

ABSTRACT AND REFERENCES

TECHNOLOGY ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265858

DESIGN OF CHEMICALLY MODIFIED
BACTERIORHODOPSIN FILMS FOR INFORMATION
PROTECTION SYSTEMS (p. 6–14)

Ivan Trikur

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6095-2500>

Zita Batori-Tartsis

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0054-6586>

Mykhailo Sichka

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5305-6065>

Galina Rizak

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0230-2366>

Vasyl Rizak

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9177-0662>

The object of this study is the processes of interaction of fragments of purple membranes with certain chemicals, which affect the photochromic properties of bacteriorhodopsin films. This paper considers the possibility of modifying the properties of bacteriorhodopsin films by changing their chemical composition, which will make it possible to use such films to protect information. For this purpose, it has been determined which optical properties of bacteriorhodopsin are most important for its use in the field of information protection; films were made using various chemicals as impurities. It was shown that the introduction of impurities does not affect the absorption spectrum of bacteriorhodopsin, which indicates that it retains its properties. It has been established that impurity substances are evenly distributed in films. By studying the dynamics of photoinduced changes in films with different concentrations of chemical components, the effect of chemical modification on the photocycle of bacteriorhodopsin and the properties of film structures based on it was studied.

Based on the results of experimental studies, it was found that by changing the chemical composition of films, it is possible to change the time of storage of the information recorded on them in the range from several to hundreds of seconds continuously. The sensitometric sensitivity of film structures also depends on the chemical composition and can vary in the range from $3.9 \cdot 10^{-3}$ to $54 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{J}$. At the same time, chemical modification is simpler from a technological point and cheaper from a financial point of view compared to other methods that make it possible to achieve similar results. The reported results suggest that chemically modified films based on bacteriorhodopsin have great potential for practical application in the field of information protection and access control.

Keywords: bacteriorhodopsin, photocycle, film structures, photosensitivity, chemical modification, triethanolamine, information protection.

References

- Li, Y.-T., Tian, Y., Tian, H., Tu, T., Gou, G.-Y., Wang, Q. et al. (2018). A Review on Bacteriorhodopsin-Based Bioelectronic Devices. *Sensors*, 18 (5), 1368. doi: <https://doi.org/10.3390/s18051368>
- Korposh, S., James, S., Partridge, M., Sichka, M., Tatam, R. (2018). All-optical switching based on optical fibre long period gratings modified bacteriorhodopsin. *Optics & Laser Technology*, 101, 162–171. doi: <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2017.11.021>
- Chen, H.-M., Jheng, K.-R., Yu, A.-D. (2017). Direct, label-free, selective, and sensitive microbial detection using a bacteriorhodopsin-based photoelectric immunosensor. *Biosensors and Bioelectronics*, 91, 24–31. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bios.2016.12.032>
- Krivenkov, V., Samokhvalov, P., Nabiev, I. (2019). Remarkably enhanced photoelectrical efficiency of bacteriorhodopsin in quantum dot – Purple membrane complexes under two-photon excitation. *Biosensors and Bioelectronics*, 137, 117–122. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.05.009>
- Wang, D., Wang, Y., Li, H., Han, Y., Hu, P., Ma, K. et al. (2022). Photoactivated Bacteriorhodopsin/SiNx Nanopore-Based Biological Nanofluidic Generator with Single-Protein Sensitivity. *ACS Nano*, 16 (1), 1589–1599. doi: <https://doi.org/10.1021/acsnano.1c10255>
- Xiao, K., Jiang, L., Antonietti, M. (2019). Ion Transport in Nanofluidic Devices for Energy Harvesting. *Joule*, 3 (10), 2364–2380. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.09.005>
- Kanekar, P. P., Kulkarni, S. O., Jagtap, C. V., Kadam, V. S., Pathan, H. M. (2020). A novel approach for the development of bio-sensitized solar cell using cell lysate of a haloarchaeon *Halo-stagnicola larsenii* RG2.14 (MCC 2809) containing bacteriorhodopsin. *Solar Energy*, 212, 326–331. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.11.007>
- Devi, P., Thakur, A., Ghosh, D., Senthil Prasad, E., Shivaprasad, S. M., Sinha, R. K., Kumar, P. (2020). Boosting photoelectrochemical performance of GaN nanowall network photoanode with bacteriorhodopsin. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45 (1), 103–111. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.10.184>
- Das, S., Wu, C., Song, Z., Hou, Y., Koch, R., Somasundaran, P. et al. (2019). Bacteriorhodopsin Enhances Efficiency of Perovskite Solar Cells. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 11 (34), 30728–30734. doi: <https://doi.org/10.1021/acsami.9b06372>
- Singh, P., Singh, S., Jaggi, N., Kim, K.-H., Devi, P. (2021). Recent advances in bacteriorhodopsin-based energy harvesters and sensing devices. *Nano Energy*, 79, 105482. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2020.105482>
- Fischer, T., Neebe, M., Juchem, T., Hampp, N. A. (2003). Biomolecular optical data storage and data encryption. *IEEE Transactions on Nanobioscience*, 2 (1), 1–5. doi: <https://doi.org/10.1109/tnb.2003.810163>
- Rhinow, D., Imhof, M., Chizhik, I., Baumann, R.-P., Hampp, N. (2012). Structural Changes in Bacteriorhodopsin Caused by Two-Photon-Induced Photobleaching. *The Journal of Physical Chemistry B*, 116 (25), 7455–7462. doi: <https://doi.org/10.1021/jp2112846>
- Martínez, G. M., Pire, C., Martínez-Espinosa, R. M. (2022). Hypersaline environments as natural sources of microbes with potential applications in biotechnology: The case of solar evaporation systems to produce salt in Alicante County (Spain). *Current Research in Microbial Sciences*, 3, 100136. doi: <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2022.100136>
- Li, J., Gao, Y., Dong, H., Sheng, G.-P. (2022). Haloarchaea, excellent candidates for removing pollutants from hypersaline wastewater. *Trends in Biotechnology*, 40 (2), 226–239. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2021.06.006>

15. Daoud, L., Ben Ali, M. (2020). Halophilic microorganisms: Interesting group of extremophiles with important applications in biotechnology and environment. *Physiological and Biotechnological Aspects of Extremophiles*, 51–64. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818322-9.00005-8>
16. Hampp, N., Neebe, M. (2006). Bacteriorhodopsin-based multi-level optical security features. *Optical Security and Counterfeit Detection Techniques VI*. doi: <https://doi.org/10.1117/12.642627>
17. Saeedi, P., Moosaabadi, J. M., Sebtahmadi, S. S., Mehrabadi, J. F., Behmanesh, M., Mekhilef, S. (2012). Potential applications of bacteriorhodopsin mutants. *Bioengineered*, 3 (6), 326–328. doi: <https://doi.org/10.4161/bioe.21445>
18. Druzhko, A. B., Pirutin, S. K. (2019). Investigation of spectral and kinetic properties of polymer films based on some analogs of bacteriorhodopsin. *European Biophysics Journal*, 48 (8), 749–756. doi: <https://doi.org/10.1007/s00249-019-01401-3>
19. Druzhko, A. B., Dyukova, T. V., Pirutin, S. K. (2017). Some factors affecting the process of photoinduced hydroxylaminolysis in different bacteriorhodopsin-based media. *European Biophysics Journal*, 46 (6), 509–515. doi: <https://doi.org/10.1007/s00249-017-1211-0>
20. Raynes, J. K., Pearce, F. G., Meade, S. J., Gerrard, J. A. (2010). Immobilization of organophosphate hydrolase on an amyloid fibril nanoscaffold: Towards bioremediation and chemical detoxification. *Biotechnology Progress*, 27 (2), 360–367. doi: <https://doi.org/10.1002/btpr.518>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265087

DEVELOPMENT OF RATIONAL TECHNOLOGY FOR SODIUM GLYCEROXIDE OBTAINING (p. 15–21)

Mykola Korchak

Podillia State University, Kamianets-Podilskyi, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8726-1881>

Olga Bliznjuk

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2595-8421>

Serhii Nekrasov

Sumy State University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9157-2829>

Tatiana Gavrish

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5461-8442>

Olena Petrova

Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8612-3981>

Natalia Shevchuk

Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5845-2582>

Liudmyla Strikha

Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9847-6036>

Oleg Kostyrkin

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukrainian
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2187-0510>

Evgeny Semenov

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9280-947X>

Dmytro Saveliev

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4310-0437>

The process of sodium glyceroxide obtaining by the reaction of glycerol and sodium hydroxide in the form of an aqueous solution was investigated.

Glycerol salts (metal glyceroxides) are important components in the synthesis of many compounds. Glyceroxides are used in the chemical industry, construction, medical practice, etc. Glyceroxides of alkali metals are used in the production of modified fats and biodiesel fuel.

Pa.-grade glycerol (CAS Number 56-81-5) was used with a mass fraction of the main substance of 99.5 %. The parameters of sodium hydroxide (CAS Number 1310-73-2) were studied: the mass fraction of the main substance is 98.0 %, the mass fraction of sodium carbonate is 0.5%.

Rational conditions for sodium glyceroxide obtaining were determined: temperature (145 °C) and concentration of sodium hydroxide solution (65 %). Under these conditions, the mass fraction of the main substance in the product was 80 %. The melting point (72 °C) and mass fraction of moisture (0.3 %) in sodium glyceroxide were determined. The catalytic activity of the product in the process of transesterification of palm olein was tested. The increase in the melting point of palm olein was 15 °C. Under similar conditions of using potassium glyceroxide with a mass fraction of the main substance of 75.77 %, the increase in the melting point is 12.1 °C. This indicates an increase in the efficiency of the transesterification process using sodium glyceroxide obtained by the developed technology.

