

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **15835**

(13) **С1**

(46) **2012.04.30**

(51) МПК

**C 25D 11/06** (2006.01)

(54) **СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА АЛЮМИНИЕВО-КРЕМНИЕВЫЕ СПЛАВЫ**

(21) Номер заявки: а 20101143

(22) 2010.07.26

(43) 2012.02.28

(71) Заявитель: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого" (ВУ)

(72) Авторы: Злотников Игорь Иванович; Пискунов Сергей Васильевич; Хило Петр Анатольевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого" (ВУ)

(56) ВУ 6814 С1, 2005.

RU 2199613 С2, 2003.

SU 1767044 А1, 1992.

RU 2390587 С2, 2010.

SU 1675400 А1, 1991.

SU 1002413, 1983.

RU 2251596 С2, 2005.

(57)

Способ нанесения покрытия на поверхность изделия из алюминиево-кремниевого сплава, при котором осуществляют микродуговое оксидирование поверхности изделия, проводимое до конечного напряжения 400-440 В в электролите, содержащем гидроксид калия, силикат натрия и воду, **отличающийся** тем, что перед микродуговым оксидированием изделие обрабатывают в растворе, содержащем 94-96 мас. % азотной кислоты и 4-6 мас. % фтористоводородной кислоты, в течение 0,5-1,5 минут, используют электролит, содержащий компоненты при следующем их соотношении, г/л:

гидроксид калия 1,5-6,0

силикат натрия 10-120

вода остальное,

и процесс ведут при плотности постоянного тока 0,5-15,0 А/дм<sup>2</sup>.

Изобретение относится к области электрохимического нанесения покрытий на изделия из алюминия и его сплавов, а именно к анодному микродуговому оксидированию (МДО), и может быть использовано в машиностроении для получения износостойких и защитных покрытий на поверхностях деталей различного назначения.

Известен способ формирования защитного покрытия на деталях запорной арматуры методом МДО в электролите, содержащем 3 г/л гидроксида калия, 10 г/л жидкого стекла и воду, при плотности тока 10-15 А/дм<sup>2</sup> при температуре электролита 40-60 °С до получения слоя оксида алюминия толщиной 100-250 мкм [1]. Недостатком способа является его неэффективность для МДО алюминиево-кремниевых сплавов.

Известен способ получения покрытий на изделиях из алюминиево-кремниевых сплавов, включающий предварительную обработку сплавов путем воздействия энергетическими, физическими, механическими, химическими, металлургическими или другими

**ВУ 15835 С1 2012.04.30**

## BY 15835 C1 2012.04.30

методами, обеспечивающими образование такой структуры сплава, при которой частицы кремнийсодержащих фаз располагаются в виде отдельных включений и/или их цепочек таким образом, что на плоском срезе материала среднее расстояние между границами соседних кремнийсодержащих включений составляет не более 5 % от среднего размера включений, а последующее МДО проводят в электролите, содержащем (г/л): гидроксид калия 1-2, жидкое стекло 2-4 и воду [2]. Недостатком способа является тот факт, что описанные способы предварительной обработки алюминиевых сплавов (например, термообработка) являются трудоемкими и длительными, а металлографический метод контроля изменений структуры металла после предварительной обработки представляет достаточно большие сложности в своем осуществлении.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ нанесения покрытия на алюминий и его сплавы в режиме МДО с использованием переменного напряжения частотой 50 Гц при плотности тока 5-35 А/дм<sup>2</sup> до конечного напряжения 400-440 В в электролите, содержащем (г/л): гидроксид калия (1,5-2,8), силикат натрия (10,5-18,2), водорастворимую соль (0,2-0,9) и воду [3]. Способ позволяет получать на многих алюминиевых сплавах цветные декоративные покрытия, обладающие высокой механической прочностью, но при окислении алюминиево-кремниевых сплавов показатели получаемых покрытий, в первую очередь микротвердость и износостойкость, оказываются низкими.

Задача изобретения - повышение механических свойств покрытий на алюминиево-кремниевых сплавах.

