $d_{и}$ около 6,1 мм.

Пример 3 (см. таблицу, пример 3).

То же, что в примере 1, но внесены следующие изменения.

Толщина каждой фехральевой пластины $d_1=1$ мм, у стальной пластины толщина $d_2=6$ мм. Для сварки взрывом трёхслойного пакета выбрано ВВ из рекомендуемого диапазона со скоростью детонации $D_{вв}=2950$ м/с. Такую скорость обеспечивает ВВ, представляющее

собой смесь из 75% порошкообразного аммонита 6ЖВ и 25% аммиачной селитры. ВВ помещают в два контейнера с обеспечением высоты каждого заряда ВВ $H_{ВВ}=20$ мм.

Для получения скорости соударения металлических слоёв в пределах предлагаемого диапазона, при выбранных параметрах заряда ВВ, величина сварочных зазоров равна $h=1,2$ мм, что обеспечивает скорость соударения слоёв при сварке взрывом $V=710$ м/с. Перед алитированием формоизменение сваренной трёхслойной заготовки не производилось.

Фехралевые слои алитировуют при температуре $t_{ал}=760$ °С в течение 0,1 ч, затем полученную заготовку нагревают в электропечи до температуры $t_{то}=950$ °С, выдерживают при этой температуре в течение $\phi_{то}=25$ ч.

В результате с двух сторон стального изделия в виде пластины получают жаростойкие покрытия, в виде наружных слоёв, состоящих из продуктов диффузионного взаимодействия компонентов силумина с фехралевыми слоями с толщиной каждого $d_{инт}=0,2$ мм и промежуточных слоёв из сплава X15Ю5 с толщиной каждого $d_{ф}=0,95$ мм. Суммарная толщина стального изделия с покрытиями $d_{и}$ около 8,3 мм.

Таблица

Номер примера	Параметры трёхслойного пакета из металлических пластин	Режимы сварки взрывом пакета из металлических пластин
1	Метаемые фехралевые пластины из сплава X15Ю5, толщина каждой из них $\delta_1=0,8$ мм, плакируемая (неподвижная) пластина из стали 12Х1МФ, её толщина $\delta_2=3$ мм. Длина всех пластин в пакете равна 300 мм, ширина - 200 мм.	Состав ВВ: смесь из аммонита 6ЖВ с аммиачной селитрой в соотношении 1:1. Высота каждого заряда ВВ $H_{ВВ}=20$ мм, скорость их детонации $D_{ВВ}=2240$ м/с, сварочные зазоры между пластинами пакета $h=1,5$ мм, скорость соударения метааемых фехралевых пластин со стальной пластиной $V_c=610$ м/с.
2	То же, что в примере 1, но толщина каждой фехралевой пластины $\delta_1=0,9$ мм, у плакируемой стальной пластины толщина $\delta_2=4$ мм.	Состав ВВ: смесь из аммонита 6ЖВ с аммиачной селитрой в соотношении 3:1. Высота каждого заряда ВВ $H_{ВВ}=20$ мм, скорость их детонации $D_{ВВ}=2580$ м/с, сварочные зазоры между пластинами пакета $h=1,8$ мм, скорость соударения $V_c=660$ м/с.
3	То же, что в примере 1, но толщина каждой фехралевой пластины $\delta_1=1$ мм, у плакируемой стальной пластины толщина $\delta_2=6$ мм.	Состав ВВ: смесь из аммонита 6ЖВ с аммиачной селитрой в соотношении 3:1. Высота каждого заряда ВВ $H_{ВВ}=30$ мм, скорость их детонации $D_{ВВ}=2950$ м/с, сварочные зазоры между пластинами пакета $h=1,2$ мм, скорость соударения $V_c=710$ м/с.
Прототип патент РФ №2486999	Составляют два пакета: в первом метаема пластина из никеля марки НП1, неподвижная – из стали 12Х1МФ. После прокатки сваренного пакета второй пакет составляют из алюминия АД1 и сваренной на первом этапе биметаллической заготовки.	Состав ВВ при сварке обоих пакетов: аммонита 6ЖВ и его смеси с аммиачной селитрой в соотношении 1:1 и 3:1. Скорость детонации у применяемых зарядов ВВ $D_{ВВ}=2000-2700$ м/с, скорости соударения пластин от 420 до 500 м/с.

