

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036801**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.12.22

(21) Номер заявки
202000112

(22) Дата подачи заявки
2020.02.25

(51) Int. Cl. **C25D 15/00** (2006.01)
C25D 5/50 (2006.01)
C25F 3/02 (2006.01)
B82Y 30/00 (2006.01)

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ИЗДЕЛИЙ

(43) **2020.12.21**

(96) **2020/ЕА/0010 (ВУ) 2020.02.25**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**КНЯЗЕВ ЕВГЕНИЙ
ВЛАДИМИРОВИЧ (RU);
КОРЖЕНЕВСКИЙ АЛЕКСАНДР
ПАВЛОВИЧ (ВУ); БЕЛОВ
АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ
(RU)**

(56) BY-C1-11387
EP-B1-2660362
CN-B-103469283
RU-C1-2706931

(72) Изобретатель:

**Князев Евгений Владимирович
(RU), Корженевский Александр
Павлович (ВУ), Белов Александр
Владимирович, Чекулаев Олег
Владимирович (RU), Штемплук
Роман Георгиевич (ВУ)**

(74) Представитель:

Самцов В.П. (ВУ)

(57) Изобретение относится к области защиты металлических поверхностей методом электрохимического хромирования и предназначено для использования в гражданской, авиационной, космической и военной отраслях промышленности. Технический результат - повышение износостойкости и снижение коэффициента трения скольжения покрытий. Способ включает электрохимическое осаждение хром-алмазного покрытия и формирование антифрикционного слоя на металлических внутренних и внешних поверхностях изделий, которые осуществляют в одном цикле хромирования, и последующую термическую обработку полученного покрытия. Для получения антифрикционного слоя производят наноструктурное хромирование осажденного хром-алмазного покрытия с формированием поверхностного слоя с пористой кластерной структурой. Термическую обработку полученного покрытия проводят в термобарореакторе в инертной атмосфере аргона по заданному режиму с одновременной пропиткой поверхностного слоя хром-алмазного покрытия противоизносным масляным составом с присадкой. В качестве присадки в противоизносный масляный состав для пропитки вводят композицию на основе олеата меди и/или ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза.

B1**036801****036801****B1**

Изобретение относится к области защиты металлических поверхностей методом электрохимического хромирования, в частности может использоваться для получения износостойких хром-алмазных покрытий на таких изделиях, как стержни, валы, прутки, на внутренних и внешних поверхностях труб и др., и предназначено для использования в гражданской, авиационной, космической и военной отраслях промышленности.

Электролитическое хромирование является одним из наиболее распространенных гальванических процессов, а хромовые покрытия широко используются для придания декоративных и антифрикционных свойств изделиям, для покрытия деталей, работающих на износ (валы и цилиндры), пресс-форм, которые должны иметь большую поверхностную твердость, а также для восстановления изношенных деталей. Из уровня техники известны различные методы получения гальванических покрытий, содержащих в своей структуре инородные микроскопические частицы, что дает возможность существенного изменения полезных свойств покрытий, таких как микротвердость, износостойкость, защитная способность. Для снижения толщины и улучшения физико-химических свойств хромового покрытия разработаны различные процессы нанесения композиционных хром-алмазных покрытий с применением наноуглеродных материалов, нано-алмазов (НА) и алмазной шихты (АШ). Установлено, что НА влияют сильнее на процесс хромирования, чем АШ, которые незначительно влияют на катодную поляризацию хрома в отличие от НА. Добавки НА и АШ повышают электрическую проводимость раствора и положительно влияют на рассеивающую способность, увеличивают износостойкость хромовых покрытий в 2-3 раза, повышают микротвердость на 20-30% по сравнению с свойствами чистого хрома и оказывают существенное влияние на структуру хромовых покрытий [1].

