

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.211518

A STUDY OF LIGHT AMPLIFICATION AND DISPERSION BY SURFACE TENSION ON WATER DROPLET ABOVE TARO (COLOCASIA ESCULENTA) LEAF (p. 6–19)

Gatut Rubiono

Brawijaya University, Malang, Indonesia

PGRI University of Banyuwangi, Kabupaten Banyuwangi, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0343-2311>

Mega Nur Sasongko

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0275-6947>

Eko Siswanto

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1560-8073>

I Nyoman Gede Wardana

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3146-9517>

Hydrophobic characteristics are widely used in the development of new materials, especially to be applied to the surface coating of materials. This involves amplification of the light exposure on the hydrophobic surface for energy-efficient buildings and photovoltaic energy harvesting systems. The paper discusses the role super-hydrophobic nature of light dispersion falling on the water droplet of the taro leaf surface. Camera and video modes were used to get infrared ray images shot at the water droplet, in dark and bright spaces, with variations in the angle of rays incidence and the volume of droplet. The result shows that the waxy layer surface of the taro leaf has the main structure of alkanes/alkyne with active phenol and aldehydes groups, that peak in 2,648/cm. These active groups bind the atoms (free) of the leaf surface when the leaf surface is in normal conditions. The presence of water bubbles on the surface of the taro leaf causes air to be trapped in the cavity of the lump, forms a silvery layer, resulting in chemical reactions with Mg and K atoms, and dehydrogenation of hydrocarbons. These reactions form metal oxides and hydrogen gas. When the bubble is hit by light, the dispersion tends to strengthen at the light angle greater than 40°, due to the silvery coating of magnesium and potassium oxides and the activity of hydrogen gas, that lead to stronger surface tension and the electron mobility and strengthening water molecules bonds. The activities of these products accelerate atomic movement that amplifies the light energy into white light. This study is expected to be a consideration for the new hydrophobic materials design. Applications for surface coating that can amplify light irradiated on the super-hydrophobic surface are promising for energy-efficient buildings and photovoltaic energy harvesting.

Keywords: taro leaf, hydrophobic, light dispersion, surface chemical reaction, white light.

References

- Lepore, E., Pugno, N. (2011). Superhydrophobic Polystyrene by Direct Copy of a Lotus Leaf. *BioNanoScience*, 1 (4), 136–143. doi: <https://doi.org/10.1007/s12668-011-0017-2>
- Poinern, G. E., Thi-Le, Fawcett, D. (2011). Superhydrophobic nature of nanostructures on an indigenous Australian eucalyptus plant and its potential application. *Nanotechnology, Science and Applications*, 113. doi: <https://doi.org/10.2147/nsa.s24834>
- Barthlott, W., Neinhuis, C. (1997). Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Planta*, 202 (1), 1–8. doi: <https://doi.org/10.1007/s004250050096>
- Bhushan, B., Chae Jung, Y. (2007). Wetting study of patterned surfaces for superhydrophobicity. *Ultramicroscopy*, 107 (10–11), 1033–1041. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ultramic.2007.05.002>
- Zhang, Y., Wu, H., Yu, X., Chen, F., Wu, J. (2012). Microscopic Observations of the Lotus Leaf for Explaining the Outstanding Mechanical Properties. *Journal of Bionic Engineering*, 9 (1), 84–90. doi: [https://doi.org/10.1016/s1672-6529\(11\)60100-5](https://doi.org/10.1016/s1672-6529(11)60100-5)
- Koch, K., Barthlott, W. (2009). Superhydrophobic and superhydrophilic plant surfaces: an inspiration for biomimetic materials. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367 (1893), 1487–1509. doi: <https://doi.org/10.1098/rsta.2009.0022>
- Solga, A., Cerman, Z., Striffler, B. F., Spaeth, M., Barthlott, W. (2007). The dream of staying clean: Lotus and biomimetic surfaces. *Bioinspiration & Biomimetics*, 2 (4), S126–S134. doi: <https://doi.org/10.1088/1748-3182/2/4/s02>
- Singh, A., Suh, K.-Y. (2013). Biomimetic patterned surfaces for controllable friction in micro- and nanoscale devices. *Micro and Nano Systems Letters*, 1 (1), 6. doi: <https://doi.org/10.1186/2213-9621-1-6>
- Meng, L.-Y., Park, S.-J. (2014). Superhydrophobic carbon-based materials: a review of synthesis, structure, and applications. *Carbon Letters*, 15 (2), 89–104. doi: <https://doi.org/10.5714/cl.2014.15.2.089>
- Subhash Latthe, S., Basavraj Gurav, A., Shridhar Maruti, C., Shrikant Vhatkar, R. (2012). Recent Progress in Preparation of Superhydrophobic Surfaces: A Review. *Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology*, 02 (02), 76–94. doi: <https://doi.org/10.4236/jsemat.2012.22014>
- Pal, S. (2005). Molecular Dynamics Simulation of Water Near Structured Hydrophobic Surfaces. *International University Bremen*, 138.
- Law, K. (2018). Highly Wettable Slippery Surfaces: Self-cleaning Effect and Mechanism. *Int. Journ. Wettability Sci. Technol.*, 1, 31–45.
- Kumar, M., Bhardwaj, R. (2020). Wetting characteristics of *Colocasia esculenta* (Taro) leaf and a bioinspired surface thereof. *Scientific Reports*, 10 (1). doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57410-2>
- Negara, K., Wardana, I., Widhiyanuriyawan, D., Hamidi, N. (2018). Harvesting Energi Pada Permukaan Daun *Colocasia esculenta* L. Dengan Water Droplet. *Prosiding Konferensi Nasional Engineering Perhotelan IX*, 189–194.
- Negara, K. M. T., Wardana, I. N. G., Widhiyanuriyawan, D., Hamidi, N. (2019). The Role of the Slope on Taro Leaf Surface to Produce Electrical Energy. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 494, 012084. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/494/1/012084>
- E, J., Jin, Y., Deng, Y., Zuo, W., Zhao, X., Han, D. et. al. (2017). Wetting Models and Working Mechanisms of Typical Surfaces Existing in Nature and Their Application on Superhydrophobic Surfaces: A Review. *Advanced Materials Interfaces*, 5 (1), 1701052. doi: <https://doi.org/10.1002/admi.201701052>
- Pathak, S. (2017). Parameter Selection from Contact Angle Analysis for the Production of Nature Inspired Self Cleaning Taro Leaf Mimic Glass Surface for Automobile Windscreen. *Int. J. Mech. Ind. Technol.*, 4 (2), 67–71.
- Sutar Rajaram, S. et. al. (2018). Bio-inspired Superhydrophobic and Icephobic Surfaces: A Short Review. *Int. J. of Life Sci.*, A10, 177–180.
- Mahalakshmi, P., Vanithakumari, S., Gopal, J., Mudali, U., Raj, B. (2011). Enhancing Corrosion and Biofouling Resistance Through Superhydrophobic Surface Modification. *Res. Artic. Curr. Sci.*, 101 (10), 1328–1336. Available at: <https://www.jstor.org/stable/24079640>

20. Ramaratnam, K., Iyer, S. K., Kinnan, M. K., Chumanov, G., Brown, P. J., Luzinov, I. (2008). Ultrahydrophobic Textiles Using Nanoparticles: Lotus Approach. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 3 (4), 155892500800300. doi: <https://doi.org/10.1177/155892500800300402>
21. Muzenski, S., Flores-Vivian, I., Sobolev, K. (2014). The Development of Hydrophobic and Superhydrophobic Cementitious Composites. *Proceedings of the 4th International Conference on the Durability of Concrete Structures*. doi: <https://doi.org/10.5703/1288284315484>
22. Hemnath, A., Sebastiraj, E. (2014). An Overview of Effect of Lotus Effect on the Automotive Windshield using Titanium Oxide. *Chemical Science Review and Letter*, 2 (6), 487–490.
23. Gonzalez, M., Safiuddin, M., Cao, J., Tighe, S. (2016). Sound Absorption and Friction Properties of Nano-Lotus Leaf Coated Concrete for Rigid Pavement. *Materials Science*, 22 (3). doi: <https://doi.org/10.5755/j01.ms.22.3.7638>
24. Schneider, J., Egatz-Gómez, A., Melle, S., Lindsay, S., Domínguez-García, P., Rubio, M. A. et. al. (2008). Motion of viscous drops on superhydrophobic surfaces due to magnetic gradients. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 323 (1-3), 19–27. doi: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2007.10.011>
25. Danikas, M., Ramnalis, P., Sarathi, R. (2009). A Study Of The Behaviour Of water Droplets On Polymeric Surfaces Under The Influence Of Electric Fields In An Inclined Test Arrangement. *Journal of Electrical Engineering*, 60 (2), 94–99.
26. Feng, J.-T., Wang, F.-C., Zhao, Y.-P. (2009). Electrowetting on a lotus leaf. *Biomicrofluidics*, 3 (2), 022406. doi: <https://doi.org/10.1063/1.3124822>
27. Nasri, N. S., Ahmed, M. M., Mohd Noor, N., Mohammed, J., Hamza, U. D., Mohd Zain, H. (2014). Hydrophobicity Characterization of Bio-Wax Derived from Taro Leaf for Surface Coating Applications. *Advanced Materials Research*, 1043, 184–188. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.1043.184>
28. Subagyo, R., Wardana, I. N. G., Widodo, A., Siswanto, E. (2017). The Mechanism of Hydrogen Bubble Formation Caused by the Super Hydrophobic Characteristic of Taro Leaves. *International Review of Mechanical Engineering (IREME)*, 11 (2), 95. doi: <https://doi.org/10.15866/ireme.v11i2.10621>
29. Acebuche, M., Alvarez, M. (2019). Hydrophobic Paper from the Wax of *Colocasia esculenta* (Taro) Leaf and Chitin from Crab Shell. *International Journal of Research Publications*, 30 (1), 1–9.
30. Kalita, A., Talukdar, N. (2018). *Colocasia Esculenta* (L.) Leaf Bio-Wax As A Hydrophobic Surface Coating Substance For Paper For Preparing Hydrophobic Paper Bags. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 8 (2), 583–590.
31. Latthe, S., Terashima, C., Nakata, K., Fujishima, A. (2014). Superhydrophobic Surfaces Developed by Mimicking Hierarchical Surface Morphology of Lotus Leaf. *Molecules*, 19 (4), 4256–4283. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules19044256>
32. Huang, Z., Cai, C., Shi, X., Li, T., Huttula, M., Cao, W. (2016). Leaf-mimicking polymers for hydrophobicity and high transmission haze. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 66 (4), 444. doi: <https://doi.org/10.3176/proc.2017.4.24>
33. Wagner, P., Fürstner, R., Barthlott, W., Neinhuis, C. (2003). Quantitative assessment to the structural basis of water repellency in natural and technical surfaces. *Journal of Experimental Botany*, 54 (385), 1295–1303. doi: <https://doi.org/10.1093/jxb/erg127>
34. Lamour, G., Hamraoui, A., Buvailo, A., Xing, Y., Keuleyan, S., Prakash, V. et. al. (2010). Contact Angle Measurements Using a Simplified Experimental Setup. *Journal of Chemical Education*, 87 (12), 1403–1407. doi: <https://doi.org/10.1021/ed100468u>
35. Pasquini, C. (2003). Near Infrared Spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 14 (2), 198–219. doi: <https://doi.org/10.1590/s0103-50532003000200006>
36. Lorber, B., Fischer, F., Bailly, M., Roy, H., Kern, D. (2012). Protein analysis by dynamic light scattering: Methods and techniques for students. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 40 (6), 372–382. doi: <https://doi.org/10.1002/bmb.20644>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.211495

DEVELOPMENT OF A FORMULATION FOR LIGHT STABILIZERS TO PROTECT DYED COTTON KNITTED FABRICS AGAINST LIGHT (p. 20–32)

Olga Semeshko

Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine, 73008
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8309-5273>

Yulia Saribeykova

Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine, 73008
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6430-6509>

Tatyana Asaulyuk

Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine, 73008
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5961-6895>

Nataliia Skalozubova

Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine, 73008
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6048-4068>

Sergey Myasnikov

Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine, 73008
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3147-2436>

Mathematical planning of the experiment was used to develop a formulation for light stabilizers to improve the lightfastness of cotton knitwear coloration, dyed with active dyes, in order to produce comfortable and high-quality knitted clothes. The variance and factor analyses of the experiment's results were performed, which was carried out according to the scheme of the Latin cube of the first order involving the variation of factors – the type of light stabilizers and their concentration.

