



(51) МПК
C23C 14/06 (2006.01)
C23C 14/34 (2006.01)
C23C 14/02 (2006.01)
C23C 30/00 (2006.01)
B82B 3/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016113970, 11.04.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 11.04.2016

Дата регистрации:
 25.09.2017

Приоритет(ы):
 (22) Дата подачи заявки: 11.04.2016

(45) Опубликовано: 25.09.2017 Бюл. № 27

Адрес для переписки:
 450027, Респ. Башкортостан, г. Уфа, ул.
 Трамвайная, 5, корп. 1, ООО "НПП
 "Уралавиаспецтехнология", Смыслову А.А.

(72) Автор(ы):

Дыбленко Юрий Михайлович (RU),
 Гонтюрев Василий Андреевич (RU),
 Мингажев Аскар Джамилевич (RU),
 Смыслов Анатолий Михайлович (RU),
 Таминдаров Дамир Рамилевич (RU),
 Смыслова Марина Константиновна (RU),
 Селиванов Константин Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью
 "Научно-производственное предприятие
 "Уралавиаспецтехнология" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU2096518C1, 20.11.1997.
 RU2426819C1, 20.08.2011. RU2405060C1,
 27.11.2010. EP2264209A2, 22.12.2010.
 EP2792765A1, 22.10.2014.

(54) СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОГО ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО ПОКРЫТИЯ НА
 ПОВЕРХНОСТЬ ГРАВЮРЫ ШТАМПА ИЗ ЖАРОПРОЧНОЙ СТАЛИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу нанесения многослойного ионно-плазменного покрытия на поверхность гравюры штампа из жаропрочной стали и может быть использовано при изготовлении лопаток газотурбинных двигателей горячей штамповкой. Способ включает помещение штампа в вакуумную камеру, создание требуемого вакуума, ионную очистку поверхности гравюры штампа и последующее нанесение на нее заданного количества слоев соединений титана с металлами и азотом. Сначала наносят подслой из титана или из сплава на

основе титана толщиной от 0,4 до 0,8 мкм, а затем разнородные слои соединений титана с металлами и азотом толщиной от 1,2 до 2,0 мкм каждый. При нанесении разнородных слоев чередуют их формирование при давлении в вакуумной камере установки от $2 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^{-2}$ Па и при давлении в вакуумной камере установки от $1 \cdot 10^{-1}$ до $3 \cdot 10^{-1}$ Па. Для формирования соединений титана с металлами используют соединения титана со следующими металлами: Al, Mo, Zr, V, Si, C или их сочетание. 4 з.п. ф-лы, 1 пр.

RU 2 631 572 C1

RU 2 631 572 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C23C 14/06 (2006.01)
C23C 14/34 (2006.01)
C23C 14/02 (2006.01)
C23C 30/00 (2006.01)
B82B 3/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2016113970, 11.04.2016

(24) Effective date for property rights:
11.04.2016Registration date:
25.09.2017

Priority:

(22) Date of filing: 11.04.2016

(45) Date of publication: 25.09.2017 Bull. № 27

Mail address:

450027, Resp. Bashkortostan, g. Ufa, ul.
Tramvajnaya, 5, korp. 1, OOO "NPP
"Uralaviaspetstekhnologiya", Smyslovu A.A.

(72) Inventor(s):

Dyblenko Yuriy Mikhajlovich (RU),
Gontyurev Vasilij Andreevich (RU),
Mingazhev Askar Dzhamilovich (RU),
Smyslov Anatolij Mikhajlovich (RU),
Tamindarov Damir Ramilevich (RU),
Smyslova Marina Konstantinovna (RU),
Selivanov Konstantin Sergeevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu
"Nauchno-proizvodstvennoe predpriyatie
"Uralaviaspetstekhnologiya" (RU)(54) **METHOD OF APPLYING MULTILAYER ION-PLASMA COATING ON STAMP ENGRAVING SURFACE FROM HEAT-RESISTANT STEEL**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: method involves placing a stamp in the vacuum chamber of the installation, creating the required vacuum, ionizing the stamp engraving surface, and then applying a predetermined number of layers of the titanium compounds to the metals and nitrogen. First, a titanium sub-layer or a titanium-based alloy with a thickness of 0.4 to 0.8 mcm is applied, and then heterogeneous layers of the titanium compounds with metals and nitrogen with a thickness of 1.2 to 2.0 mcm each are applied. When applying heterogeneous layers,

