

---

Γεώργιος Ν. Λαμπέας  
Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός

Αναλυτικό Υπόμνημα υποβαλλόμενων πρωτότυπων  
Επιστημονικών Δημοσιευμάτων

---

1. Διδακτορική Διατριβή

Η διατριβή με τίτλο

**“Ανάπτυξη ανισότροπων επιφανειακών στοιχείων για τη στατική, τη δυναμική και την ανάλυση ευστάθειας ανισότροπων πλακών”**

αφορά στην ανάπτυξη ανισότροπων στοιχείων κατάλληλων για την ανάλυση λεπτών πλακών από ενισχυμένα με ίνες σύνθετα υλικά με την μέθοδο Μητρώων Μεταφοράς (MM). Τα στοιχεία που αναπτύσσονται βασίζονται σε αναλυτικές κυρίως συναρτήσεις και επομένως οι λύσεις που επιτυγχάνονται με την χρήση τους είναι ακριβείς και αξιόπιστες ενώ είναι ταυτόχρονα ιδιαίτερα οικονομικές. Η εργασία επομένως συμβάλλει στον αξιόπιστο και οικονομικό σχεδιασμό Ελαφρών Κατασκευών από σύνθετα υλικά.

Αρχικά στην εργασία αναπτύσσεται ένα ανισότροπο ορθογωνικό στοιχείο πλάκας στη βάση της μεθόδου MM. Για την ανάπτυξη του στοιχείου γίνονται οι παραδοχές της Κλασικής Θεωρίας Πολύστρωτων Πλακών. Σημαντικά χαρακτηριστικά του στοιχείου είναι η χρήση αναλυτικών συναρτήσεων στη διατύπωση του στοιχείου, που έχει ως αποτέλεσμα την μετατροπή του δισδιάστατου προβλήματος σε μονοδιάστατο καθώς και η ανάπτυξη του στη βάση της μεθόδου MM που επιτρέπει την αναλυτική επίλυση προβλημάτων με μεταβλητή δυσκαμψία. Το ορθογωνικό στοιχείο πλάκας που αναπτύχθηκε εφαρμόστηκε στη στατική επίλυση χαρακτηριστικών προβλημάτων κάμψης ανισότροπων πλακών και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων που επιτεύχθηκε είναι πολύ μεγάλη ενώ παράλληλα η λύση είναι ιδιαίτερα οικονομική, σε σύγκριση με άλλες αντίστοιχες αριθμητικές μεθόδους.

Το ορθογωνικό στοιχείο που αναπτύχθηκε χρησιμοποιείται στη συνέχεια για την διατύπωση των προβλημάτων λυγισμού και ιδιοταλαντώσεων που επιλύονται για τον υπολογισμό των ιδιοσυχνοτήτων και των ιδιομορφών ανισότροπων πλακών. Για πρώτη φορά η μέθοδος MM χρησιμοποιείται για την μετατροπή των παραπάνω προβλημάτων σε προβλήματα ιδιοτιμών μέσω της αποσύζευξης των γραμμικών από τα μη γραμμικά μητρώα του στοιχείου. Το πλεονέκτημα της μεθοδολογίας αυτής είναι η δυνατότητα προσδιορισμού των κρίσιμων φορτίων λυγισμού και των κρίσιμων ιδιοσυχνοτήτων με τη μέθοδο MM χωρίς να απαιτείται επίλυση μη γραμμικών εξισώσεων.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας, η μέθοδος MM αποτελεί τη βάση για να αναπτυχθεί ένα πολικά ανισότροπο δακτυλιοειδές στοιχείο πλάκας με αναλυτικές συναρτήσεις, που εφαρμόζεται στον υπολογισμό του συντελεστή συγκέντρωσης τάσεων γύρω από

κυκλική οπή. Σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί ότι ο ακριβής υπολογισμός του συντελεστή συγκέντρωσης τάσης δεν απαιτεί πύκνωση στοιχείων τόσο κατά την ακτινική διεύθυνση δεδομένου ότι γίνεται αναλυτική ολοκλήρωση κατά την διεύθυνση αυτή, όσο και κατά την περιφερειακή διεύθυνση κατά την οποία τα μεγέθη εκφράζονται μέσω αναλυτικών συναρτήσεων.

Το δακτυλιοειδές στοιχείο τροποποιείται κατάλληλα και εφαρμόζεται στον υπολογισμό των φορτίων λυγισμού και των ιδιοσυχνοτήτων – ιδιομορφών κυκλικής πλάκας με κυκλική οπή.

Τέλος στη διδακτορική διατριβή αναπτύσσεται ένα δακτυλιοειδές στοιχείο γενικής ανισοτροπίας. Για την ανάπτυξη του στοιχείου αυτού συνδυάζεται η μέθοδος MM με πεπερασμένες διαφορές ανωτέρας τάξης. Το στοιχείο εφαρμόζεται στον υπολογισμό του συντελεστή συγκέντρωσης τάσεων γύρω από μια κυκλική οπή μιας γενικά ανισότροπης πλάκας. Η χρήση πεπερασμένων διαφορών ανωτέρας τάξης αντανακλάται στη σχετικά μικρή πύκνωση στοιχείων που απαιτείται κατά την περιφερειακή διεύθυνση για τον ακριβή υπολογισμό του τασικού πεδίου.

**Η εργασία αποτελεί χρήσιμο εργαλείο σε ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων ανάλυσης ανισότροπων πλακών για τα οποία δεν υπάρχει αναλυτική λύση ενώ το κόστος μιας αριθμητικής λύσης παρόμοιας ακρίβειας είναι σημαντικά υψηλότερο.**

## **2. Δημοσιεύσεις σε διεθνή περιοδικά**

[J1] Th. Kermanidis and **G. Labeas**  
'Static and Stability Analysis of Composite Plates by a Semi-Analytical Method',  
*Computers & Structures*, Vol. 57, no. 4, pp. 673-679, 1995.

Η παρούσα εργασία αποτελεί την συνέχεια των εργασιών [Σ3] και [Σ4], όπου αναπτύσσεται ένα στοιχείο Μητρών Μεταφοράς για την περίπτωση της στατικής ανάλυσης και της ανάλυσης ευστάθειας πλακών από σύνθετα υλικά, γενικής ανισοτροπίας. Αρχικά διατυπώνονται όλα τα μητρώα του στοιχείου και στη συνέχεια με την τεχνική αποσύζευξης των γραμμικών από τα μη γραμμικά μητρώα διατυπώνεται το πρόβλημα ιδιοτιμών, από την επίλυση του οποίου προκύπτουν οι ιδιοτιμές και οι ιδιομορφές της ανισότροπης πλάκας. Το στοιχείο που αναπτύχθηκε εφαρμόζεται σε χαρακτηριστικά προβλήματα ανάλυσης τάσεων και ευστάθειας ανισότροπων πλακών με σκοπό να ελεγχθεί η ακρίβεια των αποτελεσμάτων και η αποτελεσματικότητά του. Τα αριθμητικά αποτελέσματα που προκύπτουν συγκρίνονται με αντίστοιχα αναλυτικά αποτελέσματα, όπου υπάρχουν αναλυτικές λύσεις, καθώς και με αποτελέσματα από λύσεις με τη μέθοδο Πεπερασμένων Στοιχείων (κώδικας ANSYS). Από την αξιολόγηση του στοιχείου προέκυψε ότι η ακρίβεια των αριθμητικών αποτελεσμάτων είναι εφάμιλλη αυτής των αντιστοιχών αναλυτικών. Επιπλέον η μείωση του υπολογιστικού χρόνου και του απαιτούμενου χώρου αποθήκευσης στον Η/Υ συγκρινόμενα με τα αντίστοιχα τους όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος ΠΣ είναι σημαντικότερη.

[J2] J. Diamantakos, **G. Labeas**, Sp. Pantelakis and Th. Kermanidis

‘A model to assess the fatigue behaviour of ageing aircraft fuselage’, *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures*, 24, pp. 677-686, 2001.

Η παρούσα εργασία αποτελεί συνέχεια της εργασίας [Σ1], όπου αναπτύσσεται ένα πολύ αποτελεσματικό μοντέλο πρόβλεψης της συμπεριφοράς κόπωσης δομικών στοιχείων αεροσκαφών σε συνθήκες πολλαπλής κόπωσης. Το μοντέλο περιλαμβάνει πρόβλεψη για τη φάση της δημιουργίας ρωγμών, της διάδοσης τους καθώς και τον υπολογισμό της εναπομένουσας αντοχής της κατασκευής. Η δημιουργία των ρωγμών αντιμετωπίζεται με ένα πιθανολογικό μοντέλο, ενώ οι φάσεις διάδοσης και εναπομένουσας αντοχής αναπτύσσονται στη βάση ντετερμινιστικών μοντέλων. Για τον υπολογισμό των συντελεστών έντασης τάσης των πολλαπλών ρωγμών, που αποτελεί και τη μεγαλύτερη δυσκολία στην αντιμετώπιση προβλημάτων εκκίνησης και διάδοσης πολλαπλών ρωγμών, χρησιμοποιείται η αριθμητική μέθοδος των πεπερασμένων σε συνδυασμό με την τεχνική των υπερστοιχείων. Η πρωτότυπη αυτή μεθοδολογία μειώνει δραστικά τον υπολογιστικό χρόνο, χωρίς να μειώνει ταυτόχρονα την ακρίβεια των υπολογισμών, και άρα αποτελεί ένα ιδανικό εργαλείο για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς κόπωσης πολλαπλών ρωγμών όπου συχνά το μέγεθος του προβλήματος κάνει πρακτικά αδύνατη τη χρήση των συμβατικών αριθμητικών εργαλείων. Το μοντέλο χρησιμοποιήθηκε στο υπολογισμό της συμπεριφοράς κόπωσης ηλωτών συνδέσμων, που είναι τα τμήματα της κατασκευής με τις περισσότερες πιθανότητες εμφάνισης πολλαπλών ρωγμών. Τα αριθμητικά αποτελέσματα του μοντέλου πρόβλεψης συγκρίθηκαν με αντίστοιχα πειραματικά με πολύ μεγάλη επιτυχία.

[J3] K.I. Tserpes, **G. Labeas**, P. Papanikos and Th. Kermanidis  
‘Strength prediction of bolted joints in graphite/epoxy composite laminates’,  
*Composites Part B: Engineering*, Vol. 33, is. 7, pp. 521-529, 2002.

Στην εργασία αυτή αναπτύχθηκε ένα παραμετρικό μοντέλο, στη βάση της μεθόδου των Πεπερασμένων Στοιχείων, για τη διερεύνηση της επίδρασης των κριτηρίων αστοχίας και των κριτηρίων υποβάθμισης των μηχανικών ιδιοτήτων, στην συμπεριφορά εφελκυσμού κοχλιωτών συνδέσμων που είναι κατασκευασμένα από ινώδη σύνθετα υλικά. Η ανάλυση βασίστηκε σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο προοδευτικής συσσώρευσης φθοράς, που αποτελείται από εργαλεία ανάλυσης τάσεων, ανάλυσης αστοχίας και πρόβλεψης της υποβάθμισης των μηχανικών ιδιοτήτων των πολύστρωτων υλικών. Η μεθοδολογία που παρουσιάζεται μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους τους τύπους υλικού και γεωμετρίας των ινωδών συνθέτων υλικών, αλλά στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκε στην περίπτωση των εποξειδικών υλικών ενισχυμένων με ίνες γραφίτη, που είναι το τυπικό σύστημα κατασκευής αεροπορικών κατασκευών. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το υπολογιστικό μοντέλο παρουσιάζονται στη μορφή καμπυλών φορτίου – μετατόπισης των κοχλιωτών συνδέσμων μονού κοχλία, με διαφορετική γεωμετρία και σειρά στρώσεων υλικού. Η σύγκριση με τα πειραματικά στοιχεία έδειξε ότι η δυσκαμψία του συνδέσμου υπολογίζεται με ικανοποιητική ακρίβεια σε όλες τις περιπτώσεις. Αντίθετα το φορτίο αστοχίας φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από το κριτήριο αστοχίας και το μοντέλο υποβάθμισης των μηχανικών ιδιοτήτων των πολύστρωτων υλικών που θα επιλεγεί. Για κάθε τύπο κοχλιωτού συνδέσμου, προτείνεται

συνδυασμός κριτηρίων αστοχίας και μοντέλου υποβάθμισης ιδιοτήτων που οδηγούν σε ακριβή αποτελέσματα. Σε όλες τις περιπτώσεις που αναλύθηκαν ο τύπος αστοχίας του συνδέσμου προβλέπεται σωστά.

- [J4] **G. Labeas**, Th. Kermanidis, J. Diamantakos  
“Efficient engineering approaches for the prediction of fatigue propagation of corner cracks in the case of Multiple Site Damage”, *Facta Universitatis*, vol. 3, no. 13, pp. 671-688, 2003.

Στην παρούσα εργασία, που αποτελεί συνέχεια της εργασίας [Σ14], προτείνονται δύο μεθοδολογίες για την πρόβλεψη της διάδοσης γωνιακών ρωγμών. Η επίλυση προβλημάτων που περιέχουν γωνιακές ρωγμές είναι ιδιαίτερα δύσκολη, λόγω του ότι απαιτείται τρισδιάστατη ανάλυση για τον υπολογισμό του συντελεστή έντασης τάσεων που καθιστά την ανάλυση ιδιαίτερα χρονοβόρα. Η πρώτη μεθοδολογία που προτείνεται είναι η αντικατάσταση της τρισδιάστατης ρωγμής από μια ισοδύναμη διδιάστατη ρωγμή. Η ισοδυναμία στην περίπτωση αυτή αφορά αποκλειστικά στους κύκλους διάδοσης των δύο ρωγμών. Η μεθοδολογία υπολογισμού της ισοδύναμης διδιάστατης ρωγμής περιγράφεται λεπτομερώς και εξάγονται καμπύλες ισοδυναμίας γωνιακών – επίπεδων ρωγμών. Η δεύτερη μεθοδολογία, χρησιμοποιεί τη βασική ιδέα της χρήσης τρισδιάστατων Πεπερασμένων Στοιχείων μόνο στην περιοχή της γωνιακής ρωγμής, ενώ στις υπόλοιπες περιοχές της κατασκευής χρησιμοποιούνται διδιάστατα ΠΣ. Επομένως η ανάλυση γίνεται με βάση τις τεχνικές των υπομοντέλων της μεθόδου Πεπερασμένων Στοιχείων. Με την δεύτερη μεθοδολογία είναι δυνατή η πρόβλεψη της συμπεριφοράς γωνιακών ρωγμών κάτω από τυχαία φόρτιση, με ικανοποιητική ακρίβεια, και με μεγάλη οικονομία υπολογιστικού χρόνου. Και οι δύο μεθοδολογίες είναι εφαρμόσιμες και αποτελεσματικές τόσο σε προβλήματα διάδοσης μιας όσο και πολλαπλών ρωγμών.

- [J5] **G. Labeas**, J. Diamantakos, Al. Kermanidis, Sp. Pantelakis  
“Assessment of Widespread Fatigue Damage in the Presence of Corrosion”, *Facta Universitatis*, vol. 3, no. 13, pp. 689-706, 2003.

Στην παρούσα εργασία, που αποτελεί συνέχεια της εργασίας [Π2], μελετάται η επίδραση της διάβρωσης στη συμπεριφορά κόπωσης και στην εναπομένουσα αντοχή πολλαπλά ρηγματωμένων κατασκευών. Τα πειραματικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται δείχνουν ότι η επίδραση του διαβρωτικού περιβάλλοντος στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης ρωγμών (περιοχή Paris) δεν είναι ιδιαίτερα σημαντική. Ωστόσο, στα τελευταία στάδια διάδοσης, ο ρυθμός διάδοσης ρωγμών επιταχύνεται σημαντικά από τη διάβρωση. Με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα, αναπτύσσεται μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία πρόβλεψης συμπεριφοράς διαβρωμένων πολλαπλά ρηγματωμένων κατασκευών, που περιλαμβάνει την έναρξη και διάδοση των ρωγμών, καθώς και τον υπολογισμό της απομένουσας αντοχής της κατασκευής. Η σύγκριση των θεωρητικών αποτελεσμάτων που προκύπτουν από το μοντέλο πρόβλεψης, βρίσκονται σε πολύ καλή συμφωνία με τα αντίστοιχα πειραματικά αποτελέσματα. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι ακόμα απαιτείται εκτενής ερευνητική δράση για τον

ακριβέστερο προσδιορισμό της επίδρασης διάβρωσης στις πολλαπλά ρηγματωμένες κατασκευές και την ανάπτυξη μεθοδολογιών για την ποσοτικοποίηση της επίδρασης αυτής.

[J6] D. Pavlou, **G. Labeas**, N. Vlachakis and F. Pavlou  
“Fatigue Crack Propagation Trajectories Under Mixed Mode Cyclic Load”,  
*Engineering Structures*, 25, pp. 869-875, 2003.

Αναπτύσσεται μια μεθοδολογία για τον υπολογισμό της διεύθυνσης διάδοσης ρωγμών σε κόπωση κάτω από επίπεδη εντατική κατάσταση κάθε τύπου. Σαν μέτρο για την πρόβλεψη της διεύθυνσης της διάδοσης της ρωγμής θεωρείται ένας νέος προτεινόμενος συντελεστής που εξαρτάται κυρίως από την ολοκλήρωση της ελαστικής ενέργειας παραμόρφωσης σε μια κυκλική περιοχή γύρω από το κέντρο της ρωγμής. Η συσσωρευμένη ελαστική ενέργεια παραμόρφωσης υπολογίζεται στην περιοχή γύρω από τη ρωγμή για όλες τις πιθανές διευθύνσεις διάδοσής της. Για τον υπολογισμό της ενέργειας παραμόρφωσης με τη ρωγμή να έχει διαδοθεί σε κάποια διεύθυνση κατά ένα ελάχιστο μήκος, χρησιμοποιείται η μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων, δεδομένου ότι για τυχαία διεύθυνση δεν υπάρχει αναλυτική λύση του προβλήματος. Θεωρείται ότι η ρωγμή θα διαδοθεί στη διεύθυνση κατά την οποία η πιο πάνω ποσότητα ενέργειας γίνεται ελάχιστη. Τα αποτελέσματα του θεωρητικού μοντέλου, συγκρίνονται με αντίστοιχα πειραματικά και παρατηρείται άριστη σύγκλιση τόσο όσον αφορά στη διεύθυνση διάδοσης όσο και στο ρυθμό διάδοσης της ρωγμής. Αξίζει να σημειωθεί ότι για την πρόβλεψη του θεωρητικού μοντέλου απαιτούνται μόνον πειραματικά αποτελέσματα κόπωσης σε mode I.

[J7] **G. Labeas** and Th. Kermanidis  
“Crushing behaviour of the Energy Absorbing ‘Tensor Skin’ panels”, *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures*, vol. 26, pp. 449-457, 2003.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα ερευνητικά αποτελέσματα που αφορούν στην προσομοίωση της συμπεριφοράς ινωδών συνθέτων υλικών σε συνθήκες crash, τα οποία προέκυψαν στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Ερευνητικού Προγράμματος ‘Design for Crash Survivability - CRASURV’ (BRITE- Aeronautics Area). Η μελέτη επικεντρώνεται στις πλάκες τύπου ‘tensor skin’, που αποτελεί μια σχεδιαστική λύση προς την κατεύθυνση της αύξησης της ικανότητας απορρόφησης ενέργειας κρούσης των κατασκευών που είναι φτιαγμένα από σύνθετα υλικά. Συγκεκριμένα, στον σχεδιασμό τύπου ‘tensor skin’, τμήματα της κατασκευής που πρόκειται να δεχθούν υψηλά κρουστικά φορτία, κατασκευάζονται με τη μορφή πλακών τριών στρώσεων, με τη μεσαία στρώση να έχει προφίλ ημιτονοειδούς παλμού, διαφορετικής γεωμετρίας, ανάλογα με τις απαιτήσεις του σχεδιασμού. Κατά τη φόρτιση της ειδικής αυτής κατασκευής, οι δύο εξωτερικές στρώσεις παραλαμβάνουν κυρίως τα καμπτικά φορτία, ενώ η εσωτερική στρώση καθώς παραμορφώνεται, ξεδιπλώνει, με αποτέλεσμα τα καμπτικά φορτία που δέχεται, μετά το πλήρες ξεδίπλωμα να μετασχηματίζονται σε εφελκυστικά. Έτσι η τελική θραύση της μεσαίας στρώσης καθορίζεται κυρίως από την αντοχή των ινών, με αποτέλεσμα να γίνεται δυνατή η

απορρόφηση μεγαλύτερων ποσοτήτων ενέργειας από όλη την κατασκευή. Τα πειράματα πλακών τύπου 'tensor skin' που προσομοιώνονται στην παρούσα εργασία, έχουν ημιστατική φόρτιση, κάθετη προς το επίπεδο των πλακών και φθάνουν μέχρι την τελική θραύση. Για την προσομοίωση χρησιμοποιείται ο ειδικός μη γραμμικός κώδικας Πεπερασμένων Στοιχείων PAM-CRASH. Όλα τα κρίσιμα σημεία της αριθμητικής προσομοίωσης περιγράφονται με λεπτομέρεια και αφορούν κυρίως στη μοντελοποίηση της προοδευτικής θραύσης του υλικού, της αστοχίας της σύνδεσης της συνεκτικότητας των στρώσεων, την επαφή μεταξύ των τμημάτων της κατασκευής και των δυνάμεων που αναπτύσσονται κατά την επαφή καθώς και την μοντελοποίηση των εργαλείων εισαγωγής της φόρτισης. Όλοι οι τύποι αστοχίας των επιμέρους στοιχείων της κατασκευής προβλέπονται ικανοποιητικά και τα αριθμητικά αποτελέσματα που αφορούν καμπύλες δύναμης – μετατόπισης παρουσιάζουν ικανοποιητική σύγκλιση με τα αντίστοιχα πειραματικά. Σα συμπέρασμα, η προτεινόμενη αριθμητική διαδικασία εξομίωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ικανοποιητικά στον πρωταρχικό και λεπτομερή σχεδιασμό ειδικών τμημάτων αεροπορικών κατασκευών, όπου υπάρχουν υψηλές απαιτήσεις απορρόφησης κρουστικών φορτίων.

[J8] K.I. Tserpes, P. Papanikos, **G. Labeas** and Sp. Pantelakis  
"Fatigue damage accumulation and residual strength assessment of CFRP laminates", *Composite Structures*, 63, pp. 219-230, 2004.

Στην παρούσα εργασία, που αποτελεί συνέχεια της εργασίας [Π3], το μοντέλο που αναπτύχθηκε χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της συσσώρευσης βλάβης κόπωσης και την εκτίμηση της εναπομένουσας διάρκειας ζωής πολύστρωτων πλακών από CFRP σε πλήρως μεταβαλλόμενα φορτία κόπωσης. Ο υπολογισμός της εναπομένουσας αντοχής βασίζεται στο συνδυασμό ενός προτεινόμενου μοντέλου πρόβλεψης της προοδευτικής συσσώρευσης 'βλάβης' λόγω κόπωσης, με το τρισδιάστατο μοντέλο προοδευτικής συσσώρευσης 'βλάβης' κάτω από στατικά φορτία που αναπτύχθηκε στην εργασία [Π3]. Πειράματα κόπωσης προσομοιώνονται με το μοντέλο υπολογισμού της σωρευτικής 'βλάβης' κόπωσης και σε συγκεκριμένα στάδια της διάρκειας ζωής εφαρμόζεται το μοντέλο υπολογισμού στατικής αντοχής για την εκτίμηση της εναπομένουσας αντοχής της πολύστρωτης πλάκας. Η ανάλυση έχει εφαρμοστεί σε πλάκες χωρίς αρχική 'βλάβη' ή με αρχική 'βλάβη' λόγω εσωτερικών ατελειών του υλικού, η οποία έχει μετρηθεί με μη καταστροφικές μεθόδους. Τα αποτελέσματα της μεθόδου που αναπτύχθηκε είναι ικανοποιητικής ακρίβειας, τόσο στον υπολογισμό της συσσώρευσης 'βλάβης' κόπωσης, όσο και στον υπολογισμό της εναπομένουσας αντοχής .

[J9] Th. Diamantoudis, **G. Labeas**  
"Stress Intensity Factors of semi-elliptical surface cracks in pressure vessels by global-local Finite Element methodology", *Engineering Fracture Mechanics*, 72, pp.1299-1312, 2005.

Στην παρούσα εργασία γίνεται αριθμητική επίλυση του προβλήματος του υπολογισμού των Συντελεστών Έντασης Τάσης (Stress Intensity Factors) ημι-ελλειπτικών ρωγμών που βρίσκονται σε περιοχές συγκέντρωσης τάσεων πιεστικών

δοχείων, χρησιμοποιώντας την προηγμένη μέθοδο ολικής – τοπικής ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων (global-local analysis). Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό όλων των αναλυόμενων προβλημάτων είναι ότι το εντατικό πεδίο στην περιοχή της ρωγμής διαφέρει κατά την αξονική, την περιμετρική, καθώς και την ακτινική (κατά το πάχος) διεύθυνση. Για τέτοιου τύπου προβλήματα, δεν είναι διαθέσιμες στην βιβλιογραφία ούτε αναλυτικές, αλλά ούτε και αριθμητικές μέθοδοι για τον υπολογισμό των συντελεστών έντασης τάσης. Σχετικές λύσεις που αναφέρονται στη βιβλιογραφία (αριθμητικά αποτελέσματα, εμπειρικές εξισώσεις επίλυση Newman-Raju, λύσεις βασισμένες σε weight functions, κ.λ.π.) αφορούν μόνο σε περιπτώσεις ομοιόμορφης κατανομής τάσης στην αξονική και την περιμετρική διεύθυνση ενός πιεστικού δοχείου και επιτρέπουν την μεταβολή της κατανομής μόνο κατά το πάχος του. Η αναλυόμενες ρωγμές στην παρούσα εργασία θεωρείται ότι έχει εμφανιστεί είτε στην περιοχή σύνδεσης του ακροφυσίου, είτε στην περιοχή σύνδεσης των ημι-σφαιρικών καπακιών με το κυλινδρικό τμήμα του δοχείου. Οι υπολογισθέντες συντελεστές έντασης τάσης παρουσιάζονται σε έναν κατάλληλα τυποποιημένο πίνακα για διάφορες γεωμετρίες τόσο του πιεστικού δοχείου, όσο και της ημι-ελλειπτικής ρωγμής, έτσι ώστε τα αποτελέσματα της μελέτης να αποτελέσουν ένα χρήσιμο σχεδιαστικό εργαλείο της μηχανικής των θραύσεων για πιεστικά δοχεία στα οποία εμφανίζεται ρωγμή. Οι λεπτομέρειες μοντελοποίησης περιγράφονται αναλυτικά στην εργασία. Οι παραδοχές που γίνονται κατά την ανάλυση καθώς και οι αριθμητικές προσεγγίσεις αποδεικνύονται ιδιαίτερα επιτυχείς στον υπολογισμό των συντελεστών έντασης τάσης ημι-ελλειπτικών ρωγμών σε πιεστικά δοχεία.

[J10] **G. Labeas** and J. Diamantakos,  
“Analytical prediction of crack coalesce in Multiple Site Damaged Structures”,  
*International Journal of Fracture*, 134, pp.161-174, 2005.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια μεθοδολογία ανάλυσης τάσεων και υπολογισμού της εναπομέσουσας αντοχής κατασκευών, με σκοπό να προταθεί ένα κριτήριο πρόβλεψης των συνθηκών συνένωσης γειτονικών ρωγμών σε συνθήκες πολλαπλής βλάβης (Multiple Site Damage – MSD). Τα βασικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται στο προτεινόμενο κριτήριο είναι η μεταβολή της ελαστικής και πλαστικής ενέργειας παραμόρφωσης λόγω της αστοχίας της περιοχής ανάμεσα στις ρωγμές. Τα συγκεκριμένα ενεργειακά μεγέθη υπολογίζονται χρησιμοποιώντας αναλυτικές σχέσεις, έτσι ώστε η μεθοδολογία να μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά στις προκαταρκτικές φάσεις σχεδιασμού των αεροπορικών κατασκευών. Χρησιμοποιώντας την παρούσα μεθοδολογία, προβλέπονται φορτία αστοχίας της περιοχής ανάμεσα στις γειτονικές ρωγμές πολλαπλά ρηγματωμένων ελασμάτων που είναι σε πολύ καλό συσχετισμό με τα αντίστοιχα πειραματικά φορτία. Στις περισσότερες περιπτώσεις που αναλύθηκαν, το προτεινόμενο κριτήριο δίνει καλύτερα αποτελέσματα. σε σύγκριση με τα εναλλακτικά δημοσιευμένα κριτήρια πρόβλεψης συνένωσης ρωγμών.

[J11] Th. Kermanidis, **G. Labeas**, M. Sunaric and L. Ubels  
“Development and validation of a novel bird strike resistant composite leading edge structure”, *Applied Composite Materials*, 12, pp. 327-353, 2005.

Στην εργασία προτείνεται ο πρωτότυπος σχεδιασμός του χείλους προσβολής (ΧΠ) ενός οριζοντίου σταθερού πτερυγίου αεροσκάφους, που είναι κατασκευασμένο από σύνθετο, ενισχυμένο με ίνες, υλικό. Συγκεκριμένα περιγράφεται λεπτομερώς η διαδικασία της ανάπτυξης και του σχεδιασμού της πρωτότυπης κατασκευής. Ο κύριος στόχος του σχεδιασμού είναι η ικανοποιητική αντοχή του πτερυγίου σε σύγκρουση με πουλί, που αποτελεί βασική απαίτηση των προδιαγραφών που έχουν τεθεί από τις διεθνείς αρχές πιστοποίησης (FAR-JAR). Η αρχή του σχεδιασμού βασίζεται στην απορρόφηση του μεγαλύτερου μέρους της κινητικής ενέργειας του προσπίπτοντος πουλιού από πολύστρωτο έλασμα που εισάγεται ειδικά για το σκοπό αυτό στην δομή του ΧΠ, ώστε να προστατευθούν οι ενισχύσεις και η εσωτερική δομή του οριζοντίου σταθερού από φθορές, διατηρώντας έτσι την λειτουργικότητα της πτέρυγας που είναι απαραίτητη για ασφαλή προσγείωση του αεροσκάφους. Το ειδικό πολύστρωτο έλασμα απορρόφησης της ενέργειας κρούσης αποτελείται από στρώσεις διπλωμένες έτσι ώστε να ξεδιπλώνουν κατά τη διάρκεια της κρουστικής φόρτισης, αυξάνοντας έτσι την ικανότητα απορρόφησης ενέργειας του ΧΠ. Για τον προσδιορισμό των παραμέτρων σχεδιασμού και τη διαστασιολόγηση του ΧΠ, αναπτύσσεται ένα αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης της πρόσκρουσης του πουλιού στο ΧΠ, τα αποτελέσματα του οποίου συγκρίνονται επιτυχώς με αντίστοιχα αποτελέσματα πειραματικών δοκιμών επαλήθευσης της ικανότητας της προτεινόμενης δομής να αντισταθεί στην κρουστική φόρτιση.


[J12] P. Papanikos a, K.I. Tserpes, **G. Labeas**, Sp. Pantelakis  
“Progressive damage modelling of bonded composite repairs”, *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 43, pp. 189-198, 2005.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα τρισδιάστατο μοντέλο προοδευτικής βλάβης (PDM), με το οποίο μπορεί να αξιολογηθεί η μηχανική συμπεριφορά ενός επιθέματος από σύνθετο υλικό σε μια μεταλλική πλάκα με ρωγμή. Το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του συντελεστή έντασης τάσης στην άκρη της ρωγμής, για την πρόβλεψη της συσσώρευσης της βλάβης συναρτήσει του επιβαλλόμενου φορτίου, καθώς και την πρόβλεψη της αστοχίας της πλάκας η της αποκόλλησης του επιθέματος. Το μοντέλο προοδευτικής βλάβης περιλαμβάνει ανάλυση τάσεων, ανάλυση αστοχίας που συνοδεύεται από αντίστοιχη υποβάθμιση των ιδιοτήτων του υλικού. Η ανάλυση τάσεων πραγματοποιείται με τη χρήση ενός τρισδιάστατου λεπτομερούς παραμετρικού μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων και χρήση του κώδικα ANSYS. Η ανάλυση της αστοχίας πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας μια ομάδα κριτηρίων αστοχίας βασισμένη σε πολυωνυμικά κριτηρία αστοχίας. Η υποβάθμιση των ιδιοτήτων του υλικού που έχει αστοχήσει (επίθεμα, κόλλα) πραγματοποιείται με την βοήθεια εμπειρικών κανόνων υποβάθμισης. Το μοντέλο έχει προγραμματιστεί στη μορφή μίας εύχρηστης μακρο-ρουτίνας, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε επιθέματα διαφορετικών υλικών, διατάξεων και γεωμετρικών χαρακτηριστικών, ώστε να επιτευχθεί βέλτιστος σχεδιασμός της επισκευασμένης περιοχής.

[J13] **G. Labeas**, J. Diamantakos, Th. Kermanidis  
“Crack link-up for multiple site damage using an energy density approach”,  
*Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 43, pp. 233-243, 2005.



Στην παρούσα εργασία προτείνεται ένα ενεργειακό κριτήριο συνένωσης ρωγμών για περιοχές με πολλαπλή βλάβη (Multiple Site Damage – MSD). Το μοντέλο είναι βασισμένο στο μέγεθος της σχετικής μεταβολής της ενέργειας παραμόρφωσης κατά τη διάρκεια της αστοχίας του υλικού ανάμεσα σε δύο παρακείμενες ρωγμές. Για την εφαρμογή και την επαλήθευση της μεθοδολογίας χρησιμοποιούνται πειράματα από τη βιβλιογραφία. Η ελαστική και πλαστική ενέργεια παραμόρφωσης υπολογίζεται χρησιμοποιώντας ελαστο-πλαστική ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων, πριν και μετά την συνένωση των ρωγμών. Τα αριθμητικά αποτελέσματα της προτεινόμενης μεθοδολογίας είναι γενικά σε καλή συμφωνία με τα αντίστοιχα πειραματικά δεδομένα. Σε όλες τις εξεταζόμενες περιπτώσεις το προτεινόμενο κριτήριο αστοχίας συνδέσμων δίνει καλύτερες προβλέψεις συγκρινόμενο με τις εναλλακτικές μεθοδολογίες πρόβλεψης συνένωσης ρωγμών.

[J14] Crump, S., Burguete, R., Sim, W.-M., De Oliveira, A., Van Der Veen, S., Boselli, J., Robinson, J., Smith, D., Bancroft, C., Denkena, B., Heckenberger, U., Lampeas, G., Apicella, A., Thomas, F., Deschamps, A., Yates, J.   
'A concurrent approach to manufacturing induced part distortion in aerospace components', in 'Materials Science and Technology', Volume 4, Pages 75-86, (2005).

Πρόκειται για ομαδική δημοσίευση των συμμετεχόντων στο Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα COMPACT [Π21], και αναφέρεται στους στόχους και το αντικείμενο του προγράμματος.

