

ABSTRACT AND REFERENCES

TECHNOLOGY ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273437

ANALYSIS OF THE THERMAL CHARACTERISTICS OF THE PARAFFIN WAX/HIGH-DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) COMPOSITE AS A FORM-STABLE PHASE CHANGE MATERIAL (FSPCM) FOR THERMAL ENERGY STORAGE (p. 6–13)

Dwi Rahmalina

Pancasila University, Jagakarsa-South Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7239-9039>**Almira Rahma Zada**

Pancasila University, Jagakarsa-South Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0778-3269>**Herni Soefihandini**

Pancasila University, Jagakarsa-South Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9505-9536>**Ismail**

Pancasila University, Jagakarsa-South Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7911-4163>**Budhi Muliawan Suyitno**

Pancasila University, Jagakarsa-South Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5383-5165>

The present work is specifically focused on the form stability of paraffin as a phase change material (PCM) through the addition of high-density polyethylene (HDPE). The aim of adding HDPE is to obtain a stable form of paraffin during the phase transition. Moreover, improving the performance of PCM leads to an advanced operation of the latent heat storage unit with an excellent charging duration and response time. The study uses HDPE at a ratio of 5 wt %, 10 wt % and 15 wt %. The results indicate significant differences between the form-stable PCM (FSPCM) and pure paraffin. For instance, the supercooling degree is decreased with the addition of HDPE, where paraffin has a supercooling degree of 8.01 °C while FSPCM with 15 wt % HDPE has a supercooling degree of 3.73 °C. The latent heat of fusion by adding 10 wt % and 15 wt % HDPE is slightly decreased by 1.85 %, which is much lower compared to adding 5 wt % HDPE, which reduces the latent heat of fusion by about 6.02 %. Adding HDPE leads to a faster charging process and a better response time during the discharging process. The charging rate is increased significantly by adding 15 wt % HDPE with a substantial increment of around 40 % with an average charging rate of 2.39 °C/min. The heat release during the discharging process is increased for FSPCM with 5 wt % HDPE where the temperature drops by more than 70 °C within 20 minutes. The findings indicate that adding HDPE contributed positively to reducing the supercooling degree and providing a steady phase transition. Thus, the heat exchange process of paraffin is more favorable, which improves the performance of the latent heat storage unit. Furthermore,

the operation can be improved significantly by providing a faster charging and discharging process.

Keywords: charging, discharging, latent heat, paraffin, PCM, polymer, supercooling, thermal storage.

References

- Ismail, I., Mulyanto, A. T., Rahman, R. A. (2022). Development of free water knock-out tank by using internal heat exchanger for heavy crude oil. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 77–85. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002502>
- Ismail, I., John, J., Pane, E. A., Maulana, R., Rahman, R. A., Suwandi, A. (2021). Experimental Evaluation for The Feasibility of Test Chamber in The Open-Loop Wind Tunnel. *WSEAS transactions on fluid mechanics*, 16, 120–126. doi: <https://doi.org/10.37394/232013.2021.16.12>
- Ismail, I., Pane, E. A., Haryanto, G., Okviyanto, T., Rahman, R. A. (2021). A Better Approach for Modified Bach-Type Savonius Turbine Optimization. *International Review of Aerospace Engineering (IREASE)*, 14 (3), 159. doi: <https://doi.org/10.15866/irease.v14i3.20612>
- Hu, M., Yan, Z., Peng, L., Guo, N., Liu, Z. (2019). Optimization of preparation and analysis of Paraffin/SiO₂ composite PCMs via sol-gel method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 242, 032005. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/242/3/032005>
- Innovation Outlook: Thermal Energy Storage. IRENA. Available at: <https://www.irena.org/publications/2020/Nov/Innovation-outlook-Thermal-energy-storage>
- Rahmalina, D., Adhitya, D. C., Rahman, R. A., Ismail, I. (2021). Improvement the performance of composite PCM paraffin-based incorporate with volcanic ash as heat storage for low-temperature application. *EUREKA: Physics and Engineering*, 1, 53–61. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002055>
- Tunggal Ismail, A., Ismail, I., Abdu Rahman, R. (2022). Increasing the reliability of biomass solid fuel combustion using a combined regenerative heat exchanger as an indirect burner. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (8 (119)), 53–61. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265803>
- Khademi, A., Shank, K., Mehrjardi, S. A. A., Tiari, S., Sorrentino, G., Said, Z. et al. (2022). A brief review on different hybrid methods of enhancement within latent heat storage systems. *Journal of Energy Storage*, 54, 105362. doi: <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105362>
- Zhang, P., Meng, Z. N., Zhu, H., Wang, Y. L., Peng, S. P. (2017). Melting heat transfer characteristics of a composite phase change material fabricated by paraffin and metal foam. *Applied Energy*, 185, 1971–1983. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.075>
- Agarwal, A., Sarviya, R. M. (2017). Characterization of Commercial Grade Paraffin wax as Latent Heat Storage material for Solar dryers. *Materials Today: Proceedings*, 4 (2), 779–789. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.01.086>
- Suyitno, B. M., Rahmalina, D., Rahman, R. A. (2023). Increasing the charge/discharge rate for phase-change materials by forming hybrid composite paraffin/ash for an effective thermal energy stor-

- age system. *AIMS Materials Science*, 10 (1), 70–85. doi: <https://doi.org/10.3934/mat.2023005>
12. Tang, Y., Su, D., Huang, X., Alva, G., Liu, L., Fang, G. (2016). Synthesis and thermal properties of the MA/HDPE composites with nano-additives as form-stable PCM with improved thermal conductivity. *Applied Energy*, 180, 116–129. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.106>
 13. Zhang, L., Dong, J. (2017). Experimental study on the thermal stability of a paraffin mixture with up to 10,000 thermal cycles. *Thermal Science and Engineering Progress*, 1, 78–87. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2017.02.005>
 14. Rahman, R. A., Lahuri, A. H., Ismail (2023). Thermal stress influence on the long-term performance of fast-charging paraffin-based thermal storage. *Thermal Science and Engineering Progress*, 37, 101546. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2022.101546>
 15. Gandhi, M., Kumar, A., Elangovan, R., Meena, C. S., Kulkarni, K. S., Kumar, A. et al. (2020). A Review on Shape-Stabilized Phase Change Materials for Latent Energy Storage in Buildings. *Sustainability*, 12 (22), 9481. doi: <https://doi.org/10.3390/su12229481>
 16. Chen, P., Gao, X., Wang, Y., Xu, T., Fang, Y., Zhang, Z. (2016). Metal foam embedded in SEBS/paraffin/HDPE form-stable PCMs for thermal energy storage. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 149, 60–65. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2015.12.041>
 17. Sciacovelli, A., Navarro, M. E., Jin, Y., Qiao, G., Zheng, L., Leng, G. et al. (2018). High density polyethylene (HDPE) – Graphite composite manufactured by extrusion: A novel way to fabricate phase change materials for thermal energy storage. *Particuology*, 40, 131–140. doi: <https://doi.org/10.1016/j.partic.2017.11.011>
 18. Wu, M. Q., Wu, S., Cai, Y. F., Wang, R. Z., Li, T. X. (2021). Form-stable phase change composites: Preparation, performance, and applications for thermal energy conversion, storage and management. *Energy Storage Materials*, 42, 380–417. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2021.07.019>
 19. Rahmalina, D., Rahman, R. A., Ismail (2022). Increasing the rating performance of paraffin up to 5000 cycles for active latent heat storage by adding high-density polyethylene to form shape-stabilized phase change material. *Journal of Energy Storage*, 46, 103762. doi: <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103762>
 20. Gibb, D., Seitz, A., Johnson, M., Romani, J., Gasia, J., Cabeza, L. F. et al. (2018). Applications of Thermal Energy Storage in the Energy Transition. IEA-ECES. Available at: https://iea-es.org/wp-content/uploads/public/Applications-of-Thermal-Energy-Storage-in-the-Energy-Transition-Annex-30_Public-Report.pdf
 21. Majewski, K., Mantell, S. C., Bhattacharya, M. (2020). Relationship between morphological changes and mechanical properties in HDPE films exposed to a chlorinated environment. *Polymer Degradation and Stability*, 171, 109027. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymdgradstab.2019.109027>
 22. Safari, A., Saidur, R., Sulaiman, F. A., Xu, Y., Dong, J. (2017). A review on supercooling of Phase Change Materials in thermal energy storage systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 905–919. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.272>
 23. Antar, E., Elkhoury, M. (2019). Parametric sizing optimization process of a casing for a Savonius Vertical Axis Wind Turbine. *Renewable Energy*, 136, 127–138. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.092>
 24. Sivapalan, B., Neelesh Chandran, M., Manikandan, S., Saranprabhu, M. K., Pavithra, S., Rajan, K. S. (2018). Paraffin wax–water

- nanoemulsion: A superior thermal energy storage medium providing higher rate of thermal energy storage per unit heat exchanger volume than water and paraffin wax. *Energy Conversion and Management*, 162, 109–117. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.01.073>
25. Deng, Z., Li, J., Zhang, X., Yao, F., Shen, C. (2020). Melting intensification in a horizontal latent heat storage (LHS) system using a paraffin / fractal metal matrices composite. *Journal of Energy Storage*, 32, 101857. doi: <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101857>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.267274

IDENTIFICATION OF COMBUSTION REGULARITIES OF FUEL MIXTURES FROM AZOLLA BIOMASS, GOAT MANURE BIOCHAR AND GOAT MANURE BIO-OIL FOR FCC FURNACE (p. 14–21)

Tanwir Ahmad Farhan

Universitas Indonesia, West Java, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9632-7996>

Ahmad Indra Siswantara

Universitas Indonesia, West Java, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1590-2061>

Ahmad Syihan Auzani

Universitas Indonesia, West Java, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5068-192X>

Adi Syuriadi

Politeknik Negeri Jakarta, Kota Depok, Jawa Barat, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5982-5857>

Candra Damis Widiawaty

Politeknik Negeri Jakarta, Kota Depok, Jawa Barat, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7452-1074>

