



Α.Π. : 22257
Αθήνα, 27/4/18

ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ

Προς τα Μέλη ΔΕΠ της
Σχολής Μηχ/γων
Μηχ/κών

ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ

Σας προσκαλούμε στην παρουσίαση της Διδακτορικής Διατριβής του Υ.Δ. κ. **ΣΕΡΕΤΗ Γεώργιο** που εκπόνησε στον Τομέα Μηχανολογικών Κατασκευών & Αυτομάτου Ελέγχου, Διπλωματούχος του **Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του ΑΠΘ**, που θα πραγματοποιηθεί την Πέμπτη 3 Μαΐου 2018, ώρα 14:00μ.μ. στο Αμφ. Πολυμέσων (Ισόγειο Κτιρίου Κεντρικής Βιβλιοθήκης ΕΜΠ - Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου). Ο ελληνικός τίτλος της Διδακτορικής Διατριβής είναι ο εξής :

**«ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΙΝΩΔΩΝ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΠΟΛΥΣΤΡΩΜΑΤΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕ ΝΑΝΟΔΟΜΕΣ ΓΡΑΦΕΝΙΟΥ»**

Και ο Αγγλικός τίτλος ως εξής:

**« REINFORCEMENT OF FIBROUS LAMINATED COMPOSITE
STRUCTURES USING GRAPHENE NANOPATELETS»**

Επισυνάπτεται περίληψη της παραπάνω Διδακτορικής Διατριβής στα ελληνικά.

Ο ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ



Ν.ΜΑΡΜΑΡΑΣ
Καθηγητής Ε.Μ.Π

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ ΜΕ ΤΙΤΛΟ

Ενίσχυση ινωδών σύνθετων πολυστρωματικών κατασκευών με νανοδομές γραφενίου

(Reinforcement of fibrous laminated composite structures using graphene nanoplatelets)

Γεώργιος Β. Σερέτης

Σκοπός

Ο σκοπός και το αντικείμενο της παρούσας διατριβής είναι η μελέτη της δυνατότητας ενίσχυσης ινωδών σύνθετων πολυστρωματικών υλικών εποξειδικής μήτρας με νανοδομές γραφενίου τύπου nanoplatelets.

Κεφάλαιο 1

Στο πρώτο κεφάλαιο της διατριβής, ελέγχεται αρχικά η δυνατότητα ενίσχυσης που προσφέρουν οι συγκεκριμένες νανοδομές γραφενίου με χρήση του λογισμικού πακέτου πεπερασμένων στοιχείων ANSYS Workbench. Οι νανοδομές που ελέγχονται αποτελούνται από στρώσεις μονοστρωματικού γραφενίου, που συγκρατούνται μεταξύ τους με δεσμούς Van der Waals. Λόγω της ασθενούς φύσης των δεσμών αυτών, επιτρέπεται μία σχετική κίνηση των στρώσεων γραφενίου, καθώς παραμορφώνεται η μήτρα του σύνθετου υλικού, εκκινώντας με τον τρόπο αυτό έναν μηχανισμό απελευθέρωσης τάσεων στα όρια των νανοδομών. Έτσι, αναμένεται να αντιμετωπιστεί ένα σημαντικό πρόβλημα των νανοσύνθετων υλικών με ενίσχυση μονοστρωματικού γραφενίου, στα οποία, ενώ η καμπτική επίδοση του υλικού αυξάνει σημαντικά, λόγω της συγκέντρωσης τάσεων στα όρια του μονοστρωματικού γραφενίου, η εφελκυστική επίδοση μειώνεται αισθητά. Με τη χρήση λοιπόν μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων γίνεται μία αρχική εκτίμηση της διαφοράς κατανομής τάσεων που παρουσιάζεται στις δύο παραπάνω περιπτώσεις ενίσχυσης, σε επίπεδο επαναλαμβανόμενης μονάδας (unit cell).

Κεφάλαιο 2

Στο δεύτερο κεφάλαιο της διατριβής, μελετάται η επίδραση των νανοδομών γραφενίου (GNPs) στις μηχανικές ιδιότητες (κάμψη και εφελκυσμό) ινωδών σύνθετων υλικών εποξειδικής μήτρας.

Η προσθήκη GNPs βελτιώνει σε κάθε περίπτωση την καμπτική επίδοση των σύνθετων ινωδών πολυστρωματικών υλικών εποξειδικής μήτρας. Μικρή αύξηση της αντοχής σε εφελκυσμό και εν συνεχεία σταθερή εφελκυστική επίδοση παρατηρείται στα δοκίμια με ενίσχυση Twill 2×2 υαλοϋφάσματος, καθώς το ποσοστό GNPs αυξάνει από 5% έως 20%. Στα δοκίμια με ενίσχυση Uni-Directional υαλοϋφάσματος δεν παρατηρείται η ίδια ακριβώς συμπεριφορά, αλλά και πάλι για περιεκτικότητα σε GNPs 5% παρατηρείται ελαφρά αύξηση της εφελκυστικής επίδοσης του υλικού.

Τέλος, ερευνάται ο μηχανισμός αστοχίας των ινιδίων κάτω από την περιοχή εφαρμογής του καμπτικού φορτίου. Παρατηρείται ότι όσο αυξάνει το ποσοστό GNPs, τόσο αυξάνει και ο βαθμός καταστροφής των ινιδίων στην περιοχή αυτή.