Так в патенте [2] раскрыт способ получения металл-алмазного покрытия в виде металлической пленки, включающий образование на поверхности изделия с помощью дисперсной системы осаждением металла и синтетического углеродного алмазосодержащего вещества. Способ включает получение на поверхности изделия первого слоя путем химического или электрохимического осаждения из раствора или электролита соответственно, содержащего источник ионов осаждаемого металла, выбранный из группы: железо, никель, хром, цинк, свинец, сурьму, кадмий, титан, вольфрам, висмут, марганец, кобальт, медь, золото, серебро, платину, палладий, а также дисперсную систему, состоящую из смеси жидкой дисперсной среды, твердой дисперсной фазы и стабилизатора, выбранный из группы, включающей низкомолекулярный электролит, коллоидное поверхностно-активное вещество или их сочетание. В качестве дисперсной среды используют воду, а в качестве твердой дисперсной фазы используют частицы синтетического углеродного алмазосодержащего вещества, содержащего углерод в виде ядер ультрадисперсного алмаза с оболочкой, содержащей рентгено-аморфный углерод. Затем осаждают второй слой посредством химического или электрохимического осаждения из раствора или электролита соответственно, содержащего источник ионов осаждаемого металла, выбранный из указанной группы, и указанную дисперсную систему. После осаждения каждого из слоев проводят обработку поверхности промывкой водой, сушкой, обработкой химическими веществами, обработкой механическим способом, термической обработкой или несколькими из них.

В патентной заявке [3] раскрыт способ получения никель-хромового нанослоистого покрытия высокой твердости. Способ включает электроосаждение из раствора электролита, содержащего соль никеля и/или соль хрома на подложку или матрицу первого зародышевого слоя никель-хромового сплава, состоящего из от около 5 до около 35% хрома по массе, и осаждение второго слоя никель- и хромсодержащего, содержащего более чем около 90% никеля по массе.

Известен способ получения наномодифицированного гальванического хромового покрытия на поверхности изделия [4]. Способ включает приготовление электролита и введение в него углеродного наноматериала с содержанием структурированной фазы до 90%, диаметрами наночастиц от 20 до 100 нм и длиной до 10 мкм, которые представляет собой волокна, состоящие из графеновых слоев фуллереноподобной конструкции. Наружный диаметр слоев варьируется от 20 до 100 нм, длина до 10 мкм, степень структуризации материала составляет 80-90%. Затем осуществляют в течение 2 ч электрохимическую обработку электролита при плотности тока на катоде 2 А/дм² и температуре электролита 45°C с получением ионов трехвалентного хрома. Далее изделия помещают в электролит и осуществляют хромирование его поверхности при температуре 55°C.

Предложен способ изготовления изделий с повышенными эксплуатационными характеристиками [5]. Сущность способа заключается в том, что перед нанесением покрытия осуществляют основную обработку изделий водной суспензией ультрадисперсного алмазоподобного углеродного кластера в водном растворе серной или соляной кислоты с последующей отмывкой от кислот в дистиллированной воде. Также осуществляют дополнительную обработку катионоактивным веществом для восстановления объемной емкости и перезарядке поверхности частиц в электролите. В качестве катионоактивного вещества используют вещества с третичными или четвертичными аммониевыми основаниями, а в качестве электролита-суспензии используют электролиты на основе шестивалентного хрома, никеля, железа, золота и его сплавов с кобальтом, никелем, серебром и медью и меди. Заготовки изделий выполняют в виде цилиндров из стали ШХ15 с твердостью HV=8,5+0,2 ГПа и наносят покрытия толщиной не менее 50 мкм из различных электролитов, содержащих ультрадисперсные алмазоподобные углеродные кластеры (УДА).

Заготовки изделий с таким покрытием используют, в частности, для декоративной фурнитуры, часов, инструментов, в ювелирном производстве и пр.

Недостатком известных способов хромирования является низкая износостойкость хром-алмазного покрытия в условиях жестких ударно-термических воздействий, а также высокий коэффициент трения скольжения металлических поверхностей с такими покрытиями, что делает их малопригодными для защиты внутренних полостей трубчатых изделий, работающих в агрессивных условиях эксплуатации, например в стволах автоматического оружия.

