

Список литературы

1. Худокормов Д.Н. Производство оливок из чугуна. М.: Металлургия, 1990. - 320с.
2. Дудченко А.В., Тарасевич Н.И., Примак И.Н. Особенности заполнения формы крупной стальной отливки с использованием этажной литниковой системы с обратным стояком. МЕТАЛЛ И ЛИТЬЕ УКРАИНЫ № 4 (239) '2013- с.12-16.
3. Скворцов А. А. Аксименко А. Д. Влияние внешних воздействий на процесс формования слитков и заготовок. М.: Металлургия, 1989. -280 с.
4. Sisavath S., Jing X., Pain C.C., Zimmerman R.W. Creeping flow through axisymmetric sudden contraction or expansion // J. Fluids Eng. (Trans. ASME). 2002. V. 124(1). P. 273278.
5. Яхно О. М., Носко С. В. Влияние условий входа на ламинарное течение вязкой жидкости в начальном участке канала // Гідравліка і гідротехніка: Науково-технічний збірник – К.: НТУ, 1980. – Вип. 31. – С 18-22.

УДК 532.513.1

Луговський О. Ф., д.т.н., проф., Ночніченко І. В., к.т.н., доц., Костюк Д. В., к.т.н., асистент, Зілінський А. І., асистент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ КАВІТАЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ

***Анотація.** У роботі розглядається застосування ультразвукової кавітації при електролізі водного розчину для отримання водню. Метод отримання водню шляхом електролізу є добре відомим і поширеним, проте, має не надто високу енергоефективність та потребує контролю та підтримки робочого режиму. Відомими проблемами при роботі електролізера є зміна хімічного складу електроліту з часом та його неоднорідність, забруднення пластин та налипання на них бульбашок газу. Застосування ультразвукових коливань є достатньо поширеним при різноманітних технологічних процесах, тому його використання в процесі електролізу може дозволити підвищити продуктивність роботи електролізера та час його безперервної роботи. Розроблено стенд для перевірки ефективності роботи електролізера та проведена оцінка підвищення ефективності генерації газу під дією ультразвукового поля.*

***Ключові слова** – електроліз, генератор водню, ультразвукова кавітація, водень.*

Воднева енергетика є перспективною, якщо брати до уваги екологічні питання у використанні вуглеводнів. Отримання водню шляхом електролізу води є раціональним, зокрема, у випадку невеликого споживання газу, проте даний спосіб є менш енергоефективним порівняно з іншими. Електролізери набули широкого поширення в водневій енергетиці. Електроліз води відрізняється від інших методів отримання водню простотою технологічної схеми, доступністю води в якості сировини, простотою обслуговування установок, високою надійністю в експлуатації.

Щодо водневої енергетики, ключова теза, що тільки спалювання водню в атмосфері кисню є абсолютно екологічно безпечним, оскільки при цьому нічого, крім води, не утворюється. Якби водень був так само доступний, як і природний газ, він би дійсно став ідеальним паливом, яке не забруднює навколишнє середовище. У зв'язку із загрозою глобальної енергетичної та екологічної кризи, в передових країнах світу розробляються альтернативні технології та пристрої, що використовують відновлювальну енергію і технологію енергозбереження [1 – 4].

Процес електролізу можна представити наступною схемою (рис. 1).

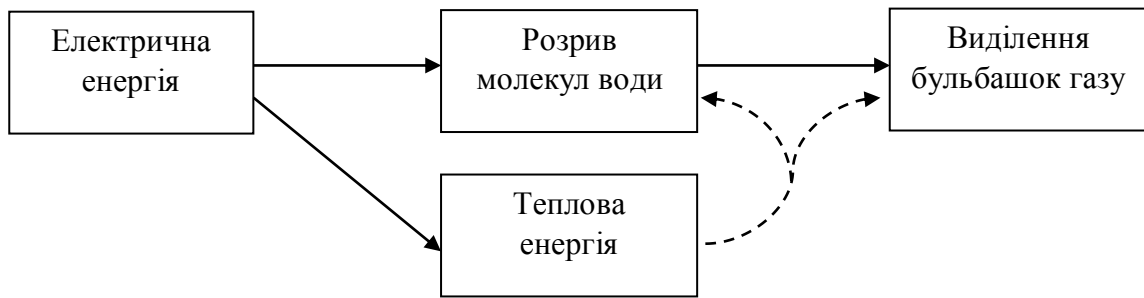


Рис.1 - Принципова схема фізичних процесів та явищ у процесі електролізу

Під дією електричного струму молекули води розриваються, утворюючи молекули водню та кисню, що виділяються у вигляді бульбашок на пластинах-електродах. Поряд з цим відбувається нагрів електроліту, що впливає на електрохімічні та фізичні процеси в електролізері.

Ультразвукова кавітація вносить наступні дії у процес електролізу:

- очищення пластин від нальоту;
- перемішування електроліту;
- деструкція молекул води;
- дегазація та відрив бульбашок від пластин;
- диспергування нальоту;
- ультразвукова активація води.

