

## ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΤΙΤΑΝΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΕΣΜΕΥΣΗ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΑΠΟ ΡΕΥΜΑΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

Τ. Γρέκου<sup>1,2\*</sup>, Σ. Βαλκανιώτη<sup>1</sup>, Δ. Κουτσονικόλας<sup>2</sup>, Γ. Καραγιαννάκης<sup>2</sup>, Ε. Κικκινίδης<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124, Θεσσαλονίκη

<sup>2</sup> Ινστιτούτο Χημικών διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων, ΙΔΕΠ/ΕΚΕΤΑ, 57001, Θέρμη

(\*[tkgrekou@certh.gr](mailto:tkgrekou@certh.gr))

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κλιματική κρίση και τα αυξημένα επίπεδα των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα εντείνουν τις επιστημονικές μελέτες σχετικά με τη δέσμευση, την αποθήκευση και τη διαχείριση του CO<sub>2</sub> (CCS) από ανθρωπογενείς πηγές εκπομπών. Η χρήση μεμβρανών για το διαχωρισμό αερίων μελετάται εκτεταμένα τις τελευταίες δεκαετίες ως μια οικονομικότερη και φιλικότερη προς το περιβάλλον εναλλακτική έναντι των συμβατικών τεχνολογιών διαχωρισμού. Ενώ οι διεργασίες διαχωρισμού αερίων με πολυμερικές μεμβράνες έχουν ήδη διεισδύσει στη βιομηχανία, με μια ενδεικτική εφαρμογή την απομάκρυνση του CO<sub>2</sub> από το φυσικό αέριο<sup>[1]</sup>, οι αντίστοιχες με κεραμικές βρίσκονται ακόμη σε χαμηλότερο στάδιο τεχνολογικής ανάπτυξης. Η παρούσα μελέτη εστιάζει στη σύνθεση, το χαρακτηρισμό και την αξιολόγηση κεραμικών μεμβρανών, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των πολυμερικών, όπως θερμική αντοχή, χημική σταθερότητα, μεγάλη διάρκεια ζωής και γενικά υψηλές διαπερατότητες<sup>[1]</sup>. Συγκεκριμένα, στην εργασία αυτή μελετώνται μικροπορώδη υποστρώματα τιτανίας τα οποία τροποποιούνται με πρωτόκολλα χημικής εναπόθεσης ατμών (Chemical vapor deposition, CVD) και εναπόθεσης ατομικού στρώματος (Atomic layer deposition, ALD) για την σύνθεση μεμβρανών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την ανάκτηση CO<sub>2</sub> από βιομηχανικά ρεύματα. Οι τεχνολογίες εναπόθεσης από την αέρια φάση, CVD και ALD, έχουν καταστεί από τα σημαντικότερα μέσα για τη δημιουργία λεπτών υμενίων και επικαλύψεων πολλών υλικών, παρέχοντας ευελιξία στη σύνθεση ενώσεων με οικονομικό τρόπο σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες<sup>[2,3]</sup>. Τα πρωτόκολλα τροποποίησης που επιλέγονται στην προκειμένη περίπτωση στοχεύουν στην επιδιόρθωση μικρών ατελειών και στη σμίκρυνση των πόρων του υποστρώματος τιτανίας, μέσω εναπόθεσης ενός λεπτού υμενίου πυριτίας ή/και υβριδικής πυριτίας μικροπορώδους δομής. Έτσι, η μεμβράνη καθίσταται εκλεκτική για διάφορους διαχωρισμούς ενδιαφέροντος (π.χ. H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> ή CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>). Η επιτυχής εναπόθεση της εκλεκτικής μεμβράνης πυριτίας στα υποστρώματα τιτανίας επιβεβαιώνεται από εικόνες ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης (Scanning electron microscopy, SEM) σε συνδυασμό με φασματοσκοπία ενεργειακής διασποράς (Energy-dispersive X-ray spectroscopy, EDS) αλλά και μέσω αύξησης των τιμών ιδανικής εκλεκτικότητας της μεμβράνης σε διάφορα ζεύγη αερίων. Για την καλύτερη κατανόηση των φαινομένων μεταφοράς των αερίων διαμέσου των μεμβρανών, αναπτύσσεται μοντέλο<sup>[4]</sup> που περιγράφει τη συνεισφορά των διαφόρων μηχανισμών μεταφοράς (π.χ. ιξώδης ροή, διάχυση Knudsen, μικροπορώδη διάχυση, επιφανειακή διάχυση) καθώς μεταβάλλεται η κατανομή μεγέθους των πόρων της μεμβράνης με το χρόνο τροποποίησης. Το μοντέλο συγκρίνεται με πειραματικά αποτελέσματα μετρήσεων διαπέρασης καθαρών αερίων στις τροποποιημένες μεμβράνες.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Μικροπορώδεις κεραμικές μεμβράνες, Διαχωρισμός αερίων, Δέσμευση CO<sub>2</sub>

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Baker, R.W. (2012). *John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK.*

[2] Makhoulouf, A.S.H. (2011). *Nanocoatings Ultra-Thin Film*, 3–23.

[3] Seshan, K. (2002). *Second Edi, Noyes Publications/William Andrew Pub.*

[4] Sahin, Z.E., Rahimalimamaghani, A., Gazzani, M., & Gallucci, F. (2024). *Int. J. Hydrogen Energy*, 50, 561–581.