their formation is alternated at a pressure in the vacuum chamber of the installation of $2 \cdot 10^{-2}$ up to $5 \cdot 10^{-2}$ Pa and at a pressure in the vacuum chamber of the installation of $1 \cdot 10^{-1}$ up to $3 \cdot 10^{-1}$ Pa. For the formation of the titanium compounds with metals, the titanium compounds with the following metals are used: Al, Mo, Zr, V, Si, C or a combination thereof.

EFFECT: reducing costs, increasing the reliability of the coating.

5 cl, 1 ex

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано для защиты поверхностей гравюр штампов, применяемых для горячей объемной штамповки металлических деталей, в частности деталей сложной формы, например лопаток газотурбинных двигателей.

5 Метод горячей объемной штамповки используется в основном для изготовления деталей, работающих в условиях действия значительных статических и динамических нагрузок. К таким деталям относятся, например, лопатки компрессоров ГТД и ГТУ. Лопатки компрессора являются наиболее дорогостоящими деталями, определяющими ресурс двигателя, поэтому повышение их эксплуатационной надежности является
10 достаточно важной экономической и технической задачей.

Процесс горячей объемной штамповки включает пластическую деформацию металлической заготовки, происходящую под воздействием прикладываемого к ней давления штампа, имеющего гравюру, соответствующую форме получаемой детали.

15 Титановые сплавы, например, такие как ВТ6, ВТ3-1 и др., обладают высокой удельной прочностью и коррозионной стойкостью, поэтому они являются наиболее распространенными материалами для изготовления лопаток компрессора. Так, например, штампованные лопатки из сплава ВТ6 после стандартной термообработки имеют прочность до 1100 МПа и относительное удлинение 12-15%, а уровень усталостной прочности лопаток из сплава ВТ6 составляет около 410 МПа.

20 Наиболее распространенным методом производства деталей из титановых сплавов является объемное деформирование в горячем состоянии и, в частности, такие широко применяемые процессы, как штамповка и прессование. При изготовлении лопаток из титановых сплавов горячая объемная штамповка выполняется в условиях высоких температур, обеспечивающих структурные изменения в сплаве для получения заданных
25 механических свойств деталей.

В условиях горячей объемной штамповки из-за высокого уровня напряжений, которому подвергается материал штампа при контакте с материалом заготовки, на рабочую поверхность штампа накладывают смазку, позволяющую несколько уменьшить контактные напряжения между материалом заготовки штампа. Однако, например, при
30 прессовании титановых сплавов со смазкой матрицы выходят из строя через каждые 10-15 прессовок [М.З. Ерманок. Прессование титановых сплавов. - М.: Металлургия, 1979, с. 120-135, 2, Л.А. Никольский. Горячая штамповка и прессование титановых сплавов. - М.: Машиностроение, 1975, 205 с.].

35 Процесс штамповки заготовок из сплавов на основе титана характеризуется высокой температурой нагрева заготовки до 1000°C, значительными усилиями, обусловленные высоким пределом текучести материала (при $t=1000^{\circ}\text{C}$ $\sigma_t > 200$ МПа, в то время как сталь при $t=1200^{\circ}\text{C}$ имеет $\sigma_t < 100$ МПа), значительной величиной коэффициента трения пары T_i - материал инструмента, склонностью T_i к адгезионному схватыванию с материалом инструмента.

40 В этой связи достаточно большой интерес представляют способы обработки рабочих поверхностей штампов, с помощью которых достигается из значительное упрочнение. Значительный эффект поверхностного упрочнения достигается за счет повышения не только твердости, но и износо- и коррозионной стойкости рабочей поверхности инструмента деформации. Для реализации указанных достоинств в промышленных
45 условиях нашли применение методы упрочнения концентрированными потоками энергии.

