

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.327278

IDENTIFICATION OF THE INFLUENCE OF GAS METAL ARC WELDING METHODS ON THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF DUPLEX STAINLESS STEEL (p. 6–16)

Ahmad Bakhori

Universitas Islam Sumatera Utara, Medan, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5371-4375>

Muhammad Rafiq Yanhar

Universitas Islam Sumatera Utara, Medan, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7149-8811>

Suhardi Napid

Universitas Islam Sumatera Utara, Medan, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3352-461X>

This study evaluates the effect of various Gas Metal Arc Welding (GMAW) methods on the mechanical properties of duplex stainless steel. The main objective is to identify the most effective GMAW process parameters in improving the mechanical properties of the material, including tensile strength, hardness, and corrosion resistance.

The results of this study provide valuable insights into improving the weld quality, mechanical properties, and durability of duplex stainless steels in high-performance environments and corrosive conditions. Industries such as oil and gas, shipbuilding and chemical processing can greatly benefit from these findings by adopting optimized GMAW parameters to produce stronger and more durable weld joints.

The findings also highlight the significant impact of welding and heat treatment on the alloy's mechanical properties. The strength of the control material was recorded at 811.47 MN/m², whereas the welded samples exhibited strengths between 177.07 and 257.32 MN/m². The impact energy of the control material was 162.70 J, while the welded samples showed values ranging from 38.64 J to 56.20 J.

Additionally, the study reveals that stress relief heat treatment resulted in the highest strength (A3=331 MN/m²) compared to quenching in lubricating oil (A2=329 MN/m²) and neem oil (A1=222 MN/m²), although variations in material toughness were observed. The uniqueness of this research lies in its systematic approach in correlating GMAW parameters with changes in microstructure and mechanical properties. The distinctiveness of this research stems from its structured methodology in linking GMAW parameters to variations in microstructure and mechanical properties, facilitating the identification of optimal welding conditions.

Keywords: gas metal, duplex, mechanical, impact, welding, material, tensile strength, corrosion.