Ο στόχος του ευρωπαϊκού προγράμματος 'A concurrent approach to manufacturing induced part distortion in aerospace components' είναι να διερευνήσει τις στρεβλώσεις που προέρχονται σε αεροναυπηγικές δομές κατά τις διαδικασίες παραγωγής. Οι στρεβλώσεις είναι συνάρτηση των παραμενουσών τάσεων και εξαρτώνται από την διεργασία του υλικού, το σχεδιασμό και τη διαδικασία παραγωγής. Το ευρωπαϊκό πρόγραμμα αυτό πρόγραμμα έχει δομηθεί παράλληλα γύρω από τις τρεις αυτές επιστημονικές περιοχές. Τα αποτελέσματα βασίζονται στην αριθμητική ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία και τις μεθοδολογίες ενσωμάτωσης και συστηματοποίησης της γνώσης. Η αριθμητική προσομοίωση χρησιμοποιείται για τη βαθύτερη κατανόηση των αλληλεπιδρώντων μηχανισμών διαδοχικής ανάπτυξης των στρεβλώσεων. Η συστηματική ενσωμάτωση της παραχθείσας γνώσης θα βοηθήσει διαφορετικές ομάδες μηχανικών στο σχεδιασμό περίπλοκων αεροναυπηγικών κατασκευών, βελτιστοποιημένων από την άποψη της ελαχιστοποίησης των στρεβλώσεων.

[J15] **G. Labeas**, Th. Kermanidis  
"Stress multiaxiality factor for crack growth prediction using the strain energy density theory", *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 45, pp. 100-107, 2006.

Ο συντελεστής πολυαξονικότητας (multiaxiality factor), που ορίζεται ως ο λόγος της ισοδύναμης τάσης von-Mises προς την υδροστατική τάση, έχει συσχετιστεί στο παρελθόν με την έναρξη και την εξέλιξη της αστοχίας του υλικού σε κατασκευές. Στην

παρούσα εργασία αποδεικνύεται πως η θέση γύρω από την κορυφή μιας ρωγμής όπου ο συντελεστής πολυαξονικότητας λαμβάνει την ελάχιστη τιμή είναι μια ένδειξη της διεύθυνσης ελάχιστης αντίστασης του υλικού στη διάδοση ρωγμών. Επίσης δείχνεται ότι η θέση κατά μήκος της διεύθυνσης διάδοσης ρωγμών όπου ο συντελεστής πολυαξονικότητας λαμβάνει την ελάχιστη τιμή μπορεί να θεωρηθεί ως κρίσιμη η απόσταση από την κορυφή της ρωγμής, όπου η πυκνότητα της ενέργειας παραμόρφωσης πρέπει να υπολογιστεί και να συγκριθεί με την κρίσιμη τιμή της, σύμφωνα με το γνωστό κριτήριο διάδοσης ρωγμών του Sih. Οι θεωρητικές προβλέψεις είναι σε καλή συμφωνία με τα πειραματικά αποτελέσματα για όλες τις περιπτώσεις που εξετάζονται στην παρούσα εργασία.

[J16] Al. Kermanidis, D. Stamatelos, **G. Labeas** and Sp. Pantelakis, "Tensile behaviour of corroded and hydrogen embrittled 2024 T351 aluminium alloy specimen", *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 45, pp. 148-158, 2006.

Στην παρούσα εργασία προτείνεται ένα αριθμητικό μοντέλο πρόβλεψης της συμπεριφοράς σε εφελκυσμό διαβρωμένων δοκιμίων από υλικό αλουμίνιο 2024-T351. Συγκεκριμένα μοντελοποιείται η συνέργεια της επίδρασης της διάβρωσης και της ψαθυροποίησης υδρογόνου λόγω διάβρωσης ως διαδικασία βλάβης η οποία συμβαίνει σε τοπική κλίμακα και οδηγεί σε δραματική πτώση της εφελκυστικής μακροσκοπικής ολκιμότητας του κράματος του αλουμινίου 2024. Η βλάβη μοντελοποιείται με μια ρωγή στα άκρα του δοκιμίου, το οποίο στη συνέχεια αναλύεται με χρήση ελαστοπλαστικής ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων, λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές ιδιότητες του υλικού στις περιοχές που υπάρχει βλάβη. Με βάση το μοντέλο μπορεί να προβλεφθεί η απόκριση του διαβρωμένου δοκιμίου σε μηχανικό φορτίο καθώς και η αντοχή του. Το μοντέλο που προτείνεται χρησιμοποιήθηκε σε μια παραμετρική μελέτη από την οποία προέκυψε η επίδραση του πάχους του δοκιμίου και του βάθους διάβρωσης στην εφελκυστική αντοχή. Οι εφελκυστικές ιδιότητες που υπολογίστηκαν συμφωνούν καλά με τα αντίστοιχα πειραματικά δεδομένα.

[J17] Th. Kermanidis, **G. Labeas**, M. Sunaric, A. Johnson and M. Holzapfel "Bird strike simulation on a novel composite leading edge design", *International Journal of Crashworthiness*, vol. 11, no. 3, pp. 189-201, 2006.

Παρουσιάζεται μια μεθοδολογία για αριθμητική προσομοίωση της πρόσκρουσης πουλιού σε μια πρωτότυπη κατασκευή χείλους προσβολής (ΧΠ) μιας οριζόντιας πτέρυγας ουράς. Η καινοτομία στο σχεδιασμό του ΧΠ βασίζεται στην αρχή του 'τανυστικού ελάσματος', το οποίο αποτελείται από μια ή περισσότερες στρώσεις συνθέτου υλικού, κατάλληλα διπλωμένες έτσι ώστε να ξεδιπλώνουν κατά την διάρκεια μιας πρόσκρουσης, εξασφαλίζοντας έτσι στο ΧΠ την ιδιότητα υψηλής απορροφησης ενέργειας. Η τεχνική προσομοίωσης βασίζεται στη μη-γραμμική δυναμική ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων (ΠΣ) και εκτελείται σε τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο αναπτύσσονται κατάλληλα μοντέλα βλάβης ικανά να αναπαριστούν επιτυχώς τη συμπεριφορά σε υψηλούς ρυθμούς παραμόρφωσης των σύνθετων

υλικών τύπου ‘πλεγμένων ινών’ (fabric), από τα οποία είναι κατασκευασμένο το ΧΠ. Στο δεύτερο στάδιο αναπτύσσεται διαδικασία μοντελοποίησης ΠΣ για την προσομοίωση των πολύπλοκων μηχανισμών ξεδιπλώματος του ‘τανυστικού ελάσματος’ σε ψευδό-στατική διείδυση. Στο τρίτο στάδιο προσομοιώνονται αριθμητικά πειραμάτα πρόσκρουσης πουλιού σε δυο διαφορετικές πρωτότυπες κατασκευές ΧΠ, που περιλαμβάνουν ‘τανυστικά ελάσματα’. Εξετάζεται λεπτομερώς η επιρροή στα αποτελέσματα κάθε αριθμητικής παραμέτρου προσομοίωσης και συζητούνται όλα τα κρίσιμα σημεία της μοντελοποίησης, όπως η πυκνότητας διακριτοποίησης ΠΣ, η ευκαμψία του υποκατάστατου πουλιού, καθώς και οι παράμετροι βλάβης των υλικών και οι παράμετροι αλληλεπίδρασης επιφανειών επαφής. Τα αποτελέσματα αριθμητικής προσομοίωσης βρίσκονται σε καλή ποιοτική και ποσοτική συμφωνία με αντίστοιχα πειραματικά αποτελέσματα.

[J18] **G. Labeas** and J. Diamantakos

“Residual strength prediction of multiple cracked stiffened panels”, *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures*, vol. 29, pp. 365–371, 2006.

Η πρόβλεψη συνένωσης γειτονικών ρωγμών είναι κρίσιμη για την εκτίμηση της εναπομένουσας αντοχής κατασκευών σε συνθήκες πολλαπλής βλάβης. Στην συγκεκριμένη εργασία μια μεθοδολογία που έχει αναπτύσσεται επιτυχώς για την περίπτωση της πρόβλεψης σύνδεσης ρωγμών σε πλάκες χωρίς ενισχυτικές δοκούς, επεκτείνεται για την περίπτωση των τυπικά ρηγματωμένων ενισχυμένων αεροπορικών ελασμάτων. Το προτεινόμενο κριτήριο συνένωσης είναι βασισμένο στη μεταβολή των μεγεθών της ελαστικής και πλαστικής ενέργειας παραμόρφωσης του ενισχυμένου ελάσματος, πριν και μετά από τη συνένωση των ρωγμών. Τα απαιτούμενα μεγέθη ενέργειας παραμόρφωσης υπολογίζονται χρησιμοποιώντας μη γραμμική ελαστο-πλαστική ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων. Για την εφαρμογή και την επαλήθευση της μεθόδου, χρησιμοποιούνται πειραματικά αποτελέσματα από τη βιβλιογραφία. Οι τιμές της εναπομένουσας αντοχής που υπολογίζονται από την προτεινόμενη μεθοδολογία είναι σε καλή συμφωνία με τα πειραματικά αποτελέσματα. Το παρόν κριτήριο παρέχει καλύτερα αποτελέσματα συγκρινόμενο με τα υπάρχοντα και συνήθη εφαρμοζόμενα κριτήρια συνένωσης ρωγμών.

[J19] **G. Labeas**, J. Diamantakos and M. Sunaric

“Simulation of the electro-impulse de-icing process of aircraft wings”, *Journal of Aircraft*, vol. 43, no6, pp. 1876-1885, (2006)

Στην παρούσα εργασία αναλύεται μέσω ανάπτυξης μεθοδολογίας για αριθμητική προσομοίωση το σύστημα αποπαγοποίησης χείλους προσβολής πτέρυγας αεροσκάφους με ηλεκτρικό παλμό (ΑΗΠ). Η αρχή της ΑΗΠ είναι ότι ο πάγος απομακρύνεται χάρη στις μηχανικές διεπιφανειακές δυνάμεις που προκαλούνται στο χείλος προσβολής (ΧΠ) από ήλεκτρο-μαγνητικό παλμό. Η μεθοδολογία για αριθμητική προσομοίωση βασίζεται σε μη-γραμμική τρισδιάστατη χρονική ανάλυση τάσεων πτέρυγας αεροσκάφους καλυμμένη με πάγο. Η ανάλυση των τάσεων στη διεπιφάνεια ελάσματος - πάγου συνδυάζεται με ένα κριτήριο αποπαγοποίησης, το οποίο λαμβάνει υπ’ όψη τόσο τις ορθές όσο και τις διατμητικές τάσεις της διεπιφάνειας. Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε επαληθεύεται στις πειραματικές

δοκιμές αποπαγοποίησης σε μια επίπεδη τετράγωνη αλουμινένια πλάκα. Στη συνέχεια η μεθοδολογία εφαρμόζεται στην πρόβλεψη της αποπαγοποίησης του χείλους προσβολής μιας πτέρυγας αεροσκάφους. Οι κύριες παράμετροι του συστήματος που μελετήθηκαν είναι ο αριθμός και η θέση των πηνίων, το πάχος του στρώματος πάγου, το ποσοστό επικάλυψης του χείλους προσβολής με πάγο, η ακτίνα καμπυλότητας του χείλους προσβολής και το μέγεθος της ηλεκτρομαγνητικής παλμικής φόρτισης. Η επιρροή αυτών των παραμέτρων στην αποτελεσματικότητα του συστήματος, η οποία ορίζεται ως το ποσοστό της αποπαγοποιημένης επιφάνειας προς ολόκληρή την επιφάνεια του ΧΠ, μελετάται με τη χρήση της μεθόδου ανάλυσης που αναπτύχθηκε. Από τα αποτελέσματα της μελέτης προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα για τις δυνατότητες μείωσης βάρους και κατανάλωσης ενέργειας σε συστήματα ΑΗΠ.

[J20] T.G. Chondros and **G. N. Labeas**

“Torsional vibration of a cracked rod by variational formulation and numerical analysis”, accepted for publication in the *Journal of Sound and Vibration*, 301, pp. 994-1006, 2007

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η στρεπτική ταλάντωση ενός περιφερειακά ρηγματωμένου κυλινδρικού άξονα, μέσω μιας ακριβούς αναλυτικής λύσης και μιας αριθμητικής με χρήση Πεπερασμένων στοιχείων. Η Hu- Washizu- Barr διαφορική διατύπωση χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της διαφορικής εξίσωσης και των συνοριακών συνθηκών της ρηγματωμένης ράβδου. Οι εξισώσεις κίνησης για μια περιφερειακά ομοιόμορφα ρηγματωμένη ράβδο σε στρεπτική ταλάντωση εξάχθηκαν και επιλύθηκαν, ενώ οι σχέσεις Rayleigh χρησιμοποιήθηκαν για περαιτέρω προσέγγιση των φυσικών συχνοτήτων της ρηγματωμένης ράβδου. Η ρωγμή μοντελοποιήθηκε σαν μια συνεχής ευκαμψία, βασισμένη στις αρχές της Θραυστομηχανικής. Τα αποτελέσματα της διαφορικής διατύπωσης συγκρίθηκαν με αυτά αριθμητικής λύσης, αξιοποιώντας ένα παραμετρικά τρισδιάστατο μοντέλο Πεπερασμένων Στοιχείων της ρηγματωμένης ράβδου. Η ευαισθησία των αποτελεσμάτων σε σχέση με τις παραμέτρους της διακριτοποίησης του μοντέλου των πεπερασμένων στοιχείων αποτιμήθηκε με κριτήριο τα αποτελέσματα της αναλυτικής λύσης.

[J21] **G. Labeas**, S. Belesis and D. Stamatelos,

“Interaction of Damage Failure and Post-buckling behavior of Composite plates with cut-outs by Progressive Damage Modelling”, *Composites Part B: Engineering*, on-line from February 2007.

Αναπτύχθηκε μοντέλο Προοδευτικής βλάβης, ικανό να προβλέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ της μεταλυγισμικής συμπεριφοράς και των διαφόρων τύπων αστοχίας, πλακών κατασκευασμένων από σύνθετα υλικά. Η ανάλυση βασίστηκε σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο Προοδευτικής βλάβης και περιλαμβάνει ανάλυση τάσεων με τη μέθοδο των Πεπερασμένων στοιχείων, ανάλυση αστοχίας και κανόνες υποβάθμισης ιδιοτήτων υλικού. Το μοντέλο εφαρμόστηκε σε μια πολύστρωτη πλάκα με οπή, φορτιζόμενη σε θλίψη. Αποδείχτηκε ότι όταν ο λυγισμός της πλάκας συμβαίνει στα αρχικά στάδια της φόρτισης, επηρεάζει σημαντικά την εξέλιξη των

διαφόρων τύπων αστοχίας στη μεταλυγισμική περιοχή φόρτιση. Επιπλέον, όταν ο λυγισμός της πλάκας συμβαίνει σε υψηλότερες τιμές φόρτισης, οι τοπικές αστοχίες επηρεάζουν σημαντικά το κρίσιμο φορτίο λυγισμού. Επίσης, αναλύθηκε η επιρροή των κριτηρίων αστοχίας και των κανόνων υποβάθμισης ιδιοτήτων υλικού, στην πρόβλεψη της συμπεριφοράς της πλάκας. Η σύγκριση με δημοσιευμένα πειραματικά αποτελέσματα έδειξε ότι οι αριθμητικές προβλέψεις του μοντέλου παρουσιάζουν πολύ μεγάλη ακρίβεια.

### **Μετά την αίτηση για μονιμοποίηση στη θέση του Επίκουρου Καθηγητή (Νοέμβριος 2007), έχουν δημοσιευθεί οι παρακάτω εργασίες**

- J22. T.G. Chondros, **G. N. Labeas**, M. Linardopoulou and T. Kermanidis  
“Lateral Vibration of a fatigue cracked free-free beam by variational formulation and numerical analysis”, *International Journal of Advances in Mechanics and Applications of Industrial Materials*, IJAMAIM 1 (1), 93 – 108, (2008).

Στην παρτσα εργασία αναπτύσσεται μεθοδολογία εντοπισμού ρωγμής και προσδιορισμού του μήκους της, με βάση την ιδιοσυχνότητα ταλάντωσης ρηγματωμένης δοκού. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιείται συγκριτική μελέτη μεταξύ των αποτελεσμάτων της μεθόδου Hu-Washizu- Barr και αριθμητικών μεθόδων για τον υπολογισμό της μεταβολής της ιδιοσυχνότητας ταλάντωσης δοκών που περιέχουν ρωγμές διαφορετικού μήκους και σε διαφορετικές θέσεις, σε σχέση με τη συνεχή δοκό. Η ρωγμή εξομοιώνεται ως ασυνέχεια στη δυσκαμψία της δοκού. Εξετάζεται η ευαισθησία των αποτελεσμάτων του αριθμητικού μοντέλου Πεπερασμένων Στοιχείων στη μεταβολή των παραμέτρων μοντελοποίησης. Τα αναλυτικά και αριθμητικά αποτελέσματα συγκρίνονται με αντίστοιχα πειραματικά και παρατηρήθηκε καλή συμφωνία. .

- J23. K.I. Tserpes, P. Papanikos, **G. Labeas** and Sp.G. Pantelakis  
‘Multi-scale modeling of tensile behavior of carbon nanotube-reinforced composites’, in *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 49 (1), pp. 51-60 (2008)

Στην παρούσα εργασία αναπτύσσεται ένα στοιχείο όγκου το οποίο συνδυάζει διαφορετικές κλίμακες ανάλυσης και χρησιμοποιείται για την προσομοίωση της συμπεριφοράς σε εφελκυσμό σύνθετων υλικών οπλισμένων με νανοσωλήνες άνθρακα. Το στοιχείο συνδυάζει την νανομηχανική με την μηχανική του συνεχούς μέσου γεφυρώνοντας την νανο-κλίμακα με την μεσο-κλίμακα. Η μηχανική συμπεριφορά των νανοσωλήνων άνθρακα προσομοιώνεται με την χρήση ενός μοντέλου προοδευτικής μοντελοποίησης της αστοχίας το οποίο βασίζεται στο ημιεμπειρικό διατομικό δυναμικό του Morse. Τόσο η μοντελοποίηση της μήτρας, όσο και η ανάπτυξη του στοιχείου γίνεται με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Η ανάλυση υποθέτει τέλεια συνάφεια μεταξύ του νανοσωλήνα και της μήτρας, έως το σημείο όπου η διατμητική τάση που αναπτύσσεται στην διεπιφάνεια νανοσωλήνα/μήτρας ξεπεράσει την αντίστοιχη μέγιστη επιτρεπόμενη τάση. Σε αυτήν την περίπτωση, θεωρείται ότι λαμβάνει χώρα αποκόλληση και αποτρέπεται η μεταφορά φορτίου μεταξύ των δύο υλικών. Το προτεινόμενο στοιχείο χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση σύνθετου υλικού πολυμερούς μήτρας ενισχυμένης με νανοσωλήνες άνθρακα. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με δεδομένα του

«κανόνα μίξης». Παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της δυσκαμψίας της μήτρας οφειλόμενη στην παρουσία των νανοσωλήνα άνθρακα. Παραμετρική σπουδή για την επίδραση της αντοχής σε διάτμηση της διεπιφάνειας νανοσωλήνα/μήτρας στην συμπεριφορά του σύνθετου υλικού έδειξε ότι η δυσκαμψία του υλικού δεν επηρεάζεται σε αντίθεση με την αντοχή σε εφελκυσμό η οποία παρουσιάζει σημαντική μείωση καθώς η αντοχή σε διάτμηση μειώνεται.

J24. G. Moraitis and **G. Labeas**

“Residual Stress and Distortion Calculation of Laser Beam Welding for Aluminum Lap Joints”, in *Journal of Materials Processing Technology*, 198 (1-3), pp. 260-269 (2008)

Ένα αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης της διαδικασίας συγκόλλησης με ακτίνα λέιζερ (Laser Beam Welding - LBW) ανατάσσεται με σκοπό την αξιόπιστη πρόβλεψη των αναπτυσσόμενων παραμενουσών τάσεων και στρεβλώσεων. Λόγω του ότι η LBW είναι μια θερμομηχανική διεργασία, αρχικά, πραγματοποιείται μία θερμική ανάλυση έτσι ώστε να υπολογισθεί το θερμοκρασιακό ιστορικό του υλικού και να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια για τον προσδιορισμό των παραμενουσών τάσεων και στρεβλώσεων. Για την πρόβλεψη του σχήματος και των διαστάσεων της λεκάνης εξάχνωσης (keyhole), τα οποία είναι απαραίτητα για την διεξαγωγή της θερμικής ανάλυσης, χρησιμοποιείται μια καινοτόμα και αποτελεσματική μεθοδολογία, ανεξάρτητη από εμπειρικές παραμέτρους. Τα σημαντικότερα φυσικά φαινόμενα που σχετίζονται με τη LBW και λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της διεργασίας, π.χ. μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία, αγωγή και επαφή, λαμβάνονται υπόψη κατά την ανάπτυξη του μοντέλου. Οι θερμικές και μηχανικές ιδιότητες του υλικού εισάγονται στην ανάλυση σε συναρτήσεις της θερμοκρασίας, λόγω των σημαντικών μεταβολών που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης. Ο αλγόριθμος προσομοίωσης έχει προγραμματισθεί σε μια μακρό-ρουτίνα σε κατάλληλη γλώσσα προγραμματισμού και για την επίλυση του χρησιμοποιείται το πακέτο πεπερασμένων στοιχείων ANSYS. Η αξιοπιστία του μοντέλου έχει επιβεβαιωθεί για την περίπτωση μετωπικής συγκόλλησης ελασμάτων ναυπηγικού χάλυβα DH-36 και η αποτελεσματικότητα του επιδεικνύεται με την εφαρμογή του σε συγκόλληση με επικάλυψη δύο ελασμάτων Αλουμινίου 6061-T6. Βασικό πλεονέκτημα του συγκεκριμένου μοντέλου αποτελεί η ευελιξία του, αφού είναι ανεξάρτητο από εμπειρικές παραμέτρους, κάτι το οποίο παρέχει τη δυνατότητα προσαρμογής και χρήσης του για την παραμετρική μελέτη της διεργασίας σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών LBW με διαφορετική γεωμετρία, υλικό ή τύπο σύνδεσης, με μόνο προαπαιτούμενο τις βασικές μηχανικές και θερμικές ιδιότητες του υλικού.

J25. **G. Labeas**, V. Watiti and Ch. Katsiropoulos

“Thermo-Mechanical Simulation of Infrared Heating Diaphragm Forming Process for Thermoplastic Parts”, in *Journal of Thermoplastic Materials*, 21 (4), pp. 353-370, 2008

Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε μία νέα μεθοδολογία για την θερμό-μηχανική ανάλυση της διεργασίας μορφοποίησης συνθέτων υλικών με διάφραγμα και σύστημα θέρμανσης με υπέρυθρη ακτινοβολία. Στο πρώτο μέρος της εργασίας προσομοιώνονται με χρήση πεπερασμένων στοιχείων οι μηχανισμοί μετάδοσης θερμότητας που λαμβάνουν χώρα μεταξύ των λαμπών υπέρυθρης ακτινοβολίας και του θερμοπλαστικού υλικού, και μελετάται η επιρροή διαφόρων παραμέτρων του συστήματος θέρμανσης στον χρόνο θέρμανσης καθώς και την θερμοκρασιακή κατανομή. Στο δεύτερο μέρος, με σκοπό τον υπολογισμό των απωλειών θερμότητας εξαιτίας της επαφής του υλικού με το καλούπι, προσομοιώνεται το στάδιο της

μηχανικής διαμόρφωσης του κατασκευαστικού στοιχείου και της επαφής του στο καλούπι μορφοποίησης. Κάνοντας χρήση της εν λόγω μεθοδολογίας, προσδιορίζονται οι κύριες παράμετροι της διεργασίας (αριθμός, θέση και ισχύς των λαμπών υπέρυθρης ακτινοβολίας) για την βέλτιστη (προ)θέρμανση του υλικού, καθώς και οι απώλειες θερμότητας και η ελάχιστη απαιτούμενη θερμοκρασία του καλουπιού κατά την φάση της μορφοποίησης για πέντε διαφορετικά πάχη υλικού. Τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης έδειξαν ότι οι παράμετροι της διεργασίας που εξετάστηκαν επηρεάζουν την θέρμανση του υλικού καθώς επίσης και ότι για μεγαλύτερα πάχη υλικού ο απαιτούμενος χρόνος θέρμανσης αυξάνεται.

J26. **G. Labeas**

‘Development of a Local Three-Dimensional Numerical Simulation Model for the Laser Forming Process of Aluminium Components’, in *Journal of Materials Processing Technology*, 207 (1-3), pp. 248-257, (2008)

Κατά τη διεργασία Μορφοποίησης με Δέσμη Λέιζερ – ΜΔΛ (Laser Beam Forming) χρησιμοποιείται η ενέργεια δέσμης λέιζερ σχετικά μεγάλης ισχύος για την πρόκληση μόνιμων παραμορφώσεων σε δομικά στοιχεία, μέσω της τοπικής εισαγωγής θερμικών τάσεων. Η ΜΔΛ του αλουμινίου είναι μια σύνθετη και ευαίσθητη διεργασία, εξαιτίας των περίπλοκων φυσικών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκειά της. Για το λόγο αυτό, ο καθορισμός των βέλτιστων παραμέτρων της διεργασίας (ισχύς του λέιζερ και ταχύτητα κατεργασίας), που θα οδηγήσουν στην επιθυμητή τελική γεωμετρία, καθώς επίσης και η εύρεση των ορίων διαμόρφωσης των διάφορων δομικών στοιχείων, απαιτούν σημαντική πειραματική προσπάθεια. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται η αριθμητική προσομοίωση της διαδικασίας ΜΔΛ, για τη μερική λύση του προβλήματος, με την ανάπτυξη ενός τοπικού μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων, για την πρόβλεψη του αναπτυσσόμενου θερμοκρασιακού πεδίου και των μόνιμων παραμορφώσεων σε διαμορφωμένα με ΜΔΛ δοκίμια αλουμινίου. Η αριθμητική ανάλυση βασίζεται στη μη γραμμική τρισδιάστατη μεταβατική θερμική και μηχανική ανάλυση, χρησιμοποιώντας θερμικές και μηχανικές ιδιότητες υλικών εξαρτώμενες από τη θερμοκρασία και ένα μοντέλο ροής της θερμότητας της ακτίνας λέιζερ. Η αξιοπιστία του προτεινόμενου μοντέλου ελέγχεται με τη σύγκριση των αριθμητικά υπολογιζόμενων θερμοκρασιακών κατανομών και γωνιών κάμψης με αντίστοιχα πειραματικά αποτελέσματα, τα οποία αφορούν μονά ή πολλαπλά περάσματα της δέσμης λέιζερ. Κατόπιν, το μοντέλο χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των βέλτιστων παραμέτρων της διεργασίας ΜΔΛ πλακών αλουμινίου.

J27. **G. Moraitis and G. Labeas**

Prediction of residual stresses and distortions due to laser beam welding of butt joints in pressure vessels", *International Journal of Pressure Vessels and Piping* 86, pp. 133-142, (2009)

Ένα τρισδιάστατο μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων δύο επιπέδων αναπτύσσεται για την πρόβλεψη της διαμόρφωσης της κοιλότητας εξάχνωσης καθώς και την πρόβλεψη της θερμομηχανικής απόκρισης λόγω της συγκόλλησης με ακτίνα λέιζερ (Laser Beam Welding – LBW) ελασμάτων χάλυβα και Αλουμινίου για την παραγωγή πιεστικών δοχείων ή σωληνωτών κατασκευών. Αρχικά, για την προσομοίωση των μηχανισμών ανάπτυξης της κοιλότητας εξάχνωσης και τον υπολογισμό των θερμοκρασιακών κατανομών, στην αντίστοιχη περιοχή, για την πρόβλεψη του σχήματος και των διαστάσεων της, αναπτύσσεται ένα πολύ λεπτομερές τοπικό

μη γραμμικό, τρισδιάστατο και μεταβατικό μοντέλο (επίπεδο-1). Ακολουθώντας, θεωρώντας μια θερμική πηγή για τη LBW βασισμένη στην παραδοχή της κοιλότητας εξάχνωσης, πραγματοποιείται, χρησιμοποιώντας ένα γενικό (global) μοντέλο (επίπεδο-2) μια θερμομηχανική ανάλυση της διαδικασίας μετωπικής LBW για τον προσδιορισμό των παραμενουσών τάσεων και στρεβλώσεων. Το βασικό πλεονέκτημα του αναπτυσσόμενου μοντέλου είναι η αποδοτικότητα και η ευελιξία του, καθώς και η εφαρμοσιμότητα του σε πολλές περιπτώσεις LBW (π.χ. συγκόλληση, πιεστικών δοχείων ή σωληνωτών κατασκευών, στην αυτοκινητοβιομηχανία, στη ναυπηγική ή την αεροναυπηγική κτλ). Ελάχιστα πειραματικά δεδομένα απαιτούνται για τη διαστασιολόγηση της κοιλότητας εξάχνωσης, από το μοντέλο στο επίπεδο-1, ενώ η θερμομηχανική απόκριση, η οποία υπολογίζεται από το μοντέλο στο επίπεδο-2, προαπαιτεί μόνο τις παραμέτρους της διεργασίας και τις ιδιότητες του υλικού. Εξαιτίας αυτού, χρησιμοποιώντας τη συγκεκριμένη διαδικασία γίνεται εφικτή επιτυχημένη προσομοίωση της διεργασίας LBW σε διάφορα υλικά και παραμέτρους διεργασίας (π.χ. ταχύτητα συγκόλλησης, ισχύς θερμικής πηγής, τύπος σύνδεσης, κτλ) έτσι ώστε να καταστεί δυνατή η αποτίμηση της επίδρασης των παραμενουσών τάσεων και στρεβλώσεων στη συγκολλητή δομή.

J28. Ch. Katsikeros and **G. Labeas**

‘Development and Validation of a Strain based Structural Health Monitoring System’, in *‘Mechanical Systems and Signal Processing’*, 23 (2), pp. 372-383 (2009)

Στην παρούσα εργασία προτείνεται μια καινοτόμα μεθοδολογία Επιθεώρησης Δομικής Ακεραιότητας – ΕΔΑ (Structural Health Monitoring – SHM), βασιζόμενη σε μετρήσεις παραμορφώσεων, που επεξεργάζονται από ένα μονοκατευθυντικό Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο - ΤΝΔ (back-propagation feed-forward Artificial Neural Network - ANN). Η επίδειξη της μεθοδολογίας ΕΔΑ και ο προσδιορισμός των δυνατοτήτων και μειονεκτημάτων της γίνεται με την εφαρμογή της στην πρόβλεψη της εξέλιξης βλάβης κόπωσης σε ένα τυπικό σύνδεσμο με επικάλυψη μιας αεροπορικής δομής. Αναπτύσσεται ένα κατάλληλης αρχιτεκτονικής ΤΝΔ, που εκπαιδεύεται με αποτελέσματα αριθμητικής προσομοίωσης, τα οποία έχουν υποστεί προεπεξεργασία με γρήγορο μετασχηματισμό Fourier (Fast Fourier Transformation) για την εξαγωγή των δεικτών Fourier (Fourier Descriptors). Για την ανάλυση τάσεων και παραμορφώσεων εφαρμόζεται η τεχνική δημιουργίας υπο-δομών (sub-structuring technique) της μεθόδου πεπερασμένων στοιχείων, λόγω της αποτελεσματικότητάς της στον υπολογισμό των πολυάριθμων δεδομένων παραμόρφωσης, τα οποία είναι απαραίτητα για την εκπαίδευση του ΤΝΔ. Ελέγχεται η αξιοπιστία του εκπαιδευμένου ΤΝΔ και αποδεικνύεται ικανό να προβλέψει επακριβώς τις θέσεις και τα μήκη ρωγμών ενός συνδέσμου με επικάλυψη, στον οποίο έχουν αναπτυχθεί ρωγμές κόπωσης τυχαίων θέσεων και έκτασης. Η προτεινόμενη μεθοδολογία είναι εφαρμόσιμη στον προσδιορισμό της βλάβης πιο σύνθετων μορφών, ή βλάβης που βρίσκεται σε άλλες κρίσιμες θέσεις της δομής, λόγω της γενικευμένης διατύπωσης στην οποία βασίστηκε η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε.

J29. K.I. Tserpes, **G.N. Labeas**

‘Mesomechanical analysis of Non-Crimp Fabric Composite Structural Parts’, in *Composite Structures* 87 (4), pp. 358-369 (2009)

Στην εργασία αυτή προτείνεται μια προσέγγιση ‘μέσης κλίμακας’ για την προσομοίωση της μηχανικής συμπεριφοράς δομικών στοιχείων από μη-κατσαρωμένα υφαντουργικά σύνθετα υλικά



(non-crimp fabric). Η προσέγγιση βασίζεται σε αντιπροσωπευτικά στοιχεία όγκου, των οποίων η συμπεριφορά έχει προηγουμένως χαρακτηριστεί χρησιμοποιώντας τη μέθοδο προοδευτικής βλάβης. Η καινοτόμος χρήση της μεθόδου προοδευτικής βλάβης στα συγκεκριμένα υλικά αξιολογήθηκε επιτυχώς μέσω της σύγκρισης με πειραματικά αποτελέσματα. Η προτεινόμενη προσέγγιση της 'μέσης κλίμακας' εφαρμόζεται μέσω ενός τρισδιάστατου γενικού μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων του δομικού στοιχείου, στα στοιχεία του οποίου προσδίδεται η αποτιμώμενη συμπεριφορά των στοιχείων όγκου. Εφαρμογή της προσέγγισης γίνεται για ένα καινοτόμο συνδετικό στοιχείο σχήματος (π)  $\pi$  σε εφελκυσμό που χρησιμοποιείται για σύνδεση με κόλλα αεροπορικών δομικών στοιχείων. Αποτέλεσμα της εφαρμογής είναι η πρόβλεψη της έναρξης και εξέλιξης της αστοχίας στην σύνδεση. Η προτεινόμενη προσέγγιση βρίσκει εφαρμογή σε οποιοδήποτε υφαντουργικό σύνθετο υλικό αρκεί να αποτιμηθεί η συμπεριφορά του αντίστοιχου στοιχείου όγκου.

J30. K. I. Tserpes and **G. N. Labeas**

'Progressive fracture analysis of planar lattices and shape-morphing Kagome-structure', in *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, Vol. 51, Issue 1, pp. 41-47, (2009)

Σε αυτήν την εργασία μελετάται η συμπεριφορά σε εφελκυσμό επίπεδων δικτυωμάτων με τριγωνικές, εξαγωνικές και τύπου-Kagome κυψελίδες υπό την παρουσία κεντρικών εγκοπών χρησιμοποιώντας την μέθοδο της προοδευτικής εξέλιξης της αστοχίας. Η μελέτη βασίζεται στην υπόθεση ότι οι ράβδοι των δικτυωμάτων συμπεριφέρονται ελαστικά-ψαθυρά και αστοχούν σε πλαστική διαρροή. Η μελέτη εστιάζει στην επίδραση του ανοίγματος της εγκοπής και της σχετικής πυκνότητας των δικτυωμάτων. Οι υπολογισμοί δείχνουν σημαντική μείωση της δυσκαμψίας και της αντοχής των δικτυωμάτων με την αύξηση του ανοίγματος της εγκοπής. Αντίθετα, η αύξηση της σχετικής πυκνότητας οδηγεί σε σημαντική αύξηση των παραπάνω μεγεθών. Η εξέλιξη της αστοχίας βρέθηκε να εξαρτάται μόνον από την διάταξη του πλέγματος των δικτυωμάτων ενώ το δικτύωμα με τις εξαγωνικές κυψελίδες εμφανίζει ασθενέστερη συμπεριφορά σε εφελκυσμό από τα άλλα δύο δικτυώματα.