Известен способ упрочнения штампа с оплавлением передней поверхности пуансона и матрицы непрерывным излучением лазера, сориентированным перпендикулярно

передней поверхности и перемещающимся от периферии к рабочим кромкам (RU 2033435, C21D 1/09, C21D 9/22, 1995).

Известны также способы упрочнения штампа, заключающиеся в том, что на предварительно подготовленную поверхность наносится износостойкое покрытие из нитрида титана, при этом образуется переходная зона между поверхностью инструмента и покрытием, величина которой влияет на сцепление покрытия с материалом инструмента (Патент РФ 2062817, С23С 14/00, 14/26, опубл. 1996.06.27).

Наиболее близким к предлагаемому техническому решению является способ упрочнения штампа для штамповки, включающий подготовку поверхности гравюры штампа под нанесение покрытия и нанесение на подготовленную поверхность упрочняющего покрытия (Патент РФ 2096518, МПК С23С 14/06, С23С 14/16, Многослойное композиционное покрытие на режущий и штамповый инструмент, опубл. 20.11.1997). Многослойное композиционное покрытие наносится на режущий или штамповый инструмент. Покрытие состоит из чередующихся слоев тугоплавких соединений, причем один из чередующихся слоев содержит тугоплавкие соединения металлов IV, V или IV, VI групп Периодической системы элементов, а другой - тугоплавкие соединения металлов IV, V или VI групп, при этом толщина слоев составляет 1-10 мкм.

В то же время штамп, имеющий гравюру, соответствующую конфигурации готового изделия из титанового сплава, изготавливают, как правило, из жаропрочных штамповых сталей, например, таких как 4Х4 ВМФС (ДИ22), 4Х2Н5МЗК5Ф, ХН77ТЮР и др. В условиях воздействия высоких напряжений и температур возникают локальные адгезионные взаимодействия (схватывание, сварка и т.п.) между материалом поверхностного слоя гравюры штампа (жаропрочным никелевым сплавом) и материалом штампуемой заготовки (титановым сплавом). В результате такого взаимодействия и связанных с ним локальных «выровов» с поверхности гравюры ухудшается ее микрогеометрия. Изменение микрогеометрии поверхности гравюры приводит к увеличению неоднородности напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя гравюры. В результате этого возникающие на локальных участках поверхности в процессе штамповки значительные механические напряжения приводят к резкому возрастанию температуры на этих участках до 900-1000°С и, как следствие, к разупрочнению материала штампа на этих участках. Далее наступает ускоренная фаза износа поверхности гравюры из-за сильной деформации разупрочненных участков ее поверхности.

В этой связи, основным недостатком аналогов и прототипа является низкая стойкость штампов из жаропрочных сталей из-за неэффективности их поверхностного упрочнения, не предотвращающего разупрочнение материала поверхностного слоя.

В основу настоящего изобретения была положена задача уменьшения адгезионного взаимодействия между материалом штампа и штампуемой заготовкой.

Техническим результатом изобретения является повышение износостойкости штампа.

Поставленная задача и указанный технический результат осуществляются за счет того, что в способе нанесения многослойного ионно-плазменного покрытия на поверхность гравюры штампа из жаропрочной стали, включающем помещение штампа в вакуумную камеру установки, создание требуемого вакуума, ионную очистку поверхности гравюры штампа с последующим нанесением на нее заданного количества слоев соединений титана с металлами и азотом, в отличие от прототипа, после ионной очистки наносят подслой из титана или из сплава на основе титана толщиной от 0,4 до 0,8 мкм, а затем разнородные слои соединений титана с металлами и азотом толщиной

от 1,2 до 2,0 мкм каждый, причем чередуют формирование слоя соединений титана с металлами и азотом при давлении в вакуумной камере установки от $2 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^{-2}$ Па с формированием слоя соединений титана с металлами и азотом при давлении в