Наиболее близким к изобретению является способ получения композиционного покрытия, раскрытый в патенте [6], выбранный в качестве прототипа. Способ включает приготовление электролита, содержащего суспензию частиц nano-алмаза и хром, и электрохимическое осаждение хром-алмазного покрытия на металлические поверхности. Перед приготовлением электролита суспензию частиц nano-алмаза подвергают активации путем обработки в диспергаторе при количестве подаваемой механической энергии 10-15 кДж/г сухого порошка nano-алмазов (УДА). Затем на полученное хромалмазное покрытие дополнительно наносят антифрикционный слой путем химической обработки хром-алмазного покрытия в водной суспензии оксидов титана и молибдена в присутствии поверхностно-активных веществ при заданной температуре, концентрации оксидов и при соотношении оксид титана:оксид молибдена, близком к 1:4. Время выдержки в электролите составляет 45-60 мин, далее проводят термообработку полученного покрытия при температуре 150-200°C в течение 60-90 мин. Антифрикционный слой наносят на готовое хром-алмазное покрытие путем низкотемпературной химической обработки и последующей термообработки на воздухе. Обработку осуществляют в растворе одного состава, в который входят одновременно суспензии оксидов титана и молибдена и поверхностно-активные вещества. Полученное покрытие обладает хорошими антифрикционными свойствами в сочетании с высокой износостойкостью.

Недостатком прототипа является то, что такой способ хромирования металлических поверхностей не позволяет получить покрытия, хорошо работающие в условиях жестких ударно-термических воздействий. Недостатком также является высокий коэффициент трения скольжения покрытий, что делает непригодным их применение для защиты внутренних поверхностей трубчатых изделий, работающих в особо агрессивных условиях, например трубопроводах или в стволах автоматического оружия.

Целью изобретения является устранение указанных недостатков и повышение эксплуатационных характеристик изделий с хром-алмазными покрытиями.

Техническим результатом изобретения является повышение износостойкости и снижение коэффициента трения скольжения покрытий.

Технический результат достигается тем, что в способе получения износостойких хромовых покрытий на наружных и внутренних металлических поверхностях изделий, включающем приготовление сернокислотного электролита хромирования, содержащего водный раствор хромового ангидрита и водную суспензию частиц nano-алмаза детонационного синтеза, электрохимическое осаждение хром-алмазного покрытия на металлические поверхности, формирование антифрикционного слоя на хром-алмазном покрытии и последующую термическую обработку полученного покрытия, согласно изобретению, электрохимическое осаждение хром-алмазного покрытия и формирование антифрикционного слоя на металлической поверхности изделия осуществляют в одном цикле нанесения хромового покрытия, при этом для получения антифрикционного слоя производят наноструктурное хромирование осажденного хром-алмазного покрытия с возможностью формирования поверхностного слоя с пористой кластерной структурой, а термическую обработку полученного покрытия проводят в термобарореакторе в инертной атмосфере с одновременной пропиткой поверхностного слоя хром-алмазного покрытия противоизносным масляным составом с присадкой, при этом в термобарореактор загружают изделия, вакуумируют до давления разряжения $(5-7) \times 10^{-1}$ атм, нагревают изделия под вакуумом до 105-110°C с выдержкой в течение 10-15 мин, затем в термобарореактор подают подогретый до температуры 105-110°C противоизносный масляный состав с присадкой и инертный газ под давлением 2-2,5 атм, а пропитку осуществляют при температуре 105-110°C с выдержкой в течение 4-5 мин и последующим охлаждением изделий до температуры 20-25°C, а затем процесс термообработки с пропиткой в инертной атмосфере под давлением 2-2,5 атм повторяют до 5 раз, причем в качестве присадки в противоизносный масляный состав для пропитки вводят композицию на основе олеата меди и/или ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза.

В качестве сернокислотного электролита хромирования приготавливают саморегулирующийся состав, г/л: 220-250 CrO_3 , 5,5-6,5 SrSO_4 , или 5,5-6,5 BaSO_4 , 18-20 K_2SiF_6 , или стандартный хромовый электролит скоростного осаждения путем растворения в воде 240-250 г/л CrO_3 и 2,4-2,5 г/л H_2SO_4 , в который затем вводят суспензию частиц nano-алмаза в количестве 5-15 г/л.

