

## Исследование эрозии электродов в плазмотронах постоянного и переменного тока

В. Е. Кузнецов, А. А. Сафронов, В. Н. Ширяев, О. Б. Васильева, Ю. Д. Дудник

*Работа посвящена исследованию износостойкости (эрозии) материала электродов в плазмотронах постоянного и переменного тока. Ресурс работы электродов определяется многими факторами, такими как состав материала электрода, конструкция электродуговой камеры, температура тела электрода, температура в зоне привязки электрической дуги и способ ее перемещения, характер химических реакций между плазмообразующим газом и материалом электрода. При этом основными факторами, влияющими на эрозионный унос материала, является величина тока в дуге, характер привязки к электроду (катодное или анодное пятно), а также организация газового потока в зоне пятна. При проведении экспериментов использовались плазмотроны постоянного и переменного тока мощностью до 50 кВт, для изготовления электродов использовались медь, нержавеющая сталь и композитный материал состава железо–медь. В работе приведены характерные значения и зависимости величин удельной эрозии плазмотронов различных конструкций в широком диапазоне рабочих параметров.*

*Ключевые слова:* плазмотрон постоянного тока, плазмотрон переменного тока, электроды, эрозия.

**Ссылка:** Кузнецов В. Е., Сафронов А. А., Ширяев В. Н., Васильева О. В., Дудник Ю. Д. // Прикладная физика. 2019. № 3. С. 24.

**Reference:** V. E. Kuznetsov, A. A. Safronov, V. N. Shiryayev, O. B. Vasilieva, and Yu. D. Dudnik, Prikl. Fiz., No. 3, 24 (2019).

*новых плазменных технологий производства водорода из органического сырья для водородной энергетики».*

---

Кузнецов Владимир Евгеньевич, зав. лаб.  
 Сафронов Алексей Анатольевич, зав. лаб.  
 Ширяев Василий Николаевич, с.н.с.  
 Васильева Ольга Борисовна, н.с.  
 Дудник Юлия Дмитриевна, м.н.с.  
 Институт электрофизики и электроэнергетики РАН.  
 Россия, 191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18.  
 Тел.: 8(812) 571-53-83, 8(812) 315-17-57.  
 E-mail: julia\_dudnik-s@mail.ru, rc@iperas.nw.ru

*Статья поступила в редакцию 20.03.2019 г.*

© Кузнецов В. Е., Сафронов А. А., Ширяев В. Н., Васильева О. Б., Дудник Ю. Д., 2019

---

*Работа выполнена при поддержке программы президиума РАН № 31 «Фундаментальные исследования физико-технических проблем энергетики» по направлению «Фундаментальные аспекты*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Safronov A. A., Vasilieva O. B., Dudnik J. D., Kuznetsov V. E., Shiryayev V. N., Subbotin D. I., Pavlov A. V. // J. Phys.: Conf. Ser. 2017. Vol. 825. No. 1. P. 012013.
2. Vasilieva O. B., Kumkova I. I., Kuznetsov V. E., Rutberg A. P., Safronov A. A., Shiryayev V. N. // High Temp. 2015. Vol. 53. No. 4. P. 470.
3. Kuznetsov V. E., Safronov A. A., Vasilieva O. B., Shiryayev V. N., Dudnik Y. D., Pavlov A. V., Kuchina Yu. A. // J. Phys.: Conf. Ser. 2018. Vol. 946. No. 1. P. 012166.
4. Виноградов С. Е., Рыбин В. В., Рутберг Ф. Г., Сафронов А. А., Шекалов В. И., Ширяев В. Н., Кузнецов В. Е. // Вопросы материаловедения. 2002. № 2 (30). С. 52.
5. Dudnik Yu. D., Borovskoy A. M., Shiryayev V. N., Safronov A. A., Kuznetsov V. E., Vasilieva O. B., Pavlov A. V., Ivanov D. V. // J. Phys.: Conf. Ser. 2018. Vol. 946. No. 1.

P. 012167.

6. Kuchina J. A., Kuznetsov V. E., Subbotin D. I., Popov V. E., Serba E. O., Dudnik J. D., Litvyakova A. I., Cherepkova I. A., Surov A. V. // J. Phys.: Conf. Ser. 2017. Vol. 929. P. 012096.

7. Budin A. V., Pinchuk M. E., Kuznetsov V. E., Leont'ev V. V., Kurakina N. K. // Instruments and Experimental Techniques. 2018. Vol. 60. No. 6. P. 837.