Χρησιμοποιώντας την ίδια μέθοδο προσομοιώνεται επίσης η συμπεριφορά σε κάμψη της κατασκευής μεταβλητού σχήματος που βασίζεται στο δικτύωμα τύπου-Kagome υπό την χρήση διαφορετικών υλικών για τα στοιχεία της κατασκευής. Η ανάλυση αστοχίας της κατασκευής περιλαμβάνει την εξέλιξη της διαρροής καθώς και την έναρξη του λυγισμού τόσο στις ράβδους όσο και στην πλάκα. Η ανάλυση δείχνει ότι η καμπτική δυσκαμψία της κατασκευής καθορίζεται από την δυσκαμψία του υλικού της πλάκας ενώ ο τύπος της αστοχίας που θα εμφανιστεί πρώτη καθορίζεται από το υλικό των ράβδων του δικτυώματος καθώς και της κατασκευής μεταβλητού σχήματος που βασίζεται στο δικτύωμα τύπου-Kagome

J31. **G. Labeas**, J. Diamantakos

'Numerical investigation of through crack behaviour under welding residual stresses', in *Engineering Fracture Mechanics*, 76 (11), pp. 1691-1702 (2009).

Πολλά δομικά στοιχεία μηχανολογικών κατασκευών λειτουργούν υπό την επίδραση παραμενουσών τάσεων, οι οποίες προέρχονται από τις διεργασίες παραγωγής για την κατεργασία και τη διαμόρφωση του υλικού στην τελική του μορφή. Στην παρούσα εργασία μελετάται η επίδραση τυπικών κατανομών παραμενουσών τάσεων στους συντελεστές έντασης τάσεων και στη γωνία διάδοσης ρωγμών που διαδίδονται μέσα στο πεδίο των παραμενουσών

τάσεων και υπό συνδυασμένη καταπόνηση. Για τους υπολογισμούς αναπτύχθηκε αριθμητική μεθοδολογία βασισμένη στη γραμμική ελαστική ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται παρέχουν ένα χρήσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση της επίδρασης των παραμενουσών τάσεων στη συμπεριφορά διάδοσης ρωγμών και στη δομική ακεραιότητα των κατασκευών.

- J32. Sp.G.Pantelakis, Ch.V.Katsiropoulos, **G.N.Labeas** and H.Sibois  
'A concept to optimize quality and cost in thermoplastic composite components applied to the production of helicopter canopies', in COMP-part A Applied Science and Manufacturing 40 (5), pp. 595-606 (2009)

Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε μία καινοτόμος μεθοδολογία για την βελτιστοποίηση διεργασιών παραγωγής/μορφοποίησης κατασκευαστικών στοιχείων από σύνθετα υλικά με κριτήριο την ποιότητα και το κόστος του παραγόμενου προϊόντος. Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε στη βελτιστοποίηση της παραγωγής καλύπτρας ελικοπτέρου με χρήση της διεργασίας μορφοποίησης συνθέτων υλικών με διάφραγμα και σύστημα θέρμανσης με υπέρυθρη ακτινοβολία. Η βασική αρχή της μεθοδολογίας είναι ότι ο κύκλος θέρμανσης παίζει τον πιο σημαντικό ρόλο, τόσο στην ποιότητα, όσο και στο κόστος του παραγόμενου προϊόντος. Στο πλαίσιο αυτό, έγιναν αναλύσεις ποιότητας και κόστους για τον προσδιορισμό των Συναρτήσεων Ποιότητας και των Συναρτήσεων Εκτίμησης Κόστους αντίστοιχα. Οι συναρτήσεις αυτές χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του βέλτιστου κύκλου θέρμανσης μέσω επαναληπτικών υπολογισμών. Ο κύκλος θέρμανσης εφαρμόζεται στο υλικό μέσω της θερμο-μηχανικής προσομοίωσης όλης της διεργασίας παραγωγής. Τέλος, κατασκευάστηκε υπολογιστικό εργαλείο για την διενέργεια όλων των πράξεων της διαδικασίας βελτιστοποίησης. Κάνοντας χρήση της παραπάνω μεθοδολογίας και του εργαλείου, προσδιορίστηκε η βέλτιστη διάταξη για την παραγωγή καλύπτρας ελικοπτέρου της EUROCOPTER η οποία χρησιμοποίησε τα αποτελέσματα και παρήγαγε πρωτότυπα κομμάτια έως και κλίμακας 1:3.

- J33. **G. N. Labeas**, Diamantakos, I., Kermanidis, Th.  
Assessing the effect of residual stresses on the fatigue behavior of integrally stiffened structures, in *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, Vol. 51, Issue 2, pp. 95-101, (2009)

Σε πραγματικές κατασκευές εμφανίζονται συχνά παραμένουσες τάσεις εξαιτίας των διαφόρων διεργασιών παραγωγής τους, όπως συγκολλήσεις, μορφοποιήσεις, κοπές, μηχανουργικές κατεργασίες κλπ. Σε τέτοιες περιπτώσεις χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής οι ρωγμές που εμφανίζονται στις επηρεαζόμενες από τις παραμελούσες τάσεις περιοχές. Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε μια μεθοδολογία για τον υπολογισμό των Συντελεστών Έντασης Τάσεων (ΣΕΤ) σε ρωγμές που βρίσκονται σε συγκολλημένα δομικά στοιχεία. Οι κατανομές των παραμενουσών τάσεων που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς των ΣΕΤ έχουν υπολογιστεί από αριθμητική προσομοίωση της θερμο-μηχανικής διεργασίας συγκόλλησης. Αναπτύχθηκε αλγόριθμος, που βασίζεται στις αρχές της παρεμβολής, για την εισαγωγή του τρισδιάστατου τασικού πεδίου στο υπολογιστικό μοντέλο της ρηγματωμένης δομής. Η μεθοδολογία υπολογισμού των ΣΕΤ επαληθεύεται αρχικά για την περίπτωση μιας απλής συγκολλημένης πλάκας συγκρίνοντας τα αριθμητικά αποτελέσματα με υπάρχουσες αναλυτικές λύσεις. Στη συνέχεια, αναλύεται ένα ρηγματωμένο ενισχυμένο δομικό στοιχείο και συγκρίνονται οι υπολογισμοί που αφορούν διάδοση ρωγμών σε κόπωση με αντίστοιχες πειραματικές μετρήσεις. Τέλος, η προτεινόμενη μεθοδολογία εφαρμόζεται στη μελέτη της επίδρασης πιο πολύπλοκων πεδίων παραμενουσών

τάσεων στους υπολογιζόμενους ΣΕΤ ρωγμών που εμφανίζονται σε συγκολλημένα δομικά στοιχεία.

- J34. Ch.V.Katsiropoulos, G.A.Moraitis, **G.N.Labeas** and Sp.G.Pantelakis 'Optimization of Laser Welding Process for Thermoplastic Composite Materials with regards to Quality and Cost, in *Plastics, Rubber and Composites*, Vol. 38, pp.153-161, (2009)

Η διεργασία συγκόλλησης θερμοπλαστικών ενισχυτικών δοκών με διάθλαση πάνω στο κέλυφος ατράκτου αεροσκάφους βελτιστοποιείται με κριτήριο την ποιότητα και το κόστος. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται μια γενική μεθοδολογία βελτιστοποίησης η οποία έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια προηγούμενης εργασίας των συγγραφέων. Η ποιότητα και το κόστος παραγωγής των συγκολλητών δομών εκτιμώνται με χρήση κατάλληλα ανεπτυγμένων εξισώσεων. Η συνάρτηση προσδιορισμού της ποιότητας και οι εξισώσεις υπολογισμού του συνολικού κόστους της διεργασίας προσδιορίζουν το βέλτιστο συνδυασμό παραμέτρων. Τα απαραίτητα στοιχεία, για τη διαδικασία αυτή, σχετικά με τη σπουδαιότητα των θερμικών παραμέτρων της διεργασίας προκύπτουν από την αριθμητική θερμική και μηχανική προσομοίωση χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Για τη βελτιστοποίηση της LTW λαμβάνοντας υπόψη την ποιότητα και το κόστος του παραγόμενου στοιχείου χρησιμοποιείται το λογισμικό LTSM-OPT, το οποίο τροποποιείται κατάλληλα για την εφαρμογή του στη συγκεκριμένη διεργασία. Η επιλογή του βέλτιστου συνδυασμού των παραμέτρων της LTW έγινε βάσει των αναπτυσσόμενων θερμοκρασιών συγκόλλησης κατά τη διάρκεια του θερμικού κύκλου, η οποία πρέπει να περιορίζεται σε κάποιο συγκεκριμένο εύρος, έτσι ώστε η ποιότητα του παραγόμενου στοιχείου να είναι αποδεκτή. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής χρησιμοποιήθηκαν από μια ευρωπαϊκή αεροπορική βιομηχανία για την επιλογή των παραμέτρων συγκόλλησης ενισχυτικών δομών πάνω στην άτρακτο αεροσκάφους.

- J35. **G. N. Labeas**, G.A. Moraitis and Ch. V. Katsiropoulos  
Optimization of thermoplastic composite Laser Transmission Welding process using thermo-mechanical simulation, in press '*Journal of Composite Materials*', (2009)

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια καινοτόμα μεθοδολογία για την θερμομηχανική προσομοίωση της διεργασίας συγκόλλησης θερμοπλαστικών στοιχείων με διάθλαση (Laser Transmission Welding – LTW). Η εργασία αποτελείται από δύο βασικά μέρη. Στο πρώτο, περιγράφεται η ανάπτυξη ενός θερμικού μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων για την πρόβλεψη του μεταβατικού θερμοκρασιακού ιστορικού του υλικού κατά τη διάρκεια της διεργασίας LTW. Πειραματικές μετρήσεις θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκαν για τη ρύθμιση του θερμικού μοντέλου. Χρησιμοποιώντας το θερμικό αυτό μοντέλο, πραγματοποιήθηκε παραμετρική μελέτη, με μεταβλητές τις βασικές παραμέτρους συγκόλλησης, με σκοπό την εκτίμηση της επίδρασης αυτών στην αναπτυσσόμενη θερμοκρασία. Βάσει των αποτελεσμάτων της μελέτης αυτής και χρησιμοποιώντας σαν κριτήριο το κόστος της διεργασίας, επιλέχθηκε ο βέλτιστος συνδυασμός παραμέτρων. Στο δεύτερο μέρος της εργασίας, ο βέλτιστος συνδυασμός χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη ενός μοντέλου μηχανικής προσομοίωσης της LTW και τον υπολογισμό των παραμενουσών τάσεων, παραμορφώσεων και στρεβλώσεων της συγκολλητής δομής. Το πλεονέκτημα της προτεινόμενης διαδικασίας προσομοίωσης είναι ότι προσφέρει τη δυνατότητα βελτιστοποίησης της διεργασίας LTW, παρέχοντας ταυτόχρονα αξιόπιστη εκτίμηση των

αναπτυσσόμενων θερμοκρασιών, των θερμικών τάσεων και παραμορφώσεων μειώνοντας κατά πολύ τις απαιτήσεις για πειραματικά δεδομένα.

**Μετά την εκλογή μου στη θέση του Αναπληρωτή Καθηγητή (2010) μέχρι σήμερα έχουν δημοσιευτεί οι παρακάτω εργασίες:**

J36. **G. Labeas** and M. Sunaric

Investigation on the static response and failure process of metallic open lattice cellular structures', in *'Strain'*, (2) pp. 195-204 (2010)

Στην παρούσα εργασία αναλύεται η συμπεριφορά τριών τύπων κυψελωτού πυρήνα, κατάλληλου για παραγωγή κατασκευών τύπου σάντουιτς με αντοχή στην κρούση. Η μεθοδολογία που αναπτύσσεται αποτελείται από στατική γραμμική ανάλυση και ανάλυση ιδιοτιμών λυγισμού, καθώς και μη-γραμμική ανάλυση συμπεριλαμβανομένης της ελαστοπλαστικής συμπεριφοράς του υλικού. Η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιείται στη διερεύνηση της μηχανικής συμπεριφοράς και αστοχίας των μεταλλικών κυψελωτών πυρήνων ανοιχτού τύπου και την πρόβλεψη των πιο σημαντικών μηχανικών ιδιοτήτων του κυψελωτού πυρήνα, όπως το μέτρο ελαστικότητας, πλατό της αξονικής τάσης κατά τη συμπίεση του πυρήνα και την αξονική παραμόρφωση του πυρήνα στο τέλος της διαδικασίας συμπίεσης. Η κρίσιμη τάση ελαστοπλαστικού λυγισμού εκτιμάται χρησιμοποιώντας αναλυτικές λύσεις, ενώ μια απλή μηχανική προσέγγιση εφαρμόζεται για την εκτίμηση της παραμόρφωσης στο τέλος της συμπίεσης. Ερευνάται επίσης η επιρροή που έχουν οι κυρίες σχεδιαστικές παράμετροι του πυρήνα, όπως ο λόγος ακτίνας και μήκους της δοκού, η χωρική διαμόρφωση και οι διαστάσεις της μοναδιαίας κυψέλης στην μηχανική συμπεριφορά.

J37. Llopart P., Ll., Tserpes, K.I., **Labeas, G.N.**

'Experimental and numerical investigation of the influence of imperfect bonding on the strength of NCF double-lap shear joints' in *Composite Structures* 92 (7), pp. 1673-1682 (2010)

Η επίδραση της ατελούς κόλλησης, οφειλόμενη στην απουσία κόλλας σε συγκεκριμένες περιοχές, στην αντοχή συνδέσεων διπλής επικάλυψης σύνθετων υλικών NCF μελετήθηκε με πειραματικά και αριθμητικά εργαλεία. Οι στρώσεις από πλεκτό σύνθετο υλικό στρωματώθηκαν και στη συνέχεια συμπίεστηκαν χρησιμοποιώντας ένα θερμοπλαστικό πέπλο ενώ η διήθηση των preform γεωμετριών έγινε με την χρήση της διεργασίας του υποβοηθούμενου κενού. Η κόλληση με κόλλα τύπου "πάστας" έγινε με την νέα μέθοδο της έγχυσης μέσω συμπιεσμένης ροής. Η ποιότητα των κολλήσεων ελέγχθηκε με ακτινογραφία X-ray και ακουστικούς υπερήχους C-scan. Η αντοχή σε εφελκυσμό των συνδέσεων μετρήθηκε πειραματικά. Ψηφιακές μακρογραφίες έδειξαν ότι τα δοκίμια αστόχησαν λόγω διάτμησης της κόλλας (αποκόλληση) και αστοχία της πρώτης στρώσης σύνθετου υλικού. Ως δεύτερη προσέγγιση, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο "μεσομηχανικής" βασιζόμενο στην μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων και την μέθοδο της ομογενοποιημένης προοδευτικής εξέλιξης της βλάβης. Στο μοντέλο ελήφθησαν υπόψη οι περιοχές χωρίς κόλλα που ανιχνεύτηκαν από τους ακουστικούς υπερήχους. Τα αριθμητικά αποτελέσματα έδειξαν ότι είναι εφικτή η πρόβλεψη της αντοχής των συνδέσεων με κόλλα με περιοχές ατελούς κόλλησης με την μεθοδολογία που προτάθηκε.

- J38. Tserpes, K.I., **Labeas, G.**, Pantelakis, S.  
'Multi-scale modeling of the mechanical response of plain weave composites and cellular solids' in *Theoretical and Applied Fracture Mechanics* 54 (3) , pp. 172-179 (2010)

Σε αυτή την εργασία, η συμπεριφορά σε εφελκυσμό των πλεγμένων σύνθετων υλικών "απλής πλέξης" (plain weave) καθώς και η συμπεριφορά σε θλίψη των κυψελωτών υλικών μελετώνται χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο βλάβης που συνδυάζει διαφορετικές κλίμακες ανάλυσης. Το μοντέλο βασίζεται στην μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων και βασίζεται στην προσέγγιση της ομογενοποιημένης προοδευτικής εξέλιξης της βλάβης μιας αντιπροσωπευτικής κυψελίδας. Για την ανάλυση της αστοχίας των δεματιών στο πλεγμένο σύνθετο υλικό ελήφθησαν υπόψη τέσσερις μηχανισμοί αστοχίας. Η υποβάθμιση των ιδιοτήτων του υλικού που αστοχεί έγινε χρησιμοποιώντας μία προσέγγιση της μηχανικής της βλάβης που λαμβάνει υπόψη την "άμβλυση" των παραμορφώσεων. Για τα κυψελωτά υλικά αναπτύχθηκαν δύο μοντέλα πεπερασμένων στοιχείων: ένα μοντέλο με βάση τις δοκούς και ένα μοντέλο με βάση τα κελύφη. Η ανάλυση αστοχίας και η υποβάθμιση των ιδιοτήτων έγινε μέσω ενός δι-γραμμικού μοντέλου υλικού. Οι προσομοιώσεις έδειξαν μία μη-γραμμική συμπεριφορά για τα πλεγμένα υλικά που οφείλεται στην εκτεταμένη αστοχία της μήτρας και τις αστοχίες σε διάτμηση των εγκάρσιων δεματιών και των περιοχών που είναι πλούσια σε ρητίνη, αντίστοιχα. Για τα κυψελωτά υλικά, οι αναλύσεις έδειξαν ότι η δυσκαμψία στην κατακόρυφη διεύθυνση μπορεί να τροποποιηθεί σημαντικά αλλάζοντας τις διαστάσεις των δοκών.

- J39. Watiti, V.B., **Labeas, G.N.**  
'Finite element optimization of deep drawing process forming parameters for magnesium alloys' in *International Journal of Material Forming* 3 (SUPPL. 1), pp. 97-100 (2010)

Η ικανότητα διαμόρφωσης των κραμάτων μαγνησίου είναι περιορισμένη, ιδιαίτερα σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, λόγω της πυκνής εξαγωνικής κρυσταλλικής δομής του μαγνησίου. Σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, η κρίσιμη διατμητική τάση των μη-βασικών συστημάτων ολίσθησης είναι σημαντικά υψηλότερη από αυτή του συστήματος βάσης. Καθώς μόνο τα συστήματα βάσης μπορούν να συνεισφέρουν στην πλαστική παραμόρφωση, τα κράματα μαγνησίου έχουν περιορισμένη δυνατότητα διαμόρφωσης σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Ωστόσο η ικανότητα αυτή αυξάνεται σημαντικά σε υψηλότερες θερμοκρασίες (μεταξύ 150°C και 300°C) λόγω της ενεργοποίησης επιπλέον συστημάτων ολίσθησης. Επίσης έχει παρατηρηθεί ότι η ικανότητα διαμόρφωσης επηρεάζεται σημαντικά από τον επιβαλλόμενο ρυθμό παραμόρφωσης. Στην παρούσα εργασία εφαρμόζεται πειραματική και αριθμητική προσέγγιση με σκοπό την ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας προσδιορισμού των ορίων διαμορφωσιμότητας των κραμάτων μαγνησίου AZ31 και WE43 για τη διεργασία βαθιάς κοίλανσης (deep drawing), κάνοντας χρήση κριτηρίου αστοχίας όλκιμης θραύσης βασισμένο στο ειδικό έργο παραμόρφωσης. Από την εν λόγω μεθοδολογία προσδιορίζονται οι βέλτιστοι παράμετροι διαμόρφωσης όπως η ακτίνα του εμβόλου, η θερμοκρασία, το προφίλ ακτίνας και το βάθος μορφοποίησης.

J40. G. Moraitis and **G. Labeas**

Investigation of Friction Stir Welding process with emphasis on the calculation of the heat generated due to material stirring" accepted for publication in 'Science and Technology of Welding and Joining'

Στην παρούσα εργασία προτείνεται μια καινοτόμα μεθοδολογία για τον ημι-αναλυτικό υπολογισμό της συνολικής θερμότητας που παράγεται κατά τη διάρκεια της διεργασίας συγκόλλησης με Τριβή και Ανάμιξη (Friction Stir Welding – FSW). Η συγκεκριμένη μεθοδολογία παρέχει τη δυνατότητα άμεσης εκτίμησης της ποσότητας της θερμότητας που παράγεται λόγω της ανάμιξης του υλικού, ξεπερνώντας κάποιους από τους κρίσιμους περιορισμούς των συμβατικών προσεγγίσεων. Η μεθοδολογία βασίζεται στη θεώρηση της μετακινούμενης θερμικής πηγής, καθώς και σε ένα γενικό τρισδιάστατο θερμικό μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του θερμοκρασιακού ιστορικού εξαιτίας της τριβής και της ανάμιξης του υλικού. Η προτεινόμενη μεθοδολογία επιβεβαιώνεται χρησιμοποιώντας πειραματικές μετρήσεις θερμοκρασίας. Τέλος, τα αποτελέσματα του θερμικού μοντέλου εισάγονται σε ένα γενικό θερμομηχανικό μοντέλο από το οποίο υπολογίζονται οι παραμένουσες τάσεις και παραμορφώσεις. Η προτεινόμενη μεθοδολογία μπορεί εύκολα να προσαρμοσθεί και να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες περιπτώσεις, γεωμετρίας πλακών, γεωμετρίας εργαλείου, τύπου σύνδεσης και παραμέτρων της διεργασίας.

J41. Belesis, S., **Labeas, G.**

'Development of an efficient engineering methodology for non-linear damage and post-buckling analysis of large-scale structures' in *International Journal of Structural Integrity* 1 (2), pp. 126-139 (2010)

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση μιας αποτελεσματικής αριθμητικής μεθοδολογίας για την επίλυση προβλημάτων υπολογισμού της μη-γραμμικής εξέλιξης βλάβης και της μεταλυγισμικής συμπεριφοράς δομών μεγάλης κλίμακας από σύνθετα υλικά. Μια τέτοια μεθοδολογία είναι σημαντική κυρίως για τη βιομηχανία αεροσκαφών. Η προτεινόμενη μεθοδολογία εκμεταλλεύεται τις δυνατότητες της τεχνικής υπο-δομών (sub-structuring) της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων στην προσομοίωση μεγάλων / πολύπλοκων δομών, αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματα της τοπικής - ολικής (global-local) ανάλυσης. Η κυριότερη καινοτομία αφορά την κατάλληλη τροποποίηση της τεχνικής των υπερ-στοιχείων (super-elements), έτσι ώστε να μπορεί να διαχειριστεί τη μη-γραμμική συμπεριφορά και να μοντελοποιήσει αποτελεσματικά το σύνολο της δομής μεγάλης κλίμακας. Σε αυτή τη μελέτη, η προτεινόμενη μεθοδολογία επιδεικνύεται στην αντιμετώπιση γεωμετρικής μη-γραμμικότητας και εκτιμάται η αποτελεσματικότητά της στην περίπτωση ενός τμήματος ατράκτου μεγάλης κλίμακας.

J42. G. I. Mylonas, U. Heckenberger, **G. N. Lampeas**

"Investigation on shot-peening induced residual stress field", accepted for publication in *International Journal of Microstructure and Materials Properties –IJMMP'*

Στην παρούσα εργασία διερευνάται η επίδραση της διεργασίας βολής με σωματίδια - Shot Peening (SP) στο αναπτυσσόμενο πεδίο παραμενουσών τάσεων, για ελάσματα από κράμα αλουμινίου. Η έρευνα εκτελείται τόσο πειραματικά, καθώς επίσης και με την ανάπτυξη ενός αριθμητικού μοντέλου προσομοίωσης ικανού για να προβλέψει την κατανομή των παραμενουσών τάσεων (RS). Υπάρχοντα πειραματικά αποτελέσματα κατανομής RS κατά το πάχος ελεσμάτων AA7449-T7651 κάτω από τις διαφορετικές εντάσεις SP συγκρίνονται με αντίστοιχες κατανομές RS που υπολογίζονται από το μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων (FE) για λόγους επαλήθευσης και εκτίμησης της ακρίβειας του μοντέλου πρόβλεψης. Το αριθμητικό μοντέλο αποτελείται από μια σφαίρα από χάλυβα που εκτελεί πρόσκρουση στο έλασμα-στόχος αλουμινίου. Η σφαίρα θεωρείται ως ελαστικό παραμορφώσιμο σώμα, ενώ το υλικό του ελάσματος αλουμινίου θεωρείται ελαστο-πλαστικό. Μετά από την επιτυχή επαλήθευση των προβλέψεων του αριθμητικού μοντέλου, αυτό εφαρμόζεται στην παραμετρική μελέτη της επίδρασης της ταχύτητας βολής στο μέγεθος των RS που αναπτύσσονται στο έλασμα.

- J43. **Lampeas, G.**, Pasialis, V., Siebert, T., Feligiotti, M., Pipino, A.  
'Validation of impact simulations of a car bonnet by full-field optical measurements' in  
*Applied Mechanics and Materials* 70, pp. 57-62 (2011)

Οι καινοτόμες μηχανολογικές κατασκευές στην αυτοκινητοβιομηχανία πρέπει να επιβεβαιώνονται, ώστε να παρουσιάζουν την απαιτούμενη αξιοπιστία και να παρέχουν εμπιστοσύνη. Οι πιο συνηθισμένες πρακτικές ανάλυσης αυτών των κατασκευών περιλαμβάνουν τη χρήση προσομοιώσεων που βασίζονται στη Μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων, η οποία χρησιμοποιείται στη μελέτη της δομικής απόκρισης κατασκευών κατά τη διάρκεια κρίσιμων συμβάντων. Οι προσομοιώσεις αυτές πρέπει να συνοδεύονται από αξιόπιστες τεχνικές επιβεβαίωσης, ειδικά αν χρησιμοποιούνται ανισότροπα υλικά, όπως πολυμερή ενισχυμένα με ίνες, ή περίπλοκες κατασκευές, όπως εξαρτήματα αυτοκινήτων. Αποτελεί συνήθη πρακτική να εκτιμάται η ακρίβεια των αριθμητικών αποτελεσμάτων μέσω της σύγκρισής τους με τα αντίστοιχα πειραματικά. Σε αυτό το πλαίσιο, η χρήση οπτικών μεθόδων πλήρους πεδίου έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική στην επιβεβαίωση πεδίων μετατοπίσεων, παραμορφώσεων και ιδιομορφών ταλαντώσεων. Η δύναμη των οπτικών τεχνικών πλήρους πεδίου έγκειται στη δυνατότητα πλήρους αποτύπωσης και ανάλυσης ενός πεδίου μετατοπίσεων. Χρησιμοποιώντας κάμερες Υψηλής Ταχύτητας, η τεχνική της Ψηφιακής Συσχέτισης Εικόνας (Digital Image Correlation-DIC) μπορεί να εφαρμοστεί σε έντονα μη-γραμμικά δυναμικά συμβάντα ώστε να προκύψουν ποσοτικές πληροφορίες σχετικά με το τρισδιάστατο πεδίο μετατοπίσεων.

Ο σκοπός της παρούσας δημοσίευσης είναι να συνδυάσει οπτικές μετρήσεις πλήρους πεδίου με μοντέρνες υπολογιστικές τεχνικές προσομοίωσης μη-γραμμικών δυναμικών φαινομένων, ώστε να βελτιωθούν και οι δύο μέθοδοι. Ενώ η προσομοίωση της κρούσης σε ομογενείς πλάκες είναι ένα σχετικά εύκολο έργο, η προσομοίωση της κρούσης σε σύνθετες πλάκες αποτελεί σύγχρονο ερευνητικό αντικείμενο. Με ένα σύστημα συσχέτισης εικόνας υψηλής ταχύτητας καταγράφηκαν πλήρη πεδία τιμών, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για να συσχετιστούν οι πειραματικές τιμές μετατοπίσεων / παραμορφώσεων με τις αντίστοιχες αριθμητικές σε διαφορετικά σημεία των κατασκευών και σε διαφορετικές χρονικές στιγμές του συμβάντος. Με αυτόν τον τρόπο, μέσω της χρήσης οπτικών μεθόδων πλήρους πεδίου μετατοπίσεων, πραγματοποιήθηκε πειραματική επιβεβαίωση των προσομοιώσεων δυναμικών συμβάντων σε επίπεδες πλάκες και στο σκελετό ενός καπό αυτοκινήτου. Οι συγκρίσεις βασίζονται στη σημείου-προς-σημείο σύγκριση τιμών

μετατοπίσεων και παραμορφώσεων, όπως και στη σύγκριση πεδίων μετατοπίσεων ή παραμορφώσεων σε συγκεκριμένα στιγμιότυπα του δυναμικού συμβάντος, που βασίζεται σε μία προσέγγιση 'χαρακτήρων μορφής'.

- J44. Feligiotti, M., Hack, E., **Lampeas, G.**, Wang, W., Mottershead, J., Burguete, R.  
'Use of integrated simulation and experimentation to quantify impact damage' in *Applied Mechanics and Materials* 70, pp. 51-56 (2011)

Ο όρος 'βλάβη' μπορεί, γενικά, να οριστεί ως η μεταβολή που συμβαίνει σε ένα σύστημα και επηρεάζει την απόδοσή του. Η ταυτοποίηση και ο χαρακτηρισμός της βλάβης παίζουν σημαντικό ρόλο στην απόφαση περί της συνέχισης της λειτουργίας ενός συστήματος ή της αναγκαιότητας για εκτέλεση επισκευών ή αντικατάστασης του. Σημαντικό ρόλο σε αυτήν την απόφαση παίζει η χρήση Μη-Καταστροφικών Δοκιμών. Η συσχέτιση μεταξύ της βλάβης και των χαρακτηριστικών που εξάγονται από τις μετρήσεις καθιστά τις τεχνικές αυτές ικανές να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την έκταση της βλάβης. Ωστόσο, η πρόβλεψη της εναπομένουσας ωφέλιμης ζωής ενός συστήματος μέσω της σύγκρισης αποτελεσμάτων πλήρους πεδίου από ένα πείραμα και το αντίστοιχο αριθμητικό μοντέλο αποτελεί πρόκληση σε έναν αυξανόμενο αριθμό ερευνητικών μελετών. Η ανάγκη για έναν οδηγό ποσοτικοποίησης της έκτασης της βλάβης έδωσε ώθηση για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, όπου παρουσιάζεται μία μεθοδολογία που αναπτύχθηκε τόσο για αριθμητικά όσο και για πειραματικά δεδομένα. Αποτελείται κυρίως από τρία μέρη: κατάλληλη επιλογή της παραμέτρου που είναι ικανή να περιγράψει ποσοτικά τη βλάβη; διάφορες προσεγγίσεις για την παραγωγή αποτελεσμάτων από πειραματικές τεχνικές και αριθμητικές αναλύσεις; και εκτίμηση της βλάβης κάνοντας χρήση μίας ποσοτικής σύγκρισης είτε μόνο των αριθμητικών αποτελεσμάτων, είτε μόνο των πειραματικών αποτελεσμάτων ή και της σύγκρισης των αριθμητικών με τα πειραματικά αποτελέσματα. Επίσης παρουσιάζεται και μια διαφορετική προσέγγιση στην εκτίμηση της βλάβης, κάνοντας χρήση των ροπών Zernike από την οποία εκτιμήθηκε η κρισιμότητα της βλάβης.

- J45. **Labeas, G.N.**, Belesis, S.D.  
'Efficient analysis of large-scale structural problems with geometrical non-linearity' in *International Journal of Non-Linear Mechanics* 46 (10) , pp. 1283-1292 (2011)

Η εργασία παρουσιάζει μια αποτελεσματική μεθοδολογία για την αριθμητική ανάλυση δομικών προβλημάτων μεγάλης κλίμακας με γεωμετρική μη-γραμμικότητα. Αναπτύσσεται ένα εργαλείο που βασίζεται στη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων, κάνοντας χρήση της αναλυτικής διατύπωσης του μητρώου δυσκαμψίας ενός στοιχείου δοκού, το οποίο χωρίζεται σε γραμμικούς και μη γραμμικούς όρους. Η μεθοδολογία προτείνει την αντικατάσταση της τυπικής διαδικασίας μη-γραμμικής ανάλυσης τύπου Newton, με μια σειρά στοιχειωδών γραμμικών αναλύσεων και ένα σύνολο «εικονικών» δυνάμεων, οι οποίες υποκαθιστούν τη μη-γραμμική επίδραση. Η προτεινόμενη τεχνική επιδεικνύεται σε διάφορα δομικά προβλήματα που εμφανίζουν μη-γραμμική γεωμετρική συμπεριφορά, με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Συζητούνται τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί της μεθοδολογίας για την ανάλυση μη-γραμμικών προβλημάτων μεγάλης κλίμακας, καθώς και η απαιτούμενη περαιτέρω ανάπτυξη.



- J46. Tserpes, K.I., Ruzek, R., Mezihorak, R., **Labeas, G.N.**, Pantelakis, S.G.  
'The structural integrity of a novel composite adhesively bonded flap-track beam' in *Composite Structures* 93 (8), pp. 2049-2059 (2011).

Η δομική ακεραιότητα της δοκού ρύθμισης κατεύθυνσης των πτερυγίων του αεροσκάφους Airbus A400M, η οποία έχει κατασκευαστεί από NCF υλικά και έχει συναρμολογηθεί με μηχανικές συνδέσεις και συνδέσεις με κόλλα μελετήθηκε μέσω μηχανικών δοκιμών πλήρους κλίμακας και αριθμητικής ανάλυσης. Το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο επελέγη ως κατασκευή επίδειξης μιας καινοτόμου σχεδίασης κατά την οποία μηχανικές συνδέσεις αντικαθίστανται με συνδέσεις με κόλλα. Στο πλαίσιο της παρούσης μελέτης η δοκός υποβάλλεται σε ψευδοστατικά φορτία και φόρτια κόπωσης που έχουν καθοριστεί με βάση πραγματικά σενάρια λειτουργίας. Λόγω του μεγέθους και της πολύπλοκότητας της δοκού κατασκευάστηκε ειδική πειραματική διάταξη για την διεξαγωγή των πειραμάτων. Κατά την διάρκεια της φόρτισης η συμπεριφορά της δοκού καταγράφηκε μέσω ενός δικτύου από αισθητήρες και ενός οπτικού συστήματος. Μετά το πέρας των πειραμάτων, η δομική ακεραιότητα της δοκού ελέγχθηκε με μη-καταστροφικές δοκιμές. Εναλλακτικά με τα πειράματα, αναπτύχθηκε ένα τριδιάστατο μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων με σκοπό την διενέργεια "εικονικών πειραμάτων". Τόσο τα πειράματα όσο και το μοντέλο έδειξαν ότι η νέα δοκός μπορεί με μεταφέρει με επιτυχία τα φορτία τα οποία μετέφερε η αρχική μεταλλική δοκός η οποία είναι συναρμολογημένη αποκλειστικά με μηχανικές συνδέσεις. Η τοπική βλάβη που αναπτύχθηκε γύρω από ήλους και σε περιοχές με κενά στην κόλλα δεν επιδρά σημαντικά στην δομική ακεραιότητα της δοκού. Μεταξύ του μοντέλου και των πειραμάτων επετεύχθη ικανοποιητική συμφωνία δεδομένου του μεγέθους του μοντέλου και των αριθμητικών σφαλμάτων.

- J47. Mylonas, G.I., **Labeas, G.**  
'Numerical modelling of shot peening process and corresponding products: Residual stress, surface roughness and cold work prediction' in *Surface and Coatings Technology* 205 (19), pp. 4480-4494 (2011)

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η επίδραση των παραμέτρων της κατεργασίας ελεγχόμενης σφυρηλάτησης με βολή σωματιδίων στο υπό κατεργασία υλικό. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε τρισδιάστατο αριθμητικό μοντέλο αποτελούμενο από την υπό κατεργασία πλάκα του υλικού και έναν αριθμό αποτυπωμάτων σφυρηλάτησης. Ο αριθμός των τελευταίων ορίζεται ως ο ελάχιστος απαιτούμενος για την πραγματοποίηση μιας ρεαλιστικής προσομοίωσης στον ελάχιστο δυνατό υπολογιστικό χρόνο. Το αριθμητικό μοντέλο επαληθεύεται με τη σύγκριση των υπολογισμένων παραμενοσών τάσεων με αντίστοιχες πειραματικές τιμές. Πραγματοποιείται παραμετρική μελέτη της ταχύτητας βολής και της γωνίας πρόσκρουσης των σωματιδίων για 4 τύπους σωματιδίων, S110, S230, S330 και S550. Τα κύρια πλεονεκτήματα του παρόντος αριθμητικού μοντέλου είναι: α) ο σχετικά μεγάλος αριθμός αποτυπωμάτων βολών που εισήχθησαν στην προσομοίωση συγκριτικά με άλλες δημοσιεύσεις που χρησιμοποιούν μόνο μια βολή, β) η εξάρτηση του αριθμού των βολών στην επιθυμητή κάλυψη, γ) η ενδελεχής επιλογή των παραμέτρων προσομοίωσης, δ) η μηχανική συμπεριφορά σε υψηλούς ρυθμούς παραμόρφωσης που χρησιμοποιήθηκε στην προσομοίωση της υπό κατεργασία πλάκας, ε) η

δυνατότητα υπολογισμού της επίδρασης της ελεγχόμενης σφυρηλάττησης με βολή σωματιδίων ως συνάρτηση της κάλυψης, στ) τα υπολογιζόμενα μεγέθη που περιλαμβάνουν το πεδίο παραμενουσών τάσεων, την τραχύτητα της επιφάνειας, την εν ψυχρώ κατεργασία και τον συντελεστή συγκέντρωσης τάσεων  $K(t)$  και  $\zeta$ ) την επαλήθευση των υπολογιζόμενων μεγεθών μέσω της σύγκρισής τους με διαθέσιμα πειραματικά αποτελέσματα.

