

ABSTRACT AND REFERENCES

TECHNOLOGY ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272289

IDENTIFYING THE EFFECT OF AROMATIC COMPOUNDS ON THE COMBUSTION CHARACTERISTICS OF CRUDE COCONUT OIL DROPLET (p. 6–14)

Helen Riupassa

Jayapura University of Science and Technology, Jayapura, Papua, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5355-4769>**Suyatno Suyatno**

Jayapura University of Science and Technology, Jayapura, Papua, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3232-6174>**Hendry Yoshua Nanlohy**

Jayapura University of Science and Technology, Jayapura, Papua, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3108-2179>

For now, energy sources uses are still dominated by fossil fuels, whose availability is limited and continues to decline. Therefore, new alternative energy is needed to reduce dependence on fossil fuels. Crude vegetable oil is one alternative energy source that can be utilized as a substitute for fossil fuels because vegetable oil has a composition almost similar to fossil fuel. Crude coconut oil is an alternative to biodiesel to reduce dependency on fossil fuels. The combustion reaction of crude coconut oil is tricky because it has bonds saturated chain, so a substance is needed to weaken the carbon chain to increase the burning rate. The burning rate of coconut oil droplets has been investigated experimentally by adding clove oil and eucalyptus oil bio-additives. Tests were carried out with single droplets suspended on a thermocouple at atmospheric pressure and room temperature and ignited with a hot wire. The addition of clove oil and eucalyptus oil as bio-additives in crude coconut oil was 100 ppm and 300 ppm, respectively. The suspended droplet combustion method was chosen to increase the contact area between the air and fuel so that the reactivity of the fuel molecules increases. The results showed that the eugenol compounds in clove oil and cineol compounds in eucalyptus oil were both aromatic and had an unsymmetrical carbon chain geometry structure. Therefore, this factor has the potential to accelerate the occurrence of effective collisions between fuel molecules; thus, the fuel is flammable, as evidenced by the increased burning rate. Moreover, from the observations, it was found that the highest burning rate was achieved in both bio-additives with a concentration of 300 ppm.

Keywords: droplet combustion, crude coconut oil, bio-additives, aromatic compound.

References

- Chen, S., Kharrazi, A., Liang, S., Fath, B. D., Lenzen, M., Yan, J. (2020). Advanced approaches and applications of energy footprints toward the promotion of global sustainability. *Applied Energy*, 261, 114415. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114415>
- Sazhin, S. S. (2017). Modelling of fuel droplet heating and evaporation: Recent results and unsolved problems. *Fuel*, 196, 69–101. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.01.048>
- Riupassa, H., Nanulaita, N. Jm., Taba, H. Tj., Katjo, B., Haurissa, J., Trismawati, Nanlohy, H. Y. (2022). The effect of graphene oxide nanoparticles as a metal based catalyst on the ignition characteristics of waste plastic oil. *AIP Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1063/5.0075009>
- Yilmaz, N., Atmanli, A., Vigil, F. M. (2018). Quaternary blends of diesel, biodiesel, higher alcohols and vegetable oil in a compression ignition engine. *Fuel*, 212, 462–469. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.10.050>
- Muelas, Á., Remacha, P., Ballester, J. (2019). Droplet combustion and sooting characteristics of UCO biodiesel, heating oil and their mixtures under realistic conditions. *Combustion and Flame*, 203, 190–203. doi: <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2019.02.014>
- Emberger, P., Hebecker, D., Pickel, P., Remmele, E., Thuncke, K. (2015). Ignition and combustion behaviour of vegetable oils after injection in a constant volume combustion chamber. *Biomass and Bioenergy*, 78, 48–61. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.04.009>
- Xu, Y., Keresztes, I., Condo, A. M., Phillips, D., Pepiot, P., Avedisian, C. T. (2016). Droplet combustion characteristics of algae-derived renewable diesel, conventional #2 diesel, and their mixtures. *Fuel*, 167, 295–305. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.11.036>
- Kale, R., Banerjee, R. (2019). Understanding spray and atomization characteristics of butanol isomers and iso-octane under engine like hot injector body conditions. *Fuel*, 237, 191–201. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.09.142>
- Aljabri, H., Liu, X., Al-lehaibi, M., Cabezas, K. M., AlRamadan, A. S., Badra, J., Im, H. G. (2022). Fuel flexibility potential for isobaric combustion in a compression ignition engine: A computational study. *Fuel*, 316, 123281. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123281>
- Kalya, V., Stankevych, S., Myronenko, L., Hrechko, A., Bogatov, O., Bragin, O. et al. (2022). Improvement of the technology of fatty acids obtaining from oil and fat production waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (116)), 6–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254358>
- Bliznjuk, O., Masalitina, N., Mezentseva, I., Novozhylova, T., Korchak, M., Haliasnyi, I. et al. (2022). Development of safe technology of obtaining fatty acid monoglycerides using a new catalyst. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (116)), 13–18. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253655>
- Liu, Y. C., Xu, Y., Hicks, M. C., Avedisian, C. T. (2016). Comprehensive study of initial diameter effects and other observations on convection-free droplet combustion in the standard atmosphere for n-heptane, n-octane, and n-decane. *Combustion and Flame*, 171, 27–41. doi: <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2016.05.013>
- Plank, M., Wachtmeister, G., Thuncke, K., Remmele, E., Emberger, P. (2017). Effect of fatty acid composition on ignition behavior of straight vegetable oils measured in a constant volume combustion chamber apparatus. *Fuel*, 207, 293–301. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.06.089>

14. Nanlohy, H. Y., Wardana, I. N. G., Yamaguchi, M., Ueda, T. (2020). The role of rhodium sulfate on the bond angles of triglyceride molecules and their effect on the combustion characteristics of crude jatropha oil droplets. *Fuel*, 279, 118373. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118373>
15. Ghamari, M., Ratner, A. (2017). Combustion characteristics of colloidal droplets of jet fuel and carbon based nanoparticles. *Fuel*, 188, 182–189. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.10.040>
16. Wang, X., Dai, M., Yan, J., Chen, C., Jiang, G., Zhang, J. (2019). Experimental investigation on the evaporation and micro-explosion mechanism of jatropha vegetable oil (JVO) droplets. *Fuel*, 258, 115941. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.115941>
17. Meng, K., Fu, W., Lei, Y., Zhao, D., Lin, Q., Wang, G. (2019). Study on micro-explosion intensity characteristics of biodiesel, RP-3 and ethanol mixed droplets. *Fuel*, 256, 115942. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.115942>
18. Nanlohy, H. Y., Wardana, I. N. G., Hamidi, N., Yuliati, L., Ueda, T. (2018). The effect of Rh³⁺ catalyst on the combustion characteristics of crude vegetable oil droplets. *Fuel*, 220, 220–232. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.02.001>
19. Wardoyo, Widodo, A. S., Wijayanti, W., Wardana, I. N. G. (2021). The Role of Areca catechu Extract on Decreasing Viscosity of Vegetable Oils. *The Scientific World Journal*, 2021, 1–8. doi: <https://doi.org/10.1155/2021/8827427>
20. Sakthivel, P., Subramanian, K. A., Mathai, R. (2020). Experimental study on unregulated emission characteristics of a two-wheeler with ethanol-gasoline blends (E0 to E50). *Fuel*, 262, 116504. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116504>
21. Liu, Z., Sun, P., Du, Y., Yu, X., Dong, W., Zhou, J. (2021). Improvement of combustion and emission by combined combustion of ethanol premix and gasoline direct injection in SI engine. *Fuel*, 292, 120403. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.120403>
22. Pradhan, P., Raheman, H., Padhee, D. (2014). Combustion and performance of a diesel engine with preheated Jatropha curcas oil using waste heat from exhaust gas. *Fuel*, 115, 527–533. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.07.067>
23. Wardana, I. N. G. (2010). Combustion characteristics of jatropha oil droplet at various oil temperatures. *Fuel*, 89 (3), 659–664. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2009.07.002>
24. Han, K., Chen, H., Yang, B., Ma, X., Song, G., Li, Y. (2017). Experimental investigation on droplet burning characteristics of diesel-benzyl azides blend. *Fuel*, 190, 32–40. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.10.102>
25. Nanlohy, H. Y., Riupassa, H., Mini, M., Taba, H. T., Katjo, B., Nanulaitta, N. J., Yamaguchi, M. (2021). Performance and Emissions Analysis of BE85-Gasoline Blends on Spark Ignition Engine. *Automotive Experiences*, 5 (1), 40–48. doi: <https://doi.org/10.31603/ae.6116>
26. Suyatno, Riupassa, H., Marianingsih, S., Nanlohy, H. Y. (2023). Characteristics of SI engine fueled with BE50-Isocetane blends with different ignition timings. *Heliyon*, 9 (1), e12922. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12922>
27. Botero, M. L., Huang, Y., Zhu, D. L., Molina, A., Law, C. K. (2011). Droplet Combustion of Ethanol, Diesel, Castor Oil Biodiesel, and Their Mixtures. 7th US National Combustion Meeting of the Combustion Institute Hosted by the Georgia Institute of Technology. Atlanta.
28. Angeloni, M., Remacha, P., Mart nez, A., Ballester, J. (2016). Experimental investigation of the combustion of crude glycerol droplets. *Fuel*, 184, 889–895. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.06.045>
29. Westbrook, C. K., Pitz, W. J., Sarathy, S. M., Mehl, M. (2013). Detailed chemical kinetic modeling of the effects of C C double bonds on the ignition of biodiesel fuels. *Proceedings of the Combustion Institute*, 34 (2), 3049–3056. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proci.2012.05.025>
30. Riupassa, H., Suyatno, S., Nanlohy, H. Y., Sanata, A., Trismawati, T., Subagyo, R. et al. (2023). Effects of Eugenol and Cineol Compounds on Diffusion Burning Rate Characteristics of Crude Coconut Oil Droplet. *Automotive Experiences*, 6 (1), 59–67. doi: <https://doi.org/10.31603/ae.8150>
31. Nanlohy, H. Y., Riupassa, H., Rasta, I. M., Yamaguchi, M. (2020). An Experimental Study on the Ignition Behavior of Blended Fuels Droplets with Crude Coconut Oil and Liquid Metal Catalyst. *Automotive Experiences*, 3 (2). doi: <https://doi.org/10.31603/ae.v3i2.3481>
32. Faik, A. M.-D., Zhang, Y. (2018). Multicomponent fuel droplet combustion investigation using magnified high speed backlighting and shadowgraph imaging. *Fuel*, 221, 89–109. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.02.054>
33. Ikegami, M., Xu, G., Ikeda, K., Honma, S., Nagaishi, H., Dietrich, D. L., Takeshita, Y. (2003). Distinctive combustion stages of single heavy oil droplet under microgravity. *Fuel*, 82 (3), 293–304. doi: [https://doi.org/10.1016/s0016-2361\(02\)00257-0](https://doi.org/10.1016/s0016-2361(02)00257-0)
34. Perdana, D., Hatta, M., Rosidin, M. K., Hanifudin, M. (2022). The influence of various preheating and direction of magnetic field on combustion characteristics of palm oil droplets for boiler combustion in power generation system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (8 (120)), 73–83. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267282>
35. Ma, Z., Li, Y., Li, Z., Du, W., Yin, Z., Xu, S. (2018). Evaporation and combustion characteristics of hydrocarbon fuel droplet in sub- and super-critical environments. *Fuel*, 220, 763–768. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.02.073>
36. Nanlohy, H. Y., Wardana, I. N. G., Hamidi, N., Yuliati, L. (2018). Combustion characteristics of crude jatropha oil droplets using rhodium liquid as a homogeneous combustion catalyst. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 299, 012090. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/299/1/012090>
37. Nanlohy, H. Y., Trismawati (2022). The role of fatty acid of Morinda citrifolia oil as surface-active chemicals on the deinking process of waste paper. *Materialia*, 23, 101436. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mta.2022.101436>
38. Puhan, S., Saravanan, N., Nagarajan, G., Vedaraman, N. (2010). Effect of biodiesel unsaturated fatty acid on combustion characteristics of a DI compression ignition engine. *Biomass and Bioenergy*, 34 (8), 1079–1088. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.02.017>
39. Botero, M. L., Huang, Y., Zhu, D. L., Molina, A., Law, C. K. (2012). Synergistic combustion of droplets of ethanol, diesel and biodiesel mixtures. *Fuel*, 94, 342–347. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.10.049>
40. Nanlohy, H. Y. (2021). Comparative Studies on Combustion Characteristics of Blended Crude Jatropha Oil with Magnetic Liquid Catalyst and DEX under Normal Gravity Condition. *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology*, 5 (2), 79. doi: <https://doi.org/10.17977/um016v5i22021p079>
41. Zhu, M., Ma, Y., Zhang, D. (2013). Effect of a homogeneous combustion catalyst on combustion characteristics of single droplets of diesel and biodiesel. *Proceedings of the Combustion Institute*, 34 (1), 1537–1544. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proci.2012.06.055>