5 вакуумной камере установки от $1 \cdot 10^{-1}$ до $3 \cdot 10^{-1}$ Па, а для формирования соединений титана с металлами используют соединения титана со следующими металлами: Al, Mo, Zr, V, Si, C или их сочетание, при следующем их соотношении, вес. %: либо Al от 4 до 8%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, Mo от 1 до 2%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, Mo от 1 до 2%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, Mo от 1 до 2%, V от 1 до 3%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, Mo от 0,5 до 2%, V от 0,5 до 3%, Si до 0,5%, C до 0,3%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Mo от 1 до 2%, V от 1 до 3%, Si от 1 до 4%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, V от 1 до 3%, Si от 1 до 4%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, V от 1 до 3%, Si от 1 до 4%, остальное Ti.

15 Кроме того, возможны дополнительные варианты воплощения способа: ионную очистку проводят ионами аргона при плотности тока от 130 до 160 мкА/см² в течение от 0,4 до 1,1 часа; заданное количество пар слоев покрытия определяется ее общей толщиной, равной от 8 до 16 мкм.; перед помещением деталей в вакуумную камеру установки проводят электролитно-плазменное полирование деталей, погружая их в водный раствор электролита и прикладывая к деталям положительное по отношению к электролиту электрическое напряжение.

Способ осуществляется следующим образом. Промытую от загрязнений и подготовленную под нанесение покрытий в вакууме штамповую оснастку (пуансон, матрицу) помещают в вакуумную камеру ионно-плазменной установки. Покрываемые 25 поверхности детали должны иметь шероховатость поверхности Ra 1,2-2,5 мкм. При визуальном осмотре поверхности должны иметь металлический блеск, не иметь следов окисления, загрязнений и других поверхностных дефектов. Перед нанесением покрытия рекомендуется провести виброабразивную обработку в среде порошка карбида кремния. Промывку можно осуществлять ультразвуковым методом в моющем растворе. Далее целесообразно промыть детали горячей (60-90°C) водой, просушить в струе горячего 30 воздуха и протереть этиловым спиртом. В связи с тем что пуансон и матрица закрытых штампов представляют собой сложнофасонную объемную форму, а используемый для формирования покрытия состав является многокомпонентным и, кроме того, напыляемым несколькими электродуговыми испарителями, то для обеспечения 35 стабильности свойств поверхности пуансона и матрицы их целесообразно обрабатывать одновременно за одну загрузку. При этом расположение рабочих поверхностей пуансона и матрицы при нанесении покрытия должно обеспечивать получение однородного по толщине и свойствам покрытия. Для формирования покрытий на основе нитридов металлов необходимо обеспечивать температуру детали порядка 300-400°C. Из-за 40 значительной массы штамповой оснастки целесообразно осуществлять их предварительный нагрев в вакууме, например, за счет электронов плазмы подачей положительного потенциала на деталь (возможен также нагрев штампа вне камеры установки, но такой нагрев менее предпочтителен).

Последовательность процесса ионно-плазменного нанесения покрытия может быть 45 следующей.

Ионная очистка поверхности. Ионная очистка согласно предлагаемому способу проводится в целях удаления окислов, активации и нагрева обрабатываемой поверхности. Ионная очистка проводится в вакууме 10-3 Па. При подаче электрического

напряжения на деталь порядка 1000 В, включают электродуговые испарители.

