

УДК 548.3:669.018

**КОМПОЗИЦИОННОЕ НИКЕЛЬ-ФОСФОРНОЕ ПОКРЫТИЕ,
МОДИФИЦИРОВАННОЕ ПОЛИТИТАНАТОМ КАЛИЯ**¹Щербаков И.Н., ^{1,2}Иванов В.В., ²Дерлугян П.Д., ¹Балакай В.И.¹Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, Новочеркасск;²АО «Особое конструкторско-технологическое бюро «ОРИОН», Новочеркасск,
e-mail: valivanov11@mail.ru

Рассмотрена возможность получения композиционного Ni-P покрытия, модифицированного полититанатом калия. Разработан раствор для химического нанесения композиционного Ni-P покрытия, модифицированного полититанатом калия, на стальные детали узлов трения. Исследована скорость нанесения композиционного покрытия, определено оптимальное количество введения модификатора – полититаната калия в раствор – 8 г/л. Исследованы трибологические характеристики и микротвердость композиционного покрытия, модифицированного полититанатом калия, в зависимости от состава раствора и поверхности контртела.

Ключевые слова: композиционное Ni-P покрытие, модифицированная поверхность покрытия, трибологические характеристики, микротвердость

**COMPOSITE NICKEL-PHOSPHORUS COVERAGE,
MODIFIED POTASSIUM POLYTITANATE**¹Scherbakov I.N., ^{1,2}Ivanov V.V., ²Derlugian P.D., ¹Balakai V.I.¹Platov South-Russian state polytechnic university (NPI), Novocherkassk;²J-SC SDTU «ORION», Novocherkassk, e-mail: valivanov11@mail.ru

The receiving possibility of the compositional Ni-P coating modified by potassium polytitanate was considered. The solution for chemical receiving of the compositional Ni-P coating modified by potassium polytitanate onto steel details of the friction knots was elaborated. The receiving velocity of the compositional Ni-P coating was investigated, and the optimal quantity of the introduced potassium polytitanate (8 g/l) as a modified compound into solution for receiving was determined, too. The dependence of the tribologic characteristics and micro-hardness of the compositional Ni-P coatings from both solution composition and counter-body surface were investigated.

Keywords: compositional Ni-P coating, modified coating surface, tribologic characteristics, micro-hardness

На сегодняшний момент разработано достаточно много композиционных Ni-P покрытий с различными характеристиками и для разных условий применения [6, 7, 30–33]. Перспективным для повышения физико-механических свойств композиционных покрытий является их модифицирование высокодисперсными материалами, в том числе и наноразмерными [6]. Известны композиционные Ni-P покрытия с различными модификаторами, повышающими износостойкость и снижающими величину коэффициента трения [6, 30–33]. Одним из таких перспективных модификаторов является полититанат калия, представляющий собой слоистые нанокристаллы чешуйчатой формы, имеющие толщину 20–80 нм и «диаметр» 280 нм. Введение полититаната калия способствует повышению микротвердости, снижению коэффициента трения и увеличению скорости нанесения покрытия.

**Технология нанесения композиционного
Ni-P покрытия, модифицированного
полититанатом калия**

В раствор для химического нанесения, содержащий хлорид никеля шестиводный,

натрий уксуснокислый, гипофосфит натрия, вводим наночастицы полититаната калия и нитрата серебра. Состав раствора для нанесения композиционного Ni-P покрытия модифицированного полититанатом калия, г/л: никель хлористый шестиводный – 20–25; гипофосфит натрия – 8–20; натрий уксуснокислый – 8–15; порошок полититаната калия – 1,5–15; нитрат серебра – 0,5; дистиллированная вода – 1 л.

Дополнительное введение нитрата серебра способствует улучшению трибологических свойств, что подтверждено результатами исследований. Подбор компонентов, входящих в раствор для химического нанесения композиционного Ni-P покрытия, модифицированного полититанатом калия, осуществлялся экспериментальным путем и с учетом фазово-разупорядоченного состояния поверхности композиционного покрытия и поверхности контртела [6, 33].