42. Knothe, G., Matheaus, A. C., Ryan, T. W. (2003). Cetane numbers of branched and straight-chain fatty esters determined in an ignition quality tester. *Fuel*, 82 (8), 971–975. doi: [https://doi.org/10.1016/S0016-2361\(02\)00382-4](https://doi.org/10.1016/S0016-2361(02)00382-4)
43. Xu, G., Ikegami, M., Honma, S., Ikeda, K., Dietrich, D. L., Struk, P. M. (2004). Interactive influences of convective flow and initial droplet diameter on isolated droplet burning rate. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 47 (8-9), 2029–2035. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2003.09.035>
44. Imamura, O., Kubo, Y., Osaka, J., Sato, J., Tsue, M., Kono, M. (2005). A study on single fuel droplets combustion in vertical direct current electric fields. *Proceedings of the Combustion Institute*, 30 (2), 1949–1956. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proci.2004.08.017>
45. Singh, G., Esmailpour, M., Ratner, A. (2019). The effect of acetylene black on droplet combustion and flame regime of petrodiesel and soy biodiesel. *Fuel*, 246, 108–116. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.02.115>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.275986

NUMERICAL SOLUTION OF THE CONTROL PROBLEM ON THE DEPLETION OF GAS RESERVOIRS WITH WEAKLY PERMEABLE TOP (p. 15–23)

Kamil Mamtiyev

Azerbaijan State University of Economics (UNEC),
Baku, Azerbaijan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5842-6085>

Ulviyya Rzayeva

Azerbaijan State University of Economics (UNEC),
Baku, Azerbaijan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5881-6633>

Aygun Abdulova

Azerbaijan State University of Economics (UNEC),
Baku, Azerbaijan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7079-9677>

The current stage in the development of mathematical and software support for the processes of designing the development of hydrocarbon fields is characterized not only by the improvement of the means of geological and hydrodynamic modeling of reservoir fluid filtration but also by the use of algorithms for optimizing the development of gas deposits. The paper considers the problem of optimal control of the depletion of a gas reservoir with a low-permeability top. Using the so-called Myatiev-Girinsky hydraulic scheme, a two-dimensional equation describing the unsteady gas flow in a reservoir with a jumper is averaged over the capacity of the productive reservoir. This comes down to a one-dimensional equation with an additional term, taking into account gas-dynamic relationships between the reservoir and the jumper. For the numerical solution of process control problems, a formula for the gradient of the functional characterizing the reservoir depletion is found, and the method of successive approximations based on Pontryagin's maximum principle is applied. In this case, the direct and conjugate boundary value problems are solved by the method of straight lines, and the required flow rate, without taking it beyond the maximum and minimum possible, is found by the gradient projection method with a special choice of step. A brief block diagram of the algorithm for solving the problem is shown; on its basis, a computer program was compiled. The results of calculations are presented to identify

the influence of the values of the complex communication parameter not only on the state of the object but also on the operating mode of the well. The expediency of using the presented optimization tool is dictated by an increase in the share of deposits.

Keywords: Myatiev-Girinsky scheme, gas reservoir, optimal control, gradient method, maximum principle.

References

1. Fanchi, J. R. (2002). Production Analysis. *Shared Earth Modeling*, 227–244. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-075067522-2/50013-6>
2. Snyder, L. J. (1969). Two-Phase Reservoir Flow Calculations. *Society of Petroleum Engineers Journal*, 9 (02), 170–182. doi: <https://doi.org/10.2118/2014-pa>
3. Ahmed, T., Meehan, D. N. (2012). Predicting Oil Reservoir Performance. *Advanced Reservoir Management and Engineering*, 485–539. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-385548-0.00005-1>
4. Polubarinova-Kochina, P. Ya. (1977). *The Theory of Groundwater Movement*. Moscow: Science, 664.
5. Gusein-zade, M. A. (1965). Features of fluid motion in a non-homogeneous reservoir. Moscow: Nedra.
6. Zakirov, S. N., Lapuk, B. B. (1974). Design and development of gas fields. Moscow: Nedra.
7. Gromyko, G., Chuiko, M., Smychnik, A., Hrechka, A., Zlebava, A. (2007). Mathematical Modeling of Geofiltration and Geomigration Processes in Multilayer Systems. *Computational Methods in Applied Mathematics*, 7 (2), 163–177. doi: <https://doi.org/10.2478/cmam-2007-0009>
8. Zhakabov, O. O. (2020). Models and algorithms for optimal control of filtration systems. *Socio-economic and technical systems: research, design, optimization*, 86, 6–12.
9. Ravshanov, N., Nazirova, E. Sh., Ne'matov, A. (2020). Mathematical model and numerical algorithm for solving problems of gas filtration in two formation porous media with a low-permeability jumper. *Journal of Problems of Computational and Applied Mathematics*, 3 (27), 20–39.
10. Kuk, E., Stopa, J., Kuk, M., Janiga, D., Wojnarowski, P. (2021). Petroleum Reservoir Control Optimization with the Use of the Auto-Adaptive Decision Trees. *Energies*, 14 (18), 5702. doi: <https://doi.org/10.3390/en14185702>
11. Chen, Z. (2022). Second-Order Conditions for Fuel-Optimal Control Problems with Variable Endpoints. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 45 (2), 335–347. doi: <https://doi.org/10.2514/1.g005865>
12. Bonaccorsi, S., Zălinescu, A. (2018). Maximum principle for an optimal control problem associated to a SPDE with nonlinear boundary conditions. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 465 (1), 359–378. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmaa.2018.05.016>
13. Hasan, A. (2013). Optimal Control of Petroleum Reservoirs. *IFAC Proceedings Volumes*, 46 (26), 144–149. doi: <https://doi.org/10.3182/20130925-3-fr-4043.00055>
14. Bandalıyev, R. A., Guliyev, V. S., Mamedov, I. G., Sadıgov, A. B. (2016). The optimal control problem in the processes described by the Goursat problem for a hyperbolic equation in variable exponent Sobolev spaces with dominating mixed derivatives. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 305, 11–17. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cam.2016.03.024>
15. Jamalbayov, M. A., Veliyev, N. A. (2017). The technique of early determination of reservoir drive of gas condensate and velotail oil

deposits on the basis of new diagnosis indicators. TWMS J. Pure Appl. Math., 8 (2), 236–250. Available at: <http://static.bsu.az/w24/V8N2/pp236-250.pdf>

