



ΕΘΝΙΚΟ  
ΜΕΤΣΟΒΙΟ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Α.Π. : 46487  
Αθήνα, 5/10/23

ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ

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

### ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ

Σας προσκαλούμε στην παρουσίαση της Διδακτορικής Διατριβής του Υ.Δ. κ. **ΚΙΤΣΕΛΗ Αλεξάνδρου**, διπλωματούχου **Μηχανολόγου Μηχανικού ΕΜΠ**, την οποία εκπόνησε στον Τομέα Τεχνολογίας των Κατεργασιών. Η παρουσίαση θα πραγματοποιηθεί την Τρίτη 17/10/2023 ώρα 10:00π.μ στο Εργαστήριο Τεχνολογίας των Κατεργασιών, κτίριο (Ξ) της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.

Ο τίτλος της Διδακτορικής Διατριβής είναι ο εξής:

«Καταστροφικές καταπονήσεις οχημάτων»

(Η περίπτωση των ανθρακονημάτων σκελετών αγωνιστικών ποδηλάτων δρόμου)

Ο Κοσμήτορας της Σχολής

  
Ι. Αντωνιάδης  
Καθηγητής ΕΜΠ

# Καταστροφικές καταπονήσεις οχημάτων

## Η περίπτωση των ανθρακονημάτινων σκελετών αγωνιστικών ποδηλάτων δρόμου

Τα τελευταία χρόνια γίνεται όλο και πιο ευρεία η χρήση εξαρτημάτων από σύνθετα υλικά ενισχυμένων με ίνες άνθρακα. Η εφαρμογή τους έχει γενικευθεί πλέον στην κατασκευή μερών ή του συνόλου κάθε είδους οχήματος, τρεχόντως δε σημειώνεται σημαντική εξάπλωση σε όλους τους τύπους αγωνιστικών οχημάτων, συμπεριλαμβανομένων των ποδηλάτων και ιδιαίτερα των ποδηλάτων δρόμου.

Αν και η χρήση των σύνθετων υλικών είναι πλέον μονόδρομος στα ποδήλατα δρόμου υψηλής ποιότητας και επιδόσεων, η απόκτηση και η χρήση τους συναντά αρκετά εμπόδια που διαμορφώνουν υψηλό κόστος κτήσης. Σημειώνεται ότι στη φάση του σχεδιασμού απαιτούνται εξειδικευμένοι μηχανικοί και πανάκριβα λογισμικά, ενώ στον τομέα της παραγωγής/κατασκευής χρησιμοποιείται ακριβός εξοπλισμός (autoclave ή πρέσες με θερμαινόμενες πλάκες, ειδικά καλούπια κλπ.).

Παρόλο τον προσεκτικό σχεδιασμό και την υψηλή ποιότητα κατασκευής σημειώνονται πολλές αστοχίες στους σκελετούς, ενώ πληρούνται τα πρότυπα ασφαλείας χρήσης κατά ISO και άλλους φορείς πιστοποίησης. Οι αστοχίες αυτές προκύπτουν τόσο από ισχυρές κρουστικές καταπονήσεις, όσο και από το γεγονός ότι οι σκελετοί που σχεδιάζονται και κατασκευάζονται με τη λογική του «μηχανικού αεροσκαφών» είναι πολύ δύσκαμπτοι και εν γένει εύθραυστοι. Η δε χρήση στο δρόμο σε απρόβλεπτες καταστάσεις, π.χ. επιφανειακές ανωμαλίες, δυσμενείς συνθήκες κίνησης και καιρικές συνθήκες, επιτείνει το πρόβλημα των αστοχιών. Οι αστοχίες αυτές αυξάνουν το κόστος για τους χρήστες τους, διότι η αποκατάστασή τους είναι πολύ δαπανηρή και χρονοβόρα διαδικασία, δεδομένου ότι η συνεχής εξέλιξη και το marketing καθιστούν την εύρεση ανταλλακτικών ιδιαίτερα δύσκολη. Σε αυτά τα προβλήματα έρχεται να προστεθεί και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των ζημιών αυτών.