The technological mode of application of light stabilizers implied the impregnation of knitted fabric, drying, and thermal fixation of the material. For the dyed knitwear samples, we have investigated the individual influence of light stabilizers on changing the color of the dyed knitted fabric and the kinetics of coloration photodegradation. The samples were insolated using the device with mercury-tungsten lamp RF 1201 BS (“REFOND”, China). Following the treatment and insolation, the general color differences of knitwear samples were determined in comparison with the non-treated material, using the TCR-200 colorimeter (“PCE Instruments”, Germany).

The effectiveness of the developed formulation for light stabilizers was confirmed in the study of the lightfastness of knitted fabrics such as pique weave, 1+1 eraser, smooth surface, dyed with active dyes of the brand Bezaktiv (“CHT Bezema”, Czech Republic). The result of our study is the developed formulation of light stabilizers consisting of 2,4-dihydroxy benzophenone, a UV-absorber, and hydroquinone, an antioxidant, at concentrations of 2 and 1 % of the material weight, respectively, which ensures an increase in the lightfastness of cotton knitwear coloration by 52.9 66.8 % regardless of weave and active dye.

Keywords: cotton knitwear, active dye, color differences, photodegradation kinetics, UV-absorber, antioxidant.

References

1. World production of all fiber rises in 2018, natural fibers on the rise. Available at: <https://www.fashionatingworld.com/new1-2/world-production-of-all-fiber-rises-in-2018-natural-fibers-on-the-rise>

2. Natural Fibres and the World Economy July 2019. Available at: https://dnfi.org/coir/natural-fibres-and-the-world-economy-july-2019_18043
3. Uddin, F. (2019). Introductory Chapter: Textile Manufacturing Processes. *Textile Manufacturing Processes*. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.87968>
4. Knitted Fabric Market Size, Share & Trends Report. Knitted Fabric Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Weft-knit, Warp-knit), By Application (Technical, Household), By Region, And Segment Forecasts, 2019-2025. Available at: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/knitted-fabric-market>
5. Analitichni materialy haluzi lehkoi promyslovosti. Available at: <https://ukrlegprom.org/ua/analytics>
6. Zimina, N. K., Dziubak, N. O., Cherniak, L. V. (2002). *Tovarnoznavstvo trykotazhnykh tovariv*. Kyiv: KNTU, 159.
7. Global'niy solnechniy ul'traioletoviy indeks (UFI). Available at: <http://zmdosie.ru/likbez/chelovek/2532-globalnyj-solnechnyj-ultraioletovij-indeks-ufi>
8. Solnechnaya energiya. Available at: <http://www.rea.org.ua/dieret/Solar/solar.html>
9. Krichevskiy, G. E. (1986). *Fotohimicheskie prevrashcheniya krasiteley i svetostabilizatsiya okrashennykh materialov*. Moscow: Himiya, 248.
10. Batchelor, S. N., Carr, D., Coleman, C. E., Fairclough, L., Jarvis, A. (2003). The photofading mechanism of commercial reactive dyes on cotton. *Dyes and Pigments*, 59 (3), 269–275. doi: [https://doi.org/10.1016/s0143-7208\(03\)00118-9](https://doi.org/10.1016/s0143-7208(03)00118-9)
11. Latif, Z., Liu, F., Wen, S., Long, S., Xiao, X.-Y., Lin, L.-N., Cai, Y.-J. (2015). Effect of Cationic UV Absorber on Light Fastness Property of Reactive Dye. *Proceedings of the 2015 International Conference on Material Science and Applications*. doi: <https://doi.org/10.2991/icmsa-15.2015.103>
12. Thiagarajan, P., Nalankilli, G. (2010). A review on light fastness of reactive and other classes of dyes on cotton material. *Colourage*, 57, 47–52.
13. Thiagarajan, P., Nalankilli, G. (2013). Improving light fastness of reactive dyed cotton fabric with antioxidant and UV absorbers. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 38, 161–164.
14. Ibrahim, N. A., Gouda, M., Husseiny, S. M., El-Gamal, A. R., Mahrous, F. (2009). UV-protecting and antibacterial finishing of cotton knits. *Journal of Applied Polymer Science*, 112 (6), 3589–3596. doi: <https://doi.org/10.1002/app.29669>
15. Wong, W.-Y., Lam, J. K.-C., Kan, C.-W., Postle, R. (2016). Ultraviolet protection of weft-knitted fabrics. *Textile Progress*, 48 (1), 1–54. doi: <https://doi.org/10.1080/00405167.2015.1126952>
16. Melchiorre Di Crescenzo, M., Zendri, E., Sánchez-Pons, M., Fuster-López, L., Yusá-Marco, D. J. (2014). The use of waterborne paints in contemporary murals: Comparing the stability of vinyl, acrylic and styrene-acrylic formulations to outdoor weathering conditions. *Polymer Degradation and Stability*, 107, 285–293. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2013.12.034>
17. Zaharchenko, A. S., Aleshina, A. A., Kozlova, O. V. (2012). Izuchenie svoystv plenkoobrazuyushchih polimerov, ispol'zuemykh v otdelke tekstil'nykh materialov. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Himiya i himicheskaya tekhnologiya*, 55 (3), 87–91.
18. Verdu, J. (1994). Effect of Aging on the Mechanical Properties of Polymeric Materials. *Journal of Macromolecular Science, Part A*, 31 (10), 1383–1398. doi: <https://doi.org/10.1080/10601329409350099>
19. Kolontarov, I. Ya. (1985). *Ustoychivost' okrasok tekstil'nykh materialov k fiziko-himicheskim vozdeystviyam*. Moscow: Legprombytzdat, 200.
20. Ibrahim, N. A., El-Hossamy, M., Morsy, M. S., Eid, B. M. (2004). Development of new eco-friendly options for cotton wet processing. *Journal of Applied Polymer Science*, 93 (4), 1825–1836. doi: <https://doi.org/10.1002/app.20500>
21. Chakraborty, J. N., Sharma, V., Gautam, P. (2014). Enhancing UV protection of cotton through application of novel UV absorbers. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 9 (1).
22. Mavrić, Z., Tomšič, B., Simončič, B. (2018). Recent advances in the ultraviolet protection finishing of textiles. *TEKSTILEC*, 61 (3), 201–220. doi: <https://doi.org/10.14502/tekstilec2018.61.201-220>
23. Das, B. R., Ishtiaque, S. M., Rengasamy, R. S., Hati, S., Kumar, A. (2010). Ultraviolet Absorbers for Textiles. *Research Journal of Textile and Apparel*, 14 (1), 42–52. doi: <https://doi.org/10.1108/rjta-14-01-2010-b005>
24. Sivakumar, A., Murugan, R., Sundaresan, K., Periyasamy, S. (2013). UV protection and self-cleaning finish for cotton fabric using metal oxide nanoparticles. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 38 (3), 285–292.
25. El-Naggar, M. E., Shaheen, T. I., Zaghloul, S., El-Rafie, M. H., Hebeish, A. (2016). Antibacterial Activities and UV Protection of the in Situ Synthesized Titanium Oxide Nanoparticles on Cotton Fabrics. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 55 (10), 2661–2668. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5b04315>
26. El-Shafei, A., Abou-Okeil, A. (2011). ZnO/carboxymethyl chitosan bionano-composite to impart antibacterial and UV protection for cotton fabric. *Carbohydrate Polymers*, 83 (2), 920–925. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.08.083>
27. Ruban, A. V. (2016). Nonphotochemical Chlorophyll Fluorescence Quenching: Mechanism and Effectiveness in Protecting Plants from Photodamage. *Plant Physiology*, 170 (4), 1903–1916. doi: <https://doi.org/10.1104/pp.15.01935>
28. Holzmeister, P., Gietl, A., Tinnefeld, P. (2014). Geminate Recombination as a Photoprotection Mechanism for Fluorescent Dyes. *Angewandte Chemie International Edition*, 53 (22), 5685–5688. doi: <https://doi.org/10.1002/anie.201310300>
29. Crews, P. C., Clark, D. J. (1990). Evaluating UV Absorbers and Antioxidants for Topical Treatment of Upholstery Fabrics. *Textile Research Journal*, 60 (3), 172–179. doi: <https://doi.org/10.1177/004051759006000309>
30. Rather, L. J., Shabbir, M., Li, Q., Mohammad, F. (2019). Coloration, UV Protective, and Antioxidant Finishing of Wool Fabric Via Natural Dye Extracts: Cleaner Production of Bioactive Textiles. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38 (5), 13187. doi: <https://doi.org/10.1002/ep.13187>
31. Semeshko, O. Ya., Asulyuk, T. S., Saribyeikova, Yu. G. (2020). Investigation of the influence of light stabilizers on the lightfastness of cotton knit fabric dyed with reactive dyes. *Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design*, 2 (144), 33–44. doi: <http://doi.org/10.30857/1813-6796.2020.2.3>
32. Ahnazarova, S. L., Kafarov, V. V. (1978). *Optimizatsiya eksperimenta v himii i himicheskoy tekhnologii*. Moscow: Vysshaya shkola, 320.
33. Adler, Yu. P., Markova, E. V., Granovskiy, Yu. V. (1976). *Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh usloviy*. Moscow: Nauka, 280.
34. Wardle, B. (2009). *Principles and Applications of Photochemistry*. John Wiley & Sons, Ltd., 264.
35. Morisawa, Y., Dyakov, Y. A., Tseng, C.-M., Lee, Y. T., Ni, C.-K. (2009). Photodissociation Dynamics of 2,5-Dihydroxyacetophenone. *The Journal of Physical Chemistry A*, 113 (1), 97–102. doi: <https://doi.org/10.1021/jp806446z>
36. Nishiya, T., Yamauchi, S., Hirota, N., Baba, M., Hanazaki, I. (1986). Fluorescence studies of intramolecularly hydrogen-bonded o-hydroxyacetophenone, salicylamide, and related molecules. *The Journal of Physical Chemistry*, 90 (22), 5730–5735. doi: <https://doi.org/10.1021/j100280a053>
37. Thiagarajana, P., Nalankilib, G. (2014). Effect of combined application ultraviolet absorber and antioxidant on light fastness of reactive dyed cotton fabric. *Science International*, 26 (1), 253–256.

38. Newland, G. C., Tamblin, J. W. (1964). Mechanism of ultraviolet stabilization of polymers by aromatic salicylates. *Journal of Applied Polymer Science*, 8 (5), 1949–1956. doi: <https://doi.org/10.1002/app.1964.070080503>
39. Carey, F. A., Sundberg, R. J. (2000). *Advanced Organic Chemistry: Part A: Structure and Mechanisms*. Springer, 822. doi: <https://doi.org/10.1007/b114222>
40. Rappoport, Z. (Ed.) (2003). *The Chemistry of Phenols*. John Wiley & Sons. doi: <https://doi.org/10.1002/0470857277>
41. Veliká, B., Kron, I. (2013). Antioxidant properties of phenols against superoxide radicals. *Monatshefte Für Chemie - Chemical Monthly*, 144 (9), 1287–1290. doi: <https://doi.org/10.1007/s00706-013-1008-5>
42. Viglianisi, C., Menichetti, S., Morelli, P., Baschieri, A., Amorati, R. (2018). From catechol-tocopherol to catechol-hydroquinone polyphenolic antioxidant hybrids. *Heteroatom Chemistry*, 29 (5-6), e21466. doi: <https://doi.org/10.1002/hc.21466>
43. Kislytsina, M. N., Borisova, G. G. (2015). Vliyanie ekzogenykh difenolov na morfologicheskie harakteristiki vodnykh makrofitov. Rasteniya v usloviyah global'nykh i lokal'nykh prirodno-klimaticheskikh i antropogenykh vozdeystviy: tezisy dokladov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN, 254.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214507

CHEMICAL CELLULOSE-BASED FIBERS OF DECREASED FLAMMABILITY (p. 33–39)

Natalia Korovnikova

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7977-2112>

Oleksandr Dubyna

Kharkiv National Agrarian University named after V. V. Dokuchaev, Kharkiv dist., Kharkiv reg., Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8375-8439>

Volodymyr Oliinik

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5193-1775>

Yana Svishchova

Kharkiv National Agrarian University named after V. V. Dokuchaev, Kharkiv dist., Kharkiv reg., Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5358-8624>

The studies reported here have made it possible to determine the optimal ways of fire protection, in which the samples of modified complexite have reduced flammability. The sample with the ions of molybdenum (VI), treated with phosphoric acid, had the highest magnitude of oxygen index among five modified samples of the fiber. This is the most fire-protected sample, which contains three types of flame retardants: nitrogen (amidoxime groups of complexite), phosphorus (treatment with phosphoric acid) and molybdenum (VI). The obtained data indicate the chemical interaction of flame retardant with complexite.

