

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224219

AN ANALYSIS OF EFFECT OF WATER HYACINTH CARBONIZATION TEMPERATURE ON FABRICATION AND EMI SHIELDING RADAR (p. 6–14)

Azam Muzakhim Imammuddin

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia
Brawijaya University

Jl. Veteran, Ketawanggede, Kec. Lowokwaru, Kota Malang,
Jawa Timur, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2231-4505>

Sudjito Suparman

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3490-7543>

Wahyono Suprpto

Brawijaya University

Jl. Veteran, Ketawanggede, Kec. Lowokwaru, Kota Malang,
Jawa Timur, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3510-2448>

Achmad As'Ad Sonief

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6044-6029>

The need to increase the ability of water hyacinth composites as EMI radar protection is related to the carbonization process of organic materials. This research aimed to determine the effect of water hyacinth carbonization temperature on the effectiveness of fabrication and EMI shielding radar. The research method includes the preparations such as cutting, washing, and drying the water hyacinth. The drying process is carried out using an oven with a temperature of 70 °C for 4 days. Then the water hyacinth is mashed until it reaches the 80 mesh size. Then the carbonization process is carried out, with variations in carbonization temperature ranging from 500 °C, 600 °C, 700 °C, 800 °C, 900 °C and 1,000 °C, with a heat increase speed of 3 °C/minutes. After reaching the specified temperature, a holding time is then carried out for 1 hour. Furthermore, the composite composition of 30 % water hyacinth activated carbon powder and 70 % phenol-formaldehyde (PF) resin was molded using a hot press with a pressure of 300 kg cm² at 180 °C for 10 minutes. The results showed that the water hyacinth composite could be used as an EMI protection material at the X-Band frequency (8–12.5 GHz). Where the electrical conductivity and EMI SE increases with increasing carbonization temperature. Water hyacinth composites at a carbonization temperature of 1,000 °C showed the highest electrical conductivity and the highest EMI SE, respectively 4.64·10⁻² S/cm and 41.15 dB (attenuation 99.99 %) at a frequency of 8 GHz. The high absorption contribution is associated with the synergy combination of KCl and the pore structure of the goitre. KCl contributes to the magnetic properties and pore structure with high electrical conductivity values.

Keywords: carbonization temperature, water hyacinth, EMI shielding radar, holding time.

References

1. Basics in EMC / EMI and Power Quality Introduction, Annotations, Applications (2013). SCHAFFNER. Available at: https://www.schaffner.com/fileadmin/media/downloads/brochure/Schaffner_Brochure_Basics_in EMC_and_power_quality.pdf
2. Anzeze, A. D. (2008). Biosorption Of Heavy Metals Using Water Hyacinth Eichhornia Crassipes (Mart.) Solms- Laubach: Adsorption Properties And Technological Assessment. No. 156. Available at: http://erepository.uonbi.ac.ke/bitstream/handle/11295/6844/Amboga_Biosorption%20Of%20Heavy%20Metals%20Using%20Water%20Hyacinth%20Eichhornia%20Crassipes%20%28Mart.%29%20Solms-%20Laubach%20%20Adsorption%20Properties%20And%20Technological%20Assessment.pdf?sequence=1&isAllowed=y
3. Jeevanandam, J., Barhoum, A., Chan, Y. S., Dufresne, A., Danquah, M. K. (2018). Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 9, 1050–1074. doi: <https://doi.org/10.3762/bjnano.9.98>
4. Mahmood, T., Malik, S. A., Hussain, S. T. (2010). Biosorption and recovery of heavy metals from aqueous solutions by eichhornia crassipes (water hyacinth) ASH. *BioResources*, 5 (2), 1244–1256. Available at: https://www.researchgate.net/publication/260156524_Biosorption_and_recovery_of_heavy_metals_from_aqueous_solutions_by_eichhornia_crassipes_water_hyacinth_ASH
5. Singh, A. P., Mishra, M., Dhawan, S. K. (2014). Conducting Multiphase Magnetic Nanocomposites for Microwave Shielding Application. *Nanomagnetism*, 246–277. Available at: https://www.researchgate.net/publication/272747501_Conducting_Multiphase_Magnetic_Nanocomposites_for_Microwave_Shielding_Application
6. Wanasinghe, D., Aslani, F., Ma, G. (2020). Electromagnetic shielding properties of carbon fibre reinforced cementitious composites. *Construction and Building Materials*, 260, 120439. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120439>
7. Moradi, M., Naghdi, N., Hemmati, H., Asadi-Samani, M., Bahmani, M. (2016). Effects of the Effect of Ultra High Frequency Mobile Phone Radiation on Human Health. *Electronic Physician*, 8 (5), 2452–2457. doi: <https://doi.org/10.19082/2542>
8. Huang, H. (2016). Development of predictive models for electromagnetic robustness of electronic components. HAL. Available at: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01261471/document>
9. Susilo, S. H., Suparman, S., Mardiana, D., Hamidi, N. (2016). The Effect of Velocity Ratio Study on Microchannel Hydrodynamics Focused of Mixing Glycerol Nitration Reaction. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, 60 (4), 228–232. doi: <https://doi.org/10.3311/ppme.8894>
10. Kumar, P., Narayan Maiti, U., Sikdar, A., Kumar Das, T., Kumar, A., Sudarsan, V. (2019). Recent Advances in Polymer and Polymer Composites for Electromagnetic Interference Shielding: Review and Future Prospects. *Polymer Reviews*, 59 (4), 687–738. doi: <https://doi.org/10.1080/15583724.2019.1625058>
11. Sankaran, S., Deshmukh, K., Ahamed, M. B., Khadheer Pasha, S. K. (2018). Recent advances in electromagnetic interference shielding

- properties of metal and carbon filler reinforced flexible polymer composites: A review. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 114, 49–71. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2018.08.006>
12. Singh, A. K., Shishkin, A., Koppel, T., Gupta, N. (2018). A review of porous lightweight composite materials for electromagnetic interference shielding. *Composites Part B: Engineering*, 149, 188–197. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.05.027>
 13. Yousif, E., Haddad, R. (2013). Photodegradation and photostabilization of polymers, especially polystyrene: review. *SpringerPlus*, 2 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-398>
 14. Krishnasamy, J., Thilagavathi, G., Alagirusamy, R., Das, A. (2020). Metal-embedded matrices for EMI shielding. *Materials for Potential EMI Shielding Applications*, 111–120. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817590-3.00007-5>
 15. Chuayjumnong, S., Karrila, S., Jumrat, S., Pianroj, Y. (2020). Activated carbon and palm oil fuel ash as microwave absorbers for microwave-assisted pyrolysis of oil palm shell waste. *RSC Advances*, 10 (53), 32058–32068. doi: <https://doi.org/10.1039/d0ra04966b>
 16. Kumar, A., Singh, D. (2015). A Review on “Weather Surveillance Radar”. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science (IJAEMS)*, 1 (1), 19–22.
 17. Sørensen, P. A., Kiil, S., Dam-Johansen, K., Weinell, C. E. (2009). Anticorrosive coatings: a review. *Journal of Coatings Technology and Research*, 6 (2), 135–176. doi: <https://doi.org/10.1007/s11998-008-9144-2>
 18. Hulle, A., Powar, A. (2018). Textiles as EMI Shields. *Journal of Textile Science & Engineering*, 08 (02). doi: <https://doi.org/10.4172/2165-8064.1000347>
 19. Paquin, F., Rivnay, J., Salleo, A., Stingelin, N., Silva-Acuña, C. (2015). Multi-phase microstructures drive exciton dissociation in neat semicrystalline polymeric semiconductors. *Journal of Materials Chemistry C*, 3 (41), 10715–10722. doi: <https://doi.org/10.1039/c5tc02043c>
 20. Yi, X.-S., Du, S., Zhang, L. (Eds.) (2018). *Composite materials engineering*. Vol. 2. Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-981-10-5690-1>
 21. Wang, C., Murugadoss, V., Kong, J., He, Z., Mai, X., Shao, Q. et al. (2018). Overview of carbon nanostructures and nanocomposites for electromagnetic wave shielding. *Carbon*, 140, 696–733. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2018.09.006>
 22. Imammuddin, A. M., Soeparman, S., Suprpto, W., Sonief, A. A. (2019). Effect of Carbonization Temperature on Electrical Conductivity of Biocarbon Water Hyacinth Composites. *International Journal of Control and Automation*, 12 (9), 23–30. doi: <https://doi.org/10.33832/ijca.2019.12.9.03>
 23. Yanti, N. A. (2019). Characteristics of Biocellulose from Sago Liquid Waste with Different Ammonium Sulfate Concentration. *International Journal of Ecophysiology*, 1 (1), 56–64. doi: <https://doi.org/10.32734/ijoe.v1i1.848>
 24. Idris, F. M., Hashim, M., Abbas, Z., Ismail, I., Nazlan, R., Ibrahim, I. R. (2016). Recent developments of smart electromagnetic absorbers based polymer-composites at gigahertz frequencies. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 405, 197–208. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2015.12.070>
 25. Ribadeneyra, M. C. (2014). EMI shielding composites based on magnetic nanoparticles and nanocarbons. *Universidad Carlos III de Madrid*, 223. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/30047274.pdf>
 26. Kim, S.-Y., Kim, S.-S. (2018). Design of Radar Absorbing Structures Utilizing Carbon-Based Polymer Composites. *Polymers and Polymer Composites*, 26 (1), 105–110. doi: <https://doi.org/10.1177/096739111802600113>
 27. Liu, S.-T., Chen, X.-G., Zhang, A.-B., Yan, K.-K., Ye, Y. (2014). Electromagnetic Performance of Rice Husk Ash. *BioResources*, 9 (2). doi: <https://doi.org/10.15376/biores.9.2.2328-2340>
 28. Thomassin, J.-M., Jérôme, C., Pardoën, T., Bailly, C., Huynen, I., Detrembleur, C. (2013). Polymer/carbon based composites as electromagnetic interference (EMI) shielding materials. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 74 (7), 211–232. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mser.2013.06.001>
 29. Dai, B., Ren, Y., Wang, G., Ma, Y., Zhu, P., Li, S. (2013). Microstructure and dielectric properties of biocarbon nanofiber composites. *Nanoscale Research Letters*, 8 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/1556-276x-8-293>
 30. Pawar, S. P., Gandhi, M., Bose, S. (2016). High performance electromagnetic wave absorbers derived from PC/SAN blends containing multiwall carbon nanotubes and Fe₃O₄ decorated onto graphene oxide sheets. *RSC Advances*, 6 (44), 37633–37645. doi: <https://doi.org/10.1039/c5ra25435c>
 31. Salas-Ruiz, A., del Mar Barbero-Barrera, M., Ruiz-Téllez, T. (2019). Microstructural and Thermo-Physical Characterization of a Water Hyacinth Petiole for Thermal Insulation Particle Board Manufacture. *Materials*, 12 (4), 560. doi: <https://doi.org/10.3390/ma12040560>
 32. Frederika Rumapar, K., Rumhayati, B., Triandi Tjahjanto, R. (2014). Adsorption of Lead and Copper Using Water Hyacinth Compost (*Eichornia Crassipes*). *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 3 (1), 27–34. doi: <https://doi.org/10.21776/ub.jpacr.2014.003.01.160>
 33. González, M., Mokry, G., de Nicolás, M., Baselga, J., Pozuelo, J. (2016). Carbon Nanotube Composites as Electromagnetic Shielding Materials in GHz Range. *Carbon Nanotubes - Current Progress of Their Polymer Composites*. doi: <https://doi.org/10.5772/62508>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224220

DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF ALUMINUM PHOSPHATE ON THE PROPERTIES OF QUARTZ CERAMICS (p. 15–21)

Olena Karasik

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5499-3971>

Tatyana Kozyreva

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9788-1005>

Vladyslav Dushyn

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0096-3398>

One of the significant disadvantages of quartz glass-based materials is their tendency to crystallize cristobalite during firing and, as a consequence, a significant deterioration in performance. In order to prevent crystallization of quartz ceramics during sintering, a number of additives are used. However, all known options some disadvantages, namely, relatively low strength values and increased coefficient of linear thermal expansion of products.

In this regard, a promising area of research is to study the effect of aluminum phosphate additives on the properties of quartz ceramics. According to the totality of properties, the addition of AlPO_4 in an amount of 20 wt % has the most positive effect on the characteristics of quartz ceramics. According to differential thermal analysis, it is noted that up to a temperature of 1,200 °C, no noticeable phase and modification transformations occur in the base mixtures. In the course of the work, it was found that the most appropriate firing mode is as follows: oxidizing medium; the products are immersed in a hot furnace, after being held at the maximum temperature, they are removed from the hot furnace, cooling occurs slowly in the air. The materials obtained in this way are characterized by the following properties: $\alpha=31.6 \cdot 10^{-7} \text{ deg}^{-1}$; $\sigma_{\text{comp}}=153 \text{ MPa}$; $P=2.7 \%$; $\text{tg}\delta$ and ϵ (frequency 10^{10} Hz , temperature 20 °C) 0.001 and 10, respectively. It is noted that the main crystal phase prevailing in the samples is aluminum phosphate. The microstructure of the material is characterized by the presence of a small number of residual pores and a densely sintered shard.

The proposed solution will significantly reduce power consumption, improve production performance and increase the basic properties of polyfunctional quartz ceramic products.

Keywords: quartz ceramics, aluminum phosphate, cristobalite, crystallization, slip casting, firing mode.