Στα πλαίσια αυτής της διατριβής προτείνεται και αναπτύσσεται μια νέα μέθοδος σχεδιασμού και κατασκευής του σκελετού ποδηλάτων δρόμου, με σκοπό τη βελτιστοποίηση της απόκρισής του έναντι κατασκευαστικού κόστους, δομική απόκριση σε καταστροφική καταπόνηση και επίπεδα επίδοσης. Η μέθοδος σχεδιασμού, ανάλυσης και πειραματικής υλοποίησης περιλαμβάνει:

(α) Μελέτη των επιμέρους δομικών στοιχείων του σκελετού ως προς την στρεπτική και καμπτική δυσκαμψία τους, και την αεροδυναμική συμπεριφορά τους (όταν απαιτείται).

(β) Σύνθεση των αποτελεσμάτων και δοκιμή, με τις δέουσες βελτιώσεις της συνολικής κατασκευής.

(γ) Μελέτη της διαστρωμάτωσης σε ένα τελικό σχέδιο, όπου ρυθμίζονται η αντοχή και η συμπεριφορά της κατασκευής μέσω αυτής.

(δ) Πειραματική υλοποίηση.

Για το βέλτιστο επιδιωκόμενο σκελετό ποδηλάτου, μελετήθηκαν διάφορες γεωμετρίες σωληνωτών δομικών στοιχείων, τόσο αεροδυναμικά (CFD analysis) όσο και σε δυσκαμψία (FEM analysis), και έγινε η τελική επιλογή βέλτιστου σχήματος.

Μετά τη συναρμολόγηση στο τελικό μοντέλο, ακολούθησε η διερεύνηση της διαστρωμάτωσης. Με τη διαστρωμάτωση που προκύπτει από τη μελέτη, προκειμένου να υλοποιηθεί επιτυχώς η κατασκευή, επιλέγεται ο πιο κατάλληλος τύπος overlap που θα εφαρμοστεί στις θέσεις σύνδεσης των δομικών στοιχείων. Για το ψήσιμο της σύνθετης δομής, αντί για autoclave με υψηλή πίεση και θερμοκρασία, προβλέπεται απλός κλίβανος ή θερμαινόμενες κουβέρτες, και δημιουργία υποπίεσης με αντλία κενού. Κατά τη διάρκεια του ψήσιματος και όσο η μήτρα η οποία έχει χρησιμοποιηθεί βρίσκεται σε ρευστή κατάσταση εφαρμόζονται τοπικές δονήσεις στο καλούπι κοντά στο σημείο συντονισμού του δονητή. Ο κύκλος ψήσιματος επιλέγεται στη χαμηλότερη θερμοκρασία που επιτρέπει η μήτρα, ώστε να αυξηθεί ο χρόνος κατά τον οποίο το ιξώδες της είναι χαμηλό. Αυτό απομακρύνει τις φυσαλίδες μεταξύ των στρώσεων του σύνθετου υλικού. Αν χρειαστεί, εφαρμόζεται post-curing για αύξηση της Tg ή της αντοχής σε περιβαλλοντικές συνθήκες. Με τον τρόπο αυτόν, προκύπτει εξάρτημα με πορώδες, αντίστοιχο αυτού με χρήση autoclave. Το τελικό κομμάτι όμως είναι λιγότερο ψαθυρό, έχει σημαντικά καλύτερη αντοχή έναντι κρουστικού φορτίου και χαρακτηρίζεται από αντίστοιχη ή μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Ο βέλτιστος σκελετός ποδηλάτου που ελήφθη, σε σύγκριση με αντίστοιχους που κατασκευάστηκαν με χρήση autoclave, παρουσίαζε σημαντικά αυξημένη απορροφητικότητα κραδασμών και αποφυγή συνήθων αστοχιών από ισχυρή τοπική καταπόνηση. Επιπλέον, η μη χρήση autoclave μειώνει σημαντικά το κόστος επένδυσης και χρήσης ειδικού εξοπλισμού και, κατά συνέπεια, του τελικού προϊόντος.

Συμπερασματικά, η προτεινόμενη προσέγγιση μπορεί να αξιοποιηθεί από πολλούς τομείς, εκτός από την περίπτωση των σκελετών ποδηλάτων, με σκοπό τη μείωση του κόστους σχεδιασμού και παραγωγής εξαρτημάτων από Σύνθετα Υλικά. Ενδεικτικά, μερικοί από αυτούς είναι: η βιομηχανία αθλητικού εξοπλισμού πάσης φύσεως, η αυτοκινητοβιομηχανία, η ιατρική, η ναυτιλία, η αεροπορική βιομηχανία, η οικοδομή, οι εφαρμογές Biocomposites και οι επισκευές εξαρτημάτων από σύνθετα υλικά.

./.