

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **9364**

(13) **С1**

(46) **2007.06.30**

(51) МПК (2006)

С 25D 11/02

(54) **СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ
НА АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ**

(21) Номер заявки: а 20041082

(22) 2004.11.24

(43) 2006.06.30

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

(72) Авторы: Петрашенко Петр Дмитриевич; Хило Петр Анатольевич; Злотников Игорь Иванович; Злотников Александр Игоревич; Ловгач Валерий Николаевич (ВУ)

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

(56) SU 1200591 А, 1989.
RU 2198249 С2, 2003.

(57)

1. Способ нанесения износостойких покрытий на алюминий и его сплавы в режиме микродугового оксидирования в электролите, содержащем гидроксид калия, жидкое стекло и воду, при наложении переменного напряжения частотой 50 Гц, отличающийся тем, что электролит содержит указанные компоненты при следующем соотношении, г/л:

гидроксид калия	3,5-6,0
жидкое стекло	40-120
вода	остальное,

в качестве переменного напряжения используют синусоидальное напряжение, причем процесс ведут при плотности тока 3-30 А/дм² до конечного напряжения 260-320 В, а полученное покрытие пропитывают минеральным маслом при температуре 80-120 °С в течение 1,5-2,5 ч.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что перед пропиткой маслом покрытие обрабатывают 1-3 %-м водным раствором поверхностно-активного вещества.

Изобретение относится к области электрохимического нанесения покрытий на алюминий и его сплавы и может быть использовано в машиностроении для получения антифрикционных износостойких покрытий на поверхностях узлов трения, работающих без смазки или при ее ограничении.

Известен способ нанесения покрытий на алюминий и его сплавы в режиме микродугового оксидирования с использованием переменного напряжения частотой 50 Гц при плотности тока 5-35 А/дм² 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 [1]. Способ позволяет получать многоцветные декоративные покрытия, обладающие высокой механической прочностью, но низкими антифрикционными свойствами, что связано с абразивными свойствами оксида алюминия, составляющего основу покрытия.

ВУ 9364 С1 2007.06.30

Известен способ получения покрытия на алюминийсодержащем материале в анодно-катодном режиме в течение 60-180 минут путем помещения в электролит, содержащий, г/л: водный раствор щелочи 1-6, жидкое стекло 4-6 и смесь порошков Al_2O_3 и SiO_2 0,5-2,0 [2]. Недостатком способа является его сложность, а также то, что получаемые покрытия имеют очень малую толщину.

Также известен способ получения покрытия микродуговым анодированием переменным током промышленной частоты в электролите, содержащем, г/л: гидроксид щелочного или щелочноземельного металла 1-10, силикат натрия 2-40, пирофосфат щелочного или щелочноземельного металла 3-30 и воду [3]. Недостатком способа является то, что покрытия, полученные в электролитах, содержащих пирофосфат натрия, имеют малую толщину и высокую пористость.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ нанесения покрытий на алюминий и его сплавы в режиме микродугового оксидирования в щелочном электролите, содержащем, г/л: гидроксид калия - 84, жидкое стекло - 200 и воду, при наложении переменного напряжения частотой 50 Гц, а величины катодного и анодного токов поддерживают постоянными в интервалах 0,5-24 А/дм² и 0,6-25 А/дм² соответственно при соотношении амплитудных значений катодного и анодного токов в пределах 0,5-0,95 [4]. Недостатком способа является его сложность, так как для обеспечения заданной асимметричности катодных и анодных импульсов напряжения требуются специальные преобразователи. Кроме того, при реализации данного способа образуется двухслойное покрытие: внешний рыхлый поликристаллический слой обладает низкими механическими свойствами и его необходимо обязательно сошлифовывать, что усложняет способ и не всегда возможно для деталей сложной формы. Кроме того, получаемое покрытие обладает низкими антифрикционными свойствами.

Задача изобретения - повышение антифрикционных свойств покрытий.