16. El Aily, M., Khalil, M. H. M., Desouky, S. M., Batanoni, M. H., Mahmoud, M. R. M. (2013). Experimental studies on constant mass–volume depletion of gas-condensate systems. *Egyptian Journal of Petroleum*, 22 (1), 129–136. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2012.06.003>
17. Pérez Rodríguez, S. (2022). Numerical modeling of the conservative exploitation of conventional gas reservoirs. *Cogent Engineering*, 9 (1). doi: <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2148881>
18. Leonchuk, M. P. (1964). Numerical solution of problems of optimal processes with distributed parameters. *USSR Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 4 (6), 189–198. doi: [https://doi.org/10.1016/0041-5553\(64\)90091-6](https://doi.org/10.1016/0041-5553(64)90091-6)
19. Vasilyev, F. P. (1981). *Methods for solving extreme problems*. Moscow: Science, 520.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.277587

IDENTIFYING OF THE MECHANISM FORMATION OF A NATURAL NANOCOMPOSITE IN POLYMER COMPOSITE MATERIALS (p. 24–31)

Oleg Dyshyn

Scientific Research Institute Geotechnological Problems of Oil, Gas and Chemistr, Baku, Azerbaijan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1530-8481>

Ibrahim Habibov

Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3393-7812>

Arzu Suleymanova

Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0679-1865>

Sevinc Abasova

Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7531-3429>

Rauf Malikov

Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0566-129X>

Tamila Khankishiyeva

Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5336-2561>

The object of the study is the sealing elements of the packer.

The fundamental principle of the cluster model is the assumption that the sum of the relative volume fractions of two structural elements of a natural nanocomposite (loosely packed matrix and nanoclusters) is equal to one – $\varphi_{l,m} + \varphi_d = 1$. This approach is incorrect because it is violated when the nanoclusters are immersed in a loosely packed matrix. In this regard, a new relationship is proposed that relates the relative volume fractions of the loosely packed matrix and the part of nanoclusters immersed in it – $\varphi_{l,m} + \hat{\varphi}_d = 1$. Calculation formulas are obtained for the relative fractions of the loosely packed matrix and the interphase region.

The paper shows that such an assumption is unfounded due to the indispensable immersion of clusters in a loosely packed matrix, and in this regard, a new relationship is proposed linking the relative volume fractions of the loosely packed matrix and the part of nanoclusters immersed in it.

For a composite with a matrix, a mixture of synthetic butadiene nitrile and hydrogenated butadiene nitrile rubber and the addition of a copper nanoparticle, it is shown that in a natural nanocomposite, which is the polymer under study in an amorphous state, the time dependences of the relative volume fractions of the regions of inter-component adhesion and the loosely packed matrix coincide quite well with each other.

The application of the above relationship between the volume fractions of a loosely packed matrix and nanoclusters allows to reformulate the known equations of parallel and sequential micromechanical models, as well as the Kerner equation for a more complex micromechanical model used to describe the effect of strengthening the elastic modulus of nanocomposites.

Keywords: cluster model, natural nanocomposite, interfacial region, inter-component adhesion, loosely packed matrix, nanoclusters.

References

1. Kopeikin, I. S. (2022). Development of a packer with an activation tool for the liner extension hanger in the interval of a horizontal open well. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 981 (3), 032071. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/981/3/032071>
2. Verisokin, A. E., Vasil'yev, V. A., Gun'kina, T. A. (2019). Packer design research used in hydraulic fracturing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 378 (1), 012106. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/378/1/012106>
3. Suleymanova, A., Guseynova, V., Abasova, S. (2022). The choice of material for the manufacture of sealing elements of the packer. *ETM - Equipment, Technologies, Materials*, 09 (01), 43–47. doi: <https://doi.org/10.36962/etm0901202243>
4. Dyshyn, O. A., Habibov, I. A., Rustamova, K. B. (2018). Formation of the properties of the structure of disperse-filled polymer composites. *PNRPU Mechanics Bulletin*, 2, 24–31. doi: <https://doi.org/10.15593/perm.mech/2018.2.03>
5. Dyshyn, O. A., Habibov, I. A., Shamilov, V. M., Rustamova, K. B. (2019). The structure of interfacial regions in polymer nanocomposites. *PNRPU Mechanics Bulletin*, 3, 140–148. doi: <https://doi.org/10.15593/perm.mech/2019.3.14>
6. Mammadova, M. (2022). Investigation of fluid dynamics in microfracture channels. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (7 (118)), 42–50. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263480>
7. Babaev, S. G., Gabibov, I. A., Melikov, R. Kh. (2015). *Osnovy teorii nadezhnosti neftepromyslovogo oborudovaniya*. Baku, 400.
8. Dolgikh, L. N. (2007). *Kreplenie, ispytanie i osvoenie neftyanykh i gazovykh skvazhin*. Perm', 189.
9. Morozov, A. D., Popkov, D. O., Duplyakov, V. M., Mutalova, R. F., Osipov, A. A., Vainshtein, A. L. et al. (2020). Data-driven model for hydraulic fracturing design optimization: focus on building digital database and production forecast. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 194, 107504. doi: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107504>
10. Apasov, T. K., Apasov, G. T., Sarancha, A. V. (2015). Restoring the productivity of the wells after drilling and hydraulic fracturing by vibrowave method. *Modern problems of science and education*, 2 (2).
11. Verisokin, A. E., Grab, A. N., Grab, D. N., Serikov, D. Yu. (2017). *Faktory, vliyayuschie na rabotosposobnost' pakerov pri gidrorazryve plasta. Sfera Neft' i gaz*, 4 (60), 26–30.
12. Lan, W.-J., Wang, H.-X., Zhang, X., Chen, S.-S. (2019). Sealing properties and structure optimization of packer rubber under high

pressure and high temperature. *Petroleum Science*, 16 (3), 632–644. doi: <https://doi.org/10.1007/s12182-018-0296-0>

13. Hu, G., Zhang, P., Wang, G., Zhang, M., Li, M. (2017). The influence of rubber material on sealing performance of packing element in compression packer. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 38, 120–138. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2016.12.027>
14. Mashkov, Yu. K., Kropotin, O. V., Shil'ko, S. V., Egorova, V. A., Chemisenko, O. V. (2016). Mekhanicheskie svoystva pte-nano-kompozitov dlya uplotnitel'nykh elementov dinamicheskikh germetiziruyuschikh ustroystv transportnykh sistem. *Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin*, 3 (1), 260–263.
15. South, J. T. (2001). Mechanical properties and durability of natural rubber compounds and composites. Blacksburg, 190. Available at: https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/26306/1JTS_ETD.pdf

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.278000

NEW MULTIFUNCTIONAL BROMINE-ACTIVE POLYMERS: SYNTHESIS, PROPERTIES, AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY (p. 32–42)

Bohdan Murashevych

Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8517-2810>

Dmitry Girenko

Ukrainian State University of Chemical Technology,
 Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9658-5645>

Mykola Toropin

Ukrainian State University of Chemical Technology,
 Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2230-8930>

Iryna Koshova

Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5631-8005>

Vadym Kovalenko

Ukrainian State University of Chemical Technology,
 Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8012-6732>

Oleg Lebed

Ukrainian State University of Chemical Technology,
 Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4541-8972>

Vasyl Chuiko

Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0230-7116>

Valerii Kotok

Université de Montpellier | CNRS, Montpellier, France
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8879-7189>

Dmytro Stepanskyi

Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6350-8176>

The increase in the frequency and scale of epidemics of infectious diseases gives extreme urgency to the development of new technologies for antiseptic and disinfectant treatment of various media, as well as materials/reagents for their implementation. Antimicrobial polymer materials of various chemical structures, including those containing halogen-active functional groups, are promising in this regard.

This work is devoted to the synthesis and investigation of the properties of granular and fibrous polymer materials with immobilized N-bromosulfonamide groups of different structure. It is shown that copolymers of styrene with divinylbenzene and polypropylene can be used as a carrier polymer. A technique has been developed that allows obtaining polymers with a content of up to 23 % of immobilized active bromine. The compliance of the synthesized materials with the declared structure has been proven by IR spectroscopy and a complex of chemical methods. A decrease in the strength of the obtained polymers compared to the original carriers has been observed, especially in the case of fibers. The stability of the synthesized polymers during storage is lower than that of the previously described chlorine-active analogs. For the quantitative determination of active bromine in the target materials, a technique based on its rapid diffusion from the polymer into the taurine solution has been developed. Microbiological research has shown that the synthesized polymers have a pronounced antimicrobial activity, which is higher than that of immobilized N-chlorosulfonamides and is manifested even in the presence of a significant organic load.

The set of investigated characteristics of synthesized polymers with immobilized N-bromosulfonamide groups suggests the prospect of their use as components of antiseptic dressing materials, antimicrobial filters, devices for obtaining antiseptic solutions, and other medical products.

Keywords: antimicrobial polymers, immobilization, N-bromamines, N-bromosulfonamides, active chlorine, N-bromotaurine, zone of microbial growth inhibition.

