

Μη-ηλεκτρική, φιλική προς το περιβάλλον εναπόθεση νικελίου σε τριδιάστατα εκτυπωμένες πολυμερικές μήτρες με αρχιτεκτονικές πυκνών δικτύων για ανάπτυξη πολυλειτουργικού σύνθετου

I. Κοντόπουλος, T. Kosaonics, N. Δ. Χρονοπούλου, K. Ζαφείρης, A. Ντζιούνη, I. Γαβαλάς, A. Καρατζά, E. Γκάρτζου, K. A. 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

Την τελευταία δεκαετία, οι τεχνολογίες τριδιάστατης εκτύπωσης (3D Printing) συγκεντρώνουν το ερευνητικό ενδιαφέρον, καθώς επιτρέπουν την άμεση κατασκευή τριδιάστατων (3D) αντικειμένων υψηλής σχεδιαστικής ακρίβειας, συνδυάζοντας πληθώρα υλικών.

Ενδεικτικά, η 3D εκτύπωση αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη τεχνική για προηγμένες κατασκευές σε αρκετούς τομείς αλλά και εφαρμογές, όπως η εφαρμοσμένη ηλεκτρομαγνητική¹, πολύπλοκα εξαρτήματα ραδιοσυχνοτήτων (RF) και δομές κεραιών², εναλλάκτες θερμότητας³, παραγωγή ηλεκτροδίων⁴ και συσκευές για ηλεκτροχημική αποθήκευση και μετατροπή ενέργειας, όπως μπαταρίες και υπερπυκνωτές⁵. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμη αρκετές προκλήσεις οι οποίες πρέπει να ξεπεραστούν, όπως η μη αγωγιμότητα των εκτυπωμένων αντικειμένων, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη δυσκολία παρασκευής σύνθετων επιμεταλλωμένων υλικών.

Στην παρούσα εργασία παρασκευάστηκαν 3D δομές μέσω προσθετικής κατασκευής (Additive Manufacturing) και συγκεκριμένα με τεχνολογία τριδιάστατης εκτύπωσης μέσω φωτοπολυμερισμού ρητίνης (Digital Light Processing - DLP). Στη συνέχεια, αξιοποιήθηκε η απλή, φιλική προς το περιβάλλον, μη ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση με νικέλιο (Ni), των παραγόμενων πολυμερικών 3D δομών. Η συγκεκριμένη πρωτοποριακή μέθοδος, η οποία αναπτύχθηκε στο εργαστήριο, δεν χρησιμοποιεί πολύτιμα μέταλλα για την ενεργοποίηση ή ηλεκτρολυτικές χημικές ουσίες για την παραγωγή του πρώτου αγώγιμου μεταλλικού στρώματος. Πιο συγκεκριμένα, ακολουθείται μια διαδικασία έξι (6) βημάτων, κατά την οποία η πολυμερική μήτρα μετά την εκτύπωση καθαρίζεται (degreasing), προσβάλλεται χημικά (etching) και στη συνέχεια εναποτίθεται ένα φιλμ χιτοζάνης (CTS), το οποίο ακινητοποιεί τα ιόντα νικελίου Ni(2+) που βρίσκονται σε αραιή συγκέντρωση στο διάλυμα. Ακολουθεί η ενεργοποίηση (activation) των ιόντων με τη χρήση διαλύματος βοροϋδρίδιου του νατρίου, έτσι ώστε να επιτραπεί η εναπόθεση Ni (0), πάνω στο υπόστρωμα ρητίνης-χιτοζάνης, και να πραγματοποιηθεί η επιμετάλλωση (plating) με Ni-P από διάλυμα θειϊκού νικελίου και υποφωσφώδους νατρίου.

Ερευνήθηκε η επίδραση των διαφορετικών ειδών χιτοζάνης, βάσει του μέσου μοριακού βάρους και του βαθμού αποακετυλίωσης, των διαφορετικών μεθόδων προ-επεξεργασίας των δειγμάτων, και των διαφορετικών παραμέτρων του διαλύματος επιμετάλλωσης, όπως είναι το pH, η ανακίνηση και ο χρόνος απόθεσης. Η μορφολογία των σύνθετων υλικών μελετήθηκε με ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης, (Scanning Electron Microscopy-SEM), ενώ η ποιοτική στοιχειακή ανάλυση πραγματοποιήθηκε μέσω ενεργειακής διασποράς ακτίνων X (Energy Dispersive Spectroscopy-EDS). Τέλος, η κρυσταλλογραφική δομή των επιστρώσεων αξιολογήθηκε με περίθλαση ακτίνων X (XRD).

¹ J. Shen, M. Aiken, C. Ladd, M.D. Dickey, Δ.S. Ricketts, A Simple Electroless Plating Solution for 3D Printed Microwave Components, Proceedings of the Asia-Pacific Microwave Conference 2016

² B. Ghassemiparvin, N. Ghalichechian, Design, fabrication, and testing of a helical antenna using 3D printing technology Microw Opt Technol Lett. 2019;1-4.

³ D. L. McCarthy, "Creating Complex Hollow Metal Geometries Using Additive Manufacturing and Metal Plating," Master of Science, Mechanical Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2012.

⁴ Xinran Su, Xinwei Li, Chun Yee Aaron Ong, Tun Seng Herng, Yanqing Wang, Erwin Peng, Jun Ding, Metallization of 3D Printed Polymers and Their Application as a Fully Functional Water-Splitting System Adv. Sci. 2019, 6, 1801670

⁵ M.P. Browne, E. Redondo, M. Pumerá, 3D Printing for Electrochemical Energy Applications, Chemical Reviews, 2020, 120, 5, 2783-2810, <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.9b00783>