Электрохимическое осаждение хром-алмазного покрытия проводят при температуре 50-70°C и плотности тока 50-70 А/дм², а наноструктурное хромирование с формированием поверхностного хромового слоя с пористой кластерной структурой проводят электрохимическим анодным травлением поверхности полученного хромового покрытия при той температуре и плотности тока 20-30 А/дм², при этом поверхностный слой с пористой кластерной структурой формируют толщиной до 1/3 от общей толщины хром-алмазного покрытия и степенью пористости 20-40%.

В качестве ультрадисперсных алмазов детонационного синтеза в водной суспензии используют на-

но-алмазы, или алмазосодержащую шихту, или частично окисленную алмазосодержащую шихту в виде суспензии с содержанием УДА 35-99%.

Присадку на основе олеата меди и/или ультрадисперсных алмазов детонационного синтеза в противоизносный масляный состав для пропитки вводят в количестве 4-10 об. %.

Инертную атмосферу в термобарореакторе формируют с использованием любого инертного газа, например аргона.

Изобретение реализуют следующим образом.

Готовят саморегулирующийся сернокислотный электролит хромирования состав (г/л): 220-250 CrO_3 , 5,5-6,5 SrSO_4 , или 5,5-6,5 BaSO_4 , 18-20 K_2SiF_6 , или стандартный хромовый электролит скоростного осаждения путем растворения в воде состава (г/л): 240-250 CrO_3 и 2,4-2,5 г/л H_2SO_4 . В приготовленный электролит вводят суспензию частиц нано-алмаза - ультрадисперсных алмазов детонационного синтеза (УДА) в количестве 5-15 г/л. В качестве УДА в водной суспензии используют нано-алмазы, или алмазосодержащую шихту, или частично окисленную алмазосодержащую шихту с содержанием нано-алмазов 35-99%. Перед введением в электролит УДА могут быть подвергнуты активации путем обработки в диспергированной воде в диспергаторе в течение 10-15 мин для разрушения конгломератов частиц с целью получения однородной смеси и повышением активности частиц УДА в суспензии.

Затем внутренние и внешние поверхности изделий предварительно подвергают стандартной механической обработке и очистке для обезжиривания. Далее изделия погружают в гальваническую ванну с электролитом хромирования или осуществляют прокачку электролита через внутреннюю поверхность изделия, используя внутренний анод и производят электрохимическое осаждение хром-алмазного покрытия, при этом кластерные частицы УДА, благодаря их высокой физико-химической активности, являются центрами кристаллизации, на которых и начинается кристаллизация металла. Вследствие большого количества частиц кристаллизация носит многозародышевый характер, а получаемый слой покрытия характеризуется малыми размерами структурных фрагментов, отсутствием дальнего порядка в кристаллической структуре. В процессе электрохимического осаждения хром-алмазного покрытия формируют слой с высокой плотностью, что обеспечивается заданной плотностью тока 50-70 А/дм² и температурой электролита $t=50-70^\circ\text{C}$. Далее формируют антифрикционный слой на уже осажденном хром-алмазном покрытии. Для этого проводят наноструктурное хромирование с формированием поверхностного слоя с пористой кластерной структурой путем электрохимического анодного травления полученного слоя хром-алмазного покрытия с высокой плотностью. Наноструктурное хромирование хромового покрытия осуществляют при температуре 50-70 $^\circ\text{C}$ и плотности тока 20-30 А/дм² в течение 1-10 мин, в результате чего получают пористый поверхностный слой покрытия толщиной до 1/3 от общей толщины хром-алмазного покрытия со степенью пористости 20-40%.