References

- Mousavi Anijdan, S. H., Sabzi, M. (2018). The Effect of Heat Treatment Process Parameters on Mechanical Properties, Precipitation, Fatigue Life, and Fracture Mode of an Austenitic Mn Hadfield Steel. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 27 (10), 5246–5253. <https://doi.org/10.1007/s11665-018-3625-y>
- Aguirre, H. V. M., Teixeira, F. R., Mota, C. A. M. da, Nascimento, A. S. do. (2021). Evaluation of Dissimilar Welds with the Temper-bead Technique Using ER 316L and ER NiCrMo-3 Electrodes on ASTM A182 F22 Steel. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 26 (3). <https://doi.org/10.1590/s1517-707620210003.13000>
- Alvarães, C. P., Madalena, F. C. A., Souza, L. F. G. de, Jorge, J. C. F., Araújo, L. S., Mendes, M. C. (2019). Performance of the INCONEL 625 alloy weld overlay obtained by FCAW process. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 24 (1). <https://doi.org/10.1590/s1517-707620190001.0627>
- Mousavi Anijdan, S. H., Sabzi, M., Ghobeiti-Hasab, M., Roshan-Ghiyas, A. (2018). Optimization of spot welding process parameters in dissimilar joint of dual phase steel DP600 and AISI 304 stainless steel to achieve the highest level of shear-tensile strength. *Materials Science and Engineering: A*, 726, 120–125. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2018.04.072>
- Chagas de Souza, G., da Silva, A. L., Tavares, S. S. M., Pardal, J. M., Ferreira, M. L. R., Filho, I. C. (2016). Mechanical properties and corrosion resistance evaluation of superduplex stainless steel UNS S32760 repaired by GTAW process. *Welding International*, 30 (6), 432–442. <https://doi.org/10.1080/09507116.2015.1096527>
- Giarollo, D. F., Mazzaferro, C. C. P., Mazzaferro, J. A. E. (2019). Effect of filler material on sliding wear resistance of a structural steel welded by GMAW. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 24 (3). <https://doi.org/10.1590/s1517-707620190003.0780>
- Hosseini, V. A., Valiente Bermejo, M. A., Gårdstam, J., Hurtig, K., Karlsson, L. (2016). Influence of multiple thermal cycles on microstructure of heat-affected zone in TIG-welded super duplex stainless steel. *Welding in the World*, 60 (2), 233–245. <https://doi.org/10.1007/s40194-016-0300-5>
- Jafarian, H. R., Sabzi, M., Mousavi Anijdan, S. H., Eivani, A. R., Park, N. (2021). The influence of austenitization temperature on microstructural developments, mechanical properties, fracture mode and wear mechanism of Hadfield high manganese steel. *Journal of Materials Research and Technology*, 10, 819–831. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.12.003>
- Kangazian, J., Shamanian, M. (2019). Effect of Pulsed Current on the Microstructure, Mechanical Properties and Corrosion Behavior of Ni-Based Alloy/Super Duplex Stainless Steel Dissimilar Welds. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 72 (9), 2403–2416. <https://doi.org/10.1007/s12666-019-01693-1>
- Muthusamy, C., Karuppiiah, L., Paulraj, S., Kandasami, D., Kandhasamy, R. (2016). Effect of Heat Input on Mechanical and Metallurgical Properties of Gas Tungsten Arc Welded Lean Super Martensitic Stainless Steel. *Materials Research*, 19 (3), 572–579. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2015-0538>
- Mosa, E. S., Morsy, M. A., Atlam, A. (2017). Effect of heat input and shielding gas on microstructure and mechanical properties of austenitic stainless steel 304L. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4 (12), 370–377.
- Sabzi, M., Dezfuli, S. M. (2018). Drastic improvement in mechanical properties and weldability of 316L stainless steel weld joints by using electromagnetic vibration during GTAW process. *Journal of Manufacturing Processes*, 33, 74–85. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2018.05.002>
- Shamanian, M., Kangazian, J., Szpunar, J. A. (2021). Insights into the microstructure evolution and crystallographic texture of API X-65 steel/UNS S32750 stainless steel dissimilar welds by EBSD analysis. *Welding in the World*, 65 (5), 973–986. <https://doi.org/10.1007/s40194-020-01062-3>
- Sabzi, M., Mousavi Anijdan, S. H., Eivani, A. R., Park, N., Jafarian, H. R. (2021). The effect of pulse current changes in PCGTAW on microstructural evolution, drastic improvement in mechanical properties, and fracture mode of dissimilar welded joint of AISI 316L-AISI 310S stainless steels. *Materials Science and Engineering: A*, 823, 141700. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2021.141700>
- Zhang, Y., Yang, H., Huang, R., Sun, P., Zheng, S., Li, M. et al. (2024). Investigation of microstructure and corrosion resistance of an Al-Zn

