

Наиболее эффективным способом защиты ПММ от коррозии является цинкование. Оно проводилось при температуре 350 и 450 °С. Изделия погружались в цинковый сплав на 3–5 мин. Толщина слоя достигала от 40 до 220 мкм.

**Заключение.** Качество окраски и битумного покрытия можно усовершенствовать при улучшении подготовки поверхности перфорированного материала. Она должна быть сухой, чистой и иметь шероховатость в пределах 30–80 мкм.

Наилучшие результаты достигнуты при горячем цинковании методом окунания при температуре не ниже 450 °С.

### Литература

1. *Manufacturing of Cellular Structures of the Perforated steel Tape* / V. Mironovs [et al.] // *Industrial Engineering: Proceedings of the 8<sup>th</sup> International DAAAM Baltic Conference*. – Tallinn, 2012. – P. 668–693.
2. *Bogojavenskij, K. Technologie der Fertigung von Liechtbauprofilen* / K. Bogojavenskij, A. Neubauer, V. Ris. – Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1978. – 565 p.
3. *Перфорированные профили* / И. Тришевский [и др.]. – М.: Металлургия, 1972. – 200 с.
4. *Designers, Specifiers and Byers Handbook for perforated Metals* // *International Perforators Association*. – 1993. – 124 p.
5. *Mironovs, V. Perforētie metāla materiāli un to izmantošanas iespējas* / V. Mironovs, M. Lisicins. – Rīga: RTU, 2015. – 159 p.
6. *Mironovs, V. Expanding Application of Perforated Metal Materials in Construction and Architecture* / V. Mironovs, A. Tatarinov, S. Gorbacova // *IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. – 2017. – P. 1–9.
7. *Горячее цинкование* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bzt.lv/ru>.
8. *Sandwich wall constructions made of perforated metallic materials* / M. Lisicins [et. al.] // *Agronomy Research*. – 2015. – № 13. – P. 662–670.
9. *Utilisation of industrial steel wastes in polymer composite design and its agricultural applications* / M. Lisicins, [et. al.] // *Agronomy Research*. – 2016. № 14. – P. 831–835.
10. *Отходы перфорированных материалов* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ditton.lv/>.

### CORROSION PROTECTION PERFORATED METAL MATERIALS

V. A. Mironov<sup>1</sup>, F. O. Muktepavela<sup>2</sup>, J. Karulis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Riga Technical University, Riga, Latvia, e-mail: [V.Mironovs@rtu.lv](mailto:V.Mironovs@rtu.lv), [Jurgis.Karulis@gmail.com](mailto:Jurgis.Karulis@gmail.com)

<sup>2</sup>University of Latvia, Institute of Solid State Physics, Riga, Latvia, e-mail: [famuk@latnet.lv](mailto:famuk@latnet.lv)

*Perforated metal materials (PMM) are beginning to be used more actively in construction and other industries. Low weight, a variety of shapes and sizes, practicality are just some of the advantages of the PMM. The paper considers the main types of perforated materials for the creation of outdoor interiors. An important issue here is the protection of materials and structures against corrosion. In this work the factors affecting corrosion phenomena are considered. The results of studies of the properties and structure of the surface under the influence of the external environment are given. Recommendations are given on corrosion protection of steel perforated sheets and tape by painting and applying protective coatings.*

### ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИМПУЛЬСОВ НА КАЧЕСТВО ПОЛИРОВАНИЯ ТИТАНА В ПРОЦЕССЕ ИМПУЛЬСНОЙ БИПОЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

В. С. Нисс, Ю. Г. Алексеев, А. Ю. Королёв, А. Э. Паршутто, А. С. Будницкий

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь,

тел.: +375 (17) 292-25-98, e-mail: [korolyov@park.bntu.by](mailto:korolyov@park.bntu.by)

*В работе приведены результаты исследования влияния характеристик импульсов на качество электрохимического полирования титана.*

Специфическое поведение титана при его анодной обработке вызывает целый ряд проблем. Известна высокая склонность титановых сплавов к пассивации и образованию в дальнейшем устойчивой оксидной пленки, для пробоя которой необходимо использовать источники высоких напряжений. После ее пробоя требуется снижение напряжения на электродах до уровня,

обеспечивающего устойчивый анодный процесс. Обработка титана вследствие указанных причин становится неустойчивой, система может перейти в автоколебательный режим с положительным коэффициентом обратной связи.

Лучших условий стабилизации процесса можно достичь, используя импульсные режимы обработки [1]. Они создают предпосылки для стабилизации условий и реализации системы управления процессом обработки титана с более лучшими характеристиками регулирования. Варьируя параметрами импульсного тока, можно обеспечить: улучшение качества обрабатываемых изделий, повышение скорости съема металла, снижение неравномерности съема металла. Кроме того, открывается возможность применения менее агрессивных и более дешевых солей фтора, вместо плавиковой кислоты. В связи с этим необходим поиск путей совершенствования новых технологических процессов с использованием импульсных режимов обработки.

Применение импульсного тока при электрохимической обработке при оптимальных параметрах достигается увеличением качества обработки поверхностей по сравнению с результатами, полученными с использованием постоянного тока [2]. Этому способствует создание активных участков растворения в зонах, наиболее благоприятных для обработки титановых сплавов. Здесь преобладает ряд технологических преимуществ, которые присущи только импульсной электрохимической обработке: релаксация свойств электролита в паузе между рабочими импульсами, возможность поддержания на аноде значения положительной составляющей поляризующего тока, где сохраняется активированное состояние поверхности, при этом не успевают развиться диффузионные ограничения (при малых длительностях импульса).