References

- Romashin, A. G. (2004). Nauchnye i prakticheskie aspekty izgotovleniya krupnogabaritnyh, slozhnoprofil'nyh izdeliy iz kvartsevoy keramiki. Chast' I. Statisticheskiy analiz ustoychivosti tehnologicheskogo protsessa izgotovleniya izdeliy. *Novye Ogneupory (New Refractories)*, 9, 34–40.
- Romashin, A. G. (2004). Nauchnye i prakticheskie aspekty izgotovleniya krupnogabaritnyh, slozhnoprofil'nyh izdeliy iz kvartsevoy keramiki. Chast' II. Analiz vzaimosvyazi urovnya svoystv tehnologicheskikh parametrov s kachestvom izdeliy iz kvartsevoy keramiki. *Novye Ogneupory (New Refractories)*, 11, 20–27.
- Pivinskii, Y. E. (2017). The half of a century period of the domestic ceramics technology development. Part I. *Novye Ogneupory (New Refractories)*, 3, 105–112. doi: <https://doi.org/10.17073/1683-4518-2017-3-105-112>
- Pivinskii, Y. E. (2017). Half a century development of the domestic quartz ceramics industry. Part 2. *Novye Ogneupory (New Refractories)*, 5, 23–30. doi: <https://doi.org/10.17073/1683-4518-2017-5-23-30>
- Pivinskii, Y. E. (2017). Half a century development of the domestic quartz ceramics industry. Part 3. *Novye Ogneupory (New Refractories)*, 7, 12–19. doi: <https://doi.org/10.17073/1683-4518-2017-7-12-19>
- Romashin, A. G., Rusin M. Yu., Boroday, F. Ya. (2004). Konstruktsionnye keramicheskie i voloknistye materialy na osnove kvartsevogo stekla. *Novye Ogneupory (New Refractories)*, 10, 12–18.
- Kilikoglou, V., Vekinis, G., Maniatis, Y., Day, P. M. (1998). Mechanical performance of quartz-tempered ceramics: Part I, strength and toughness. *Archaeometry*, 40 (2), 261–279. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1998.tb00837.x>
- Suzdal'tsev, E. I. (2014). Ceramic radio-transparent materials yesterday, today and tomorrow. *Novye Ogneupory (New Refractories)*, 10, 5–18. Available at: <https://newogneup.elpub.ru/jour/article/view/560/565>
- Suzdal'tsev, E. I. (2002). Radioprozrachnye, vysokotermostoykie materialy XXI veka. *Ogneupory i tehnikeskaya keramika*, 3, 42–50.
- Khomenko, E. S., Zaichuk, A. V., Karasik, E. V., Ivchenko, V. D., Sribniak, N. M., Datsenko, B. M. (2020). Improvement of strength characteristics of quartz ceramics. *Functional Materials*, 27 (2), 264–269. doi: <https://doi.org/10.15407/fm27.02.264>
- Polyakova, I. G. (2012). The Main Silica Phases and Some of Their Properties. *Glass: selected properties and crystallization*, 197–268. doi: <https://doi.org/10.1515/9783110298581.197>
- Chaklader, A. C. D., Roberts, A. L. (1961). Transformation of Quartz to Cristobalite. *Journal of the American Ceramic Society*, 44 (1), 35–41. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1961.tb15344.x>
- Pagliari, L., Dapiaggi, M., Pavese, A., Francescon, F. (2013). A kinetic study of the quartz–cristobalite phase transition. *Journal of the European Ceramic Society*, 33 (15-16), 3403–3410. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2013.06.014>
- Holmquist, S. B. (1961). Conversion of Quartz to Tridymite. *Journal of the American Ceramic Society*, 44 (2), 82–86. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1961.tb15355.x>
- Damby, D. E., Llewelin, E. W., Horwell, C. J., Williamson, B. J., Najorka, J., Cressey, G., Carpenter, M. (2014). The α – β phase transition in volcanic cristobalite. *Journal of Applied Crystallography*, 47 (4), 1205–1215. doi: <https://doi.org/10.1107/s160057671401070x>
- Kolobov, A. Y., Sycheva, G. A. (2020). Features of Crystallization and Characteristics of Quartz Glass Obtained on OAO Dinur Plasma Torches from the Quartz Sand of the Ramenskii Deposit. *Glass Physics and Chemistry*, 46 (3), 249–255. doi: <https://doi.org/10.1134/s1087659620030049>
- Nasyrov, R. S., Popov, S. A. (2012). Melting conditions for quartz glass of high purity and structural perfection. *Glass and Ceramics*, 69 (7-8), 224–228. doi: <https://doi.org/10.1007/s10717-012-9451-z>
- Borodaj, F. J., Suzdal'tsev, E. I., Shushkova, O. P. (2012). Pat. No. RU2513745C2. Method of producing quartz ceramics with lower annealing temperature. No. 2012127968/03; declared: 03.07.2012; published: 20.04.2014, Bul. No. 11.
- Ivakhnenko, Y. A., Varrik, N. M., Maksimov, V. G. (2016). The high-temperature radiolucent ceramic composite materials for the radomes and other products of aviation engineering (review). *Proceedings of VIAM*, 5, 36–43. doi: <https://doi.org/10.18577/2307-6046-2016-0-5-5-5>
- Khomenko, E. S., Karasik, E. V., Goleus, V. I. (2017). Impact of kaolin addition on properties of quartz ceramics. *Functional Materials*, 24 (4), 593–598. doi: <https://doi.org/10.15407/fm24.04.593>
- Khomenko, E. S., Zaichuk, A. V., Karasik, E. V., Kunitsa, A. A. (2018). Quartz ceramics modified by nanodispersed silica additive. *Functional materials*, 25 (3), 613–618. doi: <https://doi.org/10.15407/fm25.03.613>
- Nosenko, A. V., Hordieiev, Y. S., Goleus, V. I. (2018). Negative thermal expansion of titanium (III) oxide. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 1, 87–91. Available at: <https://udhtu.edu.ua/public/userfiles/file/VHHT/2018/1/Nosenko.pdf>
- Devamani, R., Alagar, M. (2012) Synthesis and Characterization of Aluminium Phosphate Nanoparticles. *International Journal of Applied Science and Engineering Research*, 1 (6), 769–775. doi: <https://doi.org/10.6088/ijaser.0020101078>
- Pivinskii, Y. E. (2007). Nanodisperse silica and some aspects of nanotechnologies in the field of silicate materials science. Part 2. *Refractories and Industrial Ceramics*, 48 (6), 435–443. doi: <https://doi.org/10.1007/s11148-008-9009-3>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224221
ESTABLISHING PATTERNS IN THE INFLUENCE
OF MICRO- AND NANO-DISPERSED MINERAL
ADDITIVES ON THE WATER RESISTANCE OF
CONSTRUCTION GYPSUM (p. 22–29)

Andrii Plugin

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6941-2076>

Artem Iefimenko

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9761-8728>

Olga Borziak

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8815-6936>

Edwin Gevorkyan

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0521-3577>

Oleksii Pluhin

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4627-1039>

This paper reports a study into the effect of mineral fillers such as ground granulated blast furnace slag, microsilica, and nano dispersed alumina on the structure formation and water resistance of gypsum. The theoretical models of gypsum stone structure with mineral fillers have been built and described, taking into consideration the sign of the surface charge of gypsum crystals and filler particles. In accordance with the developed models, the fillers enable the formation of a dense structure of gypsum stone as a compositional material with a large number of electro-heterogeneous contacts. With this structure, the gypsum dihydrate crystals are maximally protected from contact with water and dissolution. The electron microscopic study of the gypsum stone with mineral fillers has been carried out, which has confirmed that the rational ratio of gypsum to slag ensures the densest structure of the stone. The dependences of the strength of gypsum stone in the dry and water-saturated condition and a water resistance factor (softening) on the content of slag, micro-and nano dispersed filler, a water-hardened ratio, have been experimentally established. The introduction of a rational amount of microfiller with a negative surface charge (microsilica) has increased the water resistance ratio by 0.2–0.4 amounting to a value of 1. The introduction of a rational amount of micro-filler with a positive surface charge (nano dispersed alumina) has improved the water resistance ratio by 0.8 amounting to a value of 0.9. The established mechanism that forms the gypsum stone structure with fillers would make it possible to develop the compositions for a mineral binder based on gypsum, which could be used under wet operational conditions.

Keywords: gypsum dihydrate, crystalline hydrates, electro-heterogeneous contacts, blast furnace slag, microsilica, nano dispersed alumina.

References

- Lushnikova, N., Dvorkin, L. (2016). Sustainability of gypsum products as a construction material. *Sustainability of Construction Materials*, 643–681. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100370-1.00025-1>
- Petrovskaya, V., Buryanov, A., Novichenkova, T., Petrovskiy, K. (2018). Gypsum composites reinforcement. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 365, 032060. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/365/3/032060>
- Fischer, H.-B., Vtorov, B. (2002). Zur charakterisierung historischer gipsmörtel. *ZKG International*, 55 (5), 92–99. Available at: http://wtorov.narod.ru/Publikaz/ZKG_2002_1/Histor-Putz.htm
- Buryanov, A., Petrovskaya, V., Novichenkova, T. (2013). Structuring in Systems on the Basis of Calcium Sulfate Dihydrate. *Applied Mechanics and Materials*, 467, 91–96. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.467.91>
- Wansom, S., Chintasonkro, P., Srijampan, W. (2019). Water resistant blended cements containing flue-gas desulfurization gypsum, Portland cement and fly ash for structural applications. *Cement and Concrete Composites*, 103, 134–148. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.04.033>
- Zavadskaya, L. V., Berdov, G. I. (2016). Change of Structure and Strength of Gypsum at Adding Disperse Mineral Additives. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 12 (1), 86–93. doi: <https://doi.org/10.19026/rjaset.12.2306>
- Sun, H., Qian, J., Yang, Y., Fan, C., Yue, Y. (2020). Optimization of gypsum and slag contents in blended cement containing slag. *Cement and Concrete Composites*, 112, 103674. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103674>
- Egorova, A. D., Filippova, K. E. (2019). Ultra-disperse modifying zeolite-based additive for gypsum concretes. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 687, 022030. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/687/2/022030>
- Pervyshin, G. N., Yakovlev, G. I., Gordina, A. F., Keriene, J., Polyanskikh, I. S., Fischer, H.-B. et al. (2017). Water-resistant Gypsum Compositions with Man-made Modifiers. *Procedia Engineering*, 172, 867–874. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.087>
- Yakovlev, G., Polyanskikh, I., Fedorova, G., Gordina, A., Buryanov, A. (2015). Anhydrite and Gypsum Compositions Modified with Ultrafine Man-Made Admixtures. *Procedia Engineering*, 108, 13–21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.195>
- Sanytsky, M., Kropyvnytska, T., Fischer, H.-B., Kondratieva, N. (2019). Performance of Low Carbon Modified Composite Gypsum Binders with Increased Resistance. *Chemistry & Chemical Technology*, 13 (4), 495–502. doi: <https://doi.org/10.23939/chcht13.04.495>
- Kondratieva, N., Barre, M., Goutenoire, F., Sanytsky, M. (2017). Study of modified gypsum binder. *Construction and Building Materials*, 149, 535–542. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.140>
- Kondratieva, N., Barre, M., Goutenoire, F., Sanytsky, M., Rousseau, A. (2020). Effect of additives SiC on the hydration and the crystallization processes of gypsum. *Construction and Building Materials*, 235, 117479. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117479>
- Suárez, F., Felipe-Sesé, L., Díaz, F. A., Gálvez, J. C., Alberti, M. G. (2020). On the fracture behaviour of fibre-reinforced gypsum using micro and macro polymer fibres. *Construction and Building Materials*, 244, 118347. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118347>
- Plugin, A. N., Plugin, A. A., Kalinin, O. A., Miroshnichenko, S. V., Plugin, D. A., Kaganovskiy, A. S. et al.; Plugin, A. N. (Red.) (2012). *Osnovy teorii tverdeniya, prochnosti, razrusheniya i dolgovechnosti portlandtsementa, betona i konstruktsiy iz nih. Vol. 3. Teoriya prochnosti, razrusheniya i dolgovechnosti betona, zhelezobetona i konstruktsiy iz nih.* Kyiv: Nauk. dumka, 288.

16. Plugin, A. N., Fisher, H.-B., Plugin, A. A., Rapina, K. A. (2010). Mehanizm strukturoobrazovaniya i degidratatsii gipsovyyh vyazhushchih. *Zb. nauk. prats' UkrDAZT*, 115, 5–22.
17. Babushkin, V. I., Plugin, A. A., Kostyuk, T. A., Matvienko, V. A. (1999). Vliyanie aktivnykh poverhnostnykh tsemtrov na prochnost' svezheotformovannykh melkozernistykh betonov. *Naukovyi visnyk budivnytstva*, 5, 85–88.
18. Chepurina, S., Borziak, O., Zubenko, S. (2019). Concretes, Modified by the Addition of High-Diffused Chalk, for Small Architectural Forms. *Materials Science Forum*, 968, 82–88. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.968.82>
19. 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>
20. Krivenko, P. V., Petropavlovskiy, O., Rudenko, I., Konstantynovskiy, O. P. (2019). The Influence of Complex Additive on Strength and Proper Deformations of Alkali-Activated Slag Cements. *Materials Science Forum*, 968, 13–19. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.968.13>
21. Danchenko, Y., Andronov, V., Sopov, V., Khmyrov, I., Khrypynskyy, A. (2018). Acid-basic surface properties of clay disperse fillers. *MATEC Web of Conferences*, 230, 03004. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823003004>
22. Plugin, A. A., Pluhin, O. A., Borziak, O. S., Kaliuzhna, O. V. (2019). The Mechanism of a Penetrative Action for Portland Cement-Based Waterproofing Compositions. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 34–41. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7_5
23. Sopov, V., Pershina, L., Butskaya, L., Latorets, E., Makarenko, O. (2017). The role of chemical admixtures in the formation of the structure of cement stone. *MATEC Web of Conferences*, 116, 01018. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711601018>
24. Plugin, A. A., Plugin, O. A., Fisher, H.-B., Shabanova, G. N. (2011). Increase of gypsum water resistance by mineral additives. *Conference: 1 Weimarar Gipstagung*, 435–443.
25. Plugin, A. A., Fisher, H.-B., Borziak, O. S., Iefimenko, A. S. (2017). Influence of mineral fillers on the processes of structural formation of gypsum stone. *Naukovyi visnyk budivnytstva*, 90 (4), 116–119. Available at: https://vestnik%2Dconstruction.com.ua/images/pdf/4_90_2017/22.pdf
26. Babushkin, V. I., Novikova, S. P. (1973). O roli kolloidno-himicheskikh yavleniy v obemnykh izmeneniyakh tsementnogo kamnya i betona. *Tr. VNIIVODGEO*. Moscow, 133–144.
27. Babushkin, V. I., Kondrashchenko, E. V., Kostyuk, T. A., Novikova, S. P. (2002). K voprosu o metodologii izmereniya elektropoverhnostnykh svoystv chastits v vyazhushchih sistemah. *Budivnelni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika*, 17, 38–43.

DOI: [10.15587/1729-4061.2021.224223](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224223)

IMPROVEMENT OF CONTINUOUS TECHNOLOGY OF ELECTROCHEMICAL SYNTHESIS OF NICKEL HYDROXIDE BY IMPLEMENTATION OF SOLUTION RECYCLING (p. 30–38)

Vadym Kovalenko

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine
Competence center «Ecological technologies and systems»
Vyatka State University, Kirov, Russian Federation
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8012-6732>

Valerii Kotok

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine
Competence center «Ecological technologies and systems»
Vyatka State University, Kirov, Russian Federation
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8879-7189>

Nickel hydroxide is widely used in supercapacitors, alkaline batteries, for the electrocatalytic oxidation of organic contaminants, etc. Due to their electrochemical activity, Ni(OH)₂ (α+β) samples with a layer structure synthesized in a slit diaphragm electrolyzer are the most promising. To improve the continuous technology of electrochemical synthesis of nickel hydroxide, the possibility of recycling the spent catholyte containing sodium sulfate was determined. For this, samples of nickel hydroxide were synthesized from a solution of nickel sulfate in the presence of sodium sulfate with concentrations of 40, 60, 80, 100, and 120 g/L. The crystal structure of the samples was studied by X-ray phase analysis; the electrochemical properties were studied by the method of cyclic voltammetry. It was shown that the base sample obtained without the presence of sodium sulfate was a monophase layered (α+β) structure with a high content of α-modification. The crystallinity of the sample was not high. It was revealed that the presence of sodium sulfate led to a decrease in the crystallinity of nickel hydroxide due to an increase in the electrical conductivity of the solution and a decrease in the voltage in the electrolyzer. Cyclic voltammetry showed that synthesis in a slit diaphragm electrolyzer in the presence of Na₂SO₄ (40–80 g/L) did not lead to a significant change in the electrochemical activity of nickel hydroxide samples. An increase in the concentration of sodium sulfate in the catholyte to 100–120 g/L led to an increase in electrochemical activity – the specific current of the discharge peak was 3.7–3.9 A/g (compared to 2.1 A/g for the reference sample).

A comprehensive analysis of the characteristics of nickel hydroxide samples synthesized in the presence of sodium sulfate revealed the possibility and prospects of recycling the spent catholyte in a continuous technology for producing Ni(OH)₂ in a slit diaphragm electrolyzer. It was revealed that when introducing recycling, it was recommended to maintain a high concentration of sodium sulfate (80–100 g/L).

Keywords: nickel hydroxide, recycling, sodium sulfate, synthesis technology, electrochemical activity, slit diaphragm electrolyzer.