Поставленная задача решается за счет того, что в способе нанесения покрытия на поверхность изделия из алюминиево-кремниевого сплава, при котором осуществляют микродуговое окисление поверхности изделия, проводимое до конечного напряжения 400-440 В в электролите, содержащем гидроксид калия, силикат натрия и воду, согласно изобретению, перед микродуговым окислением изделие обрабатывают в растворе, содержащем 94-96 мас. % азотной кислоты и 4-6 мас. % фтористоводородной кислоты, в течение 0,5-1,5 минут, используют электролит, содержащий компоненты при следующем их соотношении, г/л:

гидроксид калия	1,5-6,0
силикат натрия	10-120
вода	остальное,

и процесс ведут при плотности постоянного тока 0,5-15 А/дм<sup>2</sup>.

Сущность изобретения заключается в следующем. При электролизе раствора силиката натрия и гидроксида калия на аноде (детали, изготовленной из алюминиево-кремниевого сплава) происходит разряд гидроксил-ионов и силикатных анионов, что приводит к окислению материала анода с образованием корунда (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и осаждению диоксида кремния. При этом частицы кремнийсодержащих фаз алюминиевого сплава, имеющие более высокое сопротивление по сравнению с основной алюминиевой матрицей, экранируют электролит от металла, что препятствует равномерному протеканию процесса МДО. Если предварительно поверхность алюминиевого сплава обработать смесью указанных кислот, то азотная кислота (HNO<sub>3</sub>) растворит поверхность алюминия, обнажив зерна кремнийсодержащих фаз, а фтористоводородная кислота (HF) растворит кремнийсодержащие соединения. В результате этих процессов на поверхности окисляемой детали практически не остается кремнийсодержащих фаз, и процесс МДО протекает беспрепятственно с образованием покрытия с высокими механическими показателями и износостойкостью.

Если использовать смесь кислот с содержанием HF менее 4 мас. %, то растворение кремниевых фаз происходит медленно и не полностью, а при содержании HF более 6 мас. % замедляется процесс растворения алюминиевой матрицы.

При концентрациях силиката натрия в электролите более 120 г/л получается рыхлое керамическое покрытие с низкой механической прочностью и износостойкостью. При со-

## ВУ 15835 С1 2012.04.30

держании силиката натрия менее 10 г/л процесс образования покрытия сильно замедляется, а покрытие получается тонким. Введение в состав электролита гидроксида калия ускоряет процесс образования покрытия, увеличивает его толщину и качество. При содержании в электролите гидроксида калия в количестве меньше 1,5 г/л в оксидном покрытии не формируются микроканалы, необходимые для обеспечения доступа ионов кислорода к поверхности металла, и покрытие получается тонким. При содержании гидроксида калия более 6,0 г/л скорость растворения оксидного слоя становится сравнимой со скоростью его роста и образующееся покрытие становится очень рыхлым.

Проведение процесса МДО при постоянном токе способствует получению покрытия с более высокими механическими показателями. Использование тока с плотностью менее 0,5 А/дм<sup>2</sup> нецелесообразно, так как сильно удлиняет процесс получения покрытий, а при плотности тока более 15 А/дм<sup>2</sup> на рабочих электродах происходит бурное выделение водорода, из-за чего покрытие получается рыхлым. Процесс проводят, плавно повышая напряжение до 400-440 В. Проведение процесса при напряжениях более 440 В может привести к переходу процесса из микродугового режима в дуговой, что сопровождается разрушением покрытия.

Процесс нанесения покрытия осуществляют следующим образом. Деталь из алюминиево-кремниевого сплава погружают в смесь кислот заявляемого состава и выдерживают в течение 0,5-1,5 минут. Затем деталь промывают проточной водой и подключают к аноду регулируемого источника постоянного напряжения и погружают в электролит. Вторым электродом служит корпус ванны, изготовленной из нержавеющей стали или титана. Плавно повышая напряжение, добиваются начала искрения и затем поддерживают постоянную плотность тока до завершения процесса МДО (до 400-440 В). После завершения процесса деталь извлекают из электролита, промывают проточной водой и сушат.

Предлагаемый способ нанесения покрытия на поверхность изделия из алюминиево-кремниевого сплава реализован следующим образом.

