

ABSTRACT AND REFERENCES

TECHNOLOGY ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.257782

**THE USE OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE
WASTE AS MODIFIERS FOR BITUMEN SYSTEMS**
(p. 6–13)

Gulzat Aitkaliyeva

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9872-6317>

Madeniyet Yelubay

Toraighyrov University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6209-5215>

Dana Yerzhanova

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3671-0210>

Aiganym Ismailova

International Educational Corporation, Almaty,
Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4234-0615>

Sofya Massakbayeva

Toraighyrov University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8668-472X>

This study examined the suitability of polyethylene terephthal (PET) waste to provide an alternative modification to bitumen and reduce waste accumulation. The chemical structure and physical properties were evaluated for modified bitumen with different PET flakes content from 2 to 10 %. The effect of PET waste content on bituminous systems was analyzed using IR and ¹H NMR spectroscopy, differential thermal (DTA) and thermogravimetric (TGA) analyses. The study of change in the microstructure as a result of bitumen modification was carried out using atomic force microscopy (AFM). Regularities of changes in the structural-group composition of bituminous binders after their modification with PET waste have been established. It is noted that the chemical interaction of the base bitumen with PET flakes occurs due to the formation of associative bonds between the oxygen-containing components of the modifier and bitumen.

The influence of the modifier on the physical and mechanical properties was evaluated using standard methods (penetration, extensibility and softening point). Based on the physical and mechanical properties of bitumen, such as needle penetration depth (penetration), ductility and softening point, it was found that the optimal dosage of PET waste in terms of asphalt binder characteristics is 3 %. It has been established that PET waste and original bitumen interact both at the chemical and physical levels and can be considered as a suitable alternative for changing the properties of bituminous binders. Thus, the obtained samples of modified bituminous binders have improved physical and mechanical properties, which makes it possible to produce high-strength asphalt concrete pavements based on them.

Keywords: PET waste, municipal solid waste, bituminous binder, polymer modified bitumen, green chemistry.

References

- Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3 (7). doi: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Sharma, R., Bansal, P. P. (2016). Use of different forms of waste plastic in concrete – a review. *Journal of Cleaner Production*, 112, 473–482. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.042>
- Demarteau, J., Olazabal, I., Jehanno, C., Sardon, H. (2020). Aminolyticupcycling of poly (ethylene terephthalate) wastes using a thermally-stable organocatalyst. *Polymer Chemistry*, 11 (30), 4875–4882. doi: <https://doi.org/10.1039/d0py00067a>
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62 (8), 1596–1605. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Rorrer, N. A., Nicholson, S., Carpenter, A., Bidy, M. J., Grundl, N. J., Beckham, G. T. (2019). Combining Reclaimed PET with Bio-based Monomers Enables Plastics Upcycling. *Joule*, 3 (4), 1006–1027. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.01.018>
- Kárpáti, L., Fogarassy, F., Kovácsik, D., Vargha, V. (2019). One-Pot Depolymerization and Polycondensation of PET Based Random Oligo- and Polyesters. *Journal of Polymers and the Environment*, 27 (10), 2167–2181. doi: <https://doi.org/10.1007/s10924-019-01490-3>
- NguyetThi Ho, L., Minh Ngo, D., Cho, J., Jung, H. M. (2018). Enhanced catalytic glycolysis conditions for chemical recycling of glycol-modified poly(ethylene terephthalate). *Polymer Degradation and Stability*, 155, 15–21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2018.07.003>
- Merkel, D. R., Kuang, W., Malhotra, D., Petrossian, G., Zhong, L., Simmons, K. L. et. al. (2020). Waste PET Chemical Processing to Terephthalic Amides and Their Effect on Asphalt Performance. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8 (14), 5615–5625. doi: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.0c00036>
- Dweik, H. S., Ziara, M. M., Hadidoun, M. S. (2008). Enhancing Concrete Strength and Thermal Insulation Using Thermoset Plastic Waste. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 57 (7), 635–656. doi: <https://doi.org/10.1080/00914030701551089>
- Panyakapo, P., Panyakapo, M. (2008). Reuse of thermosetting plastic waste for lightweight concrete. *Waste Management*, 28 (9), 1581–1588. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.08.006>
- Kociotek-Balawejder, E. (2013). PET czylipoli(tereftalanetylenu) produkcja, zastosowanie, recykling.
- Saikia, N., de Brito, J. (2012). Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: A review. *Construction and Building Materials*, 34, 385–401. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.02.066>
- Jailani, N., Ibrahim, A. N. H., Rahim, A., Abdul Hassan, N., Md. Yusoff, N. I. (2021). Chemical and physical properties of poly (lactic) acid modified bitumen. *Ain Shams Engineering Journal*, 12 (3), 2631–2642. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.03.004>
- Aitkaliyeva, G. S., Yelubay, M. A., Ismailova, A. B., Yerzhanova, D. S., Massakbayeva, S. R. (2022). Polymeric modifiers for bituminous binders. *Bulletin of Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction*, 83 (1), 98–106. doi: <https://doi.org/10.51488/1680-080x/2022.1-02>
- Han, Z., Wang, Y., Wang, J., Wang, S., Zhuang, H., Liu, J. et. al. (2018). Preparation of Hybrid Nanoparticle Nucleating Agents and Their Effects on the Crystallization Behavior of Poly(ethylene terephthalate). *Materials*, 11 (4), 587. doi: <https://doi.org/10.3390/ma11040587>
- Polacco, G., Stastna, J., Biondi, D., Zanzotto, L. (2006). Relation between polymer architecture and nonlinear viscoelastic behavior of

- modified asphalts. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 11 (4), 230–245. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2006.09.001>
17. Du, C., Liu, P., Ganchev, K., Lu, G., Oeser, M. (2021). Influence of microstructure evolution of bitumen on its micromechanical property by finite element simulation. *Construction and Building Materials*, 293, 123522. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123522>
 18. Chacón-Patiño, M. L., Smith, D. F., Hendrickson, C. L., Marshall, A. G., Rodgers, R. P. (2020). Advances in Asphaltene Petroleomics. Part 4. Compositional Trends of Solubility Subfractions Reveal that Polyfunctional Oxygen-Containing Compounds Drive Asphaltene Chemistry. *Energy & Fuels*, 34 (3), 3013–3030. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b04288>
 19. Appiah, J. K., Berko-Boateng, V. N., Tagbor, T. A. (2017). Use of waste plastic materials for road construction in Ghana. *Case Studies in Construction Materials*, 6, 1–7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2016.11.001>
 20. Sengoz, B., Topal, A., Isikyakar, G. (2009). Morphology and image analysis of polymer modified bitumens. *Construction and Building Materials*, 23 (5), 1986–1992. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.08.020>

DOI 10.15587/1729-4061.2022.260279
PREPARATION OF AURUM CHLORIDE COMPLEX
AND ITS USE FOR INDUSTRIAL ACETYLENE
HYDRATION CATALYST PROCESS (p. 14–22)

Ivan Kokhan

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,
 Sievierodonetsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6597-5357>

Sergey Kudryavtsev

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,
 Sievierodonetsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7799-714X>

Danylo Merzhyievskiy

V.P. Kukhar Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry
 (IBOPC) of the National Academy of Sciences, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3250-0179>

The use of a modern homogeneous metal complex catalyst for the hydration of acetylenes is being investigated. The process is relevant both for the industry of basic organic synthesis and for the perfume industry. The analysis of existing processes used in industry for the production of acetaldehyde was carried out. Significant shortcomings of existing processes are revealed: low environmental friendliness and high energy consumption. To solve this problem, the reaction of hydration of an acetylene compound was studied using a modern homogeneous catalyst based on gold, which is not toxic. The study was conducted by selecting aliquots during the reaction. Using the ¹H NMR spectroscopy method, the conversion values of phenylacetylene were calculated for the time values corresponding to the moments of aliquot sampling. The reaction order with respect to phenylacetylene was calculated and the reaction constant under the reaction conditions was calculated. When reacting in the presence of the proposed catalyst, a conversion of phenylacetylene of 86.96 % is achieved in 3 hours. The data obtained provide grounds for carrying out the process of catalytic hydration of acetylenes, namely phenylacetylene, with the production of acetophenone, which is important for use in the perfume industry. The data obtained can be applied to the process of hydration of acetylene with the formation of acetaldehyde, which is widely used in the industry of basic organic synthesis. For the process of catalytic hydration of acetylene com-

pounds, a hardware design is proposed, a gas-liquid reactor with a changing hydrodynamic situation, which, together with the product separation column, is combined into a single installation. Using an optimized method, a catalyst based on gold chloride was synthesized from a gold alloy.

Keywords: homogeneous metal complex catalysis, gold, triphenylphosphine, hydration, acetylene, acetaldehyde, phenylacetylene, acetophenone.