References

1. Hall, D. S., Lockwood, D. J., Bock, C., MacDougall, B. R. (2015). Nickel hydroxides and related materials: a review of their structures, synthesis and properties. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 471 (2174), 20140792. doi: <http://doi.org/10.1098/rspa.2014.0792>
2. Vidotti, M., Torresi, R., Torresi, S. I. C. de. (2010). Nickel hydroxide modified electrodes: a review study concerning its structural and electrochemical properties aiming the application in electrocatalysis, electrochromism and secondary batteries. *Química Nova*, 33 (10), 2176–2186. doi: <http://doi.org/10.1590/s0100-40422010001000030>
3. Chen, J., Bradhurst, D. H., Dou, S. X., Liu, H. K. (1999). Nickel Hydroxide as an Active Material for the Positive Electrode in Rechargeable Alkaline Batteries. *Journal of The Electrochemical Society*, 146 (10), 3606–3612. doi: <http://doi.org/10.1149/1.1392522>
4. Sun, Y.-K., Lee, D.-J., Lee, Y. J., Chen, Z., Myung, S.-T. (2013). Cobalt-Free Nickel Rich Layered Oxide Cathodes for Lithium-Ion Batteries. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 5 (21), 11434–11440. doi: <http://doi.org/10.1021/am403684z>

5. Lang, J.-W., Kong, L.-B., Liu, M., Luo, Y.-C., Kang, L. (2009). Asymmetric supercapacitors based on stabilized α -Ni(OH)₂ and activated carbon. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 14 (8), 1533–1539. doi: <http://doi.org/10.1007/s10008-009-0984-1>
6. Lang, J.-W., Kong, L.-B., Wu, W.-J., Liu, M., Luo, Y.-C., Kang, L. (2008). A facile approach to the preparation of loose-packed Ni(OH)₂ nanoflake materials for electrochemical capacitors. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 13 (2), 333–340. doi: <http://doi.org/10.1007/s10008-008-0560-0>
7. Aghazadeh, M., Ghaemi, M., Sabour, B., Dalvand, S. (2014). Electrochemical preparation of α -Ni(OH)₂ ultrafine nanoparticles for high-performance supercapacitors. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 18 (6), 1569–1584. doi: <http://doi.org/10.1007/s10008-014-2381-7>
8. Zheng, C., Liu, X., Chen, Z., Wu, Z., Fang, D. (2014). Excellent supercapacitive performance of a reduced graphene oxide/Ni(OH)₂ composite synthesized by a facile hydrothermal route. *Journal of Central South University*, 21 (7), 2596–2603. doi: <http://doi.org/10.1007/s11771-014-2218-7>
9. Wang, B., Williams, G. R., Chang, Z., Jiang, M., Liu, J., Lei, X., Sun, X. (2014). Hierarchical NiAl Layered Double Hydroxide/Multiwalled Carbon Nanotube/Nickel Foam Electrodes with Excellent Pseudocapacitive Properties. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 6 (18), 16304–16311. doi: <http://doi.org/10.1021/am504530e>
10. Kotok, V., Kovalenko, V. (2017). The properties investigation of the faradaic supercapacitor electrode formed on foamed nickel substrate with polyvinyl alcohol using. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (12 (88)), 31–37. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108839>
11. Kotok, V. A., Kovalenko, V. L., Solovov, V. A., Kovalenko, P. V., Ananchenko, B. A. (2018). Effect of deposition time on properties of electrochromic nickel hydroxide films prepared by cathodic template synthesis. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13 (9), 3076–3086.
12. Kotok, V., Kovalenko, V. (2018). A study of the effect of tungstate ions on the electrochromic properties of Ni(OH)₂ films. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (12 (95)), 18–24. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.145223>
13. Wang, Y., Zhang, D., Peng, W., Liu, L., Li, M. (2011). Electrocatalytic oxidation of methanol at Ni–Al layered double hydroxide film modified electrode in alkaline medium. *Electrochimica Acta*, 56 (16), 5754–5758. doi: <http://doi.org/10.1016/j.electacta.2011.04.049>
14. Huang, W., Li, Z. L., Peng, Y. D., Chen, S., Zheng, J. F., Niu, Z. J. (2005). Oscillatory electrocatalytic oxidation of methanol on an Ni(OH)₂ film electrode. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 9 (5), 284–289. doi: <http://doi.org/10.1007/s10008-004-0599-5>
15. Fan, Y., Yang, Z., Cao, X., Liu, P., Chen, S., Cao, Z. (2014). Hierarchical Macro-Mesoporous Ni(OH)₂ for Nonenzymatic Electrochemical Sensing of Glucose. *Journal of the Electrochemical Society*, 161 (10), B201–B206. doi: <http://doi.org/10.1149/2.0251410jes>
16. Miao, Y., Ouyang, L., Zhou, S., Xu, L., Yang, Z., Xiao, M., Ouyang, R. (2014). Electrocatalysis and electroanalysis of nickel, its oxides, hydroxides and oxyhydroxides toward small molecules. *Biosensors and Bioelectronics*, 53, 428–439. doi: <http://doi.org/10.1016/j.bios.2013.10.008>
17. Kovalenko, V., Kotok, V., Bolotin, A. (2016) Definition of factors influencing on Ni(OH)₂ electrochemical characteristics for supercapacitors. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (6 (83)), 17–22. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.79406>
18. Ramesh, T. N., Kamath, P. V., Shivakumara, C. (2005). Correlation of Structural Disorder with the Reversible Discharge Capacity of Nickel Hydroxide Electrode. *Journal of The Electrochemical Society*, 152 (4), A806. doi: <http://doi.org/10.1149/1.1865852>
19. Zhao, Y., Zhu, Z., Zhuang, Q.-K. (2005). The relationship of spherical nano-Ni(OH)₂ microstructure with its voltammetric behavior. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 10 (11), 914–919. doi: <http://doi.org/10.1007/s10008-005-0035-5>
20. Jayashree, R. S., Kamath, P. V., Subbanna, G. N. (2000). The Effect of Crystallinity on the Reversible Discharge Capacity of Nickel Hydroxide. *Journal of The Electrochemical Society*, 147 (6), 2029. doi: <http://doi.org/10.1149/1.1393480>
21. Jayashree, R. S., Kamath, P. V. (1999). Factors governing the electrochemical synthesis of α -nickel (II) hydroxide. *Journal of Applied Electrochemistry*, 29 (4), 449–454. doi: <http://doi.org/10.1023/a:1003493711239>
22. Kotok, V., Kovalenko, V. (2019) Definition of the influence of obtaining method on physical and chemical characteristics of Ni(OH)₂ powders. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (12 (97)), 21–27. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.145223>
23. Ramesh, T. N., Kamath, P. V. (2006). Synthesis of nickel hydroxide: Effect of precipitation conditions on phase selectivity and structural disorder. *Journal of Power Sources*, 156 (2), 655–661. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2005.05.050>
24. Rajamathi, M., Vishnu Kamath, P., Seshadri, R. (2000). Polymorphism in nickel hydroxide: role of interstratification. *Journal of Materials Chemistry*, 10 (2), 503–506. doi: <http://doi.org/10.1039/a905651c>
25. Rajamathi, M., Subbanna, G. N., Kamath P. V. (1997). On the existence of a nickel hydroxide phase which is neither α nor β . *Journal of Materials Chemistry*, 7 (11), 2293–2296. doi: <http://doi.org/10.1039/a700390k>
26. Hu, M., Yang, Z., Lei, L., Sun, Y. (2011). Structural transformation and its effects on the electrochemical performances of a layered double hydroxide. *Journal of Power Sources*, 196 (3), 1569–1577. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2010.08.041>
27. Cordoba de Torresi, S. I., Provazi, K., Malta, M., Torresib, R. M. (2001). Effect of Additives in the Stabilization of the α Phase of Ni(OH)₂ Electrodes. *Journal of The Electrochemical Society*, 148 (10), A1179–A1184. doi: <http://doi.org/10.1149/1.1403731>
28. Zhang, Z., Zhu, Y., Bao, J., Zhou, Z., Lin, X., Zheng, H. (2012). Structural and electrochemical performance of additives-doped α -Ni(OH)₂. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, 27 (3), 538–541. doi: <http://doi.org/10.1007/s11595-012-0500-9>
29. Sugimoto, A., Ishida, S., Hanawa, K. (1999). Preparation and Characterization of Ni/Al-Layered Double Hydroxide. *Journal of The Electrochemical Society*, 146 (4), 1251–1255. doi: <http://doi.org/10.1149/1.1391754>
30. Zhen, F. Z., Quan, J. W., Min, Y. L., Peng, Z., Jun, J. L. (2004). A study on the structure and electrochemical characteristics of a Ni/Al double hydroxide. *Metals and Materials International*, 10 (5), 485–488. doi: <http://doi.org/10.1007/bf03027353>
31. Liu, B., Wang, X. Y., Yuan, H. T., Zhang, Y. S., Song, D. Y., Zhou, Z. X. (1999). Physical and electrochemical characteristics of aluminium-substituted nickel hydroxide. *Journal of Applied*

- Electrochemistry, 29 (7), 853–858. doi: <http://doi.org/10.1023/a:1003537900947>
32. Caravaggio, G. A., Detellier, C., Wronski, Z. (2001). Synthesis, stability and electrochemical properties of NiAl and NiV layered double hydroxides. *Journal of Materials Chemistry*, 11 (3), 912–921. doi: <http://doi.org/10.1039/b004542j>
 33. Li, Y. W., Yao, J. H., Liu, C. J., Zhao, W. M., Deng, W. X., Zhong, S. K. (2010). Effect of interlayer anions on the electrochemical performance of Al-substituted α -type nickel hydroxide electrodes. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35 (6), 2539–2545. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.01.015>
 34. Zhao, Y. (2004). Al-substituted α -nickel hydroxide prepared by homogeneous precipitation method with urea. *International Journal of Hydrogen Energy*, 29 (8), 889–896. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2003.10.006>
 35. Lei, L., Hu, M., Gao, X., Sun, Y. (2008). The effect of the interlayer anions on the electrochemical performance of layered double hydroxide electrode materials. *Electrochimica Acta*, 54 (2), 671–676. doi: <http://doi.org/10.1016/j.electacta.2008.07.004>
 36. Faour, A., Mousty, C., Prevot, V., Devouard, B., De Roy, A., Bordet, P. et al. (2012). Correlation among Structure, Microstructure, and Electrochemical Properties of NiAl–CO₃ Layered Double Hydroxide Thin Films. *The Journal of Physical Chemistry C*, 116 (29), 15646–15659. doi: <http://doi.org/10.1021/jp300780w>
 37. Kotok, V., Kovalenko, V., Vlasov, S. (2018). Investigation of NiAl hydroxide with silver addition as an active substance of alkaline batteries. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (93)), 6–11. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133465>
 38. Kovalenko, V., Kotok, V. (2017). Study of the influence of the template concentration under homogeneous precipitation on the properties of Ni(OH)₂ for supercapacitors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (88)), 17–22. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.106813>
 39. Kovalenko, V., Kotok, V. (2017). Obtaining of Ni–Al layered double hydroxide by slit diaphragm electrolyzer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (86)), 11–17. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.95699>
 40. Kovalenko, V., Kotok, V. (2017). Definition of effectiveness of β -Ni(OH)₂ application in the alkaline secondary cells and hybrid supercapacitors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (6 (89)), 17–22. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110390>
 41. Li, J., Luo, F., Tian, X., Lei, Y., Yuan, H., Xiao, D. (2013). A facile approach to synthesis coral-like nanoporous β -Ni(OH)₂ and its supercapacitor application. *Journal of Power Sources*, 243, 721–727. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2013.05.172>
 42. Kovalenko, V., Kotok, V. (2018). Influence of ultrasound and template on the properties of nickel hydroxide as an active substance of supercapacitors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (12 (93)), 32–39. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133548>
 43. Kovalenko, V. L., Kotok, V. A., Sykchin, A. A., Mudryi, I. A., Ananchenko, B. A., Burkov, A. A. et al. (2017). Nickel hydroxide obtained by high-temperature two-step synthesis as an effective material for supercapacitor applications. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 21 (3), 683–691. doi: <http://doi.org/10.1007/s10008-016-3405-2>
 44. Kovalenko, V. L., Kotok, V. A., Sykchin, A., Ananchenko, B. A., Chernyad'ev, A. V., Burkov, A. A. et al. (2020). Al³⁺ Additive in the Nickel Hydroxide Obtained by High-Temperature Two-Step Synthesis: Activator or Poisoner for Chemical Power Source Application? *Journal of The Electrochemical Society*, 167 (10), 100530. doi: <http://doi.org/10.1149/1945-7111/ab9a2a>
 45. Miao, C., Zhu, Y., Zhao, T., Jian, X., Li, W. (2015). Synthesis and electrochemical performance of mixed phase α/β nickel hydroxide by codoping with Ca²⁺ and PO₄³⁻. *Ionics*, 21 (12), 3201–3208. doi: <http://doi.org/10.1007/s11581-015-1507-y>
 46. Li, Y., Yao, J., Zhu, Y., Zou, Z., Wang, H. (2012). Synthesis and electrochemical performance of mixed phase α/β nickel hydroxide. *Journal of Power Sources*, 203, 177–183. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2011.11.081>
 47. Kovalenko, V., Kotok, V. (2018). Comparative investigation of electrochemically synthesized ($\alpha+\beta$) layered nickel hydroxide with mixture of α -Ni(OH)₂ and β -Ni(OH)₂. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (92)), 16–22. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.125886>
 48. Kotok, V., Kovalenko, V., Malyshev, V. (2017). Comparison of oxygen evolution parameters on different types of nickel hydroxide. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (12 (89)), 12–19. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.109770>
 49. Kotok, V., Kovalenko, V. (2018). Definition of the aging process parameters for nickel hydroxide in the alkaline medium. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (12 (92)), 54–60. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127764>
 50. Ezhov, B. B., Rozovski, V. M. (1991). Anions as activators for nickel hydroxides electrode. 42th Meet. of the Int. Soc. Electrochem. Montreux, Abstract No. 7-026.
 51. Ezhov, B. B., Rozovski, V. M. (1991). Anionic activation of the nickel hydroxide electrode used in alkaline storage batteries. 33rd IUPAC Congress. Budapest, Abstract No. 3030.
 52. Burmistr, M. V., Boiko, V. S., Lipko, E. O., Gerasimenko, K. O., Gomza, Y. P., Vesnin, R. L. et al. (2014). Antifriction and Construction Materials Based on Modified Phenol-Formaldehyde Resins Reinforced with Mineral and Synthetic Fibrous Fillers. *Mechanics of Composite Materials*, 50 (2), 213–222. doi: <http://doi.org/10.1007/s11029-014-9408-0>
 53. Kovalenko, V., Kotok, V. (2019). Anionic carbonate activation of layered ($\alpha+\beta$) nickel hydroxide. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (99)), 44–52. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.169461>
 54. Kovalenko, V., Kotok, V. (2019). Influence of the carbonate ion on characteristics of electrochemically synthesized layered ($\alpha+\beta$) nickel hydroxide. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (6 (97)), 40–46. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155738>
 55. Vasserman, I. N. (1980). *Khimicheskoe osazhdenie iz rastvorov*. Leningrad: Khimia, 208.
 56. Qing, L., Haifang, N., Yun, C., Xiaoyan, C., Yongjun, L., Gang, C. (2013). Preparation and supercapacitor application of the single crystal nickel hydroxide and oxide nanosheets. *Materials Research Bulletin*, 48 (9), 3518–3526. doi: <http://doi.org/10.1016/j.materresbull.2013.05.049>
 57. Fang, B., Gu, A., Wang, G., Li, B., Zhang, C., Fang, Y., Zhang, X. (2009). Synthesis hexagonal β -Ni(OH)₂ nanosheets for use in

- electrochemistry sensors. *Microchimica Acta*, 167 (1-2), 47–52. doi: <http://doi.org/10.1007/s00604-009-0213-8>
58. Gourrier, L., Deabate, S., Michel, T., Paillet, M., Hermet, P., Bantignies, J.-L., Henn, F. (2011). Characterization of Unusually Large “Pseudo-Single Crystal” of β -Nickel Hydroxide. *The Journal of Physical Chemistry C*, 115 (30), 15067–15074. doi: <http://doi.org/10.1021/jp203222t>
59. Liu, C., Li, Y. (2009). Synthesis and characterization of amorphous α -nickel hydroxide. *Journal of Alloys and Compounds*, 478 (1-2), 415–418. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jallcom.2008.11.049>
60. Kotok, V., Kovalenko, V. (2020) The study of the increased temperature influence on the electrochrome and electrochemical characteristics of Ni(OH)₂-PVA composite films. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (105)), 6–12. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205352>
61. Li, Y., Yang, Q., Yao, J., Zhang, Z., Liu, C. (2010). Effect of synthesis temperature on the phase structure and electrochemical performance of nickel hydroxide. *Ionics*, 16 (3), 221–225. doi: <http://doi.org/10.1007/s11581-009-0397-2>
62. Ramesh, T. N., Kamath, P. V. (2008) Temperature-induced control over phase selection among hydroxides of nickel. *Bulletin of Materials Science*, 31 (2), 169–172. doi: <http://doi.org/10.1007/s12034-008-0029-x>
63. Zhang, W. H., Guo, X. D., He, J., Qian, Z. Y. (2008). Preparation of Ni(II)/Ti(IV) layered double hydroxide at high supersaturation. *Journal of the European Ceramic Society*, 28 (8), 1623–1629. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2007.11.016>
64. He, J., Wei, M., Li, B., Kang, Y., Evans, D. G., Duan, X. (2006). Preparation of Layered Double Hydroxides. *Struct Bond*, 119, 89–119. doi: http://doi.org/10.1007/430_006
65. Lei, L., Hu, M., Gao, X., Sun, Y. (2008). The effect of the interlayer anions on the electrochemical performance of layered double hydroxide electrode materials. *Electrochimica Acta*, 54 (2), 671–676. doi: <http://doi.org/10.1016/j.electacta.2008.07.004>
66. Kovalenko, V., Kotok, V. (2020). The change in the nickel hydroxide properties under the influence of thermal field *in situ* and *ex situ* during electrochemical synthesis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (12 (106)), 31–38. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.194610>
67. Kovalenko, V., Kotok, V., Kovalenko, I. (2018). Activation of the nickel foam as a current collector for application in supercapacitors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (12 (93)), 56–62. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133472>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224224