Нанесение покрытий. После окончания процесса ионной очистки на деталь подается опорное напряжение, при этом электродуговые испарители продолжают работать, формируя подслоя из сплава на основе титана толщиной от 0,4 до 0,8 мкм. После нанесения подслоя в вакуумную камеру напускают азот и формируют многослойное покрытие нанесением разнородных слоев соединений титана с металлами и азотом толщиной от 1,2 до 2,0 мкм каждый. При этом чередуют формирование слоя соединений титана с металлами и азотом при давлении в вакуумной камере установки от $2 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^{-2}$ Па с формированием слоя соединений титана с металлами и азотом при давлении в вакуумной камере установки от $1 \cdot 10^{-1}$ до $3 \cdot 10^{-1}$ Па. Для формирования соединений титана с металлами используют соединения титана со следующими металлами: Al, Mo, Zr, V, Si, C или их сочетание, при следующем их соотношении, вес.%: либо Al от 4 до 8%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, Mo от 1 до 2%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, Mo от 1 до 2%, V от 1 до 3%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, Mo от 0,5 до 2%, V от 0,5 до 3%, Si до 0,5%, C до 0,3%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Mo от 1 до 2%, V от 1 до 3%, Si от 1 до 4%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, V от 1 до 3%, Si от 1 до 4%, остальное Ti. После нанесения покрытия детали охлаждают в вакуумной камере до температуры 160-180°C при давлении в камере 10^{-3} Па. В качестве примера приведены основные технологические параметры процесса напыления. Толщины полученных на штампах покрытий составляли от 8 до 16 мкм.

Для оценки стойкости штампов были проведены следующие испытания. На образцы из высоколегированных жаропрочных сталей (4X4 ВМФС и 4X2Н5МЗК5Ф) были нанесены покрытия как по способу-прототипу (патент РФ №2096518), согласно приведенным в способе-прототипе условиям и режимам нанесения, так и покрытия по предлагаемому способу.

Режимы обработки образцов и нанесения покрытия по предлагаемому способу.

Ионная очистка: ионы аргона при энергии от 8 до 10 кэВ; плотность тока 110 мкА/см² - неудовлетворительный результат (Н.Р.); 130 мкА/см² - удовлетворительный результат (У.Р.); 160 мкА/см² (У.Р.); 180 мкА/см² (Н.Р.); время ионной очистки 0,2 часа (Н.Р.); 0,4 часа (У.Р.); 1,1 часа (У.Р.); 1,4 часа (Н.Р.).

Толщина подслоя из сплава на основе титана: 0,3 мкм (Н.Р.); 0,4 мкм (У.Р.); 0,5 мкм (У.Р.); 0,8 мкм (У.Р.); 0,9 мкм (Н.Р.). Толщина слоя соединений титана с металлами и азотом: 1,0 мкм (Н.Р.); 1,2 мкм (У.Р.); 1,3 мкм (У.Р.); 1,5 мкм (У.Р.); 2,0 мкм (У.Р.); 2,2 мкм (Н.Р.).

В соединениях титана с металлами и азотом использовались следующие металлы: Al, Mo, Zr, V, Si и их сочетание (AlMo, AlMoZr, AlMoZrV, AlMoZrVSi, AlZrVSi, AlMoVSi, AlMoZrSi, AlVSi, AlMoSi), при следующем их содержании, вес.%: Al - [2% (Н.Р.); 4% (У.Р.); 8% (У.Р.); 10% (Н.Р.)]; Zr - [0,5% (Н.Р.); 1% (У.Р.); 3% (У.Р.); 5% (Н.Р.)]; Mo - [0,5% (Н.Р.); 1% (У.Р.); 2% (У.Р.); 4% (Н.Р.)]; V - [0,3% (Н.Р.); 0,5% (У.Р.); 1% (У.Р.); 3% (У.Р.); 5% (Н.Р.)]; Si от 1 до 4% - [0,5% (Н.Р.); 1% (У.Р.); 4% (У.Р.); 6% (Н.Р.)]; остальное Ti.

После нанесения каждого слоя изменялось давление в вакуумной камере установки. При этом чередовали формирование слоя соединений титана с металлами и азотом при

давлении в вакуумной камере установки от $2 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^{-2}$ Па [$1 \cdot 10^{-2}$ Па - (Н.Р.); $2 \cdot 10^{-2}$ Па - (У.Р.); $3 \cdot 10^{-2}$ Па - (У.Р.); $4 \cdot 10^{-2}$ Па - (У.Р.); $5 \cdot 10^{-2}$ Па - (У.Р.); $7 \cdot 10^{-2}$ Па - (Н.Р.)] с формированием слоя соединений титана с металлами и азотом при давлении в вакуумной камере установки от $1 \cdot 10^{-1}$ до $3 \cdot 10^{-1}$ Па [$0,4 \cdot 10^{-1}$ Па - (Н.Р.); $1 \cdot 10^{-1}$ Па - (У.Р.); $2 \cdot 10^{-1}$ Па - (У.Р.); $3 \cdot 10^{-1}$ Па - (У.Р.); $5 \cdot 10^{-1}$ Па - (Н.Р.)]

