



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 614.841.2.001.5

ИССЛЕДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ В ЦЕЛЯХ УСТАНОВЛЕНИЯ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ НА АЛЮМИНИЕВЫХ ПРОВОДНИКАХ

Мокряк А.В.

ФГБОУ ВО "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ ИМЕНИ ГЕРОЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ГЕНЕРАЛА АРМИИ Е.Н.ЗИНИЧЕВА", Санкт-Петербург, Россия (196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д.149), e-mail: mokryakanna@mail.ru

В статье рассматриваются ключевые аспекты применения алюминиевых проводов и кабелей в электротехническом и энергетическом оборудовании, а также их уязвимость к различным негативным воздействиям, способным привести к серьезным аварийным ситуациям.

С помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) проведено детальное изучение микроструктуры проводников, выявлены признаки коррозии и образования оксидных пленок, что существенно ухудшает их проводимость. Результаты показывают, что электродуговые процессы до и после пожара имеют схожие механизмы, но различия в условиях окружающей среды приводят к формированию различных морфологических характеристик.

Ключевые слова: Сканирующая электронная микроскопия, электрический пожара, пожарно-техническая экспертиза, алюминиевые проводники.

SCANNING ELECTRON MICROSCOPY STUDIES TO DETERMINE THE CAUSES OF FIRES ON ALUMINUM CONDUCTORS

Mokryak A.V.

ST. PETERSBURG UNIVERSITY OF THE STATE FIRE SERVICE OF THE MINISTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION FOR CIVIL DEFENSE, EMERGENCIES AND ELIMINATION OF CONSEQUENCES OF NATURAL DISASTERS NAMED AFTER THE HERO OF THE RUSSIAN FEDERATION, GENERAL OF THE ARMY E.N. ZINICHEV, St. Petersburg, Russia (196105, St. Petersburg, Moskovsky prospekt, 149), e-mail: mokryakanna@mail.ru

The article deals with the key aspects of aluminum wires and cables application in electrical and power engineering equipment, as well as their vulnerability to various negative effects that can lead to serious accidents.

Using scanning electron microscopy (SEM) a detailed study of conductor microstructure has been carried out, signs of corrosion and formation of oxide films have been revealed, which significantly deteriorates their conductivity. The results show that electric arc processes before and after the fire have similar mechanisms, but differences in environmental conditions lead to the formation of different morphological characteristics.

Keywords: Scanning electron microscopy, electrical fire, fire technical examination, aluminum conductors.

Алюминиевые провода и кабели играют ключевую роль в современном электротехническом и энергетическом оборудовании благодаря своим уникальным

свойствам, таким как легкость, высокая проводимость и устойчивость к коррозии. Они находят широкое применение в различных областях, начиная от передачи электроэнергии и заканчивая бытовой электроникой. Однако, несмотря на эти преимущества, алюминиевые проводники подвержены множеству негативных факторов, которые могут существенно повлиять на их эксплуатационные характеристики и безопасность [1-3, 5].

Статистические данные свидетельствуют о том, что от 60% до 80% всех электрических пожаров происходят из-за проблем с проводкой, перегрева электроприборов и короткого замыкания. В таких случаях алюминиевые проводники становятся важным объектом для расследования причин возникновения пожаров, так как они часто служат вещественными доказательствами. Оплавление алюминиевых проводников может происходить по нескольким причинам:

- непосредственным коротким замыканием цепи или перегрузкой, вызванной первичным коротким замыканием, которое подразделяется на внезапное мгновенное короткое замыкание и длительную перегрузку, вызванную нагревом.
- вторичным коротким замыканием, не связанным с электрическим пожаром, вызванным повреждением изоляции. Это вторичное короткое замыкание, в свою очередь, может быть вызвано первичным источником зажигания, температурой, временем и продолжительностью воздействия.
- пожаром, не связанным с электрическим пожаром [4, 6-7].

В данной статье рассматриваются результаты исследований, проведенных с использованием сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), для детального изучения микроструктуры алюминиевых проводников. Исследования показывают, что внешние тепловые воздействия приводят к значительным изменениям на поверхности проводников, включая коррозию и образование оксидных пленок. Эти изменения, в свою очередь, ухудшают проводимость материала и могут стать причиной серьезных аварийных ситуаций [8-9].