The morphology of fibers and the process of their destruction are influenced by the introduction of flame retardants. Scanning electronic microphotographs show the existence of a morphological change of the surface at modification of the complexite samples with flame retardant. The introduction of flame retardant into complexite affects the process of thermal destruction of the samples in the air and argon media. At the same time, the introduction of molybdenum (VI) significantly reduces the thermal stability of fibers. It is likely that processes of thermal destruction can be catalyzed by metals both in the air medium and in the argon medium. The magnitudes of order of reaction of thermal decomposition at the transition from a fiber sample treated only with acids to the samples of complexite containing molybdenum (VI) decreases up to 0.38. At the same time,

the values of activation energies E , kcal/mol, and the enthalpy of the process of thermal destruction of complexite ΔH , kcal/mole also decrease. The mechanical properties of fibers at the introduction of flame retardants into the fiber composition change insignificantly. Depending on the composition of flame retardants, rupture load decreases by 6–11 %, lengthening of the samples decreases by 6–16 %.

Thus, there are some grounds to suggest that it is possible to create fibrous materials based on cellulose with predetermined properties of reduced flammability.

Keywords: fire protection of cellulose fiber, flame retardants, thermal destruction, scanning electron microscopy.

References

1. Salmeia, K., Gaan, S., Malucelli, G. (2016). Recent Advances for Flame Retardancy of Textiles Based on Phosphorus Chemistry. *Polymers*, 8 (9), 319. doi: <https://doi.org/10.3390/polym8090319>
2. Besshaposnikova, V., Mikryukova, O., Zagoruiko, M., Shteinle, V. (2018). Research of fire-protective modification influence on the structure and properties of blended fabrics. *Materialy i tehnologii*, 1 (1), 37–42. doi: <http://doi.org/10.24411/2617-1503-2018-11007>
3. Syrбу, S. A., Burmistrov, V. A., Samoiloв, D. B., Salikhova, A. H. (2011). Development fire proof composition for textile materials. *Tehnologii tehnosfernoy bezopasnosti*, 5 (39), 1–7.
4. Khaidarov, I., Ismailov, R. (2020). The study of fire resistance of cellulose materials physically modified with flame retardant suspensions. *Universum: Tehnicheskie nauki*, 6 (75).
5. Korovnikova, N. I., Oliynik, V. V. (2015). Ways to give Fire resistant cellulose-based fibers. *Problemy pozharnoy bezopasnosti*, 37, 116–119. Available at: https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol37/Ppb_2015_37_22.pdf
6. Korovnikova, N. I., Oliynik, V. V. (2016). Reducing fire hazards fibers based on cellulose and polyacrylonitrile. *Problemy pozharnoy bezopasnosti*, 40, 108–111. Available at: <https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol40/korovnikova.pdf>
7. Laoutid, F., Bonnaud, L., Alexandre, M., Lopez-Cuesta, J.-M., Dubois, P. (2009). New prospects in flame retardant polymer materials: From fundamentals to nanocomposites. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 63 (3), 100–125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mser.2008.09.002>
8. Horrocks, A., Eivazi, S., Ayes, M., Kandola, B. (2018). Environmentally Sustainable Flame Retardant Surface Treatments for Textiles: The Potential of a Novel Atmospheric Plasma/UV Laser Technology. *Fibers*, 6 (2), 31. doi: <https://doi.org/10.3390/fib6020031>
9. Liu, Y., Pan, Y.-T., Wang, X., Acua, P., Zhu, P., Wagenknecht, U. et al. (2016). Effect of phosphorus-containing inorganic–organic hybrid coating on the flammability of cotton fabrics: Synthesis, characterization and flammability. *Chemical Engineering Journal*, 294, 167–175. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.02.080>
10. Abou-Okeil, A., El-Sawy, S. M., Abdel-Mohdy, F. A. (2013). Flame retardant cotton fabrics treated with organophosphorus polymer. *Carbohydrate Polymers*, 92 (2), 2293–2298. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.12.008>
11. Carosio, F., Alongi, J., Malucelli, G. (2012). Layer by Layer ammonium polyphosphate-based coatings for flame retardancy of polyester–cotton blends. *Carbohydrate Polymers*, 88 (4), 1460–1469. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.02.049>
12. Castrejón-Flores, J. L., Reyna-Luna, J., Flores-Martínez, Y. M., García-Ventura, M. I., Zamudio-Medina, A., Franco-Pérez, M. (2020). Characterizing the thermal degradation mechanism of two bisphosphoramidates by TGA, DSC, mass spectrometry and first-principle theoretical protocols. *Journal of Molecular Structure*, 1221, 128781. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.128781>
13. Zhao, P., Li, X., Zhang, M., Liu, S., Liang, W., Liu, Y. (2014). Highly flame-retarding cotton fabrics with a novel phosphorus/nitrogen in-

- tumescent flame retardant. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 31 (9), 1592–1597. doi: <https://doi.org/10.1007/s11814-014-0095-2>
14. Korovnikova, N. I., Olyinik, V. V. (2014). Fire-retardant properties of fibrous materials based on cellulose. *Problemy požarnoy bezopasnosti*, 35, 122–126. Available at: https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol35/korovnikova_olejnik.pdf
 15. Korovnikova, N., Dubyna, O. (2017). Research into complexing properties of polyacrylonitrile complexite in the mixtures of water-dioxane. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (6 (89)), 63–69. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110135>
 16. Korovnikova, N., Dubyna, O., Oliinik, V. (2019). Features of complex formation of a fibrous complexite with nickel ions in water–dioxane mixtures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (98)), 15–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.162359>
 17. Miroshnik, L. V., Korovnikova, N. I., Shabadash, Y. V. (2006). Stability of copper(II) complexes with cellulose complexite in water-dioxane mixtures. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 51 (4), 649–655. doi: <https://doi.org/10.1134/s0036023606040255>
 18. Silva-Santos, M. C., Oliveira, M. S., Giacomin, A. M., Laktim, M. C., Baruque-Ramos, J. (2017). Flammability on textile of business uniforms: use of natural fibers. *Procedia Engineering*, 200, 148–154. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.022>
 19. Piloyan, G. O., Bortnikov, N. S., Boeva, N. M. (2013). The Determination of Surface Thermodynamic Properties of Nanoparticles by Thermal Analysis. *Journal of Modern Physics*, 04 (07), 16–21. doi: <https://doi.org/10.4236/jmp.2013.47a2003>
 20. Meraldi, J., Aubry, J., Cizek, V., Ribiere, J., Schneider, A. (2000). Pat. No. US-0544249. Cellulose fibers with improved elongation at break, and methods for producing same. Available at: <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchPatent.do?cn=USP2001076261689&dbt=USPA>

DOI: [10.15587/1729-4061.2020.213226](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.213226)

PREPARATION AND REGULATION OF STRUCTURAL-MECHANICAL PROPERTIES OF BIODEGRADABLE FILMS BASED ON STARCH AND AGAR (p. 40–48)

Sagdat Tazhibayeva

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3300-3235>

Bakyt Tyussyupova

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6149-2326>

Aigerim Yermagambetova

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5824-5535>

Azymbek Kokanbayev

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7446-2641>

Kuanyszbek Musabekov

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1114-1901>

The problem of recycling polymer waste is one of the most actual problems. One way to solve this problem is to create biodegradable food packaging. By mixing solutions of starch and agar at different mass ratios of polymers in the presence of glycerol, biodegradable films are obtained. Their structural and mechanical characteristics are determined. It is shown that the values of strength, modulus of elasticity and puncture resistance of films are maximal at the mass ratio of agar/starch 7-9. A comparison of the roughness of the films obtained from starch, agar and their mixture showed that the greatest roughness is possessed by films based on

starch. The introduction of agar into the films of starch leads to a significant reduction in their roughness.

To regulate the structural and mechanical properties of films, it is proposed to use Ca and Mg salts. The influence of Ca²⁺ and Mg²⁺ ions on the strength and deformation characteristics of biofilms was studied. It is shown that Ca²⁺ ions monotonically increase the strength characteristics of starch-agar films, while the curves of changes in these parameters in the presence of Mg²⁺ ions have maxima at a concentration of 0.5 %. The difference in the effect of Ca²⁺ and Mg²⁺ ions on the structural and mechanical properties of films is explained by the hydration degree of these ions.

The biodegradability of starch-agar films was controlled by changing their IR spectra. The most significant changes are observed in the intensity and localization of peaks corresponding to O-H, C-H and C-C bonds, which can be evidence of changes in the structure of films due to the destruction of the grid of hydrogen bonds and hydrophobic interactions, as well as the break of hydrocarbon chains and the destruction of the skeleton of carbohydrate molecules.

Keywords: biodegradable films, starch, agar, structure formation, mechanical properties, puncture resistance.

References

1. Nur Hanani, Z. A., Roos, Y. H., Kerry, J. P. (2014). Use and application of gelatin as potential biodegradable packaging materials for food products. *International Journal of Biological Macromolecules*, 71, 94–102. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.04.027>
2. González, A., Alvarez Igarzabal, C. I. (2013). Soy protein – Poly (lactic acid) bilayer films as biodegradable material for active food packaging. *Food Hydrocolloids*, 33 (2), 289–296. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.03.010>
3. Arnon, H., Granit, R., Porat, R., Poverenov, E. (2015). Development of polysaccharides-based edible coatings for citrus fruits: A layer-by-layer approach. *Food Chemistry*, 166, 465–472. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.061>
4. Hosseini, S. F., Rezaei, M., Zandi, M., Farahmandghavi, F. (2016). Development of bioactive fish gelatin/chitosan nanoparticles composite films with antimicrobial properties. *Food Chemistry*, 194, 1266–1274. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.004>
5. Wu, Y., Luo, X., Li, W., Song, R., Li, J., Li, Y. et al. (2016). Green and biodegradable composite films with novel antimicrobial performance based on cellulose. *Food Chemistry*, 197, 250–256. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.127>
6. Min, T., Zhu, Z., Sun, X., Yuan, Z., Zha, J., Wen, Y. (2020). Highly efficient antifogging and antibacterial food packaging film fabricated by novel quaternary ammonium chitosan composite. *Food Chemistry*, 308, 125682. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125682>
7. Kanmani, P., Rhim, J.-W. (2014). Physicochemical properties of gelatin/silver nanoparticle antimicrobial composite films. *Food Chemistry*, 148, 162–169. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.047>
8. Ghasemlou, M., Khodaiyan, F., Oromiehie, A., Yarmand, M. S. (2011). Development and characterisation of a new biodegradable edible film made from kefir, an exopolysaccharide obtained from kefir grains. *Food Chemistry*, 127 (4), 1496–1502. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.02.003>
9. Razavi, S. M. A., Mohammad Amini, A., Zahedi, Y. (2015). Characterisation of a new biodegradable edible film based on sage seed gum: Influence of plasticiser type and concentration. *Food Hydrocolloids*, 43, 290–298. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.05.028>
10. Pellá, M. C. G., Silva, O. A., Pellá, M. G., Beneton, A. G., Caetano, J., Simões, M. R., Dragunski, D. C. (2020). Effect of gelatin and casein additions on starch edible biodegradable films for fruit surface coating. *Food Chemistry*, 309, 125764. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125764>