Общая толщина покрытия-прототипа и покрытия, нанесенного по предлагаемому способу, составляла от 8 до 16 мкм.

Электродитно-плазменное полирование проводили, погружая детали в водный раствор электролита и прикладывая к ним положительное по отношению к электролиту электрическое напряжение, осуществляя следующие варианты: полирование вели до обеспечения шероховатости не ниже $R_a=0,08 \dots 0,12$ мкм; полирование вели при рабочем напряжении 18..490 В; как варианты в качестве электролита использовали водный раствор сульфата аммония с концентрацией 0,8...3,4; водный раствор, содержащий серную и ортофосфорную кислоты, блок-сополимер окисей этилена и пропилена и натриевую соль сульфированного бутилолеата при следующем соотношении компонентов, мас. %

Серная кислота	10-30
Ортофосфорная кислота	40-80
Блок-сополимер окисей этилена и пропилена	0,05-1,1
Натриевая соль сульфированного бутилолеата	0,01-0,05
Вода	Остальное

Как варианты в качестве электролита использовали водные растворы солей неорганических кислот аммония и щелочных металлов или соли низших карбоновых кислот, а также растворы свободных кислот; электролит, содержащий аммонийную соль неорганической кислоты, аммонийные соли низших карбоновых кислот и органические или неорганические вещества, образующие с металлами сплава комплексные соединения; используют электролит состава, мас. %:

$(NH_4)_2SO_4$	5
Трилон Б	0,8

Как вариант, в качестве электролита использовали электролит состава, мас. %:

$(NH_4)_3PO_4$	5
H_3PO_4	0,5
Тартрат К	0,5

Как вариант, в качестве электролита использовали водные растворы солей натрия; в качестве водного раствора солей натрия используют 3-22%-ный раствор кислого углекислого натрия. В качестве электролита использовали: водные растворы солей аммония; в качестве соли аммония используют аммоний лимоннокислый одно-, или двух-, или трехзамещенный или их смеси при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Аммоний лимоннокислый одно-, или двух-, или трехзамещенный, или их смеси	2-18
Вода	Остальное

Как вариант, в качестве электролита использовали водные растворы солей со значением pH 4...9.

Как показали проведенные авторами исследования, нанесение на рабочие поверхности штамповой оснастки многослойных ионно-плазменных покрытий по предлагаемому техническому решению позволяет по сравнению с прототипом приблизительно в 1,7-2,1 раза повысить стойкость штампов из жаропрочных сталей (4X4 ВМФС и 4X2Н5МЗК5Ф) за счет снижения адгезионного взаимодействия материалов штампа и штампуемой детали, а также за счет резкого снижения процессов разупрочнения материала поверхностного слоя. Испытания проводились на образцах и натуральных штампах в производственных условиях при штамповке лопаток из титановых сплавов.

