РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 380 456** (13) **C1**

(51) МПК
C23C 14/34 (2006.01)
C23C 14/02 (2006.01)
C23C 14/56 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2008117934/02, 04.05.2008**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.05.2008

(45) Опубликовано: **27.01.2010** Бюл. № **3**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 2004007455 A1, 15.01.2004. RU 2098512 C1, 10.12.1997. RU 2095466 C1, 10.11.1997. JP 2003183825 A, 03.07.2003. JP 2003173588 A, 20.06.2003.**

Адрес для переписки:
450039, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Сельская-Богородская, 2, а/я 66, (для ООО "НПП"Уралавиаспецтехнология"

(72) Автор(ы):
Смыслов Анатолий Михайлович (RU),
Смыслова Марина Константиновна (RU),
Мингажев Аскар Джамилевич (RU),
Дыбленко Юрий Михайлович (RU),
Селиванов Константин Сергеевич (RU),
Гордеев Вячеслав Юрьевич (RU),
Дыбленко Михаил Юрьевич (RU),
Мингажева Алиса Аскаровна (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное предприятие "Уралавиаспецтехнология" (RU)

(54) СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ И УСТАНОВКА ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике вакуумного нанесения износо-, коррозионно- и эрозионностойких ионно-плазменных покрытий и может быть применено в машиностроении, преимущественно для ответственных деталей, например рабочих и направляющих лопаток турбомашин. В вакуумной камере установки размещают лопатки, прикладывают к лопаткам электрическое смещение, выполняют ионную очистку поверхности и наносят на них покрытие электродуговым испарением материалов при одновременном вращении и возвратно-поступательном движении цилиндрических водоохлаждаемых катодов. Внутри каждого катода имеется перемещающийся магнитный фиксатор положения катодного пятна. Величина амплитуды возвратно-поступательного движения катода в осевом направлении ($H_{к.в/п}$) составляет: $H_{к.в/п}$=(0,2…3) $H_{у.п}$, где $H_{у.п}$ - предельная высота рабочей зоны вакуумной камеры при отношении высоты катода ($H_к$) к предельной высоте рабочей зоны вакуумной камеры ($H_{у.п}$), равном (0,2…4). В изобретении используют катоды из следующих металлов и их сплавов: Ti, Zr, Hf, Cr, V, Nb, Ta, Mo, W, Al, La, Eu, Ni, Co, Y. Технический результат заключается в повышении качества покрытий за счет уменьшения капельной фазы и улучшения охлаждения поверхности катода без увеличения габаритов вакуумной камеры установки. 2 н. и 25 з.п. ф-лы, 1 ил.

RU 2380456 C1

RU 2380456 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** (11) **2 380 456** (13) **C1**

(51) Int. Cl.
C23C 14/34 (2006.01)
C23C 14/02 (2006.01)
C23C 14/56 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2008117934/02, 04.05.2008**

(24) Effective date for property rights:
04.05.2008

(45) Date of publication: **27.01.2010 Bull. 3**

Mail address:
450039, Respublika Bashkortostan, g. Ufa, ul. Sel'skaja-Bogorodskaja, 2, a/ja 66, (dlja OOO "NPP"Uralaviaspetstekhnologija"

(72) Inventor(s):
Smyslov Anatolij Mikhajlovich (RU),
Smyslova Marina Konstantinovna (RU),
Mingazhev Askar Dzhamilevich (RU),
Dyblenko Jurij Mikhajlovich (RU),
Selivanov Konstantin Sergeevich (RU),
Gordeev Vjacheslav Jur'evich (RU),
Dyblenko Mikhail Jur'evich (RU),
Mingazheva Alisa Askarovna (RU)

(73) Proprietor(s):
Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "Nauchno-proizvodstvennoe predprijatie "Uralaviaspetstekhnologija" (RU)

(54) METHOD FOR APPLICATION OF ION-PLASMA COATINGS AND INSTALLATION FOR ITS REALISATION

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention is related to procedure of vacuum application of wear-, corrosion- and erosion-resistant ion-plasma coatings and may be applied in machine building, mostly for critical parts, for instance rotor and guide vanes of turbomachines. Vanes are installed in vacuum chamber of installation, electric displacement is applied to vanes, ion cleaning of surface is carried out, and coating is applied on them by electroarc evaporation of materials with simultaneous rotation and reciprocal motion of cylindrical water-cooled cathodes. Inside each cathode there is moving magnetic fixator arranged to fix position of cathode spot. Value of cathode reciprocal motion amplitude in axial direction (Hc.reciprocal) makes as follows: Hc.reciprocal=(0.2…3) Hv.l., where Hv.l. - limit height of vacuum chamber working zone with ratio of cathode height (Hc) to limit height of vacuum chamber working zone (Hv.l.) that equals (0.2…4). Invention uses cathodes from the following metals and their alloys: Ti, Zr, Hf, Cr, V, Nb, Ta, Mo, W, Al, La, Eu, Ni, Co, Y.

EFFECT: improved quality of coatings due to reduction of drop phase and improved cooling of cathode surface without increase of installation vacuum chamber dimensions.