- Mg-Cu alloy under various ageing conditions. *Corrosion Science*, 227, 111719. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2023.111719>
16. Karakulov, V. V., Smolin, I., Kulkov, S. N. (2020). About mechanical behaviour of metal matrix composites under shock wave loading. *Journal of Physics: Conference Series*, 1527 (1), 012020. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1527/1/012020>
 17. Yetgin, Ş., Çavdar, Ö., Çavdar, A. (2008). The effects of the fiber contents on the mechanic properties of the adobes. *Construction and Building Materials*, 22 (3), 222–227. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.08.022>
 18. Madugu, I. A., Abdulwahab, M., Aigbodion, V. S. (2009). Effect of iron fillings on the properties and microstructure of cast fiber–polyester/iron filings particulate composite. *Journal of Alloys and Compounds*, 476 (1–2), 807–811. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2008.09.165>
 19. Zhang, Z., Jing, H., Xu, L., Han, Y., Zhao, L., Lv, X., Zhang, J. (2018). Influence of heat input in electron beam process on microstructure and properties of duplex stainless steel welded interface. *Applied Surface Science*, 435, 352–366. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.11.125>
 20. Reza Tabrizi, T., Sabzi, M., Mousavi Anijdan, S. H., Eivani, A. R., Park, N., Jafarian, H. R. (2021). Comparing the effect of continuous and pulsed current in the GTAW process of AISI 316L stainless steel welded joint: microstructural evolution, phase equilibrium, mechanical properties and fracture mode. *Journal of Materials Research and Technology*, 15, 199–212. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.07.154>
 21. Fonseca, G. S. da, Oliveira, P. M. de, Diniz, M. G., Bubnoff, D. V., Castro, J. A. de. (2017). Sigma Phase in Superduplex Stainless Steel: Formation, Kinetics and Microstructural Path. *Materials Research*, 20 (1), 249–255. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2016-0436>
 22. Wang, Y., Xu, L., Han, Y., Zhao, L., Li, H., Hao, K., Ren, W. (2023). Super duplex stainless steel with balance ratio produced by laser directed energy deposition (L-DED). *Journal of Manufacturing Processes*, 105, 213–218. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2023.09.023>
 23. Maslak, M., Stankiewicz, M., Slazak, B. (2021). Duplex Steels Used in Building Structures and Their Resistance to Chloride Corrosion. *Materials*, 14 (19), 5666. <https://doi.org/10.3390/ma14195666>
 24. Hutchinson, B., Komenda, J., Rohrer, G. S., Beladi, H. (2015). Heat affected zone microstructures and their influence on toughness in two microalloyed HSLA steels. *Acta Materialia*, 97, 380–391. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2015.05.055>
 25. Cao, Y., Zhang, Y. (2025). Control of DE-GMAW through human–robot collaboration. *Welding in the World*, 69 (5), 1459–1468. <https://doi.org/10.1007/s40194-025-01954-2>
 26. Xu, B., Liu, F., Lin, D., Han, X., Chen, X., Wu, L. et al. (2022). Investigation of weld formation and porosity in 5052 aluminium alloy laser-GMA hybrid welding assisted by magnetic field with different orientations. *Science and Technology of Welding and Joining*, 27 (8), 672–682. <https://doi.org/10.1080/13621718.2022.2106022>
 27. Yuan, H., Zhang, Y., Liu, H., Wang, C., Li, Z. (2025). Bond Characteristic-Dependent Viscosity Variations in CaF₂-SiO₂-Al₂O₃-MgO Welding Fluxes. *Welding Journal*, 104 (04), 107–118. <https://doi.org/10.29391/2025.104.009>
 28. Ibrahim, T., Yawas, D. S., Aku, S. Y. (2013). Effects of Gas Metal Arc Welding Techniques on the Mechanical Properties of Duplex Stainless Steel. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 01 (05), 222–230. <https://doi.org/10.4236/jmmce.2013.15035>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.324761

THE DEVELOPMENT OF RICE HUSK BASED TiO₂-SiO₂ HYBRID ORGANIC THIN FILM PHOTOVOLTAIC CELL (p. 17–24)

Tulus Subagyo

Universitas Yudharta Pasuruan, Pasuruan, Jawa Timur
Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8511-6549>

Denny Widhiyanuriyawan

Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5729-4212>

Agung Sugeng Widodo

Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5331-9950>

Willy Satrio Nugroho

Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8288-6287>

I Nyoman Gede Wardana

Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3146-9517>

This study investigates the synthesis, characterization, and photovoltaic performance of a rice husk-based TiO₂-SiO₂ hybrid organic thin film, which serves as the photoactive layer in an organic photovoltaic (OPV) cell. The object of the study is the TiO₂-SiO₂ hybrid thin film derived from rice husk, developed to enhance solar energy conversion in OPV applications. Conventional TiO₂ thin films typically exhibit low efficiency due to limited electron mobility, small surface area, and weak photon absorption. To overcome these limitations, silicon dioxide (SiO₂) was sustainably extracted from rice husk and integrated with TiO₂ to form a hybrid material with improved structural and electronic properties. Structural analysis confirmed the formation of a porous composite that enhances charge separation and facilitates more efficient electron transport. Optical studies revealed increased photon absorption across the UV-visible spectrum due to synergistic interactions between TiO₂ and SiO₂. XRD analysis indicated that the hybrid structure improves crystallinity and potentially enhances carrier mobility. Furthermore, the surface passivation effect of SiO₂ helps reduce charge recombination by mitigating defect states in the TiO₂ matrix. The fabricated OPV device achieved an open-circuit voltage of 0.72 V, a short-circuit current density of 4.6 mA/cm², and a power conversion efficiency of 2.8 %, exceeding the performance of conventional TiO₂-based cells. This enhancement is attributed to optimized charge transport and improved interfacial interaction. The approach demonstrates a sustainable and cost-effective route for high-performance thin-film solar cells using agricultural waste, particularly beneficial for regions with abundant solar energy and limited technological infrastructure.

Keywords: rice husk, TiO₂-SiO₂ hybrid, thin-film photovoltaic, charge transport, light absorption, electron mobility, photocurrent.