Результаты исследований процессов износа штамповой оснастки показали, что применение в способе нанесения многослойного ионно-плазменного покрытия на поверхность гравюры штампа из жаропрочной стали следующих приемов: помещение штампа в вакуумную камеру установки; создание требуемого вакуума; ионная очистка поверхности гравюры штампа с последующим нанесением на нее заданного количества слоев соединений титана с металлами и азотом; нанесение после ионной очистки подслоя из титана или из сплава на основе титана толщиной от 0,4 до 0,8 мкм; затем нанесение разнородных слоев соединений титана с металлами и азотом толщиной от 1,2 до 2,0 мкм каждый, при их следующем чередовании: формирование слоя соединений титана с металлами и азотом при давлении в вакуумной камере установки от $2 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^{-2}$ Па и формирование слоя соединений титана с металлами и азотом при давлении в вакуумной камере установки от $1 \cdot 10^{-1}$ до $3 \cdot 10^{-1}$ Па; для формирования соединений титана с металлами используют соединения титана со следующими металлами: Al, Mo, Zr, V, Si, C или их сочетание, при следующем их соотношении, вес.%: либо Al от 4 до 8%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, Mo от 1 до 2%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, Mo от 1 до 2%, V от 1 до 3%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, Mo от 0,5 до 2%, V от 0,5 до 3%, Si до 0,5%, C до 0,3%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Mo от 1 до 2%, V от 1 до 3%, Si от 1 до 4%, остальное Ti, либо Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, V от 1 до 3%, Si от 1 до 4%, остальное Ti; а также при использовании следующих дополнительных вариантов: ионную очистку проводят ионами аргона при плотности тока от 130 до 160 мкА/см² в течение от 0,4 до 1,1 часа; заданное количество пар слоев покрытия определяется ее общей толщиной, равной от 8 до 16 мкм; перед помещением деталей в вакуумную камеру установки проводят электролитно-плазменное полирование деталей, погружая их в водный раствор электролита и прикладывая к деталям положительное по отношению к электролиту электрическое напряжение, позволяют достичь технического результата заявляемого изобретения - повышения износостойкости штампа за счет решения задачи уменьшения адгезионного взаимодействия между материалом штампа и штампуемой заготовкой.

(57) Формула изобретения

1. Способ нанесения многослойного ионно-плазменного покрытия на поверхность гравюры штампа из жаропрочной стали, включающий помещение штампа в вакуумную камеру установки, создание требуемого вакуума, ионную очистку поверхности гравюры штампа с последующим нанесением на нее заданного количества слоев соединений титана с металлами и азотом, отличающийся тем, что после ионной очистки наносят подслои из титана или из сплава на основе титана толщиной от 0,4 до 0,8 мкм, а затем разнородные слои соединений титана с металлами и азотом толщиной от 1,2 до 2,0 мкм

каждый, причем чередуют формирование слоя соединений титана с металлами и азотом при давлении в вакуумной камере от $2 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^{-2}$ Па с формированием слоя соединений титана с металлами и азотом при давлении в вакуумной камере от $1 \cdot 10^{-1}$

5 до $3 \cdot 10^{-1}$ Па, при этом формируют соединения титана со следующими металлами, включающими Al, Mo, Zr, V, Si и C или их сочетание, при следующем их соотношении, вес. %: Al от 4 до 8%, остальное Ti, или Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, остальное Ti, или Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, Mo от 1 до 2%, остальное Ti, или Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, Mo от 1 до 2%, V от 1 до 3%, остальное Ti, или Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, Mo от 0,5 до 2%, V от 0,5 до 3%, Si до 0,5%, C до 0,3%, остальное Ti, или Al от 4 до 8%, Mo от 1 до 2%, V от 1 до 3%, Si от 1 до 4%, остальное Ti, или Al от 4 до 8%, Zr от 1 до 3%, V от 1 до 3%, Si от 1 до 4%, остальное Ti, или Al от 4 до 8%, V от 1 до 3%, Si от 1 до 4%, остальное Ti.

15 2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что ионную очистку проводят ионами аргона при плотности тока от 130 до 160 мкА/см² в течение от 0,4 до 1,1 часа.

3. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что заданное количество пар слоев покрытия определяют в зависимости от общей толщины покрытия, равной от 8 до 16 мкм.

20 4. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что перед помещением деталей в вакуумную камеру проводят электролитно-плазменное полирование деталей путем погружения их в водный раствор электролита и приложения к деталям положительного по отношению к электролиту электрического напряжения.

25 5. Способ по п. 3, отличающийся тем, что перед помещением деталей в вакуумную камеру проводят электролитно-плазменное полирование деталей путем погружения в водный раствор электролита и приложения к деталям положительного по отношению к электролиту электрического напряжения.

30

35

40

45