### **Пример 1**

Прямоугольный образец из алюминиево-кремниевого сплава марки АК6М2 выдерживали в смеси кислот, содержащей 94 мас. % HNO<sub>3</sub> и 6 мас. % HF в течение 0,5 минут. Образец промывали и, подключив к аноду регулируемого источника постоянного напряжения, погружали в электролит, содержащий, г/л: гидроксид калия 1,5 и натриевое жидкое стекло (ГОСТ 13078-81) 10 (по сухому остатку). Вторым электродом служила емкость для электролита, изготовленная из нержавеющей стали. Плавно повышая напряжение устанавливали плотность тока на образце, равную 0,5 А/дм<sup>2</sup>. Через 10 минут на образце начиналось искрение. По мере формирования покрытия его сопротивление возрастает и для обеспечения постоянства плотности тока напряжение периодически повышали. Через 50 минут напряжение достигло 440 В и процесс прекратили.

### **Пример 2**

Прямоугольный образец из алюминиево-кремниевого сплава марки АК6М2 выдерживали в смеси кислот, содержащей 96 мас. % HNO<sub>3</sub> и 4 мас. % HF в течение 1,5 минут. Образец промывали и, подключив к аноду источника постоянного напряжения, погружали в электролит, содержащий, г/л: гидроксид калия 6 и натрий кремнекислый мета девятиводный (ГОСТ 4214-78) 120 (в пересчете на основное вещество). Вторым электродом служила емкость для электролита из нержавеющей стали. Повышая напряжение устанавливали плотность тока, равную 15 А/дм<sup>2</sup>. Через 2 минуты на образце начиналось искрение. В течение процесса МДО напряжение плавно повышали, поддерживая постоянную плотность тока. Через 20 минут напряжение достигло 400 В и процесс прекратили.

### **Пример 3**

Пробку крана водозапорной арматуры из сплава АК6М2 выдерживали в смеси кислот, содержащей 95 мас. % HNO<sub>3</sub> и 5 мас. % HF в течение 1,0 минут. Деталь промывали и, подключив к аноду регулируемого источника постоянного напряжения, погружали в электро-

# BY 15835 C1 2012.04.30

лит, содержащий, г/л: гидроксид калия 3 и силикат натрия растворимый (ГОСТ 13079-81) 60. Вторым электродом служила емкость для электролита из нержавеющей стали. Плавное повышение напряжения устанавливали плотность тока на образце, равную 10 А/дм<sup>2</sup>. Через 3 минуты на электродах начиналось искрение. В процесс МДО поддерживали постоянную плотность тока, повышая напряжение. Через 25 минут напряжение достигло 420 В и процесс прекратили.

Покрытие по прототипу получали на образцах из сплава АК6М2.

Сравнительные свойства покрытий, полученных по предлагаемому способу и по прототипу, приведены в таблице.

Сравнительные свойства покрытий

Характеристика	Патент РБ № 6814	Покрытие по примеру		
		1	2	3
Микротвердость, ГПа	6,0-7,0	12,1	13,0	13,5
Абразивный износ, мг/см <sup>2</sup> ·мин	8,5-10,0	4,0	3,5	3,3

Как следует из представленных данных, абразивный износ у покрытий, полученных по изобретению, меньше, чем у покрытий, полученных по известному способу, в 2-3 раза. Покрытия, получаемые по предлагаемому способу, имеют микротвердость в 2 раза большую, чем по прототипу.

Микротвердость покрытий определяли по стандартной методике на приборе ПМТ-3 при нагрузке 2 Н. Стойкость к абразивному изнашиванию определяли на машине трения АРГ при трении по свежему следу по абразивному полотну из карбида кремния зернистостью 150 мкм.

Разработанный способ был применен для получения износостойких покрытий на поверхности опытной партии водо- и газозапорной арматуры (краны пробковые и вентиляционные), что подтверждает соответствие заявляемого технического решения критерию "промышленная применимость".

Источники информации:

1. Патент РФ 2199613, МПК С 25D 11/06, 2003.
2. Патент РФ 2251596, МПК С 25D 11/06, 2005.
3. Патент РБ 6814, МПК С 25D 11/06, 2005.03.30 (прототип).