References

1. Shang, Y., Li, H., Zhang, R. (2021). Effects of Pandemic Outbreak on Economies: Evidence From Business History Context. *Frontiers in Public Health*, 9. doi: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.632043>
2. Kaye, A. D., Okeagu, C. N., Pham, A. D., Silva, R. A., Hurley, J. J., Arron, B. L. et al. (2021). Economic impact of COVID-19 pandemic on healthcare facilities and systems: International perspectives. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 35 (3), 293–306. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2020.11.009>
3. Marani, M., Katul, G. G., Pan, W. K., Parolari, A. J. (2021). Intensity and frequency of extreme novel epidemics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118 (35). doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.2105482118>
4. Gupta, S., Rouse, B. T., Sarangi, P. P. (2021). Did Climate Change Influence the Emergence, Transmission, and Expression of the COVID-19 Pandemic? *Frontiers in Medicine*, 8. doi: <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.769208>
5. Rodó, X., San-José, A., Kirchgatter, K., López, L. (2021). Changing climate and the COVID-19 pandemic: more than just heads or tails. *Nature Medicine*, 27 (4), 576–579. doi: <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01303-y>
6. Li, R., Richmond, P., Roehner, B. M. (2018). Effect of population density on epidemics. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 510, 713–724. doi: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.07.025>
7. Hollingsworth, T. D., Ferguson, N. M., Anderson, R. M. (2007). Frequent Travelers and Rate of Spread of Epidemics. *Emerging Infectious Diseases*, 13 (9), 1288–1294. doi: <https://doi.org/10.3201/eid1309.070081>
8. Nikolich-Zugich, J. (2017). The twilight of immunity: emerging concepts in aging of the immune system. *Nature Immunology*, 19 (1), 10–19. doi: <https://doi.org/10.1038/s41590-017-0006-x>

9. Diani, S., Leonardi, E., Cavezzi, A., Ferrari, S., Iacono, O., Limoli, A. et al. (2022). SARS-CoV-2—The Role of Natural Immunity: A Narrative Review. *Journal of Clinical Medicine*, 11 (21), 6272. doi: <https://doi.org/10.3390/jcm11216272>
10. Bloom, D. E., Cadarette, D. (2019). Infectious Disease Threats in the Twenty-First Century: Strengthening the Global Response. *Frontiers in Immunology*, 10. doi: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.00549>
11. Bai, Y., Wang, Q., Liu, M., Bian, L., Liu, J., Gao, F. et al. (2022). The next major emergent infectious disease: reflections on vaccine emergency development strategies. *Expert Review of Vaccines*, 21 (4), 471–481. doi: <https://doi.org/10.1080/14760584.2022.2027240>
12. Cozad, A., Jones, R. D. (2003). Disinfection and the prevention of infectious disease. *American Journal of Infection Control*, 31 (4), 243–254. doi: <https://doi.org/10.1067/mic.2003.49>
13. Prajapati, P., Desai, H., Chandarana, C. (2022). Hand sanitizers as a preventive measure in COVID-19 pandemic, its characteristics, and harmful effects: a review. *Journal of the Egyptian Public Health Association*, 97 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s42506-021-00094-x>
14. Siddiqui, A. A. (2020). The Role of Personal Protective Equipment (PPE) in Prevention of COVID-19 Novel Corona Virus and Fatalities occur due to Non-availability of the PPE. *American Journal of Biomedical Science & Research*, 9 (6), 490–499. doi: <https://doi.org/10.34297/ajbsr.2020.09.001458>
15. Block, M. S., Rowan, B. G. (2020). Hypochlorous Acid: A Review. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 78 (9), 1461–1466. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.06.029>
16. Chung, I., Ryu, H., Yoon, S.-Y., Ha, J. C. (2022). Health effects of sodium hypochlorite: review of published case reports. *Environmental Analysis Health and Toxicology*, 37 (1), e2022006. doi: <https://doi.org/10.5620/eaht.2022006>
17. Dong, A., Wang, Y.-J., Gao, Y., Gao, T., Gao, G. (2017). Chemical Insights into Antibacterial N-Halamines. *Chemical Reviews*, 117 (6), 4806–4862. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.6b00687>
18. Ashby, L. V., Springer, R., Hampton, M. B., Kettle, A. J., Winterbourn, C. C. (2020). Evaluating the bactericidal action of hypochlorous acid in culture media. *Free Radical Biology and Medicine*, 159, 119–124. doi: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2020.07.033>
19. Bernardi, A. O., Stefanello, A., Garcia, M. V., Parussolo, G., Stefanello, R. F., Moro, C. B., Copetti, M. V. (2018). Efficacy of commercial sanitizers against fungi of concern in the food industry. *LWT*, 97, 25–30. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.037>
20. Miyaoka, Y., Kabir, Md. H., Hasan, Md. A., Yamaguchi, M., Shoham, D., Murakami, H., Takehara, K. (2021). Virucidal activity of slightly acidic hypochlorous acid water toward influenza virus and coronavirus with tests simulating practical usage. *Virus Research*, 297, 198383. doi: <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2021.198383>
21. Williams, K., Hughson, A. G., Chesebro, B., Race, B. (2019). Inactivation of chronic wasting disease prions using sodium hypochlorite. *PLOS ONE*, 14(10), e0223659. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223659>
22. Gessa Sorroche, M., Relimpio López, I., García-Delpech, S., Benítez del Castillo, J. M. (2022). Hypochlorous acid as an antiseptic in the care of patients with suspected COVID-19 infection. *Archivos de La Sociedad Española de Oftalmología (English Edition)*, 97 (2), 77–80. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oftale.2021.01.010>
23. Kyriakopoulos, A. M., Grapsa, E., Marcinkiewicz, J., Nagl, M. (2019). Swift Cure of a Chronic Wound Infected With Multiresistant *Staphylococcus aureus* in an Elderly Patient With Stage 5 Renal Disease. *The International Journal of Lower Extremity Wounds*, 18 (2), 192–196. doi: <https://doi.org/10.1177/1534734619834746>
24. Dakin, M. H. E. (2014). Pat. No. WO2015063468A1. Anti-inflammatory solution comprising sodium hypochlorite. Available at: <https://patents.google.com/patent/WO2015063468A1/en>
25. Lackner, M., Rössler, A., Volland, A., Stadtmüller, M. N., Müllauer, B., Banki, Z. et al. (2022). N-chlorotaurine is highly active against respiratory viruses including SARS-CoV-2 (COVID-19) in vitro. *Emerging Microbes & Infections*, 11 (1), 1293–1307. doi: <https://doi.org/10.1080/22221751.2022.2065932>
26. Giarratana, N., Rajan, B., Kamala, K., Mendenhall, M., Reiner, G. (2021). A sprayable Acid-Oxidizing solution containing hypochlorous acid (AOS2020) efficiently and safely inactivates SARS-Cov-2: a new potential solution for upper respiratory tract hygiene. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 278 (8), 3099–3103. doi: <https://doi.org/10.1007/s00405-021-06644-5>
27. Murashevych, B., Girenko, D., Maslak, H., Stepanskyi, D., Abramova, O., Netronina, O., Zhminko, P. (2021). Acute inhalation toxicity of aerosolized electrochemically generated solution of sodium hypochlorite. *Inhalation Toxicology*, 34 (1-2), 1–13. doi: <https://doi.org/10.1080/08958378.2021.2013348>
28. Slaughter, R. J., Watts, M., Vale, J. A., Grieve, J. R., Schep, L. J. (2019). The clinical toxicology of sodium hypochlorite. *Clinical Toxicology*, 57 (5), 303–311. doi: <https://doi.org/10.1080/1556365.2018.1543889>
29. Gow, C. K., Weinhouse, C., Johnson, G. O., Saunders, K. E. (2022). Stability of Free Available Chlorine Levels in Dilute Sodium Hypochlorite Solutions over a 6-Week Period. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, 61 (2), 181–187. doi: <https://doi.org/10.30802/aalas-jaalas-21-000080>
30. Girenko, D. V., Gyrenko, A. A., Nikolenko, N. V. (2019). Potentiometric Determination of Chlorate Impurities in Hypochlorite Solutions. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2019, 1–7. doi: <https://doi.org/10.1155/2019/2360420>
31. Bianculli, R. H., Mase, J. D., Schulz, M. D. (2020). Antiviral Polymers: Past Approaches and Future Possibilities. *Macromolecules*, 53 (21), 9158–9186. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.macromol.0c01273>
32. Kenawy, E.-R., Worley, S. D., Broughton, R. (2007). The Chemistry and Applications of Antimicrobial Polymers: A State-of-the-Art Review. *Biomacromolecules*, 8 (5), 1359–1384. doi: <https://doi.org/10.1021/bm061150q>
33. Parham, S., Kharazi, A. Z., Bakhsheshi-Rad, H. R., Kharaziha, M., Ismail, A. F., Sharif, S. et al. (2022). Antimicrobial Synthetic and Natural Polymeric Nanofibers as Wound Dressing: A Review. *Advanced Engineering Materials*, 24 (6), 2101460. doi: <https://doi.org/10.1002/adem.202101460>
34. Shahid, A., Aslam, B., Muzammil, S., Aslam, N., Shahid, M., Almatroudi, A. et al. (2021). The prospects of antimicrobial coated medical implants. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*, 19, 22808000211040304. doi: <https://doi.org/10.1177/22808000211040304>
35. Low, J. L., Kao, P. H.-N., Tambyah, P. A., Koh, G. L. E., Ling, H., Kline, K. A., Cheow, W. S., Leong, S. S. J. (2021). Development of a polymer-based antimicrobial coating for efficacious urinary catheter protection. *Biotechnology Notes*, 2, 1–10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biotno.2020.12.001>