Далее проводят термическую обработку полученного покрытия в термобарореакторе в инертной атмосфере с одновременной пропиткой поверхностного слоя хром-алмазного покрытия противоизносным масляным составом с присадкой. Для этого изделия загружают в термобарореактор, вакуумируют до давления разряжения $(5-7)\times 10^{-1}$ атм и нагревают изделия под вакуумом до 105-110 $^\circ\text{C}$ с выдержкой в течение 10-15 мин. Затем в термобарореактор подают подогретый до температуры 105-110 $^\circ\text{C}$ противоизносный масляный состав с присадкой и инертный газ, например аргон, под давлением 2-2,5 атм, далее производят пропитку поверхностного слоя хром-алмазного покрытия с пористой кластерной структурой при температуре 105-110 $^\circ\text{C}$ с выдержкой в течение 4-5 мин с последующим охлаждением изделий до температуры 20-25 $^\circ\text{C}$. Затем процесс термообработки с пропиткой в инертной атмосфере аргона под давлением 2-2,5 атм повторяют до 5 раз, причем для создания инертной атмосферы возможно применение и других известных инертных газов.

В качестве присадки в противоизносный масляный состав для пропитки вводят композицию на основе олеата меди и/или ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза в количестве 4-10 об. %, последние используют в виде суспензии нано-алмазов, или алмазосодержащей шихты, или частично окисленной алмазосодержащей шихты с содержанием алмаза 35-99%. В качестве композиции на основе олеата меди возможно использование многоцелевого металлоорганического медьсодержащего препарата ОРВЧ-5 - модификатора к моторным и трансмиссионным маслам с широким спектром применения [7].

Ниже в табл. 1 приведены примеры реализации изобретения с различным содержанием дисперсной фракции (*ДФ) ультрадисперсных алмазов детонационного синтеза в электролите с результатами сравнительных испытаний полученных хром-алмазных покрытий, где:

ДФ1 - нано-алмаз (НА), концентрация суспензии в электролите, 5 г/л;

ДФ2 - концентрация суспензии в электролите НА 5 г/л+1 г/л шихта НА;

ДФ3 - (нанотрубки) концентрация суспензии 15 г/л в электролите саморегулирующемся.

Таблица 1

№ п/п	(*)Вариант покрытия	Осыпаемость, %	Средняя пористость, см ²	Средний балл коррозионных поражений по ОСТ ВЗ-9.002-79	Микротвёрдость до нагрева, HV	Микро-твёрдость после нагрева (400°С), HV
1.	ДФ1	67,3	0,08	7,8	946	946-1006
2.	ДФ2	11,7	2,25	6,7	946	946
3.	ДФ3	27,3	Крайне высокая	9,5	1072	946
4.	Стандартное	18,9	5,2	6,3	677-841	713-752

Оптимальным является вариант покрытия, полученного на образцах изделий под № 2 (ДФ2), где видно, что покрытие характеризуется минимальным процентом осыпаемости, хорошими показателем средней пористости и баллом коррозионной поражения, а также значениями микротвёрдости HV до и после нагрева.

В табл. 2 показаны сравнительные характеристики изделий со стандартным хромовым покрытием и изделий с хром-алмазным покрытием, полученным согласно изобретению.

Таблица 2

Характеристика	Стандартное хромирование	Хром-алмазное покрытие согласно изобретения
Микротвердость	От 600 до 800 HV	От 1000 до 1400 HV
Износостойкость	По ГОСТу	Увеличение в 5 – 6 раз
Коэффициент сухого трения		
Коррозионная стойкость	По ГОСТу	Увеличение в 1,5 – 2 раза
Максимальная t° работы	С	до 750°С
Адгезия к металлу	По ГОСТу	На уровне прочности металла основы
Толщина покрытия	согласно КД	От 0,5 до 1000 мкм
Размер зерна		Не менее 0,01мм
Содержание углеродной фазы		0,05 – 0,5мас.%
Допускаемая температура нагрева покрытия	°С	До 1000°С

В табл. 3 отражены результаты сравнительных триботехнических испытаний изделий с кластерным хромо-алмазным гальваническим покрытием согласно разработанному способу и изделий с покрытием без использования НА при трении в условиях граничной смазки.