References

1. Weissermel, K., Arpe, H.-J. (2003). *Industrial Organic Chemistry*. Wiley. doi: <https://doi.org/10.1002/9783527619191>
2. Eckert, M., Fleischmann, G., Jira, R., Bolt, H. M., Golka, K. (2006). Acetaldehyde. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. doi: https://doi.org/10.1002/14356007.a01_031.pub2
3. Acetaldehyde Market by Process (Wacker Process, Oxidation of Ethanol, Dehydrogenation of Ethanol), Derivative (Pyridine & Pyridine Bases, Pentaerythritol), Application (Food & Beverage, Chemicals, Paints & Coatings), and Region - Global Forecast to 2022. Available at: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/acetaldehyde-market-113225129.html>
4. Ponomarev, D. A., Shevchenko, S. M. (2007). Hydration of Acetylene: A 125th Anniversary. *Journal of Chemical Education*, 84 (10), 1725. doi: <https://doi.org/10.1021/ed084p1725>
5. Rulev, A. Y., Ponomarev, D. A. (2019). Mikhail Kucherov: "The Experiment Confirmed my Hypothesis." *Angewandte Chemie International Edition*, 58 (24), 7914–7920. doi: <https://doi.org/10.1002/anie.201813398>
6. Kryuchkov, A. P. (1969). *Obschaya tekhnologiya sinteticheskikh kauchukov*. Moscow: «Khimiya».
7. Trots, I.-T., Zimmermann, T., Schüth, F. (2013). Catalytic Reactions of Acetylene: A Feedstock for the Chemical Industry Revisited. *Chemical Reviews*, 114 (3), 1761–1782. doi: <https://doi.org/10.1021/cr400357r>
8. Rowe, D. J. (Ed.) (2004). *Chemistry and Technology of Flavors and Fragrances*. doi: <https://doi.org/10.1002/9781444305517>
9. Radulović, N., Đorđević, A., Zlatković, B., Palić, R. (2009). GC-MS analyses of flower ether extracts of *Prunus domestica* L. and *Prunus padus* L. (Rosaceae). *Chemical Papers*, 63 (4). doi: <https://doi.org/10.2478/s11696-009-0031-9>
10. Jones, M. H. (1956). The polymerization of styrene in the presence of α - and β -bromostyrene. *Canadian Journal of Chemistry*, 34 (2), 108–112. doi: <https://doi.org/10.1139/v56-013>
11. Kheyfits, L. A., Dashunin, V. M. (1994). *Dushistye veschestva i drugie produkty dlya parfumerii*. Moscow: «Khimiya».
12. Acetophenone. Wikipedia. Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Acetophenone>
13. Siegel, H., Eggersdorfer, M. (2000). Ketones. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. doi: https://doi.org/10.1002/14356007.a15_077
14. Xu, W., Chen, Y., Wang, A., Liu, Y. (2019). Benzofurazan N-Oxides as Mild Reagents for the Generation of α -Imino Gold Carbenes: Synthesis of Functionalized 7-Nitroindoles. *Organic Letters*, 21 (18), 7613–7618. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.orglett.9b02893>
15. Haberhauer, G., Siera, H., Semleit, N., Kreuzahler, M., Wölper, C. (2020). Gold Catalysis of Non-Conjugated Haloacetylenes. *Synthesis*, 53 (08), 1457–1470. doi: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1706606>
16. Wang, J., Yuan, K., Wang, G., Liu, Y., Zhang, J. (2021). Catalytic Arylative Endo Cyclization of Gold Acetylides: Access to 3,4-Diphenyl Isoquinoline, 2,3-Diphenyl Indole, and Mesoionic Normal NHC–Gold Complex. *Chemistry - A European Journal*, 27 (1), 212–217. doi: <https://doi.org/10.1002/chem.202001502>
17. Hariri, M., Darvish, F., Mengue Me Ndong, K.-P., Sechet, N., Chacktas, G., Boosaliki, H. et. al. (2021). Gold-Catalyzed Access to Iso-

- phosphinoline 2-Oxides. *The Journal of Organic Chemistry*, 86 (11), 7813–7824. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.joc.1c00648>
18. Kokhan, I. (2019). Hazordynnyi reaktor dlia protsesiv iz zastosu-vanniam homohennykh metalokompleksnykh katalizatoriv. *Tekhnolohiya-2019. Materialy XXII mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsiyi*. Sievierodonetsk, 21–22. Available at: https://deps.snu.edu.ua/media/filer_public/ce/c4/cec45699-0a32-46a2-8d87-0dea4fcd4aed/tehnologii_2019_ch1_.pdf
 19. Kokhan, I. V., Kudriavtsev, S. O. (2021). The isolation of the reaction's product for the process of catalytic hydration of acetylene. *Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia*, 2, 65–68. doi: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-266-2-65-68>
 20. Kokhan, I. (2020). Laboratorna ustanovka dlia doslidzhennia katalychnoi hidratatsiyi atsetylenu iz zastosu-vanniam homohennoho metalokompleksnoho katalizatora. *Tekhnolohiya-2020. Materialy XXIII mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsiyi*. Sievierodonetsk.
 21. Brandsma, L. (Ed.) (1988). *Preparative Acetylenic Chemistry*. Elsevier.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.259892

OLIGOMERIZATION OF C₉ HYDROCARBON FRACTION INITIATED BY AMINO PEROXIDES WITH CYCLIC SUBSTITUTE (p. 23–31)

Roman Subtelnyy

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2919-004X>

Yevhenii Zhuravskiy

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1595-0864>

Dariia Kichura

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9585-4943>

Bohdan Dzinyak

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1824-2871>

This paper investigates the production of hydrocarbon resins by oligomerization in solution and suspension of the C₉ fraction of by-products from oil refining. The disadvantage of existing technologies for oligomers by free radical oligomerization is the use of high reaction temperatures. The application of N-replaced amino peroxides as low-temperature initiators and a suspension oligomerization technology can reduce the temperature and duration of the reaction.

The correlation between oligomerization parameters and yield and characteristics of oligomers has been established. Owing to this, it will be possible to set optimal conditions and predict the properties of the resulting products. The high values of the yield and bromine number correlation in oligomerization in solution (–0.98 and –0.95) and suspension (–0.83 and –0.80) indicate the course of the oligomerization reaction.

The main factor influencing oligomerization in solution is the reaction temperature (correlation 0.80). The softening temperature of oligomers is in the range of 349–353 K and does not depend on the oligomerization conditions in the solution (correlation indicator 0.18).

Suspension oligomerization in the studied intervals does not depend on temperature (correlation –0.08) and initiator concentration (correlation 0.40). It is proved that in the studied intervals of variables, the yield of oligomers depends on the duration of the reaction (correlation 0.88). The color indicator of suspension oligo-

merization products at the studied intervals varies slightly and is 20–30 mg I₂/100 ml.

The established optimal conditions make it possible to effectively use oil refining by-products by synthesizing light oligomers.

Under the established optimal conditions, the product yield is 22.7 % with oligomerization in solution and 19.4 % with suspension oligomerization.

Keywords: petroleum polymer resin, tert-butyl piperidinomethyl peroxide, 2- [4- (tert-butylperoxymethyl) piperazinomethylperoxy]-2-methylpropane, suspension oligomerization, bromine number, oil processing.

References

1. Rahmatpour, A., Ghasemi Meymandi, M. (2021). Large-Scale Production of C₉ Aromatic Hydrocarbon Resin from the Cracked-Petroleum-Derived C₉ Fraction: Chemistry, Scalability, and Techno-economic Analysis. *Organic Process Research & Development*, 25 (1), 120–135. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.oprd.0c00474>
2. Mildenberg, R., Zander, M., Collin, G. (1997). *Hydrocarbon Resins*. Wiley Online Library. doi: <https://doi.org/10.1002/9783527614653>
3. Zohuriaan-Mehr, M. J., Omidian, H. (2000). Petroleum Resins: An Overview. *Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews*, 40 (1), 23–49. doi: <https://doi.org/10.1081/mc-100100577>
4. Pyshyev, S., Gunka, V., Grytsenko, Y., Bratychak, M. (2016). Polymer Modified Bitumen: Review. *Chemistry & Chemical Technology*, 10 (4s), 631–636. doi: <https://doi.org/10.23939/chcht10.04si.631>
5. Nie, X., Hou, T., Yao, H., Li, Z., Zhou, X., Li, C. (2019). Effect of C₉ petroleum resins on improvement in compatibility and properties of SBS-modified asphalt. *Petroleum Science and Technology*, 37 (14), 1704–1712. doi: <https://doi.org/10.1080/10916466.2019.1602642>
6. Salari, D., Jodaei, A. (2006). Petroleum resin preparation by cationic polymerization of pyrolysis gasoline. *Iranian Polymer Journal (English Edition)*, 15 (1), 55–64.
7. Gnativ, Z., Nylukyshyn, I., Pikh, Z., Voronchak, T. et. al. (2014). Catalytic Cooligomerization of Styrene and Dicyclopentadiene: Yield and Properties Dependence on Reaction Mixture Composition. *Chemistry & Chemical Technology*, 8 (2), 165–170. doi: <https://doi.org/10.23939/chcht08.02.165>
8. Dzinyak, B. (2014). Cooligomerization of C₉ Fraction Unsaturated Hydrocarbons Initiated by Organic Peroxides. *Chemistry & Chemical Technology*, 8 (2), 183–188. doi: <https://doi.org/10.23939/chcht08.02.183>
9. Dzumedzei, M. V., Kucher, R. V., Turovskiy, A. A., Koshovskiy, B. I. (1971). Doslidzhennia kinetyky termichnoho rozpadu azotumisnykh perekysnykh spoluk z tret-alkilnym radykalom. *Ukrainskiy khimicheskii zhurnal*, 39, 1142–1145.
10. Turovskiy, A. A., Dzumudzei, M. V. (1973). Pro kinetyku peredachi lantsiua cherez azotvmisni perekysy z tret-butylnym radykalom pry polimeryzatsiyi styrolu v masi. *Dopovidi NAN Ukrainy*, 5, 1106–1108.
11. Voronchak, T., Nykulyshyn, I., Pikh, Z., Rypka, A. (2012). Synthesis and Properties of Epoxydized Cooligomers Obtained from Petroleum Resins Synthesized by Heterogeneous Catalytic Oligomerization. *Chemistry & Chemical Technology*, 6 (4), 397–403. doi: <https://doi.org/10.23939/chcht06.04.397>
12. Fuch, U., Dzinyak, B., Subtelnyy, R. (2015). Study of emulsifier nature effect on the process of hydrocarbon fraction cooligomerization in the emulsion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (76)), 54–57. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.47205>

13. Subtelnyy, R., Kichura, D., Dzinyak, B. (2021). Correlation between the emulsion oligomerization parameters for C9 fraction and the characteristics of hydrocarbon resins. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (111)), 6–11. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.232684>
14. Kovačič, S., Slugovc, C. (2020). Ring-opening Metathesis Polymerisation derived poly(dicyclopentadiene) based materials. *Materials Chemistry Frontiers*, 4 (8), 2235–2255. doi: <https://doi.org/10.1039/d0qm00296h>
15. Yao, Z., Xu, X., Dong, Y., Liu, X., Yuan, B., Wang, K. et. al. (2020). Kinetics on thermal dissociation and oligomerization of dicyclopentadiene in a high temperature & pressure microreactor. *Chemical Engineering Science*, 228, 115892. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2020.115892>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.257600