11. Fan, J., Cao, Y., Li, T., Li, J., Qian, X., Shen, J. (2015). Unmodified Starch Granules for Strengthening Mineral-Filled Cellulosic Fiber Networks Promoted by Starch Pretreatment with a Cationic Polymer Flocculant in Combination with the Use of an Anionic Microparticulate Material. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 3 (8), 1866–1872. doi: <https://doi.org/10.1021/acsschemeng.5b00469>
12. Gómez-Aldapa, C. A., Velazquez, G., Gutierrez, M. C., Rangel-Vargas, E., Castro-Rosas, J., Aguirre-Loredo, R. Y. (2020). Effect of polyvinyl alcohol on the physicochemical properties of biodegradable starch films. *Materials Chemistry and Physics*, 239, 122027. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.122027>
13. Ezeoha, S. L. (2013). Production of Biodegradable Plastic Packaging Film from Cassava Starch. *IOSR Journal of Engineering*, 3 (10), 14–20. doi: <https://doi.org/10.9790/3021-031051420>
14. Shahabi-Ghahfarrokhi, I., Goudarzi, V., Babaei-Ghazvini, A. (2019). Production of starch based biopolymer by green photochemical reaction at different UV region as a food packaging material: Physicochemical characterization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 122, 201–209. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.154>
15. Avérous, L., Pollet, E. (2013). Macro-, Micro-, and Nanocomposites Based on Biodegradable Polymers. *Handbook of Biopolymer-Based Materials*, 173–210. doi: <https://doi.org/10.1002/9783527652457.ch7>
16. Leach, S. J. (2012). *Physical Principles and Techniques of Protein Chemistry Part C (Molecular biology; an international series of monographs and textbooks)*. Academic Press, 623.
17. Imeson, A. (2009). Agar. *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*, 31–49. doi: <https://doi.org/10.1002/9781444314724.ch3>
18. Argüello-García, E., Solorza-Feria, J., Rendón-Villalobos, J. R., Rodríguez-González, F., Jiménez-Pérez, A., Flores-Huicochea, E. (2014). Properties of Edible Films Based on Oxidized Starch and Zein. *International Journal of Polymer Science*, 2014, 1–9. doi: <https://doi.org/10.1155/2014/292404>
19. Elgabarty, H., Kampfrath, T., Bonthuis, D. J., Balos, V., Kaliannan, N. K., Loche, P. et al. (2020). Energy transfer within the hydrogen bonding network of water following resonant terahertz excitation. *Science Advances*, 6 (17), eaay7074. doi: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aay7074>
20. Kralova, I., Sjöblom, J. (2009). Surfactants Used in Food Industry: A Review. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 30 (9), 1363–1383. doi: <https://doi.org/10.1080/01932690902735561>
21. Pasternak, K., Kocot, J., Horecka, A. (2010). Biochemistry of magnesium. *Journal of Elementology*, 15 (3), 601–616. doi: <https://doi.org/10.5601/jelem.2010.15.3.601-616>
22. Moscovici, M. (2015). Present and future medical applications of microbial exopolysaccharides. *Frontiers in Microbiology*, 6. doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01012>

DOI: [10.15587/1729-4061.2020.214810](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.214810)

IDENTIFYING THE INFLUENCE OF THE POLYMER MATRIX TYPE ON THE STRUCTURE FORMATION OF MICROCOMPOSITES WHEN THEY ARE FILLED WITH COPPER PARTICLES (p. 49–57)

Roman Dinzhos

Mykolaiv V. O. Sukhomlynskyi National University, Mykolaiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1105-2642>

Natalia Fialko

Institute of Engineering Thermophysics
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0116-7673>

Viktor Prokopov

Institute of Engineering Thermophysics
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9026-8742>

Yuliy Sherenkovskiy

Institute of Engineering Thermophysics
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1765-7319>

Natalia Meranova

Institute of Engineering Thermophysics
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7223-8753>

Neli Koseva

Institute of Polymers of the Bulgarian Academy of Sciences,
Sofia, Bulgaria
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8445-8953>

Vladimir Korzhik

E. O. Paton Electric Welding Institute
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9106-8593>

Alexander Parkhomenko

Mykolaiv V. O. Sukhomlynskyi National University, Mykolaiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7940-7414>

Natalia Zhuravskaya

Kyiv National University of Construction
and Architecture, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4657-0493>

Studies were carried out to establish the mechanisms of structure formation during crystallization of polymer composites based on polyethylene, polypropylene or polycarbonate filled with copper microparticles. The researches were executed using a technique, the first stage of which consisted in the experimental determination of crystallization exotherms of composites, and the second – in the theoretical analysis based on the obtained exotherms of the structure formation characteristics. A complex of studies on determination of crystallization exotherms for investigated microcomposites was carried out. The regularities of the cooling rate influence of composites, the method of their production and the mass fraction of filler on the temperature level of the beginning and ending of crystallization, the maximum value of the reduced heat flux, etc. were established. It is shown that for the applied methods of obtaining composites the increase of their cooling rate causes the decrease of the indicated temperatures and heat flux. It is established that the value of the mass fraction of the filler has a less significant effect on the characteristics of the crystallization process.

The regularities of structure formation of polymer composites at the initial stage of crystallization with the involvement of data on crystallization exotherms and nucleation equations are investigated. The presence of planar and three-dimensional mechanisms of structure formation at this stage has been established. It is shown that the ratio of these mechanisms is influenced by the type of polymer matrix and the method of obtaining composites.

For the second stage of crystallization, which occurs in the entire volume of the composite, the results of experiments on crystallization exotherms were analyzed on the basis of the Kolmogorov-Avrami equation. It is shown that the structure formation of polyethylene-based composites occurs by the three-dimensional mechanism, and on the basis of polypropylene and polycarbonate – by the mechanism of the stressed matrix.

Keywords: polymer composites, copper microparticles, mechanisms of structure formation, polyethylene, polypropylene, polycarbonate.

References

1. Privalko, V. P., Kawai, T., Lipalov, Y. S. (1979). Crystallization of filled nylon 6 III. Non-isothermal crystallization. *Colloid and Poly-*

- mer Science, 257 (10), 1042–1048. doi: <https://doi.org/10.1007/bf01761115>
- Wunderlich, B. (2008). Thermodynamics and kinetics of crystallization of flexible molecules. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 46 (24), 2647–2659. doi: <https://doi.org/10.1002/polb.21597>
 - Gao, Q., Jian, Z., Xu, J., Zhu, M., Chang, F., Han, A. (2016). Crystallization kinetics of the Cu50Zr50 metallic glass under isothermal conditions. *Journal of Solid State Chemistry*, 244, 116–119. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jssc.2016.09.023>
 - Singfield, K. L., Chisholm, R. A., King, T. L. (2011). A Physical Chemistry Experiment in Polymer Crystallization Kinetics. *Journal of Chemical Education*, 89 (1), 159–162. doi: <https://doi.org/10.1021/ed100812v>
 - Rasana, N., Jayanarayanan, K., Pegoretti, A. (2018). Non-isothermal crystallization kinetics of polypropylene/short glass fibre/multi-walled carbon nanotube composites. *RSC Advances*, 8 (68), 39127–39139. doi: <https://doi.org/10.1039/c8ra07243d>
 - Roushan, A. H., Omrani, A. (2020). Non-isothermal crystallization of NaX nanocrystals/poly (vinyl alcohol) nanocomposite. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. doi: <https://doi.org/10.1007/s10973-020-09452-x>
 - De Melo, C. C. N., Beatrice, C. A. G., Pessan, L. A., de Oliveira, A. D., Machado, F. M. (2018). Analysis of nonisothermal crystallization kinetics of graphene oxide - reinforced polyamide 6 nanocomposites. *Thermochimica Acta*, 667, 111–121. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tca.2018.07.014>
 - Montanheiro, T. L. do A., Menezes, B. R. C. de, Montagna, L. S., Beatrice, C. A. G., Marini, J., Lemes, A. P., Thim, G. P. (2020). Non-Isothermal Crystallization Kinetics of Injection Grade PHBV and PHBV/Carbon Nanotubes Nanocomposites Using Isoconversional Method. *Journal of Composites Science*, 4 (2), 52. doi: <https://doi.org/10.3390/jcs4020052>
 - Mata-Padilla, J. M., Ávila-Orta, C. A., Almendárez-Camarillo, A., Martínez-Colunga, J. G., Hernández-Hernández, E., Cruz-Delgado, V. J. et al. (2020). Non-isothermal crystallization behavior of isotactic polypropylene/copper nanocomposites. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. doi: <https://doi.org/10.1007/s10973-020-09512-2>
 - Menezes, B., Campos, T., Montanheiro, T., Ribas, R., Cividanes, L., Thim, G. (2019). Non-Isothermal Crystallization Kinetic of Polyethylene/Carbon Nanotubes Nanocomposites Using an Isoconversional Method. *Journal of Composites Science*, 3 (1), 21. doi: <https://doi.org/10.3390/jcs3010021>
 - Dolinskiy, A. A., Fialko, N. M., Dinzhos, R. V., Navrodska, R. A. (2015). Structure formation of polymer micro- and nanocomposites based on polycarbonate in the process of their crystallization. *Industrial Heat Engineering*, 37 (3), 5–15. Available at: <http://ihe.nas.gov.ua/index.php/journal/issue/view/14/all-37-3-2015>
 - Fialko, N. M., Dinzhos, R. V., Navrodska, R. A. (2016). Effect of polymer matrix type on thermophysical properties and structure formation of polymer nanocomposites. *Technological systems*, 3 (76), 49–59. Available at: http://technological-systems.com.ua/images/journal/2016/files/ts76_5.pdf
 - Fialko, N. M., Dinzhos, R. V., Navrodska, R. O., Meranova, N. O., Sherenkovskiy, Ju. V. (2018). The crystallization regularity of polymer microcomposite materials in different methods of their preparation. *Industrial Heat Engineering*, 40 (2), 5–11. doi: <https://doi.org/10.31472/ihe.2.2018.01>
 - Fialko, N. M., Dinzhos, R. V., Sherenkovskiy, Y. V., Prokopov, V. G., Meranova, N. O., Navrodska, R. O. et al. (2018). Some peculiarities of the process of structural formation of nanocomposites based on polyethylene with its filling by carbon nanotubes. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28 (6), 74–80. doi: <https://doi.org/10.15421/40280614>
 - Vunderlih, B. (1979). *Fizika makromolekul*. Vol. 2. Zrozhdzenie, rost i otzhig kristallov. Moscow: Mir, 576.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214239

INFLUENCE OF USED POLYVINYL ALCOHOL GRADE ON THE ELECTROCHROMIC PROPERTIES OF Ni(OH)₂-PVA COMPOSITE FILMS (p. 58–65)

Valerii Kotok

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine

Vyatka State University, Kirov, Russian Federation

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

Vadym Kovalenko

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine

Vyatka State University, Kirov, Russian Federation

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

Films based on nickel (II) oxides and hydroxides are used in electrochromic cells as one of the active materials that change their optical characteristics under the action of an electric current. Electrochemical deposition, due to which composite films of Ni(OH)₂-polyvinyl alcohol (PVA) can be formed on the electrically conductive substrate, can become an alternative to expensive vacuum methods. The presented study is devoted to the study and improvement of the electrochemical method of deposition of Ni(OH)₂-PVA electrochromic composite films.

This study illustrates the influence of the grade of the used polyvinyl alcohol on the main qualitative characteristics of Ni(OH)₂-PVA electrochromic composites. Four PVA grades have been used for the study: 17–99, 24–99, 30–99, and 30–88, which differ in the viscosity of solutions and the degree of hydrolysis. The deposition has been carried out by the electrochemical method in the presence of the listed grades of polymers dissolved in the electrolyte.

