

ПЕРЕРОБКА СОНЯЧНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ: ДОСЯГНЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Панченко М.В., студентка

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. Сонячна енергія стала ключовим компонентом світового переходу до використання відновлювальних джерел енергії. Швидкий ріст використання сонячних фотоелектричних модулів та панелей в останні роки підкреслює їхню важливість у забезпеченні сталого та чистого енергетичного майбутнього. Однак разом із зростанням кількості сонячних установок виникають нові виклики, пов'язані з утилізацією та переробкою відпрацьованих сонячних модулів.

Мета роботи. Проаналізувати результати досліджень методів та технологій для ефективної переробки сонячних фотоелектричних модулів після завершення їхнього строку служби і визначення отриманих матеріалів та їхньої якості.

Матеріали і результати досліджень. У сучасному світі сонячні фотоелектричні модулі є важливою частиною енергетичної трансформації. Вони забезпечують виробництво чистої та відновлюваної енергії, але також породжують питання щодо переробки та використання їхніх компонентів після закінчення строку служби. Сонячні фотоелектричні модулі - це складний сендвіч з металів, напівпровідників, полімерів і скла, який створений для довговічності, але важко розбирається [1]. Хоча ця міцна конструкція витримує впливи атмосферних умов і забезпечує надійну роботу модулів протягом багатьох десятиліть, вона також ускладнює процес їх розбирання.

З екологічної точки зору, переробка сонячних модулів може значно зменшити викиди CO₂ та інших шкідливих речовин, які пов'язані з видобутком сировини та виробництвом. Це може допомогти зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та сприяти боротьбі з кліматичними змінами.

Зняти алюмінієву раму та електричну розподільчу коробку - це найпростіша частина, і на цьому переробка фотоелектричних модулів у більшості випадків закінчується. Складніше відірвати скляну кришку від сонячних елементів під нею, тому переробники часто просто подрібнюють цю частину і продають забруднене скло як низькоцінні гранули, або склобій. Ще складніше відокремити срібло та інші метали від комірки, щоб отримати чисту кремнієву пластину [2]. Наразі жоден комерційний процес переробки не здатний повністю відновити всі ці корисні матеріали з фотоелектричних панелей.

Якби було можливо видобувати більше матеріалів з вищим ступенем чистоти, це підвищило б їх ринкову вартість і зробило процес переробки більш вигідним з економічної точки зору. Однак видобуток матеріалів з високим ступенем чистоти, зазвичай, включає більше етапів переробки, що призводить до збільшення витрат.

Об'ємні матеріали, такі як скло та алюміній, складають понад 80% маси кремнієвого фотоелектричного елемента. Але дві третини грошової вартості матеріалів елемента складають срібло, кремній і мідь - більш дрібні компоненти [2].

Перший метод переробки сонячних панелей використовує органічні розчинники для відклеювання скла від кремнієвих елементів, але це може призвести до утворення небезпечних відходів. Інший метод включає спалювання полімерів в печі при температурі близько 500 °С, але вимагає великих печей та великої кількості енергії. Третій метод використовує інфрачервоні нагрівачі та вібраційний ніж для розрізання скла панелі. Цей метод розрахований на обробку 5 000 тонн сонячних панелей щорічно. Завдяки цьому методу є можливість переробити приблизно 85% маси фотоелектричної панелі, включаючи скло, алюмінієву раму та зовнішні електричні кабелі.

Дослідники розробляють метод селективного вилуговування та електровідновлення для відновлення срібла з відпрацьованих елементів сонячної панелі. Цей метод має потенціал відновити понад 99% срібла з елементів панелі.

І останній дослідницький метод використовує сам сонячний елемент як електрод в електрохімічній комірці для виділення срібла. Іншим електродом є срібний дріт, а водний електроліт між ними містить нітрат срібла та нітрат калію. Подача струму вилучає срібло з сонячного елемента і осаджує його на дроті. Цей лабораторний процес відновлює 95% срібла з чистотою 99,9% за кілька хвилин, а нешкідливий електроліт може бути повторно використаний щонайменше для 80 елементів, що потенційно дає йому набагато менший вплив на навколишнє середовище [2].

Висновок. Сонячні фотоелектричні модулі є важливим компонентом сучасного виробництва енергії, проте їхнє перероблення після відпрацювання залишається складним завданням. Модулі складаються з різноманітних матеріалів, включаючи метали, напівпровідники, полімери та скло, які важко розбирати. Вирішення цієї проблеми вимагає розвитку нових технологій та методів переробки.

Розвиток сталої індустрії переробки фотоелектричних матеріалів є важливим завданням для збереження навколишнього середовища та зменшення витрат.

Перелік посилань

1. Heath, G. A., Silverman, T. J., Kempe, M., Deceglie, M., Ravikumar, D., Remo, T., ... Wade, A. (2020). Research and development priorities for silicon photovoltaic module recycling to support a circular economy. *Nature Energy*, 5(7), 502–510. doi:10.1038/s41560-020-0645-2
2. Peplow, M. (2022). Solar Panels Face Recycling Challenge. *ACS Central Science*, 8(3), 299–302. doi:10.1021/acscentsci.2c00214