

**ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНІ ПРОЦЕСИ В КОНТЕКСТІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ
ТА ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ**

У сучасних умовах боротьби з глобальними змінами клімату та необхідністю скорочення викидів парникових газів особливої актуальності набуває декарбонізація енергоємних галузей промисловості. Значну частину цих викидів формують високотемпературні теплотехнічні процеси, які переважно працюють на викопному паливі — природному газі, вугіллі або мазуті. З огляду на це, дедалі більше уваги приділяється пошуку альтернативних, "чистих" видів палива, серед яких особливе місце займає водень.

Водень є високотеплотворним (нижча теплота згоряння становить близько 120 МДж/кг) та екологічно чистим енергоресурсом, адже в процесі його згоряння основним продуктом є водяна пара, а не вуглекислий газ. Це робить його ідеальним кандидатом для заміни викопного палива в енергетиці та промисловості. Зокрема, у металургії, виробництві цементу, скла, кераміки та хімічній промисловості, де потрібні температури понад 1000 °C, перехід на водень може суттєво зменшити вуглецевий слід. Проте застосування водню у високотемпературних установках пов'язане з рядом технічних та економічних викликів:

Температура горіння водню у повітрі значно вища, ніж у метану (~2300 °C проти ~1950°C), що може викликати перегрівання матеріалів обладнання;

Потрібна модернізація або повна заміна пальників та теплообмінних систем, оскільки традиційні установки не розраховані на роботу з воднем;

Вартість "зеленого" водню (виробленого з використанням відновлюваних джерел енергії) наразі залишається високою у порівнянні з природним газом.

Паралельно з декарбонізацією, важливим завданням є підвищення енергоефективності теплотехнічних процесів. Використання водню дозволяє оптимізувати горіння за рахунок більш повного згоряння палива, зменшити втрати тепла через димові гази, а також реалізовувати нові концепції подачі теплоти, наприклад, за допомогою плазмового підігріву на водневому середовищі.

У деяких випадках можливе поєднання водню з традиційним паливом у змішаних режимах, що дозволяє знижувати викиди CO₂ без кардинальної реконструкції обладнання.

Європейський Союз, Японія та Південна Корея вже активно впроваджують пілотні водневі проекти у промисловості. Зокрема, у Швеції працює демонстраційний металургійний завод HYBRIT, що використовує відновлювальний водень для відновлення заліза, повністю замінюючи кокс. У цементній промисловості ведуться випробування водневих пальників у печах клінкера.

Для країн із розвинутою енергетикою на основі викопного палива, таких як Україна, поетапний перехід до водню може стати ключовим шляхом до досягнення вуглецевої нейтральності у промисловості.

Використання водню як паливного середовища у високотемпературних теплотехнічних процесах відкриває нові горизонти для енергозбереження та декарбонізації. Хоча впровадження таких рішень потребує значних інвестицій та технічних змін, довгострокові вигоди — у вигляді зменшення викидів парникових газів, зниження залежності від викопного палива та підвищення енергоефективності — є вагомим аргументом на користь водневої трансформації промисловості.