



Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, Україна, 7 грудня 2023 р.)

Handbook of the XXIII International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (December 7, 2023 Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2023.290783>

УДК 544.723.52

ПЕРЕРОБКА ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ НАНОЧАСТИНОК ВУГЛЕЦЮ ДЛЯ СОРБЦІЇ ВОДНЮ

Олена ІВАНЕНКО¹, Олександр СНИГУР², Вікторія КОВБАСЮК¹, Валерія ГЛУЩУК¹

¹Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського
проспект Берестейський, 37, Київ, Україна

²Інститут газу Національної академії наук України
вулиця Дегтярівська, 39, м. Київ, Україна

e-mail: gvrmars@gmail.com

Вуглецеві наноматеріали, зокрема вуглецеві нанотрубки (ВНТ), виявляються перспективними сорбентами для водню, сприяючи розвитку водневої енергетики [1]. Дослідження в області адсорбції водню на вуглецевих матеріалах має велике значення для розвитку чистої енергії (REPowerEU), що пришвидшить перехід до «зеленої» енергетики. До того ж, використання відходів різноманітних виробництв може стати важливим джерелом вуглецевих матеріалів для виробництва ВНТ [2, 3].

Висока вартість та дефіцит викопних палив, у першу чергу природного газу, утворення шкідливих викидів змушують людство шукати альтернативні види сировини для енергетики, хімічної промисловості, виробництва водню тощо. До таких видів сировини належать відходи сільського господарства, деревообробної промисловості, деякі промислові відходи [4], в окремих випадках низьковартісні викопні палива, наприклад, торф. Газифікація альтернативних палив має як істотні переваги, так і недоліки.

Альтернативним видом сировини для отримання ВНТ можуть слугувати тверді побутові відходи (ТПВ), оскільки вони мають ряд переваг. Газифікація таких ТПВ як: шкаралупи соняшникового насіння, деревні пелети, рис, пташиний послід дає наступний склад генераторного газу: CO – 12-30 %, H₂ – 10-25 %, CH₄ – 0,05-5 %. Склад баласту: N₂ – 35-55 %, CO₂ – 8-15 %, H₂O – 2-20 %. Газифікація зазначених палив має ряд позитивних якостей: по перше, усі органічні сполуки розщеплюються та газифікуються всередині апарату; по друге, газ не містить смолистих речовин. До недоліків біопалива з відходів можна віднести складну підготовку: роздільне збирання, сортування, подрібнення, виготовлення пелет або брикетів, а також зміну складу та теплотворної здатності генераторного газу при зміні палива [5].

Шляхом піролізу можна також утилізувати широкий спектр відходів [6, 7], до того ж пропонується використовувати сміття з різних матеріалів, коли роздільний збір сміття не є життєздатною альтернативою [7].

ВНТ і вуглецеві нановолокна є найпопулярнішими циліндричними формами вуглецю, які використовуються в різних сферах застосування. Завдяки поєднанню своїх унікальних властивостей (високої міцності на розрив, чудових теплових і електричних властивостей та високого співвідношення довжини до діаметра) вони є найбільш універсальним матеріалом для сорбції водню [8, 9].

Існує достатня кількість літературних джерел щодо звичайних методів каталітичного піролізу для отримання ВНТ [10]. Одним із істотних обмежень традиційного піролізу є нагрівання, що не є ні рентабельним, ні економічно вигідним [9]. За дослідженнями [9], для піролізу відходів можна застосовувати каталізatori на основі перехідних металів на оксидно-алюмінієвому носії ($\text{Fe}/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\text{Ni}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\text{Ni}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) з використанням нагрівання при 700–900 °С, нікелеві та залізні каталізatori на основі кремнезему [10]. Авторами [9] доведено, що каталізатор на основі заліза на оксидно-алюмінієвому носії є найбільш ефективним і дешевим каталізатором. Авторами [11, 12] було досліджено можливість використання каталізаторів на основі заліза (FeAlO_x , $\text{Fe}/\text{FeAl}_2\text{O}_4$) за технологією СВЧ для отримання ВНТ при високочастотному піролізі поліолефінів.

Щодо самого технологічного процесу отримання ВНТ, то літературні дані свідчать про використання різних конфігурацій реакторів для виробництва вуглецевих нанотрубок із відходів. Найкращим методом є двоетапна система реакторів, де на першому етапі відходи піролізуються в контрольованих умовах, а отримані піролізні гази подаються в другий керований каталітичний реактор, де вони можуть бути використані для виробництва ВНТ [13].

Отже, метою даної роботи є дослідження можливості отримання наночастинок вуглецю при переробці твердих побутових відходів з подальшим використанням ВНТ для сорбції водню. ВНТ отримувались з деревних пелет, азотовмісної смоли, фенолу, нафтового пеку, лушпиння коксу. Для дослідження процесів отримання ВНТ використовувалась лабораторна установка, схему якої представлено на рис. 1.

Конверсія генераторного газу проводилась в реакторі каталітичної конверсії 1 з каталізатором ГИАП-3-6Н. Отриманий конвертований газ проходив через вузол очищення і поступав до горизонтальної печі 2, в реакційну зону якої був завантажений каталізатор з нержавіючої сталі X18H10T. Водень 5 виконує функцію активатора металевого каталізатора, на якому відбувався ріст ВНТ. Результати досліджень сорбції та десорбції водню на отриманих ВНТ наведені у таблиці 1.

Як видно, найкращі сорбційні властивості має ВНТ, отриманий з генераторного газу при піролізі деревних пелет. Причому для зразку, отриманого з деревних пелет, найвища питома ємність складала $21,9 \text{ см}^3(\text{H}_2)/\text{г}$ при 300 °С. Проте інші зразки ВНТ відрізняються більш швидким досягненням результату при сорбції водню.