Раствор для химического нанесения КНФП, модифицированного полититанатом калия готовится следующим образом: один литр дистиллированной воды и нагревается до 55–60 °С, далее при тщательном перемешивании (до полного растворения ком-

понента) вводим соль никеля, уксуснокислого натрия, порошок полититаната калия и нитрид серебра. Для равномерности распределения полититаната калия впокрытый раствор для нанесения перемешивался при помощи магнитной мешалки при 10–40 об/мин. Расчетное количество гипофосфита натрия добавляют при температуре раствора 80–85 °С. Далее загружают стальные детали, доводят температуру раствора до 90–92 °С и поддерживают её в течение всего процесса нанесения покрытия при помощи лабораторного автотрансформатора, а также поддерживая требуемую кислотность раствора на уровне pH – 4,8–5 при помощи 10% раствора гидроксида натрия. С целью определения введения оптимального количества полититаната калия в раствор для химического нанесения были подготовлены 4 раствора (табл. 1). Перед нанесением покрытия стальные образцы проходили операцию обезжиривания венской известью, травления в растворе соляной кислоты в соотношении 100–200 г/л при температуре 25–30 °С в течение 30–60 секунд и далее промывку водой. После нанесения покрытия, детали подвергали термической обработке в муфельной печи ПМ-1500 при температуре 360 °С в течение одного часа.

Измерения скорости нанесения покрытия для 4 растворов при прочих равных условиях (табл. 2) проводили с использованием толщиномера Константа-К6. Очевидно, что на скорость нанесения влияет количество введённого порошка полититаната калия. Для третьего раствора скорость нанесения покрытия наибольшая и составляет 28 мкм/ч. Можно предположить, что введение порошка полититаната калия в количестве 8 г/л является наиболее оптимальным.

Исследования коэффициента трения и скорости изнашивания полученного покрытия производились на возвратно-поступательной машине трения, скорость перемещения $V = 0,04$ м/с, давление $P = 1$ МПа, температура $T = +(23 \pm 2)$ °С на воздухе. В табл. 2 представлены результаты трибологических исследований после 10 минут испытаний. В качестве контртела использовались образцы из стали 40Х и образцы

с нанесенным на сталь 40Х твердым смазочным покрытием, разработанным в особом конструкторско-технологическом бюро «ОРИОН» (г. Новочеркасск) [31]. Испытания проводились без введения дополнительно смазочного материала. Измерения микротвердости проводили на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке на алмазную пирамидку 0,5 Н (табл. 2).

Композиционное Ni-P покрытие, модифицированное полититанатом калия, предлагается наносить на поверхности стальных деталей узлов трения для улучшения её физико-механических свойств.

Можно предположить, что на поверхности композиционного покрытия в процессе трения реализуется комплексное структурное состояние, которое включает в себя, кроме очевидной кристаллической g компоненты также наноразмерную p и фрактальную f . Возможные пространственные компоненты структурных состояний на поверхности и в объеме композиционных материалов и покрытий проанализированы в работах [1, 2, 7–15]. Сформулированы принципы формирования возможных структурных состояний из фрактальных [16] и из наноразмерных компонент [17]. Проанализированы размерные характеристики возможных состояний многокомпонентных структур, включающих фрактальную и наноразмерную компоненты, и их влияние на свойства системы [18, 19].

Ранее были проанализированы характеристики вероятных детерминистических гибридных фрактальных структур с двумя и более точечными или линейными генераторами [3, 4, 20–25]. Значения размерностей каждой фрактальной структуры могут быть использованы при идентификации сайт-распределений определенных фаз по поверхности композиционных покрытий, сайз-распределений поверхностных фаз и конфигурационных характеристик межфазных границ [5, 26–29, 34]. На основе этого можно оценить поверхностную долю твердого смазочного компонента и рассчитать трибологические свойства покрытия в соответствии с синергической моделью «концентрационной волны» [6, 33, 35–38].

Таблица 1
Содержание компонентов в растворах, г/л

Компоненты	Раствор 1	Раствор 2	Раствор 3	Раствор 4
никель хлористый шестиводный	20	20	20	25
гипофосфит натрия	8	8	10	20
натрий уксуснокислый	8	8	10	15
порошок полититаната калия	1,5	5	8	15
нитрат серебра	0,5	–	0,5	0,5

Таблица 2

Зависимость свойств композиционного покрытия от состава растворов

№ раствора	Скорость нанесения, мкм/ч	Коэффициент трения композиционного покрытия		Микротвердость, ГПа
		Контртело – сталь 40Х	Контртело – сталь 40Х с нанесенным твердым смазочным покрытием на поверхность трения	
1	18	0,20	0,10	0,90
2	22	0,22	0,12	0,85
3	28	0,18	0,08	1,10
4	26	0,18	0,08	1,10

Представленная выше технология позволяет наносить равномерные покрытия даже на детали со сложным профилем поверхности [6, 33]. Разработанное покрытие для химического нанесения на стальные изделия испытано на опытном производстве ОКБ «ОРИОН» (г. Новочеркасск). Детали работали на трение с применением смазочных материалов и без них, при достаточно высоких и низких температурах.

