



Μορφοποίηση σε Τρισδιάστατους Εκτυπωτές, Κατασκευών Τύπου Sandwich με Πυρήνες Νανοσύνθετων Εύκαμπτων Μεταλλικών (Ιεραρχικές Κυψελοειδείς Δομές)

Εξεταστική Επιτροπή:

Αριστομένης Αντωνιάδης, Καθηγητής - Σχολή Μ.Π.Δ.,
Πολυτεχνείο Κρήτης, Επιβλέπων
Νικόλαος Μπιλάλης, Καθηγητής - Σχολή Μ.Π.Δ.,
Πολυτεχνείο Κρήτης, Μέλος της 3μελούς Επιτροπής
Γεώργιος Σταυρουλάκης, Καθηγητής - Σχολή Μ.Π.Δ.,
Πολυτεχνείο Κρήτης, Μέλος της 3μελούς Επιτροπής

Νεκτάριος Βιδάκης, Καθηγητής
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο
Κωνσταντίνος Δαυίδ, Καθηγητής
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, ΔΙ.ΠΑ.Ε.
Παναγιώτης Κυράτσος, Καθηγητής
Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων,
Παν. Δυτικής Μακεδονίας
Γεώργιος Σκορδάρης, Καθηγητής
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Α.Π.Θ.

**Διδακτορική διατριβή
που υπεβλήθη υπό τον**

Διπλ. Μηχ. (Μ.Σc.) Μισέλ Τεοντόρ Μανσοού

2022


<http://www.m3.tuc.gr>


Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσοού

Μορφοποίηση σε Τρισδιάστατους Εκτυπωτές, Κατασκευών Τύπου Sandwich με Πυρήνες Νανοσύνθετων Εύκαμπτων Μεταλλικών (Ιεραρχικές Κυψελοειδείς Δομές)



1. Εισαγωγή
2. Στάθμη γνώσεων
3. Μηχανικές ιδιότητες και μορφολογία υλικών
4. Ιεραρχικές κυψελοειδείς δομές
5. Εφαρμογές βέλτιστων υλικών και κυψελοειδών δομών σε κατασκευαστικά στοιχεία
6. Συμπεράσματα

«Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση», στο πλαίσιο της Πράξης «Ενίσχυση του ανθρώπινου ερευνητικού δυναμικού μέσω της υλοποίησης διδακτορικής έρευνας» (MIS-5000432), που υλοποιεί το Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών (ΙΚΥ)»



Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



2022



Περιεχόμενα διατριβής

<http://www.m3.tuc.gr>


Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσοού

Μορφοποίηση σε Τρισδιάστατους Εκτυπωτές, Κατασκευών Τύπου Sandwich με Πυρήνες Νανοσύνθετων Εύκαμπτων Μεταλλικών (Ιεραρχικές Κυψελοειδείς Δομές)



1. Εισαγωγή
2. Στάθμη γνώσεων
3. Μηχανικές ιδιότητες και μορφολογία υλικών
4. Ιεραρχικές κυψελοειδείς δομές
5. Εφαρμογές βέλτιστων υλικών και κυψελοειδών δομών σε κατασκευαστικά στοιχεία
6. Συμπεράσματα

2022



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Αντικείμενο της διατριβής:

- ✓ Οι σύνθετες αναπτυγμένες και κατασκευασμένες δομές σε συνδυασμό με τη χρήση νανοσύνθετων υλικών δύναται να βελτιστοποιηθούν όσον αφορά τη συμπεριφορά τους στις μηχανικές και ταλαντωτικές ιδιότητες μέσω διαφόρων πειραμάτων και υπολογιστικής προσομοίωσης.

Στόχοι της διατριβής:

- ✓ Διερεύνηση και προσδιορισμός μηχανικών ιδιοτήτων προηγμένων νανοσύνθετων υλικών.
- ✓ Ανάπτυξη μοντέλου αυτόματης ιεραρχικοποίησης κυψελοειδών δομών.
- ✓ Κατασκευή και προσδιορισμός των μηχανικών και ταλαντωτικών χαρακτηριστικών των ιεραρχικών κυψελοειδών δομών.
- ✓ Ανάπτυξη και κατασκευή ιεραρχικών δομών τύπου sandwich καθώς και η πειραματική-θεωρητική εξέτασή τους.
- ✓ Εφαρμογές μέσω προσομοίωσης των προτεινόμενων ιεραρχικών δομών sandwich τύπου I-beam.



2022

1. Εισαγωγή



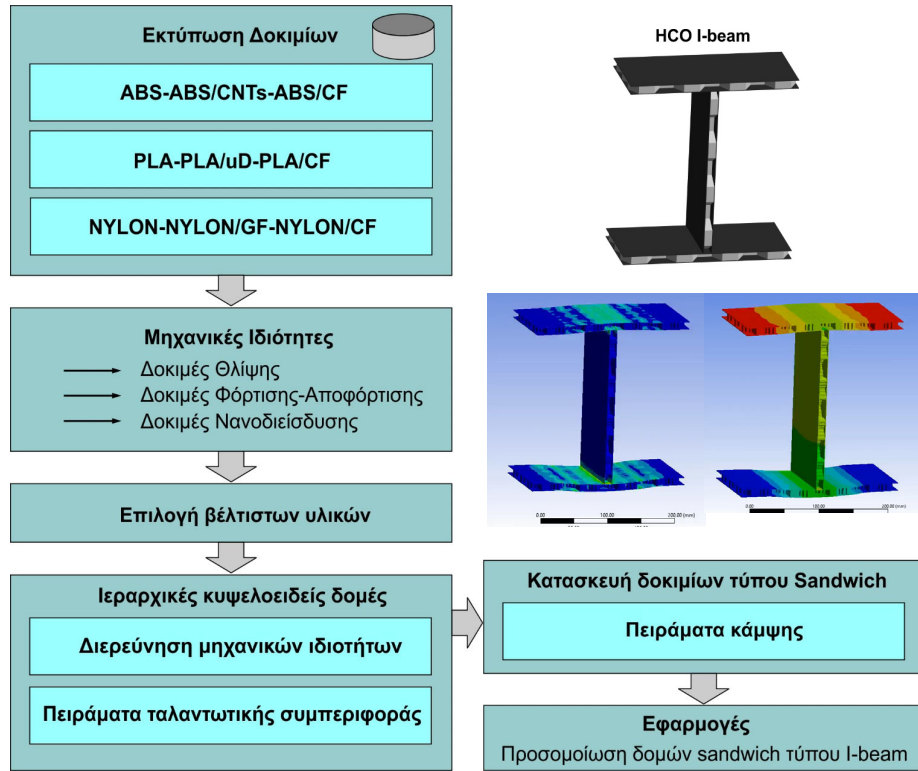
Αντικείμενο και στόχοι της διατριβής

<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ



Μορφοποίηση σε Τρισδιάστατους Εκτυπωτές, Κατασκευών Τύπου Sandwich με Πυρήνες Νανοσύνθετων Εύκαμπτων Μεταλλικών (Ιεραρχικές Κυψελοειδείς Δομές)



1. Εισαγωγή
2. Στάθμη γνώσεων
3. Μηχανικές ιδιότητες και μορφολογία υλικών
4. Ιεραρχικές κυψελοειδείς δομές
5. Εφαρμογές βέλτιστων υλικών και κυψελοειδών δομών σε κατασκευαστικά στοιχεία
6. Συμπεράσματα

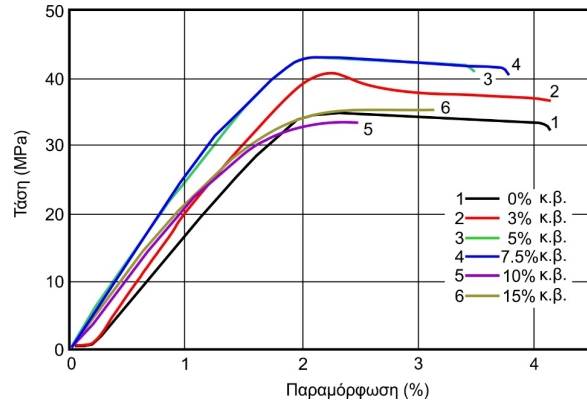


Love, L.J., Kunc, V., Rios, O., Duty, C.E., Elliott, A.M., Post, B.K., Smith, R.J., and Blue, C.A., 2014, "The Importance of Carbon Fiber to Polymer Additive Manufacturing"

Μελέτησαν και διαπίστωσαν πως το **σύνθετο νήμα** πολυμερικής μήτρας **ABS** ενισχυμένο με **ίνες άνθρακα (CF)** αύξησε την **αντοχή και τη στιβαρότητα** των τρισδιάστατων εκτυπωμένων δοκιμίων σε σύγκριση με το ABS χωρίς κάποια προσθήκη.

Ning, F., Cong, W., Qiu, J., Wei, J., and Wang, S., 2015, "Additive Manufacturing of Carbon Fiber Reinforced Thermoplastic Composites using Fused Deposition Modeling"

Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν πως η ενίσχυση της πολυμερικής μήτρας **ABS** με **ίνες άνθρακα** αύξησε το **μέτρο ελαστικότητας** καθώς και την **εφελκυστική αντοχή** των εξεταζόμενων δοκιμίων σε σχέση με τα δοκίμια από ABS χωρίς κάποια πρόσμιξη.



2022

2. Στάθμη γνώσεων



Έρευνα στις μηχανικές ιδιότητες νανοσύνθετων υλικών

<http://www.m3.tuc.gr>

Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσοού

Anwer, M.A.S., and Naguib, H.E., 2016, "Study on the morphological, dynamic mechanical and thermal properties of PLA carbon nanofibre composites"

Διαπιστώθηκε αύξηση του **μέτρου ελαστικότητας** και της **εφελκυστικής αντοχής** των σύνθετων δοκιμίων με την αύξηση του περιεχομένου **νανο-ινών άνθρακα** στην πολυμερική μήτρα PLA.

Ferreira, R.T.L., Amatte, I.C., Dutra, T.A., and Bürger, D., 2017, "Experimental characterization and micrography of 3D printed PLA and PLA reinforced with short carbon fibers"

Η ενσωμάτωση κοντών ινών άνθρακα στην πολυμερική μήτρα PLA επέφερε αύξηση του μέτρου ελαστικότητας των δοκιμίων σε σύγκριση με τα δοκίμια από απλό PLA και στις δύο κατευθύνσεις εκτύπωσης. Η εφελκυστική αντοχή για το απλό PLA και για τις δύο κατευθύνσεις εκτύπωσης παρουσίασε ελάχιστα μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τις αντίστοιχες του PLA/CF.

Ιδιότητα	Διεύθυνση εκτύπωσης	PLA			PLA/CF		
		Max.	Avg.	Dev.	Max.	Avg.	Dev.
Μέτρο Ελαστικότητας (MPa)	0°	3596	3376	212	7665	7541	96
	90°	3350	3125	148	4145	3920	167
Εφελκυστική Αντοχή (MPa)	0°	56.1	54.7	1.9	53.7	53.4	0.2
	90°	42.9	37.1	3.5	37	35.4	1.5
		% κ.β. CNF			% κ.β. CNF		

2022

2. Στάθμη γνώσεων



Έρευνα στις μηχανικές ιδιότητες νανοσύνθετων υλικών

<http://www.m3.tuc.gr>

Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσοού

Yang, C., Tian, X., Liu, T., Cao, Y., and Li, D., 2017, "3D printing for continuous fiber reinforced thermoplastic composites: Mechanism and performance"

Κατασκευή σύνθετων δοκιμών χρησιμοποιώντας **ABS** ενισχυμένο με **10% κ.β. συνεχείς ίνες άνθρακα** μέσω τρισδιάστατης εκτύπωσης. Παρουσιάστηκε **αύξηση** της **καμπτικής** και **εφελκυστικής αντοχής** των εξεταζόμενων δοκιμών συγκριτικά με τα δοκίμια από απλό ABS.