- J48. Fribourg, G., Deschamps, A., Bréchet, Y., Mylonas, G., **Labeas, G.**, Heckenberger, U., Perez, M.  
'Microstructure modifications induced by a laser surface treatment in an AA7449 aluminium alloy' in *Materials Science and Engineering A* 528 (6), pp. 2736-2747 (2011)

Η παρούσα εργασία μελετά τη μεταβολή που υφίσταται η μικροδομή κατακρημνίσεων του κράματος αλουμινίου AA7449 σε θερμική κατεργασία T7651 λόγω επιφανειακής κατεργασίας laser. Εξάγονται χάρτες μικροσκληρότητας στη διατομή κάτω από τις γραμμές συγκόλλησης καθώς και χάρτες του μεγέθους και της πυκνότητας των κατακρημνίσεων με χρήση της μεθόδου Small-Angle X-ray Scattering. Οι μετρήσεις δείχνουν ότι λαμβάνει χώρα μια σημαντική διάλυση των κατακρημνίσεων και αύξηση του μεγέθους των κόκκων λόγω της διεργασίας laser. Για την ποσοτικοποίηση αυτής της επίδρασης πραγματοποιήθηκε ολοκληρωμένη μοντελοποίηση η οποία περιλαμβάνει ένα θερμικό μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων, ένα μοντέλο κατηγοριοποίησης του μεγέθους των κατακρημνίσεων και ένα μοντέλο σκλήρυνσης των κατακρημνίσεων. Το μοντέλο των κατακρημνίσεων βαθμονομείται με τη χρήση αντίστροφων δοκιμών και στη συνέχεια συνδυάζεται με το θερμικό και το μηχανικό μοντέλο, επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο την ποσοτικοποίηση των μεταβολών της μικροδομής.

- J49. Stamatelos, D.G., **Labeas, G.N.**, Tserpes, K.I.  
'Analytical calculation of local buckling and post-buckling behavior of isotropic and orthotropic stiffened panels' in *Thin-Walled Structures* 49 (3), pp. 422-430 (2011)  
<http://top25.sciencedirect.com/subject/engineering/12/journal/thinwalled-structures/02638231/archive/31>

Στην παρούσα εργασία προτείνεται αναλυτική μεθοδολογία για την εκτίμηση του τοπικού λυγισμού και της συμπεριφοράς μετά το λυγισμό ισότροπων και ορθότροπων πλαισίων με νευρώσεις. Η μεθοδολογία λαμβάνει υπόψη την περιοχή μεταξύ των δύο νευρώσεων ενώ το υπόλοιπο πλαίσιο αντικαθίσταται με ισοδύναμα εγκάρσια και στρεπτικά ελατήρια μεταβλητής δυσκαμψίας τα οποία δρούν ως ελαστικά υποστηρίγματα. Η συνάρτηση διδιάστατης μετατόπισης του Ritz (pb-2 Ritz) χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση του προβλήματος τοπικού λυγισμού των συμμετρικών πλαισίων με τυχαίες συνοριακές συνθήκες στα άκρα. Η ανάλυση λυγισμού της περιοχής μεταξύ των νευρώσεων δίδει μια ακριβή λύση για το τοπικό λυγισμό του πλαισίου. Επομένως, η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε μπορεί να επεκταθεί για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του πλαισίου μετά την ανάπτυξη τοπικού λυγισμού στην επιδερμίδα. Αρκετά σημαντική για τον υπολογισμό της συμπεριφοράς του πλαισίου μετά τον λυγισμό είναι η επιλογή των κατάλληλων συνοριακών συνθηκών των δομικών στοιχείων που αναλύονται. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσης αναλυτικής μεθοδολογίας με αριθμητικά αποτελέσματα πεπερασμένων στοιχείων δείχνει μια ικανοποιητική συμφωνία.

J50. Stamatelos, D.G., **Labeas, G.N.**

'Investigation on a multispar composite wing' in Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering 226 (1) , pp. 88-96 (2012)

Τα πιθανά πλεονεκτήματα της χρήσης πτερύγων αεροσκαφών με προτότυπο δομικό σχεδιασμό εξετάζονται μέσω της διερεύνησης της διάταξης πολλαπλών κυρίων δοκών στην πτέρυγα. Μια αποτελεσματική μεθοδολογία αρχικής διαστασιολόγησης, κατάλληλη για εφαρμογή σε σύνθετες κατασκευές, όπως η υπό μελέτη πτέρυγα αεροσκάφους, εφαρμόζεται για τον προκαταρκτικό σχεδιασμό μίας πτέρυγας πολλαπλών δοκών. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει τρία βασικά μέρη: την υπολογιστική ανάλυση των αναπτυσσόμενων τάσεων στην πτέρυγα, τη σύγκριση των αποτελεσμάτων τάσης-παραμόρφωσης με τα αντίστοιχα επιτρεπόμενα μεγέθη, και την κατάλληλη διαδικασία επαναδιαστασιολόγησης, ώστε να ικανοποιούνται όλες οι σχεδιαστικές απαιτήσεις.

Διενεργείται μια λεπτομερής σύγκριση μεταξύ βελτιστοποιημένων γεωμετριών συμβατικής διαμόρφωσης (2 δοκών) και τριών εναλλακτικών τύπων σχεδιασμού, οι οποίες περιλαμβάνουν 4, 5 και 6 δοκούς αντίστοιχα, για την κατασκευή της πτέρυγας. Για να γίνει κατανοητή η επίδραση των μηχανικών ιδιοτήτων διαφορετικών υλικών, καθώς και η μεταβολή των μέγιστων επιτρεπόμενων επιπέδων παραμόρφωσης σε όλη τη μάζα της πτέρυγας, πραγματοποιούνται παραμετρικές αναλύσεις για όλες τις υπό μελέτη διαμορφώσεις. Συγκρίνοντας τις συμβατικές γεωμετρίες με τις διατάξεις πολλαπλών δοκών προκύπτει πως, υπό συγκεκριμένες συνθήκες, οι διατάξεις πολλαπλών δοκών παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη γεωμετρία συμβατικής δομής. Επιπλέον, για όλες τις υπό διερεύνηση δομές, δηλαδή για τις γεωμετρίες 2, 4, 5 και 6 δοκών, παρουσιάζεται η κατανομή μάζας στα επιμέρους στοιχεία της πτέρυγας, έτσι ώστε να προσδιοριστούν οι μέγιστες δυνατότητες εξοικονόμησης μάζας για κάθε διάταξη πολλαπλών δοκών.

J51. **Labeas, G.N.**, Belesis, S.D., Diamantakos, I., Tserpes, K.I.

'Adaptative progressive damage modeling for large-scale composite structures' in *International Journal of Damage Mechanics*, 21 (3) , pp. 441-462 (2012).

Η μέθοδος της προοδευτικής εξέλιξης της βλάβης είναι μια καθιερωμένη μέθοδος για την πρόβλεψη της έναρξης και εξέλιξης της βλάβης σε κατασκευές από σύνθετα υλικά. Ωστόσο, καθώς η μέθοδος περιλαμβάνει μία εκτενή ανάλυση που ακολουθεί την ανάλυση των τάσεων, είναι πρακτικά μη εφαρμόσιμη σε μεγάλες κατασκευές λόγω του υψηλού υπολογιστικού κόστους που απαιτεί. Σε αυτή την εργασία, ο τοπικός χαρακτήρας της μη- γραμμικότητας στην συμπεριφορά μιας κατασκευής, που οφείλεται στη κλίμακα της τοπολογίας της βλάβης συγκρίνομενης με το μέγεθος της κατασκευής, αξιοποιείται ώστε να προταθούν κατάλληλες τροποποιήσεις στην "κλασική" μέθοδο της προοδευτικής εξέλιξης της βλάβης. Συγκεκριμένα, οι αρχές της τεχνικής της υπο-μοντελοποίησης συνδυάζονται και εσωματώνονται στην μέθοδο της προοδευτικής εξέλιξης της βλάβης πραγματοποιώντας παράλληλα τις απαραίτητες τροποποιήσεις. Επιπλέον, δύο δείκτες βλάβης, που σχετίζονται με την κρισιμότητα της βλάβης, εισάγονται σε συγκεκριμένες υπο-περιοχές (στρώσεις του υλικού) της κατασκευής με σκοπό να επιτευχθεί μείωση στον απαιτούμενο υπολογιστικό χρόνο. Και οι δύο προτεινόμενες βελτιώσεις

κάνουν εφικτή την εφαρμογή της μεθόδου σε κατασκευές μεγάλης κλίμακας από σύνθετα υλικά, γεγονός το οποίο αποδεικνύεται στην περίπτωση ενός διατμητικού συνδέσμου από σύνθετα υλικά το μοντέλο του οποίου περιλαμβάνει περισσότερους από ένα εκατομμύριο βαθμούς ελευθερίας.

J52. Ptochos, E., **Labeas, G.**

‘Shear modulus determination of cuboid metallic open-lattice cellular structures by analytical, numerical and homogenisation methods’ in *Strain*, 48 (5) , pp. 415-429 (2012)

Αναλύεται η απόκριση σε διάτμηση, μη κανονικών κυψελωτών πυρήνων ανοιχτού τύπου αποτελούμενων από αλληλοσυνδεόμενες μεταλλικές δοκούς και υπολογίζονται τα μέτρα διάτμησης στις τρεις κύριες διευθύνσεις. Η αναλυτική προσέγγιση βασίζεται στη θεωρία κάμψης δοκών η οποία χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της απόκρισης της στοιχειώδους κυψελίδας υπό σύνθετη φόρτιση. Προσδιορίζεται η επίδραση, των γεωμετρικών παραμέτρων των δοκών καθώς και του σχήματος και του μεγέθους της στοιχειώδους κυψελίδας, στο μέτρο διάτμησης του πυρήνα. Ο αναλυτικός προσδιορισμός των μηχανικών ιδιοτήτων της στοιχειώδους κυψελίδας επιβεβαιώνεται με τη χρήση αριθμητικού μοντέλου που αναπτύχθηκε για το σκοπό αυτό. Επιπρόσθετα, εφαρμόστηκαν τεχνικές ομογενοποίησης για την πρόβλεψη της απόκρισης σε διάτμηση, ενός μπλοκ από κυψελωτό υλικό που περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό στοιχειωδών κυψελίδων. Τα αποτελέσματα από το μοντέλο με τον ομογενοποιημένο πυρήνα παρουσιάζουν καλή συσχέτιση με τα πειραματικά δεδομένα που διατίθενται.

J53. Katsikeros, C., Sbarufatti, C., **Lampeas, G.**, Diamantakos, I.

‘SHM system based on ANN for aeronautical applications’ in *Key Engineering Materials* 495, pp. 129-133 (2012)

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα σύστημα Ελέγχου Δομικής Ακεραιότητας (Structural Health Monitoring, SHM) βασιζόμενο στη χρήση της μεθόδου Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου (Artificial Neural Network, ANN), κατάλληλο για εφαρμογές αεροναυπηγικής. Η προτεινόμενη μεθοδολογία μπορεί να εφαρμοστεί για την περίπτωση ενισχυμένων πλακών, η χρήση των οποίων συνηθίζεται σε αεροναυπηγικές κατασκευές. Εξετάζεται η επίδραση του τρόπου διάταξης του δικτύου αισθητήρων, καθώς επίσης και του θορύβου που εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της φάσης εκπαίδευσης και πρόβλεψης της εφαρμογής ANN.

J54. E. Ptochos, **G.N. Labeas**

“Elastic modulus and Poisson's ratio determination of micro-lattice cellular structures by analytical, numerical and homogenisation methods”, *Journal of Sandwich Structures and Materials*, Volume 14, Issue 5, Pages 597-626, (2012).

Οι μηχανικές ιδιότητες κυψελωτών πυρήνων ανοιχτού τύπου αποτελούμενων από αλληλοσυνδεόμενες μεταλλικές δοκούς υπολογίζονται αναλυτικά, με σκοπό τον προσδιορισμό των μέτρων ελαστικότητας και των λόγων Poisson στις τρεις καρτεσιανές διευθύνσεις. Η γεωμετρία της στοιχειώδους κυψελίδας που διερευνάται είναι ένα χωροκεντρωμένο κυβοειδές, το οποίο αποτελεί την πιο γενική περίπτωση της γνωστής χωροκεντρομένης κυβικής γεωμετρίας. Οι θεωρίες δοκών Bernoulli–Euler και Timoshenko χρησιμοποιήθηκαν για την αναλυτική επίλυση

της συμπεριφοράς της στοιχειώδους κυψελίδας υπό συνθήκες σύνθετης φόρτισης. Οι σταθερές ελαστικότητας που προέκυψαν από τις αναλυτικές προσεγγίσεις συγκρίθηκαν με αυτές που προέκυψαν αριθμητικά. Η επίδραση των γεωμετρικών παραμέτρων στους συντελεστές δυσκαμψίας της κυψελωτής δομής καθορίστηκε με παραμετρικό τρόπο. Τα υπολογισμένα μητρώα ελαστικότητας εισήχθησαν στο αριθμητικό μοντέλο με ομογενοποιημένο πυρήνα και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με αυτά του αντίστοιχου μοντέλου με την ακριβή αναπαράσταση της γεωμετρίας του πυρήνα. Η σύγκριση ανέδειξε εξαιρετική ακρίβεια και μείωση του απαιτούμενου χρόνου επίλυσης.

J55. A.N. Chamos, **G.N. Labeas**, D. Setsika

“Tensile behavior and formability evaluation of titanium-40 material based on the forming limit diagram approach”, Journal of Materials Engineering and Performance, Volume 22, Issue 8, p. 2253-2260, August 2013

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε πειραματικά η ικανότητα διαμόρφωσης του ελάσματος τιτανίου Ti-40. Η μελέτη χωρίζεται σε δύο μέρη: στο πρώτο μέρος αποτιμάται η επίδραση του επιβαλλόμενου ρυθμού παραμόρφωσης και η επίδραση της διεύθυνσης του υλικού ως προς την έλαση στη συμπεριφορά εφελκυσμού μέσω της διενέργειας κλασικών δοκιμών εφελκυσμού. Επιπλέον από τις εν λόγω δοκιμές υπολογίζονται οι παράμετροι εργοσκήρυνσης και ανισοτροπίας του υλικού. Στο δεύτερο μέρος, τα όρια διαμορφωσιμότητας του κράματος τιτανίου αποτιμώνται πειραματικά μέσω της διενέργειας δοκιμών Nakajima και τα διαγράμματα διαμορφωσιμότητας που προκύπτουν συγκρίνονται με αντίστοιχα διαγράμματα κραμάτων τιτανίου που υπάρχουν διαθέσιμα στη βιβλιογραφία.

J56. **G.N. Labeas**, E. Ptochos

“Investigation of sandwich structures with innovative cellular metallic cores under low velocity impact loading”, Plastics, Rubber & Composites, Volume 42, Issue 5, June 2013, Pages 194-202.

Τα πάνελ τύπου σάντουιτς, χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμογές απορρόφησης ενέργειας, στις περιπτώσεις κρούσεων χαμηλής αλλά και υψηλής ταχύτητας. Ο πυρήνας έχει την ικανότητα απορρόφησης ενέργειας μέσω σταδιακής κατάρρευσης, ενώ οι εξωτερικές επιφάνειες είναι απαραίτητες για την ομοιόμορφη κατανομή του κατακόρυφου φορτίου στην επιφάνεια κρούσης αλλά και στην αντοχή κάμψης ολόκληρου του πάνελ. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η συμπεριφορά σε αστοχία του πάνελ τύπου σάντουιτς με κυψελωτό πυρήνα ανοιχτού τύπου με δοκούς, υπό συνθήκες κρούσης με χαμηλή ταχύτητα. Πειραματικές δοκιμές εκτελέστηκαν με χρήση μηχανής κρούσης τύπου πτώσης βάρους. Επιπρόσθετα, ένα τρισδιάστατο μοντέλο αναπτύχθηκε με χρήση εμπορικών πακέτων ανάλυσης με πεπερασμένα στοιχεία για την προσομοίωση των πειραμάτων αυτών. Η ομογενοποίηση του πυρήνα εφαρμόστηκε με σκοπό την βελτίωση της αποδοτικότητας της ανάλυσης με πεπερασμένα στοιχεία, μειώνοντας ταυτόχρονα τον υπολογιστικό χρόνο. Τα αριθμητικά αποτελέσματα παρουσιάζουν καλή συσχέτιση με τα πειραματικά δεδομένα, επιτρέποντας την λεπτομερή κατανόηση των παραμέτρων που επηρεάζουν την εκκίνηση και διάδοση της βλάβης που οφείλεται στη κρούση.

J57. **G.N. Labeas**, J. Diamantakos

“Laser beam welding residual stresses of cracked T-joints”, Theoretical and Applied Fracture Mechanics, Volume 63-64, February 2013, Pages 69-76.

Προτείνεται μια μεθοδολογία ανάλυσης, στη βάση της φιλοσοφίας ανοχή στη βλάβη, για δομές συγκολλημένες με ακτίνα laser. Αρχικά υπολογίζονται οι παραμένουσες τάσεις συγκολλημένων με laser συνδέσεων τύπου ταυ, με αριθμητική θερμο-μηχανική προσομοίωση της διαδικασίας συγκόλλησης. Στη συνέχεια θεωρούνται διαμπερείς ρωγμές μεταβλητού μήκους στην περιοχή της συγκόλλησης και υπολογίζονται οι συντελεστές έντασης τάσεων (ΣΕΤ), λαμβάνοντας υπόψη το υπολογισμένο πεδίο παραμενουσών τάσεων (ΠΤ) λόγω της συγκόλλησης. Καθώς τα μοντέλα πεπερασμένων στοιχείων (ΠΣ) που χρησιμοποιούνται για την θερμο-μηχανική προσομοίωση της συγκόλλησης διαφέρουν από εκείνα που απαιτούνται για την δομική ανάλυση των ρηγματωμένων δομών και τον υπολογισμό των ΣΕΤ, εφαρμόζεται μια ειδική ρουτίνα που βασίζεται σε τεχνικές παρεμβολής για τη μεταφορά του υπολογισμένου πεδίου ΠΤ στο μοντέλο δομικής ανάλυσης. Ο υπολογισμός των ΣΕΤ στο μέτωπο της ρωγμής γίνεται για εξωτερική φόρτωση τύπου-I (mode-I). Μελετάται η επίδραση των ΠΤ σε διάφορες διαμορφώσεις ρηγματωμένων συνδέσεων τύπου ταυ στις τιμές των ΣΕΤ σε διαφορετικές θέσεις κατά το πάχος των συγκολλημένων στοιχείων. Δείχνεται ότι το πεδίο ΠΤ, καθώς και άλλοι μελετώμενοι παράμετροι, έχουν σημαντική επίδραση στις υπολογιζόμενες τιμές των ΣΕΤ.

J58. V.B. Watiti, **G.N. Labeas**

“Analysis of the formability magnesium alloys using a new ductile fracture criterion”, International Journal of Material Forming, Volume 6, Issue 1, 2013, Pages 165-171.

Στην παρούσα εργασία προτείνεται μια καινοτόμος μεθοδολογία για τον προσδιορισμό των ορίων διαμορφωσιμότητας, βασισμένη στο κριτήριο του ειδικού έργου παραμόρφωσης. Στο πρώτο μέρος της εργασίας πραγματοποιείται μια τροποποίηση του κριτηρίου ειδικού έργου παραμόρφωσης, το οποίο κυρίως χρησιμοποιείται στη μηχανική θραύσεων για τη διάδοση ρωγμών, προκειμένου να είναι εφαρμόσιμο στις διεργασίες μορφοποίησης μετάλλων. Στο δεύτερο μέρος, για την επιβεβαίωση της μεθοδολογίας, γίνεται χρήση πειραματικών μεθόδων και αναλύσεων με τη χρήση πεπερασμένων στοιχείων για την περίπτωση της διεργασίας μορφοποίησης με βαθεία κοίλανση. Βασιζόμενοι στη μεθοδολογία προσομοίωσης, προσδιορίζονται τα όρια διαμόρφωσης και ένας αριθμός παραμέτρων της διεργασίας όπως: θερμοκρασία διαμόρφωσης, ακτίνα εμβόλου, κατανομή ακτίνας εμβόλου και ευαισθησία στην αλλαγή του ρυθμού παραμόρφωσης. Η εν λόγω εφαρμογή πραγματοποιείται για τα κράματα μαγνησίου AZ31 και WE43. Τα βελτιστοποιημένα αποτελέσματα που προέκυψαν από την έρευνα δείχνουν ότι τα κράματα μαγνησίου έχουν περιορισμένη ικανότητα διαμόρφωσης, ειδικά σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Ωστόσο αυτή η ικανότητα αυξάνεται σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Επιπλέον η ικανότητα διαμόρφωσης βελτιώνεται με την αύξηση της ακτίνας και του προφίλ ακτίνας του εμβόλου έως ένα βέλτιστο όριο.

J59. Wang, W., Wang, D., Mottershead, J.E., **Lampeas, G.**

Η εκτίμηση της βλάβης σε σύνθετα υλικά είναι κρίσιμη για την επίβλεψη της δομικής ακεραιότητας των μηχανολογικών κατασκευών. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να εντοπίζονται βλάβες αόρατες δια γυμνού οφθαλμού, που προκαλούνται από κρούση χαμηλής ταχύτητας. Οι οπτικές τεχνικές επιτρέπουν τις οπτικές μετρήσεις πλήρους πεδίου σε δομικές αποκρίσεις. Ωστόσο, η βλάβη γενικά συνδέεται με τοπικά φαινόμενα έντονης μετατόπισης και παραμόρφωσης, ενώ τα δεδομένα πλήρους πεδίου συνήθως περιέχουν αρκετή περιττή πληροφορία. Είναι δυνατόν επομένως να εφαρμοστούν τεχνικές ανάλυσης εικόνας, ώστε να αποσπασθούν τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του πλήρους πεδίου τιμών. Τα επαναληπτικά καθώς και τα πολύ λεπτομερή αριθμητικά μοντέλα έχουν γενικά μεγάλο υπολογιστικό κόστος. Η μετα-μοντελοποίηση (meta-modelling) είναι μία από τις πρακτικές μεθόδους να ξεπεραστεί το πρόβλημα του υψηλού υπολογιστικού κόστους. Στη συγκεκριμένη δημοσίευση, εξετάζεται η περίπτωση της αξιολόγησης της διαστρωματικής αποκόλλησης ενός σύνθετου υλικού, που βασίζεται στην προσομοίωση. Το είδος της βλάβης στη σύνθετη πλάκα θεωρείται ότι είναι μία διαστρωματική αποκόλληση ελλειπτικού σχήματος. Η παραμόρφωση στην επιφάνεια του δοκιμίου υπό εφελκυστικό φορτίο θεωρείται ως το εξαγόμενο μετρούμενο μέγεθος. Οι ροπές Krawtchouk εφαρμόζονται στην εξαγωγή ενός μικρού αριθμού χαρακτήρων μορφής από το πεδίο των παραμορφώσεων. Ένα μετα-μοντέλο, στη μορφή του συντελεστή Kriging, δημιουργείται ώστε να ενσωματωθούν οι παράγοντες βλάβης στους χαρακτήρες μορφής Krawtchouk της κατανομής των παραμορφώσεων. Η περιοχή διαστρωματικής αποκόλλησης ποσοτικοποιείται χρησιμοποιώντας μία ανάστροφη διαδικασία που βασίζεται στο βελτιωμένο μετα-μοντέλο. Επιπλέον, ένας αλγόριθμος βιομίμησης εφαρμόζεται για να εντοπίσει τη θέση της αποκόλλησης.

J60. Assanelli, A.P., Ben-Haim, Y., Burguete, R., Cafeo, J., Hack, E., **Lampeas, G.**, Lardeur, P., Lu, Z., Mottershead, J., Pierron, F., Prime, M., Siebert, T., Fu, S., Patterson, E.  
Special issue on validation of computational solid mechanics models, Editorial in *Journal of Strain Analysis for Engineering Design* 48 (1) , pp. 3-4, (2013).

J61. **Lampeas, G.N.**, Pasialis, V.P.  
A hybrid framework for nonlinear dynamic simulations including full-field optical measurements and image decomposition algorithms, Editorial in *Journal of Strain Analysis for Engineering Design*, 48 (1) , pp. 5-15, 2013  
[One of the top five most downloaded papers in 2013](#)

Οι καινοτόμες μηχανολογικές κατασκευές στην αυτοκινητοβιομηχανία πρέπει να επιβεβαιώνονται, ώστε να παρουσιάζουν την απαιτούμενη αξιοπιστία και να παρέχουν εμπιστοσύνη. Είναι κοινή πρακτική η μελέτη της μηχανικής συμπεριφοράς δομικών στοιχείων συγκρίνοντας αριθμητικά αποτελέσματα που έχουν προκύψει από μοντέλα προσομοίωσης πεπερασμένων στοιχείων με πειραματικά αποτελέσματα. Σε αυτό το πλαίσιο, η χρήση οπτικών μεθόδων πλήρους πεδίου έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική στην επιβεβαίωση πεδίων μετατοπίσεων, παραμορφώσεων και ιδιομορφών ταλαντώσεων. Η δύναμη των οπτικών τεχνικών πλήρους πεδίου έγκειται στη δυνατότητα πλήρους αποτύπωσης του πεδίου των μετατοπίσεων. Ο σκοπός της εργασίας είναι να συγχωνεύσει μεθοδολογίες οπτικών μετρήσεων πλήρους πεδίου με μοντέρνες υπολογιστικές τεχνικές προσομοίωσης για μη-γραμμικά μεταβατικά δυναμικά

συμβάντα. Στο πλαίσιο αυτό, έχουν εξεταστεί δομικά στοιχεία αυτοκινήτων από σύνθετο υλικό, διαστάσεων περίπου 1.8m X 0.8m. Έχουν υποβληθεί σε δοκιμές κρούσης χαμηλής ταχύτητας με ενέργειες κρούσης που κυμαίνονταν μεταξύ 20 και 200J. Παράλληλα, αριθμητικά μοντέλα του των δομικών στοιχείων αναπτύχθηκαν, χρησιμοποιώντας πεπερασμένα στοιχεία κελύφους. Η προσέγγιση με βάση τις ροπές Zernike χρησιμοποιήθηκε για να αποσυνθέσει αριθμητικά και πειραματικά δεδομένα σε ροπές για λόγους σύγκρισης. Παρατηρήθηκε μια πολύ καλή συμφωνία μεταξύ αριθμητικών και πειραματικών αποτελεσμάτων. Επομένως, η ενοποίηση αριθμητικών αναλύσεων με οπτικές μετρήσεις πλήρους πεδίου και εξελιγμένων τεχνικών σύγκρισης μπορεί να αυξήσει την αξιοπιστία του σχεδιασμού.

- J62. G.I. Mylonas and **G.N. Labeas**  
Mechanical Characterisation of Aluminium Alloy 7449-T7651 at High Strain Rates and Elevated Temperatures Using Split Hopkinson Bar Testing, *Experimental Techniques* 38 p. 26–34 (2014)

Στην παρούσα εργασία μελετάται η μηχανική συμπεριφορά ενός υψηλής αντοχής κράματος αλουμινίου της σειράς 7xxx που χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στην αεροπορική βιομηχανία. Το κράμα αλουμινίου AA7449-T7651 υποβλήθηκε σε μηχανικές δοκιμές υψηλών ρυθμών παραμόρφωσης, μεταξύ 1000 και 10000 s<sup>-1</sup>, για θερμοκρασίες περιβάλλοντος και υψηλές θερμοκρασίες (80, 140, 200 και 300°C). Ο τύπος της μηχανικής φόρτισης είναι η θλίψη του υλικού με τη χρήση της συσκευής Split Hopkinson Pressure Bar. Τα πειραματικά αποτελέσματα αναδεικνύουν την επίδραση τόσο της θερμοκρασίας όσο και του επιβαλλόμενου ρυθμού παραμόρφωσης στην τάση διαρροής και τη μέγιστη αντοχή του υλικού. Σημειώνεται ότι η αποτίμηση της μηχανικής συμπεριφοράς σε αυτές τις συνθήκες αποτελεί προαπαιτούμενο για την αριθμητική προσομοίωση διαφόρων μηχανικών φορτίσεων και διεργασιών που εμπεριέχουν υψηλούς ρυθμούς παραμόρφωσης. Τα πειραματικά δεδομένα χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των συντελεστών εργοσκήρυξης των ρυθμών παραμόρφωσης για δύο κοινά χρησιμοποιούμενα μοντέλα υλικών, τα μοντέλα Cowper Symonds και Johnson-Cook.

- J63. Burguete, R.L., **Lampeas, G.**, Mottershead, J.E., Patterson, E.A., Pipino, A., Siebert, T., & Wang, W., Analysis of displacement fields from a high speed impact using shape descriptors, *J. Strain Analysis*, 49(4): 212-223, doi: 10.1177/0309324713498074 (2014)

Το πρόβλημα της δομής ενός καπό αυτοκινήτου που υπόκειται σε κρούση υψηλής ταχύτητας (70m/s) και χαμηλής ενέργειας (300J) από ένα βλήμα διαμέτρου 50mm διερευνήθηκε, κάνοντας χρήση υπολογιστικής προσομοίωσης και πειραμάτων. Η τεχνική της ψηφιακής συσχέτισης εικόνας υψηλής ταχύτητας εφαρμόστηκε για να δημιουργήσει πεδία μετατοπίσεων πάνω στην επιφάνεια του καπό σε διαστήματα των 0.2 ms για 0.1s, το οποίο αντιστοιχεί σε 500 πεδία δεδομένων; τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με εκείνα που προβλέπονται από την ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία. Οι τεχνικές ανάλυσης εικόνας χρησιμοποιήθηκαν για να συμπυκνωθούν τα δύο πεδία δεδομένων αντιπροσωπεύοντάς τα με προσαρμοσμένες γεωμετρικές ροπές; οι ροπές αυτές χρησιμοποιήθηκαν για να πραγματοποιηθούν ποσοτικές συγκρίσεις των πεδίων δεδομένων και να εξεταστεί η εγκυρότητα του μοντέλου επί του συνόλου των διαθέσιμων δεδομένων. Το μοντέλο αποδείχθηκε ότι αποτελεί καλή αναπαράσταση του πειράματος κατά τη διάρκεια του πρώτου μισού της διάρκειας του συμβάντος και μέτρια αναπαράσταση στο



υπόλοιπο συμβάν, πιθανόν εξαιτίας φαινομένων απόσβεσης που δεν ενσωματώθηκαν ικανοποιητικά στην προσομοίωση. Οι μεθοδολογίες που προτάθηκαν και παρουσιάστηκαν στη μελέτη αυτή για σύγκριση δεδομένων και αξιολόγηση της εγκυρότητας του μοντέλου αντιπροσωπεύουν μια σημαντική πρόοδο στις διαδικασίες επιβεβαίωσης και αξιοπιστίας των μοντέλων προσομοίωσης των δυναμικών συμβάντων.

- J64. Ioannis Diamantakos, Nikolaos Perogamvros, George **Labeas**  
'Efficient non-linear analysis methodology of large composite aircraft structures  
International Journal of Terraspace Science and Engineering 6(2)2014 57-64 (2014)

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η ανάπτυξη μιας αριθμητικής μεθοδολογίας, η οποία βασίζεται στη μέθοδο της προοδευτικής εξέλιξης βλάβης (Progressive Damage Modelling), εφαρμόσιμη σε περιπτώσεις δομικών στοιχείων μεγάλης κλίμακας από σύνθετα υλικά. Τα κύρια μειονεκτήματα της εφαρμογής της τυπικής μεθόδου προοδευτικής εξέλιξης βλάβης σε περιπτώσεις δομικών στοιχείων μεγάλης κλίμακας είναι οι μεγάλοι χρόνοι επίλυσης των απαιτούμενων για τη δομική ανάλυση αριθμητικών μοντέλων, καθώς και το μεγάλο υπολογιστικό κόστος επεξεργασίας των αποτελεσμάτων της δομικής ανάλυσης για την εκτίμηση της ανάπτυξης βλάβης. Για την αποτελεσματική ανάλυση τάσεων προτείνεται η εφαρμογή των αρχών της τεχνικής υπο-μοντελοποίησης (sub-modelling), αξιοποιώντας το γεγονός, πως κατά τα αρχικά στάδια της φόρτισης η μη-γραμμικότητα εμφανίζεται στη συμπεριφορά ορισμένων μόνο υπο-περιοχών του δομικού στοιχείου. Επιπροσθέτως, προτείνονται δύο δείκτες βλάβης για το χαρακτηρισμό (ως προς την κρισιμότητα) εμφάνισης βλάβης κάθε υπο-περιοχής και στρώσης/στοιχείου του αριθμητικού μοντέλου. Οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των μη-κρίσιμων υπο-περιοχών και στρώσεων/στοιχείων, για τα οποία δύναται να παρακαμφθούν οι αναλύσεις τάσεων και αστοχίας. Η προτεινόμενη μεθοδολογία εφαρμόζεται στην ανάλυση λυγισμού και μεταλυγισμικής συμπεριφοράς μιας πλάκας σύνθετου υλικού με διαμήκεις ενισχύσεις.

- J65. Pasialis, V.P., **Lampeas, G.N.**  
'Shape descriptors and mapping methods for full-field comparison of experimental to simulation data', in Applied Mathematics and Computation, Volume 256, pages 203-221, April 2015.

Η επιβεβαίωση των υπολογιστικών μοντέλων προσομοίωσης απαιτεί μεθοδολογίες σύγκρισης πλήρους πεδίου μεταξύ αριθμητικών και πειραματικών αποτελεσμάτων. Οι ροπές Zernike και Chebyshev εφαρμόζονται στην ανασύνθεση δεδομένων που προέρχονται από αριθμητικές προσομοιώσεις και πειραματικές μετρήσεις, ώστε να μειωθεί ο μεγάλος όγκος της αρχικής πληροφορίας και να περιγραφεί από ένα σχετικά μικρό αριθμό από ροπές, ώστε να διευκολυνθεί η μεταξύ τους σύγκριση. Καθώς οι ροπές Zernike ορίζονται στο μοναδιαίο δίσκο, ο γεωμετρικός μετασχηματισμός του ορθογώνιου πεδίου ορισμού σε κυκλικό είναι απαραίτητος, πριν την ανασύνθεση με ροπές Zernike μη-κυκλικών γεωμετριών. Τέσσερις διαφορετικές τεχνικές μετασχηματισμού εξετάστηκαν και εκτιμήθηκε η ικανότητά τους για ανάλυση / ανακατασκευή. Πραγματοποιήθηκε σε βάθος μαθηματική διερεύνηση στις αιτίες της διαφορετικής απόδοσης των τεσσάρων μεθόδων που συμπεριλαμβάνει την επίδραση της αλλοίωσης εικόνας των δεδομένων και της ακρίβειας της αριθμητικής ολοκλήρωσης. Ειδική προσοχή δίνεται στο

σύμμορφο γεωμετρικό μετασχηματισμό Schwarz-Christoffel, ο οποίος, στις περισσότερες περιπτώσεις, αποδεικνύεται ιδιαίτερα αποτελεσματικός στην περιγραφή εικόνας δεδομένων, όταν συνδυάζεται με τις ροπές Zernike. Στην περίπτωση ορθογώνιων γεωμετριών, αποδεικνύεται ότι παρά το γεγονός ότι οι ροπές Zernike ορίζονται στο μοναδιαίο δίσκο, μπορούν να γίνουν πιο αποτελεσματικές από τις ροπές Chebyshev, οι οποίες ορίζονται σε ορθογώνια πεδία τιμών, υπό την προϋπόθεση ότι η κατάλληλη τεχνική γεωμετρικού μετασχηματισμού έχει εφαρμοστεί.

