



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΡΟΕΔΡΟΣ

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου • ΤΗΛ.: 7721099, FAX: 7721057

Αρ.Πρωτ.: 1224

Αθήνα, 7-3-2012

Προς τα Μέλη ΔΕΠ της
Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών

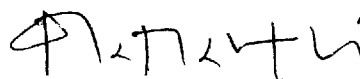
ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ

Σας προσκαλούμε στην παρουσίαση της Διδακτορικής Διατριβής του κ. **Αχιλλέα Βορτσέλα**, Διπλωματούχου Μηχανολόγου Μηχανικού ΕΜΠ, που θα πραγματοποιηθεί την Τετάρτη 4 Απριλίου, ώρα 14.00, στο Αμφιθέατρο Πολυμέσων της Βιβλιοθήκης του Ε. Μ Πολυτεχνείου (Πολυτεχνειούπολη – Ζωγράφου). Το Θέμα της Διδακτορικής Διατριβής είναι:

«Μοντελοποίηση της φθοράς των μεταλλικών και κεραμικών επιφανειών με τη συνδυασμένη χρήση αριθμητικών προσομοιώσεων και στοχαστικών μοντέλων σε μικροκλίμακα και μακροκλίμακα»

Επισυνάπτεται περίληψη της παραπάνω Διδακτορικής Διατριβής

Ο ΠΡΟΕΔΡΟΣ


Δ. Ε. Παπαντώνης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Αχιλλέα Κ. Βορτσέλα

Διπλ. Μηχανολόγου Μηχανικού Ε.Μ.Π.

Μοντελοποίηση της φθοράς των μεταλλικών και κεραμικών επιφανειών με τη συνδυασμένη χρήση αριθμητικών προσομοιώσεων και στοχαστικών μοντέλων σε μικροκλίμακα και μακροκλίμακα.

Περίληψη

Ο υπέρτατος σκοπός της μοντελοποίησης της φθοράς είναι η σχετικά ακριβής πρόγνωση του ρυθμού φθοράς, σε μια ευρεία κλίμακα λειτουργικών συνθηκών, δίχως την ανάγκη προσφυγής σε πειραματικές δοκιμές φθοράς. Μέχρι σήμερα, η επιστήμη της τριβολογίας απέχει πολύ από την επίτευξη του στόχου αυτού, για τρεις κυρίως λόγους:

- Την πολυπλοκότητα, μη-γραμμικότητα και τα συνεργατικά φαινόμενα που χαρακτηρίζουν τους μηχανισμούς φθοράς, εξασθενίζοντας την αποτελεσματικότητα των αναλυτικών λύσεων.
- Την στοχαστικότητα της μορφολογίας των επιφανειών και των χαρακτηριστικών των υλικών, η οποία δυσχεραίνει κάθε ντετερμινιστική προσέγγιση.
- Την πολυκλίμακη φυσιογνωμία του φαινομένου της φθοράς, καθώς πρόκειται ουσιαστικά για μια μακροσκοπική έκφανση συνεργατικών μικρο- και νανοσκοπικών φαινομένων.

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει ένα συνδυασμό καινοτόμων τεχνικών μοντελοποίησης, εστιασμένων στην αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων. Στοιχειοθετείται ένα μοντέλο με δύο κλίμακες, τη μικροκλίμακα η οποία αφορά αλληλεπιδράσεις τραχυτήτων μία προς μία και τη μακροκλίμακα, η οποία αφορά την αλληλεπίδραση επιφανειών με στοχαστική μορφολογία. Στο πολυκλίμακο αυτό μοντέλο για τη φθορά ολίσθησης, η διεπιφάνεια μοντελοποιείται στο μακροσκοπικό επίπεδο με μια προσομοίωση Monte Carlo, η οποία είναι μια εξαιρετική μέθοδος για εύκολη ολοκλήρωση στοχαστικών συναρτήσεων σε πολυδιάστατους χώρους. Η προσομοίωση είναι βασισμένη σε δεδομένα για τις δυνάμεις, τον όγκο φθοράς και την εξέλιξη της τοπογραφίας της επιφάνειας για κάθε ζώνη επαφής, τα οποία προκύπτουν από ένα μοντέλο αλληλεπίδρασης τραχυτήτων στη μικροκλίμακα.