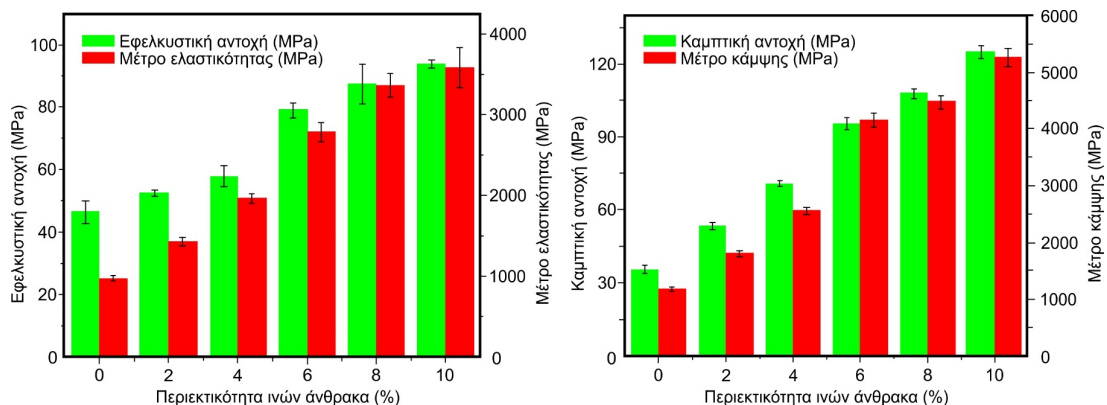
Karakos, A., Rastogi, V.K., Isoaho, T., Tardy, B., Paltakari, J., and Rojas, O.J., 2020, "Comparative Screening of the Structural and Thermomechanical Properties of FDM Filaments Comprising Thermoplastics Loaded with Cellulose, Carbon and Glass Fibers"

Υλικό	E (MPa)	UTS (MPa)	ε _{UTS} (mm/mm)	ε _{Break} (mm/mm)
PLA				
(Tests) Mean	1790.13	56.77	0.041	0.050
(Tests) StDev.	16.38	3.65	0.003	0.011
Company	2852	38.1	0.021	0.028
uDiam-PLA				
(Tests) Mean	1995.47	35.59	0.026	0.027
(Tests) StDev.	179.80	2.14	0.002	0.002
Company	6300	43.5	-	0.032
PA6/66				
(Tests) Mean	1299.77	58.29	0.061	-
(Tests) StDev.	9.44	0.20	0.001	-
Company	579	27.8	0.020	2.10
GF-PA6				
(Tests) Mean	2533.22	91.16	0.051	0.051
(Tests) StDev.	19.88	0.78	0.002	0.002
Company	7400	102	0.021	0.021



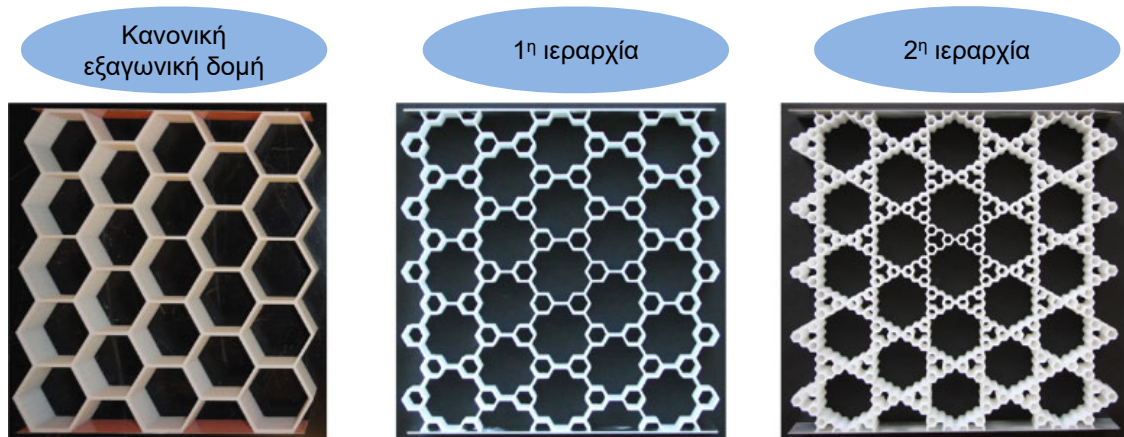
Liao, G., Li, Z., Cheng, Y., Xu, D., Zhu, D., Jiang, S., Guo, J., Chen, X., Xu, G. and Zhu Y., 2018, "Properties of oriented carbon fiber/polyamide 12 composite parts fabricated by fused deposition modeling"

- Διερεύνηση **μηχανικών ιδιοτήτων** σύνθετων δοκιμών πολυμερικής μήτρας **PA12** ενισχυμένης με **ίνες άνθρακα** σε διάφορες ποσοστώσεις μέσω πειραμάτων **εφελκυσμού** και **κάμψης**.
- Η ενσωμάτωση ινών άνθρακα στην πολυμερική μήτρα PA12 οδήγησε σε σημαντική **αύξηση** της **εφελκυστικής** και **καμπτικής αντοχής** καθώς και του **μέτρου ελαστικότητας** και **μέτρου κάμψης** των σύνθετων δοκιμών σε σύγκριση με το PA12 χωρίς κάποια προσθήκη.



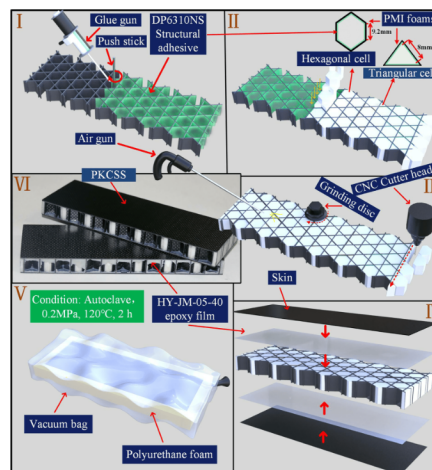
Ajdari, A., Jahromi, B.H., Papadopoulos, J., Nayeb-Hashemi, H., and Vaziri, A., 2012, "Hierarchical honeycombs with tailorable properties"

- Μελέτη της μηχανικής συμπεριφοράς των ιεραρχικών κυψελοειδών δομών (ίδια σχετική πυκνότητα).
- Οι κυψελοειδείς δομές 1^{ης} και 2^{ης} ιεραρχίας παρουσίασαν έως **2 και 3.5 φορές μεγαλύτερη στιβαρότητα** αντίστοιχα, σε σχέση με την κανονική εξαγωνική δομή.



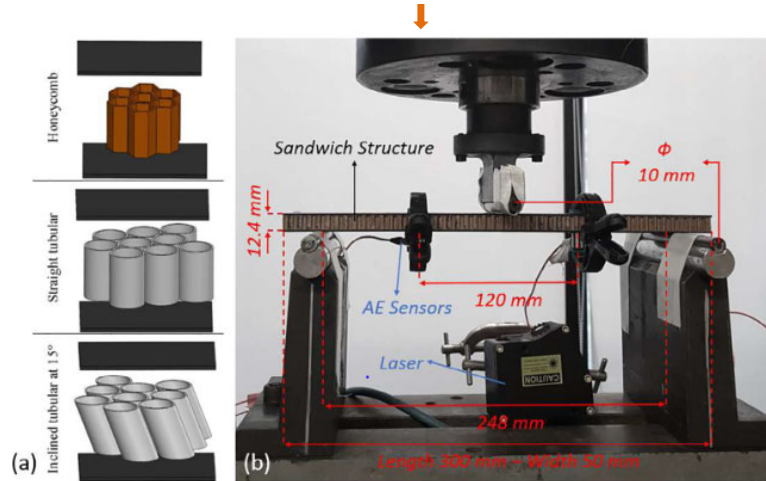
Song, S., Xiong, C., Zheng, J., Yin, J., Zou, Y., and Zhu, X., 2021, "Compression, bending, energy absorption properties, and failure modes of composite Kagome honeycomb sandwich structure reinforced by PMI foams"

- Προτάθηκε το γέμισμα των υψηλής αντοχής-στιβαρότητας PMI αφρών μέσα στη σύνθετη κυψελοειδή δομή Kagome με σκοπό τη δημιουργία ενός νέου τύπου δομής sandwich.
- Διερεύνηση μηχανικής συμπεριφοράς μέσω πειραμάτων θλίψης και κάμψης αλλά και θεωρητικώς.
- Η προτεινόμενη δομή επέφερε **αύξηση** της **αντοχής** και **στιβαρότητας** με μια μικρή αύξηση του βάρους.



Harizi, W., Anjoul, J., Acosta Santamaría, V. A., Aboura, Z., and Briand, V., 2021, "Mechanical behavior of carbon-reinforced thermoplastic sandwich composites with several core types during three-point bending tests"

- Καμπτική συμπεριφορά διαφόρων σύνθετων θερμοπλαστικών δομών sandwich ενισχυμένων με ίνες άνθρακα.
- Η δομή sandwich με πυρήνα από αλουμίνιο παρουσίασε την υψηλότερη στιβαρότητα συγκριτικά με τις άλλες δομές sandwich. Ωστόσο, οι θερμοπλαστικές δομές sandwich με πυρήνα από PEI παρουσίασαν τη μεγαλύτερη πλαστικότητα.



2022

2. Στάθμη γνώσεων



Έρευνα στις ιεραρχικές δομές sandwich

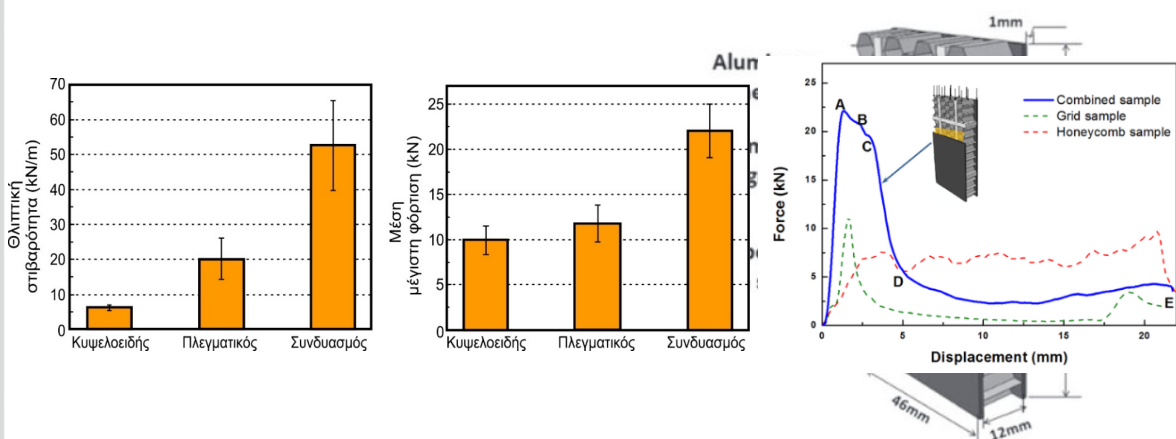
<http://www.m3.tuc.gr>

Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Sun, Z., Shi, S., Guo, X., Hu, X., and Chen, H., 2016, "On compressive properties of composite sandwich structures with grid reinforced honeycomb core"

- Ο συνδυασμός κυψελοειδούς και πλεγματικού πυρήνα επέφερε ιδιαίτερη **αύξηση της αντοχής** και **στιβαρότητας**. Ο συνδυασμός απέτρεψε τόσο τη **διεπιφανειακή αποκόλληση** όσο και την **τοπική κάμψη** του πυρήνα.
- Προτάθηκε ένα μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων για τον υπολογισμό του κρίσιμου φορτίου κάμψης των δομών sandwich με συνδυασμό πυρήνων. Τα πειραματικά-θεωρητικά αποτελέσματα έδειξαν πως η δομή sandwich με συνδυασμό πυρήνων μπορεί να προσφέρει βελτιωμένες δομικές ιδιότητες για διάφορες μηχανολογικές κατασκευές.