Продолжение таблицы

Номер примера	Метод формоизменения сваренной заготовки	Режимы алитирования фехралевых слоёв	Режимы термической обработки
1	Горячая штамповка с формированием в заготовке внутренней полости.	Алитирование ведут в расплаве силумина марки АЛ2, при температуре $t_{ал}=720$ °С в течение 0,25 ч.	Температура $t_{то}=1050$ °С с выдержкой при этой температуре в течение $\phi_{то}=15$ ч, охлаждение на воздухе.
2	То же, что в примере 1.	Алитирование при температуре $t_{ал}=740$ °С в течение 0,15 ч	$t_{то}=1050$ °С с выдержкой $\phi_{то}=15$ ч, охлаждение на воздухе.
3	Без формоизменения	Алитирование при температуре $t_{ал}=760$ °С в течение 0,1 ч	$t_{то}=1050$ °С с выдержкой $\phi_{то}=15$ ч, охлаждение на воздухе.
Прототип патент РФ №2486999	Формоизменение осуществляют методом прокатки	Алитирование в данном способе не предусмотрено.	Температура термической обработки 600-630 °С в течение 1,5-7 ч, охлаждение на воздухе.

Продолжение таблицы

Номер примера	Результаты получения жаростойких покрытий на стали
---------------	--

5	1	В результате с двух сторон стального изделия с внутренней полостью получают жаростойкие покрытия, каждое из которых в виде наружного слоя, состоящего из продуктов диффузионного взаимодействия компонентов силумина с фехралевым слоем с толщиной $d_{\text{инт}}=0,3$ мм и промежуточного слоя из сплава X15Ю5 с толщиной $d_{\text{ф}}=0,7$ мм. Допускаемая рабочая температура полученных покрытий в окислительных газовых средах достигает 1150°C , что на $150-200^{\circ}\text{C}$ выше, чем у изделий, получаемых по прототипу, а живучесть при этой температуре не менее, чем в 30 раз выше, чем у сплава X15Ю5. Суммарная толщина стального изделия с покрытиями $d_{\Sigma}=5$ мм.
	2	То же, что в примере 1, но толщина каждого наружного слоя покрытия $d_{\text{инт}}=0,25$ мм, у каждого промежуточного слоя из сплава X15Ю5 толщина $d_{\text{ф}}=0,8$ мм. Суммарная толщина стального изделия с покрытиями d_{Σ} около 6,1 мм.
	3	То же, что в примере 1, но изделие в виде пластины. Толщина каждого наружного слоя $d_{\text{инт}}=0,2$ мм, у каждого промежуточного слоя из сплава X15Ю5 толщина $d_{\text{ф}}=0,95$ мм. Суммарная толщина стального изделия с покрытием d_{Σ} около 8,3 мм.
10	Прототип патент РФ №2486999	Рабочая температура одностороннего покрытия толщиной 0,045-0,065 мм с промежуточным никелевым слоем толщиной 0,3-0,6 мм не превышает $950-1000^{\circ}\text{C}$ что на $150-200^{\circ}\text{C}$ ниже, чем у изделий, получаемых по предлагаемому способу, при этом используют дефицитный и дорогостоящий никель, при осуществлении этого способа требуется дополнительная операция сварки взрывом, а также дорогостоящая операция прокатки.

При получении покрытия по прототипу (патент РФ №2486999) его рабочая температура не превышает $950-1000^{\circ}\text{C}$, что на $150-200^{\circ}\text{C}$ ниже, чем у изделий, получаемых по предлагаемому способу, при этом используют дефицитный и дорогостоящий никель, при осуществлении этого способа требуется дополнительная операция сварки взрывом, а также дорогостоящая операция прокатки.

Таким образом, заявленный способ получения жаростойких покрытий на стали с помощью сварки взрывом трехслойного пакета, состоящего из двух наружных фехралевых и внутренней стальной пластины, с последующим алитированием фехралевых слоев сваренной заготовки в расплаве силумина, а также термической обработкой алитированной заготовки, как плоской, так и сложной формы, является более простым и позволяет получать жаростойкие покрытия со значительно более высокой рабочей температурой в окислительных газовых средах.

