



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C23C 24/08 (2021.05); C30B 23/02 (2021.05); B82B 3/00 (2021.05)

(21)(22) Заявка: 2020143734, 29.12.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.12.2020

Дата регистрации:
01.09.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.12.2020

(45) Опубликовано: 01.09.2021 Бюл. № 25

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦИС, каф. МТ-12,
для Шупенёва

(72) Автор(ы):

Шупенев Александр Евгеньевич (RU),
Коршунов Иван Сергеевич (RU),
Фокин Юрий Олегович (RU),
Онищенко Дмитрий Олегович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана (национальный исследовательский
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2732546 C1, 21.09.2020. RU
2516632 C1, 20.05.2014. BY 16615 C1, 30.12.2012.
RU 2507302 C2, 20.02.2014. US 20080292812 A1,
27.11.2008. JP 2003095795 A, 03.04.2003. JP
2000345365 A, 12.12.2000.

(54) Способ модификации поверхностей пластин паяного пластинчатого теплообменника

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу модификации поверхностей пластин паяного пластинчатого теплообменника (ППТО). В вакуумной камере размещают пластины и углеродсодержащую мишень. Осуществляют откачку камеры до требуемого уровня вакуума 10^{-5} - 10^{-7} Торр и лазерную обработку мишени с последующей конденсацией на поверхность пластины модифицированного слоя, содержащего алмазные фазы. Нанесение модифицированного слоя осуществляют путем испарения углеросодержащей мишени импульсным лазерным излучением с длиной волны 190-310 нм, длительностью импульсов 1-100 нс с частотой повторения 10-100 Гц и плотностью энергии на поверхности мишени 1-10 Дж/см². Содержание

алмазных фаз в модифицированном слое составляет от 5 до 15%, а толщина модифицированного слоя составляет от 30 до 300 нм. Над обрабатываемой поверхностью располагают трафарет для защиты участков пластины от нанесения модифицированного слоя на участки, предназначенные для последующего образования спая пластин ППТО друг с другом. Технический результат состоит в увеличении срока службы, снижении нагрузки на гидравлическую систему и повышении эффективности теплообмена и достигается за счет упрочнения поверхности и снижения гидродинамических потерь при содержании алмазных фаз в модифицированном слое от 5 до 15%. 1 з.п. ф-лы, 1 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C23C 24/08 (2006.01)
C30B 23/02 (2006.01)
B82B 3/00 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

C23C 24/08 (2021.05); C30B 23/02 (2021.05); B82B 3/00 (2021.05)(21)(22) Application: **2020143734, 29.12.2020**(24) Effective date for property rights:
29.12.2020Registration date:
01.09.2021

Priority:

(22) Date of filing: **29.12.2020**(45) Date of publication: **01.09.2021** Bull. № 25

Mail address:

105005, Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,
MGТУ im. N.E. Bauman, TSIS, kaf. MT-12, dlya
Shupeneva

(72) Inventor(s):

**Shupenev Aleksandr Evgenevich (RU),
Korshunov Ivan Sergeevich (RU),
Fokin Yuriy Olegovich (RU),
Onishchenko Dmitriy Olegovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj
tekhnicheskij universitet imeni N.E. Bauman
(natsionalnyj issledovatel'skij universitet)"
(MGТУ im. N.E. Bauman) (RU)**

(54) METHOD FOR MODIFYING SURFACES OF PLATES OF A BRAZED PLATE HEAT EXCHANGER

(57) Abstract:

FIELD: heat exchange.

SUBSTANCE: invention relates to a method for modifying surfaces plates of a brazed plate heat exchanger (BPHE). Plates and a carbon-containing target are placed in a vacuum chamber. The chamber is pumped out to the required vacuum level of 10^{-5} - 10^{-7} Torr and laser treatment of the target is carried out, followed by condensation of a modified layer containing diamond phases on the surface of the plate. The modified layer is applied by evaporation of the carbon-containing target by pulsed laser radiation with a wavelength of 190-310 nm, a pulse duration of 1-100 ns with a repetition frequency of 10-100 Hz and an

energy density of 1-10 J/cm² on the target surface. The content of diamond phases in the modified layer is from 5 to 15%, and the thickness of the modified layer is from 30 to 300 nm. A stencil is placed above the treated surface to protect plate sections from applying the modified layer to sections intended for the subsequent formation of a junction of BPHE plates with each other.