2022

2. Στάθμη γνώσεων



Έρευνα στις ιεραρχικές δομές sandwich

<http://www.m3.tuc.gr>

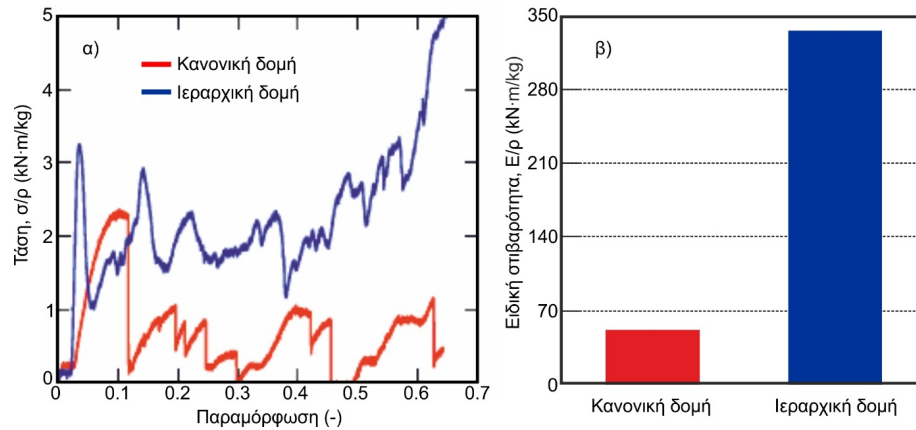
Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Chen, Y., Li, T., Jia, Z., Scarpa, F., Yao, C.W., and Wang, L., 2018, "3D printed hierarchical honeycombs with shape integrity under large compressive deformations"



- Διερεύνηση **θλιπτικής συμπεριφοράς** μιας νέας τάξης ιεραρχικών δομών, η οποία δημιουργήθηκε κατόπιν αντικατάστασης των κυψελοειδών τοιχωμάτων της κανονικής κυψελοειδούς δομής με τριγωνικά πλέγματα.
- Οι προτεινόμενες δομές παρουσίασαν ιδιαίτερα **αυξημένη στιβαρότητα**. Συγκεκριμένα, η στιβαρότητα των ιεραρχικών δομών ήταν **6.6 φορές μεγαλύτερη** από την αντίστοιχη της κανονικής κυψελοειδούς δομής, για την ίδια σχετική πυκνότητα.



- Πρωταρχικός στόχος της διατριβής ήταν η επιλογή των βέλτιστων υλικών για τη μελέτη και κατασκευή των ιεραρχικών κυψελοειδών δομών.

Πολυμερική μήτρα ABS



Συστατικά Ενίσχυσης

- Νανოსωλήνες άνθρακα (ABS/CNTs)
- 15% κ.β. ίνες άνθρακα (ABS/CF)

Πολυμερική μήτρα PLA



Συστατικά Ενίσχυσης

- Νανοδιαμάντι (PLA/υD)
- 15% κ.β. ίνες άνθρακα (PLA/CF)

Πολυμερική μήτρα Nylon



Συστατικά Ενίσχυσης

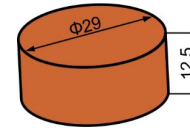
- 20% κ.β. ίνες άνθρακα (Nylon/CF)
- 16% κ.β. ίνες γυαλιού (Nylon/GF)



Ultimaker 2+

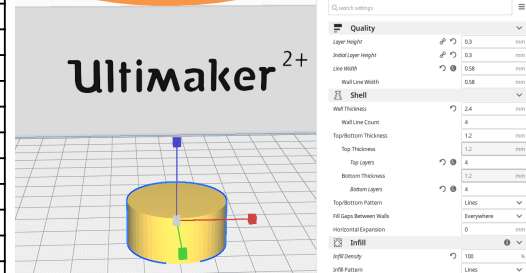


ASTM D395



Παράμετροι εκτύπωσης δοκιμών	Τιμές
Διάμετρος κυλινδρικών δοκιμών	29mm
Πάχος κυλινδρικών δοκιμών	12.5mm
Διάμετρος κεφαλής εκτύπωσης (print head diameter)	2.85mm
Διάμετρος ακροφύσιου εξώθησης (nozzle diameter)	0.6mm
Ύψος κάθε στρώσης (layer height)	0.3mm
Πλάτος γραμμής (line width)	0.58mm
Πλάτος κάθε γραμμής τοιχώματος (wall line width)	0.58mm
Πάχος τοιχώματος (wall thickness)	2.4mm
Αριθμός τοιχωμάτων (wall line count)	4
Ποσοστό πυκνότητας γεμίσματος (infill density)	100%
Διάταξη γεμίσματος (infill pattern)	lines
Ταχύτητα εκτύπωσης (print speed)	35mm/s

Λογισμικό Cura



2022



Κατασκευή και παράμετροι εκτύπωσης δοκιμών

<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Μορφοποίηση σε Τρισδιάστατους Εκτυπωτές, Κατασκευών Τύπου Sandwich με Πυρήνες Νανοσύνθετων Εύκαμπτων Μεταλλικών (Ιεραρχικές Κυψελοειδείς Δομές)



1. Εισαγωγή
2. Στάθμη γνώσεων
3. **Μηχανικές ιδιότητες και μορφολογία υλικών**
4. Ιεραρχικές κυψελοειδείς δομές
5. Εφαρμογές βέλτιστων υλικών και κυψελοειδών δομών σε κατασκευαστικά στοιχεία
6. Συμπεράσματα



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



2022



<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Χαρακτηριστικά δοκιμής μονοαξονικής θλίψης

- Μηχανή Testometric M500-50 AT.
- Νανοσύνθετα κυλινδρικά δοκίμια (Φ29x12.5mm) σύμφωνα με το πρότυπο ASTM D395.
- Πέντε δοκίμια θλίψης για κάθε ένα υλικό.
- Ρυθμός παραμόρφωσης 5mm/min.



Τεχνικές προδιαγραφές	Τιμές
Μέγιστο φορτίο	50kN
Ταχύτητα οδήγησης κεφαλής	0.001-1000mm/min
Βήμα μεταβολής ταχύτητας	0.001mm/min
Μέγιστο μήκος διαδρομής (εκτός λαβών)	980mm

2022



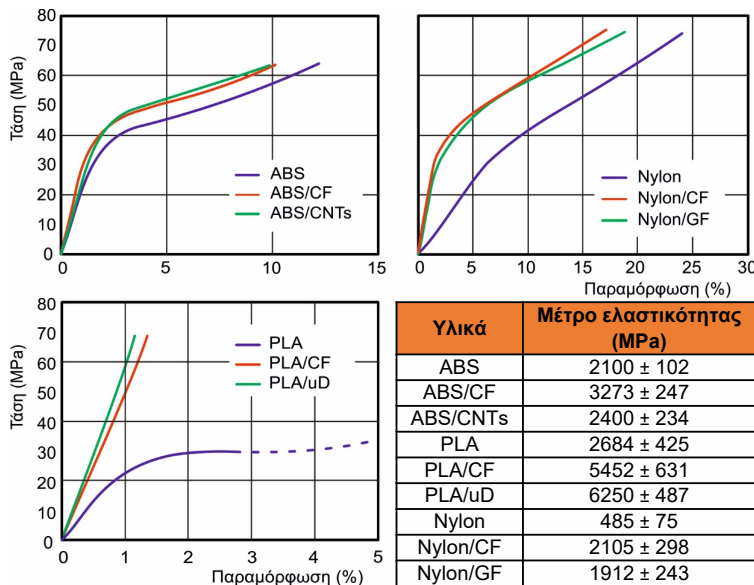
Πειραματική διάταξη δοκιμής μονοαξονικής θλίψης

<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσοού



2022



Αποτελέσματα πειραμάτων θλίψης

<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσοού

Χαρακτηριστικά δοκιμής φόρτισης-αποφόρτισης

- Μηχανή Testometric M500-50 AT (ίδια μηχανή με τη δοκιμή θλίψης).
- Νανοσύνθετα κυλινδρικά δοκίμια (Φ29x12.5mm).
- Πέντε δοκίμια θλίψης για κάθε ένα υλικό.
- Ταχύτητα φόρτισης-αποφόρτισης 5mm/min.
- Ανώτερο φορτίο 5kN.



2022

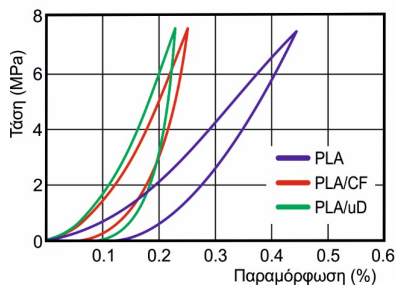
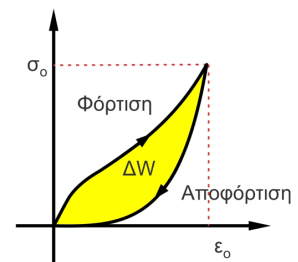
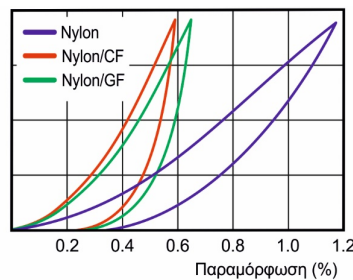
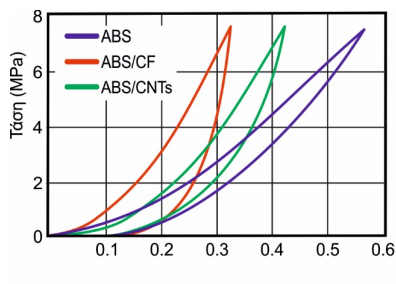


Πειραματική διάταξη δοκιμής φόρτισης-αποφόρτισης

<http://www.m3.tuc.gr>


Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ



Συντελεστής απωλειών

$$n = \frac{\Delta W}{2\pi W}$$

Υλικά	Συντελεστής απωλειών (loss factor)	ΔW	W
ABS	2.5%	0.017466	0.224442
ABS/CF	10.0%	0.032212	0.102366
ABS/CNTs	3.7%	0.016403	0.142183
PLA	3.0%	0.017	0.178
PLA/CF	3.9%	0.009462	0.077981
PLA/uD	6.2%	0.016948	0.086423
Nylon	12.6%	0.076468	0.192749
Nylon/CF	8.0%	0.030178	0.120362
Nylon/GF	8.5%	0.034276	0.127751

2022



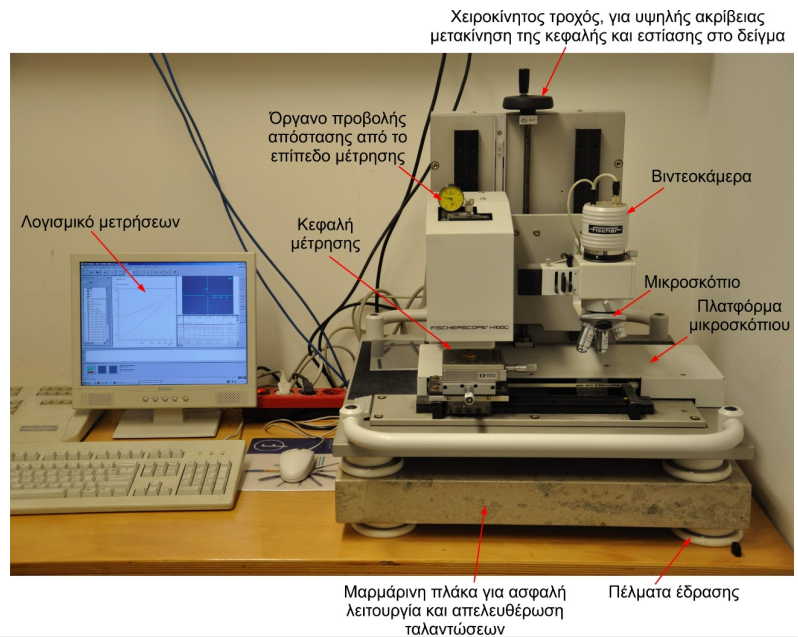
Αποτελέσματα πειραμάτων φόρτισης-αποφόρτισης

<http://www.m3.tuc.gr>


Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

- Μηχανή FISCHERSCOPE® H100C.
- Κατά τη νανοδιείσδυση χρησιμοποιήθηκε ένα κυλινδρικό δοκίμιο από κάθε υλικό σε φορτίο 20mN.
- Διεσδυτής τύπου Berkovich (ακτίνα 50-100nm).
- Ρυθμός φόρτισης 0.35mN/s.
- Έγιναν 40 μετρήσεις σε κάθε δοκίμιο.
- Στα πολυμερή προτείνεται η διατήρηση του φορτίου στη μέγιστη παραμόρφωση για χρόνο ίσο με 10 δευτερόλεπτα για την αποφυγή της καμπύλωσης.



