

ΠΡΟΗΓΜΕΝΟΙ ΝΑΝΟΔΟΜΗΜΕΝΟΙ ΦΩΤΟΚΑΤΑΛΥΤΕΣ ΑΚΙΝΗΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟΙ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΟΙΛΩΝ ΙΝΩΝ ΚΑΙ ΣΦΑΙΡΙΔΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ

Γ. Θεοδωρακόπουλος^{1,2,*}, Γ. Ρωμανός², Φ. Κατσαρός², Σ. Παπαγεωργίου², Π. Φαλάρας², Α. Κόντος²,
Μ. Μπεάζη-Κατσιώτη¹

¹Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

²Ινστιτούτο Νανονεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας, Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος», Αγία Παρασκευή, Ελλάδα

(*g.theodorakopoulos@inn.demokritos.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανάπτυξη και ο χαρακτηρισμός φωτοκαταλυτών, καθώς και η μελέτη της απόδοσής τους υπό μορφή αιωρήματος για την απομάκρυνση επικινδύνων ρύπων από το νερό είναι αρκετά διαδεδομένα στη βιβλιογραφία. Παρόλα αυτά, τα αιωρήματα δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε βιομηχανικές διεργασίες, λόγω του δύσκολου και δαπανηρού διαχωρισμού των νανοσωματιδίων του φωτοκαταλύτη, πριν την επαναχρησιμοποίησή του. Επίσης, η διασπορά του φωτοκαταλύτη στο διάλυμα εμποδίζει την επιτυχή ακτινοβόληση, μειώνοντας την απόδοση της διεργασίας. Για την αντιμετώπιση του παραπάνω προβλήματος πραγματοποιείται ακινητοποίηση του φωτοκαταλύτη σε διάφορα υποστρώματα.

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης αναπτύχθηκαν, επιτυχώς, δύο μορφές ακινητοποιημένων φωτοκαταλυτικών συστημάτων, με χρήση βιοπολυμερών. Η βιοπολυμερική μήτρα (αλγινικό νάτριο) χρησιμοποιήθηκε ως βάση για να διασκορπιστούν και να σταθεροποιηθούν τα νανοσωματίδια ενός εμπορικού φωτοκαταλύτη (Degussa P25 TiO₂), τα οποία μετά την απομάκρυνση του βιοπολυμερούς, μέσω πυρόλυσης (pyrolysis) ή πύρωσης-πυροσυσσώματωσης (calcination-sintering), διαμορφώθηκαν σε φωτοκαταλυτικά συστήματα υπό μορφή κεραμικών κοίλων ινών (HF) και σφαιριδίων (beads). Επίσης, επιχειρήθηκε η περαιτέρω ενίσχυση της καταλυτικής δράσης των φωτοκαταλυτικών συστημάτων, μέσω της ανάπτυξης και ακινητοποίησης στην επιφάνειά τους, νανοσωματιδίων χαλκού. Τα μεταλλικά νανοσωματίδια σχηματίστηκαν κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης, μέσω αναγωγής ιόντων χαλκού, που είχαν δεσμευτεί από τις ενεργές οξυγονούχες ομάδες του βιοπολυμερούς.

Οι δομικές και μορφολογικές ιδιότητες μελετήθηκαν χρησιμοποιώντας ποροσιμετρία υγρού αζώτου (LN₂) στους 77 K, περίθλαση ακτίνων-Χ σε σκόνη (XRD), μικροσκοπία σάρωσης ηλεκτρονίων (SEM) και φασματοσκοπία Raman. Η πειραματική διερεύνηση της φωτοκαταλυτικής δραστηριότητας των υλικών πραγματοποιήθηκε με πειράματα διαλείποντος έργου (batch), όπου μετρήθηκε η φωτοκαταλυτική διάσπαση ενός πρότυπου οργανικού ρύπου (Methyl Orange, MO), σε διάφορες συγκεντρώσεις, σε σκοτάδι και υπό ακτινοβόληση, με υπεριώδη ακτινοβολία (UV irradiation). Η απόδοση αυτή συγκρίθηκε με την αντίστοιχη απόδοση του πρότυπου φωτοκαταλύτη (Degussa P25 TiO₂) λεπτού υμενίου (film) ή εναιωρήματος (slurry). Οι ακινητοποιημένοι φωτοκαταλύτες παρουσίασαν μεγαλύτερη φωτοκαταλυτική δραστηριότητα, σε σχέση με τα εμπορικά υλικά. Εξετάστηκε επίσης, ο ρόλος και η συμβολή στο φωτοκαταλυτικό μηχανισμό του χαλκού. Ανάλογα με τις συνθήκες της πυρολυτικής διεργασίας, τα δεσμευμένα από το βιοπολυμερές ιόντα χαλκού μετατρέπονται, είτε σε νανοσωματίδια μεταλλικού χαλκού, είτε σε Cu₂O. Τα νανοσωματίδια μεταλλικού χαλκού συνέβαλαν σημαντικά στη βελτίωση της φωτοκαταλυτικής δραστηριότητας, κυρίως, λόγω δέσμευσης των ηλεκτρονίων, που οδηγεί σε μείωση της επανασύνδεσης οπών-ηλεκτρονίων, με αποτέλεσμα την παραγωγή περισσότερων ενεργών ριζών υδροξυλίου και την αυξημένη διάσπαση του MO. Τέλος, μελετήθηκε η συνεισφορά των υπολειμμάτων άνθρακα από την πυρολυτική διεργασία. Τα υπολείμματα άνθρακα αύξησαν σημαντικά την προσρόφηση του ρύπου στη διεπιφάνειά τους με το φωτοκαταλύτη (πειράματα στο σκοτάδι), οδηγώντας παράλληλα σε σημαντική αύξηση της φωτοκαταλυτικής δράσης των υλικών.

Στόχος της εργασίας ήταν η λεπτομερής μελέτη, σύγκριση και αξιολόγηση της δομικής και φωτοκαταλυτικής σταθερότητας των κεραμικών φωτοκαταλυτικών συστημάτων, επιβεβαιώνοντας, με αυτό τον τρόπο, την πιθανότητα μελλοντικής εφαρμογής τους σε πιλοτική κλίμακα. Συμπερασματικά, οι ακινητοποιημένοι φωτοκαταλύτες εμφανίζουν αυξημένες φωτοκαταλυτικές και μηχανικές ιδιότητες, καθώς και εξαιρετική αντοχή στην τριβή. Η μελέτη των υλικών αυτών συνεχίζεται με δυναμικά πειράματα υπό ροή, για τη διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης τους σε βιομηχανικές διεργασίες.