8. Subbotin D. I., Kuznetsov V. E., Litvyakova A. I., Cherepkova I. A., Surov A. V., Nakonechnyi G. V., Spodobin V. A. // Technical Physics. 2017. Vol. 62. No. 11. P. 1639.

9. Kuznetsov V. E., Popov S. D., Spodobin V. A., Ovchinnikov R. V., Dudnik Yu. D., Vasilieva O. B. / 12 Int. Conf. "GAS DISCHARGE PLASMAS AND THEIR APPLICATIONS". Tomsk. 2015. P. 108.

10. Кузнецов В. Е., Сафронов А. А., Васильева О. Б., Дудник Ю. Д., Ширяев В. Н. // Прикладная физика. 2018. № 5. С. 38.

11. Кузнецов В. Е., Киселев А. А., Овчинников Р. В., Дудник Ю. Д. // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-математические науки. 2012. № 2 (146). С. 100.

12. Субботин Д. И., Кузнецов В. Е., Литвякова А. И., Черепкова И. А., Суров А. В., Наконечный Г. В., Сподобин В. А. // ЖТФ. 2017. Т. 87. № 11. С. 1637.

13. Кузнецов В. Е., Овчинников Р. В., Сподобин В. А., Ширяев В. Н., Никонов А. В., Лукьянов С. А., Васильева О. Б. // Известия высших учебных заведений. Физика. 2007. Т. 50. № 9-2. С. 206.

14. Kuznetsov V. E., Popov S. D., Spodobin V. A., Ovchinnikov R. V., Dudnik Ju. D., Vasilieva O. B. // Известия высших учебных заведений. Физика. 2015. Т. 58. № 9-2. С. 17.

15. Safronov A. A., Vasilieva O. B., Dudnik Yu. D., Kuznetsov V. E., Shiryayev V. N. В книге: «Современные проблемы теплофизики и энергетики». Материалы Международной конференции в 2-х томах. 2017. С. 251–252.

16. Subbotin D. I., Surov A. V., Kuznetsov V. E., Popov V. E., Dudnik Ju. D., Kuchina Yu. A., Obratsov N. V. // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 1038. P. 012131.

17. Сафронов А. А., Ширяев В. Н., Кузнецов В. Е. Патент на полезную модель RUS 187848, 26.11.2018.

18. Бланк Е. Д., Виноградов С. Е., Кузнецов В. Е., Орыщенко А. С., Рутберг Ф. Г., Рыбин В. В., Слепнев В. Н., Сафронов А. А., Шекалов В. И., Ширяев В. Н. Патент на изобретение RUS 2381590. 31.10.2008.

19. Виноградов С. Е., Кузнецов В. Е., Рутберг Ф. Г., Рыбин В. В., Сафронов А. А., Шекалов В. И., Ширяев В. Н. Патент на изобретение RUS 2301474. 29.04.2005.

PACS: 52.75.Hn

## Investigation of the parameters of electrode erosion in direct and alternating current plasma torches

V. E. Kuznetsov, A. A. Safronov, V. N. Shiryayev, O. B. Vasilieva, and Yu. D. Dudnik

Institute for Electrophysics and Electric Power of Russian Academy of Sciences  
18 Dvortsovaya nab., St. Petersburg, 191186, Russia  
E-mail: julia\_dudnik-s@mail.ru, rc@iperas.nw.ru

Received March 20, 2019

*The paper deals with the study of the wear resistance (erosion) of the material of the electrodes in direct and alternating current plasma torches. The life time of the electrodes is determined by many factors, such as the composition of the electrode material, the design of the electric arc chamber, the electrode body temperature, the temperature in the arc attachment zone and the method of its movement, the nature of chemical reactions between the plasma gas and the electrode material. At the same time, the main factors affecting the erosion of the material, is the amount of current in the arc, the nature of attachment to the electrode (cathode or anode spot), as well as the organization of the gas flow in the spot area. In experiments, the AC and DC plasma torches with power of up to 50 kW were used. Electrodes were made of copper, stainless steel, and an iron-copper composite material. The paper presents the characteristic values and dependences of the values of specific erosion of plasma torches of various designs in a wide range of operating parameters.*

*Keywords:* DC plasma torch, AC plasma torch, electrodes, erosion.