Применение сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) проводится для детального изучения микроструктуры проводников, выявления трещин, коррозии и других аномалий.

Результаты исследования показали, что на поверхности алюминиевых проводников, в результате внешне-теплового воздействия, наблюдались значительные признаки коррозии и образования оксидных пленок (Рисунок 1). Эти изменения ассоциированы с многократными термическими циклами и воздействием влаги, что существенно ухудшает проводимость материала.

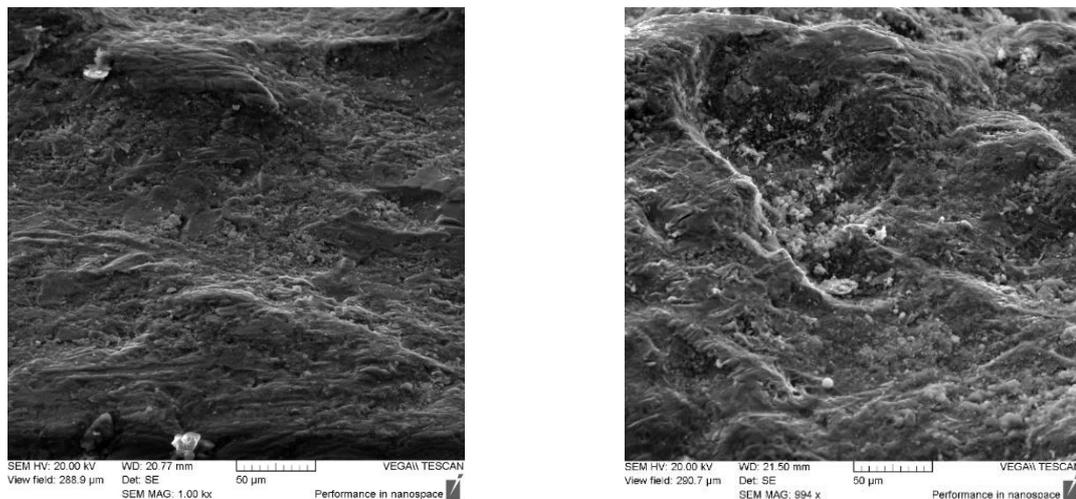


Рисунок 1 - Морфология поверхности алюминиевых проводников при тепловом воздействии, не связанном в электрическими аварийными режимами

На Рисунке 2 показана поверхность оплавленных алюминиевых проводников при электродуговом процессе в условиях до пожара: обнаружены лунки и кратеры, имеются микропоры и большое количество микрокристаллов, которые разбросаны по поверхности.

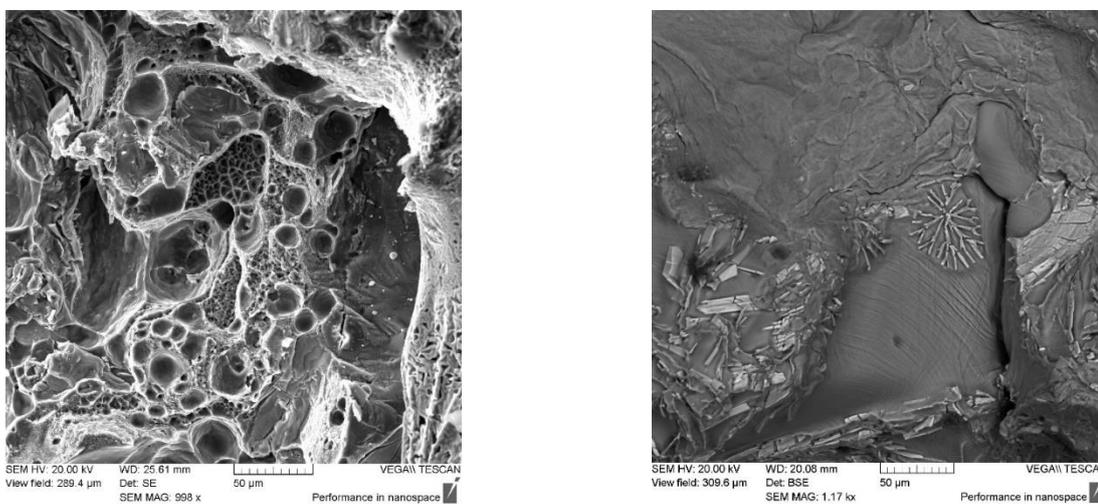


Рисунок 2 - Морфологические признаки на алюминиевых проводниках при электродуговом процессе в условиях до пожара

В результате исследования образцов полученных при моделировании электродугового процессе в условиях пожара было обнаружено, что присутствуют примесные элементы, есть несколько микрокристаллов, но их количество невелико (Рисунок 3).