Κεφάλαιο 3

Στο κεφάλαιο αυτό της διατριβής πραγματοποιείται μία πολυπαραμετρική ανάλυση της διαδικασίας curing, τόσο σύνθετων ινωδών όσο και ενισχυμένων με GNPs νανοσύνθετων ινωδών πολυστρωματικών υλικών. Οι παράμετροι της διαδικασίας curing που εξετάζονται είναι η θερμοκρασία curing, η διάρκεια (χρόνος) curing και ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας κατά τη μετάβαση από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, στην οποία βρίσκεται το σύνθετο/νανοσύνθετο υλικό κατά την παρασκευή του, στη θερμοκρασία curing. Εξετάζεται, δηλαδή, η ευαισθησία της διαδικασίας curing στους ανωτέρω παράγοντες, καθώς και η σημαντικότητα της επίδρασης του καθενός από αυτούς στις μηχανικές ιδιότητες των παραχθέντων υλικών.

Στο κεφάλαιο αυτό, λόγω της μικρής ακρίβειας που επιτυγχάνεται με τα κοινά χρησιμοποιούμενα δευτέρου βαθμού (quadratic) και γραμμικά μοντέλα πολλαπλής παλινδρόμησης ($R^2 \approx 65\%$), προτείνεται για πρώτη φορά ένα νέο μοντέλο παλινδρόμησης (Poisson regression model), ακρίβεια του οποίου υπολογίστηκε μεγαλύτερη του 97% ($R^2 > 0.97$).

Κεφάλαιο 4

Στο τέταρτο κεφάλαιο της διατριβής, πραγματοποιείται μία πολυπαραμετρική ανάλυση της διαδικασίας post-curing ενισχυμένων με GNPs νανοσύνθετων ινωδών πολυστρωματικών υλικών.

Για τη διαδικασία post-curing ελάχιστη διαθέσιμη βιβλιογραφία υπάρχει. Λόγω της φύσης της, η διαδικασία αυτή μέχρι τώρα αντιμετωπίζεται ως μία διαδικασία φυσικής φθοράς των σύνθετων υλικών, αφού, στις ελάχιστες μέχρι τώρα εργασίες στο εν λόγω αντικείμενο, έχει αναφερθεί μόνο αρνητική επίδρασή της στις μηχανικές ιδιότητες των σύνθετων υλικών. Ως εκ τούτου, ποτέ μέχρι σήμερα δεν έχει αντιμετωπισθεί ως τμήμα της διαδικασίας παραγωγής ενός σύνθετου υλικού.

Στο παρόν κεφάλαιο, θεωρώντας ότι τα ενταγμένα στην εποξειδική μήτρα GNPs μπορούν να λειτουργήσουν ως πυρήνες ψύξης και με τον τρόπο αυτό να διαφοροποιήσουν την προαναφερθείσα συμπεριφορά του σύνθετου υλικού, εξετάσθηκαν διάφορες διαδικασίες post-curing. Ορίστηκε περιοχή θερμοκρασιών και χρόνων post-curing στην οποία τόσο οι θερμικές, όσο και οι μηχανικές ιδιότητες των νανοσύνθετων υλικών παρατηρούνται ενισχυμένες. Ορίστηκε, λοιπόν, περιοχή των χαρακτηριστικών της διαδικασίας post-curing στην οποία η διαδικασία αυτή όχι μόνο δεν υποβαθμίζει το υλικό, αλλά του προσδίδει σημαντική αύξηση των ιδιοτήτων του. Έτσι, για πρώτη φορά, συγκεκριμένες διαδικασίες post-curing προτείνονται ως τμήμα της διαδικασίας παραγωγής των νανοσύνθετων υλικών.

Κεφάλαιο 5

Στο πέμπτο κεφάλαιο της διατριβής, εξετάζεται η επίδραση των υπερήχων στη μορφολογία των νανοδομών και στις τελικές μηχανικές ιδιότητες των νανοσύνθετων υλικών.

Η έκθεση των νανοδομών γραφενίου, ενώ αυτές βρίσκονται μέσα στο μονομερές της μήτρας, σε λουτρό υπερήχων (sonication) αποτελεί μία από τις σημαντικότερες μεθόδους διαχωρισμού των συσσωματωμάτων και παραγωγής νανοσύνθετων υλικών με καλή διασπορά των ενισχυτικών σωματιδίων. Η χρήση της μεθόδου αυτής είναι ευρύτατα διαδεδομένη για όλες τις νανοδομές γραφενίου, όπως carbon nanotubes, graphene nanoribbons, graphene nanosheets και graphene nanoflakes.

Οι μηχανικές ιδιότητες ενός νανοσύνθετου υλικού με ενίσχυση γραφενικών νανοδομών επηρεάζονται από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των τελευταίων. Θα πρέπει να ληφθεί επίσης υπόψη ότι κατά τη διαδικασία του λουτρού υπερήχων και της κατά συνέπεια εξαναγκασμένης μορφολογικής τροποποίησης της νανοδομής, στην τελευταία αναπτύσσονται παραμένουσες τάσεις που επηρεάζουν σημαντικά την επίδοσή της.

Στο κεφάλαιο αυτό, μελετάται η εφελκυστική και καμπτική επίδοση νανοσύνθετων υλικών, με ενίσχυση GNPs σε περιεκτικότητες 1-5 % κατά βάρος, που κατά το στάδιο της προετοιμασίας του εκτέθηκε σε λουτρό υπερήχων για διαφορετικούς χρόνους. Με τη χρήση SEM (Scanning Electron Microscope) και AFM (Atomic Force Microscope) μελετάται, επίσης, η διαφοροποίηση στη γεωμετρία των νανοδομών που προέκυψε για τους διαφορετικούς χρόνους έκθεσης σε υπερήχους.