The research results make it possible to produce sodium glyceroxide under rational conditions with a high mass fraction of the main substance at enterprises that use metal glyceroxides as a production component or commercial product. The determined rational conditions will make it possible to effectively use the company's resources and predict the quality of the final product.

Keywords: sodium glyceroxide, sodium hydroxide, alkali metal glyceroxides, fat transesterification catalyst.

References

1. Pradhan, S., Shen, J., Emami, S., Mohanty, P., Naik, S. N., Dalai, A. K., Reaney, M. J. T. (2017). Synthesis of potassium glyceroxide catalyst for sustainable green fuel (biodiesel) production. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 46, 266–272. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2016.10.038>
2. Rahmankulov, D. L., Kimsanov, B. H., Chanyshev, R. R. (2003). *Fizicheskie i himicheskie svoystva glicerina*. Moscow: Himiya, 200.
3. Sytnik, N., Kunitsia, E., Mazaeva, V., Chernukha, A., Ostapov, K., Borodych, P. et. al. (2021). Establishing rational conditions for obtaining potassium glycerate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (111)), 12–18. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.231449>
4. Ebadi Pour, N., Dumeignil, F., Katryniok, B., Delevoye, L., Revel, B., Paul, S. (2021). Investigating the active phase of Ca-based glycerol polymerization catalysts: On the importance of calcium glycerolate. *Molecular Catalysis*, 507, 111571. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mcat.2021.111571>
5. 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>

6. Malpartida, I., Maireles-Torres, P., Vereda, C., Rodríguez-Maroto, J. M., Halloumi, S., Lair, V. et al. (2020). Semi-continuous mechanochemical process for biodiesel production under heterogeneous catalysis using calcium diglyceroxide. *Renewable Energy*, 159, 117–126. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.020>
7. Korchak, M., Yermakov, S., Maisus, V., Oleksiyko, S., Pukas, V., Zavadskaya, I. (2020). Problems of field contamination when growing energy corn as monoculture. *E3S Web of Conferences*, 154, 01009. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015401009>
8. Korchak, M., Yermakov, S., Hutsol, T., Burko, L., Tulej, W. (2021). Features of weediness of the field by root residues of corn. *ENVIRONMENT. TECHNOLOGIES. RESOURCES. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, 1, 122–126. doi: <https://doi.org/10.17770/etr2021vol1.6541>
9. Kwok, Q., Acheson, B., Turcotte, R., Janès, A., Marlair, G. (2013). Fire and explosion hazards related to the industrial use of potassium and sodium methoxides. *Journal of Hazardous Materials*, 250–251, 484–490. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.01.075>
10. Reyero, I., Arzamendi, G., Gandía, L. M. (2014). Heterogenization of the biodiesel synthesis catalysis: CaO and novel calcium compounds as transesterification catalysts. *Chemical Engineering Research and Design*, 92 (8), 1519–1530. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2013.11.017>
11. Bradley, D., Levin, E., Rodriguez, C., Williard, P. G., Stanton, A., Socha, A. M. (2016). Equilibrium studies of canola oil transesterification using a sodium glyceroxide catalyst prepared from a biodiesel waste stream. *Fuel Processing Technology*, 146, 70–75. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2016.02.009>
12. Wang, E., Shen, J., Wang, Y., Tang, S., Emami, S., Reaney, M. J. T. (2015). Production of biodiesel with lithium glyceroxide. *Fuel*, 160, 621–628. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.07.101>
13. Ferrero, G. O., Almeida, M. F., Alvim-Ferraz, M. C. M., Dias, J. M. (2014). Water-free process for eco-friendly purification of biodiesel obtained using a heterogeneous Ca-based catalyst. *Fuel Processing Technology*, 121, 114–118. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2014.01.020>
14. Esipovich, A., Danov, S., Belousov, A., Rogozhin, A. (2014). Improving methods of CaO transesterification activity. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 395, 225–233. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molcata.2014.08.011>
15. Ferrero, G. O., Almeida, M. F., Alvim-Ferraz, M. C. M., Dias, J. M. (2015). Glycerol-enriched heterogeneous catalyst for biodiesel production from soybean oil and waste frying oil. *Energy Conversion and Management*, 89, 665–671. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.10.032>
16. León-Reina, L., Cabeza, A., Rius, J., Maireles-Torres, P., Alba-Rubio, A. C., López Granados, M. (2013). Structural and surface study of calcium glyceroxide, an active phase for biodiesel production under heterogeneous catalysis. *Journal of Catalysis*, 300, 30–36. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2012.12.016>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265112

APPLICATION OF PAPER MILL SLUDGE AND ADDITIONAL CHEMICAL SUBSTANCES IN THE PRODUCTION OF CONTAINER CARDBOARD (p. 22–29)

Vita Halysh

Chuiko Institute of Surface Chemistry
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7063-885X>

Inna Trus

National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6368-6933>

Jaroslav Radovenchyk

National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0101-0273>

Tetyana Shablyi

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3454-675X>

Anna Ivanchenko

Dniprovsky State Technical University, Kamianske, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1404-7278>

Alina Nikolaichuk

Chuiko Institute of Surface Chemistry of the National Academy of
Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9329-7816>

Nikolai Gomelya

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1165-7545>

The possibility to dispose of paper mill sludge as part of a composition of container cardboard from secondary raw materials has been investigated. The fractional composition of the sludge was studied and it was shown that the main part of the fibers is represented by small particles with a size of up to 1.2 mm. Studying the processes of formation of container cardboard when using paper mill sludge showed that an increase in the consumption of fibrous-inorganic waste leads to a deterioration in the physical and mechanical properties of cardboard. However, the increase in sludge consumption does not affect the surface absorption of water during one-sided wetting. The value of these indicators is within the normal range and is 25 and 70 g/m², respectively. In addition, an increase in sludge consumption from 10 to 50 % in the manufacture of cardboard leads to a decrease in the degree of fiber retention on the grid from 86.3 to 82.1 %. Regularities of using strengthening additives, namely industrial cationic and anionic flocculants, as well as native corn and modified starches for the strength of cardboard and the quality of sub-grid waters, have been established. Research results show that the effect of flocculants is quite ambiguous. On the one hand, there is a clearly observed positive impact on the quality of the sub-grid waters. This is due to the reduction of their turbidity due to smaller fiber washes. Nevertheless, the positive effect on physical and mechanical parameters is minimal, and in some cases, there is a decrease in strength indicators. The greater the efficiency of keeping fine fiber on the grid when using flocculants, the lower the values of physical and mechanical indicators. In general, when using sludge in the composition of cardboard in combination with flocculants and starch, the indicators were achieved that are considered standard for waste paper container cardboard of grade KT-1 according to TU U 17.1-41085075-002:2017.

Keywords: fiber sludge, container cardboard, wastepaper processing, flocculant, Praestol, Percol, Polimin.

References

1. Liu, M., Tan, S., Zhang, M., He, G., Chen, Z., Fu, Z., Luan, C. (2020). Waste paper recycling decision system based on material flow analysis and life cycle assessment: A case study of waste paper recycling from China. *Journal of Environmental Management*, 255, 109859. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109859>
2. Abdollahbeigi, M. (2020). An overview of the paper recycling process in Iran. *Journal of Chemical Reviews*, 3 (1), 1–19. doi: <https://doi.org/10.22034/JCR.2021.118054>

3. Yang, X., Berglund, L. A. (2019). Recycling without Fiber Degradation – Strong Paper Structures for 3D Forming Based on Nanostructurally Tailored Wood Holocellulose Fibers. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8 (2), 1146–1154. doi: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b06176>
4. Meyer, T., Amin, P., Allen, D. G., Tran, H. (2018). Dewatering of pulp and paper mill biosludge and primary sludge. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6 (5), 6317–6321. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.09.037>
5. Hovey, G., Allen, D. G., Tran, H. (2017). Drying characteristics of biosludge from pulp and paper mills. *TAPPI Journal*, 16 (08), 465–473. doi: <https://doi.org/10.32964/tj16.8.465>
6. Tawalbeh, M., Rajangam, A. S., Salameh, T., Al-Othman, A., Alkasrawi, M. (2021). Characterization of paper mill sludge as a renewable feedstock for sustainable hydrogen and biofuels production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46 (6), 4761–4775. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.02.166>
7. Zhang, L., Li, W., Lu, J., Li, R., Wu, Y. (2021). Production of platform chemical and bio-fuel from paper mill sludge via hydrothermal liquefaction. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 155, 105032. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2021.105032>
8. Frías, M., Rodríguez, O., Sánchez de Rojas, M. I. (2015). Paper sludge, an environmentally sound alternative source of MK-based cementitious materials. A review. *Construction and Building Materials*, 74, 37–48. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.10.007>
9. Starokadomsky, D., Halysh, V., Starokadomska, A., Nikolaychuk, A., Shulga, S., Sigareva, N. (2020). Restorative biocompatible polymer composites on the base of epoxy-resin filled by surface-modified disperse utilized solid waste of industrial paper products. *Journal of Applied Surfaces and Interfaces*, 8 (1-3). doi: <https://doi.org/10.48442/IMIST.PRSM/jasi-v8i1-3.23321>
10. Soucy, J., Koubaa, A., Migneault, S., Riedl, B. (2014). The potential of paper mill sludge for wood–plastic composites. *Industrial Crops and Products*, 54, 248–256. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.01.013>
11. Fahim, S., Nisar, N., Ahmad, Z., Asghar, Z., Said, A., Atif, S. et. al. (2018). Managing Paper and Pulp Industry By-Product Waste Utilizing Sludge as a Bio-Fertilizer. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28 (1), 83–90. doi: <https://doi.org/10.15244/pjoes/83614>
12. Deykun, I., Halysh, V., Barbash, V. (2018). Rapeseed straw as an alternative for pulping and papermaking. *Cellulose Chemistry and Technology*, 52 (9-10), 833–839. Available at: [https://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT9-10\(2018\)/p.833-839.pdf](https://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT9-10(2018)/p.833-839.pdf)
13. Adamopoulos, S., Passialis, C., Voulgaridis, E., Oliver Villanueva, J. V. (2014). Grammage and structural density as quality indexes of packaging grade paper manufactured from recycled pulp. *Drewno: prace naukowe, doniesienia, komunikaty*, 57 (191), 145–151. doi: <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.053.11>
14. Pandey, N., Thakur, C. (2020). Study on treatment of paper mill wastewater by electrocoagulation and its sludge analysis. *Chemical Data Collections*, 27, 100390. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2020.100390>
15. Todorova, D. A., Bencheva, S. P. (2015). Investigation on the influence of chemical additives over the behavior of paper furnish from recycled newspaper fiber material. *Bulgarian Chemical Communications*, 47, 45–50.
16. Kuňa, V., Balberčák, J., Opálená, E., Pažitný, A., Russ, A., Schwartz, J. (2016). The effect of multi-component retention systems on the properties of the paper suspensions. *Wood Research*, 61 (5), 767–776.
17. Peretz, R., Mamane, H., Wissotzky, E., Sterenzon, E., Gerchman, Y. (2020). Making Cardboard and Paper Recycling More Sustainable: Recycled Paper Sludge For Energy Production and Water-Treatment Applications. *Waste and Biomass Valorization*, 12 (3), 1599–1608. doi: <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01117-y>
18. Veluchamy, C., Raju, V. W., Kalamdhad, A. S. (2018). Electrohydrolysis pretreatment for enhanced methane production from lignocellulose waste pulp and paper mill sludge and its kinetics. *Bioresource Technology*, 252, 52–58. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.12.093>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266269