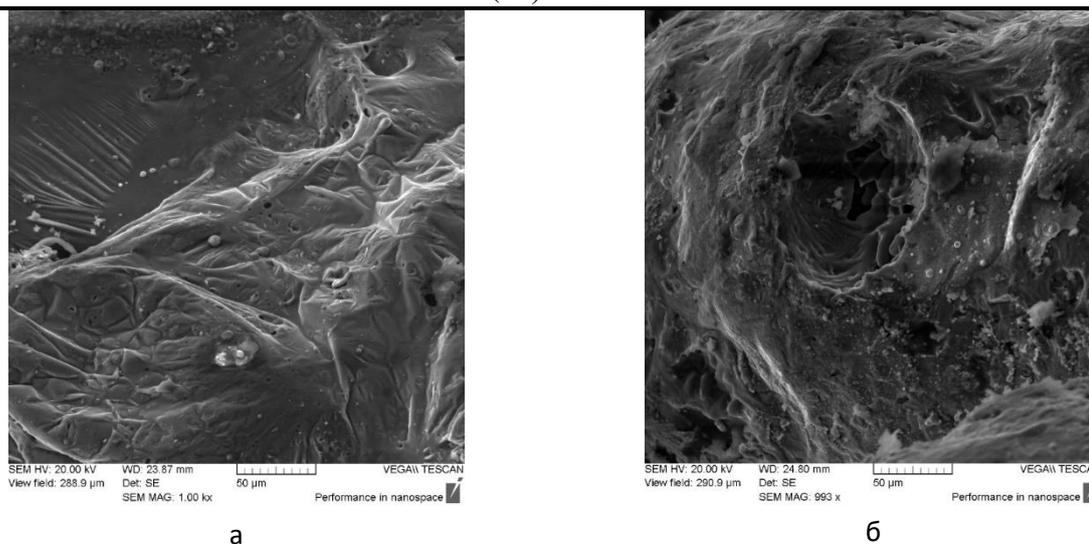


Рисунок 3 - Морфологические признаки на алюминиевых проводниках при электродуговом процессе в условиях после пожара

Результаты проведенных исследований показали, что возникновение электродугового процесса в условиях до пожара и после пожара имеют схожие механизмы, но различия в внешних условиях приводят к формированию различных морфологических характеристик. Электродуговой процесс в условиях до пожара происходит при низких температурах окружающей среды, что способствует быстрому охлаждению и образованию пор и микрокристаллов. В отличие от электродугового процесса в условиях пожара, где высокая температура замедляет охлаждение, что приводит к плотному прилеганию зерен, отсутствию микропор и присутствию примесных элементов. При внешнем тепловом воздействии на поверхности появляются трещины и волнообразные наплывы, сопровождаемые появлением углублений случайной формы.

Таким образом, полученные экспериментальные данные позволяют выделить критерий, дифференцирующий электродуговой процесс в условиях до пожара и после пожара, а также при внешнем тепловом воздействии.

Анализ следов пожара с использованием сканирующей электронной микроскопии позволяет получить более объективные результаты, чем традиционные методы. Это открывает новые возможности для идентификации остатков электрического пожара и расширяет область применения электронной микроскопии.

Список литературы

1. Смелков Г.И. Пожарная безопасность электропроводок. – М.: ООО «КАБЕЛЬ», 2009. – 328 с.
2. Митричев Л.С, Колмаков А.И., Степанов Б.В и др. Исследование медных и алюминиевых проводников в зонах короткого замыкания и термического воздействия. Методические рекомендации. - М., 1986. – 43с.
3. Металлографические и морфологические исследования металлических объектов судебной пожарно-технической экспертизы: учебное пособие / А.Ю. Мокряк, И.Д.