36. Gulati, R., Sharma, S., Sharma, R. K. (2021). Antimicrobial textile: recent developments and functional perspective. *Polymer Bulletin*, 79 (8), 5747–5771. doi: <https://doi.org/10.1007/s00289-021-03826-3>
37. Pullangott, G., Kannan, U., S., G., Kiran, D. V., Maliyekkal, S. M. (2021). A comprehensive review on antimicrobial face masks: an emerging weapon in fighting pandemics. *RSC Advances*, 11 (12), 6544–6576. doi: <https://doi.org/10.1039/d0ra10009a>
38. Carmona-Ribeiro, A. M., Araújo, P. M. (2021). Antimicrobial Polymer-Based Assemblies: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22 (11), 5424. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms22115424>
39. Kamaruzzaman, N. F., Tan, L. P., Hamdan, R. H., Choong, S. S., Wong, W. K., Gibson, A. J. et al. (2019). Antimicrobial Polymers: The Potential Replacement of Existing Antibiotics? *International Journal of Molecular Sciences*, 20 (11), 2747. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms20112747>
40. Song, Cvelbar, Strazar, Vossebein, Zille (2019). Chemical, Thermo-Mechanical and Antimicrobial Properties of DBD Plasma Treated Disinfectant-Impregnated Wipes during Storage. *Polymers*, 11 (11), 1769. doi: <https://doi.org/10.3390/polym11111769>
41. Nemeş, N. S., Ardean, C., Davidescu, C. M., Negrea, A., Ciopec, M., Duţeanu, N. et al. (2022). Antimicrobial Activity of Cellulose Based Materials. *Polymers*, 14 (4), 735. doi: <https://doi.org/10.3390/polym14040735>
42. Santos, M., Fonseca, A., Mendonça, P., Branco, R., Serra, A., Morais, P., Coelho, J. (2016). Recent Developments in Antimicrobial Polymers: A Review. *Materials*, 9 (7), 599. doi: <https://doi.org/10.3390/ma9070599>
43. Hui, F., Debiemme-Chouvy, C. (2013). Antimicrobial N-Halamine Polymers and Coatings: A Review of Their Synthesis, Characterization, and Applications. *Biomacromolecules*, 14 (3), 585–601. doi: <https://doi.org/10.1021/bm301980q>
44. Liang, J., Wu, R., Wang, J.-W., Barnes, K., Worley, S. D., Cho, U. et al. (2006). N-halamine biocidal coatings. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 34 (2), 157–163. doi: <https://doi.org/10.1007/s10295-006-0181-5>
45. Emerson, D. W. (1990). Polymer-bound active chlorine: disinfection of water in a flow system. *Polymer supported reagents. 5. Industrial & Engineering Chemistry Research*, 29 (3), 448–450. doi: <https://doi.org/10.1021/ie00099a022>
46. Bogoczek, R., Kociólek-Balawejder, E. (1989). Studies on a macromolecular dichloroamine – the N,N-dichloro poly(styrene-co-divinylbenzene) sulphonamide. *Angewandte Makromolekulare Chemie*, 169(1), 119–135. doi: <https://doi.org/10.1002/apmc.1989.051690111>
47. Farah, S., Aviv, O., Laout, N., Ratner, S., Domb, A. J. (2015). Antimicrobial N-brominated hydantoin and uracil grafted polystyrene beads. *Journal of Controlled Release*, 216, 18–29. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2015.07.013>
48. Bogoczek, R., Kociólek-Balawejder, E. (1991). N-bromopoly(styrene-co-divinylbenzene) sulphonamide metal salts. Synthesis and basic properties. *Angewandte Makromolekulare Chemie*, 188 (1), 85–96. doi: <https://doi.org/10.1002/apmc.1991.051880108>
49. Li, L., Pu, T., Zhanel, G., Zhao, N., Ens, W., Liu, S. (2012). New Biocide with Both N-Chloramine and Quaternary Ammonium Moieties Exerts Enhanced Bactericidal Activity. *Advanced Healthcare Materials*, 1 (5), 609–620. doi: <https://doi.org/10.1002/adhm.201200018>
50. Chen, Y., Han, Q. (2011). Designing N-halamine based antibacterial surface on polymers: Fabrication, characterization, and biocidal functions. *Applied Surface Science*, 257 (14), 6034–6039. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2011.01.115>
51. Toropin, V., Murashevych, B., Stepanskiy, D., Toropin, M., Kremenchutskiy, H., Burmistrov, K. (2019). New forms of immobilized active chlorine and its potential applications in medicine. *Journal of the national academy of medical sciences of Ukraine*, 25 (3), 340–352. doi: <https://doi.org/10.37621/jnamsu-2019-3-340-352>
52. Murashevych, B., Koshova, I., Surmasheva, E., Girenko, D., Chuiko, V., Stepanskiy, D. (2022). Broad-purpose antimicrobial chlorine-active polymers: suppression of multidrug-resistant microorganisms and microbial penetration resistance. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*, 5 (39), 64–73. doi: <https://doi.org/10.15587/2519-4852.2022.266171>
53. Murashevych, B., Stepanskiy, D., Toropin, V., Mironenko, A., Maslak, H., Burmistrov, K., Teteriuk, N. (2022). Virucidal properties of new multifunctional fibrous N-halamine-immobilized styrene-divinylbenzene copolymers. *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*, 37 (6), 453–468. doi: <https://doi.org/10.1177/08839115221121852>
54. Dronov, S., Mamchur, V., et al. (2019). New wound dressings with prolonged action. *Zaporozhye medical journal*, 21 (3), 365–373.
55. Murashevych, B., Toropin, V., Stepanskiy, D., Maslak, H., Burmistrov, K., Kotok, V., Kovalenko, V. (2021). Synthesis of new immobilized N-chloro-sulfonamides and release of active chlorine from them. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 3–13. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001929>
56. Abo-Farha, S. A., Abdel-Aal, A. Y., Ashour, I. A., Garamon, S. E. (2009). Removal of some heavy metal cations by synthetic resin purolite C100. *Journal of Hazardous Materials*, 169 (1-3), 190–194. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.03.086>
57. Soldatov, V. S. (2008). Syntheses and the Main Properties of Fibrous Ion Exchangers. *Solvent Extraction and Ion Exchange*, 26 (5), 457–513. doi: <https://doi.org/10.1080/07366290802301358>
58. Walczewska, M., Peruń, A., Białęcka, A., Śróttek, M., Jamróz, W., Dorożyński, P. et al. (2017). Comparative Analysis of Microbicidal and Anti-inflammatory Properties of Novel Taurine Bromamine Derivatives and Bromamine T. *Taurine*, 10, 515–534. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-024-1079-2_41
59. Williams, W. J. (1979). *Handbook of Anion Determination*. Butterworth-Heinemann. doi: <https://doi.org/10.1016/c2013-0-06303-7>
60. Kurisaki, K., Yoshimura, K. (2007). Kinetics of Sulfate Desorption from Strongly Acidic Cation-exchange Resin. *Journal of Ion Exchange*, 18 (4), 158–161. doi: <https://doi.org/10.5182/jaie.18.158>
61. Balouiri, M., Sadiki, M., Ibsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6 (2), 71–79. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005>
62. Qisheng, R., Wenqiang, H. et al. (1990). Infrared spectrum feature of the sulfonyl group bound to crosslinked polystyrenes. *Acta Polymerica Sinica*, 1 (1), 7–12.
63. Gowda, B. T., Usha, K. M. (2003). Infrared and NMR (1H & 13C) Spectra of Sodium Salts of N-Bromo-Mono and Di-Substituted-Benzenesulphonamides. *Zeitschrift Für Naturforschung A*, 58 (5-6), 351–356. doi: <https://doi.org/10.1515/zna-2003-5-618>
64. Bogoczek, R., Kociólek-Balawejder, E. (1993). Synthesis and basic characterization of a macromolecular dibromoamine: N,N-dibromopoly(styrene-co-divinylbenzene)sulfonamide. *Polymer*, 34 (13), 2883–2888. doi: [https://doi.org/10.1016/0032-3861\(93\)90135-w](https://doi.org/10.1016/0032-3861(93)90135-w)

65. Gottardi, W., Klotz, S., Nagl, M. (2014). Superior bactericidal activity of N-bromine compounds compared to their N-chlorine analogues can be reversed under protein load. *Journal of Applied Microbiology*, 116 (6), 1427–1437. doi: <https://doi.org/10.1111/jam.12474>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.277961

SEALING EFFECT ON CORROSION RESISTANCE OF BORIC SULFURIC ACID ANODIZING ON AA2024 (p. 43–52)

Muhammad Zuchry

Hasanuddin University, Bontomarannu Gowa,
Sulawesi Selatan, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3399-2315>

Ilyas Renreng

Hasanuddin University, Bontomarannu Gowa,
Sulawesi Selatan, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2224-5028>

Hairul Arsyad

Hasanuddin University, Bontomarannu Gowa,
Sulawesi Selatan, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3356-2846>

Lukmanul Hakim Arma

Hasanuddin University, Bontomarannu Gowa,
Sulawesi Selatan, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2502-4191>

Agus Widyianto

Universitas Negeri Yogyakarta,
Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1554-2561>

Aluminum is widely used due to its excellent properties, lightweight and thermal conductivity. However, when used in aircraft applications, it can cause corrosion and sticking, compromising safety. To address this issue, anodizing is used to improve aluminum's corrosion resistance and adhesion. In this study, the AA2024 material was anodized using the boron-sulfuric acid anodization (BSAA) process, followed by a sealing process using acetic acid. This sealing process forms an oxide layer on the aluminum's surface, which reduces the corrosion rate. The study investigated the effects of anodization voltage and time on the results of BSAA anodization through quantitative and qualitative measurements, including corrosion resistance, potentiodynamic polarization, scanning electron microscopy (SEM), and energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS). The results showed that samples anodized with a gasket could reduce the corrosion rate by up to 85 % compared to those without a gasket and substrate. The most significant reduction in corrosion rates occurred at an anodization voltage of 10 V and an anodization time of 15 min. The potentiodynamic test results indicated that the Tafel plot during sealing lies in the cathodic region where the corrosion current density decreases with increasing voltage. SEM observations revealed that the anodizing process could provide an oxide layer on the samples' surface, while the sealing process creates a smooth surface. EDS analysis showed that an oxide compound was formed in an oxide bond state after the sample surface was subjected to the sealing treatment. Overall, the study demonstrates the effectiveness of BSAA anodization in improving corrosion resistance and highlights the importance of considering the anodization parameters.