EFFECT OF LAYERED DOUBLE HYDROXIDES Ca-Al LDHs AND POLYCARBOXYLATE ETHERS ON THE HARDENING OF PORTLAND LIMESTONE CEMENT (p. 30–40)

Tetiana Kropyvnytska

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0396-852X>

Myroslav Sanytsky

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8609-6079>

Andrii Kaminskyi

PE “Termit”, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0655-4392>

Orest Vakhula

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8642-4215>

The use of layered double hydroxides (LDHs) is a new direction in chemistry of cement. The influence of calcium/aluminum double hydroxides (Ca-Al LDHs) and polycarboxylate ethers (PCE) on the strength development of Portland limestone cement has been investigated. It has been shown that Ca-Al LDHs form in cement slurry with the introduction of alkaline aluminate accelerator $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$. It was determined that this contributes to a significant increase in the early strength of cement stone. However, this reduces the setting time of hardening, and there is a decrease in strength with age. At an early stage of structuring in cement paste with the addition of $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, metastable high-water hydrate phases of Ca-Al LDHs of type C_4AH_{19} ($[\text{Ca}_2\text{Al}(\text{OH})_6]_2(\text{OH})_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) are formed, which, due to the conversion phenomenon, transform to cubic C_3AH_6 . Such processes are accompanied by an increase in overall porosity and decreases in the strength of cement stone. Stabilization of the Ca-Al LDH structure is achieved by introducing anions $[\text{NO}_3]^-$ into the interlayer space with the formation of Ca-Al- NO_3 LDHs through the use of sol-gel technology. X-ray phase analysis, IR spectroscopy, and electron microscopy proved the fact of synthesis of AF_m -phases of type $[\text{Ca}_2\text{Al}(\text{OH})_6]_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. When modifying such hydrates with polycarboxylate ethers, a nanocomposite Ca-Al- NO_3 LDHs-PCE is formed. It was found that when the Ca-Al- NO_3 LDHs-PCE nanocomposite was introduced to CEM II/A-LL 42,5 R, the strength over the period of 8...24 hours increases by 2.0–1.5 times, and, after 2 and 28 days, 58 and 144 % of the standard strength is achieved ($R_{c28}=62.5$ MPa). The obtained nanomodified Portland limestone cement refers to extra rapid-hardening and high-strength cement, which makes it possible to solve the task of carrying out work on the rapid restoration of reinforced concrete structures' elements.

Keywords: Portland limestone cement, layered double hydroxides, polycarboxylate ethers, nanocomposite Ca-Al- NO_3 LDHs–PCE, strength.

References

- Shi, C., Qu, B., Provis, J. L. (2019). Recent progress in low-carbon binders. *Cement and Concrete Research*, 122, 227–250. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.05.009>
- Sanytsky, M., Kropyvnytska, T., Fic, S., Ivashchynshyn, H. (2020). Sustainable low-carbon binders and concretes. *E3S Web of Conferences*, 166, 06007. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016606007>
- Song, X., Song, X., Liu, H., Huang, H., Anvarovna, K. G., Ugli, N. A. D. et al. (2022). Cement-Based Repair Materials and the Interface with Concrete Substrates: Characterization, Evaluation and Improvement. *Polymers*, 14 (7), 1485. doi: <https://doi.org/10.3390/polym14071485>
- Kroviakov, S., Volchuk, V., Zavaloka, M., Kryzhanovskiy, V. (2019). Search for Ranking Approaches of Expanded Clay Concrete Quality Criteria. *Materials Science Forum*, 968, 20–25. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.968.20>
- Kovalchuk, O., Grabovchak, V., Govdun, Y. (2018). Alkali activated cements mix design for concretes application in high corrosive conditions. *MATEC Web of Conferences*, 230, 03007. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823003007>
- Krivenko, P. V., Sanytsky, M., Kropyvnytska, T., Kotiv, R. (2014). Decorative Multi-Component Alkali Activated Cements for Restoration and Finishing Works. *Advanced Materials Research*, 897, 45–48. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.897.45>
- Xu Q., Stark, J. (2005). Early hydration of ordinary Portland cement with an alkaline shotcrete accelerator. *Advances in Cement Research*, 17, (1), 1–8. doi: <https://doi.org/10.1680/adcr.17.1.1.58390>
- Xu, Q., Stark, J. (2008). A model of early cement hydration with an alkaline setting accelerator. *Cement international*, 1, 67–74.
- Salvador, R. P., Cavalario, S. H. P., Segura, I., Figueiredo, A. D., Pérez, J. (2016). Early age hydration of cement pastes with alkaline and alkali-free accelerators for sprayed concrete. *Construction and Building Materials*, 111, 386–398. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.101>
- Kropyvnytska, T. P., Kaminskyy, A. T., Semeniv, R. M., Chekaylo, M. V. (2019). The effect of sodium aluminate on the properties of the composite cements. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708 (1), 012091. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012091>
- Sanytsky, M., Ushero-Marshak, A., Kropyvnytska, T., Heviuk, I. (2020). Performance of multicomponent portland cements containing granulated blast furnace slag, zeolite, and limestone. *Cement Wapno Beton*, 25 (5), 416–427. doi: <https://doi.org/10.32047/CWB.2020.25.5.7>
- Ivashchynshyn, H., Sanytsky, M., Kropyvnytska, T., Rusyn, B. (2019). Study of low-emission multi-component cements with a high content of supplementary cementitious materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (100)), 39–47. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175472>
- Andersen, M. D., Jakobsen, H. J., Skibsted, J. (2004). Characterization of white Portland cement hydration and the C-S-H structure in the presence of sodium aluminate by ²⁷Al and ²⁹Si MAS NMR spectroscopy. *Cement and Concrete Research*, 34 (5), 857–868. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2003.10.009>
- Han, J., Wang, K., Shi, J., Wang, Y. (2014). Influence of sodium aluminate on cement hydration and concrete properties. *Construction and Building Materials*, 64, 342–349. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.04.089>
- Pushkarova, K., Kaverin, K., Kalantaevsky, D. (2015). Research of high-strength cement compositions modified by complex organic-silica additives. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (5 (77)), 42–51. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.51836>
- Kryvenko, P., Runova, R., Rudenko, I., Skorik, V., Omelchuk, V. (2017). Analysis of plasticizer effectiveness during alkaline cement structure formation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (88)), 35–41. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.106803>
- Luo, B., Luo, Z., Wang, D., Shen, C., Xia, M. (2021). Influence of alkaline and alkali-free accelerators on strength, hydration and microstructure characteristics of ultra-high performance concrete. *Journal of Materials Research and Technology*, 15, 3283–3295. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.09.133>
- Su, Y., Luo, B., Luo, Z., Huang, H., Li, J., Wang, D. (2021). Effect of Accelerators on the Workability, Strength, and Microstructure of Ultra-High-Performance Concrete. *Materials*, 15 (1), 159. doi: <https://doi.org/10.3390/ma15010159>
- Sikora, P., Abd Elrahman, M., Stephan, D. (2018). The Influence of Nanomaterials on the Thermal Resistance of Cement-Based Composites – A Review. *Nanomaterials*, 8 (7), 465. doi: <https://doi.org/10.3390/nano8070465>
- Fic, S., Klonica, M., Szewczak, A. (2015). Adhesive properties of low molecular weight polymer modified with nanosilica and disintegrated ultrasonically for application in waterproofing ceramics. *Polimery*, 61 (11/12), 730–734. doi: <https://doi.org/10.14314/polimery.2015.730>
- Marushchak, U., Sanytsky, M., Olevych, Y. (2017). Effects of elevated temperatures on the properties of nanomodified rapid hardening concretes. *MATEC Web of Conferences*, 116, 01008. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711601008>
- Kropyvnytska, T., Semeniv, R., Kotiv, R., Kaminskyy, A., Hots, V. (2018). Studying the effect of nanoliquids on the operational properties of brick building structures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (6 (95)), 27–32. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.145246>
- Kanchanason, V., Plank, J. (2019). Effect of calcium silicate hydrate – polycarboxylate ether (C-S-H-PCE) nanocomposite as accelerating admixture on early strength enhancement of slag and calcined clay blended cements. *Cement and Concrete Research*, 119, 44–50. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.01.007>
- Kropyvnytska, T., Sanytsky, M., Rucińska, T., Rykhlitska, O. (2019). Development of nanomodified rapid hardening clinker-efficient concretes based on composite Portland cements. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (6 (102)), 38–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.185111>
- Sanytsky, M., Kropyvnytska, T., Heviuk, I., Sikora, P., Braichenko, S. (2021). Development of rapid-hardening ultra-high strength cementitious composites using superzeolite and N-C-S-H-PCE alkaline nanomodifier. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (6 (113)), 62–72. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242813>
- Hohol, M., Sanytsky, M., Kropyvnytska, T., Barylyak, A., Bobitski, Y. (2020). The effect of sulfur- and carbon-codoped TiO₂ nanocomposite on the photocatalytic and mechanical properties of cement mortars. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (106)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210218>
- Skripkiūnas, G., Kičaitė, A., Justnes, H., Pundienė, I. (2021). Effect of Calcium Nitrate on the Properties of Portland–Limestone Cement-Based Concrete Cured at Low Temperature. *Materials*, 14 (7), 1611. doi: <https://doi.org/10.3390/ma14071611>