- Чешко, Ю.Н. Бельшина; под общ. ред. Э.Н. Чижикова. – СПб: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», 2016. – 160 с.
4. Колмаков А.И., Степанов Б.В., Зернов С.И., Россинская Е.Р., Соколов Н.Г. Диагностика причин разрушения металлических проводников, изъятых с мест пожаров: Метод. рекомендации. - М.: ЭКЦ МВД РФ, 1992. – 32 с.
 5. Колмаков А.И., Граненков Н.М., Зернов С.И., Пеньков В.В., Соколов Н.Г., Степанов Б.В., Таубкин И.С., Чешко И.Д.. Экспертное исследование металлических изделий (по делам о пожарах) / Учебное пособие /М. ЭКЦ МВД России, 1993. – 104 с.
 6. Zhao Chang Zheng, Wang Xin Ming, Yu Li Li. Analysis on ground fault and propagation characteristic of electrical fire[C]//The Proceedings of the China Association for Science and Technology. Beijing: Science Press, 2009:144-148.
 7. Xin-ming Wang, Ying Wu, Chang-zheng Zhao, Qing-shan Meng, Ao Gao, Analysis on Fire Risk of Aluminium Conductors under Electrical Faults in Low Voltage Circuit, Procedia Engineering, Volume 52, 2013, Pages 408-412, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.05.011>
 8. Lapovok R. Y. Qi, Kosinova A. Architected hybrid conductors: Aluminium with embedded copper helix / R. Lapovok, Y. Qi, A. Kosinova [et al.] // MATERIALS & DESIGN. – 2020. – Vol. 187. – P. 108398. – DOI 10.1016/j.matdes.2019.108398.
 9. Мокряк А.Ю., Мокряк А.В. Исследование металлических и электротехнических объектов судебной пожарно-технической экспертизы: монография / под общей редакцией Б.В. Гавкалюка – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2022. – 212 с.

References

1. Smelkov G.I. Fire safety of electrical wiring. – М.: LLC "CABLE", 2009. – p.328.
2. Mitrichev L.S., Kolmakov A.I., Stepanov B.V. and others. Investigation of copper and aluminum conductors in areas of short circuit and thermal exposure. Methodological recommendations. - М., 1986. – p.43.
3. Metallographic and morphological studies of metal objects of forensic fire-technical expertise: textbook / A.Y. Mokryak, I.D. Cheshko, Yu.N. Belshina; under the general editorship of E.N. Chizhikov. – St. Petersburg: St. Petersburg State Budgetary Educational Institution "St. Petersburg University of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia", 2016. – p.160
4. Kolmakov A.I., Stepanov B.V., Zernov S.I., Rossinskaya E.R., Sokolov N.G. Diagnostics of the causes of destruction of metal conductors removed from fire sites: Method. recommendations. - М.: ECC of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, 1992. – p.32
5. Kolmakov A.I., Granenkov N.M., Zernov S.I., Penkov V.V., Sokolov N.G., Stepanov B.V., Taubkin I.S., Cheshko I.D.. Expert study of metal products (in cases of fires) / Textbook /М. ECC of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 1993. – p.104
6. Zhao Chang Zheng, Wang Xin Ming, Yu Li Li. Analysis on ground fault and propagation characteristic of electrical fire[C]//The Proceedings of the China Association for Science and Technology. Beijing: Science Press, 2009: pp.144-148.

7. Xin-ming Wang, Ying Wu, Chang-zheng Zhao, Qing-shan Meng, Ao Gao, Analysis on Fire Risk of Aluminium Conductors under Electrical Faults in Low Voltage Circuit, *Procedia Engineering*, Volume 52, 2013, Pages 408-412, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.09.001>
 8. Lapovok R. Y. Qi, Kosinova A. Architectural hybrid conductors: Aluminum with embedded copper helix / R. Lapovok, Y. Qi, A. Kosinova [et al.] // *MATERIALS & DESIGN*. – 2020. – Vol. 187. – P. 108398. – DOI 10.1016/j.matdes.2019.108398.
 9. Mokryak A.Yu., Mokryak A.V. Research of metal and electrotechnical objects of forensic fire and technical expertise: monograph / edited by B.V. Gavkalyuk – St. Petersburg: St. Petersburg University of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2022. – p. 212
-