(57) Формула изобретения

1. Способ получения жаростойкого покрытия на стали, включающий составление пакета из неподвижной стальной пластины и метаемой пластины, содержащей материал покрытия, осуществление сварки взрывом этих пластин, последующее нанесение алюминиевого покрытия, термообработку полученной заготовки для формирования на поверхности пластины, содержащей материал покрытия, диффузионного слоя и охлаждения на воздухе стальной пластины с нанесёнными слоями покрытия, отличающийся тем, что в качестве метаемой пластины используют фехралевую пластину, при этом упомянутый пакет составляют с симметричным размещением неподвижной стальной пластины толщиной не менее 3 мм между двумя метаемыми фехралевыми пластинами толщиной 0,8-1 мм, причем используют одинаковые заряды взрывчатого вещества, которые располагают с двух сторон пакета на поверхностях фехралевых пластин, а сварку взрывом осуществляют при одновременном инициировании в упомянутых зарядах взрывчатого вещества процесса детонации со скоростью детонации в каждом из них, равной 2240-2950 м/с, при этом высоту зарядов взрывчатого вещества и сварочные зазоры между свариваемыми металлами выбирают из условия получения скорости соударения фехралевых пластин со стальной пластиной в пределах 610-710 м/с, а нанесение алюминиевого покрытия проводят путем алитирования обоих фехралевых слоёв сваренной трёхслойной заготовки в расплаве силумина марки АЛ2 при температуре $720-760^{\circ}\text{C}$ в течение 0,1-0,25 ч, полученную при этом заготовку нагревают до температуры $950-1050^{\circ}\text{C}$ и выдерживают при этой температуре в течение 15-25 ч с формированием с двух её сторон жаростойких слоёв, состоящих из продуктов диффузионного взаимодействия компонентов силумина с фехралевыми слоями.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в качестве материала фехралевых пластин

используют сплав X15Ю5.

5

10

15

20

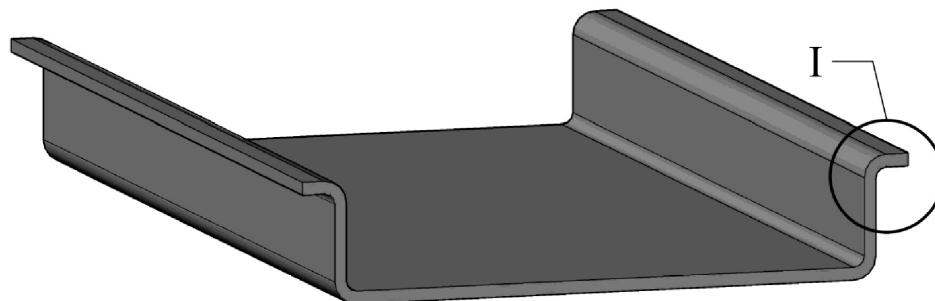
25

30

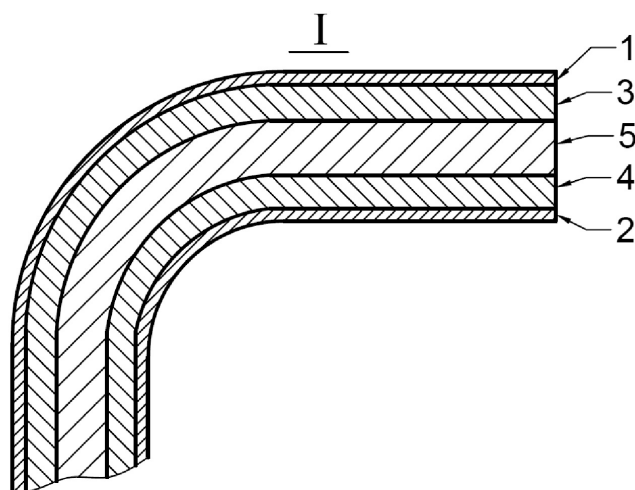
35

40

45



Фиг. 1



Фиг. 2