DEVELOPMENT OF A NEW SUSPENSION ELECTROLYTE BASED ON METHANESULPHONIC ACID FOR THE ELECTRODEPOSITION OF Cu–TiO₂ COMPOSITES (p. 39–47)

Irina Sknar

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8433-1285>

Yuri Sknar

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1188-3684>

Tatyana Hrydnieva

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0214-4636>

Pavel Riabik

Ukrainian State University of Chemical Technology,
 Dnipro, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1804-9051>

Oksana Demchyshyna

Kryvyi Rih National University,
 Kryvyi Rih, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0828-3311>

Dmitriy Gerasimenko

Dnipro National University of Railway Transport named after
 Academician V. Lazaryan,
 Dnipro, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0795-761X>

Electrodeposition of composite coatings based on copper is a promising direction in the creation of advanced materials for multifunctional purposes. An important area of composites application is to use them in the treatment systems for gas emissions and wastewater. It is advisable to use semiconductor oxide materials, in particular titanium dioxide, as the photocatalysts in the photo destruction of organic pollutants of wastewater. The structural features of wastewater treatment equipment require that titanium dioxide particles should be fixed in a rigid matrix. Resolving the task of fixing photosensitive elements at the surface of a certain configuration implies the electrodeposition of coatings by composites, in particular Cu–TiO₂. An important factor affecting the functional characteristics of composites and their manufacturing technology is the nature of the electrolyte. It has been shown that the electrodeposition of Cu–TiO₂ composites from methane-sulfonate electrolytes makes it possible to reduce the coagulation of the dispersed phase and to obtain coatings with a high content of titanium dioxide from a suspension solution containing no more than 4 g/l of TiO₂. It was established that the content of the dispersed phase in the composite made at a current density of 2 A/dm² and the concentration of titanium dioxide in the electrolyte at the level of 4 g/l is 1.3 % by weight, which is twice as much as when using a sulfate electrolyte. It has been shown that the increase in the content of the dispersed phase in the coatings from 0.1 to 1.3 % by weight is accompanied by an increase in the degree of photo destruction of the colorant from 6 to 15.5 %. The micro-hardness of coatings increases, in this case, by 30 %. The proposed electrolyte to make the Cu–TiO₂ composites is an important contribution to the development of the synthesis of wear-resistant high-performance photocatalysts for treating wastewater from organic pollutants.

Keywords: methane-sulfonate electrolyte, composite coatings, titanium dioxide, photocatalysis, micro-hardness.

References

1. Obinna, I. B., Ebere, E. C. (2019). A review: Water pollution by heavy metal and organic pollutants: Brief review of sources, effects and progress on remediation with aquatic plants. *Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal*, 2 (03), 5–38. doi: <https://doi.org/10.24200/amecj.v2.i03.66>
2. Sharma, S., Bhattacharya, A. (2016). Drinking water contamination and treatment techniques. *Applied Water Science*, 7 (3), 1043–1067. doi: <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0455-7>
3. Teoh, W. Y., Scott, J. A., Amal, R. (2012). Progress in Heterogeneous Photocatalysis: From Classical Radical Chemistry to Engineering

- Nanomaterials and Solar Reactors. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 3 (5), 629–639. doi: <https://doi.org/10.1021/jz3000646>
4. Argurio, P., Fontananova, E., Molinari, R., Drioli, E. (2018). Photocatalytic Membranes in Photocatalytic Membrane Reactors. *Processes*, 6 (9), 162. doi: <https://doi.org/10.3390/pr6090162>
 5. Gupta, S., Tripathi, M. (2012). A review on the synthesis of TiO₂ nanoparticles by solution route. *Open Chemistry*, 10 (2), 279–294. doi: <https://doi.org/10.2478/s11532-011-0155-y>
 6. Rasalingam, S., Peng, R., Koodali, R. T. (2014). Removal of Hazardous Pollutants from Wastewaters: Applications of TiO₂-SiO₂ Mixed Oxide Materials. *Journal of Nanomaterials*, 2014, 1–42. doi: <https://doi.org/10.1155/2014/617405>
 7. Gupta, V. K., Jain, R., Nayak, A., Agarwal, S., Shrivastava, M. (2011). Removal of the hazardous dye – Tartrazine by photodegradation on titanium dioxide surface. *Materials Science and Engineering: C*, 31 (5), 1062–1067. doi: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2011.03.006>
 8. Davis, R. J., Gainer, J. L., O'Neal, G., Wu, I.-W. (1994). Photocatalytic decolorization of wastewater dyes. *Water Environment Research*, 66 (1), 50–53. doi: <https://doi.org/10.2175/wer.66.1.8>
 9. Aruna, S. T., Muniprakash, M., William Grips, V. K. (2013). Effect of titania particles preparation on the properties of Ni–TiO₂ electrodeposited composite coatings. *Journal of Applied Electrochemistry*, 43 (8), 805–815. doi: <https://doi.org/10.1007/s10800-013-0565-y>
 10. Mohajeri, S., Dolati, A., Ghorbani, M. (2015). The influence of pulse plating parameters on the electrocodeposition of Ni-TiO₂ nanocomposite single layer and multilayer structures on copper substrates. *Surface and Coatings Technology*, 262, 173–183. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surcoat.2014.12.042>
 11. Wang, J., Xu, R., Zhang, Y. (2012). Study on characteristics of Ni-W-B composites containing CeO₂ nano-particles prepared by pulse electrodeposition. *Journal of Rare Earths*, 30 (1), 43–47. doi: [https://doi.org/10.1016/s1002-0721\(10\)60636-9](https://doi.org/10.1016/s1002-0721(10)60636-9)
 12. Berçot, P., Peña-Muñoz, E., Pagetti, J. (2002). Electrolytic composite Ni–PTFE coatings: an adaptation of Guglielmi's model for the phenomena of incorporation. *Surface and Coatings Technology*, 157 (2-3), 282–289. doi: [https://doi.org/10.1016/s0257-8972\(02\)00180-9](https://doi.org/10.1016/s0257-8972(02)00180-9)
 13. Khorashadzade, F., Saghafian, H., Rastegari, S. (2019). Effect of electrodeposition parameters on the microstructure and properties of Cu-TiO₂ nanocomposite coating. *Journal of Alloys and Compounds*, 770, 98–107. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.08.020>
 14. Gomes, A., da Silva Pereira, M. I., Mendonça, M. H., Costa, F. M. (2004). Zn–TiO₂ composite films prepared by pulsed electrodeposition. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 9 (4), 190–196. doi: <https://doi.org/10.1007/s10008-004-0573-2>
 15. Lajevardi, S. A., Shahrabi, T. (2010). Effects of pulse electrodeposition parameters on the properties of Ni–TiO₂ nanocomposite coatings. *Applied Surface Science*, 256 (22), 6775–6781. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2010.04.088>
 16. Sknar, Yu. E., Savchuk, O. O., Sknar, I. V., Danilov, F. I. (2017). Properties of Ni-TiO₂ composites electrodeposited from methanesulfonate electrolyte. *Functional Materials*, 24 (3), 469–475. doi: <https://doi.org/10.15407/fm24.03.469>
 17. Carp, O., Huisman, C. L., Reller, A. (2004). Photoinduced reactivity of titanium dioxide. *Progress in Solid State Chemistry*, 32 (1-2), 33–177. doi: <https://doi.org/10.1016/j.progsolidstchem.2004.08.001>
 18. Warriar, K. G. K., Rohatgi, P. K. (1986). Mechanical, Electrical, and Electrical Contact Properties of Cu–TiO₂ Composites. *Powder Metallurgy*, 29 (1), 65–69. doi: <https://doi.org/10.1179/pom.1986.29.1.65>
 19. Sknar, I., Petrenko, L., Cheremysynova, A., Plyasovskaya, K., Kozlov, Y., Amirulloeva, N. (2017). Investigation of adsorption behavior of smoothing additives in copper plating electrolytes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11 (86)), 43–49. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.95724>
 20. Moghanian, A., Sharifianjazi, F., Abachi, P., Sadeghi, E., Jafarikhorami, H., Sedghi, A. (2017). Production and properties of Cu/TiO₂ nano-composites. *Journal of Alloys and Compounds*, 698, 518–524. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2016.12.180>
 21. Fawzy, M. H., Ashour, M. M., El-Halim, A. M. A. (1995). Effect of Some Operating Variables on the Characteristics of Electrodeposited Cu- α -Al₂O₃ and Cu-TiO₂ Composites. *Transactions of the IMF*, 73 (4), 132–138. doi: <https://doi.org/10.1080/00202967.1995.11871075>
 22. Iticescu, C., Carac, G., Mitoseriu, O., Lampkt, T. (2008). Electrochemical deposition of composite coatings in copper matrix with TiO₂ nanoparticles. *Revue Roumaine de Chimie*, 53 (1), 43–47.
 23. Ramalingam, S., Muralidharan, V. S., Subramania, A. (2009). Electrodeposition and characterization of Cu-TiO₂ nanocomposite coatings. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 13 (11), 1777–1783. doi: <https://doi.org/10.1007/s10008-009-0870-x>
 24. Ning, D., Zhang, A., Wu, H. (2019). Cu-TiO₂ composites with high incorporated and uniform distributed TiO₂ particles prepared by jet electrodeposition. *Surface Engineering*, 35 (12), 1048–1054. doi: <https://doi.org/10.1080/02670844.2019.1598024>
 25. Ning, D., Zhang, A., Murtaza, M., Wu, H. (2019). Effect of surfactants on the electrodeposition of Cu-TiO₂ composite coatings prepared by jet electrodeposition. *Journal of Alloys and Compounds*, 777, 1245–1250. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.11.077>
 26. Sknar, Y. E., Amirulloeva, N. V., Sknar, I. V., Danylov, F. I. (2016). Electrodeposition of Ni–ZrO₂ Nanocomposites from Methanesulfonate Electrolytes. *Materials Science*, 51 (6), 877–884. doi: <https://doi.org/10.1007/s11003-016-9916-2>
 27. Sknar, Y. E., Amirulloeva, N. V., Sknar, I. V., Danylov, F. I. (2016). Influence of Methylsulfonate Anions on the Structure of Electrolytic Cobalt Coatings. *Materials Science*, 52 (3), 396–401. doi: <https://doi.org/10.1007/s11003-016-9970-9>
 28. Sknar, Y., Sknar, I., Cheremysynova, A., Yermolenko, I., Karakurkchi, A., Mizin, V. et. al. (2017). Research into composition and properties of the Ni–Fe electrolytic alloy. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (12 (88)), 4–10. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.106864>
 29. Danilov, F. I., Sknar, Y. E., Tkach, I. G., Sknar, I. V. (2015). Electrodeposition of nickel-based nanocomposite coatings from cerium(III)-ion-containing methanesulfonate electrolytes. *Russian Journal of Electrochemistry*, 51 (4), 294–298. doi: <https://doi.org/10.1134/s1023193515040023>
 30. Sknar, I. V., Sknar, Yu. E., Savchuk, O. O., Baskevich, A. S., Kozhura, O., Hrydnieva, T. V. (2020). Electrodeposition of copper from a methanesulphonate electrolyte. *Journal of chemistry and technologies*, 28 (1), 1–9. doi: <https://doi.org/10.15421/082001>
 31. Ohtani, B., Prieto-Mahaney, O. O., Li, D., Abe, R. (2010). What is Degussa (Evonik) P25? Crystalline composition analysis, reconstruction from isolated pure particles and photocatalytic activity test. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 216 (2-3), 179–182. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2010.07.024>
 32. Mikhailov, I. F., Baturin, A. A., Mikhailov, A. I., Fomina, L. P. (2016). Perspectives of development of X-ray analysis for mate-

rial composition. *Functional Materials*, 23 (1), 5–14. doi: <https://doi.org/10.15407/fm23.01.005>

33. Baranova, V. I., Bibik, E. E., Kozhevnikova, N. M., Malov, V. A. (1989). *Raschety i zadachi po kolloidnoy himii*. Moscow: Vysshaya shkola, 286.
34. Mahlambi, M. M., Mishra, A. K., Mishra, S. B., Raichur, A. M., Mamba, B. B., Krause, R. W. (2012). Layer-by-layer self-assembled metal-ion- (Ag-, Co-, Ni-, and Pd-) doped TiO₂ nanoparticles: synthesis, characterisation, and visible light degradation of Rhodamine B. *Journal of Nanomaterials*, 2012, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1155/2012/302046>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.217730

EFFECT OF COCONUT FIBER TREATMENT WITH LIMESTONE WATER MEDIA ON THE FIBER SURFACE, WETTABILITY, AND INTERFACE SHEAR STRENGTH (p. 48–56)

Sutrisno

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4135-4131>

Rudy Soenoko

Brawijaya University, Malang, Indonesia,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0537-4189>

Yudy Surya Irawan

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7593-8931>

Teguh Dwi Widodo

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7005-7315>

The development of technology has increased the need for composite materials, where the technology of composite materials with natural fiber reinforcement is growing. The existence of natural fiber is very abundant, and it has not been fully utilized. Until now, the use of coconut fiber was still limited to the furniture and household handicraft industries. Coconut coir fiber has the potential as a raw material for composite materials. The lack of strength of the bonds is due to the hydrophobic fiber, and the fiber surface is less rough, and dirty. This study evaluates the coir surface characteristic of the fiber and its bounding with the polyester matrix after being treated by limestone water. The scanning electron microscope was used for observing fiber surfaces and surface matrix. The wettability test to observe fiber surface energy was performed. Interface shear strength to evaluate the bonds between fibers and matrix was determined. Coconut coir fibers were immersed in limestone water, with a 5 % percentage of limestone and time variations of 0, 4, 8, 12, 16, and 20 hours. The scanning microscope electron observations of fibers show that the fiber surface tends to be clean, rough, and grooved. The highest surface energy was obtained at 40.74 mN/m during the limestone water immersion for 8 hours. The highest value of the interface shear strength between the fiber and the matrix is 3.80 MPa during 8-hour immersion, 0, 4, 12, 16, and 20-hour immersion, respectively, 3.02, 3.09, 3.52, 3.47, and 4.40 MPa. The results showed that coir fiber with limestone water immersion for 8 hours had a clean, rough, and grooved surface so that the bond between the fiber and matrix was better. This research shows that limestone water can be used as a fiber treatment medium which was natural.

Keywords: limestone, coconut fiber, immersion, surface fiber, wettability, interfacial shear strength.