Muhammad Hilman Gumelar Syafei

Universitas Indonesia, West Java, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1462-7931>

Iwan Susanto

Politeknik Negeri Jakarta, Kota Depok, Jawa Barat, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7120-0374>

Fluid catalytic cracking (FCC) is a method of cracking vegetable oils into simpler fractions and green fuel oils. One component of the FCC system is the FCC furnace. The FCC furnace is where the combustion process occurs and provides high heat transfer throughout the FCC system, especially for heating the reactor. The reactor temperature is the catalyst cracking temperature. The cracking temperature of the catalyst depends on the feed oil used in the cracking process, such as crude palm oil at 450–550 °C or crude bio-oil at 300 °C. The fuel for heating an FCC furnace is usually coal. To reduce coal, we use a mixture of *Azolla microphylla* biomass with biochar and bio-oil from goat manure. The aim of this study was to analyze the mixture of *Azolla microphylla* biomass with biochar and bio-oil from goat manure to obtain sufficient furnace temperature to heat the FCC reactor, perform analytical calculations to obtain the volume of flue gas formed from the combustion reaction. We conducted two experiments; the first experiment used a mixture of 1 kg of Goat Manure Biochar (GMBC) with 0.5 kg of *Azolla microphylla* and the second experiment used a mixture of one kg of GMBC with 0.5 kg of *Azolla microphylla* plus 300 ml of Goat Manure Bio-oil (GMBO). A fuel mixture of one kilogram GMBC with 0.5 kg *Azolla* is not

effective in combustion because the maximum temperature in the furnace is 177 °C but the fuel mixture of one kg GMBC, 0.5 kg Azolla and 300 ml GMBO has a furnace temperature of 472.75 °C, which can heat the stripper up to 313.25 °C so that cracking can occur in the raw bio-oil. Analysis of combustion results showed an increase in total CO₂ volume from experiment one and experiment two of 0.966 (m³_{CO₂}/kg fuel).

Keywords: FCC, biochar, biomass, goat manure, fuel mixture, combustion, Azolla.

References

- Roni, M. S., Chowdhury, S., Mamun, S., Marufuzzaman, M., Lein, W., Johnson, S. (2017). Biomass co-firing technology with policies, challenges, and opportunities: A global review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 1089–1101. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.023>
- Agbor, E., Zhang, X., Kumar, A. (2014). A review of biomass co-firing in North America. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 930–943. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.195>
- Bhuiyan, A. A., Blicblau, A. S., Islam, A. K. M. S., Naser, J. (2018). A review on thermo-chemical characteristics of coal/biomass co-firing in industrial furnace. *Journal of the Energy Institute*, 91 (1), 1–18. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joei.2016.10.006>
- Maciejóńczyk, N., Pełka, G., Luboń, W., Malik, D. (2019). Analysis of the Flue Gas Produced During the Coal and Biomass Co-combustion in a Solid Fuel Boiler. *Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation*, 239–246. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-13888-2_23
- Syuriadi, A., Siswantara, A. I., Nurhakim, F. R., Irbah, Y. N., Al Rizky, B., Zulfa, F. A. et al. (2022). Analysis of the effect of biomass variants (fish waste, tamanu waste and duckweed) on the characteristics of syngas, bio oil, and carbon charcoal produced in the pyrolysis process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (117)), 41–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253750>
- Sood, A., Uniyal, P. L., Prasanna, R., Ahluwalia, A. S. (2011). Phytoremediation Potential of Aquatic Macrophyte, Azolla. *AMBIO*, 41 (2), 122–137. doi: <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0159-z>
- Hamdan, H. Z., Houry, A. F. (2021). CO₂ sequestration by propagation of the fast-growing Azolla spp. *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (12), 16912–16924. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16986-6>
- Miranda, A. E., Biswas, B., Ramkumar, N., Singh, R., Kumar, J., James, A. et al. (2016). Aquatic plant Azolla as the universal feedstock for biofuel production. *Biotechnology for Biofuels*, 9 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13068-016-0628-5>
- Golzary, A., Hosseini, A., Saber, M. (2020). Azolla filiculoides as a feedstock for biofuel production: cultivation condition optimization. *International Journal of Energy and Water Resources*, 5 (1), 85–94. doi: <https://doi.org/10.1007/s42108-020-00092-3>
- Chouhan, A., Sarma, A. (2013). Critical Analysis of Process Parameters for Bio-oil Production via Pyrolysis of Biomass: A Review. *Recent Patents on Engineering*, 7 (2), 98–114. doi: <https://doi.org/10.2174/18722121113079990005>
- Pirbazari, S. M., Norouzi, O., Kohansal, K., Tavasoli, A. (2019). Experimental studies on high-quality bio-oil production via pyrolysis of Azolla by the use of a three metallic/modified pyrochar catalyst. *Bioresource Technology*, 291, 121802. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121802>
- Prabakaran, S., Mohanraj, T., Arumugam, A., Sudalai, S. (2022). A state-of-the-art review on the environmental benefits and prospects of Azolla in biofuel, bioremediation and biofertilizer applications. *Industrial Crops and Products*, 183, 114942. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114942>
- Dewanto, M. A. R., Januartrika, A. A., Dewajani, H., Budiman, A. (2017). Catalytic and thermal cracking processes of waste cooking oil for bio-gasoline synthesis. *AIP Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1063/1.4978172>
- Makertihartha, I. G. B. N., Fitradi, R. B., Ramadhani, A. R., Laniwati, M., Muraza, O., Subagio (2020). Biogasoline Production from Palm Oil: Optimization of Catalytic Cracking Parameters. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45 (9), 7257–7266. doi: <https://doi.org/10.1007/s13369-020-04354-4>
- Wibowo, S., Efiyanti, L., Pari, G. (2020). Catalytic and Thermal Cracking of Bio-Oil from Oil-Palm Empty Fruit Bunches, in Batch Reactor. *Indonesian Journal of Chemistry*, 20 (5), 1000. doi: <https://doi.org/10.22146/ijc.44076>
- Bhuiyan, A. A., Naser, J. (2015). Computational modelling of co-firing of biomass with coal under oxy-fuel condition in a small scale furnace. *Fuel*, 143, 455–466. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.11.089>
- Zhao, J., Deng, J., Song, J., Shu, C.-M. (2019). Effectiveness of a high-temperature-programmed experimental system in simulating particle size effects on hazardous gas emissions in bituminous coal. *Safety Science*, 115, 353–361. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.02.008>
- Poddar, S., Sarat Chandra Babu, J. (2021). Modelling and optimization of a pyrolysis plant using swine and goat manure as feedstock. *Renewable Energy*, 175, 253–269. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.04.120>
- Pourkarimi, S., Hallajisani, A., Alizadehdakhal, A., Nouralishahi, A. (2021). Bio-oil production by pyrolysis of Azolla filiculoides and Ulva fasciata macroalgae. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 7 (3), 331–346. doi: <https://doi.org/10.22034/GJESM.2021.03.02>
- Touray, N., Tsai, W.-T., Chen, H.-R., Liu, S.-C. (2014). Thermochemical and pore properties of goat-manure-derived biochars prepared from different pyrolysis temperatures. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 109, 116–122. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2014.07.004>
- Erdogdu, A. E., Polat, R., Ozbay, G. (2019). Pyrolysis of goat manure to produce bio-oil. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22 (2), 452–457. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jestech.2018.11.002>
- Type K Thermocouple. Available at: <http://www.thermocoupleinfo.com/type-k-thermocouple.htm>
- Septiana, R. et al. (2019). Calibration of K-Type Thermocouple and MAX6675 Module with Reference DS18B20 Thermistor Based on Arduino DAQ. *Prosiding SNTTM XVIII*. Available at: <http://prosiding.bkstm.org/prosiding/2019/PTM01.pdf>
- Paraschiv, L. S., Serban, A., Paraschiv, S. (2020). Calculation of combustion air required for burning solid fuels (coal / biomass / solid waste) and analysis of flue gas composition. *Energy Reports*, 6, 36–45. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.10.016>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272512

ANALYSIS OF COMPOSITIONS AND FUEL SPECIFICATIONS OF THE AQUEOUS EMULSION FUELS OF GASOLINE (RON 90)-ETHANOL-WATER IN STABLE EMULSIONS AT LOW TEMPERATURES (p. 22–32)

Hanny Frans SangianSam Ratulangi University, Manado Sulawesi Utara, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1474-9701>**Guntur Pasau**Sam Ratulangi University, Manado Sulawesi Utara, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8939-0337>**Gerald Hendrik Tamuntuan**Sam Ratulangi University, Manado Sulawesi Utara, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4546-3992>**Arief Widjaja**Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8251-3755>**Ronny Purwadi**Institut Teknologi Bandung, Jawa Barat, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6524-9929>**Silvy Yusnica Agnesty**Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jawa Tengah, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4090-6184>**Tun Sriana**Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jawa Tengah, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3024-1054>**Arif Nurrahman**Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jawa Tengah, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9072-8382>**Abubakar Tuhouloula**Lambung Mangkurat University, Banjarbaru Kalimantan Selatan, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2915-3716>**Ramli Thahir**Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4175-8235>

Many countries worldwide encounter the greatest difficulties in improving people's life quality since fossil fuel reserves are decreasing, causing fuel prices to rise drastically. This problem has made many countries, including Indonesia, struggle to import them from producers in the Middle East. Adding a small part of ethanol to gasoline is one of the solutions that has been investigated and developed.

The previous works relating to blended fuels, gasoline and ethanol, generally employed absolute alcohol, which was expensive. A small surfactant was added to the mixture to stabilize the emulsion, and the blending was conducted in normal conditions (room temperature). If the composition of gasoline and aqueous ethanol is not precise, the components can be separated at a specific temperature.