Исследования влияния электрических режимов, параметров и видов импульсов на особенности обработки титана проводились при изменении длительности бестоковой паузы между положительным и отрицательным импульсами и изменении периода импульсов тока. Изучение параметров шероховатости и блеска обработанной поверхности, а также равномерность этих параметров по поверхности образца, проводилось при следующих диапазонах изменения действующих факторов:

- материал образцов – титан ВТ1–0;
- площадь образцов – 9,26 см<sup>2</sup>;
- период следования импульсов – 800–5600 мкс, изменяясь с шагом 800 мкс;
- длительность импульсов  $T_a$ ,  $T_k$  – 100–700 мкс, изменяясь с шагом 100 мкс;
- бестоковые паузы между импульсами  $T_{ак}$  выбиралась в пределах – 100–700 мкс с шагом 100 мкс, 300–2100 мкс с шагом 300 мкс, 500–3500 мкс с шагом 500 мкс, а между импульсами  $T_{ка}$  как разность между длительностью периода импульса и суммой  $T_a$ ,  $T_{ак}$  и  $T_k$  (рис. 1);
- отношение амплитуд отрицательного и положительного импульсов  $\approx 25$  %;
- коэффициент заполнения импульсов – 0,175.

Обработка образцов выполнялась в электролите на основе фторида аммония. Продолжительность обработки всех образцов составляла 300 с. Внешний вид образцов после обработки при длительности импульсов тока  $T_a = T_k = 100$ –700 мкс, коэффициенте заполнения – 0,175 приведен в таблице.

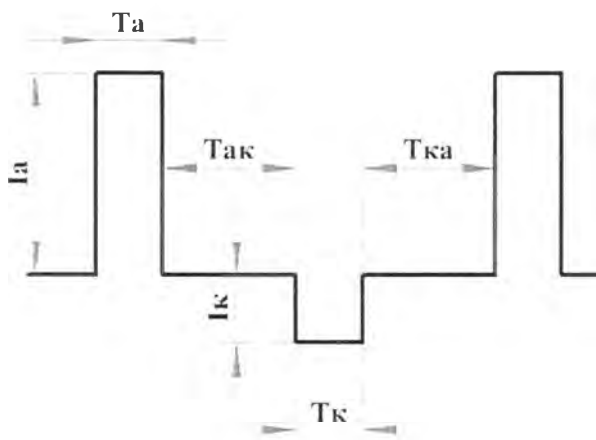


Рис. 1. Диаграмма действующих импульсов

По результатам проведенных исследований было установлено, что при применении биполярных импульсов тока миллисекундного диапазона, более качественное полирование титана обеспечивается при коротких импульсах тока  $T_a = 800$  мкс, причем при соотношении пауз между положительным и отрицательным импульсом  $T_{ак} > T_{ка}$  качество полирования максимально, а при  $T_{ак} < T_{ка}$  качество и равномерность полировки наихудшие. Внешний вид изделий медицинского назначения из титана, отполированных с применением разработанных режимов, представлен на рис. 2.

## Внешний вид образцов после обработки

Бестоковые паузы между импульсами, $T_{ак}$ , мкс	Период импульсов:	800–1600–2400–3200–4000–4800–5600 мкс
100–700		
300–2100		
500–3500		

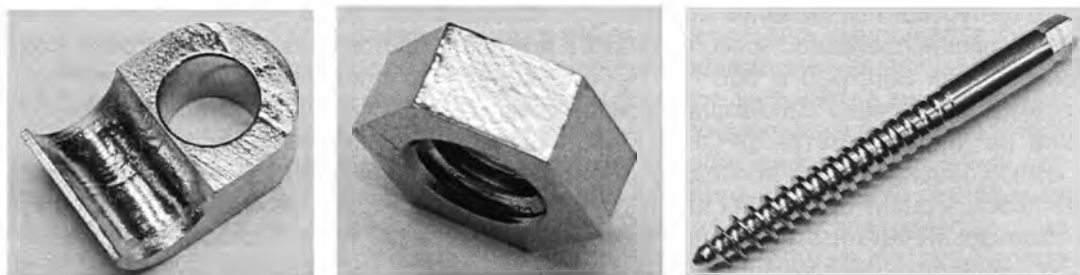


Рис. 2. Результаты полирования изделий из титана с применением разработанных режимов

### Литература

1. *Влияние* биполярных импульсов микросекундной длительности на электрохимическое полирование изделий из сплавов меди и высоколегированных коррозионностойких сталей / В. С. Нисс [и др.] // *Современные электрохимические технологии и оборудование: материалы Междунар. науч.-техн. конф.*, Минск, 24–25 нояб. 2016 г. – Минск: БГТУ, 2016. – С. 28–32.
2. *Разработка* оборудования для импульсного биполярного электрохимического полирования металлических материалов / Ю. Г. Алексеев [и др.] // *Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка: сб. докл. 10-го Междунар. симп. / ред. кол.: А. Ф. Ильющенко [и др.]*. – Минск, 2017. – Ч. 2. – С. 27–33.

### INFLUENCE OF PULSE CHARACTERISTICS ON THE QUALITY OF TITANIUM POLISHING WITH PULSE BIPOLAR ELECTROCHEMICAL TREATMENT

V. S. Niss, Yu. G. Aliakseyev, A. Yu. Korolyov, A. E. Parshuto, A. S. Budnitskiy

*Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, e-mail: korolyov@park.bntu.by*

*Paper presents the results of the study of the pulses characteristics effect on the quality of titanium electrochemical polishing.*