References

1. Mohan, T. P., Kanny, K. (2012). Chemical treatment of sisal fiber using alkali and clay method. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 43 (11), 1989–1998. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2012.07.012>
2. Elanchezian, C., Ramnath, B. V., Ramakrishnan, G., Rajendrakumar, M., Naveenkumar, V., Saravanakumar, M. K. (2018). Review on mechanical properties of natural fiber composites. *Materials Today: Proceedings*, 5 (1), 1785–1790. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.276>
3. Madhu, P., Sanjay, M. R., Senthamarai Kannan, P., Pradeep, S., Saravanakumar, S. S., Yogesh, B. (2018). A review on synthesis and characterization of commercially available natural fibers: Part-I. *Journal of Natural Fibers*, 16 (8), 1132–1144. doi: <https://doi.org/10.1080/15440478.2018.1453433>
4. Ponorogo, S. (2017). Indonesia, Negara Produsen Kelapa Terbesar di Dunia. *Data Nat. Resour. potential Ponorogo Regency*.
5. Kabir, M. M., Wang, H., Lau, K. T., Cardona, F. (2013). Effects of chemical treatments on hemp fibre structure. *Applied Surface Science*, 276, 13–23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.02.086>
6. Khalil, H. P. S. A., Alwani, M. S., Omar, A. K. M. (2006). Chemical composition, anatomy, lignin distribution, and cell wall structure of Malaysian plant waste fibers. *BioResources*, 1 (2), 220–232. doi: <https://doi.org/10.15376/biores.1.2.220-232>
7. Muensri, P., Kunanopparat, T., Menut, P., Siritwattanayotin, S. (2011). Effect of lignin removal on the properties of coconut coir fiber/wheat gluten biocomposite. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 42 (2), 173–179. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2010.11.002>
8. Arsyad, M., Wardana, I. N. G., Pratikto, Irawan, Y. S. (2015). The morphology of coconut fiber surface under chemical treatment. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 20 (1), 169–177. doi: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620150001.0017>
9. Cao, Y., Sakamoto, S., Goda, K. (2007). Effects of heat and alkali treatments on mechanical properties of kenaf fibers. 16-th International Conference on Composite Materials. Available at: http://www.iccm-central.org/Proceedings/ICCM16proceedings/contents/pdf/MonG/MoGM1-02ge_caoy223305p.pdf
10. Reddy, K. O., Maheswari, C. U., Shukla, M., Rajulu, A. V. (2012). Chemical composition and structural characterization of Napier grass fibers. *Materials Letters*, 67 (1), 35–38. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2011.09.027>
11. Ramamoorthy, S. K., Skrifvars, M., Rissanen, M. (2015). Effect of alkali and silane surface treatments on regenerated cellulose fibre type (Lyocell) intended for composites. *Cellulose*, 22 (1), 637–654. doi: <https://doi.org/10.1007/s10570-014-0526-6>
12. Mekalai, G. M., Kavitha, S. (2019). Eco Friendly Extraction and Physico-Chemical Characteristics of *Cissus Quadrangularis* stem fiber. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 6 (06), 103–108.
13. Yilmaz, N. D. (2013). Effect of chemical extraction parameters on corn husk fibres characteristics. *Indian J. Fibre Text. Res.*, 38 (1), 29–34.
14. Raharjo, W. W., Soenoko, R., Irawan, Y. S., Suprpto, A. (2017). The Influence of Chemical Treatments on Cantala Fiber Properties and Interfacial Bonding of Cantala Fiber/Recycled High Density Polyethylene (rHDPE). *Journal of Natural Fibers*, 15 (1), 98–111. doi: <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1321512>
15. Herlina Sari, N., Wardana, I. N. G., Irawan, Y. S., Siswanto, E. (2017). Characterization of the Chemical, Physical, and Mechanical Proper-

- ties of NaOH-treated Natural Cellulosic Fibers from Corn Husks. *Journal of Natural Fibers*, 15 (4), 545–558. doi: <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1349707>
16. Suryanto, H., Marsyahyo, E., Irawan, Y. S., Soenoko, R. (2014). Morphology, Structure, and Mechanical Properties of Natural Cellulose Fiber from Mendong Grass (*Fimbristylis globulosa*). *Journal of Natural Fibers*, 11 (4), 333–351. doi: <https://doi.org/10.1080/15440478.2013.879087>
 17. Suryanto, H. Review Serat Alam: Komposisi, Struktur, Dan Sifat Mekanis. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Heru_Suryanto3/publication/309421383_REVIEW_SERAT_ALAM_KOMPOSISI_STRUKTUR_DAN_SIFAT_MEKANIS/links/580fe4f308aef2ef97afebfd/REVIEW-SERAT-ALAM-KOMPOSISI-STRUKTUR-DAN-SIFAT-MEKANIS.pdf
 18. Eral, H. B., de Ruiter, J., de Ruiter, R., Oh, J. M., Semprebun, C., Brinkmann, M., Mugele, F. (2011). Drops on functional fibers: from barrels to clamshells and back. *Soft Matter*, 7 (11), 5138. doi: <https://doi.org/10.1039/c0sm01403f>
 19. Raharjo, W. P., Soenoko, R. (2019). Effect of chemical treatment on wettability of Zalacca fibres as composites reinforcements. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 494, 012007. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/494/1/012007>
 20. Bledzki, A., Gassan, J. (1999). Composites reinforced with cellulose based fibres. *Progress in Polymer Science*, 24 (2), 221–274. doi: [https://doi.org/10.1016/s0079-6700\(98\)00018-5](https://doi.org/10.1016/s0079-6700(98)00018-5)
 21. Bisanda, E. T. N. (2000). The Effect of Alkali Treatment on the Adhesion Characteristics of Sisal Fibres. *Applied Composite Materials* 7, 331–339. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1026586023129>
 22. Luz, F. S. da, Ramos, F. J. H. T. V., Nascimento, L. F. C., Figueiredo, A. B.-H. da S., Monteiro, S. N. (2018). Critical length and interfacial strength of PALF and coir fiber incorporated in epoxy resin matrix. *Journal of Materials Research and Technology*, 7 (4), 528–534. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.04.025>
 23. Orue, A., Jauregi, A., Peña-Rodriguez, C., Labidi, J., Eceiza, A., Arbelaz, A. (2015). The effect of surface modifications on sisal fiber properties and sisal/poly (lactic acid) interface adhesion. *Composites Part B: Engineering*, 73, 132–138. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2014.12.022>
 24. Wu, Z., Shi, C., Khayat, K. H. (2018). Multi-scale investigation of microstructure, fiber pullout behavior, and mechanical properties of ultra-high performance concrete with nano-CaCO₃ particles. *Cement and Concrete Composites*, 86, 255–265. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2017.11.014>
 25. Ferreira, S. R., Silva, F. de A., Lima, P. R. L., Toledo Filho, R. D. (2017). Effect of hornification on the structure, tensile behavior and fiber matrix bond of sisal, jute and curauá fiber cement based composite systems. *Construction and Building Materials*, 139, 551–561. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.10.004>
 26. Juikar, S. J., Vigneshwaran, N. (2017). Extraction of nanolignin from coconut fibers by controlled microbial hydrolysis. *Industrial Crops and Products*, 109, 420–425. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.067>
 27. Mwaikambo, L. Y., Ansell, M. P. (2002). Chemical modification of hemp, sisal, jute, and kapok fibers by alkalization. *Journal of Applied Polymer Science*, 84 (12), 2222–2234. doi: <https://doi.org/10.1002/app.10460>
 28. Palungan, M. B., Soenoko, R., Irawan, Y. S., Purnowidodo, A. (2017). The effect of fumigation treatment towards agave cantala Roxb fibre strength and morphology. *Journal of Engineering Science and Technology*, 12 (5), 1399–1414.
 29. Rashid, B., Leman, Z., Jawaid, M., Ghazali, M. J., Ishak, M. R., Abdelgnei, M. A. (2017). Dry sliding wear behavior of untreated and treated sugar palm fiber filled phenolic composites using factorial technique. *Wear*, 380–381, 26–35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2017.03.011>
 30. Suryanto, H., Marsyahyo, E., Irawan, Y. S., Soenoko, R. (2013). Effect of Alkali Treatment on Crystalline Structure of Cellulose Fiber from Mendong (*Fimbristylis globulosa*) Straw. *Key Engineering Materials*, 594–595, 720–724. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.594-595.720>
 31. Pietak, A. M., Reid, J. W., Stott, M. J., Sayer, M. (2007). Silicon substitution in the calcium phosphate bioceramics. *Biomaterials*, 28 (28), 4023–4032. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2007.05.003>
 32. Feresenbet, E., Raghavan, D., Holmes, G. A. (2003). The influence of silane coupling agent composition on the surface characterization of fiber and on fiber-matrix interfacial shear strength. *The Journal of Adhesion*, 79 (7), 643–665. doi: <https://doi.org/10.1080/00218460309580>
 33. Wielage, B., Lampke, T., Marx, G., Nestler, K., Starke, D. (1999). Thermogravimetric and differential scanning calorimetric analysis of natural fibres and polypropylene. *Thermochimica Acta*, 337 (1–2), 169–177. doi: [https://doi.org/10.1016/s0040-6031\(99\)00161-6](https://doi.org/10.1016/s0040-6031(99)00161-6)
 34. Gierlinger, N., Goswami, L., Schmidt, M., Burgert, I., Coutand, C., Rogge, T., Schwanninger, M. (2008). In Situ FT-IR Microscopic Study on Enzymatic Treatment of Poplar Wood Cross-Sections. *Biomacromolecules*, 9 (8), 2194–2201. doi: <https://doi.org/10.1021/bm800300b>
 35. Schulz-Ekloff, G., Wöhrle, D., van Duffel, B., Schoonheydt, R. A. (2002). Chromophores in porous silicas and minerals: preparation and optical properties. *Microporous and Mesoporous Materials*, 51 (2), 91–138. doi: [https://doi.org/10.1016/s1387-1811\(01\)00455-3](https://doi.org/10.1016/s1387-1811(01)00455-3)

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224226

DETERMINING PATTERNS IN THE USE OF FINISHING FORMULATIONS FOR TRIMMING THE CRUST LEATHER (p. 57–63)

Tymofii Lytskyi

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4166-6581>

Nataliia Pervaia

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5086-3926>

Olena Okhmat

Kyiv National University of Technologies and Design,

Kyiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0927-8706>

Olena Mokrousova

Kyiv National University of Trade and Economics,

Kyiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1943-8048>

Antonina Babych

Kyiv National University of Technologies and Design,

Kyiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5061-3292>

This paper has considered the possibility of using new finishing formulations to finish the Crust leather, manufactured from cattle raw materials aimed to finish shoes and leather garments.

The quality indicators of finishing formulations and their elementary chemical composition have been investigated. It was found

that the finishing formulations possess a high covering capacity due to the presence of mineral pigments in their composition. X-ray fluorescent analysis has proven that the presence of chromium pigments and copper compounds renders the green color to the composition; the compounds of cobalt, copper, iron, chromium – blue color; cobalt compounds – reddish-brown color.

It has been established that the finishing formulations are resistant to the effect of electrolytes of different nature over a wide pH interval, from 2 to 11.

When determining the uniformity of the composition by using a chromatography method involving fan-shaped paper, it was found that the composition of blue has a pronounced purple hue, of reddish-brown – red.

The effectiveness of the use of finishing formulations to finish the Crust leather has been proven by determining the indicators of its quality. The finishing formulations give the Crust high resistance to dry (exceeding 500 rotations) and wet friction (exceeding 150 rotations), multiple bending (exceeding 50,000 rotations), the effect of water (2 to 5 points), and organic solvents (2 to 4 points). At the same time, the finishing formulations are characterized by rapid diffusion into the structure of the leather with a natural front surface with the simultaneous provision of specific properties to it. Specifically: water-repelling properties (hydrophobicity), shine, wax grain, matte, saturated homogeneous color. The leather with the introduced finishing formulations does not require fixing the resulting coating with water-based varnish.

It is recommended to use the finishing formulations in the production of Crust leather shoe top by applying them onto the surface by spraying or using a brush to create the desired effect.

Keywords: Crust leather, composition of finishing formulations, finishing, covering capacity, quality of coating.

References

1. Thorstensen, T. (1993). *Practical Leather Technology*. Krieger Pub Co, 340. Available at: <https://www.amazon.com/Practical-Leather-Technology-Thomas-Thorstensen/dp/0894646893>
2. Sarkar, K. (1996). *Retanning, Dyeing and Finishing of Leather*. New York: Shoe Trade Publishing.
3. Danylkovych, A. H., Mokrousova, O. R., Okhmat, O. A. (2009). *Tekhnolohiya i materialy vyrobnytstva shkiry*. Kyiv: Feniks, 578.
4. Zhuravskiy, V. A., Kasian, E. Ye., Danylkovych, A. H. (1996). *Tekhnolohiya shkiry ta khutra*. Kyiv: VIPOL, 74.
5. Andreieva, O. A., Hryshchenko, I. M., Zvarych, I. T. (2018). *Osoblyvosti shkiriano-khutorovoi syrovyny*. Kyiv: Svit uspickhu, 451.
6. Gryshchenko, I., Zvarych, I., Okhmat, O. (2019). *Processing equipment for leather and fur production in the innovation economy*. Kyiv: Svit Uspichu, 264.
7. Oliveira, N., Cunha, J. (2018). *Footwear customization: A win-win shared experience*. *Textiles, Identity and Innovation: Design the Future*, 273–280. doi: <https://doi.org/10.1201/9781315100210-50>
8. Pervaia, N., Andreyeva, O., Maistrenko, L., Mokrousova, O., Harkavenko, S., Nikonova, A. (2019). *A Unified Technology of Crust Leather Production Using Polymeric Compounds Development*. *Leather and Footwear Journal*, 19 (3), 193–202. doi: <https://doi.org/10.24264/lfj.19.3.4>
9. DSTU 2726-94. *Shkira dlia verkhu vzuttia*. *Tekhnichni umovy* (1995). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 14.
10. Kasian, E. Ye. (2019). *Fyzyko-khimiya polimernykh plivkoutvoriuvachiv dlia ozdoblennia shkiry*. Kyiv: Osvita Ukrainy, 178.
11. Mohamed, O. A., Moustafa, A. B., Mehawed, M. A., El-Sayed, N. H. (2009). *Styrene and butyl methacrylate copolymers and their application in leather finishing*. *Journal of Applied Polymer Science*, 111 (3), 1488–1495. doi: <https://doi.org/10.1002/app.29022>
12. Kondratiuk, O., Kasyan, E. (2017). *Properties of modified polymer compositions for leather finishing*. *Herald of Khmelnytskyi national university*, 5, 62–66. Available at: [http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2017/2017_5/\(253\)%202017-5-t.pdf](http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2017/2017_5/(253)%202017-5-t.pdf)
13. Kondratiuk, O. V., Kasyan, E. E. (2017). *Properties of modified polymer compositions for leather finishing*. *Herald of Khmelnytskyi national university*, 6, 255–262. Available at: [http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2017/2017_6/\(255\)%202017-6-t.pdf](http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2017/2017_6/(255)%202017-6-t.pdf)
14. Shi, H., Chen, Y., Fan, H., Xiang, J., Shi, B. (2010). *Thermosensitive polyurethane film and finished leather with controllable water vapor permeability*. *Journal of Applied Polymer Science*, 117 (3), 1820–1827. doi: <https://doi.org/10.1002/app.32144>
15. Adigüzel Zengin, A. C., Oglakcioglu, N., Bitlisli, B. O. (2016). *The Effects of leather finishing types on foot wear comfort properties*. *7th International Conference of Textile*. Tirana, 450–455. Available at: https://www.researchgate.net/publication/323144238_THE_EFFECTS_OF_LEATHER_FINISHING_TYPES_ON FOOT WEAR COMFORT PROPERTIES/link/5a82b35745851504fb35ad6e/download
16. Kanlı, N., Adiguzel Zengin, A. C., Bitlisli, B. O. (2010). *The effects of different finishing types on water vapour and air permeability properties of shoe upper leathers*. *ICAMS 2010 – 3rd International Conference on Advanced Materials and Systems*. Bucharest, 63–66. Available at: https://www.researchgate.net/publication/323144458_THE_EFFECTS_OF_DIFFERENT_FINISHING_TYPES_ON_WATER_VAPOUR_AND_AIR_PERMEABILITY_PROPERTIES_OF_SHOE_UPPER_LEATHERS
17. Adiguzel Zengin, A. C., Oglakcioglu, N., Bitlisli, B. O. (2017). *Effect of finishing techniques on some physical characteristics of shoe upper leathers*. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 27 (2), 198–203. Available at: https://www.researchgate.net/publication/319392090_Effect_of_finishing_techniques_on_some_physical_characteristics_of_shoe_upper_leathers
18. Fan, Q., Ma, J., Xu, Q. (2019). *Insights into functional polymer-based organic-inorganic nanocomposites as leather finishes*. *Journal of Leather Science and Engineering*, 1 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s42825-019-0005-9>
19. KENDA FARBEN Spa. Available at: <http://www.kendafarben.it/>
20. IEXI s.r.l. Available at: <http://www.iexi.com/guest/en/home>
21. Biar.it. Available at: <http://biar.it/homy/?lang=en>
22. Danylkovych, A. H. (2006). *Praktykum z khimiyi ta tekhnolohiyi shkiry ta khutra*. Kyiv: Feniks, 340.
23. X-Supreme 8000 Benchtop XRF analyzer for elemental analysis. Available at: <https://hha.hitachi-hightech.com/en/product-range/products/benchtop-xrf-analyzers/benchtop-bulk-analysis-xrf-analyzers>
24. TM-7.5-4. *Tekhnolohichna metodyka vyrobnytstva shkir riznomanitnoho asortymentu dlia verkhu vzuttia i pidkladky vzuttia, halantereinykh vyrobiv iz shkur velykoi rohatoi khudoby ta kinskykh* (2003). Kyiv: ZAT Chynbar, 11.
25. ISO 2419:2012. *Leather – Physical and mechanical tests – Sample preparation and conditioning*. doi: <https://doi.org/10.3403/30229909>
26. Biletskyi, V. S. (2004). *Mala hirnycha entsyklopediya*. Donetsk: Donbas, 640.
27. Kurilenko, O. D. (1974). *Kratkiy spravochnik po himii*. Kyiv: Naukova Dumka, 991.
28. LANXESS. Available at: <https://lanxess.com/>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224228