28. Plugin, A. A., Runova, R. F. (2018). Bonding Calcium Chloride and Calcium Nitrate into Stable Hydration Portland Cement Products: Stability Conditions of Calcium Hydrochloraluminates and Calcium Hydronitroaluminates. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 36, 69–73. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/jera.36.69>
29. Xu, Y., He, T., Ma, X. (2022). The influence of calcium nitrate/sodium nitrate on the hydration process of cement paste mixed with alkali free liquid accelerator. *Construction and Building Materials*, 347, 128555. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128555>
30. Pushpakumara, B. H. J., Sudhira De Silva, G., Subashi De Silva, G. H. M. J. (2013). Calcium nitrate mixed cement mortar for repairing corroded RC structures. *Construction Materials and Systems*. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/352776327>
31. Markiv, T., Blikharsky, Z. (2022). Effect of Calcium Nitrate-Based Admixture on the Strength of Concrete and Corrosion Susceptibility of Reinforcing Steel Bars. *Proceedings of EcoComfort 2022*, 253–261. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-14141-6_25
32. Mir, Z. M., Bastos, A., Höche, D., Zheludkevich, M. L. (2020). Recent Advances on the Application of Layered Double Hydroxides in Concrete – A Review. *Materials*, 13 (6), 1426. doi: <https://doi.org/10.3390/ma13061426>
33. Qiu, Z., Deng, L., Lu, S., Li, G., Tang, Z. (2022). Effect of LDH on the dissolution and adsorption behaviors of sulfate in Portland cement early hydration process. *REVIEWS ON ADVANCED MATERIALS SCIENCE*, 61 (1), 381–393. doi: <https://doi.org/10.1515/rams-2022-0039>
34. Khan, A. I., O'Hare, D. (2002). Intercalation chemistry of layered double hydroxides: recent developments and applications. *Journal of Materials Chemistry*, 12 (11), 3191–3198. doi: <https://doi.org/10.1039/b204076j>
35. Szymanowski, Sadowski. (2019). The Development of Nanoalumina-Based Cement Mortars for Overlay Applications in Concrete Floors. *Materials*, 12 (21), 3465. doi: <https://doi.org/10.3390/ma12213465>
36. Hongo, T., Tsunashima, Y., Yamasaki, A. (2017). Synthesis of Ca-Al layered double hydroxide from concrete sludge and evaluation of its chromate removal ability. *Sustainable Materials and Technologies*, 12, 23–26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2017.04.001>
37. Qu, Z. Y., Yu, Q. L., Brouwers, H. J. H. (2018). Relationship between the particle size and dosage of LDHs and concrete resistance against chloride ingress. *Cement and Concrete Research*, 105, 81–90. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.01.005>
38. Zhang, S., Yu, F., He, W., Zheng, D., Cui, H., Lv, L. et al. (2020). Experimental Investigation of Chloride Uptake Performances of Hydrocalumite-Like Ca-Al LDHs with Different Microstructures. *Applied Sciences*, 10 (11), 3760. doi: <https://doi.org/10.3390/app10113760>
39. Kim, G., Park, S. (2021). Chloride Removal of Calcium Aluminate-Layered Double Hydroxide Phases: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (6), 2797. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph18062797>
40. Gevers, B. R., Labuschagné, F. J. W. J. (2020). Green Synthesis of Hydrocalumite (CaAl-OH-LDH) from Ca(OH)₂ and Al(OH)₃ and the Parameters That Influence Its Formation and Speciation. *Crystals*, 10 (8), 672. doi: <https://doi.org/10.3390/cryst10080672>
41. Sanchez, F., Sobolev, K. (2010). Nanotechnology in concrete – A review. *Construction and Building Materials*, 24 (11), 2060–2071. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.03.014>
42. Federowicz, K., Techman, M., Sanytsky, M., Sikora, P. (2021). Modification of Lightweight Aggregate Concretes with Silica Nanoparticles – A Review. *Materials*, 14 (15), 4242. doi: <https://doi.org/10.3390/ma14154242>
43. Taylor, H. F. W. (1973). Crystal structures of some double hydroxide minerals. *Mineralogical Magazine*, 39 (304), 377–389. doi: <https://doi.org/10.1180/minmag.1973.039.304.01>
44. Yang, L., Zhao, P., Liang, C., Chen, M., Niu, L., Xu, J., Sun, D., Lu, L. (2021). Characterization and adaptability of layered double hydroxides in cement paste. *Applied Clay Science*, 211, 106197. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2021.106197>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265086

UNRAVELING THE STUDY OF LIQUID SMOKE FROM RICE HUSKS AS A GREEN CORROSION INHIBITOR IN MILD STEEL UNDER 1 M HCl (p. 41–53)**Agus Kaban**

Universitas Indonesia, Jawa Barat, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9706-0506>**Wahyu Mayangsari**

Research Center for Metallurgy-National Research and Innovation Agency, Tangerang Selatan, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7941-5510>**Mochammad Anwar**

Research Center for Metallurgy-National Research and Innovation Agency, Tangerang Selatan, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6193-7425>**Ahmad Maksum**

Politeknik Negeri Jakarta, Depok, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1800-9137>**Taufik Aditiyawardman**

Universitas Indonesia, Jawa Barat, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5574-0159>**Johny Soedarsono**

Universitas Indonesia, Jawa Barat, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6051-2866>**Aga Ridhova**

Research Center for Metallurgy-National Research and Innovation Agency, Tangerang Selatan, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5619-4340>**Rini Riastuti**

Universitas Indonesia, Jawa Barat, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3431-0413>

The work provides the more comprehensive development of Liquid Smoke from Rice Husks Ash (RHA). Notably, the study focuses on the interaction between the primary molecules of inhibitor and mild steel, including thermodynamic calculation and surface treatment upon addition of inhibitor. The electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and potentiodynamic polarization (PP) characterization were utilized to evaluate the anticorrosion of RHA. The Raman Spectroscopy pre and post-addition of RHA's inhibitor were used to compare the adsorbed functional group of inhibitors. Moreover, the thermodynamic calculation of the inhibitor's adsorption determines the types of adsorption of the inhibitor. As a result of the adsorption process, the Scanning Electronic Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX) aided by The Atomic Force Microscopy (AFM) and Contact Angle Test was implemented to unveil the surface treatment and the change of elemental composition after the addition of an 80 ppm inhibitor. The PP and EIS results show a significant depression of the current

density at $-2.75 \mu\text{A}\cdot\text{cm}^2$ in 80 ppm solution with the highest inhibition efficiency of 99.82 %. The superior inhibition correlates to the adsorption of Si-OH, C-C, C-O-C, $>\text{C}=\text{O}$, complex structure, and -OH at wavenumber 458, 662, 1095, 1780, and 3530 cm^{-1} . The LS shows a significant surface area of protection of 0.9982 and high adsorption constant (K_{ads}) at 11.648. The calculated ΔG_{ads} of -6.59 kJ/mol unveils the chemisorption in nature. At the same time, a combination of 20 and 80 ppm solution is predicted adsorbed horizontally to reduce the contact between the solution and substrate, as shown in SEM and AFM results. It also increases the contact angle and their corresponding hydrophobicity.

Keywords: liquid smoke, green corrosion inhibitor, rice husks ash, chemisorptions.