As a result of the study, it has been shown that the properties of electrochromic films depend on the grade of PVA used. To a greater extent they depend on the degree of hydrolysis, and to a lesser extent – on the molecular weight of the polymer, expressed in terms of viscosity.

Analysis of the data obtained makes it possible to assert that the degree of PVA hydrolysis has a greater effect on the final characteristics of the films than the viscosity of solutions. However, viscosity also affects the properties. Moreover, it has been found that there is some optimum for this value. In this case, in terms of the characteristics of the films obtained, the optimal PVA has been the one with an average viscosity (PVA 24-99) among polyvinyl alcohols of three grades with the same degree of hydrolysis. The results obtained make it possible to recommend the use of PVA with an average viscosity and a degree of hydrolysis of less than 99 %. Based on the literature data, assumptions have been made that allow explaining the results obtained by the change in the hydrophobicity of the film and the properties of the transparent SnO₂:F layer on glass.

Keywords: electrochromic device, electrochromism, electrochemical deposition, nickel hydroxide, polyvinyl alcohol, acetate group, hydrophilicity, hydrophobicity, adhesion, template.

References

- Tong, Z., Liu, S., Li, X., Zhao, J., Li, Y. (2018). Self-supported one-dimensional materials for enhanced electrochromism. *Nanoscale Horizons*, 3 (3), 261–292. doi: <https://doi.org/10.1039/c8nh00016f>
- Zhou, D., Xie, D., Xia, X., Wang, X., Gu, C., Tu, J. (2016). All-solid-state electrochromic devices based on WO₃/NiO films: material developments and future applications. *Science China Chemistry*, 60 (1), 3–12. doi: <https://doi.org/10.1007/s11426-016-0279-3>
- Ko, I. J., Park, J. H., Kim, G. W., Lampande, R., Kwon, J. H. (2019). An optically efficient full-color reflective display with an electrochromic device and color production units. *Journal of Information Display*, 20 (3), 155–160. doi: <https://doi.org/10.1080/15980316.2019.1649310>

4. Jamdegni, M., Kaur, A. (2020). Highly efficient dark to transparent electrochromic electrode with charge storing ability based on polyaniline and functionalized nickel oxide composite linked through a binding agent. *Electrochimica Acta*, 331, 135359. doi: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2019.135359>
5. Nicoletta, F. P., Chidichimo, G., Cupelli, D., De Filipo, G., De Benedittis, M., Gabriele, B. et. al. (2005). Electrochromic Polymer-Dispersed Liquid-Crystal Film: A New Bifunctional Device. *Advanced Functional Materials*, 15 (6), 995–999. doi: <https://doi.org/10.1002/adfm.200400403>
6. Oikawa, M., Onodera, R., Seki, S., Yamada, K., Harada, E., Sawada, Y. et. al. (2013). Transparent-mirror-black three-way electrochromic smart window composed of a pair of ITO-coated flexible plastic films. *Proceedings of the International Display Workshops*, 2, 1351–1352.
7. Cupelli, D., De Filipo, G., Chidichimo, G., Nicoletta, F. P. (2006). The electro-optical and electrochromic properties of electrolyte-liquid crystal dispersions. *Journal of Applied Physics*, 100 (2), 024515. doi: <https://doi.org/10.1063/1.2219696>
8. Yasutake, M., Takatsudo, M., Tamura, T., Yamada, K., Kamiya, T., Hirose, T. (2017). Development of Liquid Crystal Materials Having an Anthraquinone and Bithiophene Moieties, and Their Electrochromic Properties. *Electrochemistry*, 85 (12), 768–774. doi: <https://doi.org/10.5796/electrochemistry.85.768>
9. Lampert, C. M. (2004). Chromogenic smart materials. *Materials Today*, 7 (3), 28–35. doi: [https://doi.org/10.1016/s1369-7021\(04\)00123-3](https://doi.org/10.1016/s1369-7021(04)00123-3)
10. Ghosh, A., Norton, B. (2019). Optimization of PV powered SPD switchable glazing to minimise probability of loss of power supply. *Renewable Energy*, 131, 993–1001. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.115>
11. Park, K.-W., Song, Y.-J., Lee, J.-M., Han, S.-B. (2007). Influence of Pt and Au nanophases on electrochromism of WO₃ in nanostructure thin-film electrodes. *Electrochemistry Communications*, 9 (8), 2111–2115. doi: <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2007.05.027>
12. Kotok, V., Kovalenko, V. (2020). A study of the increased temperature influence on the electrochromic and electrochemical characteristics of Ni(OH)₂-PVA composite films. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (105)), 6–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205352>
13. Solovov, V. A., Nikolenko, N. V., Kovalenko, V. L., Kotok, V. A., Burkov, A. A., Kondrat'ev, D. 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.
14. 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.
15. 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>
16. Polyvinyl Alcohol (PVA) Price Analysis. Available at: [https://www.echemi.com/productsInformation/pd20150901224-polyvinyl-alcohol.html#:~:text=Reference%20price%20of%20Polyvinyl%20Alcohol,on%202020%2D03%2D12.&text=Reference%20price%20of%20Polyvinyl%20Alcohol%20\(PVA\)%20is%202-084.262USD%2F,on%202020%2D03%2D11](https://www.echemi.com/productsInformation/pd20150901224-polyvinyl-alcohol.html#:~:text=Reference%20price%20of%20Polyvinyl%20Alcohol,on%202020%2D03%2D12.&text=Reference%20price%20of%20Polyvinyl%20Alcohol%20(PVA)%20is%202-084.262USD%2F,on%202020%2D03%2D11)
17. Murovhi, P., Tarimo, D. J., Oyedotun, K. O., Manyala, N. (2020). High specific energy asymmetric supercapacitor based on alpha-manganese dioxide/activated expanded graphite composite and activated carbon-polyvinyl alcohol. *Journal of Energy Storage*, 32, 101797. doi: <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101797>
18. Guo, L., Ma, W.-B., Wang, Y., Song, X.-Z., Ma, J., Han, X.-D. et. al. (2020). A chemically crosslinked hydrogel electrolyte based all-in-one flexible supercapacitor with superior performance. *Journal of Alloys and Compounds*, 843, 155895. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.155895>
19. Li, Q., Cui, X., Pan, Q. (2019). Self-Healable Hydrogel Electrolyte toward High-Performance and Reliable Quasi-Solid-State Zn–MnO₂ Batteries. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 11 (42), 38762–38770. doi: <https://doi.org/10.1021/acsami.9b13553>
20. Hatemura, K., Maesowa, S., Komoto, T., Endo, N., Higa, M. (2005). Preparation and characterization of solid polymer electrolytes for DMFC prepared from poly (vinyl alcohol) and polyanion. *Polymer Preprints, Japan*, 54 (2), 4529–4530. Available at: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-33645558423&origin=inward&txGid=a8e9e11c1295bd7f2e14bbd37457afe4>
21. Meng, N., Wang, X., Xin, B., Chen, Z., Liu, Y. (2018). Preparation, structure and electrochromic behavior of PANI/PVA composite electrospun nanofiber. *Textile Research Journal*, 89 (12), 2490–2499. doi: <https://doi.org/10.1177/0040517518797345>
22. Ganesh, G. P. T., Deb, B. (2017). Designing an All-Solid-State Tungsten Oxide Based Electrochromic Switch with a Superior Cycling Efficiency. *Advanced Materials Interfaces*, 4 (14), 1700124. doi: <https://doi.org/10.1002/admi.201700124>
23. Ye, T., Zou, Y., Xu, W., Zhan, T., Sun, J., Xia, Y. et. al. (2020). Poorly-crystallized poly(vinyl alcohol)/carrageenan matrix: Highly ionic conductive and flame-retardant gel polymer electrolytes for safe and flexible solid-state supercapacitors. *Journal of Power Sources*, 475, 228688. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2020.228688>
24. Ben, J., Song, Z., Liu, X., Lü, W., Li, X. (2020). Fabrication and Electrochemical Performance of PVA/CNT/PANI Flexible Films as Electrodes for Supercapacitors. *Nanoscale Research Letters*, 15(1). doi: <https://doi.org/10.1186/s11671-020-03379-w>
25. Polivinilovyj spirt (PVS, PVOH, PVC, PVAL). Available at: <http://silkor.com.ua/ru/polyvinyl-alcohol/pvs-polyvinilovyj-spirt-18-88.html>
26. Kuraray Poval Tm & Exceval Tm. Available at: https://www.kuraray-poval.com/fileadmin/user_upload/KURARAY_POVAL/technical_information/grades_by_region/grades_poval/TDS_KURARAY-POVAL_RUSSIAN_08.04.2020.pdf
27. Henderson, B., Loveridge, N., Robertson, W. R. (1978). A quantitative study of the effects of different grades of polyvinyl alcohol on the activities of certain enzymes in unfixed tissue sections. *The Histochemical Journal*, 10 (4), 453–463. doi: <https://doi.org/10.1007/bf01003008>
28. Martiyanova, O. S., Govyazin, I. O. (2019). Analogues-grades of polyvinyl alcohol comparison and its effect on print paper properties. *Forestry Bulletin*, 23 (3), 101–106. doi: <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2019-3-101-106>
29. Toxqui-López, S., Olivares-Pérez, A., Marroquín-Ramírez, J., Fuentes-Tapia, I. (2018). Effect of degree of hydrolysis of polyvinyl alcohol on the diffraction efficiency from the gratings recorded in polyvinyl alcohol with ferric chloride films. *Practical Holography XXXII: Displays, Materials, and Applications*. doi: <https://doi.org/10.1117/12.2291050>
30. Kotok, V., Kovalenko, V. (2018). Investigation of the properties of Ni(OH)₂ electrochrome films obtained in the presence of different types of polyvinyl alcohol. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (94)), 42–47. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.140560>
31. 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.
32. 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>
33. 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>
 34. O polivinilovom spirte. Available at: <http://j-poival.ru/o-polivinilovom-spirte>
 35. Lee, K.-T., Liu, D.-M., Liang, Y.-Y., Matsushita, N., Ikoma, T., Lu, S.-Y. (2014). Porous fluorine-doped tin oxide as a promising substrate for electrochemical biosensors—demonstration in hydrogen peroxide sensing. *J. Mater. Chem. B*, 2 (44), 7779–7784. doi: <https://doi.org/10.1039/c4tb01191k>
 36. Kotok, V., Kovalenko, V. (2018). A study of the effect of cycling modes on the electrochromic properties of Ni(OH)₂ films. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(5 (96)), 62–69. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.150577>
 37. Kotok, V., Kovalenko, V. (2018). Investigation of the electrochromic properties of Ni(OH)₂ films on glass with ITONi bilayer coating. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(5 (93)), 55–61. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133387>
 38. Kotok, V., Kovalenko, V. (2018). A study of multilayered electrochromic platings based on nickel and cobalt hydroxides. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (12 (91)), 29–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121679>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209933

AN INVESTIGATION OF GRANULAR MATERIAL MOVEMENT DUE TO INSTABILITY POST IMPINGING UPWARD FLUID (p. 66–75)

Eko Yudiyanto

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia,
Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7675-3629>

I Nyoman Gede Wardana

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3146-9517>

Denny Widhiyanuriawan

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5729-4212>

Nurkholis Hamidi

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2910-2353>

Granular is a form of material that is widely used in the industry. To move the granular material, energy is needed to form a flow of granular. Granular instability can be utilized to move granular material. Prevention of jamming and clogging is done by breaking down the parts of the granular, which are locking. Impinging fluid in the granular is used to create granular instability. An observation was made using the experimental method. The granular in the Hele-Shaw cell is shot with fluid in the granular body and results in instability motion. Fluid impinging breaks granular bonds and forms fluid cavities. Furthermore, the fluid cavity moves upward due to unstable conditions. Granular with a strong bond is loose in the form of the agglomerate. Agglomerate is destroyed in the process of moving because there is a drag force. Granular with weak bonds tries to maintain individually form fingering. Granular moves down in the settling process to find a stable position. Instability is affected by the bonds between the grains. A comparison between the cohesion force and the mass weight of the particles is expressed as a granular Bond number B_{og} . In glass sand material, strong granular bonds occur at granular sizes below 100 μm . Granular bonds affect

the movement of instability in groups. The value of the granular Bond number is greater than 1. At sizes of 100 to 230 μm , the granular bond still affects the granular instability with the fingering pattern in the granular motion. The value of the granular Bond number is close to 1. Granular sizes above 230 μm indicate the presence of non-dominant bonds between the grains. The individual granular mass is higher than the cohesion force that occurs at the interface between the granular, and the granular Bond number value is less than 1.