The present study is aimed to report the analysis of compositions and fuel specifications of aqueous emulsions of gasoline (RON 90)-ethanol-water in a single phase without using a synthetic surfactant in the temperature range of 0–25 °C. The procedures were as follows: fermentation, ethanol distillation and purification, cooling, blending, and characterization of fuel specifications. Components of gasoline (RON 90)-ethanol-water formed a stable emulsion in the

composition range of 28.00–99.79 %, 0.20–67.97 %, and 0.01–3.58 %. The observation found that continually increasing the amount of aqueous ethanol and temperature after one phase was attained would not lead to the separation of components. Therefore, gasoline and aqueous ethanol can form a single phase functioning as a surfactant binding water and fossil fuel. The decrease in temperature after the emulsion is stabilized can separate the components whereby it is caused by the faster density change of aqueous ethanol than gasoline.

Keywords: gasoline, ethanol, water in one phase, fuel parameter, stable emulsion, gasoline and aqueous ethanol dissolve, conditions of gasoline and aqueous ethanol separation, single-phase, non-synthetic surfactant emulsion.

References

- Chiari, L., Zecca, A. (2011). Constraints of fossil fuels depletion on global warming projections. *Energy Policy*, 39 (9), 5026–5034. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.011>
- Kumoro, A. C., Damayanti, A., Shiddieqy Bahlawan, Z. A., Melina, M., Puspawati, H. (2021). Bioethanol Production from Oil Palm Empty Fruit Bunches Using *Saccharomyces cerevisiae* Immobilized on Sodium Alginate Beads. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 65 (4), 493–504. doi: <https://doi.org/10.3311/ppch.16775>
- Shaibani, N., Yaghmaei, S., Andalibi, M. R., Ghazvini, S. (2012). Ethanol production from sugarcane bagasse by means of on-site produced and commercial enzymes; a comparative study. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 56 (2), 91. doi: <https://doi.org/10.3311/pp.ch.2012-2.07>
- Palankoev, T. A., Dementiev, K. I., Khadzhiev, S. N. (2019). Promising Processes for Producing Drop-in Biofuels and Petrochemicals from Renewable Feedstock (Review). *Petroleum Chemistry*, 59 (4), 438–446. doi: <https://doi.org/10.1134/s096554411904011x>
- Kálmán, G., Réczey, K. (2007). Possible ways of bio-refining and utilizing the residual lignocelluloses of corn growing and processing. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 51 (2), 29. doi: <https://doi.org/10.3311/pp.ch.2007-2.05>
- Qadir, S. A., Al-Motairi, H., Tahir, F., Al-Fagih, L. (2021). Incentives and strategies for financing the renewable energy transition: A review. *Energy Reports*, 7, 3590–3606. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.06.041>
- Fehér, A., Bedő, S., Fehér, C. (2021). Comparison of Enzymatic and Acidic Fractionation of Corn Fiber for Glucose-rich Hydrolysate and Bioethanol Production by *Candida boidinii*. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 65 (3), 320–330. doi: <https://doi.org/10.3311/ppch.17431>
- Arun, J., Gopinath, K. P., Shreekanth, S. J., Sahana, R., Raghavi, M. S., Gnanaprakash, D. (2019). Effects of Process Parameters on Hydrothermal Liquefaction of Microalgae Biomass Grown in Municipal Wastewater. *Petroleum Chemistry*, 59 (2), 194–200. doi: <https://doi.org/10.1134/s0965544119020026>
- Netrusov, A. I., Teplyakov, V. V., Tsoodikov, M. V., Chistyakov, A. V., Zharova, P. A., Shalygin, M. G. (2019). Production of Motor Fuel from Lignocellulose in a Three-Stage Process (Review and Experimental Article). *Petroleum Chemistry*, 59 (1), 11–23. doi: <https://doi.org/10.1134/s0965544119010110>
- Wang, X., Chen, Z., Ni, J., Liu, S., Zhou, H. (2015). The effects of hydrous ethanol gasoline on combustion and emission characteristics of a port injection gasoline engine. *Case Studies in Thermal Engineering*, 6, 147–154. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2015.09.007>

11. Deng, X., Chen, Z., Wang, X., Zhen, H., Xie, R. (2018). Exhaust noise, performance and emission characteristics of spark ignition engine fuelled with pure gasoline and hydrous ethanol gasoline blends. *Case Studies in Thermal Engineering*, 12, 55–63. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2018.02.004>
12. Kunwer, R., Ranjit Pasupuleti, S., Sureshchandra Bhurat, S., Kumar Gugulothu, S., Rathore, N. (2022). Blending of ethanol with gasoline and diesel fuel – A review. *Materials Today: Proceedings*, 69, 560–563. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.319>
13. Todoruț, A., Molea, A., Barabás, I. (2019). Predicting the Temperature and Composition – Dependent Density and Viscosity of Diesel Fuel – Ethanol Blends. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 64 (2), 213–220. doi: <https://doi.org/10.3311/ppch.14757>
14. Qadiri, U. (2021). Computational parametric investigation on single cylinder constant speed spark ignition engine fuelled water-based micro-emulsion, ethanol blends, and conventional gasoline. *Materials Science for Energy Technologies*, 4, 256–262. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mset.2021.07.002>
15. Kyriakides, A., Dimas, V., Lymperopoulou, E., Karonis, D., Lois, E. (2013). Evaluation of gasoline–ethanol–water ternary mixtures used as a fuel for an Otto engine. *Fuel*, 108, 208–215. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.02.035>
16. Siciliano, B., da Silva, C. M., de Melo, T. C. C., Vicentini, P. C., Arbilla, G. (2022). An analysis of speciated hydrocarbons in hydrous ethanol (H100) and ethanol-gasoline blend (E22) for vehicle exhaust emissions. *Atmospheric Environment*, 285, 119248. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.119248>
17. EL-Seesy, A. I., Kayatas, Z., Takayama, R., He, Z., Kandasamy, S., Kosaka, H. (2020). Combustion and emission characteristics of RCEM and common rail diesel engine working with diesel fuel and ethanol/hydrous ethanol injected in the intake and exhaust port: Assessment and comparison. *Energy Conversion and Management*, 205, 112453. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112453>
18. Saffy, H. A., Northrop, W. F., Kittelson, D. B., Boies, A. M. (2015). Energy, carbon dioxide and water use implications of hydrous ethanol production. *Energy Conversion and Management*, 105, 900–907. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.08.039>
19. Amine, M., Awad, E. N., Ibrahim, V., Barakat, Y. (2018). Influence of ethyl acetate addition on phase stability and fuel characteristics of hydrous ethanol-gasoline blends. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27 (4), 1333–1336. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.09.005>
20. Amine, M., Awad, E. N., Ibrahim, V., Barakat, Y. (2018). Effect of ethyl acetate addition on phase stability, octane number and volatility criteria of ethanol-gasoline blends. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27 (4), 567–572. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2017.08.007>
21. Al-Harbi, A. A., Alabduly, A. J., Alkhedhair, A. M., Alqahtani, N. B., Albishi, M. S. (2022). Effect of operation under lean conditions on NOx emissions and fuel consumption fueling an SI engine with hydrous ethanol–gasoline blends enhanced with synthesis gas. *Energy*, 238, 121694. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121694>
22. Murachman, B., Pranantyo, D., Sandjaya Putra, E. (2014). Study of Gasohol as Alternative Fuel for Gasoline Substitution: Characteristics and Performances. *International Journal of Renewable Energy Development (IJRED)*, 3 (3). doi: <https://doi.org/10.14710/ijred.3.3.175-183>
23. Amine, M., Barakat, Y. (2021). Effect of cyclohexanol on phase stability and volatility behavior of hydrous ethanol-gasoline blends. *Egyptian Journal of Petroleum*, 30 (3), 7–12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2021.04.001>
24. Saravanan, S., Pitchandi, K., Suresh, G. (2015). An experimental study on premixed charge compression ignition-direct ignition engine fueled with ethanol and gasohol. *Alexandria Engineering Journal*, 54 (4), 897–904. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2015.07.010>
25. Kassem, M. G. A., Ahmed, A.-M. M., Abdel-Rahman, H. H., Moustafa, A. H. E. (2019). Use of Span 80 and Tween 80 for blending gasoline and alcohol in spark ignition engines. *Energy Reports*, 5, 221–230. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.01.009>
26. Ershov, M. A., Grigoreva, E. V., Habibullin, I. F., Emelyanov, V. E., Strelalina, D. M. (2016). Prospects of bioethanol fuels E30 and E85 application in Russia and technical requirements for their quality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66, 228–232. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.054>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272210

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING FAT COMPOSITIONS WITH INCREASED OXIDATIVE STABILITY (p. 33–39)

Dmytro Saveliev

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

Oleksandr Hryhorenko

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4629-1010>

Evgeniia Mykhailova

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,
 Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0182-0823>

Mikhail Kravtsov

Kharkiv National Automobile and Highway University,
 Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3218-2182>

Oleg Kostyrkin

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

Anatolii Nikitin

Institute of Troops (Forces) Support and Information Technologies
 The National Defence University of Ukraine named after Ivan
 Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1487-0616>

Valentyn Romaniuk

Institute of Troops (Forces) Support and Information Technologies
 The National Defence University of Ukraine named after Ivan
 Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7767-2268>

Oleksandr Smolkov

Institute of Troops (Forces) Support and Information Technologies
 The National Defence University of Ukraine named after Ivan
 Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7351-393X>

Ivan Meshcheriakov

Institute of Troops (Forces) Support and Information Technologies
 The National Defence University of Ukraine named after Ivan
 Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5797-0735>

Volodymyr Bahlai

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2349-5272>

The object of research is the process of fat oxidation at elevated and standard temperatures.

Fats are used in chemical, pharmaceutical, food and other industries. Oxidative deterioration changes the composition of fats, reduces the efficiency of chemical reactions involving fats and the quality of final products. An urgent task is to increase the oxidative stability of fats.

The oxidative stability of fat compositions based on rapeseed, high-oleic sunflower and palm oils by the induction period at a temperature of 110 °C was investigated. The induction periods of the initial oils were 408.48 min., 795.87 min. and 630.2 min., respectively. Rational ratios of oils in the compositions were found: high-oleic sunflower: palm (50:50) %; rapeseed: high-oleic sunflower: palm (16.67:66.67:16.67) %; rapeseed: high-oleic sunflower: palm (33.33:33.33:33.33) %. The induction periods of the mixtures are 650.57 min., 710.56 min. and 670.56 min., respectively.