EFFECT: technical result consists in increasing the service life, reducing the load on the hydraulic system and increasing the efficiency of heat exchange, and it is achieved by hardening the surface and reducing hydrodynamic losses when the content of diamond phases in the modified layer is from 5 to 15%.

2 cl, 1 dwg

Область техники

Изобретение относится к нанотехнологии и наноструктурам, в частности, к способу получения модифицированного слоя, содержащего наноразмерные алмазные фазы и может быть использовано для машиностроения и энергетики.

5 Уровень техники

В целом ряде областей машиностроения и энергетики широко используются паяные пластинчатые теплообменники (ППТО). К ключевым особенностям ППТО относятся их мощность, массо-габаритные характеристики, долговечность и гидродинамическое сопротивление. Увеличение долговечности возможно с нанесением износостойких покрытий, а снижение гидродинамического сопротивления возможно с нанесением покрытий с малым коэффициентом смачивания на смачиваемые поверхности пластин ППТО. С этой целью перспективно использование алмазоподобных покрытий (соответствующий англоязычный термин: DiamondLikeCoating (DLC)).

Известен по патенту RU 2416673 (Опубликовано: 20.04.2011 Бюл. №11) ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННЫЙ СПОСОБ СИНТЕЗА ВЫСОКОТВЕРДЫХ МИКРО- И НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ И УСТРОЙСТВО, который относится к технологиям получения высокотвердых защитных и функциональных покрытий и может быть использован для покрытия поверхностей деталей машин и механизмов. Устройство для реализации способа включает реакционную камеру со средством позиционирования обрабатываемого объекта и входами для потока газа и импульсно-периодического лазерного излучения, источник рабочего газа, средство формирования потока рабочего газа в реакционной камере, импульсно-периодический лазер, а также средство доставки лазерного излучения в реакционную камеру и фокусировки луча.

Недостатком является неприменимость метода для получения алмазоподобных покрытий с высоким содержанием наноразмерных алмазных фаз, необходимых не только для упрочнения поверхности, но и снижения гидродинамических потерь, что достигается только покрытиями, содержание алмазных фаз в которых от 5 до 15%.

Известны по патенту RU 2497978 (Опубликовано: 10.11.2013 Бюл. №31) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЯ И УСТАНОВКА ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ способ и установка для формирования покрытия на рабочей поверхности цилиндрического стального изделия, содержащая импульсно-периодический лазер, оптически связанный с фокусирующей системой, систему сканирования сфокусированного в пятно лазерного излучения с возможностью горизонтального перемещения по двум взаимно перпендикулярным направлениям с помощью элементов привода, связанных с блоком управления формированием покрытия, и технологическую платформу для размещения герметичной камеры спекания с крышкой и привода вращения изделия, выполненного с возможностью работы согласованно с системой сканирования.

Недостатком данного способа является применение порошковых материалов и создание покрытия на поверхности методом спекания, что не позволяет получать алмазоподобное покрытие, являющееся аллотропной модификацией углерода, получаемой в результате высокоэнергетического воздействия на пиролитический графит, а это приводит к невозможности соответствующего снижения гидродинамических потерь на рабочих поверхностях ППТО.

Известно по патенту RU 2732546 (Опубликовано: 21.09.2020 Бюл. №27), полученному заявителем на новое научно-техническое решение на предыдущем этапе того же проекта, что и данное заявляемое изобретение, УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОМ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ОСАЖДЕНИЯ (ИЛО), которое

вместе с комплексом ИЛО может быть применено для нанесения защитных алмазоподобных покрытий (DLC) на рабочие поверхности пластин паяных пластинчатых теплообменников (ППТО) путем распыления углеродной мишени в вакуумной камере импульсным лазером и последующим осаждением sp^3

5 гибридизированных атомов углерода на рабочие поверхности пластин ППТО в виде структурированной нанокристаллизованной тонкой пленки. Подобные покрытия позволяют повысить твердость, усталостную прочность, износо- и трещиностойкость, создать условия для ламинарного движения жидкости по покрытиям пластин ППТО, тем самым повысив эксплуатационные и технологические характеристики пластин ППТО работающих в экстремальных, в том числе арктических, условиях.

Однако, здесь запатентовано именно устройство контроля и управления комплексом импульсного лазерного осаждения, которое может применяться в способе модификации поверхностей пластин паяного пластинчатого теплообменника, но не сам способ.