Keywords: granular material, instability, impinging, upward flow, Bond number, fluidization, cavity fluid.

References

1. Torres-Serra, J., Romero, E., Rodríguez-Ferran, A., Caba, J., Ardერი, X., Padullés, J.-M., González, J. (2017). Flowability of granular materials with industrial applications - An experimental approach. *EPJ Web of Conferences*, 140, 03068. doi: <https://doi.org/10.1051/epjconf/201714003068>
2. Venkatesh, R., Bek, M., Voloshin, A., Emri, I. (2018). A New Methodology for Measuring the Flowability of Granular Materials. *Materials Today: Proceedings*, 5 (13), 26693–26696. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.08.137>
3. Mort, P. (2015). Characterizing flowability of granular materials by onset of jamming in orifice flows. *Papers in Physics*, 7. doi: <https://doi.org/10.4279/pip.070004>
4. Hooshanginejad, A., Druücke, B. C., Lee, S. (2019). Stability analysis of a particle band on the fluid–fluid interface. *Journal of Fluid Mechanics*, 869. doi: <https://doi.org/10.1017/jfm.2019.239>
5. McLaren, C. P., Kovar, T. M., Penn, A., Müller, C. R., Boyce, C. M. (2019). Gravitational instabilities in binary granular materials. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116 (19), 9263–9268. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1820820116>
6. Philippe, P., Badiane, M. (2013). Localized fluidization in a granular medium. *Physical Review E*, 87 (4). doi: <https://doi.org/10.1103/physreve.87.042206>
7. Verbücheln, F., Parteli, E. J. R., Pöschel, T. (2015). Helical inner-wall texture prevents jamming in granular pipe flows. *Soft Matter*, 11 (21), 4295–4305. doi: <https://doi.org/10.1039/c5sm00760g>
8. Endo, K., Reddy, K. A., Katsuragi, H. (2017). Obstacle-shape effect in a two-dimensional granular silo flow field. *Physical Review Fluids*, 2 (9). doi: <https://doi.org/10.1103/physrevfluids.2.094302>
9. Janda, A., Zuriguel, I., Garcimartín, A., Maza, D. (2015). Clogging of granular materials in narrow vertical pipes discharged at constant velocity. *Granular Matter*, 17 (5), 545–551. doi: <https://doi.org/10.1007/s10035-015-0583-z>
10. Nicolas, A., Garcimartín, Á., Zuriguel, I. (2018). Trap Model for Clogging and Unclogging in Granular Hopper Flows. *Physical Review Letters*, 120 (19). doi: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.120.198002>
11. Hong, X., Kohne, M., Morrell, M., Wang, H., Weeks, E. R. (2017). Clogging of soft particles in two-dimensional hoppers. *Physical Review E*, 96 (6). doi: <https://doi.org/10.1103/physreve.96.062605>
12. Gaudel, N., Kiesgen De Richter, S. (2019). Effect of vibrations on granular material flows down an inclined plane using DEM simulations. *Powder Technology*, 346, 256–264. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.01.080>
13. Lozano, C., Lumay, G., Zuriguel, I., Hidalgo, R. C., Garcimartín, A. (2012). Breaking Arches with Vibrations: The Role of Defects. *Physical Review Letters*, 109 (6). doi: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.109.068001>
14. Mankoc, C., Garcimartín, A., Zuriguel, I., Maza, D., Pugnali, L. A. (2009). Role of vibrations in the jamming and unjamming of grains discharging from a silo. *Physical Review E*, 80 (1). doi: <https://doi.org/10.1103/physreve.80.011309>
15. Zuriguel, I., Janda, Á., Arévalo, R., Maza, D., Garcimartín, Á. (2017). Clogging and unclogging of many-particle systems passing through a

- bottleneck. EPJ Web of Conferences, 140, 01002. doi: <https://doi.org/10.1051/epjconf/201714001002>
16. Valdes, J. R., Santamarina, J. C. (2008). Clogging: bridge formation and vibration-based destabilization. *Canadian Geotechnical Journal*, 45 (2), 177–184. doi: <https://doi.org/10.1139/t07-088>
 17. D'Ortona, U., Thomas, N. (2020). Self-Induced Rayleigh-Taylor Instability in Segregating Dry Granular Flows. *Physical Review Letters*, 124 (17). doi: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.124.178001>
 18. Capece, M., Ho, R., Strong, J., Gao, P. (2015). Prediction of powder flow performance using a multi-component granular Bond number. *Powder Technology*, 286, 561–571. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2015.08.031>
 19. Liu, Y., Guo, X., Lu, H., Gong, X. (2015). An Investigation of the Effect of Particle Size on the Flow Behavior of Pulverized Coal. *Procedia Engineering*, 102, 698–713. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.170>
 20. Valverde, J. M. (2013). Fluidization of Fine Powders: Cohesive versus Dynamic Aggregation. The 14th International Conference On Fluidization – From Fundamentals To Products. Available at: https://dc.engconfintl.org/fluidization_xiv/129
 21. Desu, R. K., Annabattula, R. K. (2019). Particle size effects on the contact force distribution in compacted polydisperse granular assemblies. *Granular Matter*, 21 (2). doi: <https://doi.org/10.1007/s10035-019-0883-9>
 22. Olhero, S. M., Ferreira, J. M. F. (2004). Influence of particle size distribution on rheology and particle packing of silica-based suspensions. *Powder Technology*, 139 (1), 69–75. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2003.10.004>
 23. Ghadiri, M., Pasha, M., Nan, W., Hare, C., Vivacqua, V., Zafar, U. et al. (2020). Cohesive Powder Flow: Trends and Challenges in Characterisation and Analysis. *KONA Powder and Particle Journal*, 37, 3–18. doi: <https://doi.org/10.14356/kona.2020018>
 24. Blott, S. J., Pye, K. (2012). Particle size scales and classification of sediment types based on particle size distributions: Review and recommended procedures. *Sedimentology*, 59 (7), 2071–2096. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2012.01335.x>
 25. Allahham, A., Stewart, P., Marriott, J., Mainwaring, D. (2005). Factors Affecting Shear Thickening Behavior of a Concentrated Injectable Suspension of Levodopa. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 94 (11), 2393–2402. doi: <https://doi.org/10.1002/jps.20374>
 26. Betancourt, F., Concha, F., Uribe, L. (2015). Settling velocities of particulate systems part 17. Settling velocities of individual spherical particles in Power-Law non-Newtonian fluids. *International Journal of Mineral Processing*, 143, 125–130. doi: <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2015.07.005>
 27. Herbert, E., Morize, C., Louis-Napoléon, A., Goupil, C., Jop, P., D'Angelo, Y. (2018). Buoyancy-driven destabilization of an immersed granular bed. *Journal of Fluid Mechanics*, 843, 778–809. doi: <https://doi.org/10.1017/jfm.2018.141>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214425

INVESTIGATING EQUILIBRIUM IN THE SYSTEM OF A HYDROGEN SULFIDE–QUINHYDRONE ABSORBING SOLUTION (p. 76–82)

Andriy Slyuzar

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4136-4030>

Yaroslav Kalymon

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2990-7111>

Zenoviy Znak

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3871-4063>

Andriy Helesh

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

E-mail: gelesh75@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3310-0940>

This paper reports a study into the influence of sodium carbonate concentration (10, 30, and 50 kg/m³) in the simultaneous presence of sodium thiosulfate (250 kg/m³) and quinhydrone (5 kg/m³) on the coefficient of the phase distribution of hydrogen sulfide in a quinhydrone absorbing solution. The research was carried out at the laboratory installation using chemical analysis methods of liquid and gas phases. It has been found that the coefficient of phase distribution increases dramatically with an increase in the degree of saturation of the quinhydrone solution with hydrogen sulfide. At the same time, in the presence of sodium thiosulfate in quinhydrone absorbing solutions, the coefficient of phase distribution increases compared to carbonate solutions of the same concentration. Thus, the partial hydrogen sulfide pressure over a quinhydrone solution at low degrees of hydrogen sulfide saturation (up to 3 %) is 5...10 times larger than that over soda solution, while at high degrees (60...80 %) it is almost the same. It can be argued that at the high concentrations of sodium carbonate and the degree of the saturation of quinhydrone solution with hydrogen sulfide the effect of sodium thiosulfate on the partial pressure of hydrogen sulfide decreases. An equation of the effect exerted by the NaHS concentration and the starting Na₂CO₃ concentration on the H₂S partial pressure over quinhydrone solutions has been proposed. Based on the experimental studies' results, the equilibrium constant values for a hydrogen sulfide chemisorption reaction involving a quinhydrone solution have been calculated. To ensure the high absorption capacity, the process of hydrogen sulfide chemisorption should be carried out using solutions with a maximum concentration of sodium carbonate, 40...50 kg/m³. The presence of ballast components (Na₂S₂O₃, NaHCO₃) slightly reduces the sorption capacity of an absorbing solution. The results obtained could be used in engineering calculations and when developing technology for purification of fuel gases from hydrogen sulfide by a quinhydrone method.

Keywords: hydrogen sulfide, gas cleaning, chemisorption, quinhydrone method, absorbent solution, phase equilibrium.

References

1. Mokhatab, S., Poe, W. A., Mak, J. Y. (2019). Sulfur Recovery and Handling. *Handbook of Natural Gas Transmission and Processing*, 271–305. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815817-3.00008-3>
2. Kohl, A. L., Nielsen, R. B. (1997). *Gas Purification*. Gulf Professional Publishing, 900. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-88415-220-0.x5000-9>
3. Yavorskiy, V., Slyuzar, A., Kalymon, Ya. (2016). Sulfur gas production in Ukraine (review). *Chemistry & Chemical Technology*, 10 (4s), 613–619. doi: <https://doi.org/10.23939/chctf10.04si.613>
4. Slyuzar, A. V., Znak, Z. O., Kalymon, Ya. A., Bukliv, R. L. (2019). Methods of purification and processing of hydrogen sulfide-containing gases: a review. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 3, 83–97. doi: <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2019-124-3-83-97>
5. Miltner, M., Makaruk, A., Harasek, M. (2017). Review on available biogas upgrading technologies and innovations towards advanced solutions. *Journal of Cleaner Production*, 161, 1329–1337. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.045>
6. Horikawa, M. S., Rossi, F., Gimenes, M. L., Costa, C. M. M., Silva, M. G. C. da. (2004). Chemical absorption of H₂S for biogas purification. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 21 (3), 415–422. doi: <https://doi.org/10.1590/s0104-66322004000300006>
7. Ou, H.-W., Chou, M.-S., Chang, H.-Y. (2020). Removal of Hydrogen Sulfide from Biogas Using a Bubbling Tank Fed with Aerated Wastewater. *Aerosol and Air Quality Research*, 20, 643–653. doi: <https://doi.org/10.4209/aaqr.2019.12.0647>