References

- Guillal, A., Ben Seghier, M. E. A., Nourddine, A., Correia, J. A. F. O., Bt Mustafa, Z., Trung, N.-T. (2020). Probabilistic investigation on the reliability assessment of mid- and high-strength pipelines under corrosion and fracture conditions. *Engineering Failure Analysis*, 118, 104891. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104891>
- Simmons, M. R. (2008). Report of offshore technology conference (OTC) presentation. Houston, TX: NACE International Oil and Gas Production.
- Gupta, N. K., Verma, C., Salghi, R., Lgaz, H., Mukherjee, A. K., Quraishi, M. A. (2017). New phosphonate based corrosion inhibitors for mild steel in hydrochloric acid useful for industrial pickling processes: experimental and theoretical approach. *New Journal of Chemistry*, 41 (21), 13114–13129. doi: <https://doi.org/10.1039/c7nj01431g>
- Adityawarman, T., Kaban, A. P. S., Soedarsono, J. W. (2022). A Recent Review of Risk-Based Inspection Development to Support Service Excellence in the Oil and Gas Industry: An Artificial Intelligence Perspective. *ASCE-ASME J Risk and Uncert in Engrg Sys Part B Mech Engrg*, 9 (1). doi: <https://doi.org/10.1115/1.4054558>
- Adityawarman, T., Soedarsono, J. W., Kaban, A. P. S., Riastuti, R., Rahmadani, H. (2022). The Study of Artificial Intelligent in Risk-Based Inspection Assessment and Screening: A Study Case of Inline Inspection. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering*, 9 (1). doi: <https://doi.org/10.1115/1.4054969>
- Pumps, S. (2010). *Materials and Corrosion. Centrifugal Pump Handbook*, 227–250. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-8612-9.00008-5>
- Wasim, M., Djukic, M. B. (2021). Corrosion induced failure of the ductile iron pipes at micro- and nano-levels. *Engineering Failure Analysis*, 121, 105169. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.105169>
- Jawad, M. N., Amouzad Mahdiraji, G., Hajibeigy, M. T. (2020). Performance improvement of sacrificial anode cathodic protection system for above ground storage tank. *SN Applied Sciences*, 2 (12). doi: <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03823-7>
- Baloyi, T., Maledi, N., Andrews, A. (2022). Corrosion performance of zinc phosphate coatings deposited on AA6061-HDG steel. *Materials Chemistry and Physics*, 283, 126009. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2022.126009>
- Flø, N. E., Faramarzi, L., Iversen, F., Kleppe, E. R., Graver, B., Bryntesen, H. N., Johnsen, K. (2019). Assessment of material selection for the CO₂ absorption process with aqueous MEA solution based on results from corrosion monitoring at Technology Centre Mongstad. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 84, 91–110. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2019.02.004>
- Kaban, A. P. S., Ridhova, A., Priyotomo, G., Elya, B., Maksum, A., Sadeli, Y. et. al. (2021). Development of white tea extract as green corrosion inhibitor in mild steel under 1 M hydrochloric acid solution. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (110)), 6–20. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224435>
- Arlan, A. S., Subekti, N., Soedarsono, J. W., Rustandi, A. (2018). Corrosion Inhibition by a Caesalpinia Sappan L Modified Imidazoline for Carbon Steel API 5L Grade X60 in HCl 1M Environment. *Materials Science Forum*, 929, 158–170. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.929.158>
- Soedarsono, J. W., Shihab, M. N., Azmi, M. F., Maksum, A. (2018). Study of curcuma xanthorrhiza extract as green inhibitor for API 5L X42 steel in 1M HCl solution. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 105, 012060. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/105/1/012060>
- Kadhim, A., Al-Amiery, A. A., Alazawi, R., Al-Ghezi, M. K. S., Abass, R. H. (2021). Corrosion inhibitors. A review. *International Journal of Corrosion and Scale Inhibition*, 10 (1). doi: <https://doi.org/10.17675/2305-6894-2021-10-1-3>
- Lin, B., Shao, J., Xu, Y., Lai, Y., Zhao, Z. (2021). Adsorption and corrosion of renewable inhibitor of Pomelo peel extract for mild steel in phosphoric acid solution. *Arabian Journal of Chemistry*, 14 (5), 103114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103114>
- Verma, C., Quraishi, M. A., Rhee, K. Y. (2021). Present and emerging trends in using pharmaceutically active compounds as aqueous phase corrosion inhibitors. *Journal of Molecular Liquids*, 328, 115395. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115395>
- Rustandi, A., Soedarsono, J. W., Suharno, B. (2011). The Use of Mixture of Piper Betle and Green Tea as a Green Corrosion Inhibitor for API X-52 Steel in Aerated 3.5 % NaCl Solution at Various Rotation Rates. *Advanced Materials Research*, 383-390, 5418–5425. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.383-390.5418>
- Azmi, M. F., Soedarsono, J. W. (2018). Study of corrosion resistance of pipeline API 5L X42 using green inhibitor bawang dayak (*Eleutherine americana* Merr.) in 1M HCl. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 105, 012061. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/105/1/012061>
- Kaban, E. E., Maksum, A., Permana, S., Soedarsono, J. W. (2018). Utilization of secang heartwood (*caesalpinia sappan* l) as a green corrosion inhibitor on carbon steel (API 5L Gr. B) in 3.5% NaCl environment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 105, 012062. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/105/1/012062>
- Kusumastuti, R., Pramana, R. I., Soedarsono, J. W. (2017). The use of morinda citrifolia as a green corrosion inhibitor for low carbon steel in 3.5% NaCl solution. *AIP Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1063/1.4978085>
- Soltani, N., Bahrami, A., Pech-Canul, M. I., González, L. A. (2015). Review on the physicochemical treatments of rice husk for production of advanced materials. *Chemical Engineering Journal*, 264, 899–935. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.11.056>
- Daniel-Mkpume, C. C., Aigbodion, V. S., Obikwelu, D. O. N. (2021). Electrochemical analysis and microstructure of value-added functional Zn-ZnO-rice husk ash composite coating of mild steel. *Chemical Data Collections*, 35, 100767. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2021.100767>
- Nisar, N., Bhat, J. A. (2020). Experimental investigation of Rice Husk Ash on compressive strength, carbonation and corrosion resistance of reinforced concrete. *Australian Journal of Civil Engineering*, 19 (2), 155–163. doi: <https://doi.org/10.1080/14488353.2020.1838419>

24. Awizar, D. A., Othman, N. K., Jalar, A., Daud, A. R., Rahman, I. A., Al-Hardan, N. H. (2013). Nanosilicate extraction from rice husk ash as green corrosion inhibitor. *International Journal of Electrochemical Science*, 8, 1759–1769. Available at: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.654.1036&rep=rep1&type=pdf>
25. Paul Setiawan Kaban, A., Mayangsari, W., Syaiful Anwar, M., Maksum, A., Riastuti, R., Aditiyawarman, T., Wahyuadi Soedarsono, J. (2022). Experimental and modelling waste rice husk ash as a novel green corrosion inhibitor under acidic environment. *Materials Today: Proceedings*, 62, 4225–4234. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.738>
26. King, A. D., Birbilis, N., Scully, J. R. (2014). Accurate Electrochemical Measurement of Magnesium Corrosion Rates; a Combined Impedance, Mass-Loss and Hydrogen Collection Study. *Electrochimica Acta*, 121, 394–406. doi: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2013.12.124>
27. Zhao, Q., Guo, J., Cui, G., Han, T., Wu, Y. (2020). Chitosan derivatives as green corrosion inhibitors for P110 steel in a carbon dioxide environment. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 194, 111150. doi: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2020.111150>
28. Ansari, K. R., Quraishi, M. A., Singh, A. (2015). Isatin derivatives as a non-toxic corrosion inhibitor for mild steel in 20% H₂SO₄. *Corrosion Science*, 95, 62–70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2015.02.010>
29. Khadraoui, A., Khelifa, A., Hadjmeliani, M., Mehdaoui, R., Hachama, K., Tidu, A. et al. (2016). Extraction, characterization and anti-corrosion activity of *Mentha pulegium* oil: Weight loss, electrochemical, thermodynamic and surface studies. *Journal of Molecular Liquids*, 216, 724–731. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.02.005>
30. Yilmaz, N., Fitoz, A., Ergun, U., Emregül, K. C. (2016). A combined electrochemical and theoretical study into the effect of 2-((thiazole-2-ylimino)methyl)phenol as a corrosion inhibitor for mild steel in a highly acidic environment. *Corrosion Science*, 111, 110–120. doi: <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2016.05.002>
31. Pereira, M. A., Oliveira, J. E. de, Fonseca, C. S. (2021). Influence of the use of rice husk as source of silica on the sol-gel synthesis of bioglass. *Cerâmica*, 67 (383), 333–337. doi: <https://doi.org/10.1590/0366-69132021673833134>
32. Bergmann CP, P. P. (2015). Raman Spectroscopy of Iron Oxide of Nanoparticles (Fe₃O₄). *Journal of Material Science & Engineering*, 05 (01). doi: <https://doi.org/10.4172/2169-0022.1000217>
33. Hanesch, M. (2009). Raman spectroscopy of iron oxides and (oxy) hydroxides at low laser power and possible applications in environmental magnetic studies. *Geophysical Journal International*, 177 (3), 941–948. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-246x.2009.04122.x>
34. Yu, Y., Ramachandran, P. V., Wang, M. C. (2014). Shedding new light on lipid functions with CARS and SRS microscopy. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1841 (8), 1120–1129. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2014.02.003>
35. Gupta, A., Kumar, M., Ghosh, P., Swati, Thakur, I. S. (2022). Risk assessment of a municipal extended aeration activated sludge treatment plant using physico-chemical and in vitro bioassay analyses. *Environmental Technology & Innovation*, 26, 102254. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102254>
36. Akalezi, C. O., Maduabuchi, A. C., Enenebeaku, C. K., Oguzie, E. E. (2020). Experimental and DFT evaluation of adsorption and inhibitive properties of *Moringa oliefera* extract on mild steel corrosion in acidic media. *Arabian Journal of Chemistry*, 13 (12), 9270–9282. doi: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.11.010>
37. Li, S., Qi, B., Luo, J., Zhuang, Y., Wan, Y. (2021). Ultrafast selective adsorption of pretreatment inhibitors from lignocellulosic hydrolysate with metal-organic frameworks: Performance and adsorption mechanisms. *Separation and Purification Technology*, 275, 119183. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.119183>
38. Chelliah, N. M., Padaikathan, P., Kumar, R. (2019). Evaluation of electrochemical impedance and biocorrosion characteristics of as-cast and T4 heat treated AZ91 Mg-alloys in Ringer's solution. *Journal of Magnesium and Alloys*, 7 (1), 134–143. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jma.2019.01.005>
39. Verma, C., Olasunkanmi, L. O., Ebenso, E. E., Quraishi, M. A., Obot, I. B. (2016). Adsorption Behavior of Glucosamine-Based, Pyrimidine-Fused Heterocycles as Green Corrosion Inhibitors for Mild Steel: Experimental and Theoretical Studies. *The Journal of Physical Chemistry C*, 120 (21), 11598–11611. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.6b04429>
40. Shamsheera, K. O., Anupama, R. P., Abraham, J. (2020). Computational simulation, surface characterization, adsorption studies and electrochemical investigation on the interaction of guar gum with mild steel in HCl environment. *Results in Chemistry*, 2, 100054. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2020.100054>
41. Noorbakhsh Nezhad, A. H., Davoodi, A., Mohammadi Zahrani, E., Arefinia, R. (2020). The effects of an inorganic corrosion inhibitor on the electrochemical behavior of superhydrophobic micro-nano structured Ni films in 3.5% NaCl solution. *Surface and Coatings Technology*, 395, 125946. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surcoat.2020.125946>
42. Li, H., Zhang, B., Li, Y., Wu, P., Wang, Y., Xie, M. (2022). Effect of novel green inhibitor on corrosion and chemical mechanical polishing properties of cobalt in alkaline slurry. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 146, 106691. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2022.106691>
43. Bhardwaj, N., Sharma, P., Guo, L., Dagdag, O., Kumar, V. (2022). Molecular dynamic simulation and Quantum chemical calculation of phytochemicals present in *Beta vulgaris* and electrochemical behaviour of *Beta vulgaris* peel extract as green corrosion inhibitor for stainless steel (SS-410) in acidic medium. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 632, 127707. doi: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.127707>
44. Subekti, N., Soedarsono, J. W., Riastuti, R., Sianipar, F. D. (2020). Development of environmental friendly corrosion inhibitor from the extract of areca flower for mild steel in acidic media. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (104)), 34–45. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.197875>
45. Pramana, R. I., Kusumastuti, R., Soedarsono, J. W., Rustandi, A. (2013). Corrosion Inhibition of Low Carbon Steel by *Pluchea Indica* Less. in 3.5% NaCl Solution. *Advanced Materials Research*, 785-786, 20–24. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.785-786.20>
46. Wan, S., Chen, H., Liao, B., Guo, X. (2021). Adsorption and anti-corrosion mechanism of glucose-based functionalized carbon dots for copper in neutral solution. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 129, 289–298. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2021.10.001>
47. Hsissou, R., Dagdag, O., About, S., Benhiba, F., Berradi, M., El Bouchti, M. et al. (2019). Novel derivative epoxy resin TGETET as a corrosion inhibition of E24 carbon steel in 1.0 M HCl solution. Experimental and computational (DFT and MD simulations) methods. *Journal of Molecular Liquids*, 284, 182–192. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.03.180>
48. Lebrini, M., Lagrenée, M., Vezin, H., Traisnel, M., Bentiss, F. (2007). Experimental and theoretical study for corrosion inhibition of mild steel in normal hydrochloric acid solution by some new macrocyclic polyether compounds. *Corrosion Science*, 49 (5), 2254–2269. doi: <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2006.10.029>