Keywords: corrosion resistance, acetic acid, AA2024, boric sulfuric acid anodization.

References

- Prasad, N. E., Wanhill, R. J. H. (Eds.) (2017). *Aerospace Materials and Material Technologies*. Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-981-10-2134-3>
- Tunes, M. A., Stemper, L., Greaves, G., Uggowitz, P. J., Pogatscher, S. (2020). Prototypic Lightweight Alloy Design for Stellar-Radiation Environments. *Advanced Science*, 7 (22), 2002397. doi: <https://doi.org/10.1002/advs.202002397>
- Iglesias-Rubianes, L., Garcia-Vergara, S. J., Skeldon, P., Thompson, G. E., Ferguson, J., Beneke, M. (2007). Cyclic oxidation processes during anodizing of Al–Cu alloys. *Electrochimica Acta*, 52 (24), 7148–7157. doi: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2007.05.052>
- Hamsir, H., Sutresman, O., Arsyad, H., Syahid, M., Widyianto, A. (2022). Suppression of corrosion on stainless steel 303 with automatic impressed current cathodic protection (a-ICCP) method in simulated seawater. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (12 (120)), 13–21. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267264>
- Subbotina, V., Sobol, O., Belozarov, V., Subbotin, A., Smyrnova, Y. (2020). A study of the phase-structural engineering possibilities of coatings on D16 alloy during micro-arc oxidation in electrolytes of different types. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (12 (106)), 14–23. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209722>
- Polmear, I. J. (2004). *Aluminium Alloys – A Century of Age Hardening*. Materials Forum. Available at: https://www.researchgate.net/publication/279898292_Aluminium_Alloys_-_A_Century_of_Age_Hardening
- Bensalah, W., Feki, M., Wery, M., Ayedi, H. F. (2011). Chemical dissolution resistance of anodic oxide layers formed on aluminum. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 21 (7), 1673–1679. doi: [https://doi.org/10.1016/s1003-6326\(11\)60913-8](https://doi.org/10.1016/s1003-6326(11)60913-8)
- Stevenson, M. F. (2013). Anodizing.
- Fratila-Apachitei, L. E., Apachitei, I., Duszczyc, J. (2006). Thermal effects associated with hard anodizing of cast aluminum alloys. *Journal of Applied Electrochemistry*, 36 (4), 481–486. doi: <https://doi.org/10.1007/s10800-005-9102-y>
- Poinern, G. E. J., Ali, N., Fawcett, D. (2011). Progress in Nano-Engineered Anodic Aluminum Oxide Membrane Development. *Materials*, 4 (3), 487–526. doi: <https://doi.org/10.3390/ma4030487>
- Zhang, L., Thompson, G. E., Curioni, M., Skeldon, P. (2013). Anodizing of Aluminum in Sulfuric Acid/Boric Acid Mixed Electrolyte. *Journal of The Electrochemical Society*, 160 (4), C179–C184. doi: <https://doi.org/10.1149/2.032306jes>
- Sanyal, S., Kim, T., Rabelo, M., Pham, D. P., Yi, J. (2022). Application of noble cerium-based anti-corrosion sealing coating approach applied on electrical insulators installed in industrial regions. *Royal Society Open Science*, 9 (4). doi: <https://doi.org/10.1098/rsos.211786>
- Haruna, T., Ikeda, T., Miyazaki, M., Nishimoto, A., Hirohata, Y. (2015). Correlation between Bound Water and Stability of Anodic Oxide Film on Aluminum. *MATERIALS TRANSACTIONS*, 56 (12), 2000–2005. doi: <https://doi.org/10.2320/matertrans.l-m2015831>
- Shen, Y. Z., Li, H. G., Tao, H. J., Ling, J., Wang, T., Tao, J. (2015). Effect of anodic films on corrosion resistance and fatigue crack initiator of 2060-T8 Al-Li alloy. *International Journal of Electrochemical Science*, 10 (1), 938–946. Available at: https://www.researchgate.net/publication/281996844_Effect_of_anodic_films_on_corrosion_resistance_and_fatigue_crack_initiator_of_2060-T8_Al-Li_alloy

15. Veys-Renaux, D., Chahboun, N., Rocca, E. (2016). Anodizing of multiphase aluminium alloys in sulfuric acid: in-situ electrochemical behaviour and oxide properties. *Electrochimica Acta*, 211, 1056–1065. doi: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2016.06.131>
16. Mukhurov, N. I., Zhvavyi, S. P., Terekhov, S. N., Panarin, A. Yu., Kotova, I. F., Pershukevich, P. P. et al. (2008). Influence of electrolyte composition on photoluminescent properties of anodic aluminum oxide. *Journal of Applied Spectroscopy*, 75 (2), 214–218. doi: <https://doi.org/10.1007/s10812-008-9026-5>
17. Pooladi, R., Rezaei, H., Aezami, M., Sayyar, M. R. (2009). Fabrication of anodic aluminum oxide nanotemplate and investigation of their anodization parameters. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 62 (3), 241–244. doi: <https://doi.org/10.1007/s12666-009-0026-9>
18. Fotovvati, B., Namdari, N., Dehghanghadikolaei, A. (2019). On Coating Techniques for Surface Protection: A Review. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 3 (1), 28. doi: <https://doi.org/10.3390/jmmp3010028>
19. Wang, R., Wang, L., He, C., Lu, M., Sun, L. (2019). Studies on the sealing processes of corrosion resistant coatings formed on 2024 aluminium alloy with tartaric-sulfuric anodizing. *Surface and Coatings Technology*, 360, 369–375. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.12.092>
20. Gonzalez, J. A., Lopez, V., Otero, E., Bautista, A., Lizarbe, R., Barba, C., Baldonado, J. L. (1997). Overaging of sealed and unsealed aluminium oxide films. *Corrosion Science*, 39 (6), 1109–1118. doi: [https://doi.org/10.1016/s0010-938x\(97\)00019-x](https://doi.org/10.1016/s0010-938x(97)00019-x)
21. Yu, S., Wang, L., Wu, C., Feng, T., Cheng, Y., Bu, Z., Zhu, S. (2020). Studies on the corrosion performance of an effective and novel sealing anodic oxide coating. *Journal of Alloys and Compounds*, 817, 153257. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.153257> doi: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.153257>
22. Zhang, L. M., Zhang, S. D., Ma, A. L., Hu, H. X., Zheng, Y. G., Yang, B. J., Wang, J. Q. (2018). Influence of sealing treatment on the corrosion behavior of HVAF sprayed Al-based amorphous/nanocrystalline coating. *Surface and Coatings Technology*, 353, 263–273. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.08.086>
23. Hu, N., Dong, X., He, X., Browning, J. F., Schaefer, D. W. (2015). Effect of sealing on the morphology of anodized aluminum oxide. *Corrosion Science*, 97, 17–24. doi: <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2015.03.021>
24. Kocabaş, M., Örnek, C., Curioni, M., Cansever, N. (2019). Nickel fluoride as a surface activation agent for electroless nickel coating of anodized AA1050 aluminum alloy. *Surface and Coatings Technology*, 364, 231–238. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2019.03.003>
25. Hao, X.-L., Zhao, N., Jin, H.-H., Ma, W., Zhang, D.-H. (2020). Nickel-free sealing technology for anodic oxidation film of aluminum alloy at room temperature. *Rare Metals*, 40 (4), 968–974. doi: <https://doi.org/10.1007/s12598-020-01410-8>
26. Whelan, M., Cassidy, J., Duffy, B. (2013). Sol-gel sealing characteristics for corrosion resistance of anodised aluminium. *Surface and Coatings Technology*, 235, 86–96. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2013.07.018>
27. Capelossi, V. R., Poelman, M., Recloux, I., Hernandez, R. P. B., de Melo, H. G., Olivier, M. G. (2014). Corrosion protection of clad 2024 aluminum alloy anodized in tartaric-sulfuric acid bath and protected with hybrid sol-gel coating. *Electrochimica Acta*, 124, 69–79. doi: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2013.09.004>
28. Huang, T.-C., Lin, C.-Y., Liao, K.-C. (2022). Sealing performance assessments of PTFE rotary lip seals based on the elasto-hydrodynamic analysis with the modified archard wear model. *Tribology International*, 176, 107917. doi: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2022.107917>
29. Abd-Elnaïem, A. M., Abbady, G., Ali, D., Asafa, T. B. (2019). Influence of anodizing voltage and electrolyte concentration on Al-1 wt% Si thin films anodized in H₂SO₄. *Materials Research Express*, 6 (8), 086468. doi: <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab2848>
30. Park, J., Son, K., Lee, J., Kim, D., Chung, W. (2021). Effects of Anodizing Conditions on Thermal Properties of Al 20XX Alloys for Aircraft. *Symmetry*, 13 (3), 433. doi: <https://doi.org/10.3390/sym13030433>
31. Araoyinbo, A. O., Noor, A. F. M., Sreekantan, S., Aziz, A. (2010). Voltage Effect on Electrochemical Anodization of Aluminum at Ambient Temperature. *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*, 5 (1), 53–58. Available at: https://www.researchgate.net/publication/265811751_Voltage_effect_on_electrochemical_anodization_of_aluminum_at_ambient_temperature