The increase in the oxidative stability of the developed compositions using the mixture of synthetic antioxidants (butylhydroxyanisole, butylhydroxytoluene and tert-butylhydroquinone) in an amount of 300 mg/kg of fat mixture was studied. The induction periods of the developed compositions were 910.80 min., 1279.01 min. and 1072.90 min., respectively.

The physicochemical parameters of compositions with the addition of antioxidants after 5 months of storage at a temperature of (20±2) °C were determined. The peroxide values of the compositions were 5.65; 3.28; 4.50 ½ O mmol/kg, respectively.

The research results make it possible to produce fats with increased oxidative stability and necessary properties, to predict induction periods of fat compositions depending on the concentrations of components. This will increase the profitability of production and the quality of fats obtained.

Keywords: fat composition, oxidative stability, induction period, oxidation inhibitor, free radical process.

References

- Chernukha, A., Teslenko, A., Kovalov, P., Bezuglov, O. (2020). Mathematical Modeling of Fire-Proof Efficiency of Coatings Based on Silicate Composition. *Materials Science Forum*, 1006, 70–75. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1006.70>
- Sytnik, N., Kunitsia, E., Mazaeva, V., Chernukha, A., Kovalov, P., Grigorenko, N. et al. (2020). Rational parameters of waxes obtaining from oil winterization waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (108)), 29–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.219602>
- Ghosh, M., Upadhyay, R., Mahato, D. K., Mishra, H. N. (2019). Kinetics of lipid oxidation in omega fatty acids rich blends of sunflower and sesame oils using Rancimat. *Food Chemistry*, 272, 471–477. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.072>
- Petik, I., Belinska, A., Kunitsia, E., Bochkarev, S., Ovsianikova, T., Kalyna, V. et al. (2021). Processing of ethanol-containing waste of oil neutralization in the technology of hand cleaning paste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (109)), 23–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225233>
- Sytnik, N., Kunitsa, E., Mazaeva, V., Chernukha, A., Bezuglov, O., Bogatov, O. et al. (2020). Determination of the influence of natural antioxidant concentrations on the shelf life of sunflower oil. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11 (106)), 55–62. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209000>
- Borsato, D., Cini, J. R. de M., Silva, H. C. da, Coppo, R. L., Angielli, K. G., Moreira, I., Maia, E. C. R. (2014). Oxidation kinetics of biodiesel from soybean mixed with synthetic antioxidants BHA, BHT and TBHQ: Determination of activation energy. *Fuel Processing Technology*, 127, 111–116. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2014.05.033>
- de Jesus, J. H. F., Ferreira, A. P. G., Szilágyi, I. M., Cavalheiro, E. T. G. (2020). Thermal behavior and polymorphism of the antioxidants: BHA, BHT and TBHQ. *Fuel*, 278, 118298. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118298>
- Sytnik, N., Kunitsia, E., Mazaeva, V., Chernukha, A., Ostapov, K., Borodych, P. et al. (2021). Establishing rational conditions for obtaining potassium glycerate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (111)), 12–18. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.231449>
- Norazlina, M. R., Jahurul, M. H. A., Hasmadi, M., Mansoor, A. H., Norliza, J., Patricia, M. et al. (2021). Trends in blending vegetable fats and oils for cocoa butter alternative application: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 102–114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.016>
- Aladedunye, F., Przybylski, R. (2013). Frying stability of high oleic sunflower oils as affected by composition of tocopherol isomers and linoleic acid content. *Food Chemistry*, 141 (3), 2373–2378. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.061>
- Serqueira, D. S., Fernandes, D. M., Cunha, R. R., Squizzato, A. L., Santos, D. Q., Richter, E. M., Munoz, R. A. A. (2014). Influence of blending soybean, sunflower, colza, corn, cottonseed, and residual cooking oil methyl biodiesels on the oxidation stability. *Fuel*, 118, 16–20. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.10.028>
- Al-Sabaei, A. M., Al-Fakih, A., Noura, S., Yaghoubi, E., Alaloul, W., Al-Mansob, R. A. et al. (2022). Utilization of palm oil and its by-products in bio-asphalt and bio-concrete mixtures: A review. *Construction and Building Materials*, 337, 127552. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127552>
- Mikołajczak, N., Tańska, M., Konopka, I. (2021). The effect of the hydrophilic and lipophilic herbal extracts on the oxidative stability of cooking plant oils during low- and high-temperature heating. *NFS Journal*, 25, 41–50. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2021.10.002>
- Chen, B., Su, Z., Du, Z., Ma, M., Zhang, J., Tang, C. (2022). A new type of mixed vegetable insulating oil with better kinematic viscosity and oxidation stability. *Journal of Molecular Liquids*, 360, 119512. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.119512>
- Kasprzak, M., Rudzińska, M., Przybylski, R., Kmiecik, D., Siger, A., Olejnik, A. (2020). The degradation of bioactive compounds and formation of their oxidation derivatives in refined rapeseed oil during heating in model system. *LWT*, 123, 109078. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109078>
- Jadhav, H. B., Gogate, P. R., Waghmare, J. T., Annapure, U. S. (2022). Comparative assessment of thermo-oxidative stability of palm oil designer lipid and palm oil blends as frying medium. *Applied Food Research*, 2 (1), 100039. doi: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2021.100039>

17. De Leonardis, A., Macciola, V. (2012). Heat-oxidation stability of palm oil blended with extra virgin olive oil. *Food Chemistry*, 135 (3), 1769–1776. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.046>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272529

ANALYSIS OF THE EFFECT OF USING COVID-19 MEDICAL MASK WASTE WITH POLYPROPYLENE ON THE COMPRESSIVE STRENGTH AND SPLIT TENSILE STRENGTH OF HIGH-PERFORMANCE CONCRETE (p. 40–46)

Diana Ningrum

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0885-4727>

Agoes Soehardjono

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6172-4457>

Hendro Suseno

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3847-1276>

Ari Wibowo

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9423-2248>

The coronavirus causing the Covid-19 pandemic has been experienced by us since 2020, which has led to an increase in the use of disposable medical masks in Indonesia and even worldwide. Polypropylene is a thermoplastic polymer used as the main ingredient in medical masks that takes more than 25 years to decompose in landfills. This research offers an innovative way to use medical mask waste in high-performance concrete. The resulting medical mask waste is subjected to a sterilization process and cut into fibers to analyze the effect of its addition on the compressive strength and splitting tensile strength of high-performance concrete. The research began with testing the physical and mechanical properties of the materials, designing a concrete mix using the absolute volume method, and taking samples for compression and splitting tests. The variation in the ratio of water-cement and pozzolanic materials $w/(c+p)$ is 0.32. As a result, the compressive strength of concrete increased with a fiber size of 5×0.5 cm and 2×0.5 cm. An increase is up to 7 % with an optimum value of 72.37 MPa with a fiber size of 2×0.5 cm and a content of 0.15 %. However, there was a decrease in the compressive strength with a 5×1 cm mask fiber size. The overall split tensile strength value of all variations in waste fiber size and content increased with an optimum value of 7.29 MPa at 0.20 % fiber content with a fiber size of 5×0.5 cm. This indicates that polypropylene fibers from medical mask waste have a positive effect on high-performance concrete, namely improve the properties of concrete with a low tensile strength, which is expected to inhibit the propagation and reduce the size of cracks in reinforced concrete structures.

Keywords: high-performance concrete, medical mask waste, polypropylene fiber, compressive strength, split tensile strength.

References

- Saptoyo, R. D. A. (2021). *Tiap Semenit Terdapat 2,8 Juta Limbah Masker Sekali Pakai di Bumi*. Kompas.com. Available at: <https://www.kompas.com/tren/read/2021/05/11/120500265/tiap-semenit-terdapat-2-8-juta-limbah-masker-sekali-pakai-di-bumi?page=all>
- Henneberry, B. (2020). *How Surgical Masks are Made*. Available at: <https://www.thomasnet.com/articles/other/how-surgical-masks-are-made/>
- Prioleau, R. M. (1995). *Recycling of Polypropylene*. *Plastics, Rubber, and Paper Recycling*, 80–88. doi: <https://doi.org/10.1021/bk-1995-0609.ch007>
- Roberts, S. et al. (2020). *Coronavirus face masks: an environmental disaster that might last generations*. Available at: <https://theconversation.com/coronavirus-face-masks-an-environmental-disaster-that-might-last-generations-144328>
- Al-Hadithi, A. I., Hilal, N. N. (2016). *The possibility of enhancing some properties of self-compacting concrete by adding waste plastic fibers*. *Journal of Building Engineering*, 8, 20–28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobte.2016.06.011>
- Maderuelo-Sanz, R., Acedo-Fuentes, P., García-Cobos, F.J., Sánchez-Delgado, F.J., Mota-López, M. I., Meneses-Rodríguez, J. M. (2021). *The recycling of surgical face masks as sound porous absorbers: Preliminary evaluation*. *Science of The Total Environment*, 786, 147461. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147461>
- Kilmartin-Lynch, S., Saberian, M., Li, J., Roychand, R., Zhang, G. (2021). *Preliminary evaluation of the feasibility of using polypropylene fibres from COVID-19 single-use face masks to improve the mechanical properties of concrete*. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126460. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126460>
- Krisnamurti (2017). *Perencanaan Campuran Beton Kinerja Tinggi dengan Semen Portland Pozzolan (PPC) menggunakan Metode Volume Absolut*. *Konferensi Nasional Teknik Sipil dan Infrastruktur – I*. Available at: http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/t!@file_artikel_abstrak/Isi_Artikel_375187197654.pdf
- Lloyd, N. A., Rangan, B. V. (1994). *High-Performance Concrete Columns*. “SP-149: High-Performance Concrete - Proceedings, International Conference Singapore, 1994.” doi: <https://doi.org/10.14359/4167>
- Al-Hadithi, A. I., Noaman, A. T., Mosleh, W. K. (2019). *Mechanical properties and impact behavior of PET fiber reinforced self-compacting concrete (SCC)*. *Composite Structures*, 224, 111021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111021>
- Saberian, M., Li, J., Kilmartin-Lynch, S., Boroujeni, M. (2021). *Repurposing of COVID-19 single-use face masks for pavements base/subbase*. *Science of The Total Environment*, 769, 145527. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145527>
- Pešić, N., Živanović, S., Garcia, R., Papastergiou, P. (2016). *Mechanical properties of concrete reinforced with recycled HDPE plastic fibres*. *Construction and Building Materials*, 115, 362–370. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.050>
- Aulia, T. B., Rinaldi (2015). *Bending Capacity Analysis of High-strength Reinforced Concrete Beams Using Environmentally Friendly Synthetic Fiber Composites*. *Procedia Engineering*, 125, 1121–1128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.136>
- Krisnamurti, Soehardjono, A., Zacoeb, A., Wibowo, A. (2018). *Development of Mix Design Method in Efforts to Increase Concrete Performance Using Portland Pozzolana Cement (PPC)*. *Journal of Physics: Conference Series*, 953, 012016. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/953/1/012016>
- Sadiqlu Islam, G. M., Gupta, S. D. (2016). *Evaluating plastic shrinkage and permeability of polypropylene fiber reinforced concrete*. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 5 (2), 345–354. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2016.05.007>