27 cl, 1 dwg, 1 ex

RU 2380456 C1

RU 2380456 C1

Изобретение относится к технике вакуумного нанесения износо-, коррозионно- и эрозионностойких ионно-плазменных покрытий и может быть применено в машиностроении, например для защиты рабочих и направляющих лопаток турбомашин.

Новый, более высокий уровень функциональных свойств лопаток ГТД и ГТУ, а также паровых турбин определяется главным образом характеристиками их рабочих поверхностей. Как показывает практика развития техники и технологий в этой области, наиболее эффективным методом их обеспечения являются покрытия с заданным составом и свойствами. Наиболее перспективным и эффективным процессом нанесения покрытий являются ионно-плазменные способы нанесения покрытий в вакууме. Этот способы имеют ряд существенных преимуществ перед другими известными способами нанесения покрытий.

Известен способ вакуумно-плазменного нанесения покрытий, включающий размещение изделий на приспособлении в вакуумной камере, приложении к приспособлению электрического смещения, электродуговое испарение металлического катода, формирование на поверхности изделий слоя покрытия (а.с. 2073743, С23С 14/00, 14/32, 20.05.92. Способ нанесения покрытий в вакууме и устройство для его осуществления).

Известен способ ионно-плазменного нанесения покрытий, включающий размещение изделий в вакуумной камере, подачу на них напряжения смещения, зажигание дугового разряда, очистку и разогрев изделия ионами испаряемого материала катода до температуры конденсации покрытия, подачу в камеру газа-реагента, снижение напряжения (а.с. 2061788, С23С 14/34, 09.03.93. Способ нанесения покрытий в вакууме).

Известен также способ нанесения покрытий на лопатки турбомашин, включающий осаждение в вакууме на поверхности пера лопатки конденсированного покрытия (патент РФ №2165475, С23С 14/16, 30/00, С22С 19/05, 21/04, 20.04.2001).

Наиболее близким техническим решением, выбранным в качестве прототипа, является способ нанесения ионно-плазменных покрытий, включающий размещение деталей в вакуумной камере на приспособлении, приложение к приспособлению и деталям электрического смещения, ионную очистку поверхности деталей, приведение во вращательное движение вокруг своей продольной оси по крайней мере одного цилиндрического трубчатого катода с расположенным внутри него фиксатором катодного пятна, приведение фиксатора катодного пятна в возвратно-поступательное движение по всей рабочей высоте катода, поворот фиксатора катодного пятна на угол, обеспечивающий распыление материала вне рабочей зоны нанесения покрытия на детали, подачу потенциала на катод, возбуждение между катодом и анодом вакуумно-дугового разряда и очистку поверхности катода, поворот фиксатора катодного пятна на угол, обеспечивающий распыление материала в зоне расположения деталей и нанесение на детали покрытия электродуговым испарением материала катода при возвратно-поступательном перемещении катодного пятна в осевом направлении, обеспечиваемым перемещением фиксатора катодного пятна патент США №6926811, МПК С23С 14/34, «Arc-coating process with rotating cathodes», опубл. 2005.08.09.

Применение магнитных фиксаторов катодного пятна в последних двух технических решениях (а.с. СССР №1524534 МПК С23С14/00, «Установка для нанесения защитных покрытий», опубл. 2000.09.27) и (Патент США №6926811, МПК С23С 14/34, «Arc-coating process with rotating cathodes», опубл. 2005.08.09) позволяет управлять

положением и параметрами катодного пятна. Хотя известное техническое решение (Патент США №6926811, МПК C23C 14/34, «Arc-coating process with rotating cathodes», опубл. 2005.08.09) и создает условия для охлаждения зоны испарения материала без сильного перегрева поверхности, позволяющие уменьшить вероятность образования в формируемом покрытии капельной фазы, однако они оказываются недостаточными для ведения интенсивных процессов испарения.

В этой связи, известный способ нанесения ионно-плазменных покрытий (Патент США №6926811, МПК C23C 14/34, «Arc-coating process with rotating cathodes», опубл. 2005.08.09) имеет ограничения по величине площади и высоты цилиндрического катода, который определяется высотой вакуумной камеры установки. Другими словами, для ведения интенсивных процессов испарения материала необходимо обеспечение скоростной подачи в зону испарения новой («остывшей») поверхности катода. Хотя и скорость вращения катода, наряду с перемещением катодного пятна при перемещении магнитного фиксатора по высоте катода, и позволяет подводить в зону испарения новые поверхности катода, однако интенсификация процесса испарения материала требует увеличения поверхности катода, т.е. габаритов катода, так что известный способ можно осуществить только за счет увеличения габаритов вакуумной камеры установки.

Известны электродуговые испарители металлов для нанесения покрытий на протяженные изделия (а.с. СССР №461163, МПК C23C 14/32, 1975). Такие устройства имеют катодные узлы с протяженными вытянутыми катодами для испаряемого материала с длиной, равной длине обрабатываемого изделия. Для получения однородных по толщине покрытий катодное пятно вынуждают сканировать по всей длине поверхности испарения катода. При этом, управляемость катодным пятном зависит от величины магнитного поля, чем больше магнитное поле, тем выше управляемость.