2022

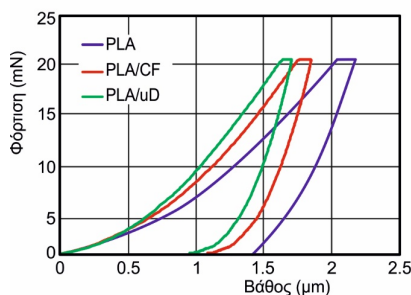
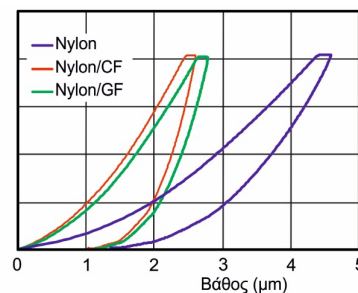
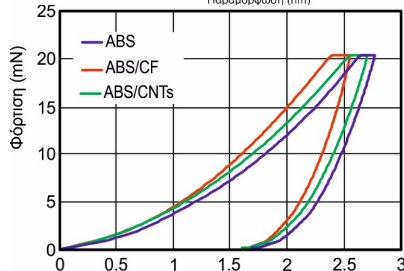
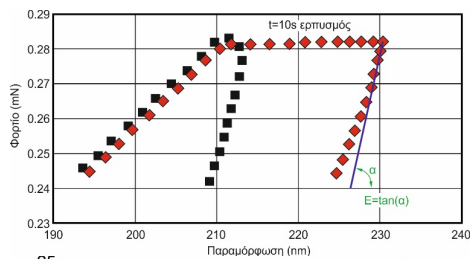


Πειραματική διάταξη δοκιμής νανοδιείσδυσης

<http://www.m3.tuc.gr>

Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ



- Ο χρόνος παραμονής στο μέγιστο φορτίο επιτρέπει στο υλικό να έρθει σε μηχανική ισορροπία και εξαφανίζει την καμπύλωση στο σημείο εκκίνησης της αποφόρτισης.

Υλικά	Σκληρότητα (N/mm ²)	Μέτρο ελαστικότητας (N/mm ²)
ABS	137.4 ± 18.4	2579 ± 247
ABS/CF	155.5 ± 19	3652 ± 436
ABS/CNTs	152.4 ± 12.3	2657 ± 157
PLA	142.7 ± 33	3535 ± 500
PLA/CF	280.2 ± 47	5994 ± 743
PLA/uD	393.1 ± 61.4	6934 ± 588.4
Nylon	55.0 ± 10.2	592 ± 54
Nylon/CF	153.0 ± 32.3	2617 ± 249
Nylon/GF	130.0 ± 21.4	2168 ± 291

2022



Αποτελέσματα πειραμάτων νανοδιείσδυσης

<http://www.m3.tuc.gr>

Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Χαρακτηριστικά ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM)

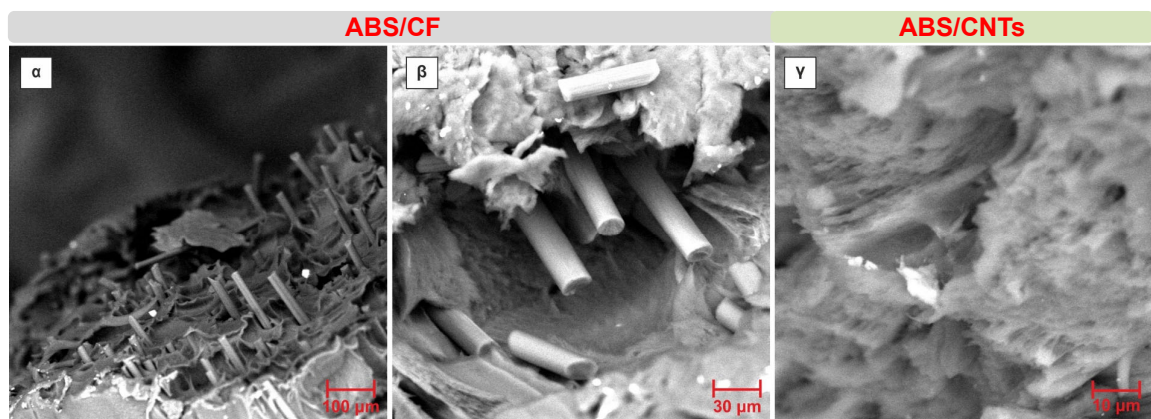
- Μικροσκόπιο ηλεκτρονικής σάρωσης Phenom ProX (ThermoFisher Scientific, MA, USA).
- Διερεύνηση των μορφολογικών χαρακτηριστικών των εξεταζόμενων νανοσύνθετων υλικών.
- Εξέταση της επιρροής των συστατικών ενίσχυσης μέσα στις πολυμερικές μήτρες μετά τη δοκιμή θλίψης (συσσωματώματα, φυσαλίδες, ανομοιόμορφη διασπορά νανοσωματιδίων).



- Ύψος δοκιμίου 35mm (προαιρετικά 100mm).
- Διάμετρος δοκιμίου 25mm (προαιρετικά 32mm).
- Ανάλυση μικρότερη ίση με 6nm SED και μικρότερη ίση με 8nm BSD.
- Έγχρωμη κάμερα οπτικής πλοήγησης.
- Ψηφιακό zoom max. 12x.
- Εύρος οπτικής μεγέθυνσης ηλεκτρονίων 160-350.000x.
- Μεγέθυνση οπτικού φωτός 27-160x.

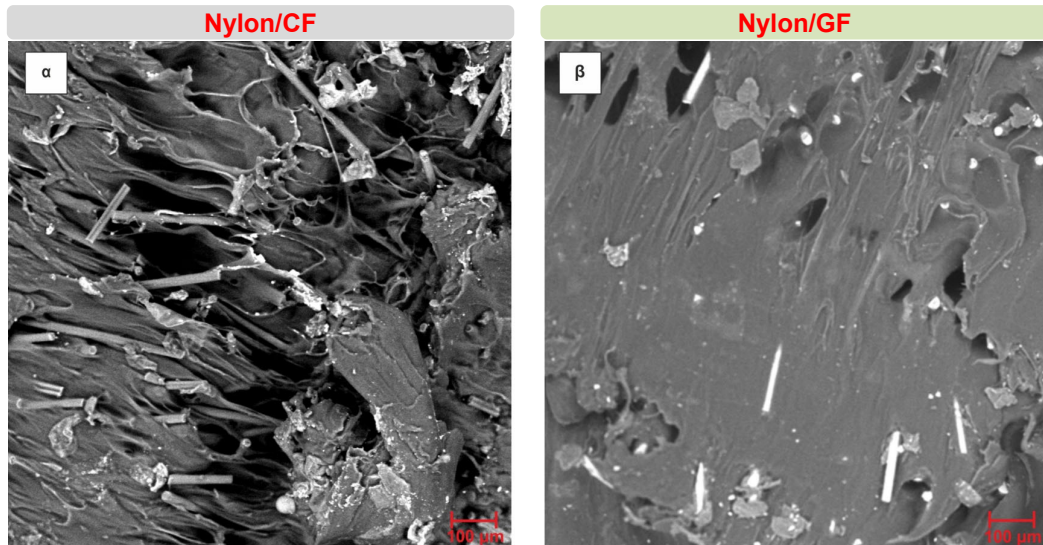


- Το ABS/CF παρήγαγε σημαντική **ευθυγράμμιση ινών** κατά την κατεύθυνση της διαδρομής εκτύπωσης (εικόνα α).
- Οι **μικροϊνες άνθρακα** έχουν **αποκολληθεί** από τη μήτρα ABS και παρουσιάζουν τυπική **ψαθυρή εγκάρσια θραύση** (εικόνα β).
- Στην εικόνα γ παρουσιάζεται μια τυπική επιφάνεια ABS/CNTs σε ιδιαίτερα υψηλή ανάλυση.



2022

- Η **διεπιφάνεια** της πολυμερικής μήτρας από πολυαμίδιο με τις ίνες άνθρακα δεν είναι ικανοποιητική, όπως φαίνεται από την εύκολη και εκτεταμένη **αποκόλληση των ινών** (εικόνα α).
- Στην περίπτωση του Nylon/GF παρουσιάζονται επίσης κάποιες **αποκολλήσεις**, ενώ εμφανίζονται και ίνες που έχουν αστοχήσει εγκάρσια ίσως λόγω του ιδιαίτερου σημείου της μικρογραφίας όπου ενδεχομένως να υπάρχει αλλαγή στη φορά της εκτύπωσης (εικόνα β).



Αποτελέσματα πειραμάτων SEM για την οικογένεια υλικών Nylon

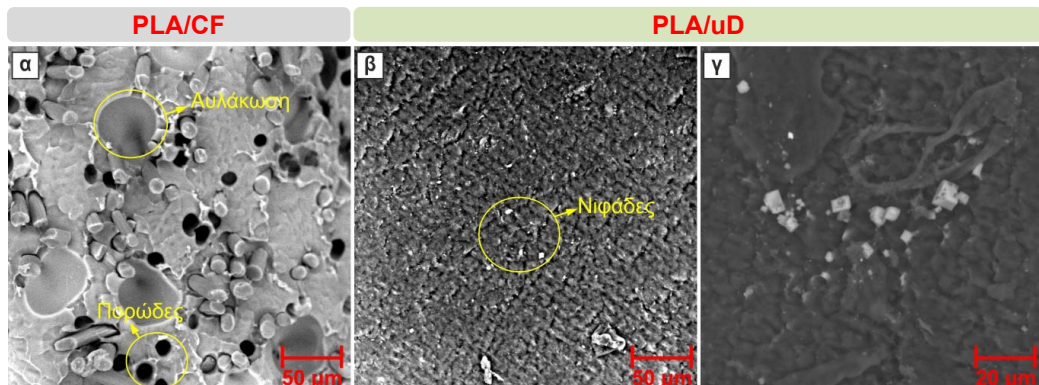
<http://www.m3.tuc.gr>

Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

2022

- Λίγες μόνο μικροΐνες είναι εμφανείς και προεξέχουν, γεγονός που δείχνει την **καλή ανάμιξη των μικροϊνών με τη μήτρα** (εικόνα α).
- Το **πορώδες** που εμφανίζεται στις μικρογραφίες ουσιαστικά είναι **μαύρες οπές** από περιοχές όπου υπήρχαν ίνες και **αποκολλήθηκαν (διαδικασία εξόλκευσης)** κατά την προετοιμασία του δοκιμίου (εικόνα α).
- Κάποιες μεγαλύτερες **μη πλήρως συμμετρικές αυλακώσεις** (ελλειψοειδές σχήμα με τη μεγάλη διάμετρο) προέρχονται από **εγκλωβισμένη υγρασία** που κατά την υψηλή θερμοκρασία εκτύπωσης εξατμίστηκε (εικόνα α).
- Εμφανής είναι η **τραχύτητα της επιφάνειας** η οποία οφείλεται στην ενίσχυση με νανοδιαμάντι (εικόνα β). Παρατηρείται **καλή διασπορά** μεταξύ του PLA και της ενίσχυσης από νανοδιαμάντι, όπου τα πρόσθετα εμφανίζονται ως **νιφάδες** (εικόνα β, γ).



Αποτελέσματα πειραμάτων SEM για την οικογένεια υλικών PLA

<http://www.m3.tuc.gr>

Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Μορφοποίηση σε Τρισδιάστατους Εκτυπωτές, Κατασκευών Τύπου Sandwich με Πυρήνες Νανοσύνθετων Εύκαμπτων Μεταλλικών (Ιεραρχικές Κυψελοειδείς Δομές)

1. Εισαγωγή
2. Στάθμη γνώσεων
3. Μηχανικές ιδιότητες και μορφολογία υλικών
4. **Ιεραρχικές κυψελοειδείς δομές**
5. Εφαρμογές βέλτιστων υλικών και κυψελοειδών δομών σε κατασκευαστικά στοιχεία
6. Συμπεράσματα



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

2022


<http://www.m3.tuc.gr>


Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

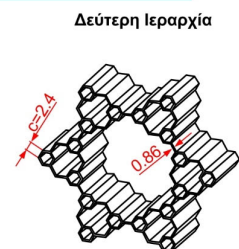
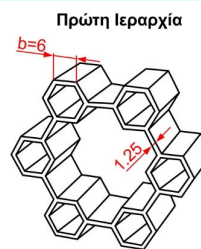
Μισέλ Τεοντόρ Μανσοού

Το πάχος των κυψελοειδών τοιχωμάτων μειώθηκε προκειμένου να διατηρηθεί η συνολική πυκνότητα

α) Κυψέλες ιεραρχικών κυψελοειδών δομών

Συντελεστές αναλογίας

$$\gamma_1 = \frac{b}{a} \text{ και } \gamma_2 = \frac{c}{a}$$

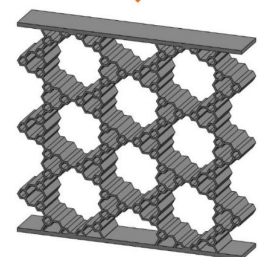
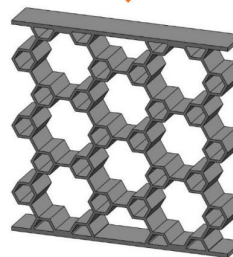
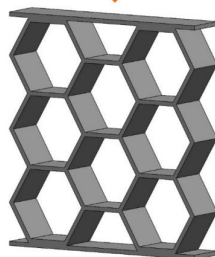