Таблица 3

Покрытие	Удельная нагрузка p, МПа	Коэффициент трения f при скорости скольжения			Интенсивность изнашивания I·10 ⁻¹⁰ при скорости скольжения		
		1,0 м/с	2,5 м/с	4,0 м/с	1,0 м/с	2,5 м/с	4,0 м/с
Покрытие в электролите без наноалмаза	0,5	0,072	0,063	0,051	7,4	11,6	15,3
	1,0	0,095	0,074	0,066	8,5	14,7	18,1
	2,0	0,101	0,081	0,073	10,6	17,2	22,4
	3,0	0,115	0,092	0,095	13,8	20,8	28,9
Покрытие в электролите с концентрацией нано-алмаза, 5,1 г/л	0,5	0,052	0,043	0,037	3,9	6,5	9,9
	1,0	0,077	0,050	0,043	5,1	8,6	11,5
	2,0	0,091	0,063	0,064	6,6	10,3	13,4
	3,0	0,096	0,072	0,066	7,9	13,4	17,8

Коэффициент трения и износостойкость зависит от шероховатости поверхности покрытия, нагрузки на узел трения и условий эксплуатации, а также от материала и шероховатости ответной детали или отсутствия смазки.

Сравнительные испытания стандартных хромовых покрытий и кластерных хромо-алмазных гальванических покрытий на внутренних поверхностях металлических изделий на специальных образцах стали 30ХГСА показал, что по контролируемым характеристикам (твёрдость, адгезия, осыпаемость покрытия при знакопеременных нагрузках и сдавливании и др.) кластерные хромо-алмазные покрытия имеют лучшие показатели. Такие свойства покрытий связаны с их структурным строением - сверхмалыми раз-

мерами фрагментов, что обеспечивает полное копирование кластерным покрытием микрорельефа поверхности обрабатываемых изделий и тем самым значительно увеличивает прочность сцепления покрытия с основой, которая определяется предельными значениями напряжений сдвигового и нормального отрыва.

Исследованиями установлено, что уменьшение коэффициента трения внутренних поверхностей в металлических изделиях с кластерными хромо-алмазными покрытиями обусловлено введением в слой покрытия присадок на основе композиции олеата меди и/или ультрадисперсных алмазов детонационного синтеза, что создает эффект "потеющей стенки" при разогреве, например, ствола автоматического оружия при стрельбе. При этом на внутренней поверхности покрытия образуется мономолекулярный композиционный слой, который в несколько раз снижает трение пары пуля - ствол и дополнительно вызывает эффект увеличения скорости вылета пули при использовании даже стандартных порохов, а износ ствола существенно ниже, чем при обычной стрельбе.

Разработанный способ получения износостойких хромовых покрытий на наружных и внутренних металлических поверхностях может широко применяться для защиты изделий различного назначения: режущего инструмента, штампов, литевых форм, оснастки для глубокой холодной вытяжки металлов, деталей цилиндров поршневой группы, медицинских инструментов (зубные боры, хирургические фрезы и др.), коронки бурового оборудования, слесарного инструмента (напильники, ножовочные полотна, циркулярные и ленточные пилы и пр.) и многих других, при этом срок эксплуатации изделий с таким покрытием увеличивается в 2-4 раза.

В табл. 4 приведены данные по увеличению сроков службы некоторых изделий с кластерным хромо-алмазным покрытием, нанесенным на металлические поверхности согласно разработанному способу по сравнению со стандартным хромовым покрытием.

Таблица 4

Наименование изделия с хромо-алмазным покрытием	Показатель увеличения срока службы
Метчики, покрытие: по стали с твердостью 380 HB по алюминию	2 – 2,5 раза 2,1 раза
Зенкеры, покрытие: по специальным сталям	3,2 раза
Фрезы, покрытие: по конструкционным сталям по титановым сплавам призматические из быстрорежущей конструкционной стали	1,5 – 2,0 раз 2,1 раза 3 раза
Дисковые ножи, покрытие: для магнитной ленты	3,5 раза
Пилки, покрытие: для электрический лобзика	10 раз
ДВС, покрытие: для цилиндров спортивных мотоциклов (износ)	с 0,2мм за 3 часа до 0,05мм за 24 часа
Медицинский инструмент, покрытие: Зубные боры (износ) Хирургические боры (износ)	с 5 до 60 мин 11 раз (без изменения цвета покрытия от кипячения)

Источники информации:

1. Орлова Е.А. Автореферат диссертации по теме "Электроосаждение хрома в присутствии наноуглеродных материалов", Санкт-Петербург, 2007. <http://tekhnosfera.com/elektroosazhdenie-hroma-v-prisutstvii-nanouglerodnyh-materialov#ixzz6DkaJJQeV>.