Эксплуатация такого катодного узла показала недостаточную степень управляемости катодным пятном вакуумной дуги при наличии двух переключаемых токоподводов к катоду, характеризующуюся тем, что при работе, особенно в окислительной атмосфере, катодное пятно не всегда движется в сторону включенного ключа (патент Франции №2147880, МПК C23C 13/00, 1973).

Известен охлаждаемый катод, выполненный из испаряемого материала, в виде цилиндрических обечаек, последовательно укрепленных по высоте на цилиндрическом стакане, который соединен с полым электроизоляционным штоком, соединенным вне вакуумной камеры с приводом, охлаждаемый катод снабжен расположенным соосно в полости цилиндрического стакана цилиндрическим магнитным фиксатором катодного пятна, кинематически связанным с приводом при помощи полой штанги, размещенной в полом электроизолированном штоке охлаждаемого катода (а.с. СССР №1524534, МПК C23C 14/00, «Установка для нанесения защитных покрытий», опубл. 2000.09.27).

Наиболее близким техническим решением, выбранным в качестве прототипа, является установка для нанесения ионно-плазменных покрытий, содержащая вакуумную камеру с расположенными в ней протяженными цилиндрическими трубчатыми охлаждаемыми катодами электродуговых испарителей, выполненными с возможностью вращения вокруг собственной оси и снабженными магнитными фиксаторами положения катодного пятна с приводами, источники питания вакуумно-дугового разряда, источник питания двухступенчатого вакуумно-дугового разряда, держатель изделий, по крайней мере одно устройство для ионной

имплантации, выполненное в виде источника питания потенциала смещения, дополнительный электрод, выполненный с возможностью подключения к положительному полюсу источника питания двухступенчатого вакуумно-дугового разряда, причем дополнительный электрод выполнен в виде цилиндра вращения и расположен в центре вакуумной камеры (Патент США №6926811, МПК C23C 14/34, «Arc-coating process with rotating cathodes», опубл. 2005.08.09). Применение магнитных фиксаторов катодного пятна в последних двух технических решениях (А.С. СССР №1524534, МПК C23C 14/00, «Установка для нанесения защитных покрытий», опубл. 2000.09.27) и (Патент США №6926811, МПК C23C 14/34, «Arc-coating process with rotating cathodes», опубл. 2005.08.09) позволяет управлять положением и параметрами катодного пятна. Хотя, как это отмечалось выше, известное техническое решение и создает условия для охлаждения зоны испарения материала без сильного перегрева поверхности, позволяющие уменьшить вероятность образования в формируемом покрытии капельной фазы, однако эффективность охлаждения оказывается недостаточной для ведения интенсивных процессов испарения материала катода.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является повышение качества покрытий за счет уменьшения капельной фазы и улучшения охлаждения поверхности катода без увеличения габаритов вакуумной камеры установки.

Технический результат достигается тем, что в способе нанесения ионно-плазменных покрытий, включающем размещение деталей в вакуумной камере на приспособлении, приложение к приспособлению и деталям электрического смещения, ионную очистку поверхности деталей, приведение во вращательное движение вокруг своей продольной оси по крайней мере одного цилиндрического трубчатого катода с расположенным внутри него фиксатором катодного пятна, приведение фиксатора катодного пятна в возвратно-поступательное движение по всей рабочей высоте катода, поворот фиксатора катодного пятна на угол, обеспечивающий распыление материала вне рабочей зоны нанесения покрытия на детали, подачу потенциала на катод, возбуждение между катодом и анодом вакуумно-дугового разряда и очистку поверхности катода, поворот фиксатора катодного пятна на угол, обеспечивающий распыление материала в зоне расположения деталей, и нанесение на детали покрытия электродуговым испарением материала катода при возвратно-поступательном перемещении катодного пятна в осевом направлении, обеспечиваемым перемещением фиксатора катодного пятна, в отличие от прототипа, при испарении материала катода, дополнительно, при одновременном перемещении фиксатора катодного пятна производят возвратно-поступательное движение катода в осевом направлении, причем величина амплитуды возвратно-поступательного движения катода в осевом направлении ($H_{кв/п}$) составляет: $H_{кв/п}=(0,2…3)H_{у.п}$, где $H_{у.п}$ - предельная высота рабочей зоны вакуумной камеры установки ионно-плазменного напыления, при превышении высоты катода ($H_к$) предельной высоты рабочей зоны вакуумной камеры ($H_{у.п}$) в 0,2…4 раз ($H_к/H_{у.п}=0,2…4$), а амплитуда возвратно-поступательного движения фиксатора катодного пятна в осевом направлении ($H_{м.ф.в/п}$) составляет $(0,1…1)H_{у.п}$.

Технический результат достигается также тем, что в способе нанесения ионно-плазменных покрытий могут использоваться следующие приемы и операции: при нанесении покрытий детали вращаются вокруг собственной оси и перемещаются относительно катодов; катод и фиксатор катодного пятна перемещают: либо в противоположных направлениях, либо в одном направлении, либо как в одном

направлении, так и в противоположных направлениях.