Αυτή η σχέση παρουσιάζει ξεκάθαρα πως το $\frac{t}{a}$ πρέπει να μειωθεί, έτσι ώστε να διατηρηθεί σταθερή η σχετική πυκνότητα, καθώς αυξάνονται τα γ_1, γ_2

Η αδιάστατη σχετική πυκνότητα μπορεί να υπολογιστεί σε σχέση με το $\frac{t}{a}$

$$\rho_0 = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{t}{a}$$

β) Εικονικά μοντέλα ιεραρχιών



$$\rho_0 = \frac{2}{\sqrt{3}} (1 + 2\gamma_1) \frac{t}{a} \quad \rho_0 = \frac{2}{\sqrt{3}} (1 + 2\gamma_1 + 6\gamma_2) \frac{t}{a}$$

2022



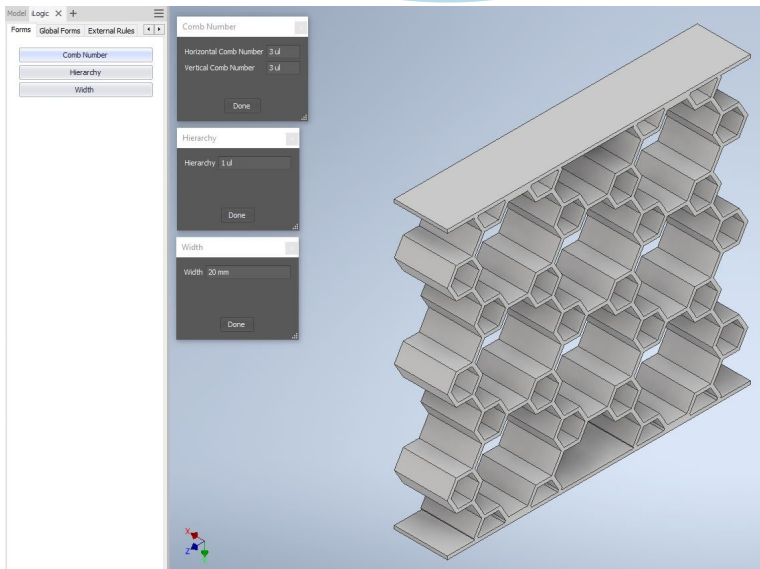
Σχεδιασμός ιεραρχικών κυψελοειδών δομών

<http://www.m3.tuc.gr>

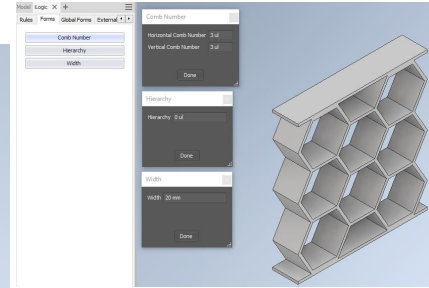

Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσοού

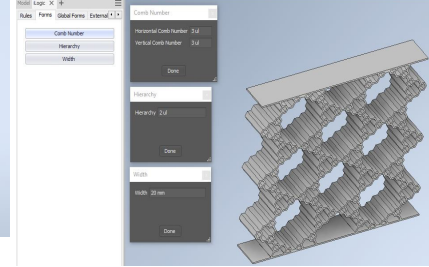
1^η Ιεραρχία



0^η Ιεραρχία



2^η Ιεραρχία



Ανάπτυξη μοντέλου αυτόματης ιεραρχικοποίησης κυψελοειδών δομών

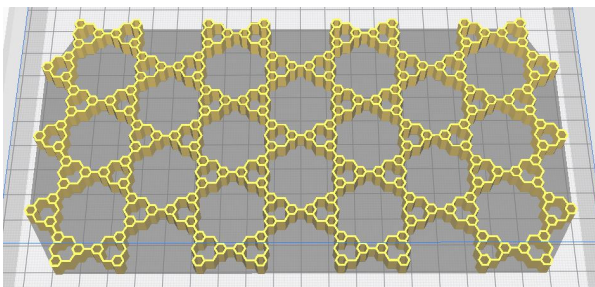
<http://www.m3.tuc.gr>



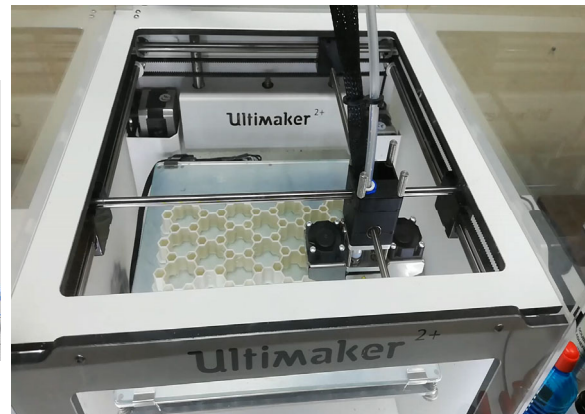
Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Λογισμικό Cura



Ultimaker 2+



Παράμετροι εκτύπωσης δοκιμών	Τιμές
Μήκος ιεραρχικών κυψελοειδών δομών	100mm
Πλάτος ιεραρχικών κυψελοειδών δομών	100mm
Πάχος ιεραρχικών κυψελοειδών δομών	20mm
Διάμετρος κεφαλής εκτύπωσης (print head diameter)	2.85mm
Διάμετρος ακροφύσιου εξώθησης (nozzle diameter)	0.6mm
Ύψος κάθε στρώσης (layer height)	0.3mm
Πλάτος γραμμής (line width)	0.58mm
Πλάτος κάθε γραμμής τοιχώματος (wall line width)	0.58mm
Ποσοστό πυκνότητας γεμίσματος (infill density)	100%
Διάταξη γεμίσματος (infill pattern)	lines
Ταχύτητα εκτύπωσης (print speed)	35mm/s



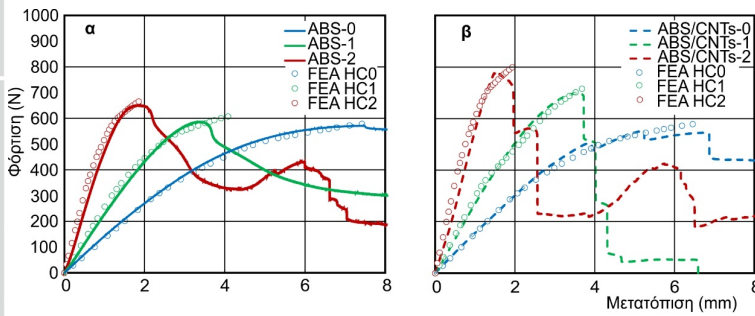
Κατασκευή ιεραρχικών κυψελοειδών δομών

<http://www.m3.tuc.gr>

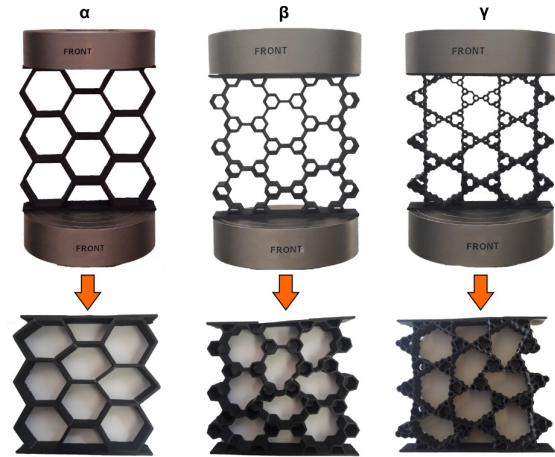
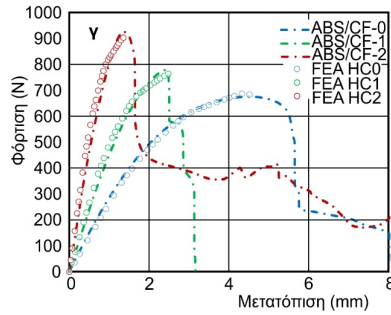


Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ



- Μηχανή Testometric M500-50 AT.
- Οικογένεια υλικών ABS.
- Μηδενική (HCO), πρώτη (HC1) και δεύτερη (HC2) ιεραρχία.
- Η μεγαλύτερη παραμόρφωση διαπιστώθηκε στα 8mm.



- Οι κυψελοειδείς δομές 2ης ιεραρχίας ABS/CF παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές σχετικά με τη σιβαρότητα συγκριτικά με τις άλλες ιεραρχίες και υλικά.

2022



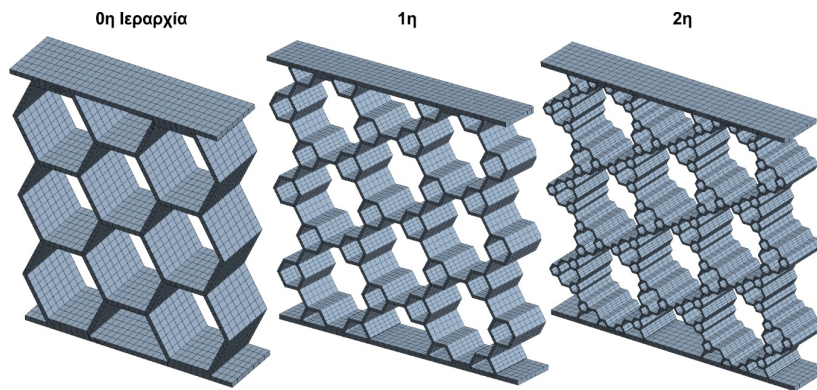
Σύγκλιση πειραματικών-FEA καμπυλών φόρτισης-μετατόπισης

<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ



Γεωμετρία	Κόμβοι	Στοιχεία	Βαθμοί Ελευθερίας	Γεωμετρία Στοιχείου	Τύπος Στοιχείου
HCO	16287	2254	48.861	Εξάεδρα και πρισματικά στοιχεία	Solid186 (ANSYS)
HC1	43471	6202	130.413		
HC2	85517	12474	256.551		

2022



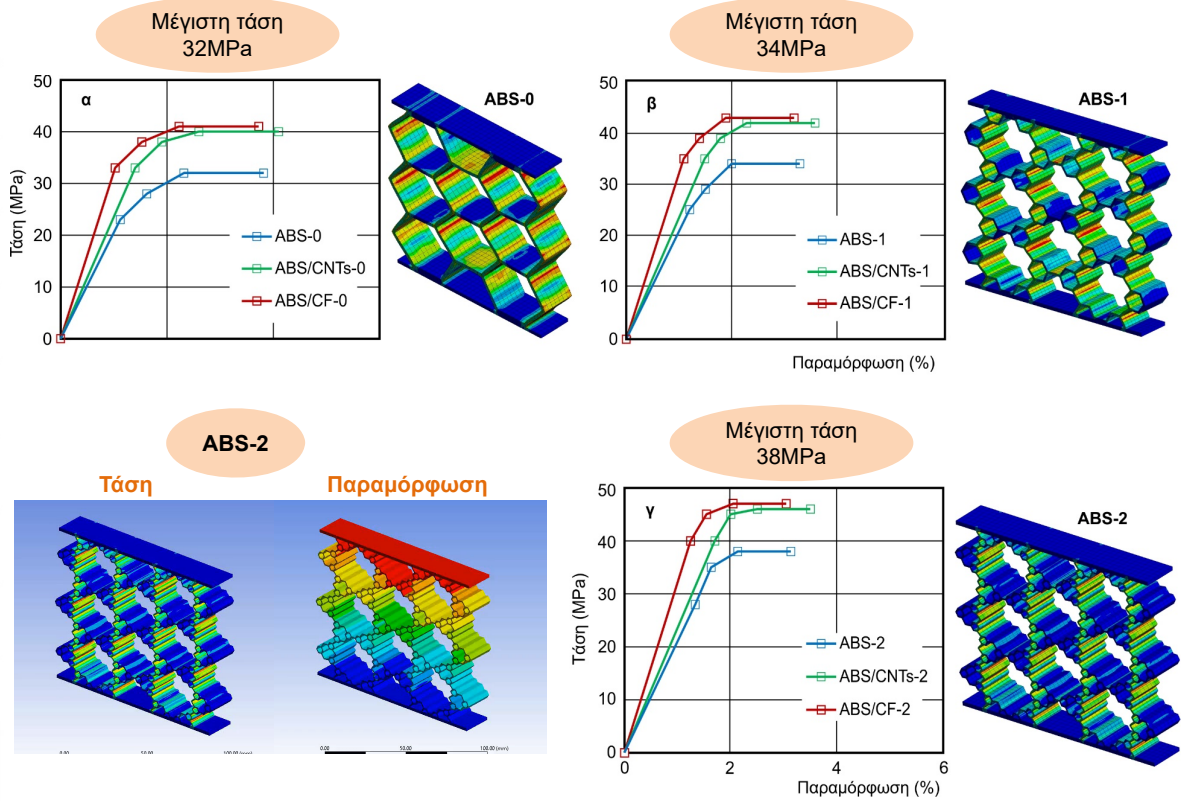
Παράμετροι πλέγματος ιεραρχικών κυψελοειδών δομών