References

1. Koe, W. S., Lee, J. W., Chong, W. C., Pang, Y. L., Sim, L. C. (2019). An overview of photocatalytic degradation: photocatalysts, mechanisms, and development of photocatalytic membrane. *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (3), 2522–2565. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07193-5>
2. Hamidi, N., Yuliati, L., Purnami, P., Faiz, N. M. (2024). Thermogravimetric Analysis Of Pulverized Rice Husk Waste Catalytic Combustion With Natural Zeolit. *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, 5 (2), 186–194. <https://doi.org/10.21776/mechta.2024.005.02.7>
3. Dalanta, F., Kusworo, T. D., Aryanti, N. (2022). Synthesis, characterization, and performance evaluation of UV light-driven Co-TiO₂@SiO₂ based photocatalytic nanohybrid polysulfone membrane for effective treatment of petroleum refinery wastewater. *Applied Catalysis B: Environmental*, 316, 121576. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2022.121576>
4. Soenoko, R., Purnami, Dewi, F. G. U. (2017). Second stage cross flow turbine performance. *ARPN Journal of Engineering and Applied*

- Sciences, 12 (6). Available at: https://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2017/jeas_0317_5818.pdf
5. Shen, Y. (2017). Rice husk silica derived nanomaterials for sustainable applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 453–466. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.115>
 6. Sharma, R., Sharda, H., Dutta, A., Dahiya, A., Chaudhary, R., Singh, A. et al. (2023). Optimizing green hydrogen production: Leveraging load profile simulation and renewable energy integration. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48 (96), 38015–38026. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.03.179>
 7. Rehman, M. ur, Wang, H., Han, Q., Shen, Y., Yang, L., Lu, X. et al. (2024). Phyllosilicate-derived Ni/SiO₂ catalyst for liquid-phase hydrodeoxygenation of phenol: Synergy of Lewis acid sites and NiO. *Fuel*, 378, 132891. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2024.132891>
 8. Li, Y., Huang, X., Sheriff, H. K. M., Forrest, S. R. (2022). Semitransparent organic photovoltaics for building-integrated photovoltaic applications. *Nature Reviews Materials*, 8 (3), 186–201. <https://doi.org/10.1038/s41578-022-00514-0>
 9. Solak, E. K., Irmak, E. (2023). Advances in organic photovoltaic cells: a comprehensive review of materials, technologies, and performance. *RSC Advances*, 13 (18), 12244–12269. <https://doi.org/10.1039/d3ra01454a>
 10. Pei, J., Wang, X., Huang, X., Lv, H., Li, Y. (2024). A TiO₂-based hybrid solar cell device fabricated by employing interfacial modification and morphology control strategies. *Optical Materials*, 147, 114662. <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2023.114662>
 11. Wang, X., Yang, J., Wang, X., Zhang, R., Cui, X., Wang, N., Song, J. (2023). Preparation, Characterization and Hydrothermal Stability of Hydrophobic TiO₂/SiO₂ Membrane. *Integrated Ferroelectrics*, 234 (1), 126–142. <https://doi.org/10.1080/10584587.2023.2191557>
 12. Tharani, D., Ananthasubramanian, M. (2023). Influence of pretreatment processes on the purity and characteristics of silica extracted from rice husk. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14 (11), 12517–12529. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03728-y>
 13. Attafi, D., Meftah, A., Boumaraf, R., Labed, M., Sengouga, N. (2021). Enhancement of silicon solar cell performance by introducing selected defects in the SiO₂ passivation layer. *Optik*, 229, 166206. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2020.166206>
 14. Dwidiani, N. M., Suardana, N. P. G., Wardana, I. N. G., Septiadi, W. N., Suryawan, A. A. A. (2024). The Prediction of Photoactive Semiconductor Potential of Bio-Activated Rice Husk Ash Using Analytical Method. *Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers*, 45 (4), 375–383. Available at: https://journal.csme.org.tw/vol_file.aspx?lang=en&fid=20240903232257
 15. Ayanda, O. S., Mmuogebulam, A. O., Okezie, O., Durumin Iya, N. I., Mohammed, S. E., James, P. H. et al. (2024). Recent progress in carbon-based nanomaterials: critical review. *Journal of Nanoparticle Research*, 26 (5). <https://doi.org/10.1007/s11051-024-06006-2>
 16. Purnami, P., Satrio Nugroho, W., Wardana, I. N. G., Permanasari, A. A., Sukarni, S., Gandidi, I. M. et al. (2025). The impact of radio-green light interaction on hydrogen evolution reaction inhibition of carbon based electrophotocatalyst. *Carbon Resources Conversion*, 100308. <https://doi.org/10.1016/j.crcon.2025.100308>
 17. Zhu, J., Jin, G., Qin, L. (2023). High-efficiency and cost-effective manufacturing of solar cells based on localized surface plasmonic resonance. *Optical Materials*, 141, 113897. <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2023.113897>
 18. Purnami, P., N. W. S., Tama, I. P., W. W., Sofi'i, Y. K., Wardana, I. (2025). The analytic hierarchy process for the selection of water electrolysis electromagnetic ionization booster. *Electrochimica Acta*, 512, 145499. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2024.145499>
 19. Jiang, Y., Li, Y., Liu, F., Wang, W., Su, W., Liu, W. et al. (2023). Suppressing electron-phonon coupling in organic photovoltaics for high-efficiency power conversion. *Nature Communications*, 14 (1). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40806-9>
 20. Safari-Gezaz, M., Parhizkar, M., Asghari, E. (2024). Investigation of the structural properties of Si⁴⁺-doped HAP coatings on Ti-6Al-4V substrate as a corrosion barrier in biomedical media. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 699, 134742. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2024.134742>
 21. Nawaz, R., Saad, M., Bahadur, A., Iqbal, S., Mahmood, S., Zidan, A. et al. (2025). Designing an innovative 2D/2D step scheme α -Fe₂O₃/BiOBr/MoS₂ ternary integrated heterojunction with unparallelled visible-light-induced remarkable photocatalytic H₂ evolution. *International Journal of Hydrogen Energy*, 99, 112–122. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.12.201>
 22. Pliskin, W. A., Esch, R. P. (1965). Refractive Index of SiO₂ Films Grown on Silicon. *Journal of Applied Physics*, 36 (6), 2011–2013. <https://doi.org/10.1063/1.1714393>
 23. Wang, F., Li, J., Zhang, X., Sun, Q., Zheng, B., Zhang, X. et al. (2021). Structural Design for Controlling the Lattice Strain Relaxation Process in TiO₂/SiO₂ Core-Shell Nanoparticles. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 9 (49), 16796–16807. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.1c06572>
 24. Giuliano, F., Reggiani, S., Gnani, E., Gnudi, A., Rossetti, M., Depetro, R., Croce, G. (2022). Characterization and numerical analysis of breakdown in thick amorphous SiO₂ capacitors. *Solid-State Electronics*, 192, 108256. <https://doi.org/10.1016/j.sse.2022.108256>
 25. Wang, J., Cui, Y., Xu, Y., Xian, K., Bi, P., Chen, Z. et al. (2022). A New Polymer Donor Enables Binary All-Polymer Organic Photovoltaic Cells with 18% Efficiency and Excellent Mechanical Robustness. *Advanced Materials*, 34 (35). <https://doi.org/10.1002/adma.202205009>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.324424