Технический результат достигается также тем, что в способе нанесения ионно-плазменных покрытий могут использоваться следующие приемы и операции: при нанесении покрытия обеспечивают параллельность осей вращения катодов и деталей; в качестве материалов катодов используют следующие металлы: Ti, Zr, Hf, Cr, V, Nb, Ta, Mo, W, Al, La, Eu и/или сплавов на основе указанных металлов, а также Ni, Co, Cr, Al, Y и/или сплавов на основе указанных металлов.

Технический результат достигается также тем, что в способе нанесения ионно-плазменных покрытий могут использоваться следующие приемы и операции: периферийное, центральное или центральное и периферийное расположение катодов, а перед нанесением покрытия производят ионно-имплантационную обработку поверхности и постимплантационный отжиг, причем имплантацию ионов легирующих элементов производят при энергии ионов 0,2-300 кэВ и дозе имплантации ионов 10^{10} до $5 \cdot 10^{20}$ ион/см^2, в качестве легирующих элементов используют ионы Cr, Y, Yb, C, B, Zr, N, La, Ti или их комбинацию, а имплантацию и постимплантационный отжиг производят с последующим нанесением покрытия в одном вакуумном объеме за один технологический цикл.

Технический результат достигается также тем, что в способе нанесения ионно-плазменных покрытий могут использоваться следующие приемы и операции: в качестве детали используют лопатку турбомашины; нанесение покрытия производят в среде реакционного газа; в качестве реакционного газа используют азот и/или углерод при давлении 10^{-2}-$5 \cdot 10^{-4}$ мм.

Технический результат достигается также тем, что в установке для нанесения ионно-плазменных покрытий, содержащей вакуумную камеру с расположенными в ней протяженными цилиндрическими трубчатыми охлаждаемыми катодами электродуговых испарителей, выполненными с возможностью вращения вокруг собственной оси и снабженными магнитными фиксаторами положения катодного пятна с приводами, источники питания вакуумно-дугового разряда, источник питания двухступенчатого вакуумно-дугового разряда, держатель изделий, по крайней мере одно устройство для ионной имплантации, выполненное в виде источника питания потенциала смещения, дополнительный электрод, выполненный с возможностью подключения к положительному полюсу источника питания двухступенчатого вакуумно-дугового разряда, причем дополнительный электрод выполнен в виде цилиндра вращения и расположен в центре вакуумной камеры, в отличие от прототипа протяженные цилиндрические катоды электродуговых испарителей выполнены с возможностью возвратно-поступательного движения вдоль оси катодов, обеспечивающего величину амплитуды возвратно-поступательного движения катода в осевом направлении $H_{кв/п}$=(0,2…3) $H_{у.п}$, где $H_{у.п}$ - предельная высота рабочей зоны вакуумной камеры, при превышении высоты катода ($H_к$) предельной высоты рабочей зоны вакуумной камеры ($H_{у.п}$) в 0,2…4 раз ($H_к/H_{у.п}$=0,2…4) и приводов фиксатора катодного пятна, обеспечивающих поворот фиксатора катодного пятна вокруг оси и возвратно-поступательное перемещение в осевом направлении на величину (0,1…1)$H_{у.п}$.

Технический результат достигается также тем, что в установке для нанесения ионно-плазменных покрытий возможны следующие варианты воплощений: катоды выполнены с внешним и внутренним диаметрами и высотой в диапазонах: внешний диаметр - от 80 до 500 мм, внутренний диаметр - от 30 до 400 мм, при толщине стенки

катода не менее 20 мм и высотой от 150 до 4000 мм; катоды выполнены из следующих металлов: Ti, Zr, Hf, Cr, V, Nb, Ta, Mo, W, Al, La, Eu и/или сплавов на основе указанных металлов, а также из металлов: Ni, Co, Cr, Al, Y и/или сплавов на основе указанных металлов.

Технический результат достигается также тем, что в установке для нанесения ионно-плазменных покрытий возможны следующие варианты воплощений: вакуумная камера выполнена в виде полого цилиндра вращения высотой 1500…2500 мм и диаметром 800…2500 мм; вакуумная камера снабжена дверями-секциями, выполненными с возможностью размещения в них протяженных цилиндрических охлаждаемых катодов электродуговых испарителей, выполненных с возможностью их вращения вокруг собственной оси и возвратно-поступательного перемещения вдоль оси вращения катода; высота секции катодов электродуговых испарителей выполнена большей, чем высота вакуумной камеры в (1,2…5) раз, и обеспечивает размещение катодов, превышающих высоту вакуумной камеры установки в (1,2…4) раза; вакуумная камера выполнена с возможностью присоединения дополнительных секций вакуумной камеры.

