

PRODUZIONE DI IDROGENO, AMMONIACA, METANOLO E METANO DA FONTI RINNOVABILI PER ELETTROLISI CON TECNOLOGIA SOEC

Una delle strategie per la decarbonizzazione del nostro pianeta è quella della produzione dell'idrogeno a partire dall'elettrolisi dell'acqua e di CO ottenuta per elettrolisi di CO₂ con tecnologia SOEC (Solid Oxide Electrolyzer Cell), utilizzando energie rinnovabili (turbine a vento, pannelli solari ed energia idroelettrica) [1, 2] per produrre combustibili e prodotti chimici.

Elettrolisi con la tecnologia SOEC

La SOEC è la più efficiente tecnologia di elettrolisi che opera ad alta temperatura e realizza con l'elettrolisi dell'acqua fino al 30% più di idrogeno verde e in tempi più brevi con la stessa quantità di energia rinnovabile rispetto alle tecnologie con elettrolizzatori a membrana polimerica (PEM) o elettrolisi alcaline, che sono già commerciali, e a membrane a scambio anionico. La tecnologia SOEC lavora a temperatura fra 600-800 °C e consiste di un anodo, un catodo e un elettrolita: al catodo l'acqua è decomposta in H₂ e ioni ossidi; gli ioni ossidi sono quindi trasportati con l'elettrolita all'anodo, dove sono ossidati a ossigeno [3, 4]. La tecnologia SOEC utilizza materiali ceramici a basso costo e non impiega metalli rari. Grazie all'alta temperatura di esercizio questa tecnologia di elettrolisi permette di produrre idrogeno dall'acqua con una maggiore velocità e a costi minori rispetto alle altre tecnologie di elettrolisi. In questo processo, entrambi gli elettrodi sono a stato solido, così come l'elettrolita che trasporta gli ioni. L'elettrolita solido deve essere abbastanza denso per evitare il contatto diretto fra i gas mentre i materiali utilizzati nella fabbrica-

zione degli elettrodi devono avere buone proprietà di conduzione elettronica e ionica e presentare elevata porosità e attività catalitica per le reazioni utilizzate. Dal punto di vista termodinamico è vantaggioso realizzare reazioni endotermiche, come l'elettrolisi dell'acqua e della CO₂, ad alta temperatura. Gli elettrolizzatori SOEC non richiedono di reintegrare gli elettroliti "persi" e non c'è nessun rischio di corrosione. L'elettrolita è un materiale ceramico (ossido di zirconio stabilizzato con ossido di ittrio), l'anodo un cermet di ossido di nichel e ossido di zirconio e il catodo un manganito di lantanio drogato con stronzio. L'utilizzo di un elettrolita solido non permette perdite liquide o evaporazione di solvente e non produce sostanze corrosive. Inoltre, è possibile utilizzare acqua non precedentemente purificata, come è richiesto dagli altri elettrolizzatori, recuperare il calore generato e, grazie all'alta temperatura di esercizio, si possono raggiungere efficienze di conversione dell'elettricità in idrogeno superiori al 90% e teoricamente prossime al 100%.

Sintesi di "green idrogeno", di "green CO" e di "green ammoniaca"

Topsoe realizzerà un impianto di produzione di idrogeno per elettrolisi dell'acqua con tecnologia SOEC con capacità di 500 MW/anno con l'intenzione di espanderla a 5 GW per anno. La costruzione dell'impianto inizierà nel 2022 e sarà operativa nel 2023. Con questa tecnologia il 90% dell'energia rinnovabile sarà conservata nell'idrogeno prodotto [5, 6].

A Columbus (Ohio), per l'azienda "DeLille Oxygen

Company”, Topsoe realizzerà il primo impianto commerciale con la tecnologia SOEC per convertire CO_2 a CO per produrre gas di sintesi e co-produrre O_2 puro: l'impianto partirà nel 2021 [7]. Topsoe utilizzerà la tecnologia SOEC per fornire “green idrogeno”, generato da un impianto di elettrolisi SOEC da 10 MW, all'azienda danese Green Fuels, che produrrà nel 2023 metanolo e combustibili per idrogenazione di CO_2 catturato da altri impianti e che quindi non sarà emessa in atmosfera nella zona industriale di Copenaghen. Infine, Topsoe produrrà in Scandinavia “green metanolo” per reazione fra green idrogeno ottenuto da elettrolisi e CO_2 ottenuta da inceneritori di rifiuti per produrre metanolo. In Arabia Saudita Topsoe realizzerà un impianto da 650 t/d di green idrogeno che verrà usato come combustibile per automezzi.