49. Chauhan, D. S., Quraishi, M. A., Srivastava, V., Haque, J., Ibrahimi, B. E. (2021). Virgin and chemically functionalized amino acids as green corrosion inhibitors: Influence of molecular structure through experimental and in silico studies. *Journal of Molecular Structure*, 1226, 129259. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.129259>
50. Shao, H., Yin, X., Zhang, K., Yang, W., Chen, Y., Liu, Y. (2022). N-[2-(3-indolyl)ethyl]-cinnamamide synthesized from cinnamomum cassia presl and alkaloid tryptamine as green corrosion inhibitor for Q235 steel in acidic medium. *Journal of Materials Research and Technology*, 20, 916–933. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.07.122>
51. Fekkar, G. et. al. (2020). Eco-friendly chamaerops humilis l. Fruit extract corrosion inhibitor for mild steel in 1 M HCL. *International Journal of Corrosion and Scale Inhibition*. doi: <https://doi.org/10.17675/2305-6894-2020-9-2-4>
52. Gautam, A., Siva, T., Sathiyarayanan, S., Gobi, K. V., Subasri, R. (2022). Capped inhibitor-loaded halloysite nanoclay-based self-healing silica coatings for corrosion protection of mild steel. *Ceramics International*, 48 (20), 30151–30163. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.06.288>
53. Fan, J., Zhao, Z., Ding, Z., Liu, J. (2018). Synthesis of different crystallographic FeOOH catalysts for peroxymonosulfate activation towards organic matter degradation. *RSC Advances*, 8 (13), 7269–7279. doi: <https://doi.org/10.1039/c7ra12615h>
54. Farahati, R., Ghaffarinejad, A., Rezania, H. (Jafar), Mousavi-Khoshdeld, S. M., Behzadi, H. (2019). Sulfonated aromatic polyamide as water-soluble polymeric corrosion inhibitor of copper in HCl. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 578, 123626. doi: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.123626>
55. Ramakrishnan, K., Karthikeyan, S., Rajagopal, D. (2022). 2-Methoxy-4-(4-(((6-nitrobenzothiazol-2-yl)amino)methyl)-1-phenyl-1H-pyrazol-3-yl) phenol as powerful anti-corrosion inhibitor substantiated by Langmuir adsorption studies. *Materials Letters*, 313, 131823. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2022.131823>
56. Ullah, S., Bustam, M. A., Assiri, M. A., Al-Sehemi, A. G., Gonfa, G., Mukhtar, A. et. al. (2020). Synthesis and characterization of mesoporous MOF UMCM-1 for CO₂/CH₄ adsorption; an experimental, isotherm modeling and thermodynamic study. *Microporous and Mesoporous Materials*, 294, 109844. doi: <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2019.109844>
57. Kundu, S., Gupta, A. K. (2006). Arsenic adsorption onto iron oxide-coated cement (IOCC): Regression analysis of equilibrium data with several isotherm models and their optimization. *Chemical Engineering Journal*, 122 (1-2), 93–106. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2006.06.002>
58. Swenson, H., Stadie, N. P. (2019). Langmuir's Theory of Adsorption: A Centennial Review. *Langmuir*, 35 (16), 5409–5426. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.9b00154>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266339

USING THE HYBRID COMPOSITES AS COATING LAYERS TO INHIBIT THE CHEMICAL CORROSION IN OIL MINERAL RESERVOIRS (p. 54–59)

Hameed Noor

Bilad Alrafidain University College, Diyala, Iraq
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9877-5351>

This work aims to the identify level of hybrid nanocomposite coatings of a stainless steel alloy that is used in the manufacture of mineral reservoirs for the storage of oil products in the oil products distribution company (Opdc). Corrosion is one of

modern society's most serious engineering problems where losses incurred due to it each year are estimated at billions of dollars. Technological options have to be exercised to protect against corrosion and an effort to combat these losses. To overcome this severe problem, several successful efforts have been made using corrosion inhibitors. Corrosion inhibitors are compounds used in low concentrations to prevent or slow down the corrosion process. The used metal (low carbon steel St-37) was coated with zinc phosphate as an initial layer, cellulose nitrate reinforced with MgO nanopowder by weight percentage (3 wt.%) as an intermediate layer, and epoxy resin reinforced with weight reinforcement percentage (2 wt.%) of particles (MgO+coke coal (1:1)) as a final layer. In addition, a cognitive scale was prepared from (hardness, adhesion strength, chemical corrosion test as well as electrochemical corrosion test. It was found the hardness increased with coated by an initial layer and the value of adhesion strength of triple coating layers was (232 Psi). Chemical and electrochemical corrosion tests have shown the efficiency of prepared coating layers in corrosion inhibiting and metal protection. The used inhibitors in the work are inexpensive materials that allow solving the problem of rational nature management by reducing corrosion and providing the transition to the use of environmentally safe efficient technologies.

Keywords: corrosion, zinc phosphate, cellulose nitrate, coke coal, chemical and electrochemical corrosion.

