



УДК 656.11  
doi: 10.21685/2587-7704-2024-9-1-4



Open  
Access

RESEARCH  
ARTICLE

## Способ получения покрытия кобальт-карбид вольфрама с использованием импульсного режима электролиза

**Софья Руслановна Синенкова**

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40  
sofya.sinenkova@mail.ru

**Родион Русланович Мельзитдинов**

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40  
melzitdinov.rodion@yandex.ru

**Сергей Юрьевич Киреев**

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40  
dean\_fptet@pnzgu.ru

**Аннотация.** Представляет новую технологию получения коррозионностойких композиционных электрохимических покрытий на поверхности изделий машиностроения, которая основана на использовании импульсного тока. Покрытия формируются из электролита, который содержит кобальт, а также дисперсную фазу WC, при определенных режимах с учетом импульсного тока прямоугольной формы. Благодаря этому технологическому подходу достигается равномерное и износостойкое покрытие. Применение данного метода электроосаждения с использованием импульсного тока обеспечивает высокую производительность и заданные характеристики покрытия. Важным преимуществом данной технологии является возможность автоматизации процесса. Путем регулирования состава электролита и режима электролиза можно изменять свойства и толщину покрытия. Развитие технологии формирования композиционного электрохимического покрытия Co-WC для машиностроительной промышленности позволит повысить конкурентоспособность российских инструментов на мировом рынке.

**Ключевые слова:** карбид вольфрама, кобальт, композиционные электрохимические покрытия, электроосаждение, импульсный ток

**Для цитирования:** Синенкова С. Р., Мельзитдинов Р. Р., Киреев С. Ю. Способ получения покрытия кобальт-карбид вольфрама с использованием импульсного режима электролиза // Инжиниринг и технологии. 2024. Т. 9 (1). С. 1–3. doi: 10.21685/2587-7704-2024-9-1-4

## A method for obtaining a cobalt-tungsten carbide coating using a pulsed electrolysis mode

**Sofya R. Sinenkova**

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia  
sofya.sinenkova@mail.ru

**Rodion R. Melzitdinov**

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia  
melzitdinov.rodion@yandex.ru

**Sergey Yu. Kireev**

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia  
dean\_fptet@pnzgu.ru

**Abstract.** The article presents a new technology for obtaining corrosion-resistant composite electrochemical coatings (CEP) on the surface of mechanical engineering products, which is based on the use of pulsed current. Coatings are formed from an electrolyte that contains cobalt, as well as a dispersed WC phase, under certain conditions, taking into account the pulsed current of a rectangular shape. Thanks to this technological approach, a uniform and wear-resistant coating is



achieved. The application of this method of electrodeposition using pulsed current ensures high performance and specified coating characteristics. An important advantage of this technology is the ability to automate the process. By adjusting the composition of the electrolyte and the electrolysis mode, the properties and thickness of the coating can be changed. The development of technology for the formation of a composite electrochemical coating Co-WC for the machine-building industry will increase the competitiveness of Russian tools on the world market.

**Keywords:** tungsten carbide, cobalt, composite electrochemical coatings, electrodeposition, pulse current

**For citation:** Sinenkova S.R., Melzitdinov R.R., Kireev S.Yu. A method for obtaining a cobalt-tungsten carbide coating using a pulsed electrolysis mode. *Inzhiniring i tekhnologii = Engineering and Technology*. 2024;9(1):1–3. (In Russ.). doi: 10.21685/2587-7704-2024-9-1-4

На данный момент главными задачами промышленности являются повышение качества изготавливаемой продукции и улучшение экологических показателей. Получаемые покрытия должны обладать высокими прочностными характеристиками, коррозионной стойкостью и прочими необходимыми свойствами. Для повышения количественных характеристик и экономических показателей производства необходимо подобрать состав электролита, а также оптимальный режим электролиза. Электрохимическое осаждение металлических покрытий является эффективным методом защиты поверхности металлических изделий от коррозии, а также улучшения их эстетических свойств [1]. Одним из способов получения таких покрытий является электролиз при применении импульсного тока.

Целью данной работы является получение покрытия с заданным комплексом физико-механических свойств с использованием режима нестационарного электролиза. Импульсный ток отличается от постоянного тока тем, что его амплитуда и длительность импульсов изменяются во времени, что позволяет улучшить качество покрытий и уменьшить их толщину.

Импульсный ток имеет ряд преимуществ перед постоянным током. Импульсный ток может передавать больше энергии на большие расстояния с меньшими потерями. Это связано с тем, что при передаче энергии постоянным током часть энергии теряется из-за сопротивления проводов. Импульсный ток, с другой стороны, может передавать энергию с более высокой эффективностью. Импульсный ток удобен в управлении. Это означает, что его можно использовать в автономном режиме, что позволяет более точно контролировать и регулировать его поток [2].

Основными преимуществами электрохимического осаждения металлических покрытий являются высокая производительность, равномерное осаждение металла на всей поверхности изделия, возможность контроля толщины покрытия, а также возможность повышения его прочности и адгезии к основному материалу [3]. Использование импульсного тока при электролизе позволяет дополнительно улучшить качество покрытий и снизить энергопотребление процесса.