Поставленная задача решается за счет того, что в способе нанесения износостойких покрытий на алюминий и его сплавы в режиме микродугового оксидирования в электролите, содержащем гидроксид калия, жидкое стекло и воду, при наложении переменного напряжения частотой 50 Гц, согласно изобретению, электролит содержит указанные компоненты при следующем соотношении, г/л:

гидроксид калия	3,5-6,0
жидкое стекло	40-120
вода	остальное,

в качестве переменного напряжения используют синусоидальное напряжение, причем процесс ведут при плотности тока 3-30 А/дм² до конечного напряжения 260-320 В, а полученное покрытие пропитывают минеральным маслом при температуре 80-120 °С в течение 1,5-2,5 ч, а также за счет того, что перед пропиткой маслом, покрытие обрабатывают 1-3 %-м водным раствором поверхностно-активного вещества (ПАВ).

Сущность изобретения заключается в следующем. При электролизе раствора жидкого стекла (силиката натрия) и гидроксида калия на аноде происходит разряд гидроксил-ионов и силикатных анионов, что приводит к окислению материала анода с образованием корунда (Al_2O_3) и осаждению диоксида кремния. Сформированное оксиднокерамическое покрытие имеет выраженную пористость, образованную микроканалами, по которым происходит микродуговой пробой покрытия.

При концентрациях жидкого стекла более 120 г/л получается рыхлое керамическое покрытие с низкой механической прочностью и износостойкостью. При содержании силиката натрия менее 40 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 3,5 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 микродугового оксидирования при частоте 50 Гц с использованием переменного симметричного синусоидального напряжения позволяет использовать обычное сетевое напряжение, не прибегая к преобразователям, что значительно упрощает осуществление способа.

Использование тока с плотностью менее 3 А/дм² нецелесообразно, так как сильно удлиняет процесс получения покрытий, а при плотности тока более 30 А/дм² на рабочих электродах происходит бурное выделение водорода, из-за чего покрытие получается рыхлым. Процесс проводят, плавно повышая напряжение до 260-320 В. Прекращение процесса при напряжении меньшем 260 В приводит к получению покрытий малой толщины, а проведение процесса при напряжениях более 320 В может привести к переходу процесса из микродугового режима в дуговой, что сопровождается разрушением покрытия.

Процесс нанесения покрытия осуществляют следующим образом. Деталь из алюминия или его сплава подключают к регулируемому источнику переменного напряжения и погружают в электролит. Вторым электродом может служить деталь из того же материала или корпус ванны, изготовленной из нержавеющей стали или титана. Плавно повышая напряжение, добиваются начала искрения и затем поддерживают постоянную плотность тока до завершения процесса (до 260-320 В). После завершения процесса нанесения покрытия деталь извлекают из электролита, промывают проточной водой и сушат до полного удаления влаги. Детали с нанесенным покрытием погружают в минеральное масло и выдерживают при температуре 80-120 °С в течение 1,5-2,5 ч. За это время масло заполняет все поры покрытия. Затем детали извлекают из масла, удаляют с поверхности остатки масла и применяют по назначению. Использование масла с температурой менее 80 °С замедляет процесс пропитки, а повышение температуры сверх 120 °С ведет к неоправданным энергетическим потерям. При продолжительности процесса менее 1,5 ч пропитка оказывается неполной, а увеличение продолжительности более 2,5 ч не приводит к дополнительному положительному эффекту.

Для улучшения смачиваемости и повышения степени пропитки покрытия маслом применяют предварительную обработку поверхности покрытия водным раствором ПАВ. Обработку осуществляют путем погружения детали в 1-3 % водный раствор ПАВ с последующей сушкой при температуре 100-110 °С до полного удаления воды. Применение раствора ПАВ с концентрацией менее 1 % нецелесообразно, так как не приводит к заметному улучшению антифрикционных свойств, а применение ПАВ с концентрацией более 3 % не приводит к дополнительному положительному эффекту. В качестве ПАВ использовали стандартные препараты "Эмульфор" - эфир олеиновой кислоты и триэтаноламина и "ОП-7" - смесь полиэтиленгликолевых эфиров моно- и диалкилфенолов.

Примеры осуществления способа приведены в табл. 1. Покрытия наносили на образцы из алюминия марки АД1. Сравнительные свойства покрытий, полученных по предлагаемому способу и по прототипу, приведены в табл. 2.