Выводы

Разработан раствор для химического нанесения композиционного Ni-P покрытия, модифицированного полититанатом калия, на стальные детали узлов трения. Исследована скорость нанесения композиционного покрытия, определено оптимальное количество введения модификатора – полититаната калия в раствор – 8 г/л. Исследованы трибологические характеристики и микротвердость композиционного покрытия, модифицированного полититанатом калия, в зависимости от состава раствора для нанесения покрытия и поверхности контртела.

Список литературы

- Дерлугян П.Д., Иванов В.В., Иванова И.В., Шишка В.Г. // Успехи соврем. естествознания, 2015. – № 1. – С. 13–15.
- Дерлугян П.Д., Иванов В.В., Иванова И.В., Шишка В.Г. // Успехи соврем. естествознания, 2015. – № 1. – С. 16–18.
- Дерлугян П.Д., Иванов В.В., Иванова И.В. и др. // Соврем. наукоемкие технологии. 2013. – № 10. – С. 158–160.
- Дерлугян П.Д., Иванов В.В., Иванова И.В. и др. // Соврем. наукоемкие технологии. 2013. – № 10. – С. 161–163.
- Дерлугян П.Д., Иванов В.В., Иванова И.В. и др. // Соврем. наукоемкие технологии. 2013. – № 9. – С. 86–88.
- Иванов В.В., Щербаков И.Н. Моделирование композиционных никель-фосфорных покрытий с антифрикционными свойствами. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион», 2008. – 112 с.
- Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 7–1. – С. 26–28.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 4. – С. 105–108.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 7. – С. 126–128.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 9. – С. 92–97.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 12. – С. 79–84.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 12. – С. 90–93.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 12. – С. 84–90.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 12(2). – С. 90–93.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 12(2). – С. 94–97.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 7. – С. 100–104.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 7. – С. 96–99.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 7. – С. 121–123.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 7. – С. 124–125.
- Иванов В.В. // Соврем. наукоемкие технологии. 2013. – № 5. – С. 29–31.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2013. – № 8. – С. 136–137.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2013. – № 8. – С. 134–135.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2013. – № 8. – С. 129–130.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2013. – № 11. – С. 61–65.
- Иванов В.В. // Соврем. наукоемкие технологии. 2013. – № 9. – С. 89–93.
- Иванов В.В. // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2013. № 10(3). – С. 493–494.
- Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 7–1. – С. 35–37.
- Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 7–1. – С. 28–30.
- Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 4. – С. 105–108.
- Пат. РФ 2451113. Раствор для химического осаждения композиционного покрытия. / Трофимов Г.Е., Щербаков И.Н., Шевченко М.Ю., Логинов В.Т., Дерлугян П.Д., Иванов В.В., Дерлугян Ф.П. // № 2011119706/02. Заявл. 16.05.2011; опубл. 20.05.2012 – Бюл. № 14.
- Пат. РФ 2473711. Состав твердосмазочного антифрикционного покрытия. / Трофимов Г.Е., Щербаков И.Н., Шевченко М.Ю., Логинов В.Т., Дерлугян П.Д., Иванов В.В., Дерлугян Ф.П. // № 2011147961/04. Заявл. 24.11.2011; опубл. 27.01.2013 – Бюл. № 3.
- Пат. РФ 2509176. Раствор для химического осаждения композиционного покрытия. / Щербаков И.Н., Трофимов Г.П., Иванов В.В., Дерлугян П.Д., Логинов В.Т. // № 2012155896. Заявл. 21.12.2012; опубл. 10.03.2014 – Бюл. № 7.
- Щербаков И.Н., Иванов В.В., Логинов В.Т. и др. Химическое наноконструирование композиционных материалов и покрытий с антифрикционными свойствами. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки», 2011. – 132 с.
- Щербаков И.Н., Попов С.В., Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2014. № 3(22). – Часть 2. – С. 22–23.
- Ivanov V.V. // International journal of experimental education, 2014. – № 4. – Part 2. – С. 58–59.
- Ivanov V.V. // International journal of experimental education, 2014. – № 4. – Part 2. – С. 59–60.
- Ivanov V.V. // European Journal of Natural History, 2015. – № 3. – С. 36–37.
- Scherbakov I.N., Ivanov V.V. // European Journal of Natural History, 2015. – № 3. – С. 48.