REVEALING THE EFFECT OF CATALYST CONCENTRATION ON THE PROCESS OF FUEL OIL REFINING USING THE TECHNOLOGY OF AEROSOL NANO CATALYSIS (p. 64–71)

Serhii Leonenko

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,
Severodonetsk, UkraineORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0696-5685>

Sergey Kudryavtsev

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,
Severodonetsk, UkraineORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7799-714X>

Irene Glikina

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,
Severodonetsk, UkraineORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2307-1245>

Vadym Tarasov

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,
Severodonetsk, UkraineORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3614-0913>

Olena Zolotarova

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,
Severodonetsk, UkraineORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3045-8229>

The primary oil processing product is a mixture of different hydrocarbons. One of the hard-to-process petroleum products is fuel oil. This paper considers a method to derive clear (light) fractions of petroleum products by the catalytic processing of fuel oil on a zeolite-containing catalyst at 1 atm under the technological conditions of aerosol nanocatalysis. The prospect of the catalytic processing of a viscous residue – fuel oil – has been analyzed and estimated. The process is carried out by dispersing the catalytically active component in a vibratory-fluidized layer. Chemical transformation occurs during the constant mechanochemical activation of catalyst particles by forming an aerosol cloud in the reactive volume. Natural zeolite catalyst of the type Y was selected for research. Methods for separating the gasoline and diesel fractions of light hydrocarbons and for analyzing the gas phase have been given. The effect of the concentration of zeolite catalyst aerosol on the composition of cracking products (the yield of the gasoline and diesel fractions of light hydrocarbons) has been studied. It is noted that the rate of the course of fuel oil processing in the aerosol of the catalyst is 1.5–2 times higher than that in thermal processing. It has been found that in fuel oil processing based on the aerosol nanocatalysis technology, the concentration of the catalyst can be controlled to produce the final product. The study results have shown that the optimal conditions for processing fuel oil in the aerosol of the catalyst should be considered 773 K, a frequency of 5 Hz, a pressure of 1 atm. At the same time, a concentration of the catalyst of 1–5 g/m³ should be considered optimal for the output of a light fraction of hydrocarbons. In this case, the yield is up to 80 % of the fraction in the laboratory. It was found out that during the processing of fuel oil, the concentration of the catalyst makes it possible to optimize the output of light oil products under the technological conditions of aerosol nanocatalysis.

Keywords: aerosol nanocatalysis, fuel oil processing, vibration fluidization, zeolite catalyst, light hydrocarbon fraction, mechanochemical activation.

References

1. Ukraine Energy Information. Interactive Chart Ukraine Refined Oil Products Production (2019). Available at: <https://www.enerdata.net/estore/energy-market/ukraine/>
2. Oil refining industry of Ukraine (2004-2007) (2008). Available at: <http://ukrexporth.gov.ua/eng/economy/brief/ukr/188.html>
3. Konończuk, W. (2017). The never-ending collapse. The state of the Ukrainian oil sector. Ośrodek Studiów Wschodnich im. Marka Karpia, 44. Available at: https://www.osw.waw.pl/sites/default/files/raport_never-ending_net.pdf
4. Kaiser, M. J. (2017). A review of refinery complexity applications. *Petroleum Science*, 14 (1), 167–194. doi: <https://doi.org/10.1007/s12182-016-0137-y>
5. Dalla Giovanna, F., Khlebinskaia, O., Lodolo, A., Miertus, S. (2003). *Compendium of Used Oil Regeneration Technologies*. Trieste: UNIDO, 210.
6. Patrylak, L. K., Ionin, V. O., Bartosh, P. I., Likhnyovskiy, R. V. (2003). Comparative properties of the zeolite acid catalysts of different preparation. *Kataliz i neftehimiya*, 11, 25–28.
7. Ahmetov, S. A. (2002). *Tehnologii glubokoy pererabotki nefi i gaza*. Ufa: Gilem, 672. Available at: https://www.studmed.ru/ahmetov-sa-tehnologii-glubokoy-pererabotki-nefti-i-gaza_3d291038be0.html
8. *Tehnicheskie karakteristiki ustanovki UKM-600 pri pererabotke mazuta ili nefi. Mini NPZ proektirovanie minizavodov po pererabotke nefi*. Available at: http://www.mininpz.zx6.ru/Albom2_tkm_500/Albom_tkm_500.htm
9. Abdullin, A. I., Siraev, I. R. (2016). Gidrokreking kak protsess polucheniya dizel'nogo topliva. *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta*, 19 (10), 41–43. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/gidrokreking-kak-protsess-polucheniya-dizelnogo-topliva>
10. Mustafaeva, R. M., Salaeva, Z. Ch., Mamedaliev, G. A. (2009). Nekotorye aspekty gidrogenizatsionnoy pererabotki zhidkih produktov piroliza s tsel'yu polucheniya aromatcheskih uglevodorodov. *Vo-prosy himii i himicheskoy tehnologii*, 6, 37–42.
11. Mustafin, I. A., Sidorov, G. M., Stankevich, K. E., Bayram-Ali, T. M., Salishev, A. I., Murtazin, E. V., Gantsev, A. V. (2018). Hydrocatalytic processes of heavy oil factions processing with use of perspective nanoscale catalysts. *Fundamental research*, 7, 22–28. Available at: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42201>
12. Morozov, M. A., Akimov, A. S., Fedushchak, T. A., Zhuravkov, S. P., Vlasov, V. A., Sudarev, E. A., Vosmerikov, A. V. (2018). Cracking of Heavy Hydrocarbon Feedstock in the Presence of Cobalt. *Kataliz v Promyshlennosti*, 18 (2), 33–38. doi: <https://doi.org/10.18412/1816-0387-2018-2-33-38>
13. Davletshin, A. R., Obuhova, S. A., Halikov, D. E., Urmancheev, S. E., Vezirov, R. R. (2000). Otsenka vliyaniya rezhimnyh parametrov na gidrodinamicheskie karakteristiki voshodyashchego potoka v reaktivnoy kamere visbrekinga. *Bashkirskiy himicheskij zhurnal*, 7 (5), 64–65.
14. Speight, J. G. (2012). Visbreaking: A technology of the past and the future. *Scientia Iranica*, 19 (3), 569–573. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scient.2011.12.014>
15. Villamarin-Barriga, E., Canacuan, J., Londoño-Larrea, P., Solís, H., De La Rosa, A., Saldarriaga, J. E., Montero, C. (2020). Catalytic Cracking of Heavy Crude Oil over Iron-Based Catalyst Obtained from Galvanic Industry Wastes. *Catalysts*, 10 (7), 736. doi: <https://doi.org/10.3390/catal10070736>
16. Kurochkin, A. K. (2015). Povyshaem rentabel'nost' mini-NPZ: komplektuem modulem glubokoy pererabotki mazuta. *Sfera*.

Neft' i gaz, 1 (45), 60–66. Available at: <https://ru.calameo.com/read/0054049039c1e13a40c81>

17. Isakov, A. A., Torosyan, G. O. (2017). Technology for producing liquid fuels through processing carbon-containing wastes and fuel oil. *Himicheskaya bezopasnost'*, 1 (2), 221–226. doi: <http://doi.org/10.25514/CHS.2017.2.10996>
18. Leonenko, S., Kudryavtsev, S., Glikina, I. (2017). Study of catalytic cracking process of fuel oil to obtain components of motor fuels using aerosol nanocatalysis technology. *Adsorption Science & Technology*, 35 (9-10), 878–883. doi: <https://doi.org/10.1177/0263617417722253>
19. Glikina, I., Glikin, M., Kudryavtsev, S. (2017). Study of kinetic parameters for the catalytic cracking process in Y type aerosol catalyst. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (87)), 4–8. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.99022>
20. Ustanovki i pechi termokrekinga, visbrekinga mazuta. Ustanovka termicheskogo krekinga mazuta TKM-700-2E. Available at: <http://nouprom-npz.ru/katalog-produktsii/ustanovki-visbrekinga-mazuta/>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224235

A STUDY OF BIOETHANOL FUEL CHARACTERISTICS IN THE COMBUSTION CHAMBER OF GASOLINE ENGINE USING MAGNETIZATION TECHNOLOGY (72–76)

Andi Ulfiana

Politeknik Negeri Jakarta, Kukusan, Beji, Depok, Indonesia
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9015-3489>

Tatun Hayatun Nufus

Politeknik Negeri Jakarta, Kukusan, Beji, Depok, Indonesia
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5360-361X>

Emir Ridwan

Politeknik Negeri Jakarta, Kukusan, Beji, Depok, Indonesia
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2537-7659>

Arifia Ekayuliana

Politeknik Negeri Jakarta, Kukusan, Beji, Depok, Indonesia
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4435-1334>

Cecep Slamet Abadi

Politeknik Negeri Jakarta, Kukusan, Beji, Depok, Indonesia
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6033-342X>

Asep Apriana

Politeknik Negeri Jakarta, Kukusan, Beji, Depok, Indonesia
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1830-1771>

Iwan Susanto

Politeknik Negeri Jakarta, Kukusan, Beji, Depok, Indonesia
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7120-0374>

Bioethanol is a renewable energy that can replace gasoline, which will run out in the future. This study investigates the influence of magnetization of bioethanol fuel on the fuel combustion temperature in the combustion chamber of a gasoline motor. The fuel used is bioethanol with a composition of E0 (pure gasoline), E10 (10 % bioethanol+90 % gasoline), E20 (20 % bioethanol+80 % gasoline), E30 (30 % bioethanol+70 % gasoline), E40 (40 % bioethanol+60 % gasoline). The fuel passed through the magnet with a magnetic variation of 647.15 Gauss, 847.25 Gauss, 1419.57 Gauss. The temperature sensor used is a K-type thermocouple. The tem-

perature sensor was inserted in the combustion chamber to measure the combustion chamber temperature. The thermocouple data were recorded in Microsoft Excel on a computer using the LabVIEW program via NI-USB 9213 interface. The temperature data recorded is 400 data/second. The results obtained without exposure to the magnetic field, the lowest peak temperature of 577.1998 °C at E40 and the highest peak temperature of 582.1786 °C at E0. The higher the bioethanol content, the lower the temperature of fuel combustion to the low bioethanol viscosity. The increasing magnetic field strength will increase the combustion temperature; hence the fuel burned quickly and the combustion process is more perfect. The result obtained with the magnetic field exposure, the lowest peak temperature of 577.8347 °C is at E40. The highest peak temperature of 587.36 °C is at E0. The use of a magnetic field in the bioethanol fuel mixture can increase the combustion temperature so that the fuel molecules move freely and the fuel is more easily mixed with oxygen. As more fuel is burned, the combustion of the fuel becomes complete.

Keywords: combustion chamber temperature, bioethanol, gasoline engine, magnetic field, thermocouple, LabVIEW.

References

1. Sugiarto, B., Setyo Wibowo, C., Zikra, A., Budi, A., Mulya, T. (2018). Characteristic of Gasoline Fuels in Indonesia Blend with Varying Percentages of Bioethanol. *E3S Web of Conferences*, 67, 02031. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186702031>
2. Khuong, L. S., Masjuki, H. H., Zulkifli, N. W. M., Mohamad, E. N., Kalam, M. A., Alabdulkarem, A. et. al. (2017). Effect of gasoline–bioethanol blends on the properties and lubrication characteristics of commercial engine oil. *RSC Advances*, 7 (25), 15005–15019. doi: <https://doi.org/10.1039/c7ra00357a>
3. Feng, R., Fu, J., Yang, J., Wang, Y., Li, Y., Deng, B. et. al. (2015). Combustion and emissions study on motorcycle engine fueled with butanol-gasoline blend. *Renewable Energy*, 81, 113–122. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.03.025>
4. Ramadhani Ayu S. N., Sudarmanta, B. (2018). Experimental Study on the Effect of Heating Temperature on Bioethanol Injector to Spray Characteristics for Application on Sinjai-150 Engine. *AIP Conference Proceedings*, 1983, 020029. doi: <https://doi.org/10.1063/1.5046225>
5. Shelke, P. S., Sakhare, N. M., Lahane, S. (2016). Investigation of Combustion Characteristics of a Cottonseed Biodiesel Fuelled Diesel Engine. *Procedia Technology*, 25, 1049–1055. doi: <http://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.08.205>
6. Govindasamy, P., Dhandapani, S. (2007). Experimental Investigation of Cyclic Variation of Combustion Parameters in Catalytically Activated and Magnetically Energised Two-stroke SI Engine. *Journal of Energy & Environmen*, 6, 45–59. Available at: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.606.764&rep=rep1&type=pdf>
7. Faris, A. S., Al-Naseri, S. K., Jamal, N., Isse, R., Abed, M., Fouad, Z. et. al. (2012). Effects of Magnetic Field on Fuel Consumption and Exhaust Emissions in Two-Stroke Engine. *Energy Procedia*, 18, 327–338. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.05.044>
8. Jain, S., Deshmukh, S. (2012). Experimental Investigation of Magnetic Fuel Conditioner (M.F.C) in I.C. engine. *IOSR Journal of Engineering*, 02 (07), 27–31. doi: <https://doi.org/10.9790/3021-02712731>
9. Singh, K. A., Solanki, R. M. (2015). Investigation of Fuel Saving in Annealing Lehr through Magnetic Material Fuel Saver. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 4 (5), 178–180.