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.276486

RESEARCH OF PROCESS WATER OF A THERMAL POWER PLANT (p. 53–61)

Didar Ospanova

Karaganda Buketov University, Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7243-4965>

Bekbolat Nussupbekov

Karaganda Buketov University, Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2907-3900>

Bayan Kutum

Karaganda Buketov University, Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6410-4111>

Yerlan Oshanov

Karaganda Buketov University, Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4419-2625>

The article is devoted to the study of technical water used in thermal power plants. One of the devices of thermoelectric plant are heat exchangers, heat exchangers consist of pipes of different diameters. Heat exchangers used in production plants are made of carbon steel, suitable for high temperatures (up to 565 °C). At the same time inside the heat exchangers used for a certain period of time, a scale is formed in the form of a solid sediment, which reduces the thermal efficiency of heat carriers. Therefore, in this paper, the object of research are the heat transfer fluids of industrial heat exchangers, namely feed and process water. In order to obtain feed water at industrial thermal power plants, special water treatment processes are carried out. That is, its main purpose is to prevent the formation of solid deposits in heat exchangers. The studied water samples were taken directly from the thermal power plant from different stages of water treatment, i. e. raw water entering the chemical shop, treated water entering the deaerator, feed water entering the boiler. As a result of the study, water samples related to the formation of scale on the surfaces of heat exchangers, i. e. dosed amounts, elemental composition and particles were studied. During the study, hourly, daily and monthly dosages of reagents were determined. In addition, the elemental compositions of raw water, pure water and feed water of the thermal power plant were investigated. The results of this study allow to explore ways of economical and effective descaling formed in heat exchangers.

Keywords: thermal power plant, flow rate, pressure, temperature, scale, reagents, coagulants, elements, filtration, cleaning, washing.

References

1. Shao, W., Feng, J., Liu, J., Yang, G., Yang, Z., Wang, J. (2017). Research on the Status of Water Conservation in the Thermal Power Industry in Energy Procedia, 105, 3068–3075. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.639>
2. Zaharia, C., Stanculescu, D. (2020). Process water treatment in a thermal power plant: characteristics and sediment/sludge disposal. Environmental Engineering and Management Journal, 19 (2), 255–267. doi: <https://doi.org/10.30638/eemj.2020.024>
3. Dhokai, C., Palkar, R. R., Jain, V. (2022). Water saving in thermal power plant by use of membrane filter in cooling tower treatment. AIMS Environmental Science, 9 (3), 298–308. doi: <https://doi.org/10.3934/environsci.2022020>
4. Kil, J. (2019). Solid state electrolytes capable of preventing backflow in raw water management of thermal power plants and its own method of manufacturing pH combination electrode. AIP Conference Proceedings. doi: <https://doi.org/10.1063/1.5118119>
5. Lindahl, M., Svensson, N., Svensson, B. H., Sundin, E. (2013). Industrial cleaning with Qlean Water – a case study of printed circuit boards. Journal of Cleaner Production, 47, 19–25. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.01.032>
6. DeNooyer, T. A., Peschel, J. M., Zhang, Z., Stillwell, A. S. (2016). Integrating water resources and power generation: The energy–water nexus in Illinois. Applied Energy, 162, 363–371. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.071>
7. Tsubakizaki, S., Wada, T., Tokumoto, T., Ichihara, T., Kido, H., Takahashi, S. (2013). Water Quality Control Technology for Thermal Power Plants (Current Situation and Future Prospects). Mitsubishi Heavy Industries Technical Review, 50 (3). Available at: <https://www.mhi.co.jp/technology/review/pdf/e503/e503022.pdf>
8. Tekhnologicheskie resheniya proekta 09L129 «Ustanovka t.a. st. No. 5 Vodopodgotovka podpitki teploseti s predochistkoy» razrabotany dlya AO «Institut «KazNIPIEnergoprom» (2019). Karaganda, 187.
9. Kishnevskiy, V. A., Chichenin, V. V. (2014). Study on chemical control indicators for circulating cooling systems water chemistry at power plants. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (8 (70)), 57–62. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.26312>
10. Rudkovskaya, E. V., Omelchuk, Yu. A., Gomelya, D. (2013). Evaluation of the effectiveness of a new inhibitor to protect water-circulation cooling systems from scale formation and corrosion. Eastern European Journal of Corporate Technologies, 2 (8 (62)), 45–48.
11. Shaimerdenova, K. M., Aitpaeva, Z. K., Khassenov, A. K., Bulkairova, G. A. (20117). Structural changes in electrodes and their failure on electric pulse treatment of water. Eurasian Physical Technical Journal, 1 (27), 103–108.
12. Ospanova, D. A., Kutum, B. B., Nusupbekov, B. R. (2022). Features of nutrient water purification in thermal power facilities. Actual Scientific Research In The Modern World. International Science Journal, 10 (90), 138–144.
13. Nussupbekov, B. R., Sakipova, S. E., Ospanova, D. A., Kutum, B. B., Shaimerdenova, K. M., Bekturganov, Zh. S. (2022). Some technological aspects of cleaning pipes of heat exchangers from solid scale deposits. Bulletin of the Karaganda University. “Physics” Series, 108 (4), 106–114. doi: <https://doi.org/10.31489/2022ph4/106-114>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272289

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ АРОМАТИЧНИХ СПОЛУК НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРІННЯ КРАПЛІ СИРОЇ КОКОСОВОЇ ОЛІЇ (с. 6–14)

Helen Riupassa, Suyatno, Hendry Y. Nanlohy

В даний час в якості джерел енергії як і раніше переважають викопні види палива, доступність яких обмежена і продовжує скорочуватися. Отже, для зменшення залежності від викопного палива необхідні нові альтернативні джерела енергії. Одним з альтернативних джерел енергії, яке може бути використане в якості заміни викопного палива, є сира рослинна олія, оскільки рослинна олія за складом майже аналогічна викопному паливу. Сира кокосова олія є альтернативою біодизельному паливу, що дозволяє знизити залежність від викопного палива. Горіння сирої кокосової олії є складною реакцією, оскільки вона має насичений ланцюг зв'язків, тому для збільшення швидкості горіння необхідна речовина, яка послаблює вуглецевий ланцюг. Швидкість горіння крапель кокосової олії досліджували експериментально шляхом додавання біодобавок гвоздичної та евкаліптової олій. Випробування проводилися з подинними краплями, підвішеними на термометрі за атмосферного тиску та кімнатної температури та підпаленими гарячим дротом. Вміст гвоздичної та евкаліптової олій в якості біодобавок у сирій кокосовій олії склав 100 млн^{-1} і 300 млн^{-1} відповідно. Метод спалювання зважених крапель був обраний для збільшення площі контакту між повітрям і паливом, що підвищує реакційну здатність молекул палива. Результати показали, що сполуки евгенолу в гвоздичній олії та сполуки цинеолу в евкаліптовій олії обидва ароматичні та мають несиметричну геометричну структуру вуглецевого ланцюга. Отже, цей фактор потенційно може прискорити появу ефективних зіткнень між молекулами палива; таким чином, паливо є легкозаймистим, про що свідчить підвищена швидкість горіння. Крім того, зі спостережень було встановлено, що найбільша швидкість горіння досягається в обох біодобавок з концентрацією 300 млн^{-1} .

Ключові слова: горіння крапель, сира кокосова олія, біодобавки, ароматична сполука.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.275986

ЧИСЕЛЬНЕ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ УПРАВЛІННЯ ВИСНАЖЕННЯМ ГАЗОВИХ КОЛЕКТОРІВ З НИЗЬКОПРОНИКНОЮ ПОКРІВЛЕЮ (с. 15–23)

Kamil Mamtiyev, Ulviyya Rzayeva, Aygun Abdulova

Сучасний етап розвитку математичного та програмного забезпечення процесів проектування розробки родовищ вуглеводнів характеризується не лише вдосконаленням засобів геологічного та гідродинамічного моделювання фільтрації пластових флюїдів, а й використанням алгоритмів оптимізації розробки газових родовищ. У роботі розглядається задача оптимального управління виснаженням газового колектора з низькопроникною покрівлею. За допомогою так званої гідравлічної схеми Мятієва-Гірінського, двовимірне рівняння, що описує нестационарний потік газу в колекторі з перемичкою, усереднюється за ємністю продуктивного колектора. Це зводиться до одновимірного рівняння з додатковим членом, що враховує газодинамічні співвідношення між колектором та перемичкою. Для чисельного вирішення задач управління технологічним процесом знайдена формула градієнта функціоналу, що характеризує виснаження колектора, а також застосований метод послідовних наближень, заснований на принципі максимуму Понтрягіна. При цьому пряма і сполучена крайові задачі вирішуються методом прямих, а необхідна витрата, не виходячи за межі максимально та мінімально можливої, визначається методом проекції градієнта зі спеціальним вибором кроку. Наведено коротку структурну схему алгоритму розв'язання задачі, на основі якого була складена комп'ютерна програма. Представлені результати розрахунків для визначення впливу значень комплексного параметра зв'язку не тільки на стан об'єкта, але і на режим роботи свердловини. Доцільність використання представленого інструменту оптимізації продиктована збільшенням частки родовищ.