References

1. Gomelya, N., Trus, I., Stepova, O., Kyrlyuk, O., Ivanenko, O., Homenko, A. (2020). Devising a corrosion inhibitor for steel ST37-2 in a water-oil mixture. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (104)), 28–33. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.199849>
2. Omran, B. A., Abdel-Salam, M. O. (2020). *A New Era for Microbial Corrosion Mitigation Using Nanotechnology*. Springer, 201. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-49532-9>
3. Groysman, A. (2010). *Corrosion for Everybody*. Springer, 368. doi: <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3477-9>
4. Young, D. J. (2016). High temperature oxidation and corrosion of metals. *Elsevier Science*. doi: <https://doi.org/10.1016/C2014-0-00259-6>
5. Schweitzer, P. E. (2020). *Metallic Materials: physical, mechanical, and corrosion properties*. CRC Press, 210. Available at: <https://www.routledge.com/Metallic-Materials-Physical-Mechanical-and-Corrosion-Properties/Schweitzer/p/book/9780367446888>
6. Lv, L.-S., Wang, J.-Y., Xiao, R.-C., Fang, M.-S., Tan, Y. (2021). Influence of steel fiber corrosion on tensile properties and cracking mechanism of ultra-high performance concrete in an electrochemical corrosion environment. *Construction and Building Materials*, 278, 122338. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122338>
7. Vasylyev, G., Vorobiova, V. (2019). Rape grist extract (Brassica napus) as a green corrosion inhibitor for water systems. *Materials Today: Proceedings*, 6, 178–186. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.10.092>
8. Khalaf, M. M., Tantawy, A. H., Soliman, K. A., Abd El-Lateef, H. M. (2020). Cationic gemini-surfactants based on waste cooking oil as new 'green' inhibitors for N80-steel corrosion in sulphuric acid: A combined empirical and theoretical approaches. *Journal of Molecular Structure*, 1203, 127442. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2019.127442>
9. Liu, Y., Zhang, P. (2022). Review of Phosphorus-Based Polymers for Mineral Scale and Corrosion Control in Oilfield. *Polymers*, 14 (13), 2673. doi: <https://doi.org/10.3390/polym14132673>

10. Pedferri, P. (2018). *Corrosion Science and Engineering*. Springer, 720. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-97625-9>
11. Ma, Y., Zhang, Y., Zhang, R., Guan, F., Hou, B., Duan, J. (2019). Microbiologically influenced corrosion of marine steels within the interaction between steel and biofilms: a brief view. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104 (2), 515–525. doi: <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10184-8>
12. O Fayomi, O. S. I., Akande, I. G., Odigie, S. (2019). Economic Impact of Corrosion in Oil Sectors and Prevention: An Overview. *Journal of Physics: Conference Series*, 1378 (2), 022037. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1378/2/022037>
13. Hasanzadeh, R., Ahmadi, J., Eghbali, M., Samadian, D., Salmanmohajer, H. (2021). Reduction of seismic resiliency of RC structures caused by chloride corrosion for typical school buildings located in hot climates. *Structures*, 34, 4060–4076. doi: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.09.107>
14. Umarova, M. N., To'ychiev, A. T. (2020). Structural classification and analysis of corrosion of metals. *Theoretical & Applied Science*, 92 (12), 330–334. doi: <https://doi.org/10.15863/tas.2020.12.92.63>
15. K. M. O. Goni, L., A. J. Mazumder, M. (2019). Green Corrosion Inhibitors. *Corrosion Inhibitors*. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.81376>
16. Talbot, D. E. J., Talbot, J. D. R. (2018). *Corrosion science and technology*. CRC Press, 596. Available at: <https://www.routledge.com/Corrosion-Science-and-Technology/Talbot-Talbot/p/book/9781498752411>
17. Hao, Y., Liu, F., Han, E.-H., Anjum, S., Xu, G. (2013). The mechanism of inhibition by zinc phosphate in an epoxy coating. *Corrosion Science*, 69, 77–86. doi: <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2012.11.025>
18. Tamilselvi, M., Kamaraj, P., Arthanareeswari, M., Devikala, S. (2015). Nano zinc phosphate coatings for enhanced corrosion resistance of mild steel. *Applied Surface Science*, 327, 218–225. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.11.081>
19. Bahrani, A., Naderi, R., Mahdavian, M. (2018). Chemical modification of talc with corrosion inhibitors to enhance the corrosion protective properties of epoxy-ester coating. *Progress in Organic Coatings*, 120, 110–122. doi: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2018.03.017>
20. Khodair, Z. T., Khadom, A. A., Jasim, H. A. (2019). Corrosion protection of mild steel in different aqueous media via epoxy/nanomaterial coating: preparation, characterization and mathematical views. *Journal of Materials Research and Technology*, 8 (1), 424–435. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.03.003>
21. Tian, Y., Huang, H., Wang, H., Xie, Y., Sheng, X., Zhong, L., Zhang, X. (2020). Accelerated formation of zinc phosphate coatings with enhanced corrosion resistance on carbon steel by introducing α -zirconium phosphate. *Journal of Alloys and Compounds*, 831, 154906. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.154906>
22. Pechenkina, M. Y., Latypov, O. R., Bugai, D. E. (2021). Increasing the Corrosion Resistance of the Material of Oil and Gas Equipment in Water-Salt Solutions by Changing the Electrochemical Parameters. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 720 (1), 012142. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/720/1/012142>
23. Gupta, P., Ahamad, N., Mehta, J., Kumar, D., Quraishi, M. A., Rinawa, M. L. et al. (2021). Corrosion, optimization and surface analysis of Fe-Al₂O₃-CeO₂ metal matrix nanocomposites. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 236 (8), 4346–4356. doi: <https://doi.org/10.1177/09544062211047844>
24. Study the effect of the chemical heat treatments on mechanical properties steel (40 Cr) (2008). *Engineering and Technology Journal*, 26 (8), 324–334. Available at: https://etj.uotechnology.edu.iq/article_26705.html
25. Hameed, N. A., Abbas, S. J., Jammal, M. T., Abbas, S. Q. (2022). Implementation of the MgO/epoxy nanocomposites as flame retardant. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (117)), 53–57. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.260359>
26. Abbas, S. Q., Abd Almeer, H. A., Ahmed, W. S., Hammid, A. T. (2020). A novel algorithm for generating an edge-regular graph. *Procedia Computer Science*, 167, 1038–1045. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.403>

АНОТАЦІЇ

TECHNOLOGY ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265858**РОЗРОБКА ХІМІЧНО МОДИФІКОВАНИХ ПЛІВОК БАКТЕРІОРОДОПСИНУ ДЛЯ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ (с. 6–14)****І. І. Трикур, З. І. Баторі-Тарці, М. Ю. Січка, Г. В. Різак, В. М. Різак**

Об'єктом дослідження виступають процеси взаємодії фрагментів пурпурних мембран з певними хімічними речовинами, які відображаються на фотохромних властивостях плівок бактеріородопсину. В роботі розглянуто можливість модифікації властивостей плівок бактеріородопсину за рахунок зміни їх хімічного складу, що дозволить використовувати такі плівки для захисту інформації. Для цього визначено які саме оптичні властивості бактеріородопсину найбільш важливі для їх використання у сфері захисту інформації та виготовлено плівки з використанням різних хімічних речовин в ролі домішок. Показано, що внесення домішок не впливає на спектр поглинання бактеріородопсину, що свідчить про збереження ним своїх властивостей. Встановлено, що домішкові речовини рівномірно розподілені у плівках. За допомогою дослідження динаміки фотоіндукованих змін у плівках з різними концентраціями хімічних компонент вивчено вплив хімічної модифікації на фотоцикл бактеріородопсину та властивості плівкових структур на його основі.

На основі результатів експериментальних досліджень встановлено, що змінюючи хімічний склад плівок можна міняти час збереження записаної на них інформації у діапазоні від кількох до сотень секунд неперервно. Сенситометрична чутливість плівкових структур теж залежить від хімічного складу і може змінюватися у діапазоні від $3.9 \cdot 10^{-3}$ до $54 \cdot 10^{-3}$ м²/Дж. При цьому хімічна модифікація простіша з технологічної та дешевша з фінансової точки зору порівняно з іншими методами, які дозволяють досягнути аналогічних результатів. Отримані результати дозволяють стверджувати, що хімічно модифіковані плівки на основі бактеріородопсину володіють великим потенціалом практичного застосування у сфері захисту інформації та контролю доступу.

Ключові слова: бактеріородопсин, фотоцикл, плівкові структури, світлочутливість, хімічна модифікація, триетаноламін, захист інформації.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265087**РОЗРОБКА РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ НАТРІЙ ГЛІЦЕРАТУ (с. 15–21)****М. М. Корчак, О. М. Близнюк, С. С. Некрасов, Т. В. Гавриш, О. І. Петрова, Н. П. Шевчук, Л. О. Стріха, О. В. Костиркін, Є. О. Семенов, Д. І. Савельєв**

Досліджено процес одержання натрій гліцерату шляхом реагування гліцерину та натрій гідроксиду у вигляді водного розчину.

Солі гліцерину (гліцерати металів) є важливими складовими у процесах синтезу багатьох сполук. Гліцерати застосовуються у хімічній промисловості, будівництві, медичній практиці тощо. Гліцерати лужних металів використовуються у виробництві модифікованих жирів та біодизельного пального.

Застосовано гліцерин (CAS Number 56-81-5) кваліфікації ч. д. а. з масовою часткою основної речовини 99,5 %. Досліджено показники натрій гідроксиду (CAS Number 1310-73-2): масова частка основної речовини – 98,0 %, масова частка натрій карбонату – 0,5 %.

Встановлено раціональні умови отримання натрій гліцерату: температуру (145 °С) та концентрацію розчину натрій гідроксиду (65 %). За цих умов масова частка основної речовини в продукті склала 80 %. В натрій гліцераті визначено температуру плавлення (72 °С) та масову частку вологи (0,3 %). Перевірено каталітичну активність продукту у процесі переетерифікування олеїну пальмового. Підвищення температури плавлення олеїну пальмового склало 15 °С. За аналогічних умов використання калій гліцерату з масовою часткою основної речовини 75,77 % підвищення температури плавлення становить 12,1 °С. Це свідчить про підвищення ефективності процесу переетерифікування з використанням натрій гліцерату, отриманого за розробленою технологією.

Результати досліджень дають можливість виробляти натрій гліцерат за раціональних умов з високою масовою часткою основної речовини на підприємствах, де використовують гліцерати металів як складову виробництва або товарний продукт. Встановлені раціональні умови дозволять ефективно використовувати ресурси підприємства та прогнозувати якість кінцевого продукту.