10. Patel, P. M., Rathod, G. P., Patel, T. M. (2014). Effect of Magnetic Fuel Energizer on Single Cylinder C.I. Engine Performance and Emissions. *Mechanical and Automobile Engineering (ICCIET-2014)*.
11. Kumar, P. V., Patro, S. K., Pudi, V. (2014). Experimental Study of a Novel Magnetic Fuel Ionization Method in Four Stroke Diesel Engines. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 3 (1), 151–159.
12. Kolhe, A. V., Shelke, R. E., Khandare, S. S. (2014). Performance, Emission and Combustion Characteristics of a Variable Compression Ratio Diesel Engine Fueled with Karanj Biodiesel and Its Blends. *International Journal of Applied Engineering and Technology*, 4 (2), 154–163. Available at: <https://cibtech.org/J-ENGINEERING-TECHNOLOGY/PUBLICATIONS/2014/Vol-4-No-2/JET-019-014-AJAY-PERFORMANCE-BLENDS.pdf>
13. Chavarria-Hernandez, J. C., Pacheco-Catalán, D. E. (2014). Predicting the kinematic viscosity of FAMES and biodiesel: Empirical models. *Fuel*, 124, 212–220. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.01.105>
14. Nufus, T. H., Sri Lestari, K., Ulfiana, A., Abadi, C. S., Sulistyowati, A., Yuwono, B. et. al. (2019). Study Of Diesel Engine Performance On The Electromagnetic Effect Of Biodiesel (Waste Cooking Oil). *Journal of Physics: Conference Series*, 1364, 012075. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1364/1/012075>
15. Akasyah, M. K., Mamat, R., Abdullah, A., Aziz, A., Yassin, H. M. (2015). Effect of ambient temperature on diesel-engine combustion characteristics operating with alcohol fuel. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 11, 2373–2382. doi: <https://doi.org/10.15282/ijame.11.2015.18.0199>
16. Ozsoysal, O. A. (2010). Effects of combustion efficiency on an Otto cycle. *International Journal of Exergy*, 7 (2), 232. doi: <https://doi.org/10.1504/ijex.2010.031242>
17. Chen, H., Guo, Q., Zhao, X., Xu, M., Ma, Y. (2016). Influence of fuel temperature on combustion and emission of biodiesel. *Journal of the Energy Institute*, 89 (2), 231–239. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joei.2015.01.024>
18. Da Costa, R. B. R., Rodrigues Filho, F. A., Moreira, T. A. A., Baêta, J. G. C., Guzzo, M. E., de Souza, J. L. F. (2020). Exploring the lean limit operation and fuel consumption improvement of a homogeneous charge pre-chamber torch ignition system in an SI engine fueled with a gasoline-bioethanol blend. *Energy*, 197, 117300. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117300>
19. Mahabadi-pour, H., Srinivasan, K. K., Krishnan, S. R., Subramanian, S. N. (2018). Crank angle-resolved exergy analysis of exhaust flows in a diesel engine from the perspective of exhaust waste energy recovery. *Applied Energy*, 216, 31–44. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.02.037>
20. Suryantoro, M. T., Setiaprada, H., Yubaidah, S., Sugiarto, B., Mulyono, A. B., Attharik, M. I. et. al. (2019). Effect of temperature to diesel (B0) and biodiesel (B100) fuel deposits forming, 2062, 020044. doi: <https://doi.org/10.1063/1.5086591>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224244

THE INFLUENCE OF NITROGEN INJECTION DURATION AT THE INITIAL GAS-WATER CONTACT ON THE GAS RECOVERY FACTOR (p. 77–84)

Serhii Matkivskiy

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Ivano-Frankivsk, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4139-1381>

Oleksandr Kondrat

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Ivano-Frankivsk, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4406-3890>

This paper reports a study that employed a digital three-dimensional model of the gas condensate reservoir to investigate the process of nitrogen injection at the boundary of initial gas-water contact at different values of the injection duration. The calculations were performed for 5, 6, 8, 10, 12 and 14 months injection duration. Based on the modeling results, it was found that increasing the duration of the nitrogen injection decreases the operation time of production wells until the breakthrough of non-hydrocarbon gas. Based on the analysis of the technological indicators of reservoir development, it was established that the introduction of technology of the nitrogen injection into a reservoir ensures a reduction in the volume of reservoir water production. The cumulative water production at the time of nitrogen breakthrough to the production wells at the nitrogen injection duration of 5 months is 197,3 thousand m³; of 14 months – 0,038 m³. According to the results from the statistical treatment of estimation data, the optimal value for the nitrogen injection duration was determined, which is 8,04 months. The ultimate gas recovery factor for the optimal period of the non-hydrocarbon gas injection is 58,11 %, and in the development of a productive reservoir for depletion – 34,6 %. Based on the research results, the technological efficiency of nitrogen injection into a productive reservoir has been determined at the boundary of initial gas-water contact in order to slow the movement of reservoir water into gas-saturated horizons. This study results allow the improvement of the existing technologies of hydrocarbon fields development under conditions of water drive. The use of the results of the research carried out in production will make it possible to reduce the volume of cumulative water production and increase the ultimate gas recovery factors to 23,51 %.

Keywords: 3D field model, gas condensate reservoir, water drive, trapped gas, nitrogen injection.

References

1. Matkivskiy, S. V., Kovalchuk, S. I., Burachok, O. V., Kondrat, O. R., Khaidarova, L. I. (2020). Research of the water-pressure system small show influence on the material balance reliability. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*, 2 (75), 43–51. doi: [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2020-2\(75\)-43-51](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2020-2(75)-43-51)
2. Kondrat, R. M. (1992). *Gazokondensatootdacha plastov*. Moscow: Nedra, 255.
3. Romi, A., Burachok, O., Nistor, M. L., Spyrou, C., Seilov, Y., Djuraev, O. et. al. (2019). Advantage of Stochastic Facies Distribution Modeling for History Matching of Multi-stacked Highly-heterogeneous Field of Dnieper-Donetsk Basin. *Petroleum Geostatistics 2019*. doi: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201902188>
4. Ter-Sarkisov, P. M. (1999). *Razrabotka mestorozhdeniy prirodnykh gazov*. Moscow: “Nedra”, 659.
5. Firoozabadi, A., Olsen, G., van Golf-Racht, T. (1987). *Residual Gas Saturation in Water-Drive Gas Reservoirs*. SPE California Regional Meeting. doi: <https://doi.org/10.2118/16355-ms>
6. Krivulya, S., Matkivskiy, S., Kondrat, O., Bikman, E. (2020). Approval of the technology of carbon dioxide injection into the V-16 water driven reservoir of the Hadiach field (Ukraine) under the

- conditions of the water pressure mode pages 1–2. *Technology Audit and Production Reserves*, 6 (1 (56)), 13–18. doi: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.217780>
7. Sim, S. S.-K., Brunelle, P., Turta, A. T., Singhal, A. K. (2008). Enhanced Gas Recovery and CO₂ Sequestration by Injection of Exhaust Gases From Combustion of Bitumen. *SPE Symposium on Improved Oil Recovery*. doi: <https://doi.org/10.2118/113468-ms>
 8. Turta, A. T., Sim, S. S. K., Singhal, A. K., Hawkins, B. F. (2007). Basic Investigations on Enhanced Gas Recovery by Gas-Gas Displacement. *Canadian International Petroleum Conference*. doi: <https://doi.org/10.2118/2007-124>
 9. Sim, S. S. K., Turta, A. T. Q., Singhal, A. K., Hawkins, B. F. (2009). Enhanced Gas Recovery: Effect of Reservoir Heterogeneity on Gas-Gas Displacement. *Canadian International Petroleum Conference*. doi: <https://doi.org/10.2118/2009-023>
 10. Sim, S. S. K., Turta, A. T., Singhal, A. K., Hawkins, B. F. (2008). Enhanced Gas Recovery: Factors Affecting Gas-Gas Displacement Efficiency. *Canadian International Petroleum Conference*. doi: <https://doi.org/10.2118/2008-145>
 11. Jikich, S. A., Smith, D. H., Sams, W.N., Bromhal, G. S. (2003). Enhanced Gas Recovery (EGR) with Carbon Dioxide Sequestration: A Simulation Study of Effects of Injection Strategy and Operational Parameters. *SPE Eastern Regional Meeting*. doi: <https://doi.org/10.2118/84813-ms>
 12. Clancy, J. P., Gilchrist, R. E. (1983). Nitrogen Injection Applications Emerge in the Rockies. *SPE Rocky Mountain Regional Meeting*. doi: <https://doi.org/10.2118/11848-ms>
 13. Kalra, S., Wu, X. (2014). CO₂ injection for Enhanced Gas Recovery. *SPE Western North American and Rocky Mountain Joint Meeting*. doi: <https://doi.org/10.2118/169578-ms>
 14. Ermakov, P. P., Eremin, N. A. (1996). Nagnietanie azota v poristye sredy dlya uvelicheniya nefteotdachi. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanyh mestorozhdeniy*, 11, 45–50.
 15. Canchucaja, R., Sueiro, M. (2018). Feasibility of Nitrogen Injection in a Multi-layered Lean Gas Condensate Reservoir. *SPE Russian Petroleum Technology Conference*. doi: <https://doi.org/10.2118/191652-18rptc-ms>
 16. Kondrat, O., Lukin, O., Smolovyk, L. (2019). Analysis of possibilities to increase oil recovery with the use of nitrogen in the context of deep oil deposits of the Dnipro-Donetsk oil-and-gas Ukrainian province. *Mining of Mineral Deposits*, 13 (4), 107–113. doi: <https://doi.org/10.33271/mining13.04.107>
 17. Kondrat, O. R., Kondrat, R. M. (2019). Pidvyshchennia hazovyluchennia z hazovykh rodovysch na vodonapirnomu rezhymi shliakhom rehuliuвання nadkhodzhennia zakonturnoi plastovoi vody i vydobutku zeshchemlenoho hazu. *Naftohazova haluz Ukrainy*, 4, 21–26.
 18. Ter-Sarkisov, P. M., Nikolaev, V. A., Guzhov, H. A., Rassohin, S. G. (2000). Tehnologiya zakachki azota dlya dobychi zashchemlenogo i nizkonapornogo gaza. *Gazovaya promyshlennost'*, 4, 24–26.
 19. Khan, C., Amin, R., Madden, G. (2012). Economic Modelling of CO₂ Injection for Enhanced Gas Recovery and Storage: A Reservoir Simulation Study of Operational Parameters. *Energy and Environment Research*, 2 (2). doi: <https://doi.org/10.5539/eer.v2n2p65>
 20. Tiwari, S., Kumar, M. S. (2001). Nitrogen Injection for Simultaneous Exploitation of Gas Cap. *SPE Middle East Oil Show*. doi: <https://doi.org/10.2118/68169-ms>
 21. Oldenburg, C., Law, D., Gallo, Y. L., White, S. (2003). Mixing of CO₂ and CH₄ in Gas Reservoirs Code Comparison Studies. *Greenhouse Gas Control Technologies - 6th International Conference*, 443–448. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-008044276-1/50071-4>
 22. ECLIPSE. ECLIPSE Technical Description. Version 2020.1 (2020). Schlumberger, 1078.
 23. Petrel* Help. Version 2019.2. Mark of Schlumberger.
 24. Whitson, C. H., Brule, M. R. (2000). *Phase Behavior*. Vol. 20. Richardson, Texas, 240.
 25. Mysliuk, M. A., Zarubin, Yu. O. (1999). Modeliuвання yavysch i protsesiv u naftohazopromyslovyi spravi. *Ivano-Frankivsk: Ekor*, 494.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224219**АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ КАРБОНІЗАЦІЇ ВОДЯНОГО ГІАЦИНТА НА ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ЕКРАНУВАННЯ (с. 6–14)****Azam Muzakhim Imammuddin, Sudjito Soeparman, Wahyono Suprpto, Achmad As'ad Sonief**

Необхідність підвищення захисної здатності композитів на основі водяного гіацинта від електромагнітних випромінювань пов'язана з процесом карбонізації органічних матеріалів. Метою даного дослідження було визначити вплив температури карбонізації водяного гіацинта на ефективність виготовлення та електромагнітного екранування. Метод дослідження включає наступну підготовку: різання, промивання і сушка водяного гіацинта. Процес сушіння здійснюється в печі при температурі 70 °С протягом 4 днів. Потім водяний гіацинт подрібнюють до розміру 80 меш. Далі проводять процес карбонізації при температурі в діапазоні від 500 °С, 600 °С, 700 °С, 800 °С, 900 °С і 1000 °С зі швидкістю збільшення тепла 3 °С/хв. Крім того, композитний склад з 30 % порошку активованого вугілля водяного гіацинта і 70 % фенолформальдегідної (ФФ) смоли формували за допомогою гарячого преса під тиском 300 кг/см² при 180 °С протягом 10 хвилин. Отримані результати показали, що композит на основі водяного гіацинта може бути використаний в якості матеріалу для захисту від електромагнітних випромінювань на частоті X-діапазону (8–12,5 ГГц). При цьому, електропровідність і ефективність електромагнітного екранування збільшуються з підвищенням температури карбонізації. Композити на основі водяного гіацинта при температурі карбонізації 1000 °С показали найбільшу електропровідність і ефективність електромагнітного екранування, відповідно 4,64·10⁻² С/см і 41,15 дБ (загасання 99,99 %) при частоті 8 ГГц. Високий рівень поглинання пов'язаний з синергічним поєднанням КСІ і пористої структури. КСІ сприяє магнітним властивостям і пористій структурі з високими значеннями електропровідності.

Ключові слова: температура карбонізації, водяний гіацинт, електромагнітне екранування, час витримки.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224220**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ФОСФАТУ АЛЮМІНІЮ НА ВЛАСТИВОСТІ КВАРЦОВОЇ КЕРАМІКИ (р. 15–21)****О. В. Карасик, Т. І. Козирева, В. В. Душин**

Одним із суттєвих недоліків матеріалів, отриманих на основі кварцового скла, є їх схильність до кристалізації кристобаліту в процесі випалу і, як наслідок, значне погіршення експлуатаційних характеристик. З метою запобігання кристалізації кварцової кераміки при спіканні використовують ряд добавок. Однак всі відомі варіанти відрізняються рядом недоліків, а саме, відносно невисокими значеннями міцності і підвищеними значеннями температурного коефіцієнту лінійного розширення виробів.

У зв'язку з цим, перспективним напрямком дослідження є вивчення впливу добавки фосфату алюмінію на властивості кварцової кераміки. Встановлено, що за сукупністю властивостей найбільш позитивний вплив на характеристики кварцової кераміки чинить добавка AlPO₄ в кількості 20 мас. %. За даними диференційно-термічного аналізу відмічається, що до температури 1200 °С в базових сумішах не відбувається помітних фазових і модифікаційних перетворень. В ході роботи визначено, що найбільш доцільним є наступний режим випалу: окислювальне середовище; вироби занурюють в гарячу піч, після витримки при максимальній температурі витягують з гарячої печі, охолодження відбувається повільно на повітрі. Отримані таким чином матеріали характеризуються наступними властивостями: $\alpha=31,6 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹; $\sigma_{сж}=153$ МПа; $\Pi=2,7$ %; $\text{tg}\delta$ та ϵ (частота 10¹⁰ Гц, температура 20 °С) 0,001 та 10 відповідно. Відзначається, що основною кристалічною фазою, яка переважає в зразках, є фосфат алюмінію. Мікроструктура матеріалу характеризується наявністю невеликої кількості залишкових пор та щільно спеченим черепком.

Запропоноване рішення дозволить значно зменшити енерговитрати, підвищити техніко-економічні показники виробництва і поліпшити основні властивості виробів з кварцової кераміки поліфункціонального призначення.

Ключові слова: кварцова кераміка, фосфат алюмінію, кристобаліт, кристалізація, шлікерне лиття, режим випалу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224221**ВИЯВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВПЛИВУ МІКРО- І НАНОДИСПЕРСНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБАВОК НА ВОДОСТІЙКІСТЬ БУДІВЕЛЬНОГО ГІПСУ (с. 22–29)****А. А. Пługін, А. С. Єфіменко, О. С. Борзяк, Е. С. Геворкян, О. А. Пługін**

Досліджено вплив мінеральних наповнювачів – шлаку доменного гранульованого меленого, мікрокремнезему і нанодисперсного глинозему, на структуроутворення і водостійкість гіпсу. Побудовано і описано теоретичні моделі структури гіпсового каменю з мінеральними наповнювачами з урахуванням знака поверхневого заряду кристалів гіпсу і частинок наповнювачів. Відповідно до розроблених моделей, наповнювачі забезпечують формування щільної структури гіпсового каменю як композиційного матеріалу з великою кількістю електрогетерогенних контактів. При такій структурі кристали гіпсу-двогідрату максимально захищені від контакту з водою і розчинення. Виконано електронно-мікроскопічні дослідження гіпсового каменю з мінеральними наповнювачами, які підтвердили, що

раціональне співвідношення гіпсу і шлаку забезпечує найбільш щільну структуру каменю. Експериментально встановлено залежності міцності гіпсового каменю в сухому і насиченому водою стані і коефіцієнта водостійкості (розм'якшення) від вмісту шлаку, мікро- і нанодисперсного наповнювача, водотвердого відношення. Раціональне співвідношення гіпсу і шлаку забезпечує найбільш щільну структуру каменю. Введення оптимальної кількості мікронаповнювача з негативним поверхневим зарядом (мікрокремнезему) забезпечило підвищення коефіцієнта водостійкості на 0,2–0,4 з досягненням величини 1. Введення оптимальної кількості мікронаповнювача з позитивним поверхневим зарядом (нанодисперсного глинозему) забезпечило підвищення коефіцієнта водостійкості на 0,8 з досягненням величини 0,9. Виявлений механізм формування структури гіпсового каменю з наповнювачами і підвищення його водостійкості дозволить розробити склади мінерального в'язучого на основі гіпсу, що може бути використаний у вологих умовах експлуатації.