16. Xu, H., Shao, Z., Wang, Z., Cai, L., Li, Z., Jin, H., Chen, T. (2020). Experimental study on mechanical properties of fiber reinforced concrete: Effect of cellulose fiber, polyvinyl alcohol fiber and polyolefin fiber. *Construction and Building Materials*, 261, 120610. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120610>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273491
USING THE GOLD BULLION SLAG FROM INDONESIA AS LITHIUM RESOURCES WITH HCL LEACHING METHOD (p. 47–57)

Nadia Natasha

University of Indonesia, Beji, Depok, Indonesia
 National Research and Innovation Agency, Serpong, South Tangerang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2332-2726>

Ghina Rabbani

University of Indonesia, Depok, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5587-490X>

Nofrijon Sofyan

University of Indonesia, Beji, Depok, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7814-9022>

Johny Soedarsono

University of Indonesia, Depok, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6051-2866>

Agus Prasetyo

National Research and Innovation Agency, Serpong, South Tangerang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7514-4648>

Ahmad Maksu

Politeknik Negeri Jakarta, Beji, Depok, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1800-9137>

Rini Riastuti

University of Indonesia, Beji, Depok, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3431-0413>

Isnanda Nuriskasari

Politeknik Negeri Jakarta, Beji, Depok, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4596-5722>

Primary resources are typically used in lithium extraction. Unfortunately, it impacts the dependency on the availability of primary resources to fulfill the lithium demand. Therefore, the use of secondary resources can be an alternative to using lithium resources. Gold bullion slag is an example of a potential secondary resource used as a lithium source because it contains 0.009 % lithium. This research aims at increasing lithium recovery from the gold bullion slag by studying the effects of various variables to enhance lithium recovery. Lithium extraction was carried out via HCl leaching process with concentrations of 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 M at 25, 40, 55, and 70 °C for 15, 30, 60, and 120 minutes. Inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) was used to examine lithium level, whereas scanning electron microscope equipped with energy dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDX) was used to look over the morphology. The significance of the recovery value was analyzed statistically using analysis of variance (ANOVA). The optimum variables to reach 98 % as the highest lithium recovery percentage are 1 M HCl at 55 °C for 60 minutes. ANOVA results on the acid concentration significance of the recovery value show that the p-value

(0.001) is smaller than the alpha value (0.005). While, ANOVA results on the temperature and time significance of the recovery value show that the p-value (0.894) is greater than the alpha value (0.005) and p-value (0.9986) is greater than the alpha value (0.005), respectively. Analysis showed that variation in HCl concentration affected the lithium recovery value; however, temperature and time of leaching had an insignificant effect on lithium recovery. These data show that slag can be used as alternative resources to produce the lithium.

Keywords: lithium extraction, gold bullion slag, acid leaching, secondary resources, ANOVA.

References

- Indonesia Sets Ambitious Plan to Increase Electric Vehicle Sales By 2030. *Tempo.co*. Available at: <https://en.tempo.co/read/1607001/indonesia-sets-ambitious-plan-to-increase-electric-vehicle-sales-by-2030>
- Hocking, M., Kan, J., Young, P., Terry, C., Begleiter, D. (2016). Lithium 101. *Deutsche Bank Market Research*. Available at: <http://panopus.net/assets/files/160509-Deutsches-Bank---Welcome-to-the-Lithium-Ion-Age.pdf>
- Swain, B. (2017). Recovery and recycling of lithium: A review. *Separation and Purification Technology*, 172, 388–403. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.08.031>
- Larcher, D., Tarascon, J.-M. (2014). Towards greener and more sustainable batteries for electrical energy storage. *Nature Chemistry*, 7 (1), 19–29. doi: <https://doi.org/10.1038/nchem.2085>
- Gao, Z., Huang, M., Yang, L., Feng, Y., Ding, Y., Shao, P., Luo, X. (2023). Review of preferentially selective lithium extraction from spent lithium batteries: Principle and performance. *Journal of Energy Chemistry*, 78, 253–261. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2022.11.061>
- Perkins, D. N., Brune Drisse, M.-N., Nxele, T., Sly, P. D. (2014). E-Waste: A Global Hazard. *Annals of Global Health*, 80 (4), 286. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2014.10.001>
- Kim, Y., Kim, M., Sohn, J., Park, H. (2018). Applicability of gold tailings, waste limestone, red mud, and ferronickel slag for producing glass fibers. *Journal of Cleaner Production*, 203, 957–965. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.230>
- Wellmer, F.-W., Hagelüken, C. (2015). The Feedback Control Cycle of Mineral Supply, Increase of Raw Material Efficiency, and Sustainable Development. *Minerals*, 5 (4), 815–836. doi: <https://doi.org/10.3390/min5040527>
- Aworn, A., Thiravetyan, P., Nakbanpote, W. (2005). Recovery of gold from gold slag by wood shaving fly ash. *Journal of Colloid and Interface Science*, 287 (2), 394–400. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2005.02.048>
- Purnama, Y. (2016). Ekonomi hijau melalui teknologi solidifikasi tailing untuk mendukung infrastruktur hijau. *ANTAM*.
- Peng, C., Liu, F., Wang, Z., Wilson, B. P., Lundström, M. (2019). Selective extraction of lithium (Li) and preparation of battery grade lithium carbonate (Li₂CO₃) from spent Li-ion batteries in nitrate system. *Journal of Power Sources*, 415, 179–188. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2019.01.072>
- Xu, X., Mu, W., Xiao, T., Li, L., Xin, H., Lei, X., Luo, S. (2022). A clean and efficient process for simultaneous extraction of Li, Co, Ni and Mn from spent Lithium-ion batteries by low-temperature NH₄Cl roasting and water leaching. *Waste Management*, 153, 61–71. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.08.022>

13. Qu, G., Wei, Y., Liu, C., Yao, S., Zhou, S., Li, B. (2022). Efficient separation and recovery of lithium through volatilization in the recycling process of spent lithium-ion batteries. *Waste Management*, 150, 66–74. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.06.039>
14. Shuva, M., Asw, K. (2013). Hydrometallurgical Recovery of Value Metals from Spent Lithium Ion Batteries. *American Journal of Materials Engineering and Technology*, 1 (1), 8–12. Available at: https://www.researchgate.net/publication/260287016_Hydrometallurgical_Recovery_of_Value_Metals_from_Spent_Lithium_Ion_Batteries
15. Chen, X., Chen, Y., Zhou, T., Liu, D., Hu, H., Fan, S. (2015). Hydrometallurgical recovery of metal values from sulfuric acid leaching liquor of spent lithium-ion batteries. *Waste Management*, 38, 349–356. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.12.023>
16. Shuya, L., Yang, C., Xuefeng, C., Wei, S., Yaqing, W., Yue, Y. (2020). Separation of lithium and transition metals from leachate of spent lithium-ion batteries by solvent extraction method with Versatic 10. *Separation and Purification Technology*, 250, 117258. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117258>
17. Zhao, J., Qu, X., Qu, J., Zhang, B., Ning, Z., Xie, H. et al. (2019). Extraction of Co and Li₂CO₃ from cathode materials of spent lithium-ion batteries through a combined acid-leaching and electro-deoxidation approach. *Journal of Hazardous Materials*, 379, 120817. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.120817>
18. Natasha, N. C., Lalasari, L. H., Rohmah, M., Sudarsono, J. W. (2018). Ekstraksi Litium dari β – Spodumen Hasil Dekomposisi Batuan Sekismika Indonesia Menggunakan Aditif Natrium Sulfat [Lithium Extraction from β-Spodumene the Decomposition Product of Schist Mica Indonesia Using Sodium Sulphate as Additive]. *Metalurgi*, 33 (2), 69. doi: <https://doi.org/10.14203/metalurgi.v33i2.429>
19. Natasha, N. C., Lalasari, L. H., Andriyah, L., Arini, T., Yunita, F., Haryono, D., Rinanda, F. (2021). The use of mica schist from Indonesia as raw material for lithium extraction process using sulfate roasting and acid leaching. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (111)), 80–88. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.231071>
20. Gutt, B., Kehl, K., Ren, Q., Boesel, L. F. (2016). Using ANOVA Models To Compare and Optimize Extraction Protocols of P3HBHV from *Cupriavidus necator*. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 55 (39), 10355–10365. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.6b02694>
21. Lalasari, L. H., Rohmah, M., Setiawan, I., Natasha, N. C., Andriyah, L., Arini, T. et al. (2019). Effect of Leaching Temperature on Lithium Recovery from Li-Montmorillonite (Bledug Kuwu's Mud). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 478, 012024. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/478/1/012024>
22. Guo, Y., Li, F., Zhu, H., Li, G., Huang, J., He, W. (2016). Leaching lithium from the anode electrode materials of spent lithium-ion batteries by hydrochloric acid (HCl). *Waste Management*, 51, 227–233. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.036>
23. Li, L., Ge, J., Chen, R., Wu, F., Chen, S., Zhang, X. (2010). Environmental friendly leaching reagent for cobalt and lithium recovery from spent lithium-ion batteries. *Waste Management*, 30 (12), 2615–2621. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.08.008>
24. Ikhsan, J., Wells, J. D., Johnson, B. B., Angove, M. J. (2005). Sorption of 3-amino-1,2,4-triazole and Zn(II) onto montmorillonite. *Clays and Clay Minerals*, 53 (2), 137–146. doi: <https://doi.org/10.1346/ccmn.2005.0530203>
25. Rosales, G. D., Ruiz, M. del C., Rodriguez, M. H. (2014). Novel process for the extraction of lithium from -spodumene by leaching with HF. *Hydrometallurgy*, 147-148, 1–6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2014.04.009>
26. Gournis, D., Lappas, A., Karakassides, M. A., Tbbens, D., Moukari-ka, A. (2007). A neutron diffraction study of alkali cation migration in montmorillonites. *Physics and Chemistry of Minerals*, 35 (1), 49–58. doi: <https://doi.org/10.1007/s00269-007-0197-z>
27. Al-Ani, T., Sarap™™, O. (2008). Clay and clay mineralogy. *Geologian Tutkuskeskus M19/3232/2008/41*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/292706105_Clay_and_clay_mineralogy
28. Zhang, B., Xu, Y., Makuza, B., Zhu, F., Wang, H., Hong, N. et al. (2023). Selective lithium extraction and regeneration of LiCoO₂ cathode materials from the spent lithium-ion battery. *Chemical Engineering Journal*, 452, 139258. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.139258>
29. An, J. W., Kang, D. J., Tran, K. T., Kim, M. J., Lim, T., Tran, T. (2012). Recovery of lithium from Uyuni salar brine. *Hydrometallurgy*, 117-118, 64–70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2012.02.008>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272673