8. Azizi, M., Biard, P-F, Couvert, A., Ben Amor, M. (2014). Simulation of hydrogen sulphide absorption in alkaline solution using a packed column. *Environmental Technology*, 35 (24), 3105–3115. doi: <https://doi.org/10.1080/09593330.2014.931470>
9. Bobek, J., Rippel-Pethő, D., Molnár, É., Bocsi, R. (2016). Selective Hydrogen Sulphide Removal from Acid Gas by Alkali Chemisorption in a Jet Reactor. *Hungarian Journal of Industry and Chemistry*, 44 (1), 51–54. doi: <https://doi.org/10.1515/hjic-2016-0006>
10. Slyuzar, A., Znak, Z., Kalymon, Y., Helesh, A. (2020). Study of Oxygen Chemisorption During Regeneration of Quinhydrone Absorbing Solution in the Apparatus with a Continuous Bubbling Layer. *Chemistry and Chemical Technology*, 14 (2), 257–263. doi: <https://doi.org/10.23939/chcht14.02.257>
11. Yavorskyi, V., Helesh, A., Yavorskyi, I., Kalymon, Y. (2016). A theoretical analysis of chemisorption of sulfur (IV) oxide. Rationale for the choice of an efficient mass-exchange apparatus. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (6 (79)), 32–40. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.60312>
12. Chapoy, A., Mohammadi, A. H., Tohidi, B., Valtz, A., Richon, D. (2005). Experimental Measurement and Phase Behavior Modeling of Hydrogen Sulfide–Water Binary System. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 44 (19), 7567–7574. doi: <https://doi.org/10.1021/ie050201h>
13. Peng, C., Mao, S., Hu, J., He, L. (2019). A Helmholtz free energy equation of state for the vapor-liquid equilibrium and PVTx properties of the H₂S–H₂O mixture and its application to the H₂S–H₂O–NaCl system. *Applied Geochemistry*, 101, 19–30. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2018.12.021>
14. Li, J., Wei, L., Li, X. (2015). An improved cubic model for the mutual solubilities of CO₂–CH₄–H₂S–brine systems to high temperature, pressure and salinity. *Applied Geochemistry*, 54, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2014.12.015>
15. Xia, J., Pérez-Salado Kamps, Á., Rumpf, B., Maurer, G. (2000). Solubility of Hydrogen Sulfide in Aqueous Solutions of the Single Salts Sodium Sulfate, Ammonium Sulfate, Sodium Chloride, and Ammonium Chloride at Temperatures from 313 to 393 K and Total Pressures up to 10 MPa. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 39 (4), 1064–1073. doi: <https://doi.org/10.1021/ie990416p>
16. Zhao, Z., Xing, X., Tang, Z., Zhao, Y., Fei, W., Liang, X. et. al. (2017). Solubility of CO₂ and H₂S in carbonates solvent: Experiment and quantum chemistry calculation. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 59, 123–135. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2017.02.011>
17. Eldien, W. N., Mmohammed, B. M., Zakaria, A. Z., Sohily, A. (2016). Enhancement Factor Simulation of H₂S Absorption by Fe₂(SO₄)₃ Aqueous. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 6 (6), 687–693.
18. Luiz de Medeiros, J., Chagas Barbosa, L., Araújo, O. de Q. F. (2013). Equilibrium Approach for CO₂ and H₂S Absorption with Aqueous Solutions of Alkanolamines: Theory and Parameter Estimation. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52 (26), 9203–9226. doi: <https://doi.org/10.1021/ie302558b>
19. Shoukat, U., Pinto, D., Knuutila, H. (2019). Study of Various Aqueous and Non-Aqueous Amine Blends for Hydrogen Sulfide Removal from Natural Gas. *Processes*, 7 (3), 160. doi: <https://doi.org/10.3390/pr7030160>
20. Li, H., Li, L., Xu, J., Li, Y. (2019). Selective absorption of H₂S from CO₂ using sterically hindered amines at high pressure. *Petroleum Science and Technology*, 37 (15), 1825–1829. doi: <https://doi.org/10.1080/10916466.2019.1608239>
21. Ramm, V. M. (1976). *Absorbtsiya gazov*. Moscow: Himiya, 655.
22. Litvinenko, M. S. (1952). Ravnovesie v sisteme serovodorod i uglekisloty – vodnye rastvory karbonata natriya ili kaliya. *Zhurnal prikladnoy himii*, XXV (5), 516–531.
23. Yue, J., Chu, C., Zhang, W., Zheng, S. (2018). Influence of by-product salts and Na₂CO₃ contents on gas–liquid mass transfer process in wet desulfurization of water gas. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20 (6), 1367–1375. doi: <https://doi.org/10.1007/s10098-018-1541-3>
24. Marahovskiy, L. F., Sobina, N. A., Kuznetsov, V. D., Istomin, V. V. (1988). Ravnovesie v karbonatnih rastvorah pri odnovremennom pogloshchenii H₂S i HCN iz koksovogo gaza. *Koks i himiya*, 7, 32–34.
25. Bannikov, L. P., Kovalev, E. T., Toshinskiy, V. I. (2007). O vliyani ballastnykh soley na povyshenie partsiyal'nogo davleniya serovodoroda pri ego ulavlivanii iz koksovogo gaza po vakuum-karbonatnomu metodu. *Uglehimicheskiy zhurnal*, 6, 59–63.
26. Grebenyuk, A. F., Garmata, E. Yu., Milyutin, A. V. (2000). Issledovanie ravnovesiya pri absorbtsii serovodoroda iz koksovogo gaza i regeneratsii poglotitel'nogo rastvora vakuum-sodovoy seroochistki. *Koks i himiya*, 9, 25–28.
27. Kurylets, O. H., Kalymon, Ya. A. (1994). Analiz nyzkokontsentrovannykh sirkovmisnykh haziv z ventyliatsiynykh vykydiv vyrobnytstva. *Visnyk Derzhavnoho universytetu «Lvivska politekhnika»*, 276, 87–88.
28. Yavorskyi, V. T., Kalymon, Y. A., Slyuzar, A. V. (2014) Pat. No. 110387 UA. Sposib ochyshchennia palyvnykh haziv vid sirkovodniu z oderzhanniam dribnodispersnoi sirky. No. a201400031; declared: 08.01.2014; published: 25.12.2015, Bul. No. 24.

АНОТАЦІЇ

TECHNOLOGY ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.211518

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОСИЛЕННЯ І РОЗСИЮВАННЯ СВІТЛА ПОВЕРХНЕВИМ НАТЯГОМ НА КРАПЛІ ВОДИ НАД ЛИСТОМ ТАРО (COLOCASIA ESCULENTA) (с. 6–19)

Gatut Rubiono, Mega Nur Sasongko, Eko Siswanto, I Nyoman Gede Wardana

Гідрофобні характеристики широко використовуються при розробці нових матеріалів, особливо для нанесення поверхневих покриттів. Це включає посилення впливу світла на гідрофобну поверхню для енергоефективних будівель і фотоелектричних систем збору енергії. У статті розглядається роль надгідрофобного характеру розсіювання світла, що падає на краплю води на поверхні листа таро. Для отримання інфрачервоних зображень краплі води в темних і світлих просторах зі зміною кута падіння променів і обсягу краплі використовувалися режими фото- і відеокамери. Результат показує, що поверхня воскового шару листа таро має основну структуру алканів/алкінів з активними фенольними і альдегідними групами з піком 2648/см. Ці активні групи пов'язують атоми (вільні) поверхні листа, коли поверхня листа знаходиться в нормальних умовах. Наявність бульбашок води на поверхні листа таро призводить до того, що повітря затримується в порожнині грудки, утворює сріблястий шар, в результаті чого відбуваються хімічні реакції з атомами Mg і K і дегідрування вуглеводнів. В результаті цих реакцій утворюються оксиди металів і газоподібний водень. Коли на бульбашку потрапляє світло, розсіювання має тенденцію посилюватися під кутом світла більше 40°, що пов'язано з сріблястим покриттям оксидів магнію і калію і активністю газоподібного водню, що призводить до більш сильного поверхневого натягу, рухливості електронів і зміцнення зв'язків молекул води. Активність цих продуктів прискорює рух атомів, який підсилює світлову енергію в біле світло. Очікується, що дане дослідження буде враховуватися при розробці нових гідрофобних матеріалів. Застосування поверхневих покриттів, здатних посилювати випромінювання світла на надгідрофобній поверхні, є перспективним для енергоефективних будівель і збору фотоелектричної енергії.

Ключові слова: лист таро, гідрофобний, розсіювання світла, поверхнева хімічна реакція, біле світло.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.211495

РОЗРОБКА КОМПОЗИЦІЇ СВІТЛОСТАБІЛІЗАТОРІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ДІЇ СВІТЛА ЗАБАРВЛЕНИХ БАВОВНЯНИХ ТРИКОТАЖНИХ ПОЛОТЕН (с. 20–32)

О. Я. Семешко, Ю. Г. Сарібєкова, Т. С. Асаулук, Н. С. Скалозубова, С. А. Мясников

На основі використання математичного планування експерименту розроблено композицію світлостабілізаторів для підвищення світлостійкості забарвлених бавовняного трикотажу, пофарбованого активними барвниками, з метою виробництва комфортного та якісного трикотажного одягу. Проведено дисперсійний та факторний аналіз результатів експерименту, який здійснювався за схемою латинського кубу першого порядку з варіюванням факторів – типу світлостабілізаторів та їх концентрації.

Технологічний режим застосування світлостабілізаторів полягав у просоченні трикотажного полотна, сушінні та термофіксації матеріалу. Для пофарбованих зразків трикотажу було досліджено індивідуальний вплив світлостабілізаторів на зміну кольору забарвленого трикотажного полотна та кінетику фотодеструкції забарвлень. Інсоляцію зразків здійснювали на приладі з ртутно-вольфрамовою лампою RF 1201 BS («REFOND», Китай). Після обробки та інсоляції визначали загальні колірні відмінності зразків трикотажу у порівнянні з необробленим матеріалом за допомогою колориметра TCR-200 («PCE Instruments», Німеччина).

Ефективність розробленої композиції світлостабілізаторів була підтверджена при дослідженні світлостійкості трикотажних полотен переплетення піке, ластик 1+1, гладь, пофарбованих активними барвниками марки Bezaktiv («СНТ Bezema», Чехія). У результаті дослідження розроблена композиція світлостабілізаторів, яка складається із УФ-абсорберу 2,4-дигідроксибензофенону та антиоксиданту гідрокінону при концентраціях 2 та 1 % від маси матеріалу відповідно і забезпечує підвищення світлостійкості забарвлених бавовняного трикотажу на 52,9–66,8 % незалежно від переплетення та активного барвника.

Ключові слова: бавовняний трикотаж, активний барвник, колірні відмінності, кінетика фотодеструкції, УФ-абсорбер, антиоксидант.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214507

ХІМІЧНІ ВОЛОКНА ЗІ ЗНИЖЕНОЮ ГОРЮЧІСТЮ НА ОСНОВІ ЦЕЛЮЛОЗИ (с. 33–39)

Н. І. Коровникова, О. М. Дубина, В. В. Олійник, Я. О. Свіцова

Проведені дослідження дозволили визначити оптимальні способи вогнезахисту, при яких зразки модифікованого комплексита мають знижену горючість. З отриманих п'яти модифікованих зразків волокон найбільшу величину кисневого індексу 29 об. % має зразок з іонами молібдену(VI), оброблений фосфоновою кислотою. Це найбільш вогнезахисний зразок, в його складі є три види антипіренів: азот (амідоксимні групи комплексита, фосфор (обробка фосфорною кислотою) і молібден(VI). Отримані дані інфрачервоних спектрів свідчать про хімічну взаємодію антипіренів з комплекси том.

На морфологію волокон і процес їхньої деструкції впливає введення антипіренів. Скануючі електронні мікрофотографії показують наявність морфологічної зміни поверхні під час модифікації зразків комплексита антипіреном. Введення антипіренів в комплексит впливає на процес термічної деструкції зразків в середовищі повітря і аргону. При цьому введення молібдену(VI) помітно знижує термічну стійкість волокон. Ймовірно, процеси термічної деструкції можуть каталізувати метали як в повітряному середовищі, так

і в середовищі аргону. Величини порядку реакції n термічного розкладання при переході від зразка волокна, обробленого тільки кислотами, до зразків комплексита, що містить молібден(VI), знижується до 0,38. При цьому значення енергій активації E , ккал/моль і ентальпії процесу термічної деструкції комплексита ΔH , ккал/моль також зменшуються. Механічні властивості волокон при введенні антипіренів до складу волокна незначно змінюються. Залежно від складу антипіренів розривне навантаження знижується на 6–11 %, подовження зразків на 6–16 %.