<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

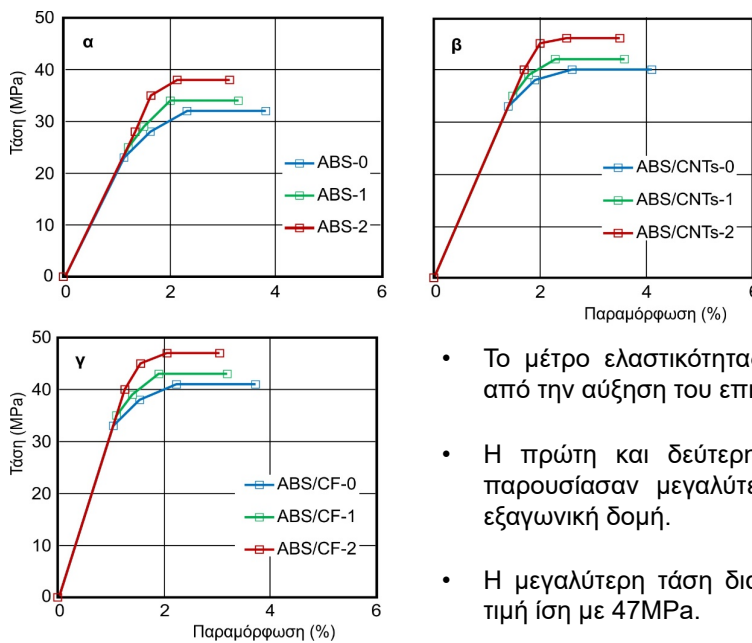


Αναλύσεις πεπερασμένων στοιχείων για τρεις διαφορετικές ιεραρχίες <http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ



- Εξέταση οικογένειας υλικών ABS.
- Σύγκριση μεταξύ ίδιου υλικού με διαφορετική ιεραρχία.

- Το μέτρο ελαστικότητας δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την αύξηση του επιπέδου της ιεραρχίας.
- Η πρώτη και δεύτερη ιεραρχική κυψελοειδή δομή παρουσίασαν μεγαλύτερη τάση απ' ότι η κανονική εξαγωνική δομή.
- Η μεγαλύτερη τάση διαπιστώθηκε για το ABS/CF με τιμή ίση με 47MPa.

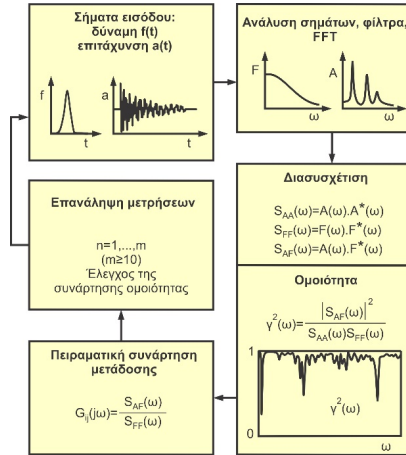
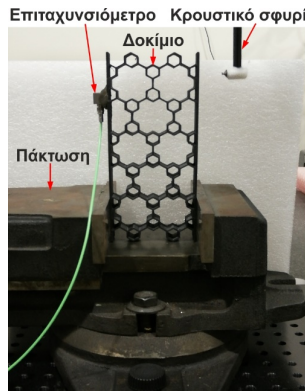
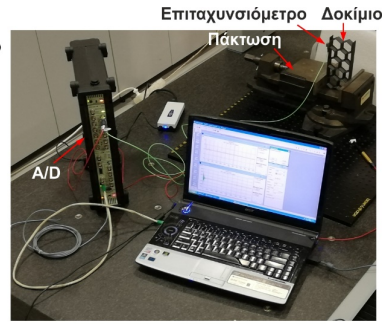
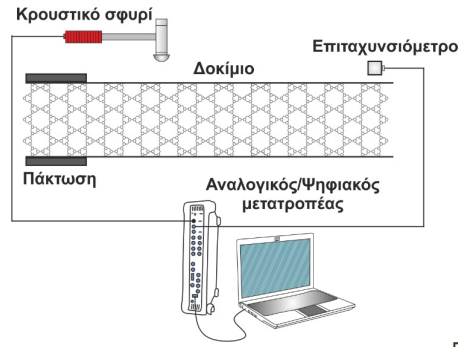


Παραγόμενες καμπύλες τάσης-παραμόρφωσης μέσω FEA <http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ



2022



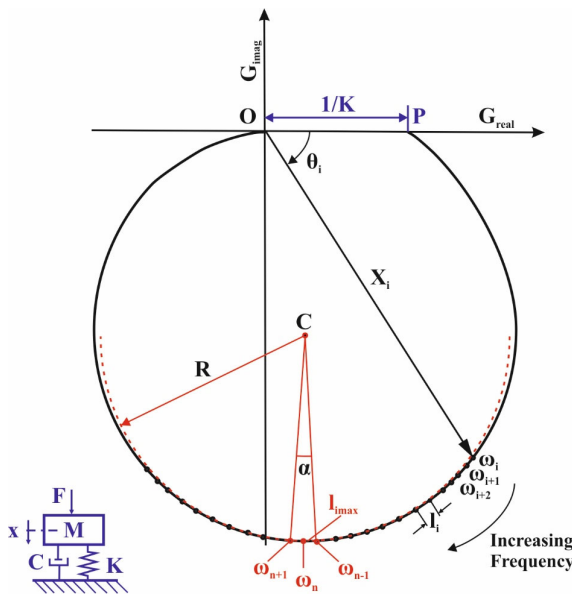
Διάταξη μέτρησης ταλαντωτικής συμπεριφοράς κυψελοειδών δομών

<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ



Συντελεστής απωλειών, n

$$n = \frac{2\Delta\omega}{\omega_n \tan(a/2)} = \frac{2(\omega_{n+1} - \omega_{n-1})}{\omega_n \tan(a/2)}$$

2022

- Η συνάρτηση μετάδοσης G για 1-βαθμό ελευθερίας μπορεί να αναπαρασταθεί στο μιγαδικό επίπεδο μέσω των πραγματικών και φανταστικών συνιστωσών της.
- Το εύρος της G αναπαρίσταται με το διάνυσμα X_i υπό γωνία θ_i με τον οριζόντιο άξονα, όπου θ_i είναι η διαφορά φάσης ανάμεσα στη διεγείρουσα δύναμη και την απόκριση για συχνότητα ω_i .
- Τα σημεία ω_{n-1} και ω_{n+1} αντιστοιχούν στο μέγιστο μήκος τόξου επί της καμπύλης για σταθερό βήμα συχνότητας. Η συχνότητα συντονισμού ω_n βρίσκεται στο μέσο των ω_{n-1} και ω_{n+1} .
- Το διάστημα OP ορίζει τη στατική απόκριση $G(0)$, στην περίπτωση αυτή είναι όμοια με την ευκαμψία $1/K$, που είναι η αντίστροφη τιμή της στιβαρότητας του ελατηρίου K του συστήματος.
- Ο συντελεστής απωλειών (n) υπολογίζεται προσαρμόζοντας ένα βέλτιστο κύκλο που να διέρχεται από τα σημεία της περιοχής του συντονισμού, χρησιμοποιώντας την ακτίνα και το κέντρο του.



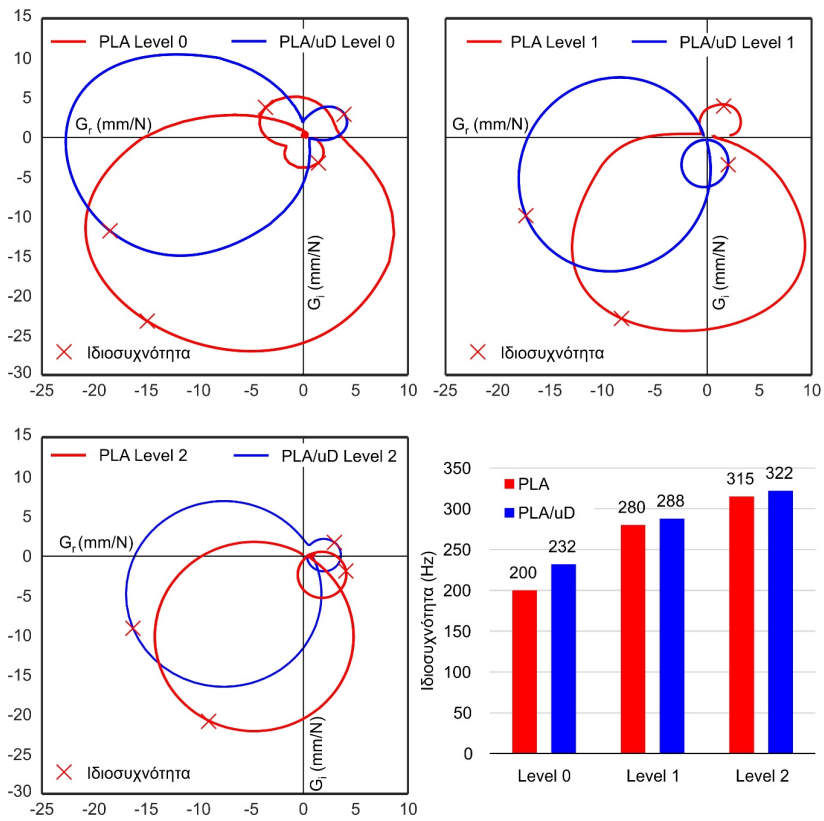
Μέθοδος προσδιορισμού ταλαντωτικών χαρακτηριστικών

<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ



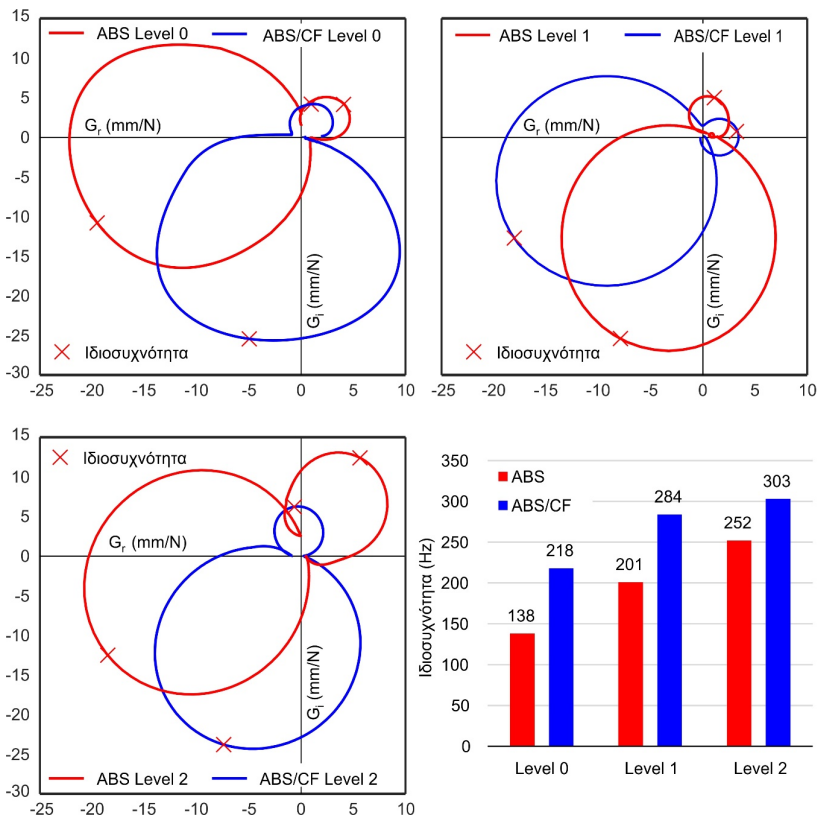
Αποτελέσματα ταλαντωτικής συμπεριφοράς κυψελοειδών δομών