Известен авторский способ получения алмазоподобных покрытий по патенту РФ 15 RU 2516632 (Опубликовано: 20.05.2014 Бюл. №14), который позволяет получить покрытие с высоким содержанием алмазной фазы. Алмазоподобные покрытия получают в вакууме путем распыления материала мишени импульсным лазером. На материал мишени, выполненной из графита высокой степени чистоты (более 99.9%), воздействуют комбинированным лазерным излучением: сначала коротковолновым (менее 300 нм) 20 импульсным излучением, в качестве источника которого используют KrF-лазер с длиной волны 248 нм и удельной энергией $5 \cdot 10^7$ Вт/см², в результате чего осуществляется абляция и образуется газоплазменная фаза материала мишени. Последующее воздействие на газоплазменное облако во время разлета облака от мишени к подложке осуществляют длинноволновым (более 1 мкм) лазерным излучением. В качестве источника 25 длинноволнового лазерного излучения используют газовый CO₂-лазер или твердотельный волоконный лазерный излучатель. Технический результат изобретения заключается в увеличении алмазной фазы в получаемом покрытии.

Недостатком данного способа является неоднородность свойств покрытия по обрабатываемой поверхности и необходимость использования двух источников 30 лазерного излучения.

Раскрытие изобретения

Задача изобретения: оптимизация параметров техпроцесса улучшенной модификации выборочных областей поверхностей пластин ППТО за счет применения трафаретов в вакуумной камере перед дальнейшим соединением пластин друг с другом пайкой или 35 спеканием.

Технический результат достигается за счет упрочнения поверхности и снижения гидродинамических потерь при содержании алмазных фаз в модифицированном слое от 5 до 15%, что приводит к увеличению срока службы, снижению нагрузки на гидравлическую систему и повышению эффективности теплообмена ППТО.

40 Совокупность физических особенностей взаимодействия лазерного излучения с графитом позволяет сформировать модифицированный слой, содержащий углеродные и алмазные фазы. Наличие алмазных фаз в составе модифицированного слоя обуславливает его высокую износостойкость и снижение гидродинамического сопротивления.

45 Экспериментально установлено, что оптимальное сочетание повышения износостойкости и снижения гидродинамического сопротивления достигается при содержании алмазных фаз от 5 до 15%.

Способ модификации поверхностей пластин паяного пластинчатого теплообменника включает размещение в вакуумной камере пластины и углеродсодержащей мишени,

откачку камеры до требуемого уровня вакуума, лазерную обработку мишени с последующей конденсацией на поверхность пластины модифицированного слоя, содержащего алмазные фазы. При этом нанесение модифицированного слоя на поверхность теплообменных пластин осуществляют путем испарения в вакууме $10^{-5}..10^{-7}$ торр углеросодержащей мишени импульсным лазерным излучением, для обработки мишени используют лазерное излучение с длиной волны от 190 до 310 нм, длительностью импульсов от 1 до 100 нс с частотой повторения от 10 до 100 Гц и плотностью энергии на поверхности мишени от 1 до 10 Дж/см². Содержание алмазных фаз в модифицированном слое составляет от 5 до 15%, а толщина модифицированного слоя составляет от 30 до 300 нм.

Над обрабатываемой поверхностью располагают трафарет для защиты участков пластины от нанесения модифицированного слоя на участки, предназначенные для последующего образования спая пластин ППТО друг с другом.

Осуществление изобретения

На рисунке 1 схемы нанесения модифицированного слоя обозначены позиции: 1 - вакуумная камера, 2 - пластина ППТО, 3 - модифицированный слой (МС), 4 - паяльная паста, 5 - трафарет, 6 - вакуумное окно, 7 - лазерное излучение, 8 - плазменное облако, 9 - мишень. В вакуумной камере 1 установлена пластина ППТО 2. Лазерный луч 7 попадает в камеру через вакуумное окно 6 и фокусируется на поверхности мишени 9. Материал мишени, испаренный в результате лазерного воздействия, переносится в виде расширяющегося плазменного облака 8 на поверхность пластины ППТО и конденсирует в виде модифицированного слоя 3. Участки, предназначенные для нанесения паяльной пасты 4, защищаются от нанесения модифицированного слоя с помощью трафарета 5. Над обрабатываемой поверхностью располагают трафарет, задачей которого служит защита участков пластины от нанесения МС на участки, предназначенные для последующего образования спая. Таким образом, нанесению МС будут подвергаться участки поверхности пластины ППТО, контактирующие в процессе эксплуатации с жидкостью.