Принципы, применяемые в предлагаемом способе нанесения ионно-плазменного покрытия и установки для его реализации, позволяют увеличить площадь катода, поскольку используемая высота катода может быть в несколько раз (согласно предлагаемому способу - до 4 раз) больше по сравнению с рабочей высотой вакуумной камеры установки, где производится непосредственное испарение материала катода («…величина амплитуды возвратно-поступательного движения катода в осевом направлении ($H_{к.в/п}$) составляет: $H_{к.в/п}$=(0,2…3) $H_{у.п}$, где $H_{у.п}$ - предельная высота рабочей зоны вакуумной камеры установки ионно-плазменного напыления, при превышении высоты катода ($H_к$) предельной высоты рабочей зоны вакуумной камеры ($H_{у.п}$) в 0,2…4 раз ($H_к$/ $H_{у.п}$=0,2…4)…»). В связи с этим, использование предлагаемого способа позволяет обеспечить хорошее охлаждение подводимой в зону испарения поверхности катода, как за счет лучшего теплоотвода (увеличение массы катода), так и за счет более быстрой смены поверхности испарения при одновременном вращении и осевом перемещении катода.

На чертеже показан катодный узел установки.

Ионно-плазменная установка и ее катодный узел (изображенный на чертеже) содержит цилиндрическую вакуумную камеру 1 и протяженные цилиндрические водоохлаждаемые катоды 2, расположенные в двери-секции 3. Внутри катода 2 расположен регулируемый магнитный фиксатор положения катодного пятна 4, выполненный с возможностью перемещения вдоль оси катода 2. Катодный узел снабжен механизмом вращения и возвратно-поступательного движения катода 5, системой водяного охлаждения и системой токоподвода (не показаны). Детали 6 в вакуумной камере 1 закрепляются и приводятся во вращательное движение вокруг своей оси и поворачиваются относительно катодов 2. Катоды 2 имеют высоту $H_к$ и выполнены с возможностью перемещения в осевом направлении на величину $H_{к.в/п.}$ Вакуумная камера 1 имеет предельную высоту рабочей зоны, равную $H_{у.п}$. Магнитный фиксатор положения катодного пятна 4 выполнен с возможностью перемещения в осевом направлении на величину $H_{м.ф.в/п}$=(0,1…1)$H_{у.п}$. Катоды 2 вращаются вокруг собственной оси с угловой скоростью ω и одновременно перемещаются возвратно-поступательно в осевом направлении со скоростью V. Фиксатор положения катодного пятна 4 также перемещается

возвратно-поступательно в осевом направлении со скоростью ν.

Способ осуществляется, а установка работает следующим образом.

Детали 6 размещают в вакуумной камере 1 на приспособлении, прикладывают к приспособлению и деталям потенциал электрического смещения, производят ионную очистку поверхности деталей, катоды 2 приводят во вращательное движение вокруг своей оси и поступательное движение вдоль оси катода, при этом, одновременно приводят в движение магнитный фиксатор положения катодного пятна 4. С помощью системы поджига (не показана) на поверхности испарения вращающегося катода 2 возбуждаются катодные пятна вакуумной дуги. Катодное пятно каждого катода 2 движется в сторону перемещения регулируемого магнитного фиксатора 4. В зависимости от интенсивности процесса испарения материала на катоде 2 производят регулирование скорости вращения ω катода 2, скорости перемещения катодного пятна ν и скорости перемещения V катода 2. При этом, если задать большую скорость вращения ω катода 2 и малое значение скоростей V и ν, то в зоне испарения будет практически находиться одна и та же область катода, что приведет к перегреву и образованию капельной фазы. Если же задать незначительную скорость вращения катода, при малых скоростях V и ν, то перегрев поверхности катода в зоне испарения будет еще больший. Поэтому, исходя из конкретного режима испарения материала назначают (экспериментально определенные для каждого случая) минимально возможные скорости ω, V и ν, а также их соотношение. При этом действует общее правило: «чем больше скорости подвода новых поверхностей к зоне испарения материала (т.е. чем больше значения скоростей ω, V и ν), тем меньше капельной фазы». Производят очистку поверхностей катодов 2. Для этого осуществляют поворот фиксатора положения катодного пятна 4 на угол, обеспечивающий распыление материала вне рабочей зоны нанесения покрытия на детали 6. После окончания очистки катодов 2, поворачивают фиксатор положения катодного пятна 4 на угол, обеспечивающий распыление материала в зоне расположения деталей 6, и осуществляют нанесение на детали 6 покрытия электродуговым испарением материала катода при возвратно-поступательном перемещении катодного пятна в осевом направлении, осуществляемый перемещением фиксатора катодного пятна. При нанесении покрытий детали 6 вращаются вокруг собственной оси и перемещаются относительно катодов 2 при помощи приспособления 7. В зависимости от конкретных задач обработки деталей, катод и фиксатор положения катодного пятна 4 могут перемещать либо в одном, либо в противоположных направлениях. В качестве материалов катодов 2 могут использоваться как один материал, так и одновременно несколько (по числу катодов), выбранные из следующих металлов: Ti, Zr, Hf, Cr, V, Nb, Ta, Mo, W, Al, La, Eu и/или сплавы на основе указанных металлов, а также - Ni, Co, Cr, Al, Y и/или сплавы на основе указанных металлов. Перед нанесением покрытия может производиться ионно-имплантационная обработка поверхности и постимплантационный отжиг. Имплантация ионов легирующих элементов в этом случае производится при энергии ионов 0,2-300 кэВ и дозе имплантации ионов 10^{10} до $5 \cdot 10^{20}$ ион/см^2, а в качестве легирующих элементов используют ионы Cr, Y, Yb, C, B, Zr, N, La, Ti или их комбинацию, а имплантацию и постимплантационный отжиг производят с последующим нанесением покрытия в одном вакуумном объеме за один технологический цикл. В качестве деталей 6 могут быть использованы лопатки турбомашины, например паровых турбин. Кроме того, использование таких газов, как азот и ацетилен позволяет получать многослойные нитридные и карбонитридные покрытия.

