

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ ΡΕΥΣΤΟΣΤΕΡΕΑΣ ΚΛΙΝΗΣ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΡΟΦΗΤΙΚΑ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗ ΑΤΜΟΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΜΕΘΑΝΙΟΥ ΜΕ ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΔΡΑΣΗ

Θ. Παπαλάς¹, Α. Αντζάρα¹, Α. Λεμονίδου^{1*}

¹Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124, Ελλάδα

(*alemonidou@auth.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σημασία του H₂ ως βιομηχανικό αέριο και η ανάγκη παραγωγής του σε μεγάλη κλίμακα με χαμηλό ενεργειακό και περιβαλλοντικό φορτίο, έχουν οδηγήσει στο συνδυασμό της συμβατικής ατμοαναμόρφωσης CH₄, που αποτελεί την κυρίαρχη μέθοδο παραγωγής του H₂, με την επί τόπου δέσμευση του CO₂ και την τεχνολογία της χημικής ανάδρασης. Η εντατικοποιημένη τεχνολογία της Ροφητικά Ενισχυμένης Ατμοαναμόρφωσης Μεθανίου με Χημική Ανάδραση (SE-CL-SMR) συνδυάζει τις αντιδράσεις αναμόρφωσης και μετάθεσης νερού στον ίδιο αντιδραστήρα, οι οποίες πραγματοποιούνται παρουσία στερεού ροφητικού υλικού βασισμένο στο CaO, το οποίο δεσμεύει το παραγόμενο CO₂ και οδηγεί την αντίδραση σε υψηλότερες μετατροπές CH₄ και συγκεντρώσεις H₂. Επιπλέον, γίνεται χρήση ενός φορέα οξυγόνου βασισμένο στο NiO, ο οποίος ανάγεται από το CH₄ προς μεταλλικό Ni και δρα ως καταλύτης για την αντίδραση αναμόρφωσης. Το κορεσμένο σε CO₂ ροφητικό υλικό αναγεννάται στη συνέχεια σε ένα δεύτερο αντιδραστήρα σε υψηλές θερμοκρασίες, με τις θερμικές απαιτήσεις να καλύπτονται εν μέρει από την ισχυρά εξώθερμη επανοξείδωση του φορέα οξυγόνου^[1].

Προτείνεται η εφαρμογή της SE-CL-SMR σε ένα σύστημα αντιδραστήρα ρευστοστερεάς κλίνης με ανακυκλοφορία, το οποίο σχεδιάζεται με τον προσομοιωτή χημικών διεργασιών Aspen Plus®V9. Τα στερεά υλικά που χρησιμοποιούνται, αποτελούν ένα υλικό μεταφοράς οξυγόνου-καταλύτης αναμόρφωσης NiO/ZrO₂ με φόρτιση 40% κ.β. και ένα ροφητικό υλικό CO₂ βασισμένο στο CaO ενισχυμένο με CaZrO₃ και φόρτιση 66% κ.β, τα οποία προέκυψαν από προηγούμενες μελέτες της ομάδας μας^[2]. Ο αναμορφωτής μοντελοποιείται ως μια κλίνη με φυσαλίδες, η οποία διαιρείται αξονικά σε ζώνες, κάθε μία από τις οποίες αποτελείται από ένα μοντέλο RCSTR και RPFR που συνδέονται παράλληλα μεταξύ τους και εκπροσωπούν τις φάσεις αιωρήματος και φυσαλίδων αντίστοιχα^[3]. Στην έξοδο κάθε ζώνης λαμβάνονται υπόψη τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας μεταξύ των δύο φάσεων^[4]. Ο αναγεννητής μοντελοποιείται ως ανοδικός αντιδραστήρας, στον οποίο το εισερχόμενο αέριο εισέρχεται με υψηλή ταχύτητα για να επιτρέψει την έξοδο των στερεών σωματιδίων από το πάνω μέρος της κλίνης και τη διαίρεση αυτής σε μια κατά σειρά συστοιχία μοντέλων RCSTR^[3]. Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα σε όλο το σύστημα περιγράφονται μέσω κινητικών εκφράσεων^[5-7].

Το προτεινόμενο σύστημα επιτυγχάνει την παραγωγή ~210 Nm³/hr H₂ με καθαρότητα 95% (επί ξηρής βάσης). Η παραγωγή αυτή επιτυγχάνεται με τη μετατροπή του 93.4% της τροφοδοσίας CH₄ και υπολογίζεται μια απόδοση σε H₂ ίση με 80.2%. Τα στερεά υλικά μεταφοράς οξυγόνου και ρόφησης παρουσιάζουν μετατροπές 100% και 83.2% αντίστοιχα στον αναμορφωτή και επιστρέφουν στις αρχικές τους μορφές στον αναγεννητή με την ταυτόχρονη ανάκτηση ~55 Nm³/ hr CO₂ καθαρότητας 97.1%. Τα αποτελέσματα αυτά συγκρίθηκαν με αυτά της θερμοδυναμικής ισορροπίας^[1], από όπου παρατηρήθηκε μικρή απόκλιση, η οποία αποδίδεται στην ποσότητα αερίου που εισέρχεται στον αναμορφωτή με τη μορφή φυσαλίδων και στο γεγονός ότι οι κινητικές εκφράσεις^[5-8] και οι συσχετισμοί της βιβλιογραφίας^[4] δεν έχουν ποτέ χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση της SE-CL-SMR.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Antzara A, Heracleous E, Bukur DB, Lemonidou AA. (2014). *Int. J. Greenh. Gas Control*, 32:115–128
- [2] Antzara A, Heracleous E, Lemonidou AA. (2016). *Appl. Energy*, 180: 457–471
- [3] Porrazzo R, White G, Ocone R. (2014). *Fuel*, 136: 46-56
- [4] Kunii D, Levenspiel O. (1991). *Fluidization engineering*, 2nd ed., Butterworth-Heinemann: Boston
- [5] Numaguchi T, Kikuchi K. (1988). *Chem. Eng. Sci.*, 43: 2295–2301.
- [6] Abad A, Adánez J, García-Labiano F, Diego LF, Gayán P, Celaya J. (2007). *Energy Fuels*, 62: 533–549
- [7] Iliuta I, Tahoces R, Patience G. (2010). *AIChE J.*, 56: 1063–1079