Как следует из представленных данных, предлагаемый способ имеет ряд преимуществ по сравнению с прототипом. Так, например, абразивный износ у покрытий, полученных по изобретению, меньше, чем у покрытий, полученных по известному способу, в среднем в 2,5 раза. Коэффициент трения покрытий, полученных по предлагаемому способу, в 1,5-2,5 раза ниже, чем у покрытий, полученных по известному способу. Температура в зоне трения при испытании покрытий, полученных по предлагаемому способу, на 23-58 °С ниже, чем при испытании покрытий, полученных по прототипу. Покрытия, получаемые по предлагаемому способу, имеют микротвердость не ниже, чем покрытия, получаемые по прототипу. В предлагаемом способе используется переменный промышленный электрический ток и нет необходимости применять специальные преобразователи тока, что упрощает реализацию способа.

Примеры V и VI показывают, что дополнительная обработка оксиднокерамического покрытия ПАВ перед пропиткой маслом значительно снижает коэффициент трения и, как следствие, температуру в зоне трения.

Таблица 1

Примеры осуществления способа

Состав электролита (г) и режим осуществления способа	I	Заявляемые режимы							IX	X	XI
		II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
Гидроксид калия	3,0	3,5	4,0	4,5	4,5	4,5	5,0	6,0	6,5	4,5	4,5
Жидкое стекло (ГОСТ 13078-81)	35	40	60	80	80	80	100	120	130	80	80
Вода дистиллированная	962	956,5	936	915,5	915,5	915,5	895	874	863,5	915,5	915,5
Плотность тока, А/дм ²	17	3	10	17	17	17	24	30	17	2	35
Конечное напряжение, В	290	260	280	290	290	290	300	320	290	240	340
Температура масла марки И-20А	60	80	-	100	-	100	-	120	140	100	100
МС-20	-	-	90	-	100	-	110	-	-	-	-
Время выдержки в масле, ч	3,0	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5	1,0	2,0	2,0
Обработка ПАВ марки Эмульфор	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
ОП-7	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-

4

Таблица 2

Сравнительные свойства покрытий

Характеристика	Прототип, а.с. 1200591	I	Заявляемые режимы							IX	X	XI
			II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
Микротвердость, ГПа	12-23	22,1	23,1	23,0	23,5	23,6	23,2	23,3	23,5	22,5	22,2	22,0
Абразивный износ, мг/см ² ·мин	8,25-20,0	10,1	8,0	7,5	7,5	3,2	3,5	7,2	8,1	9,8	12,5	14,0
Коэффициент трения	0,55-0,65	0,58	0,35	0,32	0,32	0,30	0,26	0,26	0,28	0,35	0,55	0,40
Температура в зоне трения, °С	85-90	65	60	62	56	34	32	58	60	56	65	55

ВУ 9364 С1 2007.06.30

Контрольные примеры I и IX показывают, что выход за заявляемые пределы содержания компонентов электролита и температурно-временные параметры обработки в минеральном масле приводит к снижению всех показателей получаемых покрытий. Из контрольных примеров X и XI следует, что выход за заявляемые режимы плотности тока и конечного напряжения при осуществлении способа также приводит к снижению свойств покрытий.

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. Коэффициент трения определяли на машине трения СМЦ-2 по схеме вал-вкладыш. В качестве вала использовали ролик из стали 45, закаленный до 42-46 HRC. Исследуемое покрытие было нанесено на поверхность вкладыша. Испытания проводили при скорости 0,25 м/с и нагрузке 1 МПа. Температуру в зоне трения измеряли с помощью термомпары, заделанной в образец на расстоянии 1 мм от поверхности трения.

Источники информации:

1. Патент РБ 6814, МПК С 25D 11/06, 2005.
2. Патент РФ 2086713, МПК С 25D 11/02, 15/00, 1997.
3. Патент РФ 2070622, МПК С 25D 11/02, 11/06, 11/04, 11/26, 1996.
4. А. с. СССР 1200591, МПК С 25D 11/02, 1989 (прототип).