DESIGN OF PROTECTIVE SOLUTIONS BASED ON A NANOMODIFIED GYPSUM ALUMINA CEMENT SYSTEM AND INVESTIGATION OF THEIR PROPERTIES (p. 25–32)

Hanna Hryshko

Ukrainian State University of Science and Technologies,
Dnipro, UkraineORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3872-6555>

The object of this study is the structuring processes and the physical-mechanical properties of nanomodified ion-protective coatings based on the gypsum-alumina cement system. Under the influence of ionizing radiation, defects are formed in the calcium hydroxide crystalline lattice causing radiation shrinkage. As a result of the shape anisotropy and aggregate deformations, uneven deformations are transferred to the concrete skeleton. Therefore, the effective use of gypsum alumina binders for creating ion-protective coatings for biological shielding against radioactive radiation is a pressing issue being solved. The sulfate and sulfoaluminate phases solution modification by carbon nanotubes (CNTs) leads to a decrease in the linear expansion coefficient and an increase in the gamma-ray scattering coefficient by 30–40 % due to the high specific surface area. The results are explained by the ettringite phase formation leading to the 15 % increase in the chemically bound moisture content in the optimal composition. At the same time, arithmetic mean value of the chemically bound moisture content improves the linear attenuation coefficient of ionizing radiation by 0.0088–0.009 cm⁻¹. Under such conditions, the total coefficient could reach up to 0.354 cm⁻¹ making it possible to reduce the radiation-protective layer equivalent thickness (14.6 cm⁻¹) by 1–1.5 mm. A special feature of the result, which made it possible to reach the purpose of the study, is the maximum 46 % ettringite content in the most complete water binding contributing to the effective ionizing radiation absorption

in the protective coating. The application of research findings is solutions for ion-shielding coatings for X-ray rooms.