Пример

Для оценки предложенного технического решения были нанесены покрытия по способу-прототипу и предложенному способу. Разница при нанесении по сравниваемым вариантам заключалась в том, что при нанесении по способу-прототипу использовалось только вращательное движение катода, а при нанесении по предложенному способу - дополнительно использовалось возвратно-поступательное движение катода на всю величину его возможного хода. Катодный узел для проверки предложенного решения содержал катод, выполненный из титанового сплава ВТ 1-0, имеющего следующие размеры: внешний диаметр - 240 мм, внутренний диаметр - 160 мм (обеспечивающий начальную толщину стенки - 40 мм) и высота от 1200 мм. Осевой ход катодов - 500 мм, высота рабочей зоны распыления - 650 мм. Покрытия наносили на лопатки компрессора из легированной стали 20Х13, в вакуумной камере экспериментальной установки с периферийным расположением катода. Покрытия наносили после предварительной ионной очистки. Покрытия толщиной 11-15 мкм осаждались в течение 2 часов при температуре 560-580°С при токе дуги 130 А. Слои TiN осаждали в среде реакционного газа азота при напряжении на подложке 140 В. Для осаждения слоев TiCN в качестве реакционного газа использовалась смесь азота и ацетилена (содержание ацетилена в смеси 30%), напряжение на подложке 160 В. Ток фокусирующих катушек при конденсации TiN составляет 0,3 А, при конденсации TiCN - 0,4 А. Скорость вращения катода составляла 32 об/мин. Проведенные металлографические исследования показали, что покрытия, ненесенные по предлагаемому способу, имели меньшее по сравнению с покрытиями, нанесенными по способу-прототипу, содержание капельной фазы, эквивалентное применению специальных сеточных сепараторов.

Таким образом, предлагаемое изобретение обеспечивает достижение поставленного технического результата предлагаемого изобретения - повышение качества покрытий за счет уменьшения капельной фазы и улучшения охлаждения поверхности катода без увеличения габаритов вакуумной камеры установки. Кроме того, предлагаемое изобретение позволило создать такой способ нанесения покрытия и установку для его осуществления, в котором сочетались бы хорошее охлаждение катода (за счет эффективного теплоотвода и быстрой смены поверхности испарения) и высокая степень стабильности управления положением катодного пятна на поверхности испарения катода (за счет использования управляемого магнитного фиксатора положения катодного пятна), а также возможность чередующегося испарения различных металлов при использовании нескольких катодов из разнородных материалов и возможности использования более интенсивных процессов испарения материалов.

Формула изобретения

1. Способ нанесения ионно-плазменных покрытий, включающий размещение деталей на приспособлении в вакуумной камере установки ионно-плазменного напыления, приложение к приспособлению и деталям электрического потенциала смещения, ионную очистку поверхности деталей, приведение во вращательное движение вокруг своей продольной оси, по крайней мере одного, цилиндрического трубчатого катода с расположенным внутри него фиксатором катодного пятна, приведение фиксатора катодного пятна в возвратно-поступательное движение по всей рабочей высоте катода, поворот фиксатора положения катодного пятна на угол, обеспечивающий распыление материала вне рабочей зоны нанесения покрытия на

детали, подачу потенциала на катод, возбуждение между катодом и анодом вакуумно-дугового разряда и очистку поверхности катода, поворот фиксатора катодного пятна на угол, обеспечивающий распыление материала в зоне расположения деталей и нанесение на детали покрытия электродуговым испарением материала катода при возвратно-поступательном перемещении катодного пятна в осевом направлении, осуществляемое перемещением фиксатора катодного пятна, отличающийся тем, что при испарении материала катода одновременно с перемещением фиксатора катодного пятна дополнительно производят возвратно-поступательное движение катода в осевом направлении, причем величина амплитуды возвратно-поступательного движения катода в осевом направлении ($H_{к.в/п}$) составляет $H_{к.в/п}(0,2…3)\ H_{у.п}$, где $H_{у.п}$ - предельная высота рабочей зоны вакуумной камеры установки ионно-плазменного напыления, при отношении высоты катода ($H_к$) к предельной высоте рабочей зоны вакуумной камеры ($H_{у.п}$), равном (0,2-4).

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что амплитуда возвратно-поступательного движения фиксатора катодного пятна в осевом направлении ($H_{м.ф.в/п}$) составляет $(0,1…1)H_{у.п}$.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что при нанесении покрытий детали вращают вокруг собственной оси и перемещают относительно катодов.