Дослідження можливостей підвищення ефективності електролізера було проведено на експериментальній установці (рис.2), яка дозволяла за допомогою напівхвильового ультразвукового випромінювача вводити в об'єм електроліту ультразвукові хвилі з інтенсивністю, що перевищує поріг виникнення кавітації. За рахунок ефектів, що супроводжують явище ультразвукової кавітації, а саме, виникнення інтенсивних мікротечій, які на молекулярному рівні перемішують електроліт, утворення ударних сферичних хвиль та енергоємних кумулятивних струменів, які інтенсивно очищають робочі поверхні пластин-електродів від накипу та окислення, дегазації та активації електроліту, відбувається підвищення ефективності технологічного процесу отримання водню.

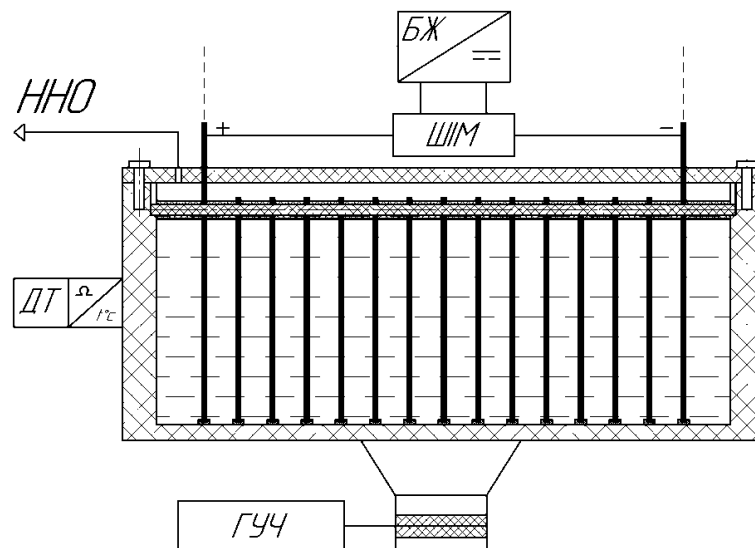


Рис. 2 - Схема дослідного зразка генератора водню з застосуванням ультразвукової кавітації (БЖ – блок живлення, ШІМ – широтно-імпульсний модулятор, ДТ – датчик температури, ГУЧ – генератор ультразвукової частоти, ННО – вихід газу)



Рис. 3 - Вплив ультразвукової кавітації на пластини електролізера (ліворуч – забруднена пластина без впливу ультразвукової кавітації, праворуч – очищена пластина під впливом ультразвукової кавітації)

Під час проведення експерименту було досліджено вплив ультразвукової кавітації на очищення пластин-електродів від газових бульбашок та окислення робочої поверхні анодів. На рис. 3 представлено порівняння пластин-електродів до і після кавітаційного впливу.

Було проведено порівняння продуктивності роботи генератору водню без та з впливом ультразвукової кавітації. Порівняння дослідів представлені у вигляді графічної залежності (рис. 4). Максимальне збільшення продуктивності роботи електролізера складає приблизно 30 %. Порівнювалися наступні режими роботи електролізера: при живленні постійним струмом (DC) і при живленні імпульсами через модуль широтно-імпульсної модуляції з накладенням ультразвукового поля (Ultrasonic).

Як видно з графіка, на інтенсивність роботи електролізера впливають сила струму, що проходить через електролізер, і температура електроліту. Аналіз показав, що вплив температури електроліту на кількість газу, що виділяється, має практично лінійний характер.

Для зниження витрат електроенергії застосовано імпульсний генератор сигналу з електронним блоком керування. Також треба відзначити, що кавітація, викликана ультразвуком, очищає пластини від утворених відкладень і коагулює осад в нижню частину електролізера.