Keywords: composite binder, mortar, ettringite, ettringite stabilization, aluminate cements, sulfoaluminate cements.

References

- Kostyuk, T., Plugin, A., Plugin, D., Bondarenko, O., Dedenova, O. (2023). Mechanism for creating a cement composite with enhanced hydrophysical and radiation protection properties. Collection of Scientific Works of the Ukrainian State University of Railway Transport, 206, 101–111. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.206.2023.296647>
- Azeez, A., Mohammed, K., Abdullah, M., Hussin, K., Sandu, A., Razak, R. (2013). The Effect of Various Waste Materials' Contents on the Attenuation Level of Anti-Radiation Shielding Concrete. Materials, 6 (10), 4836–4846. <https://doi.org/10.3390/ma6104836>
- Rusyn, B. H., Sanytskyi, M. A., Hohol, M. M., Kropyvnytskyi, T. S. (2023). Influence of ultrafine active mineral additives on the properties of low-carbon high-performance concretes. Bulletin National University of Water and Environmental Engineering, 4 (104), 66–75. <https://doi.org/10.31713/vt420236>
- Sanytsky, M., Kropyvnytska, T., Heviuk, I., Sikora, P., Braichenko, S. (2021). Development of rapid-hardening ultra-high strength cementitious composites using superzeolite and N-C-S-H-PCE alkaline nanomodifier. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (6 (113)), 62–72. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242813>
- Sanytsky, M., Kropyvnytska, T., Vakhula, O., Bobetsky, Y. (2023). Nanomodified Ultra High-Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites with Enhanced Operational Characteristics. Proceedings of CEE 2023, 362–371. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44955-0_36
- Derevianko, V., Hryshko, H., Smolin, D., Zhurba, I., Dubov, T. (2024). Development of binders based on the CaO–Fe₂O₃ system. Technology Organic and Inorganic Substances, 4 (6 (130)), 49–58. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309128>
- Fediuk, R., Makarova, N., Qader, D. N., Kozin, A., Amran, M., Petropavlovskaya, V. et al. (2023). Combined effect on properties and durability performance of nanomodified basalt fiber blended with bottom ash-based cement concrete: ANOVA evaluation. Journal of Materials Research and Technology, 23, 2642–2657. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.01.179>
- Voronin, V., Bobrov, Y. (2016). Structuring of nanomodified concrete cured in different temperature and humidity conditions. MATEC Web of Conferences, 86, 04047. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20168604047>
- Beskokpylny, A. N., Stel'makh, S. A., Shcherban', E. M., Mailyan, L. R., Meskhi, B., Smolyanichenko, A. S., Beskokpylny, N. (2022). High-Performance Concrete Nanomodified with Recycled Rice Straw Biochar. Applied Sciences, 12 (11), 5480. <https://doi.org/10.3390/app12115480>
- Yanze, G. A. N., Nana, A., Lemougna, P. N., Kaze, R. C., Tome, S., Rahier, H. et al. (2024). Development of calcium sulfoaluminate cements from rich-alumina bauxite and marble wastes: Physicochemical and microstructural characterization. International Journal of Ceramic Engineering & Science, 6 (3). <https://doi.org/10.1002/ces2.10216>
- Wu, J., Liu, L., Deng, Y., Zhang, G., Zhou, A., Xiao, H. (2022). Use of recycled gypsum in the cement-based stabilization of very soft clays and its micro-mechanism. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 14 (3), 909–921. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2021.10.002>
- Tuinukuafe, A., Noor, L., Ideker, J. H., Isgor, O. B. (2022). Factors Influencing the Electrical Properties of Ettringite Binders as Repair Materials. MATEC Web of Conferences, 364, 02005. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202236402005>
- Cao, W., Zhu, H. (2024). A Study on the Application Performance of High-Aspect-Ratio Nano-Ettringite in Photocurable Resin Composites. Materials, 17 (14), 3492. <https://doi.org/10.3390/ma17143492>
- Fang, Z., Zhang, S., Qi, W., Fan, Y., Shah, S. P., Zheng, J. (2024). Study on the Binding Behavior of Chloride Ion and Ettringite in Nano-Metakaolin Cement by Seawater Mixing and Curing Temperatures. Materials, 17 (16), 3943. <https://doi.org/10.3390/ma17163943>
- Zhang, G., Zhang, B., Hao, Y., Pang, Q., Tian, L., Ding, R. et al. (2024). Effects of Lime Powder on the Properties of Portland Cement-Sulphoaluminate Cement Composite System at Low Temperature. Materials, 17 (15), 3658. <https://doi.org/10.3390/ma17153658>
- Tolmachov, S., Belichenko, O. (2017). Prospects of nanoparticles in concrete transport appointment. Budivelni materialy ta vyroby, 1-2, 38–41. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/smii_2017_1-2_16
- DSTU B EN 13139:2013. Zapovniuvachi dlia rozchynu (EN 13139:2002, IDT). Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58787
- DSTU B EN 1015-12:2012. Metody vyprobuvan rozchynu dlia muruvannia. Chastyna 12. Vyznachennia mitsnosti zcheplennia shtukaturnykh rozchyniv z osnovamy (EN 1015-12:2000, IDT). Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=51052
- Hryshko, H., Derevianko, V., Vatazhysyn, O., Dubov, T. (2024). Researching the influence of the CaO/Al₂O₃ ratio on ettringite formation and obtaining the structure of a cement paste with special properties. E3S Web of Conferences, 534, 01005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453401005>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.327278