В начале процесса получения эффективного модифицированного слоя (МС) в вакуумной камере располагаются пластина ППТО, трафарет и мишень. Мишень выполнена из пиролитического графита в виде цилиндра, расположенного вдоль пластины. Нанесение МС возможно как перед нанесением паяльной композиции, так и с уже нанесенной паяльной композицией перед процессом пайки.

Далее вакуумная камера откачивается до давления $10^{-5}..10^{-7}$ торр. Вакуумная среда требуется для исключения образования водородных связей в алмазоподобном покрытии, которые сильно снижают его механические характеристики. При достижении требуемого давления следует этап простоя, занимающий от 10 до 30 минут. Данный этап необходим для дегазации поверхности, что значительно повышает адгезию наносимого МС.

Далее следует этап нанесения МС. Запускается процесс лазерной обработки мишени, которая обладает следующими особенностями:

- Обработка производится импульсами длительностью от 1 до 100 нс с частотой повторения от 10 до 100 Гц. При больших длительностях импульсов и частоте генерации происходит нежелательный перегрев мишени. Лазерное излучение длиной волны от 190 до 310 нм и плотностью энергии от 1 до 10 Дж/см² позволяет добиться требуемого содержания алмазных фаз.

- Лазерное излучение перемещается по поверхности мишени с целью обеспечения однородности толщины и механических свойств МС

- Толщина МС составляет от 30 до 300 нм.

Процесс завершается при достижении требуемой толщины МС. Лазерная обработка прекращается, камера развакууируется и детали извлекают.

Данное изобретение получено при выполнении проекта в рамках соглашения №075-02-2018-1933 (внутренний №05.574.21.0208) от 20.12.2018 г., заключенного между заявителем МГТУ им. Н.Э. Баумана и Минобрнауки России.

(57) Формула изобретения

1. Способ модификации поверхности пластины паяного пластинчатого теплообменника (ППТО), включающий размещение в вакуумной камере пластины и углеродсодержащей мишени, откачку камеры до требуемого уровня вакуума, лазерную обработку мишени с последующей конденсацией на поверхность пластины модифицированного слоя, содержащего алмазные фазы, отличающийся тем, что нанесение модифицированного слоя на поверхность теплообменной пластины осуществляют путем испарения в вакууме 10^{-5} - 10^{-7} Торр углеродсодержащей мишени импульсным лазерным излучением, при этом для обработки мишени используют лазерное излучение с длиной волны 190-310 нм, длительностью импульсов 1-100 нс с частотой повторения 10-100 Гц и плотностью энергии на поверхности мишени 1-10 Дж/см², причем получают модифицированный слой толщиной 30-300 нм и с содержанием в слое алмазных фаз 5-15%.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что над обрабатываемой поверхностью располагают трафарет для защиты участков пластины от нанесения модифицированного слоя на участки, предназначенные для последующего образования спая пластин ППТО друг с другом.

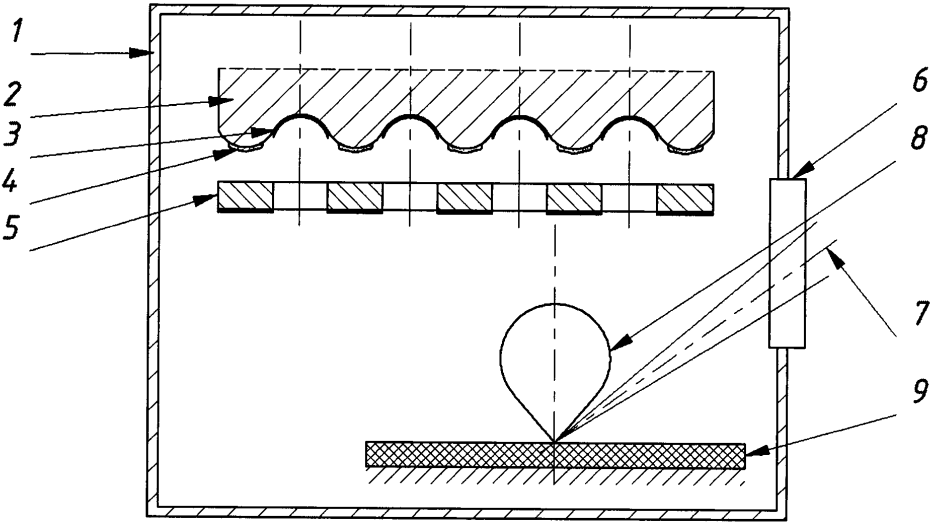


Рис.1