<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ



Αποτελέσματα ταλαντωτικής συμπεριφοράς κυψελοειδών δομών

<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Μορφοποίηση σε Τρισδιάστατους Εκτυπωτές, Κατασκευών Τύπου Sandwich με Πυρήνες Νανοσύνθετων Εύκαμπτων Μεταλλικών (Ιεραρχικές Κυψελοειδείς Δομές)

1. Εισαγωγή
2. Στάθμη γνώσεων
3. Μηχανικές ιδιότητες και μορφολογία υλικών
4. Ιεραρχικές κυψελοειδείς δομές
5. Εφαρμογές βέλτιστων υλικών και κυψελοειδών δομών σε κατασκευαστικά στοιχεία
6. Συμπεράσματα



Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση



2022

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



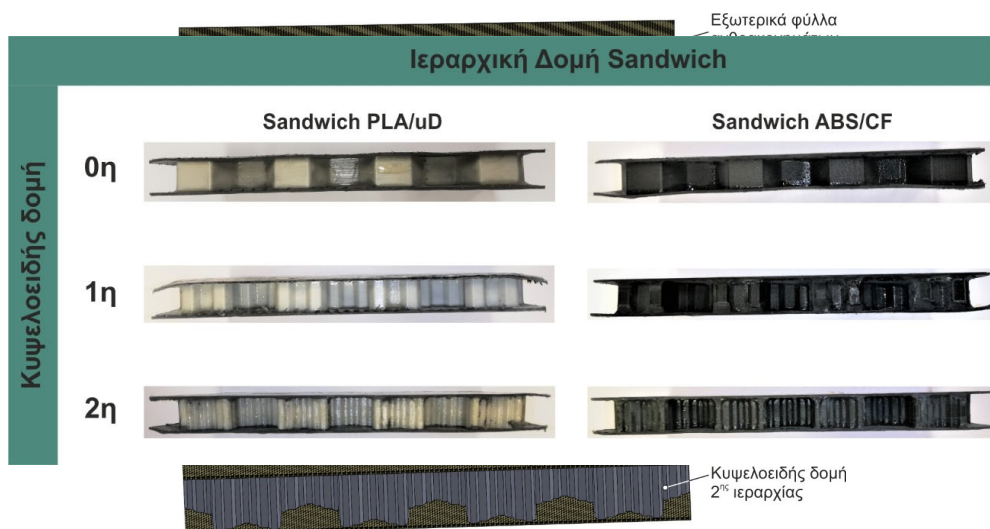
<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

- Ιεραρχικές δομές sandwich 200x100x20mm με χρήση των δύο βέλτιστων υλικών, PLA/uD και ABS/CF.
- Τα εξωτερικά φύλλα ανθρακονημάτων αποτελούνται από τρεις στρώσεις των 0.3mm, έτσι ώστε το εξωτερικό φύλλο να μην ξεπερνά το 1mm σε πάχος συνολικά.
- Χρήση συμμετρικών πολυστρωματικών σύνθετων υλικών (laminates) με γωνίες $\pm 45^\circ$, $0^\circ/90^\circ$, $\pm 45^\circ$ με σταυρωτή πλέξη (twill fabric) για κάθε μία από τις τρεις στρώσεις των εξωτερικών φύλλων.



2022



Κατασκευαστική διαδικασία ιεραρχικών δομών sandwich

<http://www.m3.tuc.gr>

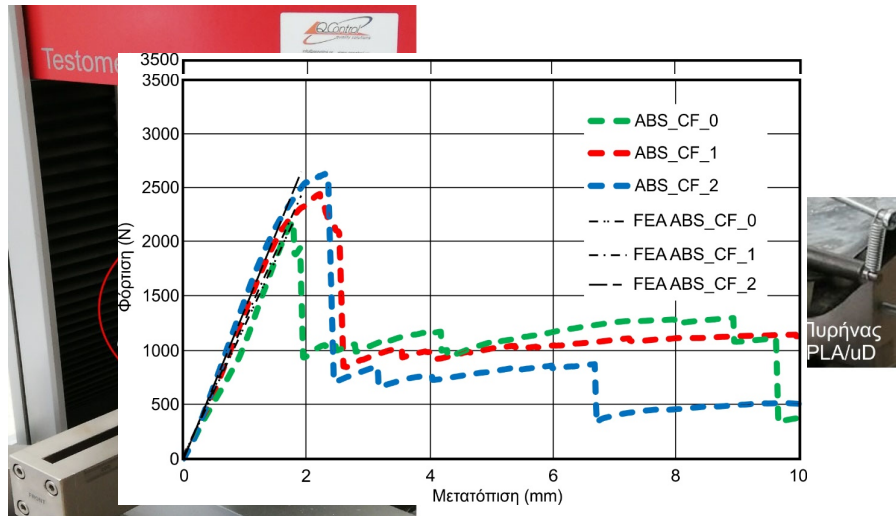


Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Χαρακτηριστικά δοκιμής κάμψης:

- Μηχανή Testometric M500-50AT.
- Σταθερός ρυθμός καταπόνησης 5mm/min.
- Δοκίμια με χρήση των δύο βέλτιστων υλικών, PLA/υD και ABS/CF.



2022

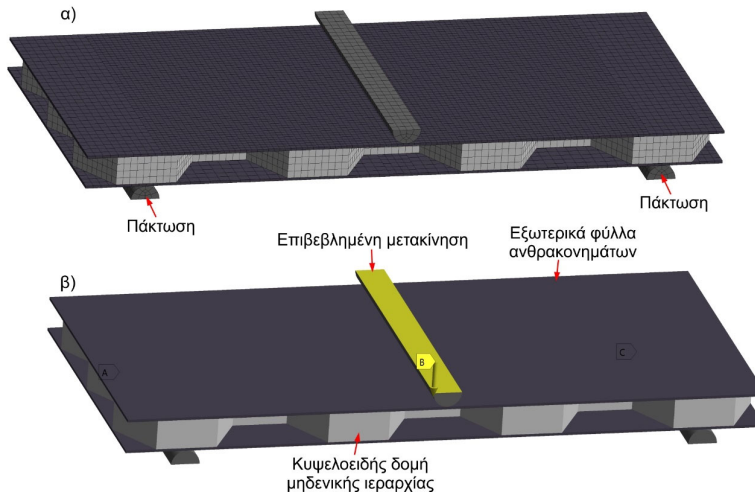


Δοκιμές σε κάμψη

<http://www.m3.tuc.gr>

Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ



Πλέγμα δομής
sandwich μηδενικής
ιεραρχίας

Συνοριακές
συνθήκες δομής
sandwich μηδενικής
ιεραρχίας

Γεωμετρία	Κόμβοι	Στοιχεία	Βαθμοί Ελευθερίας	Γεωμετρία Στοιχείου	Τύπος Στοιχείου
HCO	90698	12727	265.710	Εξάεδρα και πρισματικά στοιχεία	Solid186 (ANSYS)
HC1	109034	14857	322.404		
HC2	123583	17687	364.704		

2022



Πλέγμα και συνοριακές συνθήκες

<http://www.m3.tuc.gr>

Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

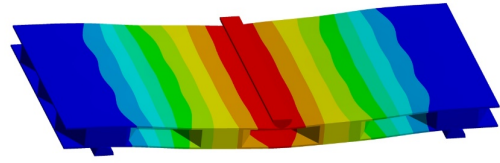
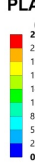
Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Τάσεις και μετατοπίσεις ιεραρχικών κυψελοειδών δομών sandwich PLA/uD

5. Εφαρμογές βέλτιστων υλικών και κυψελοειδών δομών σε κατασκευαστικά στοιχεία

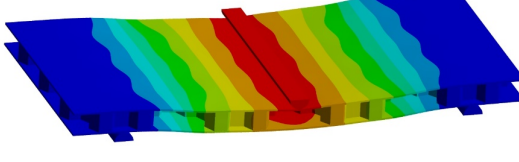
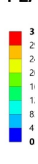
Κατακόρυφες βυθίσεις

PLA PLA/uD Level 0



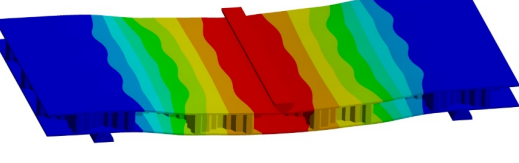
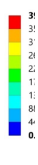
Μέγιστη τάση
256455MPa

PLA PLA/uD Level 1



Μέγιστη τάση
38258MPa

PLA PLA/uD Level 2



Μέγιστη τάση
399712MPa

2022



Τάσεις και μετατοπίσεις ιεραρχικών δομών sandwich PLA/uD

<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

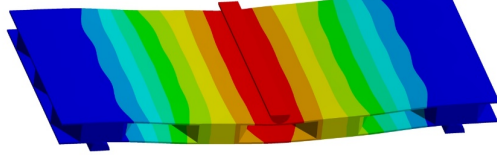
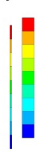
Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Τάσεις και μετατοπίσεις ιεραρχικών κυψελοειδών δομών sandwich ABS/CF

5. Εφαρμογές βέλτιστων υλικών και κυψελοειδών δομών σε κατασκευαστικά στοιχεία

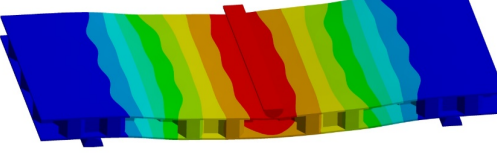
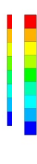
Κατακόρυφες βυθίσεις

ABS/CF Level 0



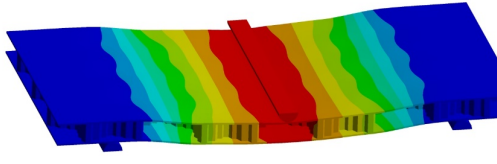
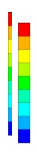
Μέγιστη τάση
246476MPa

ABS/CF Level 1



Μέγιστη τάση
315292MPa

ABS/CF Level 2



Μέγιστη τάση
35478MPa

2022



Τάσεις και μετατοπίσεις ιεραρχικών δομών sandwich ABS/CF

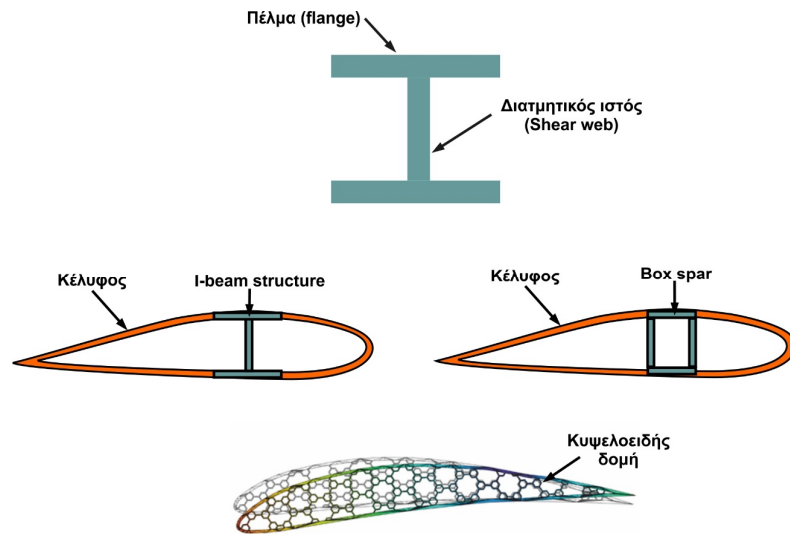
<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

- Υπάρχουν διάφοροι τύποι δομών οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν εσωτερικά μιας αεροτομής για παράδειγμα ή ακόμη με τη μορφή δομών που τοποθετούνται κατά μήκος της πτέρυγας για στήριξη και συγκεκριμένα μπορεί να είναι τύπου box, κυψελοειδής δομή, T, Λ, κ.ά.
- Η προτεινόμενη δομή sandwich τύπου I-beam αποτελείται από δύο εξωτερικές κυψελοειδείς δομές sandwich (flanges) οι οποίες παραλαμβάνουν καμπτικές φορτίσεις, ενώ η εσωτερική κυψελοειδή δομή sandwich (web) που βρίσκεται στη μέση παραλαμβάνει θλιπτικά και εφελκυστικά φορτία.