MAGNETIZATION OF BIOETHANOL-GASOLINE FUEL BLENDS FOR DEVELOPMENT COMBUSTION ENERGY AND REDUCING EXHAUST GAS EMISSIONS (p. 32–40)

Tatun Hayatun Nufus

Politeknik Negeri Jakarta, Kota Depok, Jawa Barat, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5360-361X>

Andi Ulfiana

Politeknik Negeri Jakarta, Kota Depok, Jawa Barat, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9015-3489>

Noor Hidayati

Politeknik Negeri Jakarta, Kota Depok, Jawa Barat, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1108-9368>

Isnanda Nuriskasari

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

Emir Ridwan

Politeknik Negeri Jakarta, Kota Depok, Jawa Barat, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2537-7659>

Sri Lestari Kusumastuti

Politeknik Negeri Jakarta, Kota Depok, Jawa Barat, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1255-441X>

Sulaksana Permana

Gunadarma University, Depok, West Java
Universitas Indonesia, Kota Depok, Jawa Barat, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3473-5892>

Iwan Susanto

Politeknik Negeri Jakarta, Kota Depok, Jawa Barat, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7120-0374>

The effect of the magnetization field on molecular interactions of the bioethanol-gasoline fuel blends was investigated. This technique was promoted to escalate both the increase in combustion energy and reduce emissions in the internal combustion engine. The bioethanol and gasoline fuel are used for the single-cylinder four-stroke engine with different mixtures, namely E0, E10, E20, and E30, serially. Distinguish of electromagnetic field strength with various intensity was given into the fuel by lower than 1,500 Gauss. The absorption intensity and the functional groups of the fuel molecules are characterized in detail by Fourier Transform Infra-Red (FTIR) spectroscopy. The exhaust gas emission and the fuel blends energy are performed using a gas analyzer and calorimeter bomb. By increasing the magnetic field, the de-clustering of the fuel molecules is demonstrated by growing the absorption intensity to be advanced. There is no change in the chemical

composition of the fuel as the magnetic induction was enforced. Reduction of namely Carbon monoxide (CO), Nitrogen monoxide (NO), Nitrogen oxides (NO_x), and Sulphur Dioxide (SO₂) gas emissions was attained to be 29 %, 25 %, 26 %, and 31 % using a magnetic field of 1,419.57 Gauss, respectively, compared to gasoline fuel without magnetic condition. The greater reduction occurs by employing E30 fuel with the same magnetic intensity, achieved up to 38 %, 42 %, 70 %, and 63 %, regularly. The magnetization treatment leads to improved combustion quality with efficiency increases up to 11.32 %. It contributes to perfect combustion in a single-cylinder four-stroke engine system. Reducing gas emissions can also bring a good environmental impact in the life, although the heat energy gradually deteriorated as the fuel utilized more bioethanol blends.

Keywords: magnetization fuel blends, mixtures of bioethanol-gasoline, reduction exhaust emission, combustion energy.

References

1. Jhang, S.-R., Lin, Y.-C., Chen, K.-S., Lin, S.-L., Batterman, S. (2020). Evaluation of fuel consumption, pollutant emissions and well-to-wheel GHGs assessment from a vehicle operation fueled with bioethanol, gasoline and hydrogen. *Energy*, 209, 118436. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118436>
2. Rahman, S. M., Khondaker, A. N., Hasan, M. A., Reza, I. (2017). Greenhouse gas emissions from road transportation in Saudi Arabia - a challenging frontier. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 812–821. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.047>
3. Li, L., Ge, Y., Wang, M., Peng, Z., Song, Y., Zhang, L., Yuan, W. (2015). Exhaust and evaporative emissions from motorcycles fueled with ethanol gasoline blends. *Science of The Total Environment*, 502, 627–631. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.09.068>
4. Yao, Y.-C., Tsai, J.-H., Wang, I.-T. (2013). Emissions of gaseous pollutant from motorcycle powered by ethanol-gasoline blend. *Applied Energy*, 102, 93–100. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.07.041>
5. Lim, C.-S., Lim, J.-H., Cha, J.-S., Lim, J.-Y. (2019). Comparative effects of oxygenates-gasoline blended fuels on the exhaust emissions in gasoline-powered vehicles. *Journal of Environmental Management*, 239, 103–113. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.039>
6. Dhande, D. Y., Sinaga, N., Dahe, K. B. (2021). Study on combustion, performance and exhaust emissions of bioethanol-gasoline blended spark ignition engine. *Heliyon*, 7 (3), e06380. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06380>
7. Anderson, J. E., DiCicco, D. M., Ginder, J. M., Kramer, U., Leone, T. G., Raney-Pablo, H. E., Wallington, T. J. (2012). High octane number ethanol-gasoline blends: Quantifying the potential benefits in the United States. *Fuel*, 97, 585–594. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.03.017>
8. Mohammed, M. K., Balla, H. H., Al-Dulaimi, Z. M. H., Kareem, Z. S., Al-Zuhairy, M. S. (2021). Effect of ethanol-gasoline blends on SI engine performance and emissions. *Case Studies in Thermal Engineering*, 25, 100891. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.100891>
9. Yang, H.-H., Liu, T.-C., Chang, C.-F., Lee, E. (2012). Effects of ethanol-blended gasoline on emissions of regulated air pollutants and carbonyls from motorcycles. *Applied Energy*, 89 (1), 281–286. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.07.035>
10. Sakthivel, P., Subramanian, K. A., Mathai, R. (2018). Indian scenario of ethanol fuel and its utilization in automotive transportation sector. *Resources, Conservation and Recycling*, 132, 102–120. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.012>

11. Costagliola, M. A., Prati, M. V., Murena, F. (2016). Bioethanol/gasoline blends for fuelling conventional and hybrid scooter. Regulated and unregulated exhaust emissions. *Atmospheric Environment*, 132, 133–140. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.02.045>
12. Ghadikolaie, M. A. (2016). Effect of alcohol blend and fumigation on regulated and unregulated emissions of IC engines – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 1440–1495. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.128>
13. Lee, Z., Park, S. (2020). Particulate and gaseous emissions from a direct-injection spark ignition engine fueled with bioethanol and gasoline blends at ultra-high injection pressure. *Renewable Energy*, 149, 80–90. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.050>
14. Abdul-Wahhab, H. A., Al-Kayiem, H. H., A. Aziz, A. R., Nasif, M. S. (2017). Survey of invest fuel magnetization in developing internal combustion engine characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 1392–1399. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.121>
15. Jain, 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>
16. Niaki, S. R. A., Zadeh, F. G., Niaki, S. B. A., Mouallem, J., Mahdavi, S. (2019). Experimental investigation of effects of magnetic field on performance, combustion, and emission characteristics of a spark ignition engine. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 39 (2). doi: <https://doi.org/10.1002/ep.13317>
17. Abdel-Rehim, A. A., Attia, A. A. A. (2014). Does magnetic fuel treatment affect engine's performance? *SAE Technical Paper Series*. doi: <https://doi.org/10.4271/2014-01-1398>
18. 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>
19. Jalali, M., Ahmadi, M. S., Yadaei, F., Azimi, M. H. Z., Hoseini, H. M. (2013). Enhancement of Benzine Combustion Behavior in Exposure to the Magnetic Field. *Journal of Clean Energy Technologies*, 1 (3), 224–227. doi: <https://doi.org/10.7763/jocet.2013.v1.51>
20. Stuart, B. H. (2004). *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*. Analytical Techniques in the Sciences. doi: <https://doi.org/10.1002/0470011149>
21. Wibowo, N. A., Utami, S. M., Riyanto, C. A., Setiawan, A. (2020). Impact of Magnetic Field Strengthening on Combustion Performance of Low-Octane Fuel in Two-Stroke Engine. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 16 (1), 57–62. doi: <https://doi.org/10.15294/jpfi.v16i1.17491>
22. Shen, J., Zhu, S., Liu, X., Zhang, H., Tan, J. (2012). Measurement of Heating Value of Rice Husk by Using Oxygen Bomb Calorimeter with Benzoic Acid as Combustion Adjuvant. *Energy Procedia*, 17, 208–213. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.02.085>
23. Oommen, L. P., Kumar, G. N. (2019). A Study on the Effect of Magnetic Field on the Properties and Combustion of Hydrocarbon Fuels. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 9 (3), 89–98. doi: <https://doi.org/10.24247/ijmperdjun20199>
24. Nufus, T. H., Setiawan, R. P. A., Hermawan, W., Tambunan, A. H. (2017). Characterization of biodiesel fuel and its blend after electromagnetic exposure. *Cogent Engineering*, 4 (1), 1362839. doi: <https://doi.org/10.1080/23311916.2017.1362839>
25. Chang, R., Goldsby, K. A. (2013). *Chemistry*. McGraw-Hill Education.
26. Kumar, P. V., Patro, S. K., Pudi, V. (2014). Experimental study of a novel magnetic fuel ionization method in four stroke diesel engines. *Int. J. Mech. Eng. Rob. Res.*, 3 (1), 151–159. Available at: http://www.ijmerr.com/v3n1/ijmerr_v3n1_17.pdf

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253750

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 (p. 41–46)

Adi Syuriadi

Politeknik Negeri Jakarta, West Java, Indonesia
Universitas Indonesia, West Java, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5982-5857>

Ahmad Indra Siswantara

Universitas Indonesia, West Java, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1590-2061>

Fadia Ramadhania Nurhakim

Politeknik Negeri Jakarta, West Java, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8328-8884>

Yubdina Nurfazlia Irbah

Politeknik Negeri Jakarta, West Java, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6438-1880>

Bagas Al Rizky

Politeknik Negeri Jakarta, West Java, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6539-052X>

Fara Arinda Zulfa

Politeknik Negeri Jakarta, West Java, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1378-2916>

Faisal Azizi Devitra

Politeknik Negeri Jakarta, West Java, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0874-6379>

Sulaksana Permana

Gunadarma University, West Java, Indonesia
Universitas Indonesia, Jawa Barat, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3473-5892>

Iwan Susanto

Politeknik Negeri Jakarta, West Java, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7120-0374>

Biomass is one of the renewable energy sources that are often found around the Indonesia area. It can be converted into various forms of fuel by pyrolysis. Pyrolysis is a process of chemical decomposition of biomass through a heating process at high temperatures that occurs with no or little oxygen. The purpose of this study was to analyze the effect of the type of biomass on the characteristics of syngas, bio oil and carbon charcoal produced in pyrolysis.