Таким чином, є підстави стверджувати про можливість створення волокнистих матеріалів на основі целюлози з заданими властивостями щодо зниженої горючості.

Ключові слова: вогнезахист целюлозного волокна, антипірени, термодеструкція, скануюча електронна мікроскопія.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.213226

ОТРИМАННЯ І РЕГУЛЮВАННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІОРОЗКЛАДАНИХ ПЛІВОК НА ОСНОВІ КРОХМАЛЮ І АГАРУ (с. 40–48)

С. М. Тажибасва, Б. Б. Тюсюпова, А. Д. Ермагамбетова, А. К. Коканбасв, К. Б. Мусабеков

Проблема утилізації полімерних відходів є однією з найбільш актуальних. Одним із способів вирішення цієї проблеми є створення біорозкладаної упаковки для харчових продуктів. При змішуванні розчинів крохмалю і агару при різному масовому співвідношенні полімерів в присутності гліцерину отримані біорозкладані плівки. Визначено їх структурно-механічні характеристики. Показано, що значення міцності, модуля пружності і опору проколу плівок максимальні при масовому співвідношенні агар/крохмаль 7-9. Порівняння шорсткості плівок, отриманих з крохмалю, агару і їх суміші, показало, що найбільшою шорсткістю володіють плівки на основі крохмалю. Введення агару в плівки крохмалю призводить до значного зменшення їх шорсткості.

Для регулювання структурно-механічних властивостей плівок пропонується використовувати солі Ca і Mg. Вивчено вплив іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} на міцнісні і деформаційні характеристики біоплівок. Показано, що іони Ca^{2+} монотонно підвищують характеристики міцності крохмаль-агарових плівок, в той час як криві зміни цих параметрів у присутності іонів Mg^{2+} мають максимуми при концентрації 0,5 %. Відмінність у впливі іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} на структурно-механічні властивості плівок пояснюється ступенем гидратації цих іонів.

Біорозкладаність крохмаль-агарних плівок регулювали шляхом зміни їх ІЧ-спектрів. Найбільш значні зміни спостерігаються в інтенсивності і локалізації піків, відповідних до О-Н, С-Н і С-С зв'язків, що може свідчити про зміну структури плівок внаслідок руйнування сіткі водневих зв'язків і гідрофобних взаємодій, а також розриву вуглеводневих ланцюгів і руйнування каркаса вуглеводних молекул.

Ключові слова: біорозкладані плівки, крохмаль, агар, структуроутворення, механічні властивості, опір проколу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214810

ВИЯВЛЕННЯ ВПЛИВУ ТИПУ ПОЛІМЕРНОЇ МАТРИЦІ НА СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ МІКРОКОМПЗИТІВ ПРИ ЇХ НАПОВНЕННІ ЧАСТИНКАМИ МІДІ (с. 49–57)

Р. В. Дінжос, Н. М. Фіалко, В. Г. Прокопов, Ю. В. Шеренковський, Н. О. Меранова, Н. С. Косева, В. М. Коржик, О. Ю. Пархоменко, Н. Є. Журавська

Виконано дослідження щодо встановлення механізмів структуроутворення при кристалізації полімерних композитів на основі поліетилену, поліпропілену або полікарбонату, наповнених мікрочастинками міді. Дослідження проведено із застосуванням методики, перший етап якої полягав у експериментальному визначенні екзотерм кристалізації композитів, а другий – у теоретичному аналізі на основі отриманих екзотерм характеристик структуроутворення. Проведено комплекс досліджень щодо визначення екзотерм кристалізації для досліджуваних мікрокомпозитів. Встановлено закономірності впливу швидкості охолодження композитів, методу їх одержання та масової частки наповнювача на рівень температур початку і кінця кристалізації, максимальне значення приведенного теплового потоку тощо. Показано, що для застосовуваних методів одержання композитів підвищення швидкості їх охолодження спричиняє зниження вказаних температур та теплового потоку. Встановлено, що величина масової частки наповнювача менш суттєво впливає на характеристики процесу кристалізації.

Досліджено закономірності структуроутворення полімерних композитів на початковій стадії кристалізації із залученням даних щодо екзотерм кристалізації та рівняння нуклеації. Встановлено наявність на цій стадії площинного та об'ємного механізмів структуроутворення. Показано, що на співвідношення даних механізмів впливає тип полімерної матриці та метод отримання композитів.

Для другої стадії кристалізації, що відбувається в усьому об'ємі композиту, на основі рівняння Колмогорова-Аврамі проаналізовано результати експериментів щодо екзотерм кристалізації. Показано, що структуроутворення для композитів на основі поліетилену відбувається за об'ємним механізмом, а на основі поліпропілену і полікарбонату – за механізмом напруженої матриці.

Ключові слова: полімерні композити, мікрочастинки міді, механізми структуроутворення, поліетилен, поліпропілен, полікарбонат.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214239

ВПЛИВ ВИКОРИСТОВУВАНОВОГО ПОЛІВІНІЛОВОГО СПИРТУ РІЗНИХ МАРОК НА ЕЛЕКТРОХРОМНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПЗИТНИХ ПЛІВОК $Ni(OH)_2$ -ПВС (с. 58–65)

В. А. Коток, В. Л. Коваленко

Плівки на основі оксидів та гідроксидів нікелю (II) використовуються у електрохромних елементах як один з активних матеріалів, що змінює свої оптичні характеристики під дією електричного струму. Електрохімічне нанесення, завдяки якому можуть

формування композитні плівки $\text{Ni}(\text{OH})_2$ -полівініловий спирт (ПВС) на електропровідні субстрати, може стати альтернативою дорогих вакуумних методів. Представлене дослідження присвячене вивченню та покращенню електрохімічного методу осадження електрохромних композитних плівок $\text{Ni}(\text{OH})_2$ -ПВС.

Приведене дослідження ілюструє вплив марки використовуваного полівінілового спирту на основні якісні характеристики електрохромних композитів $\text{Ni}(\text{OH})_2$ -ПВС. Для дослідження використані чотири марки ПВС: 17–99, 24–99, 30–99 та 30–88, які розрізняються за в'язкістю розчинів та ступенем гідролізу. Нанесення було реалізовано електрохімічним методом у присутності перелічених розчинених у електроліті марках полімерів.

У результаті проведення дослідження показано, що властивості електрохромних плівок залежать від використовуваної марки ПВС – в більшій мірі від ступеня гідролізу і в меншій від молекулярної маси полімеру вираженою через в'язкість. Аналіз отриманих даних дозволив стверджувати, що ступінь гідролізу ПВС має більший вплив на кінцеві характеристики плівок, чим в'язкість розчинів. Тим не менш в'язкість теж впливає на властивості, причому було виявлено, що є деякий оптимум для цієї величини. При цьому оптимальним, з точки зору характеристик одержуваних плівок, був ПВС із середньою в'язкістю (ПВС 24-99) серед полівінілових спиртів трьох марок з однаковим ступенем гідролізу. Отримані результати дозволили рекомендувати використовувати ПВС з середньою в'язкістю зі ступеню гідролізу менше 99%. На основі літературних даних зроблені припущення, які дозволяють пояснити отримані результати через зміну гідрофобності плівки та властивості прозорого SnO_2F шару на склі.

Ключові слова: електрохромний пристрій, електрохромізм, електрохімічне осадження, гідроксид нікелю, полівініловий спирт, ацетатна група, гідрофільність, гідрофобність, адгезія, темплат.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209933

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ЗЕРНИСТОГО МАТЕРІАЛУ ПРИ НЕСТІЙКОСТІ ПІСЛЯ УДАРУ ВИСХІДНОЇ РІДИНИ (с. 66–75)

Eko Yudiyanto, I Nyoman Gede Wardana, Denny Widhiyanuriawan, Nurkholis Hamidi

Зернистий матеріал широко використовується у промисловості. Для переміщення зернистого матеріалу необхідна енергія для формування потоку зернистого матеріалу. Для переміщення зернистого матеріалу можна використовувати нестійкість зернистого матеріалу. Запобігання заклинювання і засмічення здійснюється за допомогою руйнування блокуючих частинок зернистого матеріалу. Для створення нестійкості зернистого матеріалу використовується ударна рідина. Спостереження проводилося експериментальним методом. Зернистий матеріал у комірці Хеле-Шоу витісняється рідиною, що призводить до нестійкого руху. Удар рідини руйнує зв'язки зернистого матеріалу та утворює порожнини рідини. Крім того, в умовах нестійкості порожнина рідини рухається вгору. Зернистий матеріал із сильним зв'язком рихлий у вигляді агломерата. Агломерат руйнується в процесі руху через силу опору. Зернистий матеріал зі слабкими зв'язками старіється зберегти форму. Зернистий матеріал рухається вниз у процесі осідання, щоб знайти стійке положення. Нестійкість залежить від зв'язків між зернами. Порівняння між силою зчеплення і вагою частинок виражається у вигляді числа Бонда зернистого матеріалу B_{og} . У матеріалі зі скляного піску сильні зв'язки зернистого матеріалу виникають при розмірі зерен менше 100 мкм. Зв'язки зернистого матеріалу впливають на рух нестійкості в групах. Значення числа Бонда зернистого матеріалу більше 1. При розмірах від 100 до 230 мкм зв'язок зернистого матеріалу як і раніше впливає на нестійкість зернистого матеріалу з утворенням пальців під час руху. Значення числа Бонда зернистого матеріалу близько до 1. Розмір зерен більше 230 мкм вказує на наявність недомінантних зв'язків між зернами. Індивідуальна маса зерен вище сили зчеплення, що виникає на межі розділу зерен, а значення числа Бонда зернистого матеріалу менше 1.

Ключові слова: зернистий матеріал, нестійкість, удар, висхідний потік, число Бонда, псевдозрідження, порожнина рідини.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214425

ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНОВАГИ В СИСТЕМІ СІРКОВОДЕНЬ – ХІНГІДРОННИЙ ПОГЛИНАЛЬНИЙ РОЗЧИН (с. 76–82)

А. В. Слюзар, Я. А. Калимон, З. О. Знак, А. Б. Гелеш

Досліджено вплив концентрації натрію карбонату ($10, 30$ і 50 кг/м^3) за одночасної присутності натрію тіосульфату (250 кг/м^3) і хінгідрону (5 кг/м^3) на коефіцієнт фазового розподілу сірководню у хінгідронному поглинальному розчині. Дослідження здійснювали на лабораторній установці з використанням хімічних методів аналізу рідинної і газової фаз. Встановлено, що коефіцієнт фазового розподілу різко зростає із збільшенням ступеня насичення хінгідронного розчину сірководнем. Водночас, за присутності натрію тіосульфату у хінгідронних поглинальних розчинах, порівняно з карбонатними розчинами тієї ж концентрації, коефіцієнт фазового розподілу зростає. Так, парціальний тиск сірководню над хінгідронним розчином за низьких ступенів насичення сірководнем (до 3%) є у 5...10 разів більший, ніж над содовим розчином, а за високих (60...80%) – є практично однаковим. Можна стверджувати, що за високих концентрацій натрію карбонату і ступеня насичення хінгідронного розчину сірководнем вплив натрію тіосульфату на парціальний тиск сірководню зменшується. Запропоновано рівняння впливу концентрації NaHS і початкової концентрації Na_2CO_3 на парціальний тиск H_2S над хінгідронними розчинами. За результатами експериментальних досліджень були розраховані значення константи рівноваги реакції хемосорбції сірководню хінгідронним поглинальним розчином. Для забезпечення високої поглинальної здатності процес хемосорбції сірководню рекомендовано здійснювати розчинами з максимальною концентрацією натрію карбонату $40...50 \text{ кг/м}^3$. Наявність баластних компонентів ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, \text{NaHCO}_3$) незначно знижує сорбційну ємність поглинального розчину. Отримані результати будуть використані для інженерних розрахунків та розроблення технологій очищення паливних газів від сірководню хінгідронним методом.

Ключові слова: сірководень, газоочищення, хемосорбція, хінгідронний метод, поглинальний розчин; фазова рівновага.