INVESTIGATION OF THE MECHANISM OF NICKEL HYDROXIDE FORMATION FROM NICKEL NITRATE (p. 58-65)

Vadym Kovalenko

Ukrainian State University of Chemical Technology,
Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8012-6732>

Valerii Kotok

Ukrainian State University of Chemical Technology,
Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8879-7189>

Dmitriy Girenko

Ukrainian State University of Chemical Technology,
Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9658-5645>

Mykola Nikolenko

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro,
Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9289-2680>

Dmytro Andreiev

National Ecological and Naturalistic Center for Student Youth,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1636-1671>

Volodymyr Verbitskiy

National Pedagogical Dragomanov University, Kyiv, Ukraine
National Ecological and Naturalistic Center for Student Youth,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7045-8293>

Volodymyr Medianyuk

Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5403-5338>

Svetlana Morozova

State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6257-0450>

Rovil Nafeev

State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2721-9718>

Nickel hydroxides are widely used as electrochemically active substances in alkaline batteries and hybrid supercapacitors; they can be used for electrocatalysis, in electrochemical sensors, and as pigments. Knowledge of the formation mechanism of nickel hydroxides is necessary for developing and optimizing targeted synthesis methods. The thermal effects of processes in the formation of nickel hydroxide from nitrate were studied by the calorimetry method. The mechanism of precipitate formation was investigated by the method of simultaneous potentiometric (with a glass universal electrode) and conductometric titration. The nickel content in the samples obtained at the determined NaOH/Ni²⁺ ratios was investigated by the chemical method of trilonometry after preliminary dissolution.

Calorimetric investigations showed that the reaction of nickel nitrate with NaOH was exothermic with $\Delta H_{\text{reaction}} = -28328.5 \text{ J/mol}$. The exothermic nature of the NaOH dilution process was revealed with $\Delta H_{\text{dilution}} = -2454 \text{ J/mol}$.

According to the results of potentiometric titration, the formation of a basic salt of the NiOHNO₃ type was not detected. Analysis of the results of conductometric titration revealed a two-stage chemical mechanism for the formation of nickel hydroxide from nitrate. At the first stage, which had a high rate, due to the liquid-phase reaction of the nickel cation with the hydroxyl anion, a primary precipitate of the composition Ni(OH)_{1.87}(NO₃)_{0.13} was formed. In the second stage, as a result of a slow topochemical reaction of the primary precipitate with hydroxyl anions, nitrate ions were displaced from the precipitate to form nickel hydroxide. These data are confirmed by the analysis of precipitate obtained at NaOH/Ni²⁺ ratios of 1.87 and 2.2: the Ni content was 52.95 % and 55.63 %, corresponding to the formulas Ni(OH)_{1.87}(NO₃)_{0.13}·0.68H₂O and Ni(OH)₂·0.71H₂O. This clearly indicated that the primary precipitate was nitrate-doped α -Ni(OH)₂ and the final precipitate corresponded to the α -modification of nickel hydroxide.

Keywords: nickel hydroxide, nickel nitrate, two-stage formation mechanism, α -modification, nitrate-doped nickel hydroxide, primary precipitate, potentiometry, conductometry.

References

- 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: <https://doi.org/10.1098/rspa.2014.0792>
- 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. *Quimica Nova*, 33 (10), 2176–2186. doi: <https://doi.org/10.1590/s0100-40422010001000030>
- 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: <https://doi.org/10.1149/1.1392522>
- 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: <https://doi.org/10.1021/am403684z>
- 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: <https://doi.org/10.1007/s10008-009-0984-1>
- 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: <https://doi.org/10.1007/s10008-008-0560-0>
- 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: <https://doi.org/10.1007/s10008-014-2381-7>
- 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: <https://doi.org/10.1007/s11771-014-2218-7>
- 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: <https://doi.org/10.1021/am504530e>
- 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: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108839>
- Alshareef, S. F., Alhebshi, N. A., Almashhori, K., Alshaikheid, H. S., Al-hazmi, F. (2022). A Ten-Minute Synthesis of α -Ni(OH)₂ Nanoflakes Assisted by Microwave on Flexible Stainless-Steel for Energy Storage Devices. *Nanomaterials*, 12 (11), 1911. doi: <https://doi.org/10.3390/nano12111911>
- 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: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2011.04.049>
- 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: <https://doi.org/10.1007/s10008-004-0599-5>
- Yu, X., Hua, T., Liu, X., Yan, Z., Xu, P., Du, P. (2014). Nickel-Based Thin Film on Multiwalled Carbon Nanotubes as an Efficient Bifunctional Electrocatalyst for Water Splitting. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 6 (17), 15395–15402. doi: <https://doi.org/10.1021/am503938c>
- 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: <https://doi.org/10.1149/2.0251410jes>
- 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: <https://doi.org/10.1016/j.bios.2013.10.008>
- Kovalenko, V., Kotok, V., Yeroshkina, A., Zaychuk, A. (2017). Synthesis and characterisation of dyeintercalated nickelaluminium layereddouble hydroxide as a cosmetic pigment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (12 (89)), 27–33. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.109814>

18. Kovalenko, V., Kotok, V. (2020). Bifunctional indigocarmin-intercalated NiAl layered double hydroxide: investigation of characteristics for pigment and supercapacitor application. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (12 (104)), 30–39. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.201282>
19. 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: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.145223>
20. Kotok, V. A., Kovalenko, V. L. (2019). Non-Metallic Films Electroplating on the Low-Conductivity Substrates: The Conscious Selection of Conditions Using Ni(OH)₂ Deposition as an Example. *Journal of The Electrochemical Society*, 166 (10), D395–D408. doi: <https://doi.org/10.1149/2.0561910jes>
21. Kovalenko, V., Kotok, V., Bolotin, O. (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: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.79406>
22. 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: <https://doi.org/10.1149/1.1865852>
23. 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: <https://doi.org/10.1007/s10008-005-0035-5>
24. 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: <https://doi.org/10.1149/1.1393480>
25. 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: <https://doi.org/10.1023/a:1003493711239>
26. 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: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156093>
27. 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: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2005.05.050>
28. Rajamathi, M., Vishnu Kamath, P., Seshadri, R. (2000). Polymorphism in nickel hydroxide: role of interstratification. *Journal of Materials Chemistry*, 10 (2), 503–506. doi: <https://doi.org/10.1039/a905651c>
29. 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: <https://doi.org/10.1039/a700390k>
30. Kovalenko, V., Kotok, V. (2019). Anionic carbonate activation of layered (α + β) nickel hydroxide. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (99)), 44–52. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.169461>
31. Kovalenko, V., Kotok, V. (2019). Influence of the carbonate ion on characteristics of electrochemically synthesized layered (α + β) nickel hydroxide. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (6 (97)), 40–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155738>
32. 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: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110390>
33. 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: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2013.05.172>
34. 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: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133548>
35. 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: <https://doi.org/10.1149/1945-7111/ab9a2a>
36. Chen, L., Yang, X., Tian, Y., Wang, Y., Zhao, X., Lei, X., Zhang, F. (2022). Fabrication of β -Ni(OH)₂ Particles by Alkaline Etching Layered Double Hydroxides Precursor for Supercapacitor. *Frontiers in Energy Research*, 9. doi: <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.810568>
37. 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: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2010.08.041>
38. Córdoba de Torresi, S. I., Provazi, K., Malta, M., Torresi, 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. doi: <https://doi.org/10.1149/1.1403731>
39. 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: <https://doi.org/10.1007/s11595-012-0500-9>
40. 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: <https://doi.org/10.1149/1.1391754>
41. 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: <https://doi.org/10.1007/bf03027353>
42. 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, 853–858. doi: <https://doi.org/10.1023/a:1003537900947>
43. 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: <https://doi.org/10.1039/b004542j>
44. 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. *Internation-*