Topsoe and AQM Capital LLC (Aquamarine) hanno firmato un accordo [8] per realizzare un impianto di produzione di green ammoniaca in Germania nel 2024. L'impianto utilizzerà un elettrolizzatore SOEC da 100 MW per produrre idrogeno a 700 °C che servirà per produrre 300 kt di “green ammoniaca” al giorno negli impianti tradizionali della Topsoe. Questa green ammoniaca sarà utilizzata per produrre fertilizzanti e combustibili per navi; il green idrogeno può, invece, essere impiegato per produrre green metanolo e green metano. Attualmente solo lo 0,1% dell'idrogeno viene generato per elettrolisi dell'acqua.

La produzione di idrogeno per elettrolisi dell'acqua e produzione di metano per idrogenazione di CO_2 recuperata

M.A. Ancona del Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Bologna ha presentato, ad un congresso a Ravenna nel 2016 [9], una rassegna sulle tecnologie di elettrolisi SOEC dell'acqua per produrre H_2 e sul suo successivo utilizzo nell'idrogenazione di CO_2 , recuperata da attività industriali e civili per evitare la sua emissione in aria, per produrre green metano. L'idrogenazione di CO_2 a metano è realizzata con un reattore Sabatier e con catalizzatori a base di Ni su allumina o Rh/ SiO_2 o Fe/ SiO_2 . È già operativo un impianto a Werrl in Germania da 6 MW che produce 1000 t/anno di metano utilizzando 2300 t/anno di CO_2 sequestrata. Inoltre, all'Aeroporto di Berlino si produce idrogeno con tecnologia SOEC per idrolisi dell'acqua. A Falkenhagen, sempre in Germania, si genera idrogeno che viene

immesso nella rete gas con un elettrolizzatore da 2 MW con produzione di 360 $\text{Nm}^3 \text{H}_2/\text{h}$.

Elettrolisi della CO_2

OxEon Energy ha impiegato la tecnologia SOEC per condurre l'elettrolisi della CO_2 recuperata (da impianti di incenerimento, di produzione di cemento ed industriali) per ridurla a CO e poi produrre green metanolo: $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{CO} + \text{O}_2^-$ al catodo e $2\text{O}_2^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{e}^-$ all'anodo. La OxEon Energy ha realizzato anche l'elettrolisi di miscele di CO_2 e H_2O per ottenere direttamente $\text{CO} + \text{H}_2$ usando la tecnologia SOEC [10, 11]. OxEon sta collaborando con l'Università del Massachusetts per aumentare la durabilità e le rese degli elettrolizzatori SOEC da 5 kW a 10 kW. L'obiettivo del progetto è produrre energia pulita da calore ottenuto da rifiuti industriali e da celle solari.

Si segnala che è appena stato pubblicato un libro di Alessandro Abboto sull'utilizzo di idrogeno per produrre energia pulita [12].

BIBLIOGRAFIA

- [1] <https://www.rinnovabili.it/energia/idrogeno/produrre-idrogeno-acqua-soec/>
- [2] <https://www.sotacarbo.it/it/2021/05/idrogeno-verde-elettrolisi-ed-elettrolizzatori/>
- [3] R. Küngas *et al.*, *J. Electrochem. Soc.*, 2020, **167**, 044508, DOI: **10.1149/1945-7111/ab7099**
- [4] A. Gondolini *et al.*, *J. Eur. Ceram. Soc.*, 2013, **33**(1), 67, DOI: **10.1016/j.jeurceramsoc.2012.08.008**
- [5] **Green ammonia (topsoe.com)**
- [6] **Green Hydrogen (topsoe.com)**
- [7] **Haldor Topsoe to build large-scale SOEC electrolyzer manufacturing facility to meet customer needs for green hydrogen production**
- [8] **Haldor Topsoe and Aquamarine enter into a Memorandum of Understanding with the purpose of building a green ammonia facility based on SOEC electrolysis**
- [9] **La produzione di Idrogeno e Metano Sintetico da Fonte Rinnovabile non Programmabile**
- [10] **Solid Oxide Electrolysis Cells (SOEC) | OxEon Energy | Beyond Current Potential**
- [11] <https://oxeonenergy.com/case-studies/large-scale-validation-reversible-fuel-cell>
- [12] A. Abboto, *Idrogeno. Tutti i colori dell'energia*, Edizioni Dedalo, 2021, ISBN 8822016106.