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВПЛИВУ МЕТОДІВ ГАЗОВОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛУ НА МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДУПЛЕКСНОЇ НЕРЖАВІЮЧОЇ СТАЛІ (с. 6–16)**Ahmad Bakhori, Muhammad Rafiq Yanhar, Suhardi Napid**

Це дослідження оцінює вплив різних методів газового дугового зварювання (ГДЗ) на механічні властивості дуплексної нержавіючої сталі. Основною метою є визначення найбільш ефективних параметрів процесу ГДЗ для покращення механічних властивостей матеріалу, включаючи міцність на розрив, твердість і стійкість до корозії.

Результати цього дослідження дають цінну інформацію про покращення якості зварювання, механічних властивостей і довговічності дуплексних нержавіючих сталей у високоефективних середовищах і корозійних умовах. Такі галузі промисловості, як нафтогазова, суднобудівна та хімічна промисловість, можуть отримати значну вигоду з цих висновків, прийнявши оптимізовані параметри ГДЗ для отримання міцніших і довговічніших зварних з'єднань.

Результати також підкреслюють значний вплив зварювання та термічної обробки на механічні властивості сплаву. Міцність контрольного матеріалу була зареєстрована на рівні 811,47 МН/м², тоді як зварні зразки показали міцність від 177,07 до 257,32 МН/м². Енергія удару контрольного матеріалу становила 162,70 Дж, а зварених зразків – від 38,64 Дж до 56,20 Дж.

Крім того, дослідження показує, що термічна обробка для зняття напруги призвела до найвищої міцності ($A_3=331$ МН/м²) порівняно з гартуванням у масилі ($A_2=329$ МН/м²) і олії німу ($A_1=222$ МН/м²), хоча спостерігалися зміни в міцності матеріалу. Унікальність цього дослідження полягає в його системному підході до кореляції параметрів ГДЗ зі змінами мікроструктури та механічних властивостей. Особливість цього дослідження полягає в його структурованій методології зв'язку параметрів ГДЗ з варіаціями мікроструктури та механічних властивостей, полегшуючи визначення оптимальних умов зварювання.

Ключові слова: газовий метал, дуплекс, механічний, удар, зварювання, матеріал, міцність на розрив, корозія.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.324761

РОЗРОБКА ГІБРИДНОГО ОРГАНІЧНОГО ТОНКОПЛІВКОВОГО ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ЕЛЕМЕНТА $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ НА ОСНОВІ РИСОВОГО ЛУШПИННЯ (с. 17–24)**Tulus Subagyo, Denny Widhiyanuriyawan, Agung Sugeng Widodo, Willy Satrio Nugroho, I Nyoman Gede Wardana**