Τα αναλυτικά μοντέλα φθοράς αποτελούν τη βάση εκκίνησης για την εφαρμογή της πολυκλίμακας προσέγγισης και μια ενδελεχής ανασκόπησή τους πραγματοποιήθηκε εξ αρχής. Εξετάστηκαν οι μέθοδοι μοντελοποίησης που ακολουθούνται σε αυτά καθώς και στα μοντέλα που κάνουν χρήση αριθμητικών προσομοιώσεων ή και πολυκλίμακας προσέγγισης. Η μέθοδος Monte Carlo εφαρμόστηκε επάνω σε τέτοια μοντέλα για τη φθορά εκτριβής, πρόσφυσης, κόπωσης και μηχανικής διάβρωσης και στη συνέχεια ολοκληρώθηκε εντός του μοντέλου μακροκλίμακας.

Οι αριθμητικές μέθοδοι άνευ πλέγματος (meshfree methods), όπου η ροή των κόμβων – μαζών δεν περιορίζεται από ένα πλέγμα, θεωρούνται καταλληλότερες από τη μέθοδο Πεπερασμένων Στοιχείων για την αντιμετώπιση των ιδιαίτερων δυσχερειών που ανακύπτουν σε ένα τριβούσστημα. Αυτές είναι οι μεγάλες, μη γραμμικές παραμορφώσεις, οι οποίες προκαλούν έντονη αστάθεια στις μεθόδους με πλέγμα, καθώς και ο εκτεταμένος σχηματισμός νέων επιφανειών, εξ' αιτίας της διάδοσης ρωγμών, του θρυμματισμού και της απελευθέρωσης σωματιδίων φθοράς. Η καταλληλότητα των διάφορων αριθμητικών μεθόδων για την επίλυση του προβλήματος εξετάστηκε ενδελεχώς.

Το μοντέλο μικροκλίμακας βασίζεται σε μια παραμετρική αριθμητική προσομοίωση, με χρήση της μεθόδου Smooth Particle Hydrodynamics (SPH). Τα ζητήματα υλοποίησης της μεθόδου SPH για την επίλυση προβλημάτων σε ελαστικά-πλαστικά στερεά σώματα στη μικροκλίμακα (αποδοτικότητα του αλγορίθμου, εφελκυστική αστάθεια, κλιμάκωση μάζας) εξετάστηκαν θεωρητικά και ενσωματώθηκαν στην υλοποίηση της μεθόδου. Διάφορα μοντέλα μικροκλίμακας κατασκευάστηκαν, σε δύο και τρεις διαστάσεις, μαζί με τους ανάλογους αλγόριθμους προ- και μετα-επεξεργασίας τους, έτσι ώστε να ενσωματωθούν μέσα στο πλήρως αυτοματοποιημένο κύκλο λειτουργίας το πολυκλίμακου μοντέλου.

Η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ του μακροσκοπικού και του μικροσκοπικού τμήματος του μοντέλου πραγματοποιείται μέσω παρεμβολής σε ένα χάρτη της απόκρισης του μικρομοντέλου, ο οποίος έχει υπολογιστεί εκ των προτέρων. Ο χάρτης αυτός βασίζεται σε ένα δεδομένο σύνολο παραμέτρων των τραχυτήτων, το οποίο δρα ως ο συνδετικός κρίκος μεταξύ των δύο μοντέλων, παρέχοντας το πλεονέκτημα της διατήρησης της πλήρους εναλλαξιμότητας μεταξύ διαφορετικών μοντέλων της ίδιας κλίμακας. Επίσης εισάγεται μια καινοτόμα μέθοδος δειγματοληψίας επί της κατατομής επιφάνειας και δημιουργίας δείγματος τραχυτήτων, κατάλληλου για το συγκεκριμένο σύνολο παραμέτρων.

Το μοντέλο αυτό εφαρμόστηκε σε χαρακτηριστικές περιπτώσεις διεπιφανειών ολίσθησης μεταλλικών και κεραμικών υλικών, οι οποίες εμφανίζουν τους μηχανισμούς φθοράς εκτριβής και πρόσφυσης. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν συγκρίθηκαν με αναλυτικά μοντέλα και με πειραματικά δεδομένα.

Επίσης το μοντέλο αυτό προσαρμόστηκε στις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν στο τριβούσστημα των κατεργασιών διαμόρφωσης, σε μια πρώτη προσπάθεια εφαρμογής των παραπάνω αρχών μοντελοποίησης, για τη χαρτογράφηση του συντελεστή τριβής και του ρυθμού φθοράς του εργαλείου.