- tional Journal of Hydrogen Energy, 35 (6), 2539–2545. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.01.015>
45. 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: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2003.10.006>
46. 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: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2008.07.004>
47. 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: <https://doi.org/10.1021/jp300780w>
48. Solovov, V. A., Nikolenko, N. V., Kovalenko, V. L., Kotok, V. A., Burkov, A. A. et al. (2018). Synthesis of Ni(II)-Ti(IV) Layered Double Hydroxides Using Coprecipitation At High Supersaturation Method. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13 (24), 9652–9656. Available at: http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2018/jeas_1218_7500.pdf
49. Kovalenko, V., Kotok, V. (2018). Synthesis of Ni(OH)₂ by template homogeneous precipitation for application in the binderfree electrode of supercapacitor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (12 (94)), 29–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.140899>
50. 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: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.95699>
51. Vasserman, I. N. (1980). *Himicheskoe osazhdenie iz rastvorov*. Leningrad: Himiya, 208.
52. Burmistr, M. V., Boiko, V. S., Lipko, E. O., Gerasimenko, K. O., Gomza, Yu. 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: <https://doi.org/10.1007/s11029-014-9408-0>
53. Kovalenko, V., Kotok, V. (2017). Selective anodic treatment of W(WC)-based superalloy scrap. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (5 (85)), 53–58. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.91205>
54. Song, Q., Tang, Z., Guo, H., Chan, S. L. I. (2002). Structural characteristics of nickel hydroxide synthesized by a chemical precipitation route under different pH values. *Journal of Power Sources*, 112 (2), 428–434. doi: [https://doi.org/10.1016/s0378-7753\(02\)00396-8](https://doi.org/10.1016/s0378-7753(02)00396-8)
55. Singley, W. J., Carriel, J. T. (1953). A New Method of Studying Basic Metal Salts Applied to Certain Basic Salts of Nickel. *Journal of the American Chemical Society*, 75 (4), 778–781. doi: <https://doi.org/10.1021/ja01100a005>
56. Kovalenko, V., Kotok, V. (2019). Investigation of characteristics of double Ni–Co and ternary Ni–Co–Al layered hydroxides for supercapacitor application. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (98)), 58–66. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.164792>
57. Paikaray, S., Gomez, M. A., Jim Hendry, M., Essilfie-Dughan, J. (2014). Formation mechanism of layered double hydroxides in Mg²⁺, Al³⁺, and Fe³⁺-rich aqueous media: Implications for neutralization in acid leach ore milling. *Applied Clay Science*, 101, 579–590. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2014.09.022>

АНОТАЦІЇ
TECHNOLOGY ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273437

АНАЛІЗ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТУ НА ОСНОВІ ПАРАФІНУ/ПОЛІЕТИЛЕНУ ВИСОКОЇ ЩІЛЬНОСТІ (ПЕВЩ) В ЯКОСТІ ФОРМОСТІЙКОГО МАТЕРІАЛУ З ФАЗОВИМ ПЕРЕХОДОМ (ФСМФП) ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ (с. 6–13)

Dwi Rahmalina, Almira Rahma Zada, Herni Soefihandini, Ismail, Budhi Muliawan Suyitno

Дана робота присвячена формостійкості парафіну в якості матеріалу з фазовим переходом (МФП) за рахунок додавання поліетилену високої щільності (ПЕВЩ). Метою додавання ПЕВЩ є отримання стабільної форми парафіну при фазовому переході. Крім того, поліпшення робочих характеристик МФП призводить до покращення роботи накопичувача прихованої теплоти з оптимальною тривалістю зарядки і часом відгуку. У дослідженні використовували ПЕВЩ у співвідношенні 5 мас. %, 10 мас. % і 15 мас. %. Результати вказують на суттєві відмінності між формостійким МФП (ФСМФП) та чистим парафіном. Наприклад, при додаванні ПЕВЩ ступінь переохолодження знижується, причому ступінь переохолодження парафіну становить 8,01 °С, в той час як ФСМФП з 15 мас. % ПЕВЩ має ступінь переохолодження 3,73 °С. Прихована теплота плавлення при додаванні 10 мас. % і 15 мас. % ПЕВЩ незначно знижується на 1,85 %, що набагато нижче порівняно з додаванням 5 мас. % ПЕВЩ, що зменшує приховану теплоту плавлення приблизно на 6,02 %. Додавання ПЕВЩ призводить до швидшого процесу зарядки та кращого часу відгуку в процесі розрядки. При додаванні 15 мас. % ПЕВЩ швидкість зарядки значно збільшується з істотним приростом близько 40 % при середній швидкості зарядки 2,39 °С/хв. Тепловідлення в процесі розрядки збільшується для ФСМФП з 5 мас. % ПЕВЩ, причому температура падає більш ніж на 70 °С протягом 20 хвилин. Отримані дані свідчать про те, що додавання ПЕВЩ сприяє зниженню ступеня переохолодження та забезпеченню стійкого фазового переходу. Таким чином, процес теплообміну парафіну є більш сприятливим, що покращує продуктивність накопичувача прихованої теплоти. Крім того, робота може бути значно покращена за рахунок забезпечення більш швидкого процесу зарядки та розрядки.

Ключові слова: зарядка, розрядка, прихована теплота, парафін, МФП, полімер, переохолодження, накопичення тепла.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.267274

ВИЯВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ГОРІННЯ ПАЛИВНИХ СУМІШЕЙ З БІОМАСИ АЗОЛИ, БІОВУГІЛЛЯ ТА БІОМАСЛА З КОЗЯЧОГО ГНОЮ ДЛЯ ПЕЧІ ФКК (с. 14-21)

Tanwir Ahmad Farhan, Ahmad Indra Siswantara, Ahmad Syihan Auzani, Adi Syuriadi, Candra Damis Widiawaty, Muhammad Hilman Gumelar Syafei, Iwan Susanto

Флюїд-каталітичний крекінг (ФКК) являє собою метод крекінгу рослинних масел на більш прості фракції та екологічно чисті мазути. Одним із компонентів системи ФКК є піч ФКК. Піч ФКК є місцем, де відбувається процес горіння, і забезпечує високу теплопередачу по всій системі ФКК, особливо для нагріву реактора. Температурою реактора є температура крекінгу каталізатора. Температура крекінгу каталізатора залежить від вихідної олії, що використовується в процесі крекінгу, наприклад, сирової пальмової олії при 450–550 °С або сирового біомасла при 300 °С. Паливом для нагрівання печі ФКК зазвичай є вугілля. Для зменшення використання вугілля ми використовуємо суміш біомаси азолі дрібнолистої з біовугіллям та біомаслом з козячого гною. Метою даного дослідження був аналіз суміші біомаси азолі дрібнолистої з біовугіллям та біомаслом з козячого гною для отримання температури печі, достатньої для нагрівання реактора ФКК, виконання аналітичних розрахунків для одержання об'єму димових газів, що утворюються в результаті реакції горіння. Нами проведено два експерименти; у першому експерименті використовувалася суміш 1 кг біовугілля з козячого гною (ГМВС) з 0,5 кг азолі дрібнолистої, в другому використовувалася суміш 1 кг ГМВС з 0,5 кг азолі дрібнолистої та 300 мл біомасла з козячого гною (ГМВО). Паливна суміш з 1 кг ГМВС з 0,5 кг азолла неефективна при згорянні, оскільки максимальна температура в печі становить 177 °С, в той час як паливна суміш з 1 кг ГМВС, 0,5 кг азолла та 300 мл ГМВО забезпечує температуру печі 472,75 °С, що дозволяє нагрівати відпарну колону до 313,25 °С для проведення крекінгу в сирому біомаслі. Аналіз результатів спалювання показав збільшення загального обсягу CO₂ в порівнянні з першим та другим експериментами на 0,966 м³CO₂/кг палива.

Ключові слова: ФКК, біовугілля, біомаса, козячий гній, паливна суміш, спалювання, азолла.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272512

АНАЛІЗ СКЛАДІВ ТА ПАЛИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДНО-ЕМУЛЬСІЙНИХ ПАЛИВ НА ОСНОВІ БЕНЗИНУ (RON 90), ЕТАНОЛУ І ВОДИ В СТАБІЛЬНИХ ЕМУЛЬСІЯХ ЗА НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР (с. 22–32)

Hanny Sangian, Guntur Pasau, Gerald Tamuntuan, Arief Widjaja, Ronny Purwadi, Silvy Agnesty, Tun Sriana, Arif Nurrahman, Abubakar Tuhuloula, Ramli Thahir

Багато країн світу стикаються з великими труднощами у поліпшенні якості життя людей внаслідок скорочення запасів ископного палива, що призводить до різкого зростання цін на пальне. Через це багато країн, включаючи Індонезію, намагаються

імпортувати його з Близького Сходу. Одним із досліджених та розроблених рішень є додавання в бензин невеликої кількості етанолу.

У попередніх роботах, пов'язаних з вивченням сумішевих палив, бензину та етанолу, зазвичай використовувався абсолютний спирт, який є дорогим. Для стабілізації емульсії в суміш додавали невелику кількість поверхнево-активної речовини, а змішування проводили в нормальних умовах (за кімнатної температури). Якщо склад бензину і водного етанолу неточний, при певній температурі компоненти можуть розділитися.

Метою даного дослідження є аналіз складів та паливних характеристик водних емульсій на основі бензину (RON 90), етанолу і води в одній фазі без використання синтетичної поверхнево-активної речовини в діапазоні температур 0–25 °С. Проведені наступні процеси: ферментація, перегонка і очищення етанолу, охолодження, змішування та визначення паливних характеристик. Компоненти бензин (RON 90)-етанол-вода утворили стабільну емульсію в діапазоні складів 28,00–99,79 %, 0,20–67,97 % та 0,01–3,58 %. За даними спостереження безперервне збільшення кількості водного етанолу і температури після досягнення однієї фази не призводить до розділення компонентів. Отже, бензин та водний етанол можуть утворювати єдину фазу, яка виступає в ролі поверхнево-активної речовини, що зв'язує воду і викопне паливо. Зниження температури після стабілізації емульсії може призвести до розділення компонентів, що викликано більш швидкою зміною щільності водного етанолу, ніж бензину.