Ключові слова: схема Мятієва-Гірінського, газовий колектор, оптимальне управління, градієнтний метод, принцип максимуму.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.277587

ІДЕНТИФІКАЦІЯ МЕХАНІЗМУ ФОРМУВАННЯ ПРИРОДНОГО НАНОКОМПОЗИТУ В ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛАХ (с. 24–31)

Oleg Dyshin, Ibrahim Habibov, Arzu Suleymanova, Sevinc Abasova, Rauf Malikov, Tamilla Khankishiyeva

Об'єктом дослідження є ущільнювальні елементи пакера.

Фундаментальним принципом кластерної моделі є припущення, що сума відносних об'ємних часток двох структурних елементів природного наноконкомпозиту (нещільно упакованої матриці та нанокластерів) дорівнює одиниці – цей підхід є невірним, оскільки він порушується, коли нанокластери є зануреними у нещільно упаковану матрицю. У зв'язку з цим запропоновано нове співвідношення, яке зв'язує відносні об'ємні частки нещільно упакованої матриці та зануреної в неї частини нанокластерів – отримано розрахункові формули для відносних часток нещільно упакованої матриці та міжфазної області.

У статті показано, що таке припущення необґрунтоване через неодмінне занурення кластерів у нещільно упаковану матрицю, і в зв'язку з цим запропоновано новий зв'язок, що зв'яже відносні об'ємні частки нещільно упакованої матриці та зануреної в неї частини нанокластерів.

Для композиту з матрицею – сумішшю синтетичного бутадієнітрильного та гідрогенізованого бутадієнітрильного каучуку з додаванням наночастинки міді показано, що в природному нанокompозиті, який є досліджуваним полімером в аморфному стані, часові залежності відносних об'ємних часток областей міжкомпонентного зчеплення та нещільно упакованої матриці досить добре збігаються між собою.

Застосування наведеної вище залежності між об'ємними частками нещільно упакованої матриці та нанокластерів дозволяє переформулювати відомі рівняння паралельної та послідовної мікрomeханічних моделей, а також рівняння Кернера для більш складної мікрomeханічної моделі, що використовується для опису ефекту посилення модуль пружності нанокompозитів.

Ключові слова: кластерна модель, природний нанокompозит, міжфазна область, міжкомпонентна адгезія, нещільно упакована матриця, нанокластери.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.278000

НОВІ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНІ БРОМАКТИВНІ ПОЛІМЕРИ: СИНТЕЗ, ВЛАСТИВОСТІ ТА АНТИМІКРОБНА АКТИВНІСТЬ (с. 32–42)

Б. В. Мурашевич, Д. В. Гиренко, М. В. Торопін, І. П. Кошова, В. Л. Коваленко, О. С. Лебідь, В. І. Чуйко, В. А. Коток, Д. О. Степанський

Зростання частоти та масштабів епідемії інфекційних захворювань надає надзвичайної актуальності розробці нових технологій антисептичної та дезінфекційної обробки різних середовищ та матеріалів/реагентів для їх здійснення. Перспективними в цьому плані є антимікробні полімерні матеріали різної хімічної будови, у тому числі такі, що містять галогенактивні функціональні групи.

Ця робота присвячена синтезу та дослідженню властивостей гранульних та волокнистих полімерних матеріалів з іммобілізованими N-бромсульфонамідними групами різної будови. Показано, що в якості полімера-носія можуть бути використані сополімери стиролу з дивінілбензолом і поліпропіленом. Розроблено методику, що дозволяє одержувати полімери із вмістом до 23 % іммобілізованого активного бромиду. Відповідність синтезованих матеріалів декларованій структурі доведено методом ІЧ-спектроскопії та комплексом хімічних методів. Спостерігається зниження міцності одержаних полімерів порівняно з вихідними носіями, особливо у випадку волокон. Стабільність синтезованих полімерів при зберіганні нижче, ніж описаних раніше хлорактивних аналогів. Для кількісного визначення активного бромиду в цільових матеріалах розроблено методику, засновану на швидкій його дифузії з полімеру в розчин таурину. Мікробіологічні дослідження показали, що синтезовані полімери мають виражену антимікробну активність, яка вища, ніж у іммобілізованих N-хлорсульфонамідів та проявляється навіть у присутності значного органічного навантаження.

Сукупність досліджених характеристик синтезованих полімерів з іммобілізованими N-бромсульфонамідними групами дозволяє припустити перспективність їх використання як компонентів антисептичних перев'язувальних матеріалів, антимікробних фільтрів, пристроїв для одержання антисептичних розчинів та інших виробів медичного призначення.

Ключові слова: антимікробні полімери, іммобілізація, N-бромаміни, N-бромсульфонаміди, активний хлор, N-бромтаурин, зона пригнічення росту мікроорганізмів.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.277961

ВПЛИВ УПЛОТНЕННЯ НА КОРОЗИЙНУ СТІЙКІСТЬ АНОДУВАННЯ БОРНОЮ СІРЧАНОЮ КИСЛОТОЮ НА AA2024 (с. 43–52)

Muhammad Zuchry, Ilyas Renreng, Hairul Arsyad, Lukmanul Hakim Arma, Agus Widianto

Алюміній отримав широке застосування завдяки своїм чудовим властивостям, легкій вазі та теплопровідності. Однак при використанні в літаках це може спричинити корозію та прилипання, що погіршує безпеку. Щоб вирішити цю проблему, анодування використовується для покращення стійкості алюмінію до корозії та адгезії. У цьому дослідженні матеріал AA2024 був анодований за допомогою процесу анодування бором і сірчаною кислотою, а потім процес герметизації за допомогою оцтової кислоти. Цей процес герметизації утворює оксидний шар на поверхні алюмінію, що знижує швидкість корозії. Дослідження вивчало вплив напруги та часу анодування на результати анодування бором і сірчаною кислотою за допомогою кількісних і якісних вимірювань, включаючи корозійну стійкість, потенціодинамічну поляризацію, скануючу електронну мікроскопію і енергодисперсійну рентгєнівську спектроскопію. Результати показали, що зразки, анодовані з прокладкою, можуть знизити швидкість корозії до 85 % порівняно зі зразками без прокладки та підкладки. Найбільш істотне зниження швидкості корозії відбулося при нарузі анодування 10 В і часу анодування 15 хв. Результати потенціодинамічних випробувань показали, що графік Тафеля під час герметизації лежить у катодній області, де щільність струму корозії зменшується зі збільшенням напруги. Спостереження скануючої електронної мікроскопії показали, що процес анодування може створити шар оксиду на поверхні зразків, тоді як процес запечаткування створює гладку поверхню. Аналіз енергодисперсійною рентгєнівською спектроскопією показав, що оксидна сполука утворилася у стані оксидного зв'язку після того,

як поверхня зразка була піддана герметизуючій обробці. Загалом дослідження демонструє ефективність анодування бором і сірчаною кислотою для підвищення стійкості до корозії та підкреслює важливість урахування параметрів анодування.

Ключові слова: корозійна стійкість, оцтова кислота, AA2024, анодування борною кислотою.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.276486

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ВОДИ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ (с. 53–61)

Didar Ospanova, Bekbolat Nussupbekov, Bayan Kutum, Yerlan Oshanov

Стаття присвячена дослідженню технічної води, яка використовується на теплових електростанціях. Одним із пристроїв теплоелектростанції є теплообмінники, що складаються з труб різного діаметру. Теплообмінники, які використовуються на виробничих підприємствах, виготовлені з вуглецевої сталі, придатної для високих температур (до 565 °С). При цьому всередині використовуваних протягом певного часу теплообмінників утворюється накип у вигляді твердого осаду, що знижує теплову ефективність теплоносіїв. Тому в даній роботі об'єктом дослідження є теплоносії промислових теплообмінників, а саме живильна та технічна вода. Для отримання живильної води на промислових теплових електростанціях проводять спеціальні процеси водопідготовки. Тобто його основне призначення – запобігання утворенню твердих відкладень в теплообмінниках. Досліджувані проби води були відібрані безпосередньо з теплових електростанцій з різних ступенів водопідготовки, тобто. д. сира вода, що надходить у хімічний цех, очищена вода, яка надходить у деаератор, живильна вода, яка надходить у котел. В результаті дослідження були взяті проби води, пов'язані з утворенням накипу на поверхнях теплообмінників, тобто досліджено дозовані кількості, елементний склад і частинки. Під час дослідження визначали годинну, добову та місячну дози реагентів. Крім того, досліджено елементний склад сирої води, чистої води та живильної води теплоелектростанцій. Результати цього дослідження дозволяють досліджувати шляхи економічного та ефективного видалення накипу, що утворюється в теплообмінниках.

Ключові слова: теплоелектростанція, витрата, тиск, температура, накип, реагенти, коагулянти, елементи, фільтрація, очищення, промивка.