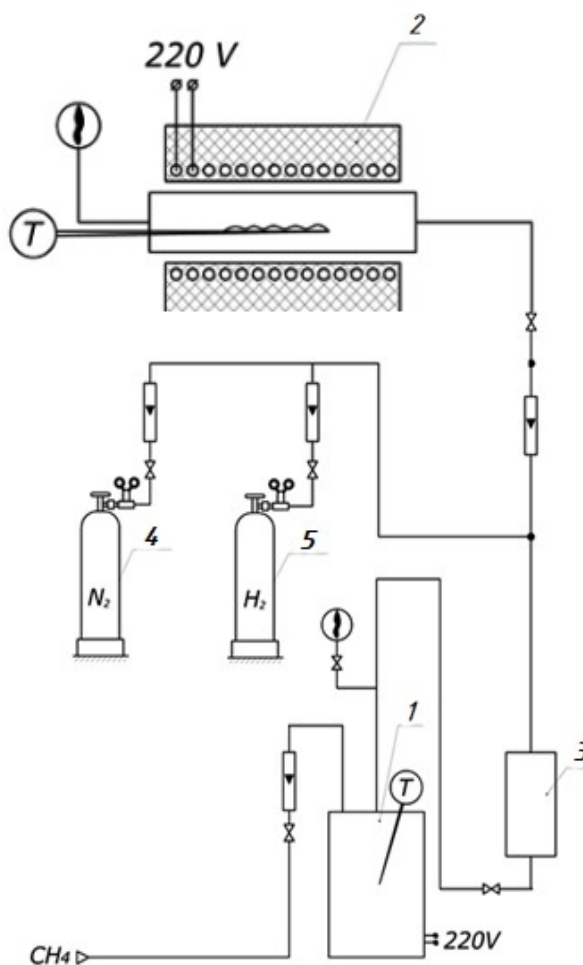


Рис. 1. Технологічна схема лабораторної установки для дослідження процесів одержання ВНТ: 1 – генератор конвертованого газу, 2 – горизонтальна піч з каталізатором (нержавіюча сталь X18H10T), 3 – поглинач вологи, 4 – балон з азотом, 5 – балон з воднем

Таблиця 1. Показники сорбції-десорбції водню, одержані в процесі експерименту по ефективності використання нанотрубок для сорбції водню

Походження зразку ВНТ	m, г	ρ , г/см ³	Час, год	V(H ₂), см ³	V(H ₂)/m при 300 °С, см ³ /г
Деревні пелети	4,516	0,113	5	99,0	21,9
Азотвмісна смола	9,824	0,246	4	78,0	7,9
Фенол	7,075	0,177	2	55,0	7,7
Нафтовий пек	8,469	0,212	1,5	57,0	6,7
Лушпиння кокосу	11,182	0,280	2	86,0	7,7

Вочевидь, використання ТПВ для отримання ВНТ є досить перспективним шляхом для отримання матеріалів з метою зберігання водню.

Література:

1. Vavrysh A., Nebesniy A., Bondarenko B. et al. (2014). Production of carbon nanomaterials for hydrogen storage. NANOCON. pp. 416-420.
2. Williams P.T. (2021). Hydrogen and Carbon Nanotubes from Pyrolysis-Catalysis of Waste Plastics: A Review. Waste and Biomass Valorization. 12:1-28.
3. Ramzan, F., Shoukat B., Naz M. et al. (2022). Single step microwaves assisted catalytic conversion of plastic waste into valuable fuel and carbon nanotubes. Thermochemica Acta. 715. p. 179294.
4. Putra H., Shaifulazuar R., Patah A. et al. (2022). A review of microwave pyrolysis as a sustainable plastic waste management technique. Journal of Environmental Management. 303. p. 114240.
5. Снігур О., Праженнік Ю., Марчук Ю. (2018). Термодинамічний аналіз методів забезпечення автотермічності процесів повітряної газифікації комбінованих палив. Енерготехнології та ресурсозбереження. №1. с. 21-30.
6. Chen X., Wang Y., Zhang L. (2021). Recent progress in the chemical upcycling of plastic wastes, Chemical Upcycling of Waste Plastics. 14. pp.4137–4151.
7. Al-Salem S., Antelava A., Constantinou A., Manos G. (2017). A review on thermal and catalytic pyrolysis of plastic solid waste (PSW). Journal of Environmental Management. 197. pp.177–198.
8. Hopewell J., Dvorak R., & Kosior E. (2009). Plastics recycling: challenges and opportunities, Philosophical transactions of Royal Society 364. pp. 2115–2126.
9. Wang j., Pan Y., Song J., (2022). A high-quality hydrogen production strategy from waste plastics through microwave assisted reactions with heterogeneous bimetallic iron/nickel/cerium catalysts. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 166. p. 105612.
10. Yao D., Zhang Y., Williams P. (2018). Co-production of hydrogen and carbon nanotubes from real-world waste plastics: Influence of catalyst composition and operational parameters. Applied Catalysis B: Environmental. 221. pp. 584-597.
11. Yao L., Yi B., Zhao X., et al. (2022). Microwave-assisted decomposition of waste plastic over Fe/FeAl₂O₄ to produce hydrogen and carbon nanotubes. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 165. p. 105577.
12. Gholizadeh F., Izadbakhsh A., Huang J., et al. (2021). Catalytic performance of cubic ordered mesoporous alumina supported nickel catalysts in dry reforming of methane. Microporous and Mesoporous Materials. 310. p. 110616.
13. Lee J., Jun K., Kang S., et al. (2018). Fe–Co/alumina catalysts for production of high calorific synthetic natural gas: effect of Fe/Co ratio. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 66. pp. 396-403.