- J66. **Lampeas, G.N.**, Pasialis, V.P., Lin, X. and Patterson, E.A.  
'On the validation of solid mechanics models using optical measurements and data decomposition', *Simulation Modelling Practice and Theory*, volume 52, pages 92-107, March 2015.

Η προσομοίωση στη μηχανική κατέχει ένα σημαντικό ρόλο στη διαδικασία του σχεδιασμού και της ανάλυσης των περισσότερων μηχανολογικών κατασκευών σε όλες τις κλίμακες μεγέθους και χρησιμοποιείται για να παρέχει αποτελεσματικές, ελαφρές και βελτιστοποιημένες κατασκευές. Ένα σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση της αύξησης του βαθμού εμπιστοσύνης είναι η αξιόπιστη επιβεβαίωση των υπολογιστικών μοντέλων. Είναι κοινή πρακτική να επιβεβαιώνονται τα υπολογιστικά μοντέλα συγκρίνοντας τα αριθμητικά τους αποτελέσματα με τα αντίστοιχα πειραματικά. Ωστόσο, οι συνήθεις πρακτικές επιβεβαίωσης τείνουν να επικεντρώνονται στον αριθμητικό εντοπισμό των κρίσιμων περιοχών και να ελέγχουν ότι τα πειραματικά και αριθμητικά αποτελέσματα βρίσκονται σε ικανοποιητική συμφωνία σε αυτές τις κρίσιμες περιοχές. Συχνά η σύγκριση περιορίζεται σε ένα ή σε σποραδικά σημεία όπου το μοντέλο προβλέπει τις μέγιστες τάσεις / παραμορφώσεις. Αντικείμενο της παρούσας δημοσίευσης είναι να επιδείξει μία βήμα-προς-βήμα μεθοδολογία επιβεβαίωσης ενός μοντέλου συνδυάζοντας οπτικές τεχνικές μέτρησης πλήρους πεδίου με υπολογιστικές τεχνικές προσομοίωσης. Ειδική μνεία γίνεται σε δύο σημαντικά θέματα που αφορούν τη διαδικασία της προσομοίωσης, όπως τις αποτελεσματικές μεθόδους για τη συμπίεση δεδομένων χρησιμοποιώντας τις αρχές της ορθογώνιας αποσύνθεσης, όπως επίσης μεθοδολογίες που ποσοτικοποιούν την ποιότητα των προσομοιώσεων και οδηγούν σε αποφάσεις περί της επιβεβαίωσης των μοντέλων. Ως παράδειγμα επιλέγεται μία δοκός διατομής 'I' με οπές στον κορμό που καταπονείται σε κάμψη τριών σημείων. Σε επιλεγμένες περιοχές ενδιαφέροντος πραγματοποιείται ανασύνθεση με ορθογώνιες ροπές Zernike ώστε να συμπεστούν μεγάλοι όγκοι αριθμητικών και πειραματικών δεδομένων μειώνοντας τις διαστάσεις τους διατηρώντας παράλληλα το μεγαλύτερο ποσοστό της πληροφορίας. Χρησιμοποιούνται διάφορες μεθοδολογίες σύγκρισης που περιλαμβάνουν τις παραδοσιακές νόρμες, γραμμική σύγκριση και έναν συντελεστή αρμονικού συσχετισμού ώστε να παρθούν αποφάσεις σχετικά με την επιβεβαίωση της προσομοίωσης.

- J67. G. Lampeas and I. Diamantakos  
'Effects of non-conventional tools on the thermo-mechanical response of Friction Stir Welded materials', in *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME*, Volume 137, Issue 5, 2015

Παρουσιάζεται μια έρευνα για την επίδραση δύο μη-τυπικών εργαλείων, που χρησιμοποιούνται για τη συγκόλληση πλακών με τη μέθοδο τριβής και ανάμιξης (Friction Stir Welding) στο

αναπτυσσόμενο προφίλ θερμοκρασίας και στα πεδία παραμενουσών τάσεων και παραμορφώσεων. Οι τύποι των εργαλείων που εξετάζονται είναι τύπου 'Bobbin' και 'DeltaN'. Η μελέτη βασίζεται στον ημι-αναλυτικό υπολογισμό της συνολικής θερμότητας που παράγεται κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης με τριβή και ανάμιξη. Στη συνέχεια, η υπολογισμένη θερμική ενέργεια εφαρμόζεται ως θερμικό φορτίο σε ένα τρισδιάστατο θερμομηχανικό μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων για τον υπολογισμό της εξέλιξης της θερμοκρασίας, των παραμενουσών τάσεων και παραμορφώσεων. Η συνολική μεθοδολογία επικυρώνεται μέσω της σύγκρισης των αριθμητικών αποτελεσμάτων με αντίστοιχες πειραματικές μετρήσεις της θερμοκρασίας και παρατηρήσεις των στρεβλώσεων.

J68. **G. Labeas** and V. Ptochos

'Homogenization of Selective Laser Melting cellular material for impact performance simulation', in *International Journal of Structural Integrity*, 6 (4), pp. 439-450, 2015.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιάσει την γενική συμπεριφορά κατασκευών τύπου σάντουιτς με κυψελωτό πυρήνα με την χρήση πεπερασμένων στοιχείων. Δυο διαφορετικές προσεγγίσεις με διαφορετικό βαθμό ακρίβειας διερευνώνται. Και στις δυο προσεγγίσεις η κατασκευή τύπου σάντουιτς εξιδανικεύεται σαν μια σειρά κυψελίδων που αντιπροσωπεύουν τον πυρήνα, με τις εξωτερικές επιφάνειες να μοντελοποιούνται χρησιμοποιώντας στοιχεία κελύφους. Ο πυρήνας μοντελοποιείται είτε λεπτομερώς, χρησιμοποιώντας στοιχεία δοκών που αναπαριστούν τους δοκούς του πυρήνα, είτε με τρισδιάστατα συμπαγή στοιχεία κατόπιν εφαρμογής κατάλληλης μεθόδου ομογενοποίησης. Η εφαρμοζόμενη μεθοδολογία ομογενοποίησης, καθώς και τα επιμέρους αριθμητικά μοντέλα παρουσιάζονται λεπτομερώς. Πειραματικές δοκιμές σε μηχανή κρούσης εκτελέστηκαν με σκοπό την επιβεβαίωση των μοντέλων προσομοίωσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα αριθμητικά μοντέλα που χρησιμοποιούν στοιχεία δοκών για την λεπτομερή μοντελοποίηση του πυρήνα είναι κατάλληλα για την διερεύνηση της αστοχίας του πυρήνα και την πρόβλεψη της δυσκαμψίας και των μηχανικών ιδιοτήτων του. Δείχθηκε επίσης ότι το μοντέλο με τον ομογενοποιημένο πυρήνα παρέχει σημαντικά πλεονεκτήματα όσον αφορά τον υπολογιστικό χρόνο και κόστος, αν και χρειάζεται επιπρόσθετους υπολογισμούς για τον προσδιορισμό των καμπυλών τάσης – παραμόρφωσης που απαιτούνται κατά τη διαδικασία της ομογενοποίησης.

J69. **G. Lampeas** and K. Fotopoulos

'Interlaminar stresses calculation using a stacked-shell finite element modelling approach', in *International Journal of Applied Mechanics*, Volume 7, Issue 5, 2015.

Η καινοτόμος προσέγγιση μοντελοποίησης μέσω 'πολύστρωτων κελυφών' (stacked-shell) διερευνάται στο πλαίσιο της μεθόδου πεπερασμένων στοιχείων για την πρόβλεψη της στατικής απόκρισης πολύστρωτων δομικών στοιχείων, εστιάζοντας στον υπολογισμό των διαστρωματικών τάσεων. Το κύριο πλεονέκτημα της υπό μελέτη τεχνικής μοντελοποίησης είναι το χαμηλότερο υπολογιστικό κόστος που απαιτεί, σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους, χωρίς να υστερεί σε ακρίβεια υπολογισμού των αποτελεσμάτων μετατόπισης και τάσης. Μία πολύστρωτη πλάκα υπό κατανεμημένο εγκάρσιο φορτίο ημιτονοειδούς μορφής, ένα πολύστρωτο δοκίμιο υπό κάμψη τριών σημείων και ένα πολύστρωτο κυλινδρικό κέλυφος υπό κατανεμημένο καμπτικό φορτίο κυλινδρικής μορφής έχουν χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της αναπτυχθείσας μεθοδολογίας; τα στατικά αποτελέσματα που αφορούν στις μετατοπίσεις και τις εντός-επιπέδου και εκτός-επιπέδου τάσεις των υπό μελέτη περιπτώσεων δείχνουν πως η προτεινόμενη μέθοδος είναι

εξαιρετικά αποτελεσματική για τον υπολογισμό των διαστρωματικών τάσεων που αναπτύσσονται σε κατασκευές από σύνθετα υλικά, και παρέχει το υπόβαθρο για μία ακριβή και αποτελεσματική πρόβλεψη της αποκόλλησης μεταξύ στρώσεων της κατασκευής.

- J70. **G. Labeas** and S. Peppas  
'Fatigue crack growth behaviour of Friction Stir welded Aluminium alloys', in Key Engineering Materials, Volume 665, 2016, Pages 89-92, 2016.

Διερευνάται πειραματικά η επίδραση της διαδικασίας συγκόλλησης με τριβή και ανάμιξη στη συμπεριφορά ανοχής σε βλάβη συγκολλημένων κραμάτων αλουμινίου. Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές διάδοσης ρωγμών σε κόπωση για διαφορετικά κράματα αλουμινίου και διαμορφώσεις συγκόλλησης. Το κύριο συμπέρασμα που προκύπτει από την πειραματική μελέτη είναι ότι η συμπεριφορά ανοχής σε βλάβη του συγκολλημένου υλικού είναι στις περισσότερες περιπτώσεις παρόμοια με το υλικό βάσης. Επιπλέον, πιο κρίσιμη περιοχή της σύνδεσης βρέθηκε να είναι η διεπιφάνεια της συγκόλλησης μεταξύ της περιοχής ανάμιξης και της θερμο-μηχανικά επηρεαζόμενης ζώνης.

- J71. Hack, E., **Lampeas, G.**  
'Advances in Validation of Computational Mechanics Models', Editorial, Journal of Strain Analysis for Engineering Design, Volume 51, Issue 1, Pages 3-4, 2016.

- J72. Hack, E., **Lampeas, G.**, Patterson, E.A.  
'An evaluation of a protocol for the validation of computational solid mechanics models, Journal of Strain Analysis for Engineering Design, Volume 51, Issue 1, Pages 5-13, 2016.

Ο τεχνική ορολογία της επιβεβαίωσης των υπολογιστικών μοντέλων και το πλαίσιο στο οποίο αυτή εφαρμόζεται έχει οριστεί σαφώς σε μια σειρά από προδιαγραφές που αναπτύχθηκαν στις Ηνωμένες Πολιτείες. Ωστόσο, δεν υφίσταται ένα γενικά αποδεκτό πρωτόκολλο για τη μεθοδολογία πραγματοποίησης της επιβεβαίωσης, αν και έχουν προταθεί μια σειρά από προσεγγίσεις. Αντικείμενο της παρούσας έρευνας είναι να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα και χρησιμότητα μίας πρόσφατα δημοσιευμένης προσέγγισης που παρέχει μία ικανή μέθοδο σύγκρισης πεδίων δεδομένων από προσομοιώσεις και πειράματα, η οποία ενσωματώνει την αβεβαιότητα που προκύπτει από τα πειραματικά δεδομένα στην εκτίμηση της εγκυρότητας του μοντέλου. Μία διεθνής δοκιμή τύπου 'round robin' σχεδιάστηκε βάσει της προδιαγραφής για Δια-Εργαστηριακές Μελέτες. Στη δια-Εργαστηριακή Μελέτη που διεξήχθη συμμετείχαν δεκαπέντε οργανισμοί και τα αποτελέσματα ανέδειξαν την αποτελεσματικότητα του πρωτόκολλου επιβεβαίωσης, παρείχαν πληροφορίες σε μία σειρά από θέματα, όπως στον ορισμό της περιοχής ενδιαφέροντος, στην ανάγκη προσδιορισμού ενός μεγέθους αποτίμησης της ποιότητας των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης, καθώς και τη σημασία της σχεδίασης πειραμάτων κατάλληλα για ασκήσεις επιβεβαίωσης. Το αναμορφωμένο πρωτόκολλο επιβεβαίωσης ενσωματώθηκε στο πρότυπο CEN Workshop Agreement CWA 16799:2014.

J73. **Lampeas, G.**, Fotopoulos, K., Perogamvros, N.

‘Development and experimental validation of explicit dynamics simulation of composite structures using a stacked thick-shell methodology’, *Plastics, Rubber and Composites*, Volume 45, Issue 2, Pages 58-67, 2016.

Η τεχνική μοντελοποίησης πολύστρωτων παχύτοιχων κελυφών (stacked thick-shell) μελετάται στα πλαίσια μιας δυναμικής μεθόδου πεπερασμένων στοιχείων για τη προσομοίωση κατασκευών από σύνθετα υλικά. Η μεθοδολογία αναπτύσσεται για περιπτώσεις στατικής και δυναμικής φόρτισης και παρουσιάζεται για την περίπτωση κάμψης τριών σημείων πολύστρωτων δοκιμίων. Για την τεκμηρίωση της ακρίβειας της μεθόδου πολύστρωτων παχύτοιχων κελυφών, πραγματοποιούνται πειραματικές μετρήσεις χρησιμοποιώντας πολύστρωτα παχύτοιχα δοκίμια μικρού μήκους κατασκευασμένα από το σύνθετο υλικό AS4/8552 και καθορίζεται η διαστρωματική τους αντοχή υπό κρουστικό φορτίο. Οι δυναμικές δοκιμές διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας μία πειραματική συσκευή πύργου πτώσης και ένα ειδικά σχεδιασμένο εξάρτημα ώστε να επιτευχθεί η φόρτιση τριών σημείων. Παράλληλα, αναπτύσσονται συμβατικά μοντέλα προσομοίωσης τρισδιάστατων πεπερασμένων στοιχείων για λόγους σύγκρισης. Τα αποτελέσματα των πειραματικών δοκιμών παρουσιάζουν καλή συσχέτιση με τις αντίστοιχες υπολογιστικές προβλέψεις, καταδεικνύοντας την ακρίβεια της μεθόδου πολύστρωτων παχύτοιχων κελυφών και την αποτελεσματικότητα που παρέχει για την πρόβλεψη των διαστρωματικών τάσεων, κάτι που καθιστά την προτεινόμενη προσέγγιση κατάλληλη για την προσομοίωση σύνθετων δομών μεγάλης κλίμακας, με έμφαση στην διάδοση της αποκόλλησης μεταξύ των στρώσεων του υλικού.

J74. Perogamvros, N.G., **Lampeas, G.N.**

‘Investigation of composite filled hole coupons and lockbolt fastened joints under impact loading’, *Archive of Applied Mechanics*, Pages 1-16, 2016.

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται αριθμητική διερεύνηση με τη χρήση πεπερασμένων στοιχείων, δύο διαφορετικών γεωμετριών ηλωτών συνδέσμων από σύνθετα υλικά (τύπου ‘filled hole’ και τύπου ‘single lap - διπλού ήλου’) που καταπονούνται σε κρουστικά εφελκυστικά φορτία. Η δημιουργία των αριθμητικών μοντέλων υιοθετεί την καινοτόμο τεχνική ‘πολύστρωτων κελυφών’ ή ‘Stacked shell’, ενώ η επίλυσή τους πραγματοποιείται στον εμπορικό κώδικα πεπερασμένων στοιχείων LS-DYNA, ο οποίος είναι κατάλληλος για μη γραμμικές και δυναμικές αναλύσεις. Στην τεχνική τύπου ‘Stacked shell’ οι πολύστρωτες πλάκες από σύνθετο υλικό αναπαριστώνται ως διακριτές στρώσεις στοιχείων κελύφους, οι οποίες είναι συνδεδεμένες με διεπιφανειακά συνεκτικά στοιχεία ανάλογων ιδιοτήτων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η μεθοδολογία αυτή να είναι υπολογιστικά ιδιαιτέρως αποτελεσματική στην επίλυση προβλημάτων που αναπτύσσουν σημαντικές διαστρωματικές αποκολλήσεις, αλλά και αστοχίες υλικού στο επίπεδο της στρώσης. Τα αριθμητικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν, επαληθευτήκαν ως προς την ικανότητα πρόβλεψης της συμπεριφοράς των ηλωτών συνδέσμων χρησιμοποιώντας αντίστοιχα πειραματικά αποτελέσματα που εξήχθησαν σε ανάλογο εύρος κρουστικών φορτίων. Πιο συγκεκριμένα, τα αριθμητικά αποτελέσματα έδειξαν την ικανότητα των μοντέλων να προβλέπουν με σημαντική ακρίβεια την έναρξη της βλάβης, τους τύπους αστοχίας και τις καμπύλες δύναμης-μετατόπισης των υπό διερεύνηση ηλωτών συνδέσμων. Επιπρόσθετα, η αριθμητική μελέτη έδειξε ότι και οι δύο ηλωτές γεωμετρίες παρουσιάζουν περιορισμένη ευαισθησία ως προς την αλλαγή

του ορίου αντοχής τους με τη μεταβολή του ρυθμού επιβολής φορτίου. Παρόλα αυτά, στην περίπτωση του ηλωτού συνδέσμου τύπου 'single lap' η αύξηση του ρυθμού επιβολής φορτίου έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του τύπου τελικής αστοχίας.

J75. **Lampeas, G.,** Perogamvros, N.

'Analysis of composite bolted joints by a macro-modelling approach', International Journal of Structural Integrity, Volume 7, Issue 3, Pages 412-428, 2016.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη και η αξιολόγηση κατάλληλων λεπτομερών τεχνικών, αλλά και απλοποιημένων μεθοδολογιών βασιζόμενων στην τεχνική των μακρο-μοντέλων με στόχο την μοντελοποίηση και την ανάλυση ηλωτών συνδέσμων, οι οποίοι αποτελούνται από σύνθετα υλικά. Μια πρότυπη γεωμετρία ηλωτού συνδέσμου (τύπου 'single-lap - μονού ήλου') από σύνθετα υλικά επιλέγεται να μελετηθεί, έτσι ώστε να αναδειχθεί η καταλληλότερη από τις διαθέσιμες τεχνικές ανάλυσης, η οποία θα είναι εφαρμόσιμη σε τμήματα προηγμένων αεροναυπηγικών δομών που περιέχουν ήλους. Πιο συγκεκριμένα, αναπτύχθηκαν διαφορετικά μακρο-μοντέλα ηλωτών συνδέσμων (αριθμητικά, αναλυτικά), καθώς και ένα λεπτομερές τρισδιάστατο μοντέλο με στοιχεία όγκου, τα οποία συγκρίθηκαν ως προς την πρόβλεψη της δυσκαμψίας και επιβεβαιώθηκαν με αντίστοιχα πειραματικά αποτελέσματα. Επιπροσθέτως, το αριθμητικό μακρο-μοντέλο εφαρμόστηκε σε ένα τμήμα ατράκτου πραγματικής κλίμακας (αποτελούμενο από πολλαπλές ηλωτές συνδέσεις), ώστε να διαπιστωθεί η δυνατότητα ικανοποιητικής πρόβλεψης της απόκρισης του δομικού αυτού στοιχείου υπό την επίδραση θλιπτικών φορτίων.

Η σύγκλιση των αποτελεσμάτων ήταν ικανοποιητική στην πλειονότητα των προβλέψεων των μοντέλων όσον αφορά στην περίπτωση της σύνδεσης μονού ήλου. Παρόλα αυτά, στην περίπτωση αυτή (σύνδεσμος μονού ήλου), το απλουστευμένο αριθμητικό μακρο-μοντέλο εμφάνισε κάποιες αποκλίσεις που οφείλονταν σε προβλήματα αριθμητικής σύγκλισης εξαιτίας της ύπαρξης των στοιχείων επαφής, οι οποίες μπορούν, ωστόσο, να χαρακτηριστούν αποδεκτές, λαμβάνοντας υπόψη τους αξιοσημείωτα μειωμένους χρόνους επίλυσης. Επιπλέον, τα αποτελέσματα του αριθμητικού μακρο-μοντέλου προβλέπουν με ακρίβεια την απόκριση του δομικού στοιχείου πολλαπλών ήλων, ενώ ταυτοχρόνως διατηρούν τις υπολογιστικές απαιτήσεις σε χαμηλά επίπεδα.

J76. **Nikolaos G Perogamvros and George N Lampeas**

'Experimental and numerical investigation of AS4/8552 interlaminar shear strength under impact loading conditions', Journal of Composite Materials 50 (19), pp. 2669-2685 (2016).

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε μια συνδυασμένη πειραματική και αριθμητική μελέτη της διαστρωματικής διατμητικής συμπεριφοράς πολύστρωτων δοκιμίων τύπου 'μικρού μήκους δοκού' ή 'Short Beam Shear - SBS' σε συνθήκες ημι-στατικής και δυναμικής επιβολής φορτίου. Πιο συγκεκριμένα, τα πειράματα διεξήχθησαν σε ένα μεγάλο εύρος ταχυτήτων κρούσης, από  $1.7 \times 10^{-5}$  m/s (ημι-στατικά) έως 3.9 m/s (δυναμικά), χρησιμοποιώντας μία ιδιοσυσκευή (ILSS device), η οποία αναπτύχθηκε και προσαρμόστηκε σε μια σέρβο-υδραυλική μηχανή γενικών δοκιμών και σε έναν πύργο κρούσης. Η πειραματική διερεύνηση έδειξε ότι η διατμητική διαστρωματική αντοχή του υπό εξέταση δοκιμίου μπορεί να μειωθεί έως και 23% μεταξύ των ημι-στατικών και των δυναμικών πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν με την μέγιστη ταχύτητα κρούσης. Στο πλαίσιο της αριθμητικής διερεύνησης τα δοκίμια SBS μοντελοποιήθηκαν με την

τεχνική τύπου 'πολύστρωτων κελυφών' ή 'Stacked shell approach'. Πιο συγκεκριμένα, υιοθετώντας αυτήν την τεχνική αναπτύχθηκαν μοντέλα προσομοίωσης των δυναμικών πειραμάτων αποτελούμενα από διατάξεις τεσσάρων διακριτών στρώσεων, τα οποία ήταν ικανά να προβλέψουν την πειραματική συμπεριφορά με ικανοποιητική ακρίβεια, ενώ οι μέγιστες αποκλίσεις από τις πειραματικές τιμές εμφανίστηκαν στις περιπτώσεις όπου η ταχύτητα κρούσης ήταν η μεγαλύτερη.

J77. Perogamvros, N., Mitropoulos, T., **Lampeas, G.**

'Drop Tower Adaptation for Medium Strain Rate Tensile Testing, Exp Mech (2016) 56: 419. doi:10.1007/s11340-015-0112-3, (2016).

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μιας πρωτότυπης ιδιοσυσκευής, η οποία μπορεί να συνδυαστεί με πύργους κρούσης για την εκτέλεση εφελκυστικών πειραμάτων σε μεσαίους ρυθμούς παραμόρφωσης (1-200/s), ως μια εναλλακτική πρόταση στις σέρβο-υδραυλικές μηχανές υψηλής ταχύτητας. Η ιδιοσυσκευή εφελκυσμού, που αναπτύχθηκε, αποτελείται κυρίως από δύο χαλύβδινα πλαίσια, ένα κινούμενο και ένα σταθερό, και έχει τη δυνατότητα να μετατρέπει τη θλιπτική φόρτιση που της επιβάλλεται από τον επικρουστήρα του πύργου κρούσης σε εφελκυστική φόρτιση στο υπό εξέταση δοκίμιο. Επιπλέον, αναπτύχθηκε ένα αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης της ιδιοσυσκευής με τη χρήση του κώδικα πεπερασμένων στοιχείων LS-DYNA, ενώ τα αποτελέσματα από τις προσομοιώσεις (καμπύλες δύναμης-χρόνου και μετατόπισης-χρόνου), καθώς και το αριθμητικό μοντέλο επιβεβαιώθηκαν στη συνέχεια από αντίστοιχες πειραματικές μετρήσεις. Επιπροσθέτως, το αριθμητικό μοντέλο χρησιμοποιήθηκε εκτενώς κατά τη φάση του σχεδιασμού και της ανάπτυξης της ιδιοσυσκευής για τον προσδιορισμό των βέλτιστων κατασκευαστικών χαρακτηριστικών της. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση του μοντέλου συνέβαλλε: (α) στην επιλογή της κατάλληλης θέσης για την τοποθέτηση των καταγραφικών μέτρησης της δύναμης και της μετατόπισης, (β) στην επιλογή του κατάλληλου μέσου απόσβεσης και των διαστάσεων του για τη μείωση των ανεπιθύμητων ταλαντώσεων κατά την κρούση, και (γ) στην κατάλληλη διαστασιολόγηση των βασικών μελών της ιδιοσυσκευής. Ακολούθως, κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας, το αριθμητικό μοντέλο χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των βέλτιστων παραμέτρων του πειράματος που θα οδηγούσαν στις επιθυμητές συνθήκες δοκιμών (ταχύτητα, ρυθμό παραμόρφωσης και φορτίο). Η συσκευή, στην τελική της μορφή, προσαρτήθηκε σε έναν πύργο κρούσης της Instron, όπου και εκτελέστηκαν δοκιμαστικά πειράματα για την αξιολόγηση της λειτουργίας της. Λεπτομέρειες για τα υλικά, το είδος των δοκιμών, καθώς και για άλλες πειραματικές παραμέτρους που εξετάστηκαν (π.χ. το εύρος των ρυθμών παραμόρφωσης, οι ενέργειες και οι ταχύτητες κρούσης), περιγράφονται αναλυτικά στο κυρίως κείμενο της εργασίας. Η μελέτη που πραγματοποιήθηκε έδειξε τα ακόλουθα: (α) η προτεινόμενη ιδιοσυσκευή μπορεί να αποτελέσει μια οικονομικότερη εναλλακτική των σέρβο-υδραυλικών μηχανών που εκτελούν εφελκυστικά πειράματα σε αντίστοιχους ρυθμούς παραμόρφωσης, (β) ο σχεδιασμός της ιδιοσυσκευής την καθιστά συμβατή με οπτικά συστήματα ψηφιακής απεικόνισης πλήρους πεδίου λόγω της ανεμπόδιστης οπτικής πρόσβασης προς το υπό εξέταση δοκίμιο, και (γ) η χρήση της ιδιοσυσκευής δεν δημιουργεί σημαντικό 'θόρυβο' ('ringing' effect) στις μετρήσεις της πιεζοηλεκτρικής δυναμοκυψέλης. Από τα προηγούμενα μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η προτεινόμενη ιδιοσυσκευή είναι ικανή να εκτελεί σωστά και με ακρίβεια πειράματα εφελκυσμού σε μεσαίους ρυθμούς παραμόρφωσης.

- J78. **George Lampeas** and Konstantinos Fotopoulos  
Simulation of Lamb Wave Propagation in Composite Structures Based on the Finite Element Stacked Shell Method', accepted for publication in Key Engineering Materials, 2016.

Ο έλεγχος της δομικής ακεραιότητας ενός δομικού στοιχείου είναι πολύ σημαντικός, ειδικά στην περίπτωση των ευαίσθητων σε βλάβες πολύστρωτων κατασκευών από σύνθετα υλικά. Μεταξύ των τεχνικών Ελέγχου Δομικής Ακεραιότητας (Structural Health Monitoring, SHM), η τεχνολογία Ακουστο-Υπερήχων (Acousto-Ultrasonic, AU) δείχνει να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική. Ωστόσο, η ακριβής προσομοίωση της διάδοσης κυμάτων Lamb είναι ιδιαίτερα απαιτητική, όσον αφορά στο υπολογιστικό κόστος που απαιτείται. Στην παρούσα εργασία, και στα πλαίσια της μεθόδου Πεπερασμένων Στοιχείων, η μέθοδος 'πολύστρωτων κελυφών' προτείνεται για τη προσομοίωση της διάδοσης των κυμάτων Lamb στο εσωτερικό πολύστρωτων πλακών από σύνθετο υλικό. Τα αποτελέσματα της προσέγγισης πολύστρωτων κελυφών αξιολογούνται αρχικά σε σύγκριση με αποτελέσματα πειραματικών δοκιμών; η μέθοδος εφαρμόζεται στη συνέχεια σε πλάκες χωρίς βλάβη, καθώς και σε πολύστρωτες πλάκες από σύνθετο υλικό που περιέχουν βλάβη, προκειμένου να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα και η ακρίβεια που παρουσιάζει η μέθοδος στην προσομοίωση τεχνικών ανίχνευσης βλάβης που βασίζονται σε κύματα Lamb.

- J79. N. Perogamvros, **G. Lampeas**  
'Experimental investigation of composite lockbolt fastened joints under in-plane low velocity impact', accepted for publication in Composites Part A, 2016

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται η πειραματική διερεύνηση δύο διαφορετικών γεωμετριών ηλωτών συνδέσμων από σύνθετα υλικά (τύπου 'filled hole' και τύπου 'single-lap - διπλού ήλου') που καταπονούνται σε εφελκυστικά φορτία με διαφορετικούς ρυθμούς παραμόρφωσης. Το υλικό των πολύστρωτων δομών των υπό εξέταση δοκιμών είναι τύπου 'μονής διεύθυνσης' ή 'UD' με κωδική ονομασία AS4/8552, ενώ οι ήλοι είναι κατασκευασμένοι από τιτάνιο και διαθέτουν κεφάλι κωνικού σχήματος (countersunk). Οι πειραματικές δοκιμές διεξήχθησαν σε ένα μεγάλο εύρος ταχυτήτων κρούσης (από ημι-στατικές έως 2.8 m/s), χρησιμοποιώντας μια πρωτότυπη εφελκυστική ιδιοσυσκευή, η οποία αναπτύχθηκε και προσαρμόστηκε σε πύργο δοκιμών κρούσης. Από τη διεξαγωγή των πειραμάτων παρατηρήθηκαν τα εξής: (α) οι δύο ηλωτές γεωμετρίες παρουσιάζουν περιορισμένη ευαισθησία ως προς την αλλαγή του ορίου αντοχής τους με τη μεταβολή του ρυθμού επιβολής φορτίου, (β) οι τιμές απορρόφησης ενέργειας στα δυναμικά πειράματα τύπου 'single-lap' είναι αυξημένες σε σύγκριση με τις αντίστοιχες των ημι-στατικών πειραμάτων και (γ) διαφορές παρατηρήθηκαν κατά την εξέλιξη των αστοχιών και των τελικών τύπων τους μεταξύ της ημι-στατικής και της δυναμικής φόρτισης.



### 3. Δημοσιεύσεις σε διεθνή βιβλία και συμμετοχή σε ανάπτυξη προτύπων – προδιαγραφών.

#### B1. Sp. Pantelakis and G. Labeas

“Constant and variable amplitude fatigue damage of laminated fibrous composites”, invited contribution in *Failure Analysis of Industrial Composite Materials*, McGraw-Hill, pp. 247-298, 1999

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στο πρόβλημα ορισμού της ‘βλάβης’ (damage) των ενισχυμένων με ίνες συνθέτων υλικών και ειδικότερα στη ‘βλάβη’ λόγω κόπωσης. Ο όρος ‘βλάβη’ στα σύνθετα υλικά δεν είναι προφανής, αλλά ούτε και μοναδικά προσδιορίσιμος. Η ‘βλάβη’ λόγω κόπωσης προκαλείται κυρίως από αποκόλληση ινών, ρωγμές στη μήτρα, θραύσεις ινών και διαστρωματικές αποκολλήσεις, ωστόσο μια τέτοια θεώρηση δεν είναι εύκολα πρακτικά εφαρμόσιμη σε μια μεθοδολογία σχεδιασμού σε κόπωση με τη φιλοσοφία ‘damage tolerance’. Για το σκοπό αυτό η ‘βλάβη’ κόπωσης, στην παρούσα εργασία, νοείται ως η σταδιακή μείωση της ικανότητας του υλικού να φέρει τα μηχανικά φορτία για τα οποία έχει σχεδιαστεί, και γίνεται προσπάθεια η μείωση αυτή να συσχετισθεί με τη ‘βλάβη’ και να ποσοτικοποιηθεί. Επίσης σχολιάζεται η δυνατότητα εφαρμογής της παραπάνω προσέγγισης στο σχεδιασμό με τη φιλοσοφία ‘damage tolerance’. Η εργασία αποτελείται από επτά συνολικά κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται σύντομη αναφορά στους μηχανισμούς κόπωσης συνθέτων υλικών και στην επίδραση καθενός από αυτούς στις μηχανικές ιδιότητες και στη διάρκεια ζωής. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά στις διαφορετικές προσεγγίσεις ανάλυσης του προβλήματος της κόπωσης και σχολιάζεται η καταλληλότητα κάθε μεθόδου για την περίπτωση της κόπωσης συνθέτων υλικών. Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στην μέχρι τώρα συσχέτιση της κόπωσης συνθέτων υλικών με τη φιλοσοφία ‘damage tolerance’. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται κατηγοριοποίηση των διαφορετικών ‘συναρτήσεων βλάβης κόπωσης’ με κριτήριο τη χρησιμοποιούμενη ‘παράμετρο βλάβης’. Το κεφάλαιο πέντε επικεντρώνεται σε μεθοδολογίες ανάλυσης κόπωσης μέσω ‘συναρτήσεων βλάβης κόπωσης’ που βασίζονται σε καμπύλες ‘S-N’, οι οποίες έχουν το πλεονέκτημα να είναι εύκολα εφαρμόσιμες στο σχεδιασμό κατασκευών από σύνθετα υλικά και επιπρόσθετα έχουν παρόμοια μορφή με τις μεθοδολογίες σχεδιασμού κόπωσης μεταλλικών υλικών. Για το λόγο αυτό έχουν ευρεία εφαρμογή στην πράξη, ιδιαίτερα σε προβλήματα φορτίσεων με μεταβλητό εύρος. Στο κεφάλαιο έξι εισάγεται η ιδέα της διατύπωσης ‘συναρτήσεων βλάβης κόπωσης’ και του προσδιορισμού της υποβάθμισης των ιδιοτήτων του υλικού από πειραματικά αποτελέσματα μη καταστροφικών μεθόδων. Για το σκοπό αυτό ορίζεται ένας νέος δείκτης, ο οποίος ονομάζεται ‘δείκτης έντασης βλάβης’ (damage severity factor) ο οποίος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση κόπωσης συνθέτων υλικών με τη φιλοσοφία ‘damage tolerance’. Ο δείκτης αυτός προσδιορίζεται για διάφορα υλικά και διαστρωματώσεις, σε διάφορα στάδια της διάρκειας ζωής του υλικού, από πειράματα με τη μέθοδο των υπερήχων. Ο ‘δείκτης έντασης βλάβης’ συσχετίζεται επιτυχώς με τη διάρκεια ζωής του υλικού και την υποβάθμιση των μηχανικών ιδιοτήτων του. Τέλος, στο έβδομο κεφάλαιο, σχολιάζεται ο προσδιορισμός ‘συναρτήσεων βλάβης κόπωσης’ σε ιστορικά φόρτισης μεταβλητού εύρους και

προτείνεται για το σκοπό αυτό η χρήση του δείκτη υποβάθμισης των ιδιοτήτων του υλικού, ως παράμετρος 'βλάβης'.

