

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΝΑΝΟΣΩΛΗΝΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ: ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Α. Φ. Τρομπέτα, Α. Ντζιούνη, Γ. Κωνσταντόπουλος, Κ. Κορδάτος, Κ.Α. Χαριτίδης*

Εργαστήριο Προηγμένων, Σύνθετων, Νάνο Υλικών και Νανοτεχνολογίας (R-Nano Lab), Τομέας Επιστήμης και Τεχνικής Υλικών, Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφου, Αθήνα, Ελλάδα
(*charitidis@chemeng.ntua.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ερευνητική κοινότητα έχει επικεντρωθεί τα τελευταία χρόνια στη διερεύνηση ποικιλίας τεχνολογικών εφαρμογών που σχετίζονται με τις νανοδομές άνθρακα και δη, τους νανοσωλήνες άνθρακα (CNTs), λόγω των μοναδικών ιδιοτήτων που μπορούν να προσδώσουν στα υλικά που ενσωματώνονται^[1]. Οι προοπτικές αξιοποίησης των νανοσωλήνων άνθρακα είναι πολυπληθείς^[2]. Προκειμένου όμως να είναι εφικτή η εμπορική εκμετάλλευση διαφόρων εφαρμογών, είναι απαραίτητη η διασφάλιση ικανών ποσοτήτων υλικού, με το χαμηλότερο δυνατό κόστος και την υψηλότερη ποιότητα. Από τις διαθέσιμες μεθόδους παραγωγής CNTs, η χημική εναπόθεση ατμών (CVD) θεωρείται η πιο κατάλληλη για μια αυξημένη, ακόμα και συνεχή παραγωγή, που μπορεί να εφαρμοστεί σε βιομηχανική κλίμακα^[3].

Παρ' όλα αυτά, όπως κάθε συνθετική μέθοδος, έτσι και η CVD καλείται να αντιμετωπίσει προκλήσεις και εμπόδια που σχετίζονται τόσο με την παραγωγικότητα όσο και με την επαναληψιμότητα των επιτυγχανόμενων νανοδομών^[4]. Συγκεκριμένα, παράμετροι όπως η βέλτιστη θερμοκρασία αντίδρασης, η κατάλληλη πρόδρομη ένωση, σε συνδυασμό με τον χρησιμοποιούμενο καταλύτη, καθώς επίσης και η ρύθμιση των ροών, πιέσεων και αναλογιών των αερίων που συμμετέχουν στην αντίδραση, απαιτούν σαφή καθορισμό^[5]. Η μεγαλύτερη πρόκληση φαίνεται να επικεντρώνεται στον τρόπο συλλογής του παραγόμενου υλικού, προκειμένου να διασφαλιστεί η συνεχής λειτουργία του αντιδραστήρα. Ακόμα, ο τρόπος εισόδου του αντιδρώντος μίγματος, είτε αυτό είναι σε αέρια, είτε σε υγρή, ακόμα και σε στερεά φάση, φαίνεται να επιδρά στο μηχανισμό ανάπτυξης των CNTs.

Προκειμένου να υπερνικηθούν οι ανωτέρω προκλήσεις, στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκε ο σχεδιασμός και η λειτουργία ενός κατακόρυφου συστήματος αξιοποιώντας τα οφέλη της CVD και διερευνώντας όλες τις παραμέτρους λειτουργίας, με στόχο το βέλτιστο σχεδιασμό για την επίτευξη συνεχούς παραγωγής CNTs. Η μελέτη που έλαβε χώρα ξεκίνησε από ένα απλό σύστημα CVD, σταθερής καταλυτικής κλίνης, με στόχο την ανάπτυξη των CNTs σε έναν κατακόρυφο αντιδραστήρα ιδιοκατασκευής. Εν συνεχεία, πραγματοποιήθηκε μετάβαση από τη μέθοδο του υποστηριζόμενου καταλύτη, σε μια αντίδραση με αιωρούμενο καταλύτη^[6]. Η διάταξη τροποποιήθηκε και λόγω της ευελιξίας της μεθόδου CVD, μια σειρά παραλλαγών έλαβε χώρα. Η ανάπτυξη των CNTs ήταν εφικτή στις περισσότερες εκ των περιπτώσεων. Ο απώτερος στόχος ήταν ο σχεδιασμός ενός συστήματος με δυνατότητα συνεχούς παραλαβής του παραγόμενου προϊόντος, ο οποίος επιτεύχθηκε αποδίδοντας στην παρούσα φάση 15g CNTs/4h.

Πλέον, νέες προκλήσεις προκύπτουν, οι οποίες σχετίζονται με την αύξηση της παραγωγικότητας, καθώς επίσης του βέλτιστου συνδυασμού πρόδρομων ενώσεων: πηγής άνθρακα και καταλύτη, λαμβάνοντας υπόψη την απόδοση, αλλά και τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των πρόδρομων ενώσεων. Παράλληλα, απαιτείται ο ακριβής καθορισμός των ροών και πιέσεων που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της διεργασίας προς την αναπαραγωγισιμότητα και επαναληψιμότητα της αντίδρασης. Τέλος, για τη βιώσιμη λειτουργία της διεργασίας, ανανεώσιμες πηγές άνθρακα οφείλουν να εξεταστούν, προκειμένου να ενισχυθεί η κυκλική οικονομία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Trompeta AF, Koumoulos EP, Stavropoulos S, Velmachos TG, Psarras GC, Charitidis CA. (2019). *Aerospace*, 6(1): 7.
- [2] Kaushik BK, Majumder MK. (2015). *Carbon Nanotube based VLSI Interconnects*, Springer, XI(86): 57.
- [3] Charitidis CA, Georgiou P, Koklioti MA, Trompeta AF, Markakis V. (2014). *Manuf. Rev.* 1: 11.
- [4] Kumar M, Ando Y. (2010). *J. Nanosci. Nanotech*, 10: 3739-3785.
- [5] Kordatos K, Vlasopoulos AD, Strikos S, Ntzioni A, Gavela S, Trasobares V. (2009). *Electrochimica Acta*, 54: 2466-2472.
- [6] Trompeta AF, Koklioti M, Perivoliotis D, Lynch I, Charitidis CA. (2016). *J. Clean. Prod*, 129: 384-394.