Ключові слова: двоводний гіпс, кристалогідрати, електрогетерогенні контакти, доменний шлак, мікрокремнезем, нанодисперсний глинозем.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224223

ВДОСКОНАЛЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ОТРИМАННЯ ГІДРОКСИДУ НІКЕЛЯ ШЛЯХОМ ВВЕДЕННЯ РЕЦИКЛІНГУ РОЗЧИНУ (с. 30–38)

В. Л. Коваленко, В. А. Коток

Гідроксид нікелю широко використовується в суперконденсаторах, лужних акумуляторах, для електрокаталітичного окиснення органічних забруднень і т.д. Найбільш перспективними через електрохімічну активність є зразки $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ($\alpha+\beta$) шарової структури, синтезовані в щільному діафрагмовому електролізері. Для вдосконалення безперервної технології електрохімічного синтезу гідроксиду нікелю була визначена можливість рециклінгу відпрацьованого католіту, що містить сульфат натрію. Для цього були синтезовані зразки гідроксиду нікелю з розчину сульфату нікелю в присутності сульфату натрію з концентраціями 40, 60, 80, 100 і 120 г/л. Кристалічна структура зразків вивчена методом рентгенофазового аналізу, електрохімічні властивості вивчені методом циклічної вольтамперометрії. Показано, що базовий зразок, отриманий без присутності сульфату натрію, являє собою монофазну шарувату ($\alpha+\beta$) структуру з високим вмістом α -модифікації. Кристалічність зразка не висока. Виявлено, що присутність сульфату натрію приводить до зменшення кристалічності гідроксиду нікелю за рахунок росту електропровідності розчину та зниження напруги на електролізері. Циклічна вольтамперометрія показала, що синтез у щільному діафрагмовому електролізері в присутності Na_2SO_4 (40–80 г/л) не веде до істотної зміни електрохімічної активності зразків гідроксиду нікелю. Збільшення концентрації сульфату натрію в католіті до 100–120 г/л приводить до збільшення електрохімічної активності – питомий струм піка розряду склав 3,7–3,9 А/г (у порівнянні з 2,1 А/г для контрольного зразка).

Комплексний аналіз характеристик зразків гідроксиду нікелю, синтезованих у присутності сульфату натрію, виявив можливість і перспективність рециклінгу відпрацьованого католіту в безперервній технології одержання $\text{Ni}(\text{OH})_2$ у щільному діафрагмовому електролізері. Виявлено, що при впровадженні рециклінгу рекомендовано підтримувати високу концентрацію сульфату натрію (80–100 г/л).

Ключові слова: гідроксид нікелю, рециклінг, сульфат натрію, технологія синтезу, електрохімічна активність щільний діафрагмовий електролізер.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224224

РОЗРОБКА НОВОГО СУСПЕНЗІЙНОГО ЕЛЕКТРОЛІТУ НА ОСНОВІ МЕТАНСУЛЬФОНОВОЇ КИСЛОТИ ДЛЯ ЕЛЕКТРООСАДЖЕННЯ КОМПОЗИТИВ Cu-TiO_2 (с. 39–47)

І. В. Скар, Ю. Є. Скар, Т. В. Гриднева, П. В. Рябік, О. В. Демчишина, Д. В. Герасименко

Електроосадження композиційних покриттів на основі міді є перспективним напрямком створення новітніх матеріалів поліфункціонального призначення. Важливим напрямком застосування композитів є використання їх у системах очистки газових викидів та стічних вод. В якості фотокаталізаторів фотодеструкції органічних забруднювачів стічних вод доцільно використовувати напівпровідникові оксидні матеріали, зокрема титан діоксид. Конструкційні особливості обладнання для очищення стічних вод потребують фіксації частинок титан діоксиду в жорсткій матриці. Вирішенням задачі з фіксації фоточутливих елементів на поверхні певної конфігурації є електроосадження покриттів композитами, зокрема Cu-TiO_2 . Важливим фактором, що впливає на функціональні характеристики композитів і технологічне оформлення їх одержання, є природа електроліту. Показано, що електроосадження композитів Cu-TiO_2 із метансульфонатних електролітів дозволяє зменшити коагуляцію дисперсної фази і одержати покриття з високим вмістом титан діоксиду із суспензійного розчину, що містить не більше 4 г/л TiO_2 . Встановлено, що вміст дисперсної фази в композиті, одержаному при густині струму 2 А/дм² і концентрації титан діоксиду в електроліті на рівні 4 г/л, становить 1,3 мас. %, що вдвічі більше ніж при використанні сульфатного електроліту. Показано, що збільшення вмісту дисперсної фази в покриттях з 0,1 до 1,3 мас. % супроводжується зростанням ступеню фотодеструкції барвника з 6 до 15,5 відсотків. Мікротвердість покриттів зростає при цьому на 30 %. Розроблений електроліт для одержання композитів Cu-TiO_2 є важливим внеском у розвиток синтезу зносостійких високоефективних фотокаталізаторів для очистки стічних вод від органічних забруднювачів.

Ключові слова: метансульфонатний електроліт, композиційні покриття, титан діоксид, фотокаталіз, мікротвердість.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.217730

ВПЛИВ ОБРОБКИ КОКОСОВОГО ВОЛОКНА В СЕРЕДОВИЩІ ВАПНЯКОВОЇ ВОДИ НА ПОВЕРХНЮ ВОЛОКНА, ЗМОЧУВАНІСТЬ І МІЦНІСТЬ НА ЗСУВ НА ПОВЕРХНІ РОЗДІЛУ (с. 48–56)

Sutrisno, Rudy Soenoko, Yudy Surya Irawan, Teguh Dwi Widodo

Розвиток технології призвів до збільшення необхідності в композитних матеріалах, зокрема з армуванням натуральними волокнами. Існує велика кількість натуральних волокон, і вони не використовуються в повній мірі. До цих пір використання кокосового волокна обмежувалося меблевою промисловістю і ремісничим виробництвом. В якості сировини для композитних матеріалів може використовуватися волокно кокосової койри. Недостатня міцність зв'язків обумовлена гідрофобністю волокна, а поверхня волокна менш шорстка і брудна. У даному дослідженні оцінюється характеристика поверхні волокна койри і його зв'язування з поліефірною матрицею після обробки вапняковою водою. Для вивчення поверхонь волокон і поверхневої матриці використовувався растровий електронний мікроскоп. Було проведено випробування на змочуваність для вивчення поверхневої енергії волокна. Для оцінки зв'язків між волокнами і матрицею була визначена міцність на зсув на поверхні розділу. Волокна кокосової койри занурювали у вапнякову воду з 5 %-ним вмістом вапняку на 0, 4, 8, 12, 16, і 20 годин. Дослідження волокон за допомогою растрового електронного мікроскопа показує, що поверхня волокон зазвичай чиста, шорстка і рифлена. Найбільша поверхнева енергія була отримана на рівні 40,74 мН/м при зануренні у вапнякову воду на 8 годин. Найбільше значення міцності на зсув на поверхні розділу волокна і матриці становить 3,80 МПа при 8-годинному зануренні, при 0, 4, 12, 16 і 20-годинному зануренні відповідно 3,02, 3,09, 3,52, 3,47 і 4,40 МПа. Результати показали, що після занурення у вапнякову воду на 8 годин кокосове волокно мало чисту, шорстку і рифлену поверхню, таким чином зв'язок між волокном і матрицею був краще. Дане дослідження показує, що вапнякова вода може використовуватися в якості природного середовища для обробки волокон.

Ключові слова: вапняк, кокосове волокно, занурення, поверхнєве волокно, змочуваність, міцність на зсув на поверхні розділу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224226

ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ФІНІШНИХ КОМПОЗИЦІЙ ПРИ ОЗДОБЛЕННІ ШКІРЯНОГО КРАСТУ (с. 57–63)

Т. М. Липський, Н. В. Первая, О. А. Охмат, О. Р. Мокроусова, А. І. Бабич

Вивчена можливість використання нових фінішних композицій для оздоблення шкіряного Красту, отриманого із сировини великої рогаатої худоби для оздоблення взуття та шкіргалантерейних виробів.

Досліджено показники якості фінішних композицій та їх елементарний хімічний склад. Виявлено, що фінішні композиції мають високу покривну здатність через наявність у їх складі мінеральних пігментів. За допомогою рентгено-флуорисцентного аналізу доведено, що зелений колір композиції надає наявність хромових пігментів та сполук міді; синій – сполук кобальту, міді, заліза, хрому; червоно-коричневий колір – сполук кобальту.

Встановлено, що фінішні композиції стійкі до дії електролітів різної природи в широкому інтервалі рН від 2 до 11.

При визначенні однорідності композицій методом паперової віялоподібної хроматографії виявлено, що композиція синього кольору має яскраво виражений фіолетовий відтінок, а червоно-коричнева – червоний.

Ефективність використання фінішних композицій для оздоблення шкіряного Красту доведена визначенням показників його якості. Фінішні композиції надають Красту високої стійкості до сухого (більше 500 об.) та мокрого тертя (більше 150 об.), багаторазового вигину (більше 50000 об.), дії води (від 2 до 5 балів) та органічних розчинників (від 2 до 4 балів). При цьому фінішні композиції відрізняються швидкою дифузією в структуру шкіри з натуральною лицьовою поверхнею з одночасним наданням їй специфічних властивостей. Як то: водовідштовхувальних властивостей (гідрофобність), блиску, воскового грифу, матовості, насиченого однорідного кольору. Оздоблена фінішними композиціями шкіра закріплення отриманого покриття водоемульсійним лаком не потребує.

Рекомендовано використання фінішних композицій у виробництві верху взуття зі шкіряного Красту шляхом нанесення їх на поверхню розпилюванням або щіткою для створення необхідного ефекту.

Ключові слова: шкіра Краст, склад фінішних композицій, оздоблення, покривна здатність, якість покриття.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224228

ВИЯВЛЕННЯ ВПЛИВУ КОНЦЕНТРАЦІЇ КАТАЛІЗАТОРА НА ПРОЦЕС ПЕРЕРОБКИ МАЗУТА В УМОВАХ ТЕХНОЛОГІЇ АЕРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛІЗУ (с. 64–71)

С. В. Леоненко, С. О. Кудрявцев, І. М. Глікіна, В. Ю. Тарасов, О. В. Золотарьова

Продуктами первинної переробки нафти є суміш різних вуглеводнів. Одним з нафтопродуктів, що важко переробляється, є мазут. У статті розглянуто метод отримання світлих (легких) фракцій нафтопродуктів шляхом каталітичної переробки мазуту на цеолит-вмістному каталізаторі при 1 атм в умовах технології аерозольного нанокаталізу. Проаналізовано та оцінено перспектива каталітичної переробки в'язкого залишку – мазуту. Процес здійснюється при диспергуванні каталітично активним компонентом в віброрідженому шарі. Хімічне перетворення відбувається при постійній механохімактивації частинок каталізатора, створюючи хмару аерозолі в реакційному обсязі. Для досліджень був обраний природний цеолітний каталізатор типу Y. Наведено методи поділу бензинової і

дизельної фракції світлих вуглеводнів і аналізу газової фази. Досліджено вплив концентрації аерозолю цеолітного каталізатора на склад продуктів крекінгу (вихід бензинової і дизельної фракції світлих вуглеводнів). Відзначено, що швидкість процесу переробки мазуту в аерозолі каталізатора в 1,5–2 рази вище, ніж при термічній переробці. З'ясовано, що в процесі переробки мазуту за технологією аерозольного нанокаталізу концентрацією каталізатора можна керувати для отримання кінцевого продукту. В результаті досліджень показано, що оптимальними умовами переробки мазуту в аерозолі каталізатора слід вважати 773 К, частота 5 Гц, тиск 1 атм. При цьому концентрацію каталізатора 1–5 г/м³ слід вважати оптимальною для виходу легкої фракції вуглеводнів. При цьому вихід становить до 80 % фракції в лабораторних умовах. З'ясовано, що при переробці мазуту концентрація каталізатора дозволяє оптимізувати вихід світлих нафтопродуктів в умовах технології аерозольного нанокаталізу.

Ключові слова: аерозольний нанокаталіз, переробка мазута, віброзрідження, цеолітний каталізатор, фракція світлих вуглеводнів, механохімактивація.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224235

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПАЛИВНОГО БІОЕТАНОЛУ В КАМЕРІ ЗГОРЯННЯ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ НАМАГНІЧУВАННЯ (с. 72–76)

Andi Ulfiana, Tatun Hayatun Nufus, Emir Ridwan, Arifia Ekayuliana, Cecep Slamet Abadi, Asep Apriana, Iwan Susanto

Біоетанол є джерелом відновлюваної енергії, здатної замінити бензин, якого не стане в майбутньому. У даній роботі досліджується вплив намагнічування паливного біоетанолу на температуру згоряння палива в камері згоряння бензинового двигуна. В якості палива використовується біоетанол зі складом E0 (чистий бензин), E10 (10 % біоетанолу+90 % бензину), E20 (20 % біоетанолу+80 % бензину), E30 (30 % біоетанолу+70 % бензину), E40 (40 % біоетанолу+60 % бензину). Паливо проходило через магніт з магнітним схиленням 647,15 Гаусса, 847,25 Гаусса, 1419,57 Гаусса. В якості датчика температури використовується термопара К-типу. Датчик температури вставляли в камеру згоряння для вимірювання температури камери згоряння. Дані термопари записувалися в Microsoft Excel на комп'ютері за допомогою програми LabVIEW через інтерфейс NI-USB 9213. Записані дані про температуру складають 400 даних в секунду. За результатами, отриманими без впливу магнітного поля, найнижча пікова температура становить 577,1998 °C при E40 і найвища пікова температура 582,1786 °C при E0. Чим вищий вміст біоетанолу, тим нижче температура згоряння палива до низької в'язкості біоетанолу. Збільшення напруженості магнітного поля призводить до підвищення температури згоряння. Отже, паливо згорає швидше, а процес горіння стає більш досконалим. За результатами, отриманими при впливі магнітного поля, найнижча пікова температура становить 577,8347 °C при E40, найвища пікова температура 587,36 °C при E0. Використання магнітного поля в паливній суміші біоетанолу може підвищити температуру згоряння, в результаті чого молекули палива вільно переміщуються і паливо легше зміщується з киснем. У міру того як спалюється більше палива, згоряння палива стає повним.

Ключові слова: температура камери згоряння, біоетанол, бензиновий двигун, магнітне поле, термопара, LabVIEW.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224244

ВПЛИВ НА КОЕФІЦІЄНТ ГАЗОВИЛУЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ПЕРІОДУ НАГНІТАННЯ АЗОТУ НА ПОЧАТКОВОМУ ГАЗОВОДІЯНОМУ КОНТАКТІ (с. 77–84)

С. В. Матківський, О. Р. Кондрат

Використовуючи цифрову тривимірну модель газоконденсатного покладу, досліджено процес нагнітання азоту на межі початкового газоводіяного контакту за різних значень тривалості періоду нагнітання. Розрахунки проведені для тривалості періоду нагнітання азоту на рівні 5, 6, 8, 10, 12 та 14 місяців. Згідно результатів моделювання встановлено, що при збільшенні тривалості періоду нагнітання азоту в поклад зменшується період експлуатації видобувних свердловин до моменту прориву неуглеводневого газу. На основі аналізу технологічних показників розробки покладу встановлено, що завдяки впровадженню технології нагнітання азоту в поклад забезпечується скорочення обсягів видобутку пластової води. Накопичений видобуток води на момент прориву азоту у видобувній свердловині при тривалості періоду нагнітання 5 місяців складає 197,3 тис. м³, а для 14 місяців – 0,038 м³. За результатами статистичної обробки розрахункових даних визначено оптимальне значення тривалості періоду нагнітання азоту, яке становить 8,04 місяців. Кінцевий коефіцієнт газовилучення для оптимального періоду нагнітання неуглеводневого газу дорівнює 58,11 %, а при розробці продуктивного покладу на виснаження – 34,6 %. На основі результатів проведених досліджень встановлено технологічну ефективність нагнітання азоту в продуктивний поклад на границі початкового газоводіяного контакту з метою сповільнення просування пластової води в газонасичені горизонти. Результати проведених досліджень дозволяють вдосконалити існуючі технології розробки родовищ вуглеводнів в умовах прояву водонапірного режиму. Використання результатів проведених досліджень на виробництві дозволить скоротити обсяги видобутку пластової води та підвищити кінцеві коефіцієнти газовилучення до 23,51 %.

Ключові слова: 3D модель родовища, газоконденсатний поклад, водонапірний режим, защемлений газ, нагнітання азоту.