**B2. Th. Kermanidis and G. Labeas**

"Behaviour of composite structures under impact loading", invited contribution in *Failure Analysis of Industrial Composite Materials*, McGraw-Hill, 363-400, 1999.

Η παρούσα εργασία αποτελεί το κεφάλαιο ενός βιβλίου με τίτλο "Failure Analysis of Industrial Composite Materials". Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται το πρόβλημα της ανάπτυξης και του σχεδιασμού ειδικών αεροπορικών κατασκευαστικών στοιχείων από συνδυασμό σύνθετων υλικών με πρωτότυπη σχεδίαση και μεγάλη ικανότητα απορρόφησης κρουστικής ενέργειας, καθώς και των τεχνολογιών που απαιτούνται να αναπτυχθούν ή να συμπληρωθούν για το σκοπό αυτό. Γίνεται εκτενής αναφορά στις οριακές συνθήκες του περιβάλλοντος crash αεροσκαφών και ελικοπτέρων και προσδιορίζονται οι συνθήκες αεροπορικού ατυχήματος, στο οποίο μπορεί να υπάρξουν επιζώντες. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στη θεωρία της μη γραμμικής δυναμικής ανάλυσης με Πεπερασμένα Στοιχεία, και της διάδοσης κυμάτων, καθώς και στους αλγορίθμους που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση τέτοιων προβλημάτων. Ακολούθως αναφέρονται οι ειδικές φιλοσοφίες σχεδιασμού που απαιτείται να χρησιμοποιηθούν στις περιπτώσεις σχεδιασμού κατασκευών από σύνθετα υλικά για συνθήκες crash. Τέλος παρατίθενται συγκεκριμένα παραδείγματα σχεδιασμού και προσομοίωσης αεροναυπηγικών υποκατασκευών από ινώδη σύνθετα υλικά και τα ειδικά χαρακτηριστικά τους.

**B3. G. Labeas**

Prediction of damage propagation and failure of composite structures (without testing), in  
'Virtual Testing and Predictive Modeling', B. Farahmand (ed.),  
DOI 10.1007/978-0-387-95924-5 11  
Springer Science and Business Media, LLC, 2009

Η παρούσα εργασία αποτελεί το κεφάλαιο ενός βιβλίου με τίτλο 'Virtual Testing and Predictive Modeling' και συνοψίζει την μέχρι τώρα εμπειρία στην ανάπτυξη και την εφαρμογή της μεθόδου προοδευτικής βλάβης στην πρόβλεψη της συμπεριφοράς των συνθέτων υλικών μετά την πρώτη αστοχία. Περιλαμβάνει επίσης τμήματα των ήδη δημοσιευμένων εργασιών J3, J8, J12, J19, J24 και J30. Τονίζεται η γενικότητα της μεθόδου, καθώς και η δυνατότητα εφαρμογής της σε διαφορετικές κλίμακες (από τη νανοκλίμακα μέχρι τη μακροκλίμακα). Ο τρόπος που οι διαφορετικές αυτές προσεγγίσεις μπορούν να συνδυαστούν, ανάλογα με τον τύπο του συνθέτου υλικού που μελετάται καθώς και την εκάστοτε διαφορετική εφαρμογή, αποτελεί ιδιαίτερο τμήμα της εργασίας.

- B4. CEN 16799, Validation of computational solid mechanics models, Comité Europeen de Normalisation, Brussels, 2014.  
[http://standards.cen.eu/dyn/www/?p=204:110:0:::FSP\\_PROJECT,FSP\\_ORG\\_ID:41727,1168897&cs=1F207BEDE5CA53F99E49185D7C5C7AFA1](http://standards.cen.eu/dyn/www/?p=204:110:0:::FSP_PROJECT,FSP_ORG_ID:41727,1168897&cs=1F207BEDE5CA53F99E49185D7C5C7AFA1)  
E. Chatzi, R. J. Greene , E. Hack, Al. Ihle, H. Jones, G. Lampeas, J. Marrow, E.Patterson, A. Pipino, M. Price, P. Ramsay, O. Reichmann, T. Siebert, N. Tzelepi, R. Widmer  
'Validation of computational solid mechanics models', CEN WORKSHOP AGREEMENT, CWA 16799, 2014.

Η Ευρωπαϊκή προδιαγραφή CEN 16799 είναι το αποτέλεσμα των ερευνητικών προσπαθειών μιας κοινοπραξίας οργανισμών, που ασχολήθηκε με την ανάπτυξη διαδικασιών επιβεβαίωσης αριθμητικών προσομοιώσεων των κατασκευών, που βασίζονται στη χρήση πειραματικών μεθοδολογιών μέτρησης μετατοπίσεων και παραμορφώσεων πλήρους πεδίου.

- B5. Erwin Hack , Eann Patterson , Richard Burguete, Andrea Davighi, Mara Feligiotti Alexander Ihle, **George Lampeas**, John Mottershead , Hans Reinhard Schubach, Thorsten Siebert , Weizhuo 'Victor' , Maurice Whelan 'Guidelines for the Calibration of Optical Systems for Cyclic Displacement Measurement'.

Στην οδηγία περιγράφεται πρότυπο για τη βαθμονόμηση και τον προσδιορισμό της αβεβαιότητας μέτρησης των συσκευών οπτικών μετρήσεων μετατοπίσεων και παραμορφώσεων πλήρους πεδίου στο επίπεδο (in-plane) και εκτός επιπέδου (out-of-plane), οι οποίες προκύπτουν από χρονικά μεταβαλλόμενη φόρτιση (κυκλική ή τυχαία).

- B6. Erwin Hack , Eann Patterson , Richard Burguete, Andrea Davighi, Mara Feligiotti Alexander Ihle, **George Lampeas**, John Mottershead , Hans Reinhard Schubach, Thorsten Siebert , Weizhuo 'Victor' , Maurice Whelan 'Guidelines for the Calibration of Optical Systems for Dynamic Deformation Measurement'.

Στην οδηγία περιγράφεται πρότυπο για τη βαθμονόμηση και τον προσδιορισμό της αβεβαιότητας μέτρησης των συσκευών οπτικών μετρήσεων μετατοπίσεων και παραμορφώσεων πλήρους πεδίου οι οποίες προκύπτουν από δυναμικές φορτίσεις.

#### 4. Ανακοινώσεις σε Συνέδρια με κρίση της πλήρους εργασίας

- [C1] Sp. Pantelakis, **G. Labeas**, S. Kalogeropoulos and V. Schulze  
“Hot-Forming of Continuous Carbon Fiber Reinforced PEEK”, *Proc. of the third International Symposium COMP 90*, 19-24 Oct. Patras, Greece, 1990, Amatec Publication, pp. 393-399.

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η καταλληλότητα των τεχνικών της υπερπλαστικής μορφοποίησης και της συμπίεσης σε καλούπι (compression moulding), για την παραγωγή δομικών στοιχείων αεροπορικών κατασκευών από ενισχυμένα θερμοπλαστικά υλικά. Για τα πειράματα, χρησιμοποιήθηκε το υλικό PEEK ενισχυμένο με συνεχείς ίνες γραφίτη. Για την μελέτη, επιλέχτηκαν 3 χαρακτηριστικά σχήματα αεροπορικών κατασκευών. Σημαντικός παράμετρος της μεθόδου υπερπλαστικής μορφοποίησης αποδεικνύεται η επιλογή του υλικού του διαφράγματος. Μετά από μελέτη διαφόρων υλικών το θερμοπλαστικό υλικό UPILEX-R επιλέχθηκε σαν το καταλληλότερο. Μια παραμετρική σπουδή του κύκλου μορφοποίησης οδήγησε σε βέλτιστες τιμές για την θερμοκρασία και την πίεση μορφοποίησης και για τις δύο τεχνικές. Ο ποιοτικός έλεγχος υπό μορφή διαστατικού ελέγχου, ακτίνων X και υπερήχων (C-scan) έδειξε ότι και οι δύο τεχνικές είναι κατάλληλες για παραγωγή κατασκευαστικών στοιχείων. Συγκριτικά η μέθοδος υπερπλαστικής μορφοποίησης είναι καταλληλότερη για κομμάτια με σύνθετη γεωμετρία. Η χρήση της μεθόδου συμπίεσης σε καλούπι είναι γενικά οικονομικότερη αλλά μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια των λεπτομερειών της γεωμετρίας του στοιχείου. Τέλος, και οι δύο τεχνικές χρειάζονται εξέλιξη για την εφαρμογή τους σε κατασκευή δομικών στοιχείων του αεροσκάφους.

- [C2] S. Pantelakis, Th. Kermanidis, **G. Labeas** and V. Schulze  
“Development of Aerospace Thermoplastic Composite Structural Components Using the Superplastic Forming Technique”, *Proc. of the 5th European Conference on Composite Materials*, Bordeaux, France, 7-10 April, 1992, pp. 7-18.

Στην παρούσα εργασία, διατυπώνεται με ορθολογιστικό τρόπο η επίδραση των παραμέτρων της μεθόδου της υπερπλαστικής μορφοποίησης στα χαρακτηριστικά ποιότητας των κατασκευαστικών στοιχείων, καθώς και στις χαρακτηριστικές ιδιότητες του υλικού, με στόχο την επίτευξη βέλτιστης ποιότητας και τη σύνδεση των παραμέτρων μορφοποίησης με τα δεδομένα σχεδίασης (Design Data), που απαιτούνται για την σχεδίαση ενός αεροπορικού κατασκευαστικού εξαρτήματος. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη ήταν PEEK ενισχυμένο με ίνες άνθρακα. Μετά από μεγάλο αριθμό πειραμάτων τα προβλήματα ποιότητας που σχετίζονται με την τεχνική, χωρίστηκαν σε πέντε κατηγορίες οι οποίες είναι : επιφανειακή ποιότητα, λυγισμός ινών εκτός επιπέδου, τοπικός λυγισμός, ανομοιομορφία πάχους και ξέπλυμα ινών. Τα παραπάνω προβλήματα επηρεάζονται από την επιλογή των παραμέτρων της μορφοποίησης: θερμοκρασία, πίεση χρόνος μορφοποίησης (δηλαδή χρόνος που απαιτείται για να αποκτήσει το υλικό το επιθυμητό σχήμα), δυσκαμψία του συστήματος διαφράγματος / σύνθετου υλικού και ικανότητα παραμόρφωσης του υλικού του διαφράγματος. Μεταβολές σε καθεμία από τις παραπάνω παραμέτρους,

επιδρούν με διαφορετικό τρόπο στα χαρακτηριστικά ποιότητας. Για την ελαχιστοποίηση της ροής της μήτρας, που οδηγεί σε ανομοιομορφία πάχους και ξέπλυμα ινών, η επιβληθείσα πίεση, ο χρόνος μορφοποίησης, η δυσκαμψία του διαφράγματος και του σύνθετου υλικού καθώς και η ικανότητα παραμόρφωσης του υλικού διαφράγματος πρέπει να είναι ελάχιστα. Περιορισμός στην επιλογή της τιμής για την ελάχιστη απαιτούμενη πίεση μορφοποίησης είναι η απαίτηση για επαρκή συνάφεια. Περιορισμός στην επιλογή ελάχιστων τιμών για το χρόνο μορφοποίησης και την δυσκαμψία του συστήματος σύνθετο υλικό/διάφραγμα είναι ότι με την επιλογή αυτή ευνοείται ο λυγισμός των ινών. Τα πειραματικά αποτελέσματα εφαρμόστηκαν στο παράδειγμα σχεδίασης του οριζοντίου σταθερού ενός μικρού αεροσκάφους. Η διαστρωματική αντοχή που χρησιμοποιήθηκε στους υπολογισμούς προσδιορίστηκε πειραματικά λαμβάνοντας υπόψη τις παραμέτρους πίεση και χρόνος ομογενοποίησης. Σημαντική μείωση της διαστρωματικής αντοχής παρατηρήθηκε όταν το υλικό C/PEEK εκτίθεται σε υγρασία. Η επιρροή της παραπάνω μείωσης στην ολική μάζα της κατασκευής διερευνήθηκε κατά την σχεδίαση. Το πάχος κάθε στρώσης θεωρήθηκε μεταβλητή σχεδίασης. Η διαστρωμάτωση του υλικού ήταν [90, -45, 90, 45, 0]<sub>s</sub>. Στην ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν κριτήρια αντοχής και λυγισμού. Τα δεύτερα εισήχθησαν στον κύκλο βελτιστοποίησης με αναλυτικές εκφράσεις. Η συνάρτηση ελαχιστοποίησης ήταν η ολική μάζα της κατασκευής. Για σύγκριση έγινε σχεδιασμός με χρήση του κλασικού κράματος Αλουμινίου 2024-T3. Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω αποτελέσματα κατασκευάστηκε ένα πλευρό (rib) του οριζοντίου σταθερού, η ποιότητα του οποίου ήταν πολύ ικανοποιητική.

[C3] Th. Kermanidis and **G. Labeas**  
“Static analysis of Elastic Layered Plates using the Transfer Matrix method”,  
*Proc. of the 1st National Congress on Computational Mechanics*, 3-4 Sept. 1992,  
Athens, Greece, pp.132-139

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στη στατική ανάλυση τάσεων ανισότροπων ορθογωνικών πλακών με τη μέθοδο των Μητρώων Μεταφοράς (MM). Για το σκοπό αυτό αναπτύσσεται στη βάση της μεθόδου MM ένα ανισότροπο ορθογωνικό στοιχείο - λωρίδα, πεπερασμένου πλάτους. Η διατύπωση του στοιχείου είναι αναλυτική και βασίζεται στις παραδοχές της Κλασικής Θεωρίας πολύστρωτων πλακών. Η επίλυση του συστήματος Μερικών Διαφορικών Εξισώσεων που απαιτείται για τη διατύπωση των μητρώων του στοιχείου γίνεται αναλύοντας τα μεγέθη κατά τη μια διεύθυνση του επιπέδου (x-y) σε σειρές Fourier και χρησιμοποιώντας για την άλλη διεύθυνση σειρές Taylor. Το κύριο πλεονέκτημα του στοιχείου που αναπτύσσεται είναι η υποβάθμιση της απαιτούμενης τάξης ανάλυσης από διδιάστατη σε μονοδιάστατη, με σημαντική θετική επίδραση στον αριθμό των απαιτούμενων βαθμών ελευθερίας και στον υπολογιστικό χρόνο.

[C4] Th. Kermanidis and **G. Labeas**  
“Stability and Vibration Analysis of Composite Plates by semi - analytical method”, *Advances in Non-Linear Finite Element Methods*, Civil - Comp Press, 1994, pp. 273-278

Η παρούσα εργασία αποτελεί επέκταση της μεθοδολογίας MM που παρουσιάζεται στην εργασία [14], στην περίπτωση της ανάλυσης ευστάθειας ανισότροπων ορθογωνικών πλακών. Οι Μερικές Διαφορικές Εξισώσεις του στοιχείου που αναπτύχθηκε στην εργασία [14], συμπληρώνονται από μη γραμμικούς όρους ανωτέρας τάξης που εισάγονται από τις σχέσεις παραμορφώσεων - μετατοπίσεων της Κλασικής Θεωρίας πολύστρωτων πλακών. Στις μη γραμμικές εξισώσεις που προκύπτουν γίνεται αποσύζευξη των γραμμικών και μη γραμμικών όρων με αποτέλεσμα να καθίσταται δυνατή η διατύπωση του προβλήματος στη μορφή ενός κλασσικού προβλήματος ιδιοτιμών. Η επίλυση του προβλήματος ιδιοτιμών οδηγεί στον προσδιορισμό των φορτίων λυγισμού και των ιδιοσυχνοτήτων της πλάκας χωρίς να απαιτείται ειδική διακριτοποίηση αντίστοιχη της κάθε ιδιομορφής.

[C5] **G. Labeas** and Th. Kermanidis  
“Development of an annular anisotropic plate element using the Transfer Matrix Method”, *Proc. of the 1<sup>st</sup> Hellenic Conference on Composite Materials*, Xanthi, 2-5 July 1997, pp. 495-507

Στην παρούσα εργασία αναπτύσσεται ένα πολικά ανισότροπο δακτυλαιοειδές στοιχείο πλάκας στη βάση της μεθόδου MM. Για τη διατύπωση του στοιχείου γίνεται χρήση αναλυτικών συναρτήσεων που βασίζονται στις παραδοχές της Κλασικής Θεωρίας πολύστρωτων πλακών. Η επίλυση του συστήματος Μερικών Διαφορικών Εξισώσεων που απαιτείται για τη διατύπωση των μητρώων του στοιχείου γίνεται αναλύοντας τα μεγέθη κατά την περιφερειακή διεύθυνση σε σειρές Fourier και χρησιμοποιώντας για την ακτινική διεύθυνση σειρές Taylor. Επιτυγχάνεται κατά τον τρόπο αυτό η μετατροπή του διδιάστατου προβλήματος σε μονοδιάστατο, που έχει σαν αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του αριθμού των απαιτούμενων βαθμών ελευθερίας και του υπολογιστικού χρόνου. Στα μητρώα του στοιχείου περιλαμβάνονται οι μη γραμμικοί όροι των σχέσεων παραμορφώσεων - μετατοπίσεων καθώς και οι όροι αδράνειας. Το στοιχείο που αναπτύχθηκε εφαρμόζεται σε χαρακτηριστικά προβλήματα ανάλυσης τάσεων, ευστάθειας και ιδιοσυχνοτήτων ανισότροπων δακτυλαιοειδών και κυκλικών πλακών με τυχαίες οριακές συνθήκες, διαστρωματώσεις και φόρτιση. Τα αριθμητικά αποτελέσματα που προκύπτουν συγκρίνονται με αντίστοιχα αναλυτικά αποτελέσματα, καθώς και με αποτελέσματα από λύσεις με τη μέθοδο Πεπερασμένων Στοιχείων (κώδικας ANSYS). Τα αριθμητικά αποτελέσματα της μεθόδου MM είναι σε πολύ καλή συμφωνία με τα αναλυτικά, δηλαδή η προτεινόμενη μέθοδος είναι αξιόπιστη και αποτελεσματική για να χρησιμοποιηθεί στον αρχικό σχεδιασμό κατασκευαστικών στοιχείων αεροπορικών κατασκευών.

[C6] Th. Kermanidis, **G. Labeas**, C. Apostolopoulos and L. Michielsen  
“Numerical Simulation of Composite Structures under impact”, *Proc. of Structures Under Shock and Impact*, pp. 591-600, Thessaloniki, 24-26 June 1998

Η παρούσα εργασία βασίζεται στα ερευνητικά αποτελέσματα του Ευρωπαϊκού προγράμματος ‘Design for Crash Survivability - CRASURV’, και σχετίζεται με την εργασία [9]. Εξετάζονται οι δυνατότητες και οι περιορισμοί της χρήσης της αριθμητικής προσομοίωσης στην ανάλυση και το σχεδιασμό σε φορτία κρούσης υποκατασκευών αεροσκαφών και άλλων οχημάτων που είναι κατασκευασμένα από ινώδη σύνθετα

υλικά. Επιλέχθηκαν χαρακτηριστικές υποκατασκευές που περιλαμβάνουν δοκούς κιβωτοειδούς διατομής, δοκούς 'ημιτονοειδούς' σχήματος και τετραγωνικές πλάκες σε διαμόρφωση sandwich. Η αριθμητική μέθοδος που επιλέχθηκε για την αριθμητική προσομοίωση είναι ο μη γραμμικός δυναμικός κώδικας Πεπερασμένων Στοιχείων PAM-CRASH. Παρουσιάζονται λεπτομερώς τα κρίσιμα σημεία της μοντελοποίησης, όπως επιλογή ΠΣ, ανάπτυξη μοντέλου υποβάθμισης των ιδιοτήτων του υλικού κατά την κρούση, μοντελοποίηση των εργαλείων παραμόρφωσης και της επαφής τους με την κατασκευή καθώς και τεχνικές επιτάχυνσης των αναλύσεων και ελέγχου των αποτελεσμάτων. Τα αριθμητικά αποτελέσματα συγκρίνονται με πειράματα των υποκατασκευών σε συνθήκες κρούσης με διάφορες ταχύτητες. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα αριθμητικά αποτελέσματα κρίνονται ικανοποιητικά, ωστόσο σημειώνεται ότι η μεθοδολογία αριθμητικής προσομοίωσης κρούσης στη παρούσα φάση μπορεί να χαρακτηριστεί περισσότερο ως βοηθητικό εργαλείο ανάλυσης του τρόπου αστοχίας της κατασκευής και λιγότερο σαν αυτόνομο εργαλείο σχεδιασμού κατασκευαστικών στοιχείων από σύνθετο υλικό σε συνθήκες κρούσης.

[C7] Th. Kermanidis, **G. Labeas**, Sp. Pantelakis, D. Kohlgrueber and J. Wiggenraad "Simulation of the Impact Response of Composite Aircraft Substructures", *Proc. of Experimental techniques and design of composite materials*, pp. 117-128

Στην παρούσα εργασία, που σχετίζεται με την εργασία [8], εξετάζεται εάν με ειδικό σχεδιασμό, τα ινώδη σύνθετα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν κατασκευαστικά στοιχεία απορρόφησης ενέργειας κρούσης στις αεροπορικές κατασκευές. Είναι γνωστό ότι η ψαθυρή συμπεριφορά των ινωδών θερμοσκληρυνόμενων υλικών τα καθιστά υποδεέστερα σε σχέση με τα μέταλλα, στις περιπτώσεις που απαιτείται να χρησιμοποιηθούν ως στοιχεία απορρόφησης ενέργειας κρούσης. Εδώ εξετάζεται η αποτελεσματικότητα ενός ειδικού σχεδιασμού sandwich που αποτελείται από σύνθετο υλικό και ονομάζεται 'tensor skin concept'. Η ικανότητα του ειδικού αυτού σχεδιασμού στο να απορροφάει ενέργεια κρούσης οφείλεται στην σταδιακή παραμόρφωση της μεσαίας πλάκας η οποία έχει προφίλ ορθογωνικού παλμού. Για να ποσοτικοποιηθεί η παραπάνω ικανότητα διεξήχθησαν πειραματικές και αναλυτικές διερευνήσεις. Οι πειραματικές δοκιμές έγιναν σε διδιάστατες και τρισδιάστατες μορφές της διαμόρφωσης 'tensor skin', ενώ παράλληλα έγινε προσομοίωση των πειραμάτων με αριθμητικές μεθόδους και συγκεκριμένα με το μη γραμμικό δυναμικό κώδικα Πεπερασμένων Στοιχείων PAM-CRASH. Πολύ καλή συμφωνία παρατηρήθηκε μεταξύ των πειραματικών και των αριθμητικών αποτελεσμάτων. Επίσης αποδείχτηκε ότι ο σχεδιασμός που εξετάστηκε είναι κατάλληλος για να αποτελέσει κατασκευαστικό στοιχείο του υποπατώματος της ατράκτου αεροσκάφους.

[C8] A. Michielsen, J. Wiggenraad, D. Kohlgrueber, L. Ubels, R. Frijns, **G. Labeas** and M. McCarthy "Design, Test and Analysis of Tensor Skin Panels for Improved Crashworthiness in Case of Water Impact", *Proc. of Crash Safety Challenges and Innovative Solutions*, Phoenix, Arizona, Sept. 14-16, 1998

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μέρος των ερευνητικών δραστηριοτήτων του Ευρωπαϊκού Ερευνητικού προγράμματος CRASURV και αποτελεί κοινή δημοσίευση με συνεργάτες – ερευνητές από τα Ερευνητικά Ινστιτούτα DLR (Γερμανία), NLR (Ολλανδία) καθώς και το Πανεπιστήμιο του Limerick (Ιρλανδία). Στην εργασία παρουσιάζονται οι βασικές αρχές λειτουργίας της κατασκευής τύπου ‘tensor skin’, που έχει αναπτυχθεί από την NLR για την αύξηση της ικανότητας μεταφοράς φορτίων ελικοπτέρων σε περιπτώσεις κρούσης τους σε νερό. Περιγράφονται τα υλικά και μεθοδολογία κατασκευής των πλακών ‘tensor skin’ καθώς και οι διαφορετικές γεωμετρικές μορφές τους, αναλόγως με την εφαρμογή στην οποία θα χρησιμοποιηθούν. Για την αποτίμηση της ικανότητας μεταφοράς κρουστικών φορτίων, καθώς και τη δυνατότητα απορρόφησης ενέργειας κρούσης, διεξήχθησαν πειράματα σε στατική (κάμψη και διάτμηση) καθώς και δυναμική καταπόνηση τα οποία και παρουσιάζονται. Υποστηρικτικά στην πειραματική διερεύνηση παρουσιάζονται και προσομοιώσεις των στατικών πειραμάτων με τη μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων. Τόσο τα αποτελέσματα των πειραμάτων, όσο και τα αριθμητικά αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι με κατάλληλη διαστρωμάτωση, οι κατασκευές τύπου ‘tensor skin’ μπορούν να μεταφέρουν τα φορτία και τις ποσότητες ενέργειας κρούσης για τα οποία έχουν σχεδιαστεί.

[C9] Th. Kermanidis, Sp. Pantelakis, **G. Labeas** and J. Diamantakos, “Influence of corrosive environment on the fatigue life of an ageing aircraft structure”, *Proc. of the 20<sup>th</sup> Symposium of the International Committee on Aeronautical Fatigue ICAF*, 14-16 July, 1999, Washington, USA.

Η επίδραση της διάβρωσης στη δομική ακεραιότητα των κατασκευών που έχουν ξεπεράσει τη διάρκεια ζωής για την οποία σχεδιάστηκαν μελετάται στην παρούσα εργασία. Η έρευνα αναφέρεται τόσο στη μηχανική συμπεριφορά εφελκυσμού, όσο και στη συμπεριφορά κόπωσης και ρυθμού διάδοσης ρωγμής μεταλλικών κατασκευών από κράματα αλουμινίου, τα οποία έχουν εκτεθεί σε διαβρωτικό περιβάλλον.

Όσον αφορά στην εφελκυστική συμπεριφορά, τα κράματα αλουμινίου που μελετήθηκαν είναι τα κράματα 2024, 8090, 2091 και 6013. Τα διάφορα αυτά υλικά εκτέθηκαν σε διαφορετικούς τύπους επιταχυνόμενων πειραμάτων διάβρωσης. Επιπρόσθετα, το κράμα 2024 T351 εκτέθηκε και σε φυσικό διαβρωτικό περιβάλλον. Η αποτίμηση των πειραμάτων έδειξε ότι η διάβρωση επιφέρει σημαντική μείωση των ορίων διαρροής και θραύσης του υλικού, η οποία προκαλείται εξαιτίας της διαβρωτικής προσβολής της εξωτερικής επιφάνειας του αλουμινίου. Επιπλέον, παρατηρήθηκαν εντονότατα φαινόμενα ψαθυροποίησης, που αποδίδονται στην υψηλή ογκομετρική απορρόφηση υδρογόνου. Η επίδραση της διάβρωσης στην διάρκεια ζωής και στο ρυθμό διάδοσης ρωγμών, επικεντρώθηκε στο κράμα 2024. Οι καμπύλες εύρους τάσης – κύκλων διάρκειας ζωής (S-N curve) που προέκυψαν από τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν την αναμενόμενη μείωση της διάρκειας ζωής, σα συνέπεια της διάβρωσης. Ωστόσο τα πειράματα ρυθμού διάδοσης ρωγμών για διαφορετικό εύρος τάσεων και λόγου R, έδειξαν ότι ο ρυθμός διάδοσης πρακτικά δεν επηρεάζεται από την έκθεση του υλικού σε διαβρωτικό περιβάλλον, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν επηρεάζεται και η αντοχή σε φθορά κόπωσης της κατασκευής.



- [C10] Th. Kermanidis, **G. Labeas**, K.I. Tserpes and Sp. Pantelakis  
“Finite Element modelling of damage accumulation of bolted composite joints under incremental tensile loading”, *Proc. of European Congress on Computational Methods in Applied Science and Engineering - ECCM*, Barcelona, 11-14 Sept. 2000.

Στην παρούσα εργασία, που σχετίζεται με την εργασία [5], αναπτύχθηκε ένα μοντέλο πρόβλεψης της προοδευτικής ανάπτυξης φθοράς σε κοχλιωτούς συνδέσμους από σύνθετα υλικά, που καταπονούνται σε εφελκυσμό. Το μοντέλο χρησιμοποιεί την τρισδιάστατη αριθμητική ανάλυση με τη μέθοδο Πεπερασμένων Στοιχείων για τον υπολογισμό των τάσεων/παραμορφώσεων των πολύστρωτων υλικών και των κοχλιών της κατασκευής. Με τη βοήθεια του κώδικα Π.Σ. ANSYS, αναπτύσσεται μια μακρορουτίνα, που χρησιμοποιείται για την αριθμητική ανάλυση του τρισδιάστατου προβλήματος και την μοντελοποίηση της σταδιακής ανάπτυξης και διάδοσης της βλάβης στο σύνδεσμο. Η πρόβλεψη της αστοχίας γίνεται με βάση τα κριτήρια αστοχίας τύπου Hashin, ενώ η πρόβλεψη της υποβάθμισης της δυσκαμψίας γίνεται με εφαρμογή εμπειρικών κριτηρίων. Το μοντέλο μπορεί να εφαρμοστεί στην πρόβλεψη της εναπομένουσας αντοχής και δυσκαμψίας σε πολύστρωτα υλικά με αυθαίρετη αλληλουχία στρώσεων, τυχαία γεωμετρία και θέση κοχλίας. Τα αποτελέσματα της εργασίας περιλαμβάνουν παραμετρική ανάλυση ως προς την επίδραση της τριβής μεταξύ πλακών και κοχλίας καθώς και της γεωμετρικής θέσης του κοχλίας στην εναπομένουσα αντοχή και δυσκαμψία. Η σύγκριση μεταξύ θεωρητικών και πειραματικών αποτελεσμάτων κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητική σε όλες τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν.

- [C11] C.L. Goudas, G. A. Katsiaris, **G. Labeas**, G. Karahalios, and G. Pnevmatikos  
“Soft protection using submerged groin arrangements, Dynamic analysis of Stability and Review of Application Impacts”, *Proc. of 1<sup>st</sup> ‘Soft Shore protection Conference*, pp. 227-260, Patras, Greece, 18- 22 October 2000.

Η εργασία αναφέρεται στη στατική ανάλυση προβλητών από σκυρόδεμα, που τοποθετούνται υποθαλάσσια με σκοπό να αποφευχθεί η διάβρωση ακτών, η να επαναδιαμορφωθούν ακτές που έχουν υποστεί διάβρωση. Αναπτύσσεται μοντέλο Πεπερασμένων στοιχείων της πυθμενικής προβλήτας, στη βάση του εμπορικού κώδικα ANSYS. Διακρίτοποιείται, τόσο στο χρόνο, όσο και στο χώρο το ‘κύμα αιώνος’ και επιβάλλεται σα φόρτιση στην πυθμενική προβλήτα. Από την επίλυση του μοντέλου σε στατική και ψευδοστατική φόρτιση προκύπτουν οι τάσεις και παραμορφώσεις της προβλήτας. Αποδεικνύεται, ότι η διαστασιολόγηση της προβλήτας είναι τέτοια, ώστε να μπορεί να αντέξει τα φορτία του ‘κύματος αιώνος’.

- [C12] **G. Labeas**  
“Crashworthiness of composite aircraft structures”, *4<sup>th</sup> Congress on Computational Mechanics CRACM*, Patras, 27-29 June, 2002.

Η παρούσα εργασία, που είναι συνέχεια των εργασιών [3] και [15], αναφέρεται στα ειδικά σχεδιασμένα τμήματα κατασκευών από σύνθετα υλικά που είναι κατάλληλα για απορρόφηση κρουστικών φορτίων. Τα θέματα που εξετάζονται είναι οι

μεθοδολογίες σχεδιασμού τέτοιων ειδικών κατασκευών, οι σχεδιαστικές απαιτήσεις και ο ρόλος της αριθμητικής προσομοίωσης στη διαδικασία του σχεδιασμού. Στον τομέα της μεθοδολογίας σχεδιασμού επισημαίνεται ότι κατασκευές ανθεκτικές σε κρούση που αποτελούνται από σύνθετα υλικά απαιτούν διαφορετική μεθοδολογία σχεδιασμού από τις μεταλλικές κατασκευές. Ενώ η απορρόφηση ενέργειας στα μεταλλικά υλικά βασίζεται στις μεγάλες πλαστικές παραμορφώσεις τους, τα συνήθη σύνθετα υλικά με πολυμερή μήτρα και ίνες άνθρακα είναι αρκετά ψαθυρά, με αποτέλεσμα η θραύση τους να γίνεται σε χαμηλά επίπεδα παραμόρφωσης. Επομένως προκύπτει η ανάγκη ανάπτυξης ειδικών τμημάτων που εισάγονται στις κρίσιμες περιοχές των κατασκευών με σκοπό τη απορρόφηση ενέργειας κρούσης. Ταυτόχρονα κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη νέων υλικών που να έχουν υψηλότερα όρια παραμόρφωσης θραύσης. Παραδείγματα τέτοιων ειδικών κατασκευών που μελετώνται στην παρούσα εργασία είναι η συνημιτονοειδής δοκός, η δοκός τύπου 'sandwich' και η δοκός τύπου 'tensor skin'. Η αριθμητική ανάλυση των κατασκευών αυτών απαιτεί ειδικές μεθοδολογίες μοντελοποίησης και εξειδικευμένο λογισμικό Πεπερασμένων Στοιχείων (Pam-Crash), τα οποία και περιγράφονται. Αποδεικνύεται ότι τα αποτελέσματα της περιγραφόμενης διαδικασίας μοντελοποίησης έχουν την ακρίβεια που απαιτείται, ώστε η μεθοδολογία να μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στον αρχικό όσο και στο λεπτομερή σχεδιασμό για κρουστικά φορτία, με συνέπεια τη μείωση του κόστους και του χρόνου ανάπτυξης και σχεδίασης των κατασκευών αυτών.