4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что катод и фиксатор катодного пятна перемещают в противоположных направлениях.

5. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что катод и фиксатор катодного пятна перемещают в одном направлении.

6. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что катод и фиксатор катодного пятна поочередно перемещают как в одном направлении, так и в противоположных направлениях.

7. Способ по п.4, отличающийся тем, что при нанесении покрытия обеспечивают параллельность осей вращения катодов и деталей.

8. Способ по п.4, отличающийся тем, что в качестве материалов катодов используют металлы, выбранные из следующих металлов: Ti, Zr, Hf, Cr, V, Nb, Ta, Mo, W, Al, La, Eu и/или сплавов на основе указанных металлов.

9. Способ по п.4, отличающийся тем, что в качестве материалов катодов используют металлы, выбранные из следующих металлов: Ni, Co, Cr, Al, Y и/или сплавов на основе указанных металлов.

10. Способ по п.8, отличающийся тем, что используют периферийное расположение катодов, а перед нанесением покрытия производят ионно-имплантационную обработку поверхности и постимплантационный отжиг, причем имплантацию ионов легирующих элементов производят при энергии ионов 0,2-300 кэВ и дозе имплантации ионов 10^{10} до $5\cdot10^{20}$ ион/см^2, а в качестве легирующих элементов используют ионы Cr, Y, Yb, C, B, Zr, N, La, Ti или их комбинацию, а имплантацию и постимплантационный отжиг производят с последующим нанесением покрытия в одном вакуумном объеме за один технологический цикл.

11. Способ по п.9, отличающийся тем, что используют периферийное расположение катодов.

12. Способ по п.8, отличающийся тем, что используют центральное расположение катодов, а перед нанесением покрытия производят ионноимплантационную обработку поверхности и постимплантационный отжиг, причем имплантацию ионов

легирующих элементов производят при энергии ионов 0,2-300 кэВ и дозе имплантации ионов 10^{10} до $5 \cdot 10^{20}$ ион/см^2, в качестве легирующих элементов используют ионы Cr, Y, Yb, C, B, Zr, N, La, Ti или их комбинацию, а имплантацию и постимплантационный отжиг производят с последующим нанесением покрытия в одном вакуумном объеме за один технологический цикл.

13. Способ по п.9, отличающийся тем, что используют центральное расположение катодов.

14. Способ по п.8, отличающийся тем, что используют центральное и периферийное расположение катодов.

15. Способ по п.9, отличающийся тем, что используют центральное и периферийное расположение катодов.

16. Способ по п.8, отличающийся тем, что в качестве детали используют лопатку турбомашины.

17. Способ по любому из пп.1-3, 7-15, отличающийся тем, что в качестве детали используют лопатку турбомашины.

18. Способ по п.17, отличающийся тем, что нанесение покрытия производят в среде реакционного газа.

19. Способ по любому из пп.1-3, 7-16, отличающийся тем, что нанесение покрытия производят в среде реакционного газа.

20. Способ по п.19, отличающийся тем, что в качестве реакционного газа используют азот и/или углерод при давлении 10^{-2}-$5 \cdot 10^{-4}$ мм.

21. Способ по любому из пп.1-3, 7-16, отличающийся тем, что нанесение покрытия производят в среде реакционного газа, а в качестве реакционного газа используют азот и/или углерод при давлении 10^{-2}-$5 \cdot 10^{-4}$ мм.

22. Установка для нанесения ионно-плазменных покрытий, содержащая вакуумную камеру, протяженные цилиндрические трубчатые охлаждаемые катоды электродуговых испарителей, выполненные с возможностью вращения вокруг собственной оси и снабженные магнитными фиксаторами положения катодного пятна с приводами, источники питания вакуумно-дугового разряда, источник питания двухступенчатого вакуумно-дугового разряда, держатель изделий, по крайней мере, одно устройство для ионной имплантации, выполненное в виде источника питания потенциала смещения, дополнительный электрод, выполненный с возможностью подключения к положительному полюсу источника питания двухступенчатого вакуумно-дугового разряда, причем дополнительный электрод выполнен в виде цилиндра вращения и расположен в центре вакуумной камеры, отличающаяся тем, что вакуумная камера снабжена дверями-секциями, в которых размещены протяженные цилиндрические охлаждаемые катоды электродуговых испарителей, а протяженные цилиндрические катоды электродуговых испарителей выполнены с возможностью возвратно-поступательного движения вдоль оси катодов и обеспечения величины амплитуды возвратно-поступательного движения катода в осевом направлении $H_{к.в/п}=(0,2 \div 3)H_{у.п}$, где $H_{у.п}$ - предельная высота рабочей зоны вакуумной камеры при отношении высоты катода ($H_к$) к предельной высоте рабочей зоны вакуумной камеры ($H_{у.п}$),

равном (0,2-4), а приводы фиксаторов катодного пятна выполнены с возможностью обеспечения поворота фиксаторов катодного пятна вокруг оси и возвратно-поступательного перемещения в осевом направлении на величину $(0,1 \div 1)H_{у.п}$.