Syngas consisting of hydrogen and carbon monoxide can be used as raw materials for the chemical industry in addition to electrical energy, such as methanol, formic acid and ammonia industries. Bio-oil contains a number of chemical compounds that have the potential as raw materials for preservatives, antioxidants, disinfectants, or as biopesticides. Carbon charcoal is useful as an energy source, activated carbon with higher economic value such as catalysts, adsorbents, and supercapacitors.

This research used an experimental method. Biomass comes from fish waste, tamanu waste, and duckweed. The parameters observed were temperature of 400–500 °C, for 30 minutes, and 150 grams biomass, in order to determine the duration of the syngas flame and the amount of bio-oil and carbon charcoal. The syngas produced from duckweed has a longer flame test with a time of 126 seconds with a blue flame while the syngas from tamanu waste produces a reddish

blue flame for 18 seconds. On the other hand, the results of the bio-oil produced from fish waste, 19.1 grams are weightier than from duckweed, 3.2 grams. Then the most carbon charcoal is produced by tamanu waste weighing 141.9 grams while the least is produced by duckweed weighing 27.7 grams.

Keywords: renewable energy, biomass, fish waste, tamanu waste, duckweed, pyrolysis, syngas, bio-oil, carbon charcoal, economy value.

References

- Menteri Arifin: Transisi Energi Mutlak Diperlukan (2020). Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Available at: <https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/10/22/2667/menteri.arifin.transisi.energi.mutlak.diperlukan>
- Basu, P. (2010). Biomass Gasification and Pyrolysis. Practical Design and Theory. Elsevier, 376.
- Tangsathitkulchai, C., Punsuwan, N., Weerachanchai, P. (2019). Simulation of Batch Slow Pyrolysis of Biomass Materials Using the Process-Flow-Diagram COCO Simulator. Processes, 7 (11), 775. doi: <https://doi.org/10.3390/pr7110775>
- Czajczyńska, D., Nannou, T., Anguilano, L., Krzyżyńska, R., Ghazal, H., Spencer, N., Jouhara, H. (2017). Potentials of pyrolysis processes in the waste management sector. Energy Procedia, 123, 387–394. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.275>
- Aschjem, C. W. S. (2019). Modeling and optimization of pyrolysis reactors. Nor. Univ. life Sci., 20.
- Fadhil, A. B., Ahmed, A. I., Salih, H. A. (2017). Production of liquid fuels and activated carbons from fish waste. Fuel, 187, 435–445. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.09.064>
- Muradov, N., Fidalgo, B., Gujar, A. C., T-Raissi, A. (2010). Pyrolysis of fast-growing aquatic biomass – Lemna minor (duckweed): Characterization of pyrolysis products. Bioresource Technology, 101 (21), 8424–8428. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.05.089>
- Odeh, A. O. (2017). Pyrolysis: Pathway to Coal Clean Technologies. Pyrolysis. doi: <https://doi.org/10.5772/67287>
- Rajamohan, S., Kasimani, R. (2018). Analytical characterization of products obtained from slow pyrolysis of Calophyllum inophyllum seed cake: study on performance and emission characteristics of direct injection diesel engine fuelled with bio-oil blends. Environmental Science and Pollution Research, 25 (10), 9523–9538. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1241-x>
- Cheng, J. J., Stomp, A.-M. (2009). Growing Duckweed to Recover Nutrients from Wastewaters and for Production of Fuel Ethanol and Animal Feed. CLEAN - Soil, Air, Water, 37 (1), 17–26. doi: <https://doi.org/10.1002/clen.200800210>
- Hammouda, O., Gaber, A., Abdel-Hameed, M. S. (1995). Assessment of the effectiveness of treatment of wastewater-contaminated aquatic systems with Lemna gibba. Enzyme and Microbial Technology, 17 (4), 317–323. doi: [https://doi.org/10.1016/0141-0229\(94\)00013-1](https://doi.org/10.1016/0141-0229(94)00013-1)
- Appenroth, K.-J., Krech, K., Keresztes, Á., Fischer, W., Koloczek, H. (2010). Effects of nickel on the chloroplasts of the duckweeds Spirodela polyrrhiza and Lemna minor and their possible use in biomonitoring and phytoremediation. Chemosphere, 78 (3), 216–223. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.11.007>
- Prasad, M. N. V., Malec, P., Waloszek, A., Bojko, M., Strzałka, K. (2001). Physiological responses of Lemna trisulca L. (duckweed) to cadmium and copper bioaccumulation. Plant Science, 161 (5), 881–889. doi: [https://doi.org/10.1016/s0168-9452\(01\)00478-2](https://doi.org/10.1016/s0168-9452(01)00478-2)
- Bairagi, A., Sarkar Ghosh, K., Sen, S. K., Ray, A. K. (2002). Duckweed (Lemna polyrrhiza) leaf meal as a source of feedstuff in formulated diets for rohu (Labeo rohita Ham.) fingerlings after fermentation with a fish intestinal bacterium. Bioresource Technology, 85 (1), 17–24. doi: [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(02\)00067-6](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(02)00067-6)
- Dweck, A. C., Meadows, T. (2002). Tamanu (Calophyllum inophyllum) - the African, Asian, Polynesian and Pacific Panacea. International Journal of Cosmetic Science, 24 (6), 341–348. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1467-2494.2002.00160.x>
- Heyne, K. (1987). Tumbuhan berguna Indonesia. Jakarta: Yayasan Sarana Wana Jaya.
- Soerawidjaja, T. (2006). Fondasi-Fondasi Ilmiah dan Keteknikan dari Teknologi Pembuatan Biodiesel. Handout Seminar Nasional; Biodiesel Sebagai Energi Alternatif Masa Depan, UGM Yogyakarta.
- Alamsyah, R., Lubis, E. H. (2012). Pengolahan Biodiesel dari Biji Nyamplung (Calophyllum Inophyllum L) Dengan Cara Puri-fikasi Kering. Jurnal Kimia Dan Kemasan, 34 (2), 287. doi: <https://doi.org/10.24817/jkk.v34i2.1865>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.257104

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF FERROMAGNETIC LIQUIDS ON OIL RECOVERY OF BITUMINOUS SANDS (p. 47–52)

Ibrahim Habibov

Azerbaijan State Oil and Industry University,
Baku, Azerbaijan

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

Tarana Yusuf Sadigova

Azerbaijan State Oil and Industry University,
Baku, Azerbaijan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7455-5063>

Sevinc Malik Abasova

Azerbaijan State Oil and Industry University,
Baku, Azerbaijan

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

In Azerbaijan, in addition to natural oil, there are large reserves of it in the form of bituminous rocks. The largest reserves are concentrated in the Balakhani part of the Kirmaki mountain, which are more than 50 million tons.

In order to extract oil from bituminous rocks, various methods are used. Including such methods of extracting oil from bituminous rocks (BR): boiling BR with water without additives and with alkaline type additives; extraction method using various solvents; thermal cracking of BR; flotation method and supercritical fluid extraction. In addition to these, methods of influencing bituminous sands with various physical fields are also used, one of which is the use of ferromagnetic fluids (FMF).

The use of alkali reactive reagent with iron nanoparticles is an improvement of the method for extracting heavy oil components from bituminous rocks and an environmentally friendly innovative technology.

The study of the influence of the magnetic field with tension to 10 A/m on the process of oil extraction from bituminous rocks before and after the use of ferromagnetic fluid showed an increase in oil recovery by 7–8 % and 8–11 %, respectively. Further increase in the external magnetic field strength with the maximum tight bond of the magnetic moment with ferromagnetic particles of nanometer sizes can lead to the appearance of additional tangent stresses caused by the braking of the particle rotation field, the subsequent increase of the effective viscosity of the colloid solution. A numerical method for determining the threshold value of the magnetic field strength has been proposed to analyze this phenomenon, at which the value of the dynamic viscosity of the magnetic fluid is achieved, which is the limit for oil from the field corresponding to the extraction of oil from bituminous rocks.

Keywords: bituminous sands, ferromagnetic liquid, dynamic viscosity, nanoparticle, magnetic field strength, oil recovery.