У цій роботі досліджується синтез, характеристика та фотоелектричні характеристики гібридної органічної тонкої плівки $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ на основі рисового лушпиння, яка служить фотоактивним шаром в органічній фотоелектричній (OPV) комірниці. Об'єктом дослідження є гібридна тонка плівка $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$, отримана з рисового лушпиння, розроблена для покращення перетворення сонячної енергії в застосуваннях OPV. Звичайні тонкі плівки TiO_2 зазвичай демонструють низьку ефективність через обмежену рухливість електронів, малу площу поверхні та слабе поглинання фотонів. Щоб подолати ці обмеження, діоксид кремнію (SiO_2) був стабільно витягнутий з рисового лушпиння та інтегрований з TiO_2 для формування гібридного матеріалу з покращеними структурними та електронними властивостями. Структурний аналіз підтвердив утворення пористого композиту, який покращує розділення зарядів і сприяє більш ефективному транспорту електронів. Оптичні дослідження виявили підвищене поглинання фотонів у УФ-видимому спектрі завдяки синергетичним взаємодіям між TiO_2 і SiO_2 . Аналіз XRD показав, що гібридна структура покращує кристалічність і потенційно підвищує рухливість носія. Крім того, ефект поверхневої пасивації SiO_2 допомагає зменшити рекомбінацію заряду шляхом пом'якшення дефектних станів у матриці TiO_2 . Виготовлений пристрій OPV досяг напруги холостого ходу 0,72 В, щільності струму короткого замикання 4,6 мА/см² і коефіцієнта конверсії потужності 2,8 %, що перевищує продуктивність звичайних елементів на основі TiO_2 . Це покращення пояснюється оптимізованим транспортуванням заряду та покращеною міжфазною взаємодією. Цей підхід демонструє стійкий і економічно ефективний шлях для високоефективних тонкоплівкових сонячних елементів, що використовують сільськогосподарські відходи, особливо корисний для регіонів з великою кількістю сонячної енергії та обмеженою технологічною інфраструктурою.

Ключові слова: рисове лушпиння, гібрид $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$, тонкоплівкова фотоелектрика, транспорт заряду, поглинання світла, рухливість електронів, фотострум.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.324424

РОЗРОБКА ЗАХИСНИХ РОЗЧИНІВ НА ОСНОВІ НАНОМОДИФІКОВАНОЇ СИСТЕМИ ГІПС-ГЛИНОЗЕМИСТИЙ ЦЕМЕНТ І ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ВЛАСТИВОСТЕЙ (с. 25–32)**Г. М. Гришко**

Об'єктом дослідження є процеси структуроутворення та фізико-механічні властивості наномодифікованих іонозахисних покриттів на основі системи гіпс-глиноземистий цемент. При дії іонізуючого випромінювання відбувається утворення дефектів в решітці кристалів гідрооксиду кальцію, що спричиняє радіаційну усадку. В результаті анізотропії форми і деформацій заповнювачів нерівномірні деформації передаються на скелет бетону. Тому, актуальною проблемою, що вирішується, являється ефективне використання гіпсоглиноземистих в'язючих речовин для створення іонозахисних покриттів для біологічного захисту від

радіоактивного випромінювання. Модифікації розчину сульфатних і сульфоалюмінатних фаз вуглецевими нанотрубками (ВНТ) приводить до зменшення коефіцієнту лінійного розширення і підвищення коефіцієнту розсіювання гама променів на 30–40 % за рахунок високої питомої поверхні. Отримані результати пояснюються формуванням еtringітової фази, за допомогою якої в оптимальному складі підвищується на 15 % вміст хімічно-зв'язаної води. При цьому середньоарифметичний склад хімічно-зв'язаної вологи лінійного коефіцієнта послаблення іонізуючого випромінювання збільшується на $0,0088\text{--}0,009\text{ см}^{-1}$. І тоді загальний коефіцієнт може досягти $0,354\text{ см}^{-1}$, і більше, що дає змогу зменшити еквівалентну ($14,6\text{ см}^{-1}$) товщину радіаційно захисного шару на 1–1,5 мм. Відмінними рисами отриманих результатів, які дозволили вирішити досліджувану проблему, є максимальний вміст еtringіту для найбільш повного зв'язування води 46 %, що сприяє ефективному поглинанню іонізуючого випромінювання захисного покриття. Сферою практичного використання отриманих результатів є розчини для іонозахисних покриттів рентгенкабінетів.

Ключові слова: композиційне в'язуче, розчин, еtringіт, стабілізація еtringіту, алюмінатні цементи, сульфоалюмінатні цементи.