2. RU № 2706931 C1, 21.11.2019.

3. WO 2016/044708, 24.03.2016.

4. BY № 21191 C1, 30.08.2017.

5. RU № 2147524 C1, 20.04.2000.

6. BY № 11387 C1, 30.12.2008 (прототип).

7. Медьсодержащая присадка ОРВЧ-5. Сертификат соответствия № РОСС RU.HX09.H00356, срок действия с 05.08.97 по 04.08.98. Изготовитель - НПФ "Перигей".

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения износостойких хромовых покрытий на наружных и внутренних металлических поверхностях изделий, включающий приготовление сернокислотного электролита хромирования, содержащего водный раствор хромового ангидрида и водную суспензию частиц нано-алмаза детонационного синтеза, электрохимическое осаждение хром-алмазного покрытия на металлические поверхности, формирование антифрикционного слоя на хром-алмазном покрытии и последующую термическую обработку полученного покрытия, отличающийся тем, что электрохимическое осаждение хром-алмазного покрытия и формирование антифрикционного слоя на металлической поверхности изделия осуществляют в одном цикле нанесения хромового покрытия, при этом для получения антифрикционного слоя производят наноструктурное хромирование осажденного хром-алмазного покрытия с возможностью формирования поверхностного слоя с пористой кластерной структурой, а термическую обработку полученного покрытия проводят в термобарореакторе в инертной атмосфере с одновременной пропиткой поверхностного слоя хром-алмазного покрытия противоизносным масляным составом с присадкой, при этом в термобарореактор загружают изделия, вакуумируют до давления разряжения $(5-7) \times 10^{-1}$ атм, нагревают изделия под вакуумом до 105-110°C с выдержкой в течение 10-15 мин, затем в термобарореактор подают подогретый до температуры 105-110°C противоизносный масляный состав с присадкой и инертный газ под давлением 2-2,5 атм, а пропитку осуществляют при температуре 105-110°C с выдержкой в течение 4-5 мин с последующим охлаждением изделий до температуры 20-25°C, а затем процесс термообработки с пропиткой в инертной атмосфере под давлением 2-2,5 атм повторяют до пяти раз, причем в качестве присадки в противоизносный масляный состав для пропитки вводят композицию на основе олеата меди и/или ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве сернокислотного электролита хромирования приготавливают саморегулирующийся состав, г/л: 220-250 CrO_3 , 5,5-6,5 SrSO_4 , или 5,5-6,5 BaSO_4 , 18-20 K_2SiF_6 , или стандартный хромовый электролит скоростного осаждения путем растворения в воде 240-250 г/л CrO_3 и 2,4-2,5 г/л H_2SO_4 , в который затем вводят суспензию частиц нано-алмаза в количестве 5-15 г/л.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что электрохимическое осаждение хром-алмазного покрытия проводят при температуре 50-70°C и плотности тока 50-70 А/дм^2 , а наноструктурное хромирование с формированием поверхностного хромового слоя с пористой кластерной структурой проводят электрохимическим анодным травлением поверхности полученного хромового покрытия при той температуре и плотности тока 20-30 А/дм^2 , при этом поверхностный слой с пористой кластерной структурой формируют толщиной до 1/3 от общей толщины хром-алмазного покрытия и степенью пористости 20-40%.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве ультрадисперсных алмазов детонационного синтеза в водной суспензии используют нано-алмазы, или алмазосодержащую шихту, или частично окисленную алмазосодержащую шихту в виде суспензии с содержанием алмаза 35-99%.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что присадку на основе композиции олеата меди и/или суспензию ультрадисперсных алмазов детонационного синтеза в противоизносный масляный состав для пропитки вводят в количестве 4-10 об.%,

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что инертную атмосферу в термобарореакторе формируют с использованием любого инертного газа, например аргона.