2022



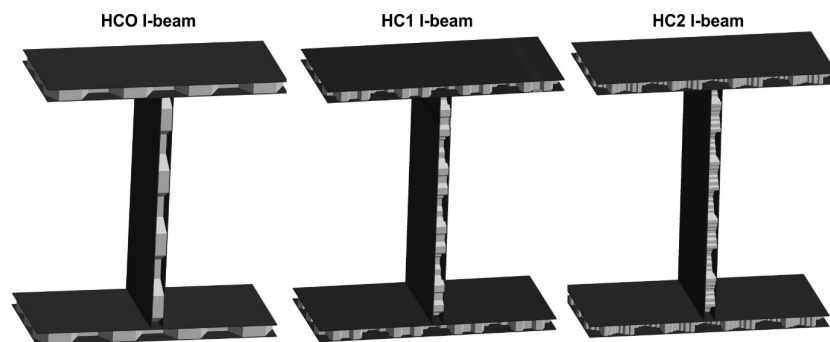
Διάφοροι τύποι δομών

<http://www.m3.tuc.gr>


Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Ιεραρχικές δομές sandwich τύπου I-beam PLA/uD



Παράμετροι πλέγματος (meshing parameters)

Γεωμετρία	Κόμβοι	Στοιχεία	Βαθμοί Ελευθερίας	Γεωμετρία Στοιχείου	Τύπος Στοιχείου
HCO	99111	12504	294.591	Εξάεδρα και πρισματικά στοιχεία	Solid186 (ANSYS)
HC1	102825	19758	307.225		
HC2	124131	16288	371.227		

2022

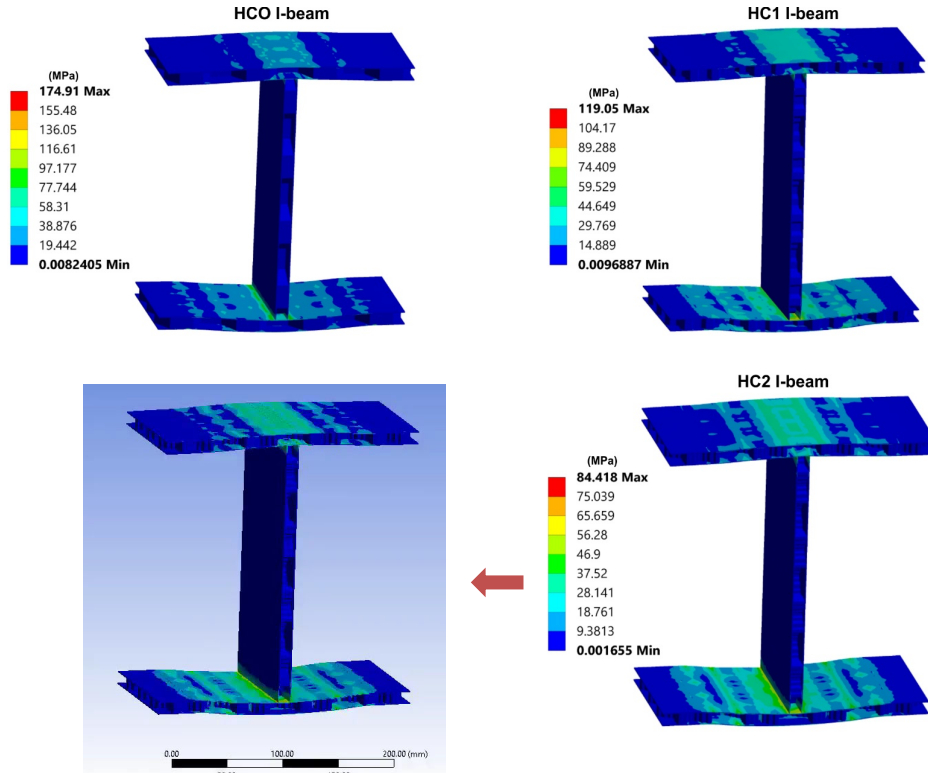


Ιεραρχικές δομές sandwich τύπου I-beam PLA/uD

<http://www.m3.tuc.gr>


Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ



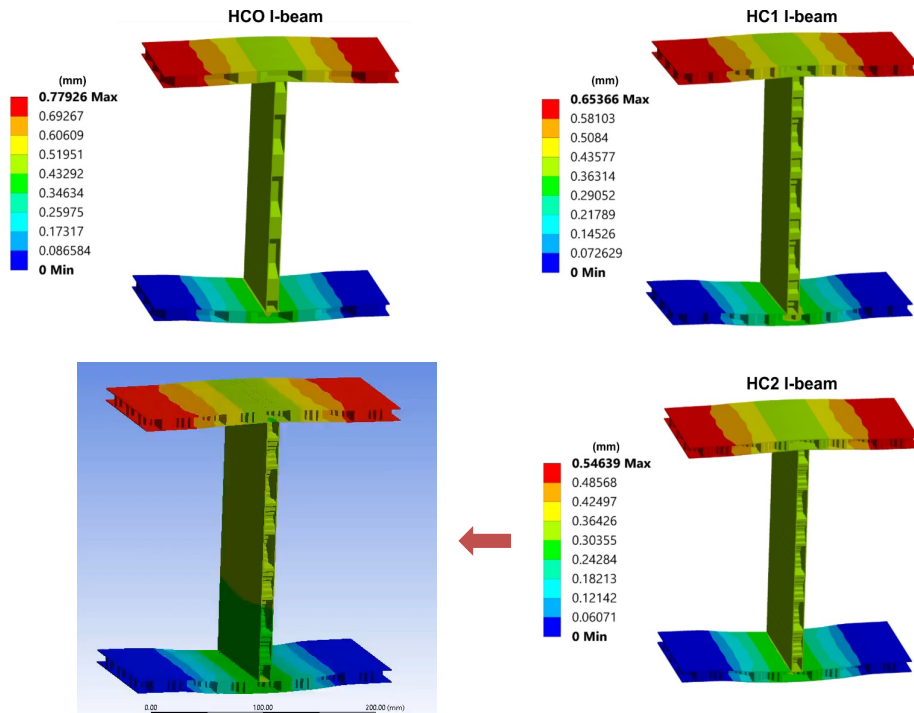
Τάσεις προσομοιωτικών δομών sandwich τύπου I-beam PLA/uD

<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ



Ιδιότητα	HCO I-beam	HC1 I-beam	HC2 I-beam
Μετατόπιση (mm)	0.78	0.65	0.55
Τάση Von Mises (MPa)	174.91	119.05	84.42



Μετατοπίσεις προσομοιωτικών δομών sandwich τύπου I-beam PLA/uD

<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Μορφοποίηση σε Τρισδιάστατους Εκτυπωτές, Κατασκευών Τύπου Sandwich με Πυρήνες Νανοσύνθετων Εύκαμπτων Μεταλλικών (Ιεραρχικές Κυψελοειδείς Δομές)

1. Εισαγωγή
2. Στάθμη γνώσεων
3. Μορφολογία υλικών και μηχανικές ιδιότητες
4. Ιεραρχικές κυψελοειδείς δομές
5. Εφαρμογές βέλτιστων υλικών και κυψελοειδών δομών σε κατασκευαστικά στοιχεία
6. **Συμπεράσματα**



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

2022



<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Παρούσα διδακτορική διατριβή:

Μελέτη διεθνούς προγενέστερης έρευνας στις μηχανικές ιδιότητες και τη μορφολογία νανοσύνθετων υλικών πολυμερικής μήτρας καθώς και προγενέστερης έρευνας στις ιεραρχικές δομές sandwich.

Διερεύνηση και προσδιορισμός μηχανικών ιδιοτήτων προηγμένων νανοσύνθετων υλικών πολυμερικής μήτρας μέσω διαφόρων πειραματικών εφαρμογών.

Ανάπτυξη μοντέλου αυτόματης ιεραρχικοποίησης κυψελοειδών δομών.

Κατασκευή και προσδιορισμός των μηχανικών και ταλαντωτικών χαρακτηριστικών των ιεραρχικών κυψελοειδών δομών με χρήση των δύο βέλτιστων υλικών. Η μηχανική απόδοση των εξεταζόμενων δομών αξιολογήθηκε πειρατικά και θεωρητικά μέσω FEA.

Ανάπτυξη και κατασκευή ιεραρχικών δομών τύπου sandwich. Διερεύνηση της μηχανικής συμπεριφοράς των δομών sandwich πειραματικά και θεωρητικά μέσω FEA.

Εφαρμογές με χρήση της δομής sandwich τύπου I-beam μέσω προσομοιωτικού μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων.

6. Συμπεράσματα

2022



Συμπεράσματα

<http://www.m3.tuc.gr>



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Δημοσιευμένες εργασίες σε Διεθνή Επιστημονικά Περιοδικά με κριτές

1. Mansour, M.T., Tsongas, K., Tzetzis, D., 2021, "3D Printed Hierarchical Honeycombs with Carbon Fiber and Carbon Nanotube Reinforced Acrylonitrile Butadiene Styrene," J. Compos. Sci., 5(2), 62.
2. Mansour, M., Tsongas, K., Tzetzis, D., Antoniadis, A., 2018, "Measurement of the Mechanical and Dynamic Properties of 3D Printed Polylactic Acid Reinforced with Graphene," Polymer-Plastics Technology and Materials, 58(11), pp. 1234-1244.
3. Mansour, M., Tsongas, K., Tzetzis, D., Antoniadis, A., 2018, "Mechanical and Dynamic Behavior of Fused Filament Fabrication 3D Printed Polyethylene Terephthalate Glycol Reinforced with Carbon Fibers," Polymer-Plastics Technology and Engineering, 57(16), pp. 1715-1725.
4. Mansour, M.T., Tsongas, K., Tzetzis, D., Antoniadis, A., 2017, "Mechanical Behaviour of 3D Printed Composite Materials," Reliability and Durability, 20(2), pp. 3-8.
5. Mansour, G., Tsagaris, A., Mansour, M.T., 2015, "Intelligent Interaction with CMM," International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering, 15(3), pp. 53-58.
6. Zoumaki, M., Mansour, M.T., Tsongas, K., Tzetzis, D., Mansour, G., "Mechanical Characterization and Finite Element Analysis of Hierarchical Sandwich Structures with PLA 3D Printed Core and Composite Maize Starch Biodegradable Skins," (υπό κρίση).

2022



Δημοσιεύσεις

<http://www.m3.tuc.gr>


Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

Δημοσιεύσεις σε Διεθνή Συνέδρια με κριτές

1. Mansour, M.T., Tsongas, K., Tzetzis, D., "The mechanical performance of 3D printed hierarchical honeycombs using carbon fiber and carbon nanotube reinforced acrylonitrile butadiene styrene filaments", 7th International Conference of Materials and Manufacturing Engineering (ICMMEN), 2020, Thessaloniki, Greece.
2. Mansour, M.T., Tsongas, K., Tzetzis, D., Antoniadis, A., "The In-Plane Compression Performance of Hierarchical Honeycomb Additive Manufactured Structures", Innovative Manufacturing Engineering and Energy International Conference, 22-24 May, 2019, Pitesti, Romania.
3. Symeonidou, I., Tsongas, K., Tzimtzimis, E., Mansour, M., Tzetzis, D., Achillas, C., Mansour, G., "Computer Aided Design and 3D Printing for STEAM Education: A Technical Reference Guide for Teachers", Conference in 3D Printing in Education, Science and Industry, 18-19 June, 2018, Warsaw, Poland.
4. Tsagaris, A., Chatzikyrkou, M., Mansour, M.T., Tsongas, K., Mansour, G., "The Impact of Education in 3D Product Design and Printing to Primary and High School Students", Conference in 3D Printing in Education, Science and Industry, 18-19 June, 2018, Warsaw, Poland.
5. Mansour, M., Tsongas, K., Tzetzis, D., Antoniadis, A., "Mechanical and Dynamic Behavior of 3D Printed Polyethylene Terephthalate Glycol Reinforced with Carbon Microfibers", 13th THE "A" Coatings in Manufacturing Engineering and 6th ICMEN International Conferences, 5-6 October, 2017, Thessaloniki, Greece.

2022



Δημοσιεύσεις

<http://www.m3.tuc.gr>


Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Μισέλ Τεοντόρ Μανσούρ