References

- Panyushkin, V. V. (2013). Gryaznoe zoloto. *KHimiya i zhizn'*, 12, 10–15.
 - Bagirov, M. K., Sadigova, T. Y. (2016). Innovative technologies in the extraction of oil from bituminous rocks. *Equipment and technologies for the oil and gas complex*, 5.
 - Sadigova, T. Y. (2016). Application of nanotechnology in the process of extracting hydrocarbons from bituminous sands. *Collection of articles of the CNS "International scientific research based on the materials of the IX International Scientific and Practical Conference". Problems and Prospects of Modern Science, Part 1. Moscow*, 99–102.
 - Baryshnikov, A. A. (2014). Research and development of technology for increasing oil recovery due to displacement using an electromagnetic field. *Tyumen*.
 - Grob, D. T., Wise, N., Oduwole, O., Sheard, S. (2018). Magnetic susceptibility characterisation of superparamagnetic microspheres. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 452, 134–140. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2017.12.007>
 - Piet, D. L., Straube, A. V., Snezhko, A., Aranson, I. S. (2013). Viscosity Control of the Dynamic Self-Assembly in Ferromagnetic Suspensions. *Physical Review Letters*, 110 (19). doi: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.110.198001>
 - Scherer, C., Figueiredo Neto, A. M. (2005). Ferrofluids: properties and applications. *Brazilian Journal of Physics*, 35 (3a), 718–727. doi: <https://doi.org/10.1590/s0103-97332005000400018>
 - Min'kova, R. M. (2014). M62 Funktsii kompleksnogo peremennogo v primerakh i zadachakh. *Ekaterinburg: Izd-vo Ural'skogo universiteta*, 256.
 - Polunin, V. M., Ryapolov, P. A., Zhakin, A. I., Sheldeshova, E. V. (2019). Viscosity of a Magnetic Fluid in a Strong Magnetic Field. *Acoustical Physics*, 65 (4), 379–384. doi: <https://doi.org/10.1134/s1063771019040146>
 - Mertelj, A., Lisjak, D., Drogenik, M., Čopič, M. (2013). Ferromagnetism in suspensions of magnetic platelets in liquid crystal. *Nature*, 504 (7479), 237–241. doi: <https://doi.org/10.1038/nature12863>
 - Stolyar, S. V., Komogortsev, S. V., Chekanova, L. A. et al. (2019). Magnetite nanocrystals with magnetic anisotropy constant enhanced by their shape. *Pis'ma v ZhTF*, 45 (17), 28–30.
- catching fire quickly. If the flame retarded material or an adjacent material has ignited, the flame retardant will slow down combustion and often prevent the fire from spreading to other items. Especially some of these chemicals can accumulate in parts of electrical equipment, cars, airplanes, and building components. Using non toxic nanofillers in polymers to achieve flame retardancy is a viable option. The prepared powder has a cubic structure, space group, and 4.2165 Å unit cell parameters according to X-ray diffraction XRD data and using Dicsolv 91 indexing program. The grain size of the prepared powder was measured using Sherrer's equation to be 12.45 nm. The scanning electron microscope SEM micrograph of MgO nanopowder showed a spherical shape. The effect of MgO on flame retardancy of epoxy resin was investigated using limiting oxygen index LOI, rate of burning RB, and maximum flame height HF tests. According to the results of the three standard tests, the best flame retardancy with a strong and well intumescent char is obtained from the sample with 2 wt. % of MgO nanopowder, which has the highest LOI value of 21.95, RB value of 1.65 cm/min, and HF value of 5.44 cm. This data of using MgO nanopowder as flame retardant was valuable and necessary because it showed MgO nanopowder help prevent and slow fires of epoxy resin, therefore, protecting property and saving lives.
- Keywords:** flame retardant, magnesium oxide, nanocomposites, epoxy resin, nanopowder, coprecipitation method.

References

- Wilmot, R. T. (1995). Annual Report World Fire Statistics to the UN Working Party on Housing Development, Modernisation and Management. London.
- Zhuang, J., Payyappalli, V. M., Behrendt, A., Lukasiwicz, K. (2017). Total Cost of Fire in the United States. Available at: <https://www.flameretardantfacts.com/wp-content/uploads/2020/06/RFTotalCost.pdf>
- Rashid, M., Chetehouna, K., Cablé, A., Gascoin, N. (2020). Analysing Flammability Characteristics of Green Biocomposites: An Overview. *Fire Technology*, 57 (1), 31–67. doi: <https://doi.org/10.1007/s10694-020-01001-0>
- Gann, R. G. (2000). Flame Retardants, Overview. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. doi: <https://doi.org/10.1002/0471238961.1522051807011414.a01>
- Li, Z., Liu, C., Cao, W., Yao, Q. (2018). Reactive cyclic phosphonamide flame retardant for epoxy resins. *Journal of Applied Polymer Science*, 137 (1), 47411. doi: <https://doi.org/10.1002/app.47411>
- Weil, E. D. (2011). Fire-Protective and Flame-Retardant Coatings - A State-of-the-Art Review. *Journal of Fire Sciences*, 29 (3), 259–296. doi: <https://doi.org/10.1177/0734904110395469>
- Zhu, Z.-M., Wang, L.-X., Dong, L.-P. (2019). Influence of a novel P/N-containing oligomer on flame retardancy and thermal degradation of intumescent flame-retardant epoxy resin. *Polymer Degradation and Stability*, 162, 129–137. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2019.02.021>
- Vahidi, G., Bajwa, D. S., Shojaeiarani, J., Stark, N., Darabi, A. (2020). Advancements in traditional and nanosized flame retardants for polymers – A review. *Journal of Applied Polymer Science*, 138 (12), 50050. doi: <https://doi.org/10.1002/app.50050>
- Liu, Q., Wang, D., Li, Z., Li, Z., Peng, X., Liu, C. et al. (2020). Recent Developments in the Flame-Retardant System of Epoxy Resin. *Materials*, 13 (9), 2145. doi: <https://doi.org/10.3390/ma13092145>
- Salmeia, K., Fage, J., Liang, S., Gaan, S. (2015). An Overview of Mode of Action and Analytical Methods for Evaluation of Gas Phase Activities of Flame Retardants. *Polymers*, 7 (3), 504–526. doi: <https://doi.org/10.3390/polym7030504>
- Feng, C., Zhang, Y., Liu, S., Chi, Z., Xu, J. (2012). Synergistic effect of La₂O₃ on the flame retardant properties and the degradation

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.260359

IMPLEMENTATION OF THE MgO/EPOXY NANOCOMPOSITES AS FLAME RETARDANT (p. 53–57)

Noor Amer Hameed

Bilad Alrafidain University College, Baqubah, Diyala, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9877-5351>

Sura Jamal Abbas

Bilad Alrafidain University College, Baqubah, Diyala, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5326-5764>

Muradah Thamer Jammal

Bilad Alrafidain University College, Baqubah, Diyala, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5326-5764>

Saad Qasim Abbas

Bilad Alrafidain University College, Baqubah, Diyala, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8308-2918>

This work aims to prepare magnesium oxide MgO nanopowder using the coprecipitation method and prepare nanocomposites by mixing MgO prepared nanopowder with epoxy resin by weight percentages (0.5, 1, 1.5, 2, and 2.5) using hand lay up molding. These prepared chemical materials are added to many consumer products to meet fire safety codes and prevent these items from

- mechanism of a novel PP/IFR system. *Polymer Degradation and Stability*, 97 (5), 707–714. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2012.02.014>
12. Al-Mosawi, A. I., Ahmed, J. K., Hussain, H. A. (2012). Evaluation Flame Retardancy of Epoxy Composite by Using Design of Experiments. *Applied Mechanics and Materials*, 186, 156–160. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.186.156>
 13. Shah, A. U. R., Prabhakar, M. N., Song, J.-I. (2017). Current advances in the fire retardancy of natural fiber and bio-based composites – A review. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 4 (2), 247–262. doi: <https://doi.org/10.1007/s40684-017-0030-1>
 14. Kiaei, M., Moghdam, Y. R., Kord, B., Samariha, A. (2017). The effect of Nano-MgO on the mechanical and flammability properties of hybrid nano composites from wood flour-polyethylene. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 19 (4), 471–480. doi: <https://doi.org/10.4067/s0718-221x2017005000701>
 15. Guo, F., Xie, E., Yu, D., Li, H., Liu, J. (2018). Flame retardancy of MgO-microencapsulated red phosphorus/high impact polystyrene composite. *Fuhe Cailiao Xuebao/Acta Materiae Compositae Sinica*, 35 (9), 2424–2433. doi: <https://doi.org/10.13801/J.CNKI.FHCLXB.20180111.003>
 16. Jiang, L., Li, K., Yang, H., Liu, X., Xu, W., Deng, B. (2019). Significantly improved flame-retardancy of cellulose acetate nanofiber by Mg-based nano flaky petal. *Cellulose*, 26 (9), 5211–5226. doi: <https://doi.org/10.1007/s10570-019-02451-8>
 17. Zheng, T., Xia, W., Guo, J., Wang, K., Zeng, M., Wu, Q., Liu, Y. (2020). Preparation of flame-retardant polyamide 6 by incorporating MgO combined with g-C₃N₄. *Polymers for Advanced Technologies*, 31 (9), 1963–1971. doi: <https://doi.org/10.1002/pat.4920>
 18. Wang, S., Yang, X., Li, Y., Gao, B., Jin, S., Yu, R. et. al. (2022). Colloidal magnesium hydroxide Nanoflake: One-Step Surfactant-Assisted preparation and Paper-Based relics protection with Long-Term Anti-Acidification and Flame-Retardancy. *Journal of Colloid and Interface Science*, 607, 992–1004. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2021.09.041>
 19. Aydoğan, B., Yurtseven, R., Usta, N. (2022). Investigation of the combustion, thermal and mechanical characteristics of rigid polyurethane foam added with talc and intumescent flame retardant. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 08927057221095392. doi: <https://doi.org/10.1177/08927057221095392>
 20. Zhu, Z., Niu, Y., Wang, S., Su, M., Long, Y., Sun, H. et. al. (2022). Magnesium hydroxide coated hollow glass microspheres/chitosan composite aerogels with excellent thermal insulation and flame retardancy. *Journal of Colloid and Interface Science*, 612, 35–42. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2021.12.138>
 21. Dheyaa, B. M., Jassim, W. H., Hameed, N. A. (2018). Evaluation of the Epoxy/Antimony Trioxide Nanocomposites as Flame Retardant. *Journal of Physics: Conference Series*, 1003, 012078. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1003/1/012078>
 22. Mohammed, A. J., Ibrahim, I. K. (2021). Study the effect of adding rubber pieces powder on the flame resistance for unsaturated polyester. *GJSJ*, 9 (7), 3675–3685. Available at: https://www.globalscientificjournal.com/researchpaper/Study_the_effect_of_adding_rubber_pieces_powder_on_the_flame_resistance_for_unsaturated_polyester_.pdf
 23. Maciej, S. (2013). Synteza i aktywność biologiczna nowych analogów tiosemikarbazonowych chelatorów żelaza. *Uniwersytet śląski*. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/197750787.pdf>
 24. Dong, Q., Gao, C., Ding, Y., Wang, F., Wen, B., Zhang, S. et. al. (2011). A polycarbonate/magnesium oxide nanocomposite with high flame retardancy. *Journal of Applied Polymer Science*, 123 (2), 1085–1093. doi: <https://doi.org/10.1002/app.34574>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.259329
CHARACTERISTICS INVESTIGATION OF
COMPOSITE ELECTROCHROMIC FILMS BASED
ON Ni(OH)₂, POLYVINYL ALCOHOL, AND
POLYVINYLPIRROLIDONE (p. 58–65)

Kotok Valerii

Ukrainian State University of Chemical Technology,
 Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8879-7189>

Vadym Kovalenko

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

Miroslav Mikolasek

Slovak University of Technology, Bratislava, Slovak Republic
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0120-6823>

Peter Ondrejka

Slovak University of Technology, Bratislava, Slovak Republic
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9860-1482>

Oleksandra Zima

Ukrainian State University of Chemical Technology,
 Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4994-7014>

Inna Anataichuk

Ukrainian State University of Chemical Technology,
 Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5264-1262>

Dmitriy Vodopyan

Ukrainian State University of Chemical Technology,
 Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9453-506X>

Kostyantyn Sukhyy

Ukrainian State University of Chemical Technology,
 Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4585-8268>

The cost of electrochromic “smart” windows ranges from 200–800 USD/m². The high cost is determined by the small volume of production and the high cost of vacuum methods for applying device layers. The development of other methods could lead to lower costs and further mass use of “smart” windows.