[C13] Th. Kemandis, K. Tserpes, P. Papanikos, **G. Labeas**, Sp.G. Pantelakis  
"Fatigue damage accumulation and residual strength assesement of composite laminates through progressive damage modeling", *Proc. of Mesomechanics 2003*, Tokyo, Japan, 26-28 Aug. 2003, pp. 167-174

Η μέθοδος της μοντελοποίησης της προοδευτικής βλάβης έχει χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία για την αξιολόγηση της συσώρευσης της βλάβης λόγω κόπωσης και της εναπομένουσας αντοχής πολύστρωτων συνθέτων πλακών σε εναλλασσόμενη κυκλική φόρτιση. Η συσώρευση διαφορετικών τύπων βλάβης αποτιμάται σε συναρτήση του αριθμού των κύκλων φόρτισης χρησιμοποιώντας ένα τρισδιάστατο μοντέλο κόπωσης προοδευτικής βλάβης (FPDM). Η απομένουσα αντοχή του πολύστρωτου συνθέτου υλικού αποτιμήθηκε με την βοήθεια του μοντέλου FPDM σε συνδυασμό με ένα στατικό μοντέλο προοδευτικής βλάβης (PDM). Εξομοιώνοντας την πειραματική διαδικασία, το μοντέλο FPDM εφαρμόστηκε μέχρι ένα προκαθορισμένο αριθμό κύκλων για να υπολογιστεί η συσώρευση βλάβης λόγω κόπωσης και στη συνέχεια το στατικό μοντέλο PDM εφαρμόστηκε (σε ψευδοστατική εφελκυστική φόρτιση) για την πρόβλεψη της τελικής εφελκυστικής αστοχίας των στρώσεων. μετά την καταπόνησή της σε ένα συγκεκριμένο αριθμό κύκλων. Η ανάλυση εφαρμόστηκε και επιβεβαιώθηκε με σύγκριση με πειραματικά αποτελέσματα για τις ακόλουθες περιπτώσεις α) υποθέτοντας στρώσεις χωρίς εσωτερικές ατέλειες και β) λαμβάνοντας υπόψη τις αρχικές ατέλειες, που εντοπίστηκαν πειραματικά σε συγκεκριμένες στρώσεις. Η ανάλυση είχε σαν αποτέλεσμα την ακριβή εξομοίωση της συσώρευσης βλάβης λόγω κόπωσης και τον υπολογισμό της εναπομένουσας αντοχής πολύστρωτων πλακών.

- [C14] Th. Kermanidis, **G. Labeas** and M. Sunaric,  
“Material Damage Modeling and Techniques for Bird-Strike Impact Simulations on Composite Leading Edge”, *Proc. of the International Conference on Influence of Traditional Mathematics and Mechanics on Modern Science and Technology*, 24-28 May, Messini, Greece, 2004, p.p 163-172

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται αποτελέσματα προσομοίωσης δοκιμών κρούσης πουλιού σε ένα πρότυπο χείλος προσβολής από σύνθετα υλικά και συγκρίνονται με τα πειραματικά αποτελέσματα. Ο σχεδιασμός των προτύπων χειλών προσβολής βασίζεται στην αρχή του ‘τανυστικού ελάσματος’, το οποίο έχει κατάλληλα σχεδιαστεί ώστε να παρουσιάζει υψηλή ικανότητα απορρόφησης ενέργειας κρούσης. Το έλασμα του χείλους προσβολής αποτελείται από τρία υποέλασμα. Το μεσαίο υποέλασμα αποτελείται από τρεις στρώσεις τύπου ‘πλεγμένων ινών’ υλικού Dyneema και τοποθετείται ενδιάμεσα στο επικαλυπτικό υποέλασμα υλικού Aramid/epoxy και το φέρον υποέλασμα υλικού Carbon/epoxy. Η προσομοίωση πρόσκρουσης πουλιού πάνω στο χείλος προσβολής πραγματοποιείται στον ‘explicit’ κώδικα πεπερασμένων στοιχείων PAM-CRASH που συνδυάζεται με την μέθοδο ‘Smooth Particle Hydrodynamic’ για τη μοντελοποίηση του πουλιού.

- [C15] Th. Kermanidis, **G. Labeas** and G. Diamantakos,  
“Investigation on the crack link-up criteria at multiple site damage conditions”,  
In: G.C. Sih, Th.B. Kermanidis and Sp.G. Pantelakis (eds.) *Proceedings of ‘Multiscaling in Applied Science and Emerging Technology’ Patras (2004)* pp. 483-492

Στην παρούσα εργασία προτείνεται ένα νέο ενεργειακό κριτήριο συνένωσης ρωγμών για συνθήκες πολλαπλής βλάβης. Είναι βασισμένο στο μέγεθος της μεταβολής της ενέργειας παραμόρφωσης κατά τη διάρκεια της αστοχίας του συνδέσμου μεταξύ δύο γειτονικών ρωγμών. Για την εφαρμογή και την επαλήθευση της μεθοδολογίας, χρησιμοποιούνται πειράματα από την ανοικτή βιβλιογραφία. Τα ενεργειακά μεγέθη του ενδιαφέροντος υπολογίζονται χρησιμοποιώντας ελαστο-πλαστική ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων. Τα αριθμητικά αποτελέσματα που επιτυγχάνονται από την προτεινόμενη μεθοδολογία είναι σε άριστο συσχετισμό με τα πειραματικά δεδομένα. Για όλες τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν το προτεινόμενο κριτήριο αστοχίας συνδέσμων αποδεικνύεται ότι δίνει καλύτερες προβλέψεις, σε σύγκριση με τις εναλλακτικές μεθοδολογίες πρόβλεψης της συνένωσης ρωγμών.

- [C16] P. Papanikos, K. Tserpes and **G. Labeas**,  
“Progressive damage modelling of bonded composite repairs”, In: G.C. Sih, Th.B. Kermanidis and Sp.G. Pantelakis (eds.) *Proceedings of ‘Multiscaling in Applied Science and Emerging Technology’ Patras (2004)* pp. 452-458.

Στην παρούσα εργασία προτείνεται ένα τρισδιάστατο μοντέλο προοδευτικής βλάβης, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αξιολόγηση της μηχανικής συμπεριφοράς ενός σύνθετου επιθέματος επισκευής ρηγματωμένων μεταλλικών πλακών.

Συγκεκριμένα το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό του συντελεστή έντασης τάσης στην άκρη της ρωγμής ώστε να εκτιμηθεί η επίδραση του επιθέματος στη συμπεριφορά κόπωσης. Επιπρόσθετα, μπορεί να προβλεφθεί η αποκόλληση του επιθέματος καθώς και η συσσώρευση της βλάβης του υλικού σε συναρτήσει του επιβαλλόμενου φορτίου. Το μοντέλο αποτελείται από τμήμα ανάλυσης τάσεων, ανάλυσης αστοχίας καθώς και σταδιακής υποβάθμισης των ιδιοτήτων του υλικού. Η ανάλυση τάσεων πραγματοποιείται με τη χρήση ενός τρισδιάστατου λεπτομερούς παραμετρικού μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων που δημιουργήθηκε με τον κώδικα ANSYS. Η ανάλυση της αστοχίας πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας μια ομάδα κριτηρίων πολυωνυμικής μορφής που βασίζονται στις αντοχές της στρώσης του πολύστρωτου υλικού. Η υποβάθμιση των ιδιοτήτων του υλικού που έχει αστοχήσει (επίθεμα ή κόλλα) πραγματοποιείται με την βοήθεια κατάλληλων εμπειρικών κανόνων υποβάθμισης. Τα τρία τμήματα του μοντέλου προγραμματίστηκαν στον κώδικα ANSYS δημιουργώντας μια εύχρηστη μακρο-ρουτίνα, η οποία μπορεί εύκολα να εφαρμοστεί στον υπολογισμό της αποτελεσματικότητας και της μηχανικής απόκρισης επισκευασμένων ελασμάτων με επιθέματα διαφορετικών υλικών και διατάξεων.

[C17] **G. Labeas**, S. Tsirkas, Al. Kermanidis, Sp. Pantelakis

“Fatigue behaviour prediction of laser surface treated Aluminium plates through simulation of the laser stripping process”, *Proc. of the 11<sup>th</sup> International Conference on Fracture*, 20-25 March, Turin, Italy, 2005

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η αριθμητική προσομοίωση της διαδικασίας απομάκρυνσης της βαφής (paint removal process), η οποία αποσκοπεί στην μελέτη της επίδρασης των παραμενουσών τάσεων στη συμπεριφορά κόπωσης πλακών επεξεργασμένων με δέσμη laser. Τεχνικές κατεργασιών με ακτίνες laser βρισκουν εφαρμογή σε πολλές τεχνολογικές εφαρμογές εξαιτίας των τεχνολογικών και οικονομικών πλεονεκτημάτων τους. Χαρακτηριστικές εφαρμογές είναι η κοπή πολύπλοκων σχημάτων, η διάτρηση σε καμπύλες επιφάνειες, η συγκόλληση ανόμοιων υλικών, η επεξεργασία επιφανειών κλπ. Στην παρούσα εργασία εξηγείται η σημαντική αύξηση της διάρκειας ζωής σε κόπωση υλικών που έχουν υποστεί επεξεργασία με ακτίνες laser (διοξειδίου του άνθρακα και excimer). Η παρατηρούμενη επέκταση της διάρκειας ζωής σε κόπωση αποδίδεται στην ανάπτυξη θλιπτικών παραμενουσών τάσεων κατά την διάρκεια της διαδικασίας απομάκρυνσης της βαφής. Το αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης που αναπτύσσεται βασίζεται στη μη-γραμμική συνδυασμένη θερμο-μηχανική ανάλυση τάσεων και παραμορφώσεων και λαμβάνει υπόψη τις εξαρτώμενες από την θερμοκρασία θερμικές και μηχανικές ιδιότητες του υλικού. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης (παραμένουσες τάσεις κατά την διαδικασία απομάκρυνσης βαφής) συμφωνούν καλά με τα αντίστοιχα πειραματικά και κάνουν εφικτή την πρόβλεψη της συμπεριφοράς σε κόπωση υλικών που έχουν υποστεί επιφανειακή κατεργασία με δέσμη laser, με βάση τις πειραματικές καμπύλες κόπωσης του ακατέργαστου υλικού.

[C18] **G. Labeas**, S. Tsirkas, J. Diamantakos and Al. Kermanidis

“Effect of residual stresses due to laser welding on the Stress Intensity Factors of adjacent crack”, *Proc. of 11th International Conference on Fracture, ICF-11*, 20-25 March 2005, Torino, Italy

Στην παρούσα εργασία μελετάται η επίδραση των παραμενουσών τάσεων εξαιτίας συγκόλλησης με δέσμη laser στους συντελεστές έντασης τάσης ρωγμών οι οποίες εμφανίζονται σε περιοχές κοντά στην συγκόλληση. Η προσομοίωση της διαδικασίας συγκόλλησης και του υπολογισμού των συντελεστών έντασης τάσης σε κατασκευές με ρωγή γίνεται με χρήση ενός ‘explicit’ και ενός ‘implicit’ κώδικα πεπερασμένων στοιχείων, αντίστοιχα. Αρχικά υπολογίζονται οι αναπτυσσόμενες παραμένουσες τάσης κατά την διάρκεια της συγκόλλησης δύο επίπεδων πλακών με ακτίνα laser, με εφαρμογή θερμο-μηχανικής χρονικής ανάλυσης. Στη συνέχεια, γραμμική ελαστική ανάλυση χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των συντελεστών έντασης τάσης στις κορυφές της ρωγμής. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της συγκόλλησης επαληθεύονται μέσω της σύγκρισης των υπολογισμένων στρεβλώσεων της συγκολλούμενης κατασκευής με αντίστοιχες πειραματικές τιμές. Λόγω του ότι οι αριθμητικά υπολογιζόμενοι συντελεστές έντασης τάσης δεν μπορούν να επαληθευτούν πειραματικά εξαιτίας της ύπαρξης των παραμενουσών τάσεων, η θραυστομηχανική ανάλυση αξιολογείται μέσω της σύγκρισης των πειραματικά και αριθμητικά υπολογισμένων τιμών για το άνοιγμα της ρωγμής (crack opening displacement). Σε όλες τις περιπτώσεις ανάλυσης παρατηρείται πολύ καλή σύγκλιση μεταξύ των πειραματικών και των αριθμητικών αποτελεσμάτων.

[C19] Sp. G. Pantelakis, **G. Labeas**, Al. Th. Kermanidis and D. Stamatelos

“Numerical simulation of the tensile behaviour of corroded and hydrogen embrittled 2024 T351 aluminum alloy specimen”, *Proc. of Materials for Safety and Health Mesoscopic and Multiscale Consideration in Modern Science and Engineering*, Montreal, Canada (2005) pp. 106-114.

Στην παρούσα εργασία η εφελκυστική συμπεριφορά διαβρωμένων δοκιμών από υλικό 2024-T351 εκτιμήθηκε με βάση την ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές ιδιότητες του υλικού στις περιοχές που υπάρχει βλάβη. Η συνέργεια της επίδρασης της διάβρωσης και της ψαθυροποίησης υδρογόνου λόγω διάβρωσης, ως τύπος βλάβης που συμβαίνει σε τοπική κλίμακα, έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι οδηγεί σε δραματική πτώση της εφελκυστικής μακροσκοπικής ολκιμότητας του κράματος του αλουμινίου 2024. Η πειραματικά παρατηρηθείσα βλάβη εξομοιώνεται στην παρούσα ανάλυση με μια πλευρική ρωγή κατάλληλα υπολογιζόμενου μήκους. Μετά την επαλήθευση της εξομοίωσης, πραγματοποιήθηκε με χρήση του αριθμητικού μοντέλου που αναπτύχθηκε παραμετρική μελέτη για να βρεθεί η επίδραση του πάχους στα αποτελέσματα της αντοχής. Οι εφελκυστικές ιδιότητες που υπολογίστηκαν αριθμητικά είναι σε καλή συμφωνία με τα αντίστοιχα πειραματικά δεδομένα.

[C20] **G. Labeas** and Th. Kermanidis

“Investigation on the stress multiaxiality factor for crack growth prediction using the strain energy density theory”, *Proc. of Materials for Safety and Health Mesoscopic and Multiscale Consideration in Modern Science and Engineering*, Montreal, Canada (2005) pp. 283-291.

Ο συντελεστής πολυαξονικότητας (multiaxiality factor), που ορίζεται ως ο λόγος της ισοδύναμης τάσης von-Mises προς την υδροστατική τάση, έχει συσχετιστεί ποιοτικά στο παρελθόν με την έναρξη και την εξέλιξη της αστοχίας του υλικού σε κατασκευές. Στην παρούσα εργασία αποδείχθηκε πως η θέση γύρω από την κορυφή μιας ρωγμής όπου ο συντελεστής πολυαξονικότητας λαμβάνει την ελάχιστη τιμή είναι μια ένδειξη της διεύθυνσης ελάχιστης αντίστασης του υλικού στη διάδοση ρωγμών. Επίσης προτείνεται ότι η θέση κατά μήκος της διεύθυνσης διάδοσης ρωγμών όπου ο συντελεστής πολυαξονικότητας λαμβάνει τοπικά ελάχιστη τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον προσδιορισμό της κρίσιμης απόστασης από την κορυφή της ρωγμής, που απαιτείται από το γνωστό κριτήριο διάδοσης ρωγμών του Sih. Στη θέση αυτή υπολογίστηκε η πυκνότητα της ενέργειας παραμόρφωσης για να συγκριθεί με την κρίσιμη τιμή της,. Οι θεωρητικές προβλέψεις είναι σε πολύ καλή συμφωνία με τα πειραματικά αποτελέσματα για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις.

[C21] Th. Kermanidis and **G. Labeas**

“Simulation of High Velocity Impact on Composite Aircraft Leading Edge Structures”, *Euro-Pam 2004 Conference*, Paris, 11-13 Octob. 2004

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια προτότυπη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε για την αριθμητική προσομοίωση της πρόσκρουσης πουλιού με μεγάλη ταχύτητα στην κατασκευή χείλους προσβολής (ΧΠ) οριζόντιας πτέρυγας ουράς αεροσκάφους, που βασίζεται στην αρχή του ‘τανυστικού ελάσματος’. Η σχεδιαστική αρχή του ‘τανυστικού ελάσματος’, το οποίο αποτελείται από ένα ή περισσότερα διπλωμένα υποστρώματα που ξεδιπλώνουν κατά την διάρκεια της πρόσκρουσης πουλιού, είναι να εξασφαλίσει στο ΧΠ την ικανότητα υψηλής απορροφίσης ενέργειας κρούσης. Η τεχνική της αριθμητικής προσομοίωσης βασίζεται σε μη-γραμμική δυναμική ανάλυση που έγινε με τον κώδικα πεπερασμένων στοιχείων PAM-CRASH και διεκπεραιώνεται σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση γίνεται μοντελοποίηση της ψευδο-στατικής διείδυσης σε απλές δοκούς από ‘τανυστικό έλασμα’, που είναι αντιπροσωπευτικές της πολύπλοκης κατασκευής του χείλους προσβολής από άποψη δομής, γεωμετρίας, ενισχύσεων και διαστρωμάτωσης των πολύστρωτων πλακών. Ο κύριος στόχος αυτής της φάσης είναι η ανάπτυξη, η ρύθμιση και η επαλήθευση κατάλληλων μοντέλων βλάβης σε συνθήκες κρούσης υψηλής ταχύτητας για τα ενισχυμένα με ίνες σύνθετα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του ΧΠ. Στη δεύτερη φάση της ανάπτυξης του αριθμητικού εργαλείου γίνεται η αριθμητική προσομοίωση των πειραμάτων πρόσκρουσης πουλιού πάνω σε δυο πρότυπες κατασκευές ΧΠ αεροσκάφους. Παρουσιάζονται όλα τα κρίσιμα σημεία της μοντελοποίησης, όπως η πυκνότητα διακριτοποίησης στην περιοχή πρόσκρουσης, οι παράμετροι επαφής μεταξύ επιφανειών, η ρύθμιση παραμέτρων βλάβης των υλικών και η ευκαμψία του υποκατάστατου πουλιού. Η αξιολόγηση της αριθμητικής μεθοδολογίας προσομοίωσης πραγματοποιείται μέσω σύγκρισης των αριθμητικών

και πειραματικών αποτελεσμάτων, το αποτέλεσμα της οποίας είναι η καλή συμφωνία τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά.

[C22] Th. Kermanidis, **G. Labeas** and Sp. Pantelakis  
“Simulation of Bird Strike on a Composite Leading Edge”, *Proc. of the ‘First European Conference for Aerospace Sciences EUCASS’*, July 4-7th, 2005, Moscow

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια μεθοδολογία για την προσομοίωση πρόσκρουσης πουλιού σε ένα πρότυπο χείλος προσβολής από σύνθετα υλικά και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης συγκρίνονται με τα αποτελέσματα πειραματικών δοκιμών πρόσκρουσης πουλιού. Μελετάται μια πρότυπη κατασκευή χείλους προσβολής, η οποία βασίζεται σε χρήση σύνθετων υλικών και στην κατασκευή ‘τανυστικού ελάσματος’, το οποίο έχει υψηλή ικανότητα απορρόφησης ενέργειας, καθώς αποτελείται από διπλωμένες στρώσεις πλεκτού σύνθετου υλικού, που σχεδιάζονται έτσι ώστε να μπορούν να ξεδιπλωθούν κατά την πρόσκρουση και να απορροφήσουν τη ενέργεια κρούσης. Η προσομοίωση πρόσκρουσης πουλιού γίνεται με χρήση του κώδικα PAM-CRASH σε συνδυασμό με τη μέθοδο Smooth Particles Hydrodynamic (SPH), η οποία εφαρμόζεται για να μοντελοποιηθεί το πουλί ως ένα εύκαμπτο σώμα. Περιγράφονται αναλυτικά τα κύρια σημεία της προσομοίωσης, όπως τα μοντέλα βλάβης των πλεκτών σύνθετων υλικών, το μοντέλο του εύκαμπτου πουλιού, η πυκνότητα της διακριτοποίησης στις περιοχές με υψηλή φόρτιση και η αναπαράσταση επαφής μεταξύ υλικών. Τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης συσχετίζονται καλά με τα αποτελέσματα των πειραμάτων πρόσκρουσης πουλιού.

[C23] **G. Labeas** and Th. Kermanidis  
“Impact Behaviour Modelling of a Composite Leading Edge Structure”, *Proc. of Fracture of Nano and Engineering Materials and Structures, 16<sup>th</sup> European Conference on Fracture*, July 3-7, 2006 Alexandroupolis, Greece, pp. 1259-1260 (πλήρης εργασία σε CD-ROM)

Παρουσιάζεται μια μεθοδολογία για αριθμητική προσομοίωση πρόσκρουσης πουλιού σε μια πρότυπη κατασκευή χείλους προσβολής (ΧΠ) της οριζόντιας πτέρυγας ουράς αεροσκάφους. Η πρότυπη κατασκευή ΧΠ βασίζεται στην αρχή του ‘τανυστικού ελάσματος’, το οποίο εξασφαλίζει την απαιτούμενη υψηλή απορρόφηση ενέργειας κρούσης. Η τεχνική προσομοίωσης βασίζεται σε μη-γραμμική δυναμική ανάλυση με χρήση του κώδικα πεπερασμένων στοιχείων PAM-CRASH. Αρχικά αναπτύσσονται κατάλληλα μοντέλα βλάβης των πλεκτών σύνθετων υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του ΧΠ. Στη συνέχεια προσομοιώνονται αριθμητικά πειράματα πρόσκρουσης πουλιού πάνω σε αντιπροσωπευτικές κατασκευές ΧΠ αεροσκάφους. Παρουσιάζονται τα κρίσιμα σημεία μοντελοποίησης, όπως το μοντέλο βλάβης του υποκατάστατου πουλιού-προσκραστήρα, η πυκνότητα διακριτοποίησης στην περιοχή υψηλών φορτίσεων και οι μέθοδοι αναπαράστασης των πραγματικών φαινομένων επαφής δομικών στοιχείων. Οι προσομοιώσεις της παραμόρφωσης και των τύπων αστοχίας βρίσκονται σε καλή συμφωνία με τα πειραματικά αποτελέσματα. Οι δυνάμεις αντίδρασης που υπολογίζονται από την προσομοίωση

είναι επίσης σε καλή συμφωνία με τις μετρημένες πειραματικές τιμές, επομένως το αριθμητικό μοντέλο που αναπτύχθηκε μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αρκετή επιτυχία στην πρόβλεψη της συμπεριφοράς και της εξέλιξης βλαβών αεροναυπηγικών κατασκευών σε κρουστικά φορτία.

[C24] **G. Labeas** and J. Diamantakos

“An Integrated Methodology Assessing the Aging Behaviour of Aircraft Structures”, *Proc. of Fracture of Nano and Engineering Materials and Structures, 16<sup>th</sup> European Conference on Fracture*, July 3-7, 2006 Alexandroupolis, Greece, pp. 1295-1296 (πλήρης εργασία σε CD-ROM)

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια αποτελεσματική μεθοδολογία για τον υπολογισμό της συμπεριφοράς κόπωσης γηράσκοντων (ageing) τμημάτων αεροπορικών δομών σε συνθήκες πολλαπλής βλάβης (Multiple Site Damage – MSD). Η μεθοδολογία περιλαμβάνει την πρόβλεψη της έναρξης ρωγμών, της διάδοσης ρωγμών, της συνένωσης ρωγμών και της τελική αστοχία της δομής. Η ανάλυση τάσεων και ο υπολογισμός των απαραίτητων παραμέτρων θραύσης γίνεται χρησιμοποιώντας τη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων. Για τη μείωση του υπολογιστικού κόστους, λόγω του μεγάλου μοντέλου που απαιτείται και των δυσκολιών διακριτοποίησης που οφείλονται στους υπολογισμούς διάδοσης ρωγμών, χρησιμοποιείται η τεχνική της δημιουργίας υπο-δόμων (sub-structuring) της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων. Επίσης, γίνεται κατάλληλα βηματική και όχι συνεχής ανάλυση όσον αφορά στην αύξηση των κύκλων φόρτισης σε κόπωση, η οποία οδηγεί σε μια περαιτέρω μείωση του υπολογιστικού κόστους.

[C25] Sp.G Pantelakis, P.V. Petroyannis, Al.Th. Kermanidis, D. Stamatelos, **G. Labeas**, E. Kamoutsis, V. Bontozoglou and G.N. Haidemenopoulos

“Numerical Investigation on the tensile behaviour of pre-corroded 2024 Aluminium Alloy”, *Proc. of Fracture of Nano and Engineering Materials and Structures, 16<sup>th</sup> European Conference on Fracture*, July 3-7, 2006 Alexandroupolis, Greece, pp. 1297-1298 (πλήρης εργασία σε CD-ROM).

Πρόκειται για παρουσίαση των αποτελεσμάτων που εμπεριέχονται στην εργασία J16.

[C26] **G. Labeas**, J. Diamantakos and Al. Kermanidis

“Analysis of through cracks behaviour under residual stresses”, *Proc. of the 8th Mesomechanics Conference: Multiscale Behavior of Materials and Structures: Analytical, Numerical and Experimental Simulation*, Porto, Portugal, July 19-22, p.407-417, 2006.

Πολλές μηχανολογικές κατασκευές λειτουργούν με παρουσία παραμενουσών τάσεων, που οφείλονται στις διάφορες θερμο-μηχανικές διεργασίες, όπως, διεργασίες κοπής, διαμόρφωσης, συγκόλλησης, στις οποίες υποβάλλεται το υλικό. Η εμφάνιση ρωγμών στις επηρεαζόμενες ζώνες συγκόλλησης επιδρά στην αντοχή του υλικού. Στην παρούσα εργασία έχει αναπτυχθεί αριθμητική μεθοδολογία για τον υπολογισμό δύο από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξη των ρωγμών, δηλαδή του συντελεστή έντασης τάσης (Stress Intensity Factor - SIF) και



της πυκνότητας ενέργειας παραμόρφωσης (strain energy density). Και οι δύο αυτές παράμετροι απαιτούνται τόσο στην πρόβλεψη της διάδοσης ρωγμής λόγω κόπωσης όσο και για στην εκτίμηση της εναπομείνουσας αντοχής κόπωσης κατασκευών που υποβάλλονται σε συνθήκες σύνθετης φόρτισης. Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε επαληθεύτηκε σε περιπτώσεις απλής φόρτισης, μέσω της σύγκριση των αριθμητικών αποτελεσμάτων με αντίστοιχες αναλυτικές λύσεις. Η αριθμητική διαδικασία στην συνέχεια εφαρμόστηκε στη μελέτη της επίδρασης πιο σύνθετων πεδίων παραμενουσών τάσεων στην τιμή των συντελεστών έντασης τάσεων και στη γωνία διάδοσης της ρωγμής, περιπτώσεις για τις οποίες δεν υπάρχουν αναλυτικές λύσεις.

[C27] Ch.V. Katsiropoulos, N. Tsirakis, **G.N. Labeas**, Sp.G. Pantelakis  
“Optimization of ‘cold’ diaphragm forming process by means of an extensive cost analysis study”, *Proc. of the 28th International Conference and Forums (SAMPE Europe)*, Paris, April 02-04, 2007.

Με σκοπό την παραγωγή κατασκευαστικών στοιχείων από σύνθετο υλικό, με την τεχνική της ‘ψυχρής’ μορφοποίησης με διάφραγμα, που να έχουν συγκεκριμένη ποιότητα και το ελάχιστο δυνατό κόστος, αναπτύχθηκε μια γενικευμένη μεθοδολογία με σκοπό την βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας. Στο πλαίσιο αυτό, πραγματοποιήθηκε μια εκτενής ανάλυση κόστους για την παραγωγή κατασκευαστικών στοιχείων με χρήση της αναπτυχθείσας τεχνικής. Η ανάλυση βασίζεται στις αρχές της μεθόδου ‘Ανάλυσης με Βάση την Δραστηριότητα’ (ΑΒΔ) και είναι πλήρως παραμετρική ως προς τις παραμέτρους της διεργασίας. Χρησιμοποιώντας διαθέσιμα στοιχεία από την παραγωγική διαδικασία, καθώς και από μοντέλα προσομοίωσης τμημάτων της παραγωγικής διεργασίας που αναπτύχθηκαν, αναπτύσσονται συναρτήσεις Εκτίμησης Κόστους (ΣΕΚ) για όλες τις υπο-διεργασίες της τεχνικής που μελετήθηκε. Η ανάλυση κόστους έδειξε ότι το πιο χρονοβόρο και κοστοβόρο βήμα της διεργασίας (εξαιρουμένων των υπο-διεργασιών της προμήθειας του υλικού και των τελικών ελέγχων οι οποίοι περιλαμβάνουν μη καταστροφικές δοκιμές, μετρήσεις των διαστάσεων κ.α.) είναι η προετοιμασία του κατάλληλου εργαλείου-καλουπιού, καθώς και η προετοιμασία του υλικού. Αναπτύχθηκε ένα υπολογιστικό εργαλείο το οποίο αυτοματοποιεί την ανάλυση κόστους και το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην παραμετρική ανάλυση της τεχνικής μορφοποίησης και τον καθορισμό των βέλτιστων παραμέτρων της διεργασίας.

[C28] K.I. Tserpes, P. Papanikos, **G.N. Labeas**, Sp. G. Pantelakis  
“Multi-Scale Modeling of Tensile Behavior of Carbon Nanotube-Reinforced Composites”, *Proc. of the 9th MESOMECHANICS: Particle & continuum aspects of mesomechanics: integrity thresholds for materials and structures*, p. 323-330, Giens, France, May 13-17, 2007.

Στην παρούσα εργασία, αναπτύσσεται ένα στοιχείο όγκου το οποίο συνδυάζει διαφορετικές κλίμακες ανάλυσης για την προσομοίωση της συμπεριφοράς σε εφέλκυσμό σύνθετων υλικών οπλισμένων με νανοσωλήνες άνθρακα. Το στοιχείο συνδυάζει την νανομηχανική με την μηχανική του συνεχούς μέσου γεφυρώνοντας την νανο-κλίμακα με την μεσο-κλίμακα. Η μηχανική συμπεριφορά των νανοσωλήνων άνθρακα προσομοιώνεται με την χρήση ενός μοντέλου προοδευτικής

μοντελοποίησης της αστοχίας το οποίο βασίζεται στο εμπειρικό διατομικό δυναμικό του Morse. Τόσο η μοντελοποίηση της μήτρας όσο και η ανάπτυξη του στοιχείου γίνεται με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Η ανάλυση υποθέτει τέλεια συνάφεια μεταξύ του νανοσωλήνα και της μήτρας ωστόσο η διατμητική τάση που αναπτύσσεται στην διεπιφάνεια νανοσωλήνα/μήτρας ξεπεράσει την αντίστοιχη μέγιστη επιτρεπόμενη τάση. Σε αυτήν την περίπτωση, θεωρούμε ότι λαμβάνει χώρα αποκόλληση του νανοσωλήνα από τη μήτρα και ταυτόχρονα υποβαθμίζονται οι μηχανικές ιδιότητες του νανοσωλήνα. Το προτεινόμενο στοιχείο χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση σύνθετου υλικού πολυμερούς μήτρας ενισχυμένης με νανοσωλήνες άνθρακα. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με δεδομένα του 'κανόνα μίξης'. Παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της δυσκαψίας της μήτρας οφειλόμενη στην παρουσία των νανοσωλήνα άνθρακα. Παραμετρική σπουδή για την επίδραση της αντοχής σε διάτμηση της διεπιφάνειας νανοσωλήνα/μήτρας στην συμπεριφορά του σύνθετου υλικού έδειξε ότι η δυσκαψία του υλικού δεν επηρεάζεται σε αντίθεση με την αντοχή σε εφελκυσμό η οποία παρουσιάζει σημαντική μείωση καθώς η αντοχή σε διάτμηση μειώνεται.

[C29] G. I. Mylonas, **G. N. Labeas**, Sp. G. Pantelakis  
"High strain rate behaviour of Aluminium Alloys using Split Hopkinson Bar (SHB) testing", *Proc. of the International Conference on Experimental Mechanics*, pp. 161-162, Alexandroupolis, Greece, July 1-6, 2007

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι μηχανικές ιδιότητες του κράματος αλουμινίου 7449-T651 κάτω από υψηλές ταχύτητες παραμορφώσεις (1000/s έως 9500/s) και σε υψηλές θερμοκρασίες που ξεκινούν από θερμοκρασία δωματίου μέχρι και τους 300°C (συγκεκριμένα στους 20°C, 80°C, 140°C, 200°C and 300°C). Ο προσδιορισμός των μηχανικών ιδιοτήτων του κράματος πραγματοποιήθηκε με την πειραματική συσκευή Split Hopkinson Bar που είναι εγκατεστημένη στο Εργαστήριο Τεχνολογίας και Αντοχής των Υλικών του Πανεπιστημίου Πατρών. Το όριο διαρροής και το μετρό ελαστικότητας του υλικού υπολογίστηκαν μετά από την επεξεργασία πειραματικών δεδομένων πειραμάτων θλίψης σε υψηλές ταχύτητες παραμόρφωσης. Η επίτευξη της απαιτούμενης θερμοκρασίας πραγματοποιήθηκε με απότομη θέρμανση των δοκιμών σε φούρνο. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο η θερμοκρασία, όσο και οι υψηλές ταχύτητες παραμόρφωσης έχουν σημαντική επίδραση στις μηχανικές ιδιότητες του υλικού που εξετάστηκε.

[C30] **G. N. Labeas**, M. Sunaric  
"Failure behaviour investigation of metallic open lattice cellular structures", *Proc. of the International Conference on Experimental Mechanics*, pp. 775-776, Alexandroupolis, Greece, July 1-6, 2007

Ο κυψελωτός πυρήνας κυψελωτών κατασκευών τύπου σάντουιτς μελετάται στην παρούσα εργασία. Για τις μεταλλικές κυψελωτές κατασκευές με κυψέλη ανοιχτού τύπου γίνεται πρόβλεψη του μέτρου ελαστικότητας και του κρίσιμου φορτίου λυγισμού διαφορετικών γεωμετρικών τύπων κυψελωτού πυρήνα, με χρήση μη-γραμμικής αριθμητικής ανάλυσης. Οι υπολογισθείσες τιμές συγκρίνονται με πειραματικά δεδομένα που προκύπτουν από πειράματα θλίψης σε κατασκευές

κυψελωτού πυρήνα. Στη συνέχεια πραγματοποιείται παραμετρική σπουδή για τον προσδιορισμό της επίδρασης του μήκους και της ακτίνας διατομής των ράβδων του κυψελωτού πυρήνα, καθώς και της γεωμετρίας και του μεγέθους της 'στοιχειώδους κυψέλης' στην συμπεριφορά της κατασκευής. Η μέγιστη παραμόρφωση της κατασκευής, η οποία χαρακτηρίζει την ικανότητα απορρόφησης ενέργειας παραμόρφωσης προσεγγίζεται με χρήση απλής μεθόδου της μηχανικής.

[C31] I. Diamantakos, **G. Labeas**, G. Moraitis  
"Numerical Simulation of LBW Process and Damage Tolerance Analysis of Welded Structures", in *Proc. of the European Workshop of Short Distance Welding Concepts for Airframes*, GKSS Research Centre, Hanmurg, Gemany, June 13-15, 2007

Στην παρούσα εργασία μελετάται η επίδραση των παραμενουσών τάσεων λόγω συγκόλλησης με laser στην ανοχή σε βλάβη συνδέσμων με γεωμετρία-T (T-joints). Για το σκοπό αυτό υπολογίζονται οι παραμένουσες τάσεις στην κατασκευή χρησιμοποιώντας αριθμητική προσομοίωση της διαδικασίας συγκόλλησης με Πεπερασμένα Στοιχεία (ΠΣ). Αρχικά υπολογίζεται με μη-γραμμική χρονική (transient) ανάλυση η μεταβολή της θερμοκρασίας στην κατασκευή λόγω της μετακινούμενης θερμικής πηγής της ακτίνας laser. Το θερμοκρασιακό πεδίο που υπολογίζεται χρησιμοποιείται στη συνέχεια ως θερμική φότιση μη-γραμμικής μηχανικής ανάλυσης, από την οποία υπολογίζονται οι πλαστικές παραμορφώσεις και οι παραμένουσες τάσεις του συνδέσμου. Στη συνέχεια θεωρούνται τυπικές ρηγματώσεις στην κατασκευή και υπολογίζεται η επίδραση των παραμενουσών τάσεων καθώς και των εξωτερικά επιβαλλόμενων φορτίων στους συντελεστές έντασης τάσεων κατά το βάθος του μετώπου της ρωγμής, για διάφορα μήκη ρωγμών. Από τη μελέτη προκύπτει ότι οι παραμένουσες τάσεις, καθώς και η αλλαγή γεωμετρικών παραμέτρων του συνδέσμου έχουν σημαντική επίδραση στους υπολογιζόμενους συντελεστές έντασης τάσεων.