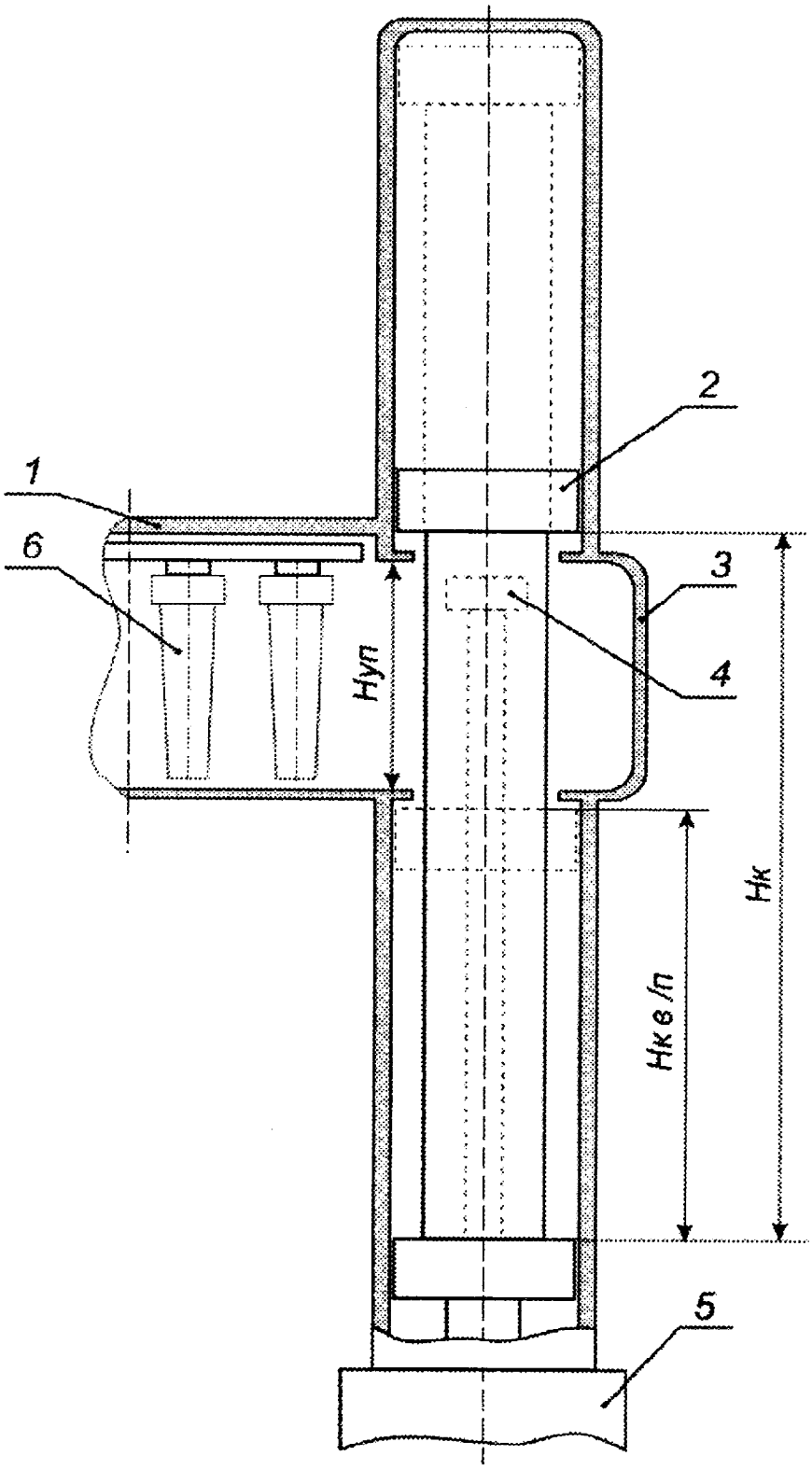
23. Установка по п.22, отличающаяся тем, что катоды выполнены с внешним и внутренним диаметрами и высотой в диапазонах: внешний диаметр - от 80 до 500 мм, внутренний диаметр - от 30 до 400 мм, при толщине стенки катода не менее 20 мм и высоте от 150 до 4000 мм.

24. Установка по любому из пп.22, 23, отличающаяся тем, что катоды выполнены из металлов, выбранных из следующих металлов: Ti, Zr, Hf, Cr, V, Nb, Ta, Mo, W, Al, La, Eu и/или сплавов на основе указанных металлов.

25. Установка по любому из пп.22, 23, отличающаяся тем, что катоды выполнены из металлов, выбранных из следующих металлов: Ni, Co, Cr, Al, Y и/или сплавов на основе указанных металлов.

26. Установка по п.22, отличающаяся тем, что вакуумная камера выполнена в виде полого цилиндра вращения высотой 1500÷2500 мм и диаметром 800÷2500 мм.

27. Установка по п.22, отличающаяся тем, что высота дверей - секций катодов электродуговых испарителей выполнена большей, чем высота вакуумной камеры в (1,2÷5) раз и обеспечивает размещение катодов, превышающих высоту вакуумной камеры установки в (1,2÷4) раза.


1
2
3
4
5
6
Нуп
Нк
Нк в /п