Ключові слова: бензин, етанол, вода в одній фазі, паливний параметр, стабільна емульсія, розчинення бензину та водного етанолу, умови розділення бензину та водного етанолу, однофазна емульсія без синтетичних поверхнево-активних речовин.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272210

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ЖИРОВИХ КОМПОЗИЦІЙ З ПІДВИЩЕНОЮ ОКИСЛЮВАЛЬНОЮ СТАБІЛЬНІСТЮ (с. 33–39)

Д. І. Савельєв, О. М. Григоренко, Є. О. Михайлова, М. М. Кравцов, О. В. Костиркін, А. А. Нікітін, В. П. Романок, О. Ю. Смольков, І. С. Мецераков, В. Ю. Баглай

Об'єктом дослідження є процес окислення жирів за підвищеної та стандартної температури.

Жири застосовуються у хімічній, фармацевтичній, харчовій та інших галузях промисловості. Окислювальне псування змінює склад жирів, знижує ефективність хімічних реакцій за участю жирів та якість кінцевих продуктів. Актуальним завданням є підвищення окислювальної стабільності жирів.

Досліджено окислювальну стабільність жирових композицій на основі ріпакової, соняшникової високоолеїнової та пальмової олій за періодом індукції за температури 110 °С. Періоди індукції початкових олій склали 408,48 хв., 795,87 хв. та 630,2 хв. відповідно. Встановлено раціональні співвідношення олій у складі композицій: соняшникова високоолеїнова: пальмова (50:50) %; ріпакова: соняшникова високоолеїнова: пальмова (16,67:66,67:16,67) %; ріпакова: соняшникова високоолеїнова: пальмова (33,33:33,33:33,33) %. Періоди індукції сумішей складають 650,57 хв., 710,56 хв. та 670,56 хв. відповідно.

Досліджено підвищення окислювальної стабільності розроблених композицій з використанням суміші синтетичних антиоксидантів (бутилгідроксианізол, бутилгідрокситолуол та трет-бутилгідроксінон) у кількості 300 мг/кг жирової суміші. Періоди індукції розроблених композицій склали 910,80 хв., 1279,01 хв. та 1072,90 хв. відповідно.

Визначено фізико-хімічні показники композицій з додаванням антиоксидантів після 5 місяців зберігання за температури (20±2) °С. Пероксидні числа композицій склали 5,65; 3,28; 4,50 ½ О ммоль/кг відповідно.

Результати досліджень дають можливість виробляти жири з підвищеною окислювальною стабільністю з необхідними властивостями, прогнозувати періоди індукції жирових композицій в залежності від концентрацій компонентів. Це підвищить рентабельність виробництва та якість одержаних жирів.

Ключові слова: жирова композиція, окислювальна стабільність, період індукції, інгібітор окислення, вільнорадикальний процес.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272529

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ З МЕДИЧНИХ МАСОК ВІД COVID-19 З ПОЛІПРОПІЛЕНУ НА МІЦНІСТЬ НА СТИСК І МІЦНІСТЬ ПРИ РОЗКОЛЮВАННІ ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО БЕТОНУ (с. 40–46)

Diana Ningrum, Agoes Soehardjono, Hendro Suseno, Ari Wibowo

З 2020 року ми стикаємося з коронавірусом, що спричиняє пандемію Covid-19, що призвело до збільшення використання одноразових медичних масок в Індонезії та у всьому світі. Поліпропілен є термопластичним полімером, що використовується в якості основного компонента медичних масок, на розкладання якого на звалищах йде понад 25 років. В даному дослідженні пропонується інноваційний спосіб використання відходів з медичних масок у виробництві високоєфективного бетону. Отримані відходи з медичних масок піддають процесу стерилізації та розрізають на волокна для аналізу впливу їхнього додавання на міцність на стиск і міцність при розколюванні високоєфективного бетону. Дослідження почалося з випробування фізико-механічних властивостей матеріалів, проектування складу бетонної суміші методом абсолютних об'ємів та відбору зразків для випробувань на стиск і розколювання. Різниця у співвідношенні води до цементу та пуцоланового матеріалу w/(c+p) становить 0,32. В результаті міцність бетону на стиск при розмірі волокон 5×0,5 см та 2×0,5 см збільшилася. За оптимального значення 72,37 МПа при розмірі волокон 2×0,5 см і вмісті 0,15 %

збільшення становить до 7 %. Однак при розмірі волокон масок 5×1 см спостерігалось зниження міцності на стиск. Загальне значення міцності при розколюванні для всіх варіантів розміру та вмісту волокон відходів збільшилося до оптимального значення 7,29 МПа при вмісті волокон 0,20 % та розмірі 5×0,5 см. Це вказує на те, що поліпропіленові волокна відходів з медичних масок позитивно впливають на високоєфективний бетон, а саме покращують властивості бетону з низькою міцністю на розрив, що, як очікується, перешкодитиме поширенню та зменшить розмір тріщин у залізобетонних конструкціях.

Ключові слова: високоєфективний бетон, відходи з медичних масок, поліпропіленове волокно, міцність на стиск, міцність при розколюванні.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273491

ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛОТОГО ШЛАКУ З ІНДОНЕЗІЇ ЯК ДЖЕРЕЛА ЛІТІЮ З МЕТОДОМ ВИЛУЧУВАННЯ HCl (с. 47–57)

Nadia Natasha, Ghina Rabani, Nofrijon Sofyan, Johny Soedarsono, Agus Prasetyo, Ahmad Maksun, Rini Riastuti, Isnanda Nuriskasari

Основні ресурси зазвичай використовуються для видобутку літію. Але, це впливає на залежність від наявності первинних ресурсів для задоволення попиту на літій. Тому використання вторинних ресурсів може бути альтернативою використанню ресурсів літію. Золотий шлак є прикладом потенційного вторинного ресурсу, який використовується як джерело літію, оскільки він містить 0,009 % літію. Це дослідження спрямоване на збільшення вилучення літію зі шлаку золотих злитків шляхом вивчення впливу різних змінних на покращення вилучення літію. Екстракцію літію проводили за допомогою процесу вилуговування HCl з концентраціями 0,5, 1,0, 1,5 і 2,0 М при 25, 40, 55 і 70 °C протягом 15, 30, 60 і 120 хвилин. Оптично-емісійна спектроскопія з індуктивно пов'язаною плазмою використовувалася для дослідження рівня літію, тоді як скануючий електронний мікроскоп, оснащений енергодисперсійною рентгенівською спектроскопією, використовувався для перегляду морфології. Значимість значення відновлення аналізували статистично за допомогою дисперсійного аналізу (ANOVA). Оптимальними змінними для досягнення 98 %, оскільки найвищий відсоток відновлення літію є 1 М HCl при 55 °C протягом 60 хвилин. Результати ANOVA щодо значущості концентрації кислоти для значення вилучення показують, що р-значення (0,001) менше, ніж значення альфа (0,005). У той час як результати ANOVA щодо значення температури та часу значення відновлення показують, що значення р (0,894) більше, ніж значення альфа (0,005), а значення р (0,9986) більше, ніж значення альфа (0,005), відповідно. Аналіз показав, що зміна концентрації HCl вплинула на значення відновлення літію; однак температура і час вилуговування мали незначний вплив на відновлення літію. Ці дані показують, що шлак можна використовувати як альтернативний ресурс для виробництва літію.

Ключові слова: екстракція літію, золотий шлак, кислотне вилуговування, вторинні ресурси, ANOVA.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272673

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ФОРМУВАННЯ ГІДРОКСИДУ НІКЕЛЮ ПРИ ОСАДЖЕННІ З НІТРАТУ НІКЕЛЮ (с. 58–65)

В. Л. Коваленко, В. А. Коток, Д. В. Гіренко, М. В. Ніколенко, Д. А. Андрєєв, В. В. Вербицький, В. Ю. Медяник, С. В. Морозова, Р. К. Нафєєв

Гідроксиди нікелю широко використовуються як електрохімічно активні речовини в лужних акумуляторах, гібридних суперконденсаторах, для електрокаталізу, в електрохімічних сенсорах, а також як пігменти. Для розробки та оптимізації методів цілеспрямованого синтезу необхідні знання механізму утворення гідроксидів нікелю. Теплові ефекти процесів при формуванні гідроксиду нікелю із нітрату вивчено методом калориметрії. Механізм формування осаду досліджено методом одночасного потенціометричного (зі скляним універсальним електродом) та кондуктометричного титрування. Вміст нікелю в зразках, отриманих при визначених співвідношеннях NaOH/Ni²⁺, досліджено хімічним методом трилонометрії після попереднього розчинення.

Калориметричними дослідженнями показано, що реакція нітрату нікелю з NaOH є екзотермічною із $\Delta H_{\text{реакц}} = -28328,5$ Дж/моль. Виявлено екзотермічний характер процесу розбавлення NaOH із $\Delta H_{\text{розбавл}} = -2454$ Дж/моль.

За результатами потенціометричного титрування не виявлено утворення основної солі типу NiOHNO₃. Аналіз результатів кондуктометричного титрування дозволив встановити двоступеневий хімічний механізм формування гідроксиду нікелю із нітрату. На першому ступені, який має високу швидкість, за рахунок рідкофазної реакції катіона нікелю із гідроксил-аніоном формується первинний осад складу Ni(OH)_{1,87}(NO₃)_{0,13}. На другому ступені в результаті повільної топомічної реакції первинного осаду із гідроксил-аніонами відбувається витіснення нітрат-іонів із осаду із формуванням гідроксиду нікелю. Ці дані підтверджені аналізом осадів, отриманих при співвідношеннях NaOH/Ni²⁺ 1,87 та 2,2: вміст Ni дорівнює 52,95 % та 55,63 % та відповідає формулам Ni(OH)_{1,87}(NO₃)_{0,13}·0,68H₂O та Ni(OH)₂·0,71H₂O. Це чітко вказує на те, що первинний осад є нітрат-допованим α-Ni(OH)₂, а кінцевий осад відповідає α-модифікації гідроксиду нікелю.

Ключові слова: гідроксид нікелю, нітрат нікелю, двохступеневий механізм формування, α-модифікація, нітрат-допований гідроксид нікелю, первинний осад, потенціометрія, кондуктометрія.