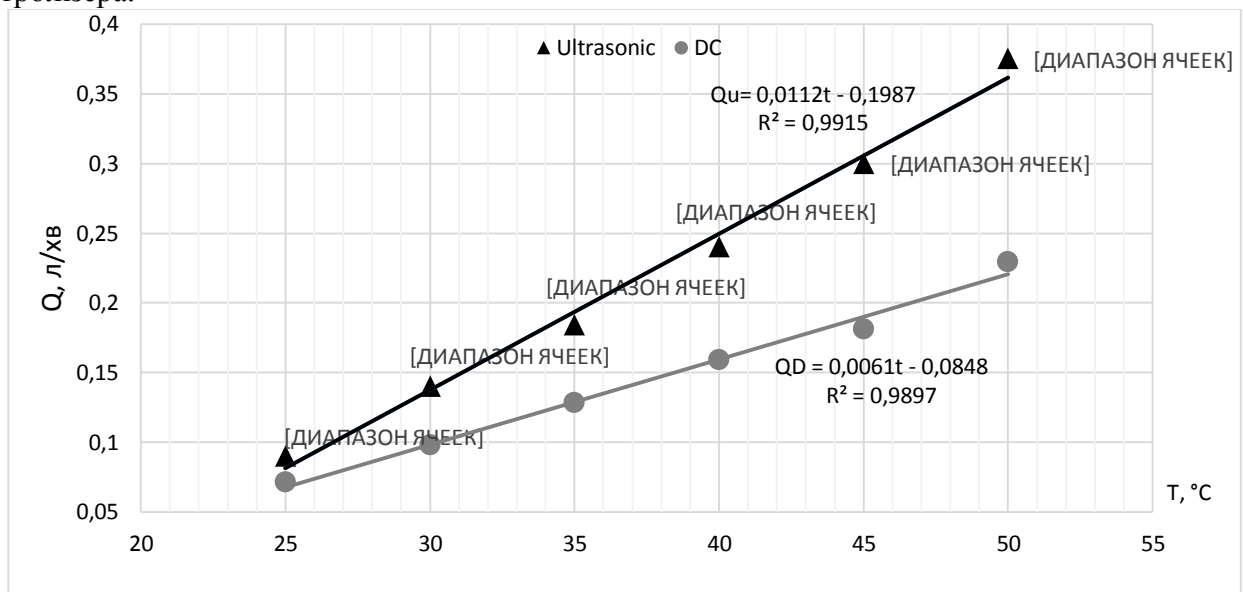


Рис. 4. Продуктивність генератора водню в залежності від температури електроліту та сили струму (DC – робота на постійному струмі без впливу ультразвукової кавітації, Ultrasonic – робота на пульсуючому струмі та з впливом ультразвуку)

Під час проведення експериментів було помічено що, коли температура електролізера перевищує 55-60 ° С, електролізер починає працювати нестабільно і це призводить до погіршення роботи.

Висновки. Таким чином, запропонована модернізована принципова схема підтримує раціональні режими роботи електролізера, а застосування ультразвукової кавітації дозволяє підвищити енергоефективність електролізу в цілому.

Список використаних джерел

1. Якименко Л.М., Модылевская И.Д., Ткачек З.А. Электролиз воды издательство Химия. Москва. 1970. - 264с.
2. Ночніченко І. В. Перспективи застосування hho-електролізера для генерації газу Брауна як домішки до рідкого палива в автомобільному транспорті XXII Міжнародна науково-технічна конференція «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці», м. Черкаси 2017. -30-31 с.
3. О. Luhovskiy Increase generation efficiency of hydrogen by the means of ultrasound field and the mechatronic control system of the operation mode / I. Nochnichenko, A. Zilinskyi, V. Mironchuk// International scientific conference "UNITECH 2018". Vol. I. – Gabrovo, Bulgaria, pp. 1-7, 2018 p.
4. А. Бахтаев, А. Б. Нусибалиева, Н. С. Бакирова. Механизмы роста и отрыва пузырьков газа на поверхности электродов при электролизе. Вестник АУЭС Научно-технический журнал 6. 2014г.

УДК 621.647.23

Луговський О. Ф., д.т.н., проф., **Гришко І. А.**, к.т.н., доц., **Зілінський А. І.**, асист., **Жила В. В.**, студент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ КАВІТАЦІЇ НА КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

***Анотація.** В роботі розглянуто вплив ультразвукової хвилі, інтенсивність якої перевищує поріг виникнення кавітації, на конструкційні матеріали. Наведені результати експериментального дослідження кавітаційної стійкості матеріалів шляхом визначення втрати маси матеріалу за рахунок впливу ультразвукової кавітації.*

***Ключові слова:** кавітація, моделювання, задача Герца, кавітаційна стійкість матеріалів, втрата маси.*

Кавітація шкідливе явище. Однак в багатьох сферах використовується для інтенсифікації хімічних та фізичних процесів [1] за рахунок ефектів першого та другого порядків. Основними впливовими факторами, що супроводжують явище ультразвукової кавітації, є надвисокі локальні тиски та температури, сферичні ударні хвилі та квисокоенергетичні кумулятивні струмені, що виникають при схлопуванні кавітаційних бульбашок. Це накладає певні вимоги до матеріалів, що застосовуються при проектуванні кавітаційних пристроїв.

Для випадку ультразвукової кавітації енергію кавітаційної бульбашки можливо визначити за допомогою рівняння Херрінга-Фліна [1,2]

$$R \left(1 - \frac{2U}{c_p} \right) \frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{3}{2} \left(1 - \frac{4U}{3c_p} \right) \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 + \frac{1}{\rho} \left[p_0 - p_n - p_a \sin \omega t + \frac{2\sigma}{R} + \frac{4\mu U}{R} + \left(p_0 + \frac{2\sigma}{R_0} \right) \left(\frac{R_0}{R} \right)^{3\gamma} \right] + \frac{RU}{\rho c_p} \left(1 - \frac{U}{c_p} \right) \frac{dp(R)}{dR} = 0, \tag{1}$$

де p_n – тиск насиченої пари; $U = \frac{dR}{dt}$ – швидкість руйнування бульбашки; c_p – швидкість звуку; $\omega = 2\pi f$ – колова частота коливань; γ – показник політропи.

Розрахунок впливу ультразвукової кавітації на нерухому поверхню ґрунтується на контактній задачі Герца [3] для розрахунку пружно-пластичних деформацій. Задача Герца допускає, що при статичному навантаженні відбуваються лише пружні деформації.

В даному випадку рівняння енергій можна записати у вигляді