The paper presents the work on improving the electrochemical method of deposition of electrochromic films based on Ni(OH)₂. Composite electrochromic films were deposited from Ni(NO₃)₂ solutions with the addition of water-soluble polymers – polyvinyl alcohol (PVA), polyvinylpyrrolidone (PVP), and mixtures thereof. Two PVA grades and one PVP grade were used in the experiments. As a result, six films were obtained from solutions of different compositions and concentrations of polymers.

An investigation of the optical properties of the films in the initial state showed that there is no intense absorption of light in the entire visible spectrum and the transmission corresponds to a glass substrate. Thus, the formed electrochromic films will not produce tints and visible light absorption in the finished electrochromic element.

The electrochemical and electrochromic characteristics of the films differed significantly depending on the amount and specific polymers used. The film obtained from a solution containing PVA grade 24–99 was the most electrochemically active, while the best electrochromic characteristics were in the film deposited from a

solution of a mixture of PVP grade 24–99 and PVP. Moreover, the films obtained in solutions containing separately PVA grade 24-99 and PVP had worse electrochromic characteristics, and the electrochemical characteristics were the same or worse relative to the film obtained in a mixture of polymers.

The results of the method of electrochemical impedance spectroscopy showed compliance with the found electrochromic and electrochemical characteristics of the formed films.

Keywords: electrochromism, nickel hydroxide, polyvinyl alcohol, polyvinylpyrrolidone, optical characteristics, electrochemical impedance spectroscopy.

References

- Kumaravel, S., Karthick, K., Sankar, S. S., Karmakar, A., Madhu, R., Bera, K., Kundu, S. (2021). Current progressions in transition metal based hydroxides as bi-functional catalysts towards electrocatalytic total water splitting. *Sustainable Energy & Fuels*, 5 (24), 6215–6268. doi: <https://doi.org/10.1039/d1se01193f>
- Gautam, R. K., Singh, A. K., Tiwari, I. (2022). Nanoscale layered double hydroxide modified hybrid nanomaterials for wastewater treatment: A review. *Journal of Molecular Liquids*, 350, 118505. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.118505>
- Lee, H., Hong, A., Kwak, J., Lee, S. (2022). Synthesis of UV/blue light-emitting aluminum hydroxide with oxygen vacancy and their application to electrically driven light-emitting diodes. *RSC Advances*, 12 (7), 4322–4328. doi: <https://doi.org/10.1039/d1ra07942e>
- Londhe, S., Patra, C. R. (2022). Biomedical applications of europium hydroxide nanorods. *Nanomedicine*, 17 (1), 5–8. doi: <https://doi.org/10.2217/nmm-2021-0351>
- Grobelyny, Z., Jurek-Suliga, J., Golba, S. (2020). Application of cesium hydroxide monohydrate for ring opening polymerization of monosubstituted oxiranes: characterization of synthesized polyether-diols. *Polymer Bulletin*, 78 (12), 7301–7312. doi: <https://doi.org/10.1007/s00289-020-03480-1>
- 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: <https://doi.org/10.1098/rspa.2014.0792>
- Bertuol, D. A., Bernardes, A. M., Tenório, J. A. S. (2009). Spent NiMH batteries – The role of selective precipitation in the recovery of valuable metals. *Journal of Power Sources*, 193 (2), 914–923. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2009.05.014>
- 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>
- Trotochaud, L., Young, S. L., Ranney, J. K., Boettcher, S. W. (2014). Nickel–Iron Oxyhydroxide Oxygen-Evolution Electrocatalysts: The Role of Intentional and Incidental Iron Incorporation. *Journal of the American Chemical Society*, 136 (18), 6744–6753. doi: <https://doi.org/10.1021/ja502379c>
- Djafri, D. E., Henni, A., Zerrouki, D. (2022). Electrochemical synthesis of highly stable and rapid switching electrochromic Ni(OH)₂ nanoflake array films as low-cost method. *Materials Chemistry and Physics*, 279, 125704. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2022.125704>
- Kotok, V., Kovalenko, V. (2017). The electrochemical cathodic template synthesis of nickel hydroxide thin films for electrochromic devices: role of temperature. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11 (86)), 28–34. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.97371>
- Wang, W., Li, Z., Yu, Z., Su, G. (2021). The stabilization of Ni(OH)₂ by In₂O₃ rods and the electrochromic performance of Ni(OH)₂/In₂O₃-rod composite porous film. *Thin Solid Films*, 734, 138839. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2021.138839>
- Zhao, F., He, H., Cheng, Z., Tang, Y., Li, G., Xu, G. et al. (2022). Improving electrochromic performance of porous nickel oxide electrode via Cu doping. *Electrochimica Acta*, 417, 140332. doi: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2022.140332>
- Parmar, K. H., Manjunath, V., Bimli, S., Chikate, P. R., Patil, R. A., Ma, Y.-R., Devan, R. S. (2022). Stable and reversible electrochromic behaviors in anodic NiO thin films. *Chinese Journal of Physics*, 77, 143–150. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cjph.2022.02.014>
- Kotok, V. A., Malyshev, V. V., Solovov, V. A., Kovalenko, V. L. (2017). Soft Electrochemical Etching of FTO-Coated Glass for Use in Ni(OH)₂-Based Electrochromic Devices. *ECS Journal of Solid State Science and Technology*, 6 (12), P772–P777. doi: <https://doi.org/10.1149/2.0071712jss>
- Kotok, V., Kovalenko, V., Anataichuk, I., Mochalov, A., Markarchenko, N., Nafeev, R., Verbitskiy, V. (2020). Effect of variable temperature loads on characteristics of electrochromic composite Ni(OH)₂-PVA films. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (5 (108)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.220302>
- Tan, S., Gao, L., Wang, W., Gu, X., Hou, J., Su, G. (2022). Preparation and black-white electrochromic performance of the non-contact ZnO@NiO core-shell rod array. *Surfaces and Interfaces*, 30, 101889. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2022.101889>
- Bo, G., Wang, X., Wang, K., Gao, R., Dong, B., Cao, L., Su, G. (2017). Preparation and electrochromic performance of NiO/TiO₂ nanorod composite film. *Journal of Alloys and Compounds*, 728, 878–886. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.08.247>
- Wang, X., Liu, B., Tang, J., Dai, G., Dong, B., Cao, L. et al. (2019). Preparation of Ni(OH)₂/TiO₂ porous film with novel structure and electrochromic property. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 191, 108–116. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2018.11.005>
- Kotok, V. A., Kovalenko, V. L., Kovalenko, P. V., Solovov, V. A., Deabate, S., Mehdi, A. et al. (2017). Advanced electrochromic Ni(OH)₂/PVA films formed by electrochemical template synthesis. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12 (13), 3962–3977. Available at: http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2017/jeas_0717_6156.pdf
- Kotok, V., Kovalenko, V. (2020). Influence of used polyvinyl alcohol grade on the electrochromic properties of Ni(OH)₂-PVA composite films. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (6 (107)), 58–65. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.214239>
- Kovalenko, V., Kotok, V., Zima, O., Nafeev, R., Verbitskiy, V., Melnyk, O. (2022). Definition of the role of polyvinyl alcohol during formation and in the structure of cathodic synthesized composite electrochromic nickel hydroxide layer: template or surfactant. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (12 (116)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255482>
- Kotok, V., Kovalenko, V. (2020). A study of the influence of polyvinyl pyrrolidone concentration in the deposition electrolyte on the properties of electrochromic Ni(OH)₂ films. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (106)), 31–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210857>
- Kotok, V. A., Kovalenko, V. L., Zima, A. S., Kirillova, E. A., Burkov, A. A., Kobylinska, N. G. et al. (2019). Optimization of electrolyte composition for the cathodic template deposition of Ni(OH)₂-based electrochromic films on FTO glass. *ARPN Journal*

- of Engineering and Applied Sciences, 14 (2), 344–353. Available at: http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2019/jeas_0119_7562.pdf
25. Mortimer, R. J., Sialvi, M. Z., Varley, T. S., Wilcox, G. D. (2014). An in situ colorimetric measurement study of electrochromism in the thin-film nickel hydroxide/oxyhydroxide system. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 18 (12), 3359–3367. doi: <https://doi.org/10.1007/s10008-014-2618-5>
26. Kotok, V., Kovalenko, V., Nafeev, R., Verbitskiy, V., Melnyk, O., Plaksienko, I. et. al. (2021). A study of physico-chemical characteristics of electrochromic Ni(OH)₂-PVA films on fto glass with different deposition duration. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (12 (113)), 39–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242853>
27. Kotok, V., Kovalenko, V. (2019). Optimization of the deposition conditions for Ni(OH)₂ films for electrochromic elements of “smart” windows. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (5 (98)), 35–40. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.162572>
28. Inamdar, A. I., Sonavane, A. C., Pawar, S. M., Kim, Y., Kim, J. H., Patil, P. S. et. al. (2011). Electrochromic and electrochemical properties of amorphous porous nickel hydroxide thin films. *Applied Surface Science*, 257 (22), 9606–9611. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2011.06.079>
29. Shi, J., Lai, L., Zhang, P., Li, H., Qin, Y., Gao, Y. et. al. (2016). Aluminum doped nickel oxide thin film with improved electrochromic performance from layered double hydroxides precursor in situ pyrolytic route. *Journal of Solid State Chemistry*, 241, 1–8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jssc.2016.05.032>
30. Li, Z., Yu, Z., Wang, W., Hou, J., Gao, L., Gu, X., Su, G. (2021). Nickel oxide film with tertiary hierarchical porous structure and high electrochromic performance and stability. *Materials Chemistry and Physics*, 269, 124738. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2021.124738>
31. Bakhoun, D. T., Oyedotun, K. O., Sarr, S., Sylla, N. F., Maphiri, V. M., Ndiaye, N. M. et. al. (2022). A study of porous carbon structures derived from composite of cross-linked polymers and reduced graphene oxide for supercapacitor applications. *Journal of Energy Storage*, 51, 104476. doi: <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.104476>
32. Liu, Y., Wang, N., Wang, X., Huang, W. (2021). PVA/PVP cross-linked blend membranes for pervaporation dehydration of 2-methyltetrahydrofuran solution. *Xiandai Huagong/Modern Chemical Industry*, 41 (2), 183–187. doi: <https://doi.org/10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2021.02.035>
33. Huang, C., Jiang, G., Advincula, R. (2008). Electrochemical Cross-Linking and Patterning of Nanostructured Polyelectrolyte-Carbazole Precursor Ultrathin Films. *Macromolecules*, 41 (13), 4661–4670. doi: <https://doi.org/10.1021/ma800268n>

