

Μοντελοποίηση και προσομοίωση διεργασιών προσρόφησης με βαθμιδωτή μεταβολή της πίεσης (PSA) για τη δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από απαέρια καύσης

Γεώργιος Ν. Νικολαΐδης^{1,3}, Ευστάθιος Σ. Κικκινίδης^{2,3*}, Μιχαήλ Χ. Γεωργιάδης^{1,3}

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

²Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Μπακόλα & Σιαλβέρα, 50100 Κοζάνη, Ελλάδα

³Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών & Ενεργειακών Πόρων (ΙΔΕΠ), Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ), Τ.Θ. 60361, 57001, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα

* kikki@cperi.certh.gr

Λέξεις κλειδιά : προσρόφηση με βαθμιδωτή μεταβολή της πίεσης (PSA), μοντελοποίηση, προσομοίωση, δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα CO₂

Περίληψη

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται μια σημαντική αύξηση σε εφαρμογές τεχνολογιών διαχωρισμού αερίων με φυσικές διεργασίες προσρόφησης, όπως η προσρόφηση με βαθμιδωτή μεταβολή πίεσης (PSA). Η συγκεκριμένη διεργασία διαχωρισμού είναι ευρύτατα χρησιμοποιούμενη σε βιομηχανική κλίμακα, για το διαχωρισμό αερίων μιγμάτων σε σχετικά υψηλές πιέσεις. Σύμφωνα με το μηχανισμό της διεργασίας, ένα ή περισσότερα συστατικά αερίου μίγματος προσροφώνται εκλεκτικά στους νανοπόρους προσροφητικού υλικού, σε μία στήλη προσρόφησης, προκειμένου να παραχθεί ένα αέριο ρεύμα εμπλουτισμένο στα λιγότερο ισχυρά προσροφημένα συστατικά του αερίου τροφοδοσίας. Στη συνέχεια η στήλη προσρόφησης αναγεννάται μέσω εκρόφησης των προσροφημένων συστατικών σε χαμηλή πίεση. Έτσι η συνολική πίεση του συστήματος μεταβάλλεται μεταξύ της υψηλής πίεσης στη τροφοδοσία της στήλης προσρόφησης και της χαμηλής πίεσης κατά το στάδιο της αναγέννησης της στήλης.

Η ερευνητική μας ομάδα έχει αναπτύξει ένα μαθηματικό δυναμικό μοντέλο προσομοίωσης για το διαχωρισμό αερίων μιγμάτων χρησιμοποιώντας πολλαπλές κλίμες προσρόφησης με βαθμιδωτή μεταβολή της πίεσης (PSA). Το μοντέλο προσομοίωσης είναι αρκετά λεπτομερές και περιγράφει τα ισοζύγια μάζας, ενέργειας και ορμής σε διαφορική μορφή, τόσο σε επίπεδο κλίμης προσρόφησης, όσο και σε επίπεδο σωματιδίου προσροφητικού υλικού, καθώς επίσης και οριακών συνθηκών που αναφέρονται στα λειτουργικά στάδια της διεργασίας. Η ανάπτυξη του μαθηματικού μοντέλου προσομοίωσης καθώς επίσης και η βελτιστοποίηση του σχεδιασμού και της λειτουργίας της ολοκληρωμένης διεργασίας επιτυγχάνεται με τη χρήση του υπολογιστικού εργαλείου gPROMS™.

Στην παρούσα εργασία το μοντέλο προσομοίωσης εφαρμόζεται στη δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από απαέρια καύσης χρησιμοποιώντας διεργασία προσρόφησης με βαθμιδωτή μεταβολή πίεσης/κενού (PSA/VSA) με σκοπό να γίνει έλεγχος αξιοπιστίας του μαθηματικού δυναμικού μοντέλου προσομοίωσης με πειραματικά δεδομένα, καθώς επίσης και με δεδομένα προσομοίωσης που είναι διαθέσιμα από τη βιβλιογραφία. Τα αποτελέσματα προσομοίωσης της εργασίας σε όρους δεικτών απόδοσης της διεργασίας (καθαρότητα CO₂, ανάκτηση CO₂, καθαρότητα N₂ και ανάκτηση N₂) είναι σε συμφωνία με δεδομένα προσομοίωσης που είναι διαθέσιμα από τη βιβλιογραφία.

Επιπλέον γίνεται ανάλυση ευαισθησίας με στόχο τη συστηματική ανάλυση των κρίσιμων σχεδιαστικών και λειτουργικών μεταβλητών της διεργασίας και τη μελέτη της επίδρασής τους στο βαθμό απόδοσης της διεργασίας προσρόφησης με βαθμιδωτή μεταβολή πίεσης/κενού (PSA/VSA). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας απεικονίζουν τις τυπικές ανταγωνιστικές σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των δεικτών απόδοσης της διεργασίας.

Αναφορές

- E. S.Kikkinides, D. Nikolic, M.C. Georgiadis, 2011, Modeling of Pressure Swing Adsorption Processes, In: Engineering PS, ed. Dynamic Process Modeling, 7,137-172.
- D. Nikolic, A. Giovanoglou, M.C. Georgiadis, E.S. Kikkinides, 2008, Generic modeling framework for gas separations using multibed pressure swing adsorption processes, Industrial and Engineering Chemistry Research, 47, 9, 3156-3169.
- D. Nikolic, E.S. Kikkinides, M.C. Georgiadis, 2009, Optimization of multibed pressure swing adsorption processes, Industrial and Engineering Chemistry Research, 48, 11, 5388-5398.