## REFERENCES

1. A. A. Safronov, O. B. Vasilieva, J. D. Dudnik, V. E. Kuznetsov, V. N. Shiryaev, D. I. Subbotin, and A. V. Pavlov, *J. Phys.: Conf. Ser.* **825** (1), 012013 (2017).
2. O. B. Vasilieva, I. I. Kumkova, V. E. Kuznetsov, A. P. Rutberg, A. A. Safronov, and V. N. Shiryaev, *High Temp.* **53** (4), 470 (2015).
3. V. E. Kuznetsov, A. A. Safronov, O. B. Vasilieva, V. N. Shiryaev, Y. D. Dudnik, A. V. Pavlov, and Yu. A. Kuchina, *J. Phys.: Conf. Ser.* **946** (1), 012166 (2018).
4. S. E. Vinogradov, V. V. Rybin, Ph. G. Rutberg, A. A. Safronov, V. I. Shekalov, V. N. Shiryaev, and V. E. Kuznetsov, *Voprosy materialovedeniya*, No. 2 (30), 52 (2002).
5. Yu. D. Dudnik, A. M. Borovskoy, V. N. Shiryaev, A. A. Safronov, V. E. Kuznetsov, O. B. Vasilieva, A. V. Pavlov, and D. V. Ivanov, *J. Phys.: Conf. Ser.* **946** (1), 012167 (2018).
6. J. A. Kuchina, V. E. Kuznetsov, D. I. Subbotin, V. E. Popov, E. O. Serba, J. D. Dudnik, A. I. Litvyakova, I. A. Cherepkova, and A. V. Surov, *J. Phys.: Conf. Ser.* **929**, 012096 (2017).
7. A. V. Budin, M. E. Pinchuk, V. E. Kuznetsov, V. V. Leont'ev, and N. K. Kurakina, *Instruments and Experimental Techniques* **60** (6), 837 (2018).
8. D. I. Subbotin, V. E. Kuznetsov, A. I. Litvyakova, I. A. Cherepkova, A. V. Surov, G. V. Nakonechnyi, and V. A. Spodobin, *Technical Physics* **62** (11), 1639 (2017).
9. V. E. Kuznetsov, S. D. Popov, V. A. Spodobin, R. V. Ovchinnikov, Yu. D. Dudnik, and O. B. Vasilieva, in *Proc. 12 Int. Conf. "Gas Discharge Plasmas and Their Applications"* (Tomsk, 2015). P. 108.
10. V. E. Kuznetsov, A. A. Safronov, O. B. Vasilieva, Yu. D. Dudnik, and V. N. Shiryaev, *Prikl. Fiz.*, No. 5, 38 (2018).
11. V. E. Kuznetsov, A. A. Kiselev, R. V. Ovchinnikov, and Yu. D. Dudnik, *Nauchno-tehnicheskiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Fiziko-matematicheskiye nauki*. 2012. No. 2 (146). P. 100.
12. D. I. Subbotin, V. E. Kuznetsov, A. I. Litvyakova, A. V. Surov, G. V. Nakonechnyi, I. A. Cherepkova, and V. A. Spodobin, *Tech. Phys.* **62** (11), 1639 (2017).
13. V. E. Kuznetsov, R. V. Ovchinnikov, V. A. Spodobin, V. N. Shiryaev, A. V. Nikonov, S. A. Luk'yanov, and O. B. Vasilieva, *Russian Physics Journal* **50** (9-2), 206 (2007).
14. V. E. Kuznetsov, S. D. Popov, V. A. Spodobin, R. V. Ovchinnikov, Ju. D. Dudnik, and O. B. Vasilieva, *Russian Physics Journal* **58** (9-2), 17 (2015).
15. A. A. Safronov, O. B. Vasilieva, Yu. D. Dudnik, V. E. Kuznetsov, and V. N. Shiryaev, in *Book: Modern problems of thermal physics and energetics*. (Proceedings of International Conference, 2017). P. 251–252.
16. D. I. Subbotin, A. V. Surov, V. E. Kuznetsov, V. E. Popov, Ju. D. Dudnik, Yu. A. Kuchina, and N. V. Obratsov, *Journal of Physics: Conference Series*. **1038**, 012131 (2018).
17. A. A. Safronov, V. N. Shiryaev, and V. E. Kuznetsov, Patent RUS 187848. November 26, 2018.
18. E. D. Blank, S. E. Vinogradov, V. E. Kuznetsov, A. S. Orichenko, P. G. Rutberg, V. V. Rybin, V. N. Slepnev,

---

A. A. Safronov, V. I. Shekalov, and V. N. Shiryayev, Patent RUS 2381590. October 31, 2008.

19. S. E. Vinogradov, V. E. Kuznetsov, P. G. Rutberg, V. V. Rybin, A. A. Safronov, V. I. Shekalov, and V. N. Shiryayev, Patent RUS 2301474. April 29, 2005.