АНОТАЦІЇ
TECHNOLOGY ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.257782

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ПОЛІЕТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТУ В ЯКОСТІ МОДИФІКАТОРІВ ДЛЯ БІТУМНИХ СИСТЕМ (с. 6–13)

Gulzat Aitkaliyeva, Madeniyet Yelubay, Dana Yerzhanova, Aiganym Ismailova, Sofiya Massakbayeva

У роботі вивчалася придатність відходів поліетилентерефталату (ПЕТ) для альтернативної модифікації бітуму та зменшення накопичення відходів. Досліджували хімічну структуру та фізичні властивості модифікованого бітуму з різним вмістом ПЕТ-флексів від 2 до 10 %. Вплив вмісту ПЕТ-відходів на бітумні системи було проаналізовано за допомогою ІЧ- та ¹H ЯМР-спектроскопії, диференціального термічного (ДТА) і термогравіметричного (ТГА) аналізу. Вивчення зміни мікроструктури в результаті модифікації бітуму проводили з використанням атомно-силової мікроскопії (АСМ). Встановлено закономірності зміни структурно-групового складу бітумних в'язучих після їхньої модифікації ПЕТ-відходами. Відзначається, що хімічна взаємодія вихідного бітуму з ПЕТ-флексами відбувається за рахунок утворення асоціативних зв'язків між кисневмісними компонентами модифікатора і бітумом.

Вплив модифікатора на фізико-механічні властивості оцінювали стандартними методами (пенетрація, розтяжність і температура розм'якшення). Виходячи з фізико-механічних властивостей бітуму, таких як глибина проникнення голки (пенетрація), пластичність і температура розм'якшення, було встановлено, що оптимальне дозування ПЕТ-відходів з точки зору характеристик асфальтового в'язучого становить 3 %. Встановлено, що ПЕТ-відходи та вихідний бітум взаємодіють як на хімічному, так і на фізичному рівнях і можуть розглядатися в якості підходящої альтернативи для зміни властивостей бітумних в'язучих. Таким чином, отримані зразки модифікованих бітумних в'язучих мають покращені фізико-механічні властивості, що дозволяє отримувати на їх основі високоміцні асфальтобетонні покриття.

Ключові слова: ПЕТ-відходи, тверді побутові відходи, бітумне в'язуче, полімермодифікований бітум, зелена хімія.

DOI 10.15587/1729-4061.2022.260279

ОТРИМАННЯ КОМПЛЕКСУ ХЛОРИДУ ЗОЛОТА І ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ В ЯКОСТІ КАТАЛІЗАТОРА ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО ПРОЦЕСУ ГІДРАТАЦІЇ АЦЕТИЛЕНІВ (с. 14–22)

І. В. Кохан, С. О. Кудрявцев, Д. О. Мержиєвський

Досліджується застосування сучасного гомогенного металокомплексного каталізатора для процесу гідратації ацетиленів. Процес є актуальним як для промисловості основного органічного синтезу, так й для парфумерної промисловості. Проведено аналіз існуючих процесів, які використовуються в промисловості для отримання ацетальдегіду. Виявлені суттєві недоліки існуючих процесів: низька екологічність й висока енергозатратність. Для вирішення поставленої проблеми досліджувалась реакція гідратації ацетиленової сполуки із застосуванням сучасного гомогенного каталізатора на основі золота, який є не є токсичним. Дослідження проводилось шляхом відбирання аліквот під час проведення реакції. За допомогою методу ¹H ЯМР спектроскопії були враховані значення конверсії фенілацетилену для значень часу, що відповідають моментам відбору аліквот. Врахований порядок реакції за фенілацетиленом і розрахована константа реакції за умов проведення реакції. Під час реакції в присутності запропонованого каталізатора досягається конверсія фенілацетилену 86,96 % за 3 години. Отримані дані дають підстави для проведення процесу каталітичної гідратації ацетиленів, а саме фенілацетилену з отриманням ацетофенону, який є важливим для застосування у парфумерній промисловості. Отримані дані можуть бути застосовані й до процесу гідратації ацетилену з утворенням ацетальдегіду, який знаходить широке застосування у промисловості основного органічного синтезу. Для процесу каталітичної гідратації ацетиленових сполук, запропоновано апаратурне оформлення, газорідний реактор із змінною гідродинамічною обстановкою, який разом із колоною виділення продукту об'єднаний в єдину установку. За оптимізованою методикою синтезовано каталізатор на основі хлориду золота зі сплаву золота.

Ключові слова: гомогенний металокомплексний каталіз, золото, трифенілфосфін, гідратація, ацетилен, ацетальдегід, фенілацетилен, ацетофенон.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.259892

ОЛІГОМЕРИЗАЦІЯ ВУГЛЕВОДНЕВОЇ ФРАКЦІЇ C₉ ІНІЦІЙОВАНА АМІНОПЕРОКСИДАМИ З ЦИКЛІЧНИМ ЗАМІСНИКОМ (с. 23–31)

Р. О. Субтельний, Є. В. Журавський, Д. Б. Кічура, Б. О. Дзіняк

Досліджено одержання вуглеводневих смол олігомеризацією у розчині та суспензії фракції C₉ побічних продуктів нафточеробки. Недоліком існуючих технологій олігомерів вільнорадикальною олігомеризацією є застосування високих температур реакції. Використання N-заміщених амінопероксидів як низькотемпературних ініціаторів та технології суспензійної олігомеризації дозволяють знизити температуру та тривалість реакції.

Встановлено кореляцію параметрів олігомеризації та виходу і характеристик олігомерів. Завдяки цьому стане можливим встановлювати оптимальні умови та прогнозувати властивості одержаних продуктів. Високі значення кореляції виходу та бромного числа при олігомеризації у розчині (–0,98 і –0,95) та суспензії (–0,83 і –0,80) дозволяють стверджувати про перебіг реакції олігомеризації.

Основним чинником, що впливає на олігомеризацію у розчині є температура реакції (кореляція 0,80). Температура розм'якшення олігомерів знаходиться у межах 349–353 К і не залежить від умов олігомеризації у розчині (показник кореляції 0,18).

Суспензійна олігомеризація у досліджуваних інтервалах не залежить від температури (кореляція $-0,08$) і концентрації ініціатора (кореляція $0,40$). Доведено, що у досліджуваних інтервалах змінний вихід олігомерів залежить від тривалості реакції (кореляція $0,88$). Показник кольору продуктів суспензійної олігомеризації у досліджуваних інтервалах змінюється незначно і становить $20\text{--}30$ мг $I_2/100$ мл.

Встановлені оптимальні умови дозволяють ефективно використовувати побічні продукти нафтопереробки шляхом синтезу світлих олігомерів.

За встановлених оптимальних умов вихід продукту становить $22,7\%$ при олігомеризації у розчині та $19,4\%$ при суспензійній олігомеризації.

Ключові слова: нафтополімерна смола, трет-бутил піперидинометил пероксид, 2-[4-(трет-бутилпероксиметил) піперазинометилперокси]-2-метилпропан, суспензійна олігомеризація, бромне число, нафтопереробка.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.257600

НАМАГНІЧУВАННЯ БІОЕТАНОЛ-БЕНЗИНОВИХ ПАЛИВНИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГІЇ ЗГОРЯННЯ І ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ВИХЛОПНИХ ГАЗІВ (с. 32–40)

Tatun Hayatun Nufus, Andi Ulfiana, Noor Hidayati, Isnanda Nuriskasari, Emir Ridwan, Sri Lestari Kusumastuti, Sulaksana Permana, Iwan Susanto

Досліджено вплив поля намагнічування на молекулярні взаємодії паливних сумішей біоетанол-бензин. Цей метод був просунутий як збільшення енергії згоряння, так зниження викидів у двигуні внутрішнього згоряння. Біоетанол та бензинове паливо застосовуються для одноциліндрового чотиритактного двигуна з різними сумішами, а саме E0, E10, E20 та E30, серійно. Відмінність напруженості електромагнітного поля різної напруженості в паливі була нижчою за 1500 Гаусів. Інтенсивність поглинання та функціональні групи молекул палива докладно охарактеризовано за допомогою інфрачервоної спектроскопії з перетворенням Фур'є. Викид відпрацьованих газів та енергію паливних сумішей здійснюють за допомогою газоаналізатора та калориметричної бомби. У разі збільшення магнітного поля декластеризація молекул палива демонструється збільшенням інтенсивності поглинання, яке необхідно збільшити. Хімічний склад палива не змінився, оскільки магнітна індукція була посилена. Скорочення викидів монооксиду вуглецю (CO), монооксиду азоту (NO), оксидів азоту (NO_x) та діоксиду сірки (SO_2) було досягнуто на 29% , 25% , 26% та 31% з використанням магнітного поля $1419,57$ Гауса відповідно в порівнянні із бензиновим паливом без магнітних умов. Більше зниження відбувається при використанні палива E30 з тією ж напругою магнітного поля, що досягається до 38% , 42% , 70% і 63% , регулярно. Обробка намагнічування призводить до поліпшення якості згоряння зі збільшенням ККД до $11,32\%$. Він сприяє ідеальному згорянню в системі одноциліндрового чотиритактного двигуна. Скорочення викидів газів також може вплинути на навколишнє середовище, хоча теплова енергія поступово погіршувалась, оскільки в якості палива використовувалося більше сумішей біоетанолу.