При этом методе плотность тока во время импульсов достигает максимальных значений, что позволяет значительно ускорить процесс осаждения металла и повысить его адгезию к поверхности изделия. Такой подход особенно эффективен при создании покрытий с высокой прочностью и износостойкостью.

В целом, импульсный ток имеет множество преимуществ перед постоянным током, что делает его более предпочтительным для использования в различных областях, включая энергетику, электронику и медицину.

Однако, несмотря на все преимущества электрохимического осаждения металлических покрытий при помощи импульсного тока, данный процесс требует тщательной оптимизации параметров, таких как амплитуда и частота импульсов, время осаждения и состав электролита [4].

Включения в состав покрытия частиц WC придает ему повышенную твердость и стойкость к абразивному износу. Представленный раствор электролита прост в изготовлении и малокомпонентен, не содержит токсичных добавок, что делает его экологически малоопасным.

Получение твердых, износостойких композиционных электрохимических покрытий Co-WC при температуре 18–25 °С, обладающих высокой адгезионной прочностью, достигается тем, что осаждение ведется из электролита следующего состава: гексагидрат хлорида кобальта (II) 35–40 г/л, хлорид аммония 100–150 г/л, уротропин 45–55 г/л, порошок WC – 5–20 г/л, pH = 6,5–6,8 [5]. Процесс электроосаждения проводят с использованием растворимых (кобальт) и нерастворимых (графит) анодов, при перемешивании магнитной мешалкой со скоростью 300–600 об./мин, плотности тока 7–10 А/дм<sup>2</sup>, униполярного гальванического режима импульсного тока, времени импульса – 10 мс, времени



паузы – 10 мс и температуре – 18–25 °С, скорости осаждения – 170–240 мкм/ч. Уротропин является добавкой, которая улучшает смачиваемость поверхности детали с покрытием и подавляет кислотную коррозию металлов.

Преимущества применения заявленного способа.

1. Электролит может работать как с инертными, так и с растворимыми анодами.
2. Светлые, полублестящие композиционные покрытия Co-WC с высокой адгезионной прочностью из данного электролита получаются при температурах 18–25 °С.
3. Скорость осаждения покрытия при импульсном токе увеличивается в 1,5 раза по сравнению со скоростью осаждения при постоянном токе.

### Список литературы

1. Киреев С. Ю., Метальникова О. К., Синенкова С. Р. Повышение надежности и ресурса работы изделий промышленного комплекса путем применения композиционного электрохимического покрытия // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2023. № 5–6 (179–180). С. 102–107.
2. Ковалева О. Влияние процессов импульсного электролиза на электрохимическое поведение комплексных соединений цинка и хрома в низкоконцентрированных растворах // Revista stiintifica a Universitatii de Stat din Moldova. 2009. №. 1. С. 21.
3. Nyby C. Electrochemical metrics for corrosion resistant alloys // Scientific data. 2021. Т. 8. №. 1. С. 58.
4. Киреев С. Ю. Электрохимическое осаждение цинка в потенциостатическом режиме импульсного электролиза из малотоксичного лактатного электролита // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2013. №. 4 (28). С. 225–235.
5. Патент № 2796775 С1 Российская Федерация, МПК C25D 15/00. Способ нанесения композиционного электрохимического покрытия кобальт-карбид вольфрама : № 2023103144 : заявл. 13.02.2023 : опубл. 29.05.2023 / С. Ю. Киреев, С. Р. Синенкова, С. Н. Киреева [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет».

### References

1. Kireev S.Ju., Metal'nikova O.K., Sinenkova S.R. Improving the reliability and service life of industrial complex products through the use of composite electrochemical coating. *Voprosy oboronnoj tehniki. Serija 16: Tehnicheskie sredstva protivodejstviya terrorizmu = Issues of defense technology. Episode 16: Technical means of countering terrorism*. 2023;(5–6):102–107. (In Russ.)
2. Kovaleva O. The effect of pulsed electrolysis processes on the electrochemical behavior of zinc and chromium complex compounds in low-concentration solutions. *Revista stiintifica a Universitatii de Stat din Moldova = Scientific journal of the State University of Moldova*. 2009;(1):21. (In Russ.)
3. Nyby C. Electrochemical metrics for corrosion resistant alloys. *Scientific data*. 2021;8(1):58.
4. Kireev S.Ju. Electrochemical deposition of zinc in the potentiostatic mode of pulsed electrolysis from a low-toxic lactate electrolyte. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Tehnicheskie nauki = News of higher educational institutions. The Volga region. Technical sciences*. 2013;(4):225–235. (In Russ.)
5. Patent № 2796775 C1 Russian Federation, MPK C25D 15/00. *Sposob nanesenija kompozicionnogo jelektrohimičeskogo pokrytija kobal't-karbid vol'frama = Method of applying a composite electrochemical coating of cobalt-tungsten carbide*: № 2023103144: appl. 13.02.2023: publ. 29.05.2023. S.Ju. Kireev, S.R. Sinenkova, S.N. Kireeva et al.; applicant Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovanija «Penzenskij gosudarstvennyj universitet». (In Russ.)

Поступила в редакцию / Received 11.03.2024

Принята к публикации / Accepted 10.04.2024