[C32] **G. Labeas**  
"Crashworthiness of Composite Aircraft Structures", in *Proc. of 1<sup>st</sup> European Air and Space International Conference CEAS*, Berlin, Germany, September 10-13, 2007.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται επιλεγμένα ερευνητικά αποτελέσματα από την ερευνητική περιοχή της καταπόνησης αεροπορικών κατασκευών κατασκευασμένων από σύνθετα υλικά σε κρούση χαμηλών και υψηλών ταχυτήτων. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται δημιουργήθηκαν στα πλαίσια των Ευρωπαϊκών ερευνητικών προγραμμάτων «Design for Crash Survivability –CRASURV», «Crashworthiness of aircraft for high velocity impact – CRAHVI» και «Cellular Structures for Impact Performance – CELPACT». Στο πρώτο μέρος της εργασίας περιγράφονται κάποιες αρχές σχεδιασμού κατασκευών από σύνθετα υλικά για μέγιστη ασφάλεια των επιβατών σε περίπτωση πρόσκρουσης. Περιγράφεται λεπτομερειακά ο σχεδιασμός του 'τανυστικού ελάσματος', το οποίο αποτελείται από διπλωμένα στρώματα σύνθετων υλικών που κατά την πρόσκρουση ξεδιπλώνουν και αυξάνουν την ικανότητα απορρόφησης ενέργειας της κατασκευής. Στο δεύτερο μέρος

παρουσιάζεται ο σχεδιασμός χείλους προσβολής αεροσκάφους από σύνθετα υλικά για μέγιστη απορρόφηση ενέργειας πρόσκρουσης πτηνού. Το τρίτο μέρος ασχολείται με την εισαγωγή κυψελωτών υλικών στο σχεδιασμό αντοχής σε κρούση, με έμφαση στα μεταλλικά κυψελωτά υλικά ανοιχτού τύπου.

[C33]. Sp.G.Pantelakis, Ch.V.Katsiropoulos, **G.N.Labeas**

“A new software tool for optimizing composite processes with regard to quality and cost”, *to be published in Proc. of the 2nd International Conference "Supply on the wings"*, Frankfurt/Main, Germany, October 24-25, 2007.

Με σκοπό την παραγωγή κατασκευαστικών στοιχείων από σύνθετο υλικό με συγκεκριμένη ποιότητα με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση κόστους, αναπτύχθηκε ένα νέο υπολογιστικό εργαλείο για την βελτιστοποίηση διεργασιών παραγωγής, μορφοποίησης και συγκόλλησης. Το υπολογιστικό εργαλείο LTSM-OPT βασίζεται σε μια γενικευμένη μεθοδολογία η οποία αναπτύχθηκε για την βελτιστοποίηση διεργασιών που χρησιμοποιούνται στα θερμοπλαστικά σύνθετα υλικά με κριτήριο την ποιότητα και το κόστος του παραγόμενου προϊόντος. Αναφέρεται κυρίως σε διεργασίες στις οποίες μπορούν να γίνουν αλλαγές στις παραμέτρους και τα χαρακτηριστικά της διεργασίας και έχει ως αρχή το γεγονός ότι ο κύκλος θέρμανσης που χρησιμοποιείται για την διεργασία είναι σημαντικός για την ποιότητα αλλά και το κόστος του παραγόμενου προϊόντος. Με χρήση του LTSM-OPT γίνεται βελτιστοποίηση της τεχνικής ‘ψυχρής’ μορφοποίησης με διάφραγμα, η οποία περιλαμβάνει σύστημα θέρμανσης του σύνθετου υλικού εκτός του καλουπιού με χρήση λαμπών υπέρυθρης ακτινοβολίας.

[C34]. **G. Labeas** and I. Diamantakos

“Calculation of stress intensity factors of cracked T-joints considering laser beam welding residual stresses”, *In Proc. of First International Conference on Damage Tolerance of Aircraft Structures*, R. Benedictus, J. Schijve, R.C. Alderliesten, J.J. Homan (Eds.), TU Delft, The Netherlands, 24-28 Sept. 2007

Στην παρούσα εργασία προτείνεται μια μεθοδολογία για την ανάλυση της δομικής ακεραιότητας κατασκευών συγκολλημένων με laser. Αρχικά υπολογίζονται οι παραμένουσες τάσεις σε συγκολλημένους συνδέσμους γεωμετρίας-T (T-joints) μέσω της προσομοίωσης της διαδικασίας συγκόλλησης με laser. Υποθέτοντας διαμπερείς ρωγμές μεταβλητού μήκους στην περιοχή της συγκόλλησης υπολογίζονται αριθμητικά οι Συντελεστές Έντασης Τάσης (ΣΕΤ) εισάγοντας κατά την ανάλυση και το υπολογισμένο πεδίο παραμενουσών τάσεων. Αναπτύσσεται και εφαρμόζεται μια ειδική ρουτίνα βασισμένη σε τεχνικές παρεμβολής, ώστε να γίνει δυνατή η μεταφορά του πεδίου παραμενουσών τάσεων από το μοντέλο ΠΣ που χρησιμοποιείται για την θερμομηχανική προσομοίωση της συγκόλλησης, σε αυτό που είναι απαραίτητο για την ανάλυση της ρηγματωμένης δομής, καθώς τα δύο αυτά μοντέλα έχουν διαφορετικές απαιτήσεις διακριτοποίησης. Ο υπολογισμός των ΣΕΤ γίνεται για εξωτερικά επιβαλλόμενο φορτίο με διεύθυνση κάθετη στη ρωγμή (mode-I). Αποδεικνύεται πως οι παραμένουσες τάσεις και η διαμόρφωση του συνδέσμου γεωμετρίας-T επηρεάζουν σημαντικά τις τιμές του ΣΕΤ στα διάφορα σημεία του μετώπου της ρωγμής.

C35. **G. Labeas**, I. Diamantakos and Th. Kermanidis  
'Analysis of crack patterns under three-dimensional residual stress field', in *Proc. of 1<sup>st</sup> International Conference of Engineering Against Fracture*, Patras, Greece, 28-30 May 2008.

Πρόκειται για παρουσίαση – περίληψη της εργασίας J33.

C36. **G. Labeas**, M. Sunaric and V. Ptochos  
'Mechanical Properties and Failure Investigation of Metallic Open Lattice Cellular Structures', in *Proc. of 1<sup>st</sup> International Conference of Engineering Against Fracture*, Patras, Greece, 28-30 May 2008.

Πρόκειται για παρουσίαση – περίληψη της εργασίας J36.

C37. **G. Labeas**, M. Sunaric and V. Ptochos  
'Damage Analysis of Metallic Open-Lattice Cellular Cores Under Static and Dynamic Loading', in *Proc. of 9<sup>th</sup> Intl. Conf. Computational Structures Technology*, Athens 2-5 September 2008

Πρόκειται για παρουσίαση – περίληψη της εργασίας J36

C38. G. I. Mylonas, U. Heckenberger, **G. N. Lampeas**  
"Investigation on shot-peening induced residual stress field", in *Proc. of 'International Conference on Distortion Engineering. (IDE)'*, Bremen, 2008.

Πρόκειται για παρουσίαση – περίληψη της εργασίας J42

- **Μετά τη μονιμοποίηση στη θέση του Επίκουρου Καθηγητή (2008), έχουν παρουσιαστεί σε διεθνή συνέδρια με κρίση πλήρους εργασίας οι παρακάτω εργασίες:**

C39. K. Tserpes and **G. Labeas**  
'Numerical Analysis of a Flap Track Beam Made of Novel Non-Crimp Fabric Composites', in *Proc. of Composites 2009-2<sup>nd</sup> ECCOMAS Thematic Conference 'Mechanical Response of Composites'*, Imperial College London, UK, April 1-3, 2008

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η συμπεριφορά του συστήματος νανοσωληνίσκων άνθρακα που είναι τοποθετημένα μέσα σε πολυμερή μήτρα. Για τη μελέτη χρησιμοποιείται η θεωρία '*cohesive zone model (CZM)*', που ενσωματώνεται στο αντίστοιχο μοντέλο Πεπερασμένων Στοιχείων. Το μοντέλο CZM βασίζεται σε νόμο αποκόλλησης εκθετικής μορφής, στο οποίο λαμβάνεται υπόψη και η αστοχία του νανοσωληνίσκου. Τα αριθμητικά αποτελέσματα περιλαμβάνουν καμπύλες δύναμης-μετατόπισης καθώς και διαγράμματα τάσεων στη διεπιφάνεια, από τα οποία προκύπτει η επίδραση του ποσοστού των νανοσωληνίσκων άνθρακα στη μηχανική συμπεριφορά του συστήματος.

- C40. **G. Labeas**, Al. Johnson, R. Mines and M. Klaus  
'The Impact Performance of Sandwich Structures With Innovative Cellular Metal And Folded Composite Cores', in SAMPE Europe 30th International Conference and Forum, Paris, 23-25 March, 2009

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται διαφορετικοί τύποι κυψελωτών δομών με διαφορετικές γεωμετρίες και υλικά πυρήνα. Τα διαφορετικά συστήματα κυψελωτού πυρήνα αναπτύσσονται στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος CELPACT., με στόχο τη βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς του συστήματος σε συνθήκες κρούσης. Στο πλαίσιο αυτό, τα συστήματα αυτά εξετάζονται τόσο πειραματικά, όσο και αναλυτικά, σε φορτίσεις χαμηλής και υψηλής ταχύτητας κρούσης. Από τη μελέτη προέκυψε ότι οι κυψελωτοί πυρήνες ανοιχτού τύπου που μελετήθηκαν παρουσιάζουν συμπεριφορά αντίστοιχη των συμβατικών κυψελωτών συστημάτων, επιδικνύοντας πολύ καλή ικανότητα απορρόφησης ενέργειας.

Μετά την εκλογή στη θέση του Αναπληρωτή Καθηγητή (2010), έχουν παρουσιαστεί σε διεθνή συνέδρια με κρίση πλήρους εργασίας οι παρακάτω εργασίες:

- C41. Hack, E., **Lampeas, G.**, Mottershead, J., Patterson, E., Siebert, T., Whelan, M.  
Standards for validating stress analyses by integrating simulation and experimentation, in Society for Experimental Mechanics - SEM Annual Conference and Exposition on Experimental and Applied Mechanics 1, pp. 100-106, Indianapolis, 7-10 June 2010.

Περιγράφονται οι εργασίες για τον σχεδιασμό ενός νέου υλικού αναφοράς (reference material, RM), για χρήση με όργανα ή συστήματα ικανά να μετρήσουν μετατοπίσεις και παραμορφώσεις στο τρισδιάστατο πεδίο κατά τη διάρκεια δυναμικών φαινομένων. Προσδιορίστηκαν είκοσι πέντε χαρακτηριστικά – ιδιότητες και επιλέχθηκαν επτά από αυτά ως παράμετροι ουσιαστικής σημασίας για οποιοδήποτε επιτυχημένο σχεδιασμό. Πιο συγκεκριμένα, οι οριακές συνθήκες πρέπει να μπορούν να αναπαραχθούν; ένα εύρος εντός-επιπέδου (in-plane) και εκτός-επιπέδου (out-of-plane) τιμών μετατόπισης πρέπει να υπάρχει εντός του οπτικού πεδίου; το υλικό αναφοράς πρέπει να είναι ανθεκτικό και φορητό; να είναι δυνατή η επιτόπια επιβεβαίωση της απόδοσης; Τέλος, για περιπτώσεις κυκλικής φόρτισης πρέπει να παρέχεται η δυνατότητα εξαγωγής των δεδομένων σε ολόκληρη τη διάρκεια του κύκλου. Περισσότερα από τριάντα υποψήφια σχέδια αναπτύχθηκαν, τα οποία μειώθηκαν σε εννιά βιώσιμα σχέδια για περαιτέρω αξιολόγηση. Παράλληλα με αυτήν την προσπάθεια σχεδιασμού του υλικού αναφοράς, περιγράφονται οι εργασίες βελτιστοποίησης μεθοδολογιών για τη διεξαγωγή αναλύσεων μέσω προσομοιώσεων και πειραμάτων που βρίσκονται σε εξέλιξη. Οι μέθοδοι αποσύνθεσης εικόνας (Image decomposition methods) διερευνώνται ως μέσο για την επίτευξη ποσοτικών συγκρίσεων μεταξύ δεδομένων πλήρους πεδίου από προσομοιώσεις και πειράματα, προκειμένου να αναπτυχθεί μία ολοκληρωμένη διαδικασία επαλήθευσης.

- C42. Sp. Pantelakis, K.I. Tserpes, **G. Labeas**  
A study on the mechanical behavior of textile composite and hybrid materials using multi-scale modeling and experiments, 12<sup>th</sup> International Congress on Mesomechanics (MESO 2010), Taipei, Taiwan, 21-25 June, 2010.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J38

C43. Feligiotti, M., Hack, E., **Lampeas, G.**

Methodology for assessing impact damage using integrated simulation and experimentation, in ICEM14, Poitiers, 4-9 July, EPJ Web of Conferences 6, 46008, (2010).

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J44.

C44. Hack, E., Burguete, R.L., Siebert, T., Davighi, A., Mottershead, J., **Lampeas, G.**, Ihle, A., Pipino, A., Patterson, E.A.

Validation of full-field techniques: discussion of experiences, ICEM14, Poitiers, 4-9 July, in F. Bremand (Ed.), EPJ Web of Conferences 6, 46004, (2010).

Η τεκμηρίωση της ακρίβειας και η βαθμονόμηση των οπτικών τεχνικών πλήρους πεδίου, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της παραμόρφωσης και μετατόπισης στην πειραματική μηχανική αποτελούν προϋπόθεση για την επαλήθευση αριθμητικών μεθόδων ανάλυσης τάσεων. Αυζητώνται οι εμπειρίες όσον αφορά την επαλήθευση και βαθμονόμηση τυπικών, καθημερινών μετρήσεων με διαφορετικές οπτικές μεθόδους με έμφαση στα ακόλουθα θέματα: (i) εμπειρία στη βαθμονόμηση μετρητικού εξοπλισμού που βασίζεται στην απεικόνιση (ii) μετρήσεις αναφοράς και εργαλεία βαθμονόμησης (iii) τεκμηρίωση της ακρίβειας αναλύσεων με πεπερασμένα στοιχεία μέσω σύγκρισης με πειραματικά δεδομένα και (iv) ο παράγοντας της αβεβαιότητας στις μετρήσεις πλήρους πεδίου.

C45. **Lampeas, G.**, Siebert, Th.

Validation of non-linear dynamic simulations through full field optical methods, ICEM14, Poitiers, 4-9 July, France, in F. Bremand (Ed.), EPJ Web of Conferences 6, 2010.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J43.

C46. **G. Lampeas**, E. Hack, M. Feligiotti, T. Siebert, A. Pipino and A. Ihle

Assessment of impact damage in CFRP by combined thermal and speckle methods, in ICEM14, 4-9 July, France, 2010.

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζονται πειραματικά αποτελέσματα από συνδυασμένες θερμικές και DSPI μετρήσεις σε διάφορα δοκίμια από ενισχυμένο με ίνες πολυμερές, τα οποία προηγουμένως έχουν υποστεί κρούση σε πύργο κρούσης. Η μέθοδος DSPI χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της επίδρασης της βλάβης, δηλαδή της διαφοράς στο πεδίο των μετατοπίσεων ή των παραμορφώσεων ανάμεσα σε ένα άθικτο δοκίμιο και σε ένα δοκίμιο με βλάβη, ενώ η μέθοδος ενεργούς θερμογραφίας (active thermography) χρησιμοποιείται για να δώσει συμπληρωματικές πληροφορίες σχετικά με το είδος και το μέγεθος της βλάβης.

C47. Feligiotti, M., Hack, E., **Lampeas, G.**, Siebert, Th., Pipino, A., Ihle, A.  
Assessment of impact damage in CFRP by combined thermal and speckle methods,

Speckle 2010, Florianopolis, BR, 13-15 September, Proceedings of the SPIE, Volume 7387, pp. 73870H-73870H-8, 2010.

Πρόκειται για περίληψη της εργασίας J43.

- C48. Ch. Katsiropoulos, A. Hamos, K. Tserpes, and **G. Labeas**  
Fracture toughness and shear behavior of composite bonded joints: the effect of thermal treatment, ageing and adhesive thickness, in proc. of 1<sup>st</sup> EASN Workshop on Aerostructures, Paris, 7-8.10.2010.

Σε αυτήν την εργασία χαρακτηρίστηκε πειραματικά η μηχανική συμπεριφορά της καινοτόμου κόλλας LMB που αναπτύχθηκε για αεροδιαστημικές εφαρμογές. Προκειμένου να αξιολογηθεί η κόλλα LMB συγκρίθηκε η συμπεριφορά της με αυτήν της κόλλας 1590 A/B στην βάση της επίδρασης της θερμικής γήρανσης, της απορρόφησης υγρασίας και του διαφορετικού πάχους της κόλλας στην δυσθραυστότητα σε φόρτιση τύπου-I και τύπου-II καθώς και στην συμπεριφορά σε διάτμηση (σε εφελκυσμό και κόπωση) συνδέσεων μεταξύ πολύστρωτων CFRP πλακών. Μετά το πέρας των πειραμάτων πραγματοποιήθηκε φρακτογραφική ανάλυση επί των επιφανειών αστοχίας με σκοπό την αναγνώριση του τύπου αστοχίας των συνδέσεων. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ανώτερη δυσθραυστότητα και συμπεριφορά σε κόπωση της νέας κόλλας.

- C49. **G. Lampeas**, Th. Siebert, V.Pasialis  
Non-linear dynamic simulation and experimental validation of sandwich structures, in proc. of 1<sup>st</sup> EASN Workshop on Aerostructures, Paris, 7-8.10.2010.

Η καινοτόμος σχεδίαση των οχημάτων μεταφοράς πρέπει να επιβεβαιώνεται, ώστε να παρουσιάζει αξιοπιστία και να παρέχει εμπιστοσύνη. Η πιο κοινή προσέγγιση σχεδιασμού τέτοιων δομών περιλαμβάνει προσομοιώσεις βασισμένες στην Ανάλυση Πεπερασμένων Στοιχείων, οι οποίες απαιτούν αξιόπιστες τεχνικές επαλήθευσης της ακρίβειας, ειδικά αν χρησιμοποιούνται ανισότροπα υλικά, όπως τα ενισχυμένα με ίνες πολυμερή, ή πολύπλοκος σχεδιασμού, όπως είναι οι δομές σάντουιτς. Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την ενσωμάτωση προηγμένων τεχνικών αριθμητικής ανάλυσης και δεδομένων οπτικών συστημάτων πλήρους πεδίου, προκειμένου να βελτιώσει την ποιότητα και των δύο μεθόδων και να αυξήσει την αξιοπιστία του σχεδιασμού.

- C50. Β. Πτωχός, **Γ.Ν. Λαμπέας**  
Ανάλυση Κυψελωτού Πυρήνα ανοικτού τύπου, EME - 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μεταλλικών Υλικών, Θεσσαλονίκη, 04-05.11.2010.

Στην παρούσα εργασία γίνεται χρήση της Τεχνικής Θεωρίας Κάμψης Δοκών για τον υπολογισμό του μέτρου ελαστικότητας και του λόγου Poisson ενός κυψελωτού πυρήνα ανοικτού τύπου που αποτελείται από στοιχεία δοκού. Στην συνέχεια για να επιβεβαιωθούν τα αποτελέσματα της αναλυτικής λύσης γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών με αντίστοιχα αποτελέσματα που προκύπτουν από την επίλυση της ίδια κατασκευής με χρήση πεπερασμένων στοιχείων. Από την



σύγκριση αυτή διαπιστώνεται ότι υπάρχει πολύ καλή συμφωνία μεταξύ της αναλυτικής και αριθμητικής προσέγγισης.

C51. Γ. Ι. Μυλωνάς, **Γ. Ν. Λαμπέας**

Αριθμητική και Αναλυτική προσέγγιση των παραμέτρων της κατεργασίας επιφανειών με βολή σωματιδίων, EME, 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μεταλλικών Υλικών, 4-5.11.2010.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των βασικών παραμέτρων της κατεργασίας με βολή σωματιδίων ή "shot peening" και η επίδρασή τους στο υπό-κατεργασία υλικό. Για την πραγματοποίηση της μελέτης αναπτύχθηκε ένα αριθμητικό μοντέλο τριών διαστάσεων που περιλαμβάνει μία πλάκα και μία σφαίρα. Αρχικά τα αριθμητικά αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τις αναλυτικές λύσεις από την ελαστική θεωρία του Hertz. Στην συνέχεια, τα αριθμητικά αποτελέσματα που υπολογίστηκαν από το μοντέλο με ελαστοπλαστική συμπεριφορά για την πλάκα συγκρίθηκαν με αντίστοιχα πειραματικά, τα οποία περιλαμβάνουν μετρήσεις των παραμενουσών τάσεων κατά το βάθος της πλάκας με την μέθοδο της διάνοιξης οπής (hole drilling). Οι μετρήσεις των παραμενουσών τάσεων πραγματοποιήθηκαν έπειτα από την εφαρμογή της κατεργασίας με συγκεκριμένες παραμέτρους (ταχύτητα, διάμετρος σφαίρας κτλ.).

C52. Victor B. Watiti, **George N. Labeas**

Finite Element Optimization of Deep Drawing Processes forming parameters for magnesium alloys, 13<sup>th</sup> ESAFORM Conference, Brescia, 2010.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J39.

C53. E. Hack, E.A. Patterson, **G. Lampeas**, J. Mottershead, T. Siebert, and M. Whelan

Using full-field measurement techniques to validate simulations of dynamic events, in Proc. of Photomechanics Conference, Brussels, 7-9 Feb. 2011.

Η σύγκριση πειραματικών και αριθμητικών δεδομένων είναι μία ζωτικής σημασίας διαδικασία στην ανάλυση κατασκευών. Ο μηχανικός πρέπει να αποφασίσει κατά πόσον το επίπεδο συμφωνίας των αριθμητικών αποτελεσμάτων με αντίστοιχα πειραματικά είναι αποδεκτό και εάν η προσομοίωση μπορεί να θεωρηθεί έγκυρη για την προοριζόμενη χρήση της. Μία ποσοτική εκτίμηση για την αντιστοίχιση δύο συνόλων δεδομένων αναπτύσσεται, ώστε να ενσωματωθεί σε διαδικασίες βαθμονόμησης συστημάτων μέτρησης πλήρους πεδίου βασισμένων σε οπτικά δεδομένα, καθώς και στη σύγκριση με αριθμητικές προσομοιώσεις. Το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα ADVISE, στα πλαίσια του FP7 περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως την ανάπτυξη ενός δυναμικού υλικού αναφοράς καθώς και στρατηγικών σύγκρισης για την τεκμηρίωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων που εξάγονται από αριθμητικές αναλύσεις.

C54. Christos Katsikeros, Claudio Sbarufatti, George Lampeas, Ioannis Diamantakos

'SHM System based on ANN for Aeronautical Applications', International Conference on Materials and Applications for Sensors and Transducers, Kos Island, Greece, May 13-17, 2011.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J53.

- C55. Hack, E.; **Lampeas, G.**; Mottershead, J. E.; Patterson, E. A.; Siebert, Th.; Whelan, M. Progress in developing a standard for dynamic strain analysis, Proc. of the SEM Annual Conference and Exposition on Experimental and Applied Mechanics 2011, Connecticut USA June 13 - 16, pp. 425-429, 2011.

Μια κοινοπραξία διεθνών οργανισμών, που προέρχονται από όλο το φάσμα καινοτομίας στις επιστήμες του μηχανικού, ασχολείται με την επέκταση προηγούμενης εργασίας, ώστε να καταστεί δυνατή η βαθμονόμηση συσκευών που έχουν την ικανότητα να κάνουν μετρήσεις πλήρους πεδίου (full-field) παραμορφώσεων στο επίπεδο (in-plane) και εκτός επιπέδου (out-of-plane), οι οποίες προκύπτουν από χρονικά μεταβαλλόμενη φόρτιση (επαναλαμβανόμενη, κυκλική ή τυχαία). Τα προκαταρκτικά σχέδια για ένα υλικό αναφοράς ολοκληρώθηκαν και δοκιμάστηκαν στα πλαίσια μια άσκησης τύπου round-robin. Η κοινοπραξία αναπτύσσει κατάλληλες διαδικασίες επιβεβαίωσης βασιζόμενες στη χρήση μεθοδολογιών αποσύνθεσης εικόνας (image decomposition) ώστε να γίνουν δυνατές συνολικές και ποσοτικές συγκρίσεις μεταξύ δεδομένων παραμορφώσεων που προκύπτουν από πειράματα και από προσομοιώσεις.

- C56. **G. Labeas**, V. Ptochos  
Investigation of sandwich structures with innovative cellular metallic cores impact performance, 2nd International Conference of Engineering Against Fracture (ICEAF II), Mykonos, GREECE, 22-24 June 2011.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J56.

- C57. **G. Labeas**, V. Ptochos  
Experimental and Numerical Analysis of Sandwich structures with composite skins and cellular core, 16th International Conference on Composite Structures, ICCS 16, Porto, 28-30.06.2011.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J54.

- C58. **George Lampeas**, Vasilis Pasialis, Thorsten Siebert, Mara Feligiotti, Andrea Pipino  
Validation of impact simulations of a car bonnet by full-field optical measurements, ISEV, Edinburgh, UK, 7-9 September 2011.

Πρόκειται για περίληψη της εργασίας J43.

- C59. G. Mylonas, **G. Labeas**  
A comprehensive stream analysis and a numerical simulation of shot peening for the prediction of corresponding products, 11<sup>th</sup> International Conference on Shot Peening, South Bend, Indiana, USA, 12-15.09.2011.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J47.

C60. **Lampeas G.**

Validation of non-linear dynamic simulations through full field optical methods, The International Workshop on Validation of Computational Solid Mechanics Models, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China, 18 – 20 October 2011.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται επιλεγμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα επιβεβαίωσης αριθμητικών προσομοιώσεων με χρήση οπτικών μεθοδολογιών για την καταγραφή μετατοπίσεων και παραμορφώσεων πλήρους πεδίου.

C61. **G.N. Labeas**, N. G. Perogamvros

Macro-modeling of Composite Material Bolted Joints, ICCES'12 Crete, Greece, April 30 - May 4, 2012.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J75.

C62. **Labeas G.**, Pasialis, V.

On the use of optical methods in the validation of non-linear dynamic simulations of sandwich structures, 14th International Congress on Mesomechanics, Budapest, Hungary, Sept.25-28, 2012.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται κάποια από τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J66.

C63. **G.N. Labeas**, T. Kermanidis, S.G. Pantelakis

Forming limit prediction of parts formed by Incremental Sheet Forming, 3rd International Conference of Engineering Against Failure (ICEAF III), Kos, Greece, 26- 28 June 2013.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε πειραματικά η ικανότητα διαμόρφωσης του ελάσματος τιτανίου Ti-40. Η μελέτη χωρίζεται σε δύο μέρη: στο πρώτο μέρος αποτιμάται η επίδραση του επιβαλλόμενου ρυθμού παραμόρφωσης και η επίδραση της διεύθυνσης του υλικού ως προς την έλαση στη συμπεριφορά εφελκυσμού μέσω της διενέργειας κλασικών δοκιμών εφελκυσμού. Επιπλέον από τις εν λόγω δοκιμές υπολογίζονται οι παράμετροι εργοσκήρυνσης και ανισοτροπίας του υλικού. Στο δεύτερο μέρος, τα όρια διαμορφωσιμότητας του κράματος τιτανίου αποτιμώνται πειραματικά μέσω της διενέργειας δοκιμών Nakajima και τα διαγράμματα διαμορφωσιμότητας που προκύπτουν συγκρίνονται με αντίστοιχα διαγράμματα κραμάτων τιτανίου που υπάρχουν διαθέσιμα στη βιβλιογραφία.

C64. **G.N. Labeas**, C. Katsikeros

Strain based delamination identification of composite panels, 3rd International Conference of Engineering Against Failure (ICEAF III), Kos, Greece, 26- 28 June 2013.

Η εκτίμηση της βλάβης κατασκευών από συνθέτα υλικά είναι κρίσιμη για την παρακολούθηση της δομικής ακεραιότητας των μηχανολογικών κατασκευών. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να ανιχνεύονται βλάβες μη ορατές από το ανθρώπινο μάτι που προκαλούνται π.χ. από κρούση χαμηλής ταχύτητας. Οι ανέπαφες οπτικές τεχνικές ανίχνευσης επιτρέπουν μετρήσεις πλήρους πεδίου της απόκρισης της δομής. Στην παρούσα εργασία, προτείνεται μια μεθοδολογία για τον εντοπισμό βλάβης διαστρωματικής αποκόλλησης από τις τοπικές επιπτώσεις στο επιφανειακό πεδίο παραμορφώσεων, οι οποίες μετρώνται με οπτικές μεθόδους πλήρους πεδίου. Ως μετρούμενο δομικό αποτέλεσμα θεωρούνται οι επιφανειακές παραμορφώσεις ενός πλαισίου από σύνθετο υλικό με διαστρωματική αποκόλληση υπό εφελκυστική φόρτιση. Εφαρμόζεται η προσέγγιση περιγραφής των δεδομένων με ροπές Zernike, για την εξαγωγή ενός μικρού αριθμού χαρακτηριστικών παραμέτρων του πεδίου παραμορφώσεων. Στην συνέχεια πραγματοποιείται ανάλυση ανεξάρτητων συνιστωσών, με σκοπό τη χαρτογράφηση των παραμέτρων βλάβης για τη σχηματοποίηση των χαρακτηριστικών της κατανομής παραμορφώσεων, από την οποία προσδιορίζεται η περιοχή διαστρωματικής αποκόλλησης.

**C65. G.N. Labeas**

Strain in Validation of Solid Mechanics Simulations, plenary paper in 3rd International Conference of Engineering Against Failure (ICEAF III), Kos, Greece, 26- 28 June 2013.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι δραστηριότητες που αφορούν στην ανάπτυξη ενός ευρωπαϊκού προτύπου, για την επιβεβαίωση αριθμητικών προσομοιώσεων με χρήση οπτικών μεθοδολογιών για την καταγραφή μετατοπίσεων και παραμορφώσεων πλήρους πεδίου.

**C66. George Labeas, Christos Katsikeros**

Damage identification in composite structures using full-field strain data, 5th Eucass - European Conference for Aerospace Sciences - Munich, Germany, 1-4 July 2013.

Στην παρούσα εργασία, προτείνεται μια μεθοδολογία για τον εντοπισμό βλάβης διαστρωματικής αποκόλλησης, από τις τοπικές αλλαγές στο επιφανειακό πεδίο παραμορφώσεων, οι οποίες μετρώνται με οπτικές μεθόδους πλήρους πεδίου. Ως μετρούμενο δομικό αποτέλεσμα της βλάβης θεωρούνται οι επιφανειακές παραμορφώσεις ενός πλαισίου από σύνθετο υλικό με διαστρωματική αποκόλληση υπό εφελκυστική φόρτιση. Εφαρμόζεται συμπύκνωση των δεδομένων με βάση τη μεθοδολογία περιγραφής τους με ροπές Zernike για την εξαγωγή ενός μικρού αριθμού χαρακτηριστικών παραμέτρων του πεδίου παραμορφώσεων. Παράλληλα εκπαιδεύτηκε ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο (ΤΝΔ) για τη σχηματοποίηση των χαρακτηριστικών της κατανομής παραμορφώσεων από τη χαρτογράφηση των παραμέτρων βλάβης. Στη συνέχεια, το ΤΝΔ χρησιμοποιήθηκε για την πρόβλεψη της θέσης και του μεγέθους της περιοχής της διαστρωματικής αποκόλλησης.

**C67. Weizhuo Wang, Dezhi Wang, John Mottershead, George Lampeas**

Identification of composite delamination using the Krawtchouk moment descriptor, 10<sup>th</sup> International Conference on Damage Assessment of Structures (DAMAS 2013), Trinity College Dublin Ireland, 08-10 July, 2013.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J59.

C68. **G. Lampeas**

Validation of computational solid mechanics models; an Inter-Laboratory Study, in BSSM 2013, 9th International Conference on Advances in Experimental Mechanics, University of Cardiff, England, 3-5 September 2013.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι δραστηριότητες που αφορούν στην ανάπτυξη ενός ευρωπαϊκού προτύπου, που αφορά στην επιβεβαίωση αριθμητικών προσομοιώσεων με χρήση οπτικών μεθοδολογιών για την καταγραφή μετατοπίσεων και παραμορφώσεων πλήρους πεδίου.

C69. **G.N. Labeas**

'Thermal-mechanical simulation of friction stir welding using non-conventional tools', Volos, EME- 5<sup>th</sup> Panhellenic Conference of Metallic Materials, 20-22.11.2013.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται κάποια από τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J67.

C70. Ioannis Diamantakos, Nikolaos Perogamvros and **George Labeas**

'Efficient non-linear analysis methodology of large composite structures', in 2nd International Conf. on Airworthiness & Fatigue - 8th ICSAELS Series Conf. 14-18 July, 2014 Patras, Greece

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J64.

C71. **G. Labeas** and V. Ptochos

'Simulation and material properties of Selective Laser Melting cellular parts ', in 2nd International Conf. on Airworthiness & Fatigue - 8th ICSAELS Series Conf. 14-18 July, 2014 Patras, Greece.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J68.

C72. **G. Lampeas**

'Simulation and material properties of Selective Laser Melting cellular parts', in Materials Science and Technology of Additive Manufacturing, Bremen, 27-28 May 2014.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται κάποια από τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J68.

C73. **George Lampeas** and V. Pasialis

'Computational model validation of structural components by full-field optical measurements', in 11th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XI), Barcelona 20-25 July 2014 .

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J61.

C74. Nikolaos Perogamvros, Thorsten Siebert and **G. Lampeas**  
'Validation of composite joint coupon models using full-field optical measurement techniques', in 11th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XI), Barcelona 20-25 July 2014.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J74.

C75. Nikolaos G. Perogamvros and **George N. Lampeas**  
'Experimental and Numerical Investigation of AS4/8552 Interlaminar Shear Strength Under Impact Loading Conditions', in 4th International Conference of Engineering Against Failure (ICEAF IV) 24-26 June 2015, Skiathos, Greece.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J76.

C76. K. Fotopoulos and **G. Lampeas**  
'Interlaminar Stresses Calculation of Composite structures under Impact Loading by Stacked Solid-like-Shell Finite Element Modelling', in in 4th International Conference of Engineering Against Failure (ICEAF IV) 24-26 June 2015, Skiathos, Greece.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J69.

C77. **G. Lampeas** and S. Peppas  
'Fatigue Crack Growth Behaviour of Friction Stir Welded Aluminium Alloys', in 14<sup>th</sup> Int. Conf. on Fracture and Damage Mechanics, Budva Montenegro, 21-23<sup>rd</sup> Sept. 2015.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J70.

C78. K. Fotopoulos and **G. Lampeas**  
Experimental validation of composite structures in explicit impact analysis, in ECCOMAS Congress 2016, VII European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, M. Papadrakakis, V. Papadopoulos, G. Stefanou, V. Plevris (eds.), Crete Island, Greece, 5-10 June 2016.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J73.

C79. N. Perogamvros and **G. Lampeas**  
Development and validation of a composite fastened joint model using advanced measurement techniques, in ECCOMAS Congress 2016, VII European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, M. Papadrakakis, V. Papadopoulos, G. Stefanou, V. Plevris (eds.), Crete Island, Greece, 5-10 June 2016.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που περιέχονται στην εργασία J79.