Ключові слова: натрій гліцерат, натрій гідроксид, гліцерати лужних металів, каталізатор переетерифікування жирів.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265112**ВИКОРИСТАННЯ СКОПУ ПАПЕРОВИХ ВИРОБНИЦТВ ТА ДОПОМІЖНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ КАРТОНУ ТАРНОГО (с. 22–29)****В. В. Галиш, І. М. Трус, Я. В. Радовенчик, Т. О. Шаблій, А. В. Іванченко, А. А. Ніколайчук, М. Д. Гомеля**

Досліджено можливість утилізації скопу паперових виробництв у складі композиції картону тарного з вторинної сировини. Вивчено фракційний склад скопу та показано, що основна частина волокон представлена дріб'язком з розміром частинок до 1,2 мм. Вивчення процесів формування картону тарного при використанні скопу показало, що збільшення витрат волокнисто-неорганічних відходів призводить до погіршення фізико-механічних показників картону. Проте, збільшення витрат скопу не впливає на поверхневу вбирність води під час одностороннього змочування. Значення зазначених показників знаходяться в межах норми і складають 25 та 70 г/м² відповідно. Крім того, збільшення витрат скопу з 10 до 50 % при виготовленні картону призводить до зменшення ступеня утримання

волокна на сітці з 86,3 до 82,1 %. Встановлено закономірності використання зміцнюючих добавок, а саме промислових катіонних та аніонних флокулянтів, а також нативного кукурудзяного та модифікованих крохмалів на показники міцності картону та якості підсіткових вод. Результати досліджень показують, що вплив флокулянтів є досить неоднозначним. З одного боку, чітко спостерігається позитивний вплив на якість підсіткових вод. Це відбувається завдяки зменшенню їх каламутності за рахунок менших вимой волокна. Проте позитивний вплив на фізико-механічні показники є мінімальним, а в деяких випадках відбувається зменшення показників міцності. Чим більша ефективність утримання дрібного волокна на сітці при використанні флокулянтів, тим менші значення фізико-механічних показників. Загалом при використанні скопу в композиції картону у поєднанні з флокулянтами та крохмалем було досягнуто показників, що нормуються для картону тарного макулатурного марки КТ-1 за ТУ У 17.1-41085075-002:2017.

Ключові слова: скоп волокнистий, картон тарний, переробка макулатури, флокулянт, Праестол, Перкол, Полімін.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266269

ВПЛИВ ШАРУВАТИХ ПОДВІЙНИХ ГІДРОКСИДІВ Ca-Al LDHs ТА ПОЛІКАРБОКСИЛАТНИХ ЕТЕРІВ НА ТВЕРДНЕННЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ З ВАПНЯКОМ (с. 30–40)

Т. П. Кропивницька, М. А. Саницький, А. Т. Камінський, О. М. Вахула

Використання шаруватих подвійних гідроксидів (LDHs) є новим напрямком у хімії цементів. Досліджено вплив подвійних гідроксидів кальцію/алюмінію (Ca-Al LDHs) та полікарбоксилатних етерів (PCE) на розвиток міцності портландцементу з вапняком. Показано, що Ca-Al LDHs утворюються в цементному тісті при введенні лужноалюмінатного прискорювача $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$. Визначено, що це сприяє суттєвому підвищенню ранньої міцності цементного каменю. Проте, при цьому скорочуються терміни тужавіння, а з віком відбувається зниження міцності. На ранній стадії структуроутворення в цементному тісті з добавкою $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ утворюються метастабільні висоководні гідратні фази Ca-Al LDHs типу C_4AH_{19} ($[\text{Ca}_2\text{Al}(\text{OH})_6]_2(\text{OH})_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), які внаслідок явища конверсії трансформуються до кубічного C_3AH_6 . Такі процеси супроводжуються зростанням загальної пористості та спадами міцності цементного каменю. Стабілізація структури Ca-Al LDHs досягається шляхом введення в міжшаровий простір аніонів $[\text{NO}_3]^-$ з утворенням Ca-Al- NO_3 LDHs за рахунок використання золь-гель технології. Методами рентгенофазового аналізу, ІЧ-спектроскопії та електронної мікроскопії доведено факт синтезу AF_m -фаз типу $[\text{Ca}_2\text{Al}(\text{OH})_6]_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. При модифікуванні таких гідратів полікарбоксилатними етерами формується нанокомпозит Ca-Al- NO_3 LDHs-PCE. Встановлено, що при введенні нанокомпозиту Ca-Al- NO_3 LDHs-PCE до СЕМ П/А-LL 42,5 R у період 8...24 год міцність зростає в 2,0–1,5 рази, а через 2 та 28 дб досягається 58 та 144 % від стандартної міцності ($R_{28}=62,5$ МПа). Отриманий наномодифікований портландцемент відноситься до особливошвидкотверднучих та високоміцних, що дозволяє вирішити проблему проведення робіт з швидкого відновлення елементів залізобетонних конструкцій.

Ключові слова: портландцемент з вапняком, шаруваті подвійні гідроксиди, полікарбоксилатні етери, нанокомпозит Ca-Al- NO_3 LDHs-PCE, міцність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.265086

РОЗКРИТТЯ ДОСЛІДЖЕНЬ РІДКОГО ДИМУ З РИСОВОГО ЛУШПИННЯ ЯК ІНГІБІТОРА ЗЕЛЕНОЇ КОРОЗІЇ М'ЯКОЇ СТАЛІ ПІД 1 М НСІ (с. 41–53)

Agus Kaban, Wahyu Mayangsari, Mochammad Anwar, Ahmad Maksun, Taufik Adityawarman, Johny Soedarsono, Aga Ridhova, Rini Riastuti

Робота забезпечує більш всебічну розробку рідкого диму із золи рисового лушпиння (ЗРЛ). Примітно, що дослідження зосереджено на взаємодії між первинними молекулами інгібітору та м'якої сталі, включаючи термодинамічний розрахунок та обробку поверхні при додаванні інгібітору. Електрохімічна спектроскопія імпедансу та потенціодинамічна поляризація були використані для оцінки антикорозійного захисту ЗРЛ. Раман-спектроскопію до та після додавання інгібітору ЗРЛ використовували для порівняння адсорбованої функціональної групи інгібіторів. При цьому термодинамічний розрахунок адсорбції інгібітору визначає види адсорбції інгібітора. В результаті процесу адсорбції був застосований скануючий електронний мікроскоп з енергодисперсійним рентгенівським випромінюванням (СЕМ-ЕРВ) у поєднанні з атомно-силовою мікроскопією (АСМ) та тестом контактного кута, щоб виявити обробку поверхні та зміну елементного складу після додавання 80 частин на мільйон інгібітора. Результати ФП та ЕІС показують значне зниження щільності струму при $-2,75$ мкА·см² у розчині з концентрацією 80 частин на мільйон за максимальної ефективності інгібування 99,82 %. Краще інгібування корелює з адсорбцією Si-OH, C-C, C-O-C, C=O, складною структурою і -OH при хвильових числах 458, 662, 1095, 1780 та 3530 см⁻¹. Рідкий дим показує значну площу захисної поверхні 0,9982 та високу константу адсорбції ($K_{\text{адс}}$) 11,648. Розрахункове значення $\Delta G_{\text{адс}}$, що дорівнює $-6,59$ кДж/моль, свідчить про хемосорбцію в природі. У той же час прогнозується, що комбінація розчину з концентрацією 20 та 80 частин на мільйон адсорбується горизонтально, щоб зменшити контакт між розчином та субстратом, як показано в результатах СЕМ та АСМ. Це також збільшує контактний кут та відповідну гідрофобність.

Ключові слова: рідкий дим, інгібітор зеленої корозії, зола лушпиння рису, хемосорбція.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266339

ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНИХ КОМПЗИТИВ В ЯКОСТІ ШАРІВ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ІНГІБУВАННЯ ХІМІЧНОЇ КОРОЗІЇ У НАФТОМІНЕРАЛЬНИХ РЕЗЕРВУАРАХ (с. 54–59)

Намеед Ноор

Ця робота спрямована на визначення рівня гібридних нанокомпозитних покриттів із сплаву нержавіючої сталі, які використовуються при виготовленні мінеральних резервуарів для зберігання нафтопродуктів у компанії з розподілу нафтопродуктів.

Корозія є однією з найсерйозніших інженерних проблем сучасного суспільства, щорічні збитки якої обчислюються мільярдами доларів. Повинні бути реалізовані технологічні можливості для захисту від корозії та зусилля щодо боротьби з цими втратами. Для подолання цієї серйозної проблеми було вжито кілька успішних спроб використання інгібіторів корозії. Інгібітори корозії – це сполуки, які використовуються в низьких концентраціях для запобігання або уповільненню корозії. Метал, що використовувався (низьковуглецева сталь Ст-37), був покритий фосфатом цинку як початковий шар, нітратом целюлози, армованим нанопорошком MgO у вагових відсотках (3 мас. %), як проміжний шар, і епоксидної смолою, армованої з масовим армуванням 2 мас. % частинок (MgO+кокс (1:1)) як кінцевий шар. Крім того, була підготовлена когнітивна шкала (твердість, міцність зчеплення, випробування на хімічну корозію, а також випробування на електрохімічну корозію). Виявлено, що твердість збільшується при покритті вихідним шаром, а значення міцності зчеплення потрійних шарів покриття становить (232 Psi). Хімічні та електрохімічні корозійні випробування показали ефективність підготовлених шарів покриттів у гальмуванні корозії та захисту металу. Інгібітори, що використовуються в роботі, є недорогими матеріалами, що дозволяють вирішити задачу раціонального природокористування за рахунок зниження корозії та забезпечення переходу до використання екологічно безпечних ефективних технологій.

Ключові слова: корозія, фосфат цинку, нітрат целюлози, коксове вугілля, хімічна та електрохімічна корозія.