Ключові слова: намагнічування паливних сумішей, суміші біоетанол-бензин, зниження емісії газів, що відпрацьовали, енергія згоряння.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253750

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИДІВ БІОМАСИ (РИБНІ ВІДХОДИ, ВІДХОДИ ТАМАНУ І РЯСКА) НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНТЕЗ-ГАЗУ, БІОНАФТИ ТА ДЕРЕВНОГО ВУГІЛЛЯ, ОДЕРЖУВАНИХ У ПРОЦЕСІ ПІРОЛІЗУ (с. 41–46)

Adi Syuriadi, Ahmad Indra Siswantara, Fadia Ramadhania Nurhakim, Yubdina Nurfazlia Irbah, Bagas Al Rizky, Fara Arinda Zulfa, Faisal Azizi Devitra, Sulaksana Permana, Iwan Susanto

Біомаса є одним з поновлюваних джерел енергії, які часто зустрічаються в районі Індонезії. Вона може бути перетворена в різні види палива шляхом піролізу. Піроліз – це процес хімічного розкладання біомаси за допомогою процесу нагрівання за високих температур, що відбувається за відсутності або невеликої кількості кисню. Метою даного дослідження є аналіз впливу типу біомаси на характеристики синтез-газу, біонафти та деревного вугілля, які отримують під час піролізу.

Синтез-газ, що складається з водню та монооксиду вуглецю, може використовуватися в якості сировини для хімічної промисловості на додаток до електроенергії, для виробництва метанолу, мурашиної кислоти та аміаку. Біонафта містить ряд хімічних сполук, які потенційно можуть бути використані в якості сировини для консервантів, антиоксидантів, дезінфікуючих засобів або біопестицидів. Деревне вугілля корисне як джерело енергії, активоване вугілля з більш високою економічною цінністю, таке як каталізатори, адсорбенти та суперконденсатори.

У даному дослідженні використовувався експериментальний метод. Біомасу отримують з рибних відходів, відходів таману та ряски. Спостережуваними параметрами були температура $400\text{--}500$ °C, тривалість 30 хвилин та 150 грамів біомаси для визначення тривалості полум'я синтез-газу та кількості біонафти та деревного вугілля. Синтез-газ, отриманий з ряски, має більш тривале випробування полум'ям з часом 126 секунд з синім полум'ям, в той час як синтез-газ з відходів таману дає червонувато-синє полум'я протягом 18 секунд. З іншого боку, результати біонафти, отриманої з рибних відходів, $19,1$ грама більше, ніж з ряски, $3,2$ грама. Найбільше деревного вугілля отримують з відходів таману вагою $141,9$ грама, найменше – з ряски вагою $27,7$ грама.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, біомаса, рибні відходи, відходи таману, ряска, піроліз, синтез-газ, біонафта, деревне вугілля, економічна цінність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.257104

ОЦІНКА ВПЛИВУ ФЕРОМАГНІТНИХ РІДИН НА НАФТОВІДДАЧУ БІТУМІНОЗНИХ ПІСКІВ (с. 47–52)

Habibov Ibrahim Abulfas, Sadigova Tarana Yusif, Abasova Sevinc Malik

У Азербайджані, крім природної нафти, є великі її запаси у вигляді бітумінозних порід. Найбільші запаси зосереджені у Балаханській частині гори Кірмакі, що складають понад 50 мільйонів тонн.

Для вилучення нафти з бітумінозних порід використовуються різні методи. У тому числі такі способи видобутку нафти з бітумінозних порід (БП) як кип'ятіння БП з водою без добавок та з добавками лужного типу; спосіб екстракції з використанням різних розчинників; термічний крекінг БП; метод флотації та надкритична флюїдна екстракція. Крім них також застосовують методи впливу на бітумінозні піски різними фізичними полями, одним з яких є використання феромагнітних рідин (ФМР).

Удосконаленням методу вилучення важких компонентів нафти з бітумінозних порід та екологічно чистою інноваційною технологією є застосування лугоактивного реагенту з наночастинками заліза.

Дослідження впливу магнітного поля напруженістю до 10 А/м на процес видобутку нафти з бітумінозних порід до та після використання феромагнітної рідини показало збільшення нафтовіддачі пластів на 7–8 % та 8–11 % відповідно. Подальше збільшення напруженості зовнішнього магнітного поля за максимального тісного зв'язку магнітного моменту з феромагнітними частинками нанометрових розмірів може призвести до появи додаткових дотичних напруг, викликаних гальмуванням поля обертання частинок, подальшого збільшення ефективної в'язкості колоїдного розчину. Для аналізу цього явища запропоновано чисельний метод визначення порогового значення напруженості магнітного поля, при якому досягається значення динамічної в'язкості магнітної рідини, що є межею для нафти з родовища, відповідною видобутку нафти з бітумінозних порід.

Ключові слова: бітумінозні піски, феромагнітна рідина, динамічна в'язкість, наночастинка, напруженість магнітного поля, нафтовіддача.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.260359

РЕАЛІЗАЦІЯ MgO/ЕПОКСИД НАНОКОМПОЗИТІВ ЯК ВОГНЕЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ (с. 53–57)

Noor Amer Hameed, Sura Jamal Abbas, Murtadah Thamer Jammal, Saad Qasim Abbas

Ця робота спрямована на приготування нанопорошку оксиду магнію MgO методом співосадження та приготування наноконкомпозитів шляхом змішування приготовленого нанопорошку MgO з епоксидною смолою у вагових відсотках (0,5, 1, 1,5, 2 та 2,5) з використанням ручного формування. Ці підготовлені хімічні матеріали додаються до багатьох споживчих товарів, щоб відповідати нормам пожежної безпеки та запобігти швидкому загорянню цих предметів. Якщо вогнезахисний матеріал або сусідній матеріал спалахнув, антипірен уповільнить горіння і часто запобігатиме поширенню вогню на інші предмети. Зокрема, деякі з цих хімічних речовин можуть накопичуватися в деталях електрообладнання, автомобілях, літаках та будівельних компонентах. Використання нетоксичних нанонаповнювачів у полімерах для досягнення вогнестійкості є життєздатним варіантом. Отриманий порошок має кубічну структуру, просторову групу і параметри елементарного осередку 4,2165 Å за даними рентгенофазового аналізу та з використанням програми індексування Dісcol 91. Розмір зерен приготовленого порошку, вимірний за рівнянням Шеррера, становив 12,4. СЕМ-мікрофотографія нанопорошку MgO, зроблена на сканувальному електронному мікроскопі, показала сферичну форму. Вплив MgO на вогнестійкість епоксидної смоли досліджували з використанням граничних кисневих індексів LOI, швидкості горіння RB та максимальної висоти полум'я HF. За результатами трьох стандартних випробувань найкращу вогнестійкість при сильному обсмугованні, що добре спучується, дає зразок з 2 мас. % нанопорошку MgO, який має найвище значення LOI 21,95, значення RB 1,65 см/см. хв і значення HF 5,44 см. Ці дані про використання нанопорошку MgO в якості антипірену були цінні і необхідні, оскільки вони показали, що нанопорошок MgO допомагає запобігти і уповільнити спалах епоксидної смоли, отже, захищаючи майно та рятуючи життя.

Ключові слова: антипірен, оксид магнію, наноконкомпозити, епоксидна смола, нанопорошок, метод осадження.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.259329

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТНИХ ЕЛЕКТРОХРОМНИХ ПЛІВОК НА ОСНОВІ Ni(OH)₂, ПОЛІВІНІЛОВОГО СПИРТУ І ПОЛІВІНІЛПІРРАЛІДОНУ (с. 58–65)

В. А. Коток, В. Л. Коваленко, М. Mikolasek, Р. Ondrejka, О. С. Зіма, І. М. Анатійчук, Д. В. Водолян, К. М. Сухий

Ціна електрохромних «розумних» вікон коливається в межах 200–800 USD/м². Висока вартість визначається малим обсягом виробництва та дорожчею вакуумних методів нанесення шарів пристрою. Розробка інших методів може призвести до зниження вартості та масового використання «розумних» вікон.

Представлено роботу з удосконалення електрохімічного методу нанесення електрохромних плівок на основі Ni(OH)₂. Нанесення композитних електрохромних плівок здійснювали з розчинів Ni(NO₃)₂ з додаванням водорозчинних полімерів – полівінілового спирту (ПВС), полівінілпіралідону (ПВП) та їх сумішей. В експериментах використовували дві марки ПВС та одну марку ПВП. В результаті було отримано 6 плівок з розчинів різних складів та концентрацій полімерів.

Дослідження оптичних властивостей плівок у початковому стані показало, що в них відсутнє інтенсивне поглинання світла у всьому видимому спектрі та пропускання відповідає скляній підкладці. Таким чином, сформовані електрохромні плівки не будуть давати відтінків і видимого поглинання світла в готовому електрохромному елементі.

Електрохімічні та електрохромні характеристики плівок значно відрізнялися залежно від кількості та конкретних використовуваних полімерів. Найбільш електрохімічно активною була плівка, отримана з розчину, що містить ПВС марки 24-99, при цьому найкращі електрохромні характеристики були у плівки, осажденної з розчину суміші ПВП марки 24-99 і ПВП. Більш того, плівки, отримані в розчинах, що містять окремо ПВС марки 24-99 і ПВП, мали електрохромні характеристики гірші, а електрохімічні характеристики такі ж або гірші у порівнянні з плівкою, отриманою з суміші полімерів.

Результати методу електрохімічної імпедансної спектроскопії показали відповідність знайденим електрохромним та електрохімічним характеристикам сформованих плівок.

Ключові слова: електрохромізм, гідроксид нікелю, полівініловий спирт, полівінілпіралідон, оптичні характеристики, електрохімічна імпедансна спектроскопія.