



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου • ΤΗΛ.:7723572, FAX: 7723571

Αρ.Πρωτ.: 3246

Αθήνα, 26/3/14

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

ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ

Σας προσκαλούμε στην παρουσίαση της Διδακτορικής Διατριβής του **Αντωνίου ΣΤΑΘΗ**, διπλωματούχου της Πολυτεχνικής Σχολής Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών και Αεροναυπηγών του Πανεπιστημίου Πατρών, που θα πραγματοποιηθεί την Πέμπτη 3 Απριλίου 2014, ώρα 13:00, στην Αίθουσα Μ101 του Τομέα Μηχανολογικών Κατασκευών & Αυτομάτου Ελέγχου Κτίριο Μ της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών, Πολυτεχνειούπολη - Ζωγράφου.

ΘΕΜΑ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

«Βελτιώσεις στην Προληπτική Συντήρηση Μηχανολογικού Εξοπλισμού»

Επισυνάπτεται περίληψη της παραπάνω Διδακτορικής Διατριβής.

Ο ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ

Η.ΤΑΤΣΙΟΠΟΥΛΟΣ
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Διδακτορική Διατριβή

Βελτιώσεις στην Προληπτική Συντήρηση Μηχανολογικού Εξοπλισμού

Αντωνίου Στάθη

Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι η βελτίωση των εργασιών προληπτικής συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού, εστιάζοντας στα έδρανα κύλισης και ιδιαίτερα στον ορθότερο τρόπο επιλογής τους και υπολογισμού της αναμενόμενης διάρκειας ζωής κάτω από αντίξοες συνθήκες λειτουργίας.

Τα έδρανα κύλισης αποτελούν ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο εξάρτημα σε πολλές μηχανές. Η λειτουργία αυτών των μηχανών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ικανοποιητική απόδοση των εδράνων κύλισης. Παρά την εξέλιξη της τεχνολογίας και την τάση για ελαχιστοποίηση των κινούμενων μερών, δεν έχει βρεθεί κάποιος άλλος μηχανισμός που θα μπορούσε να αντικαταστήσει ικανοποιητικά τις εδράσεις περιστρεφόμενων εξαρτημάτων και ειδικότερα σε εφαρμογές όπου ασκούνται υψηλά φορτία. Πρακτικά, η συντήρηση των εδράνων αποτελεί μια από τις βασικότερες εργασίες ενός προγράμματος συντήρησης μηχανολογικού εξοπλισμού.

Συνήθως τα έδρανα κύλισης είναι σχεδιασμένα ή έχουν επιλεγεί με τέτοιο τρόπο ώστε η εκτιμώμενη διάρκεια ζωής τους να ξεπερνά την ζωή του μηχανήματος στο οποίο είναι εγκατεστημένα. Η εκτιμώμενη διάρκεια ζωής ενός εδράνου με κάποιο συγκεκριμένο βαθμό αξιοπιστίας υπολογίζεται πιθανολογικά μέσω εμπειρικών σχέσεων που βασίζονται στις θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί και σε πειραματικά δεδομένα.

Η ανάγκη για τον προσδιορισμό της διάρκειας ζωής με διαφορετική αξιοπιστία και οι κατά περίπτωση διαφορετικές εξωτερικές συνθήκες λειτουργίας οδήγησαν στον ορισμό της τροποποιημένης διάρκειας ζωής. Ο τρόπος υπολογισμού της τροποποιημένης διάρκειας ζωής περιγράφεται αναλυτικά στο πρότυπο ISO281:2007.

Πολλές φορές όμως οι εξωτερικές συνθήκες μεταβάλλονται και τα έδρανα αστοχούν αρκετά νωρίτερα. Μια συνήθης περίπτωση όπου συμβαίνει πρόωρη αστοχία των εδράνων είναι όταν αυτά λειτουργούν σε συνθήκες αυξημένης ρύπανσης. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν έδρανα με ικανοποιητική στεγανοποίηση έναντι της εισόδου σωματιδιακών ρύπων στο εσωτερικό τους, σε πολλές εφαρμογές χρησιμοποιούνται έδρανα χωρίς προστατευτικούς δακτυλίους για λόγους υπερθέρμανσης ή επαρκέστερης λίπανσης ή λόγω κατασκευαστικών περιορισμών.

Η επίδραση των σωματιδιακών ρύπων λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό της τροποποιημένης διάρκειας ζωής των εδράνων μέσα από τον

συντελεστή ρυπαρότητας που υπεισέρχεται στον συντελεστή της τροποποιημένης διάρκειας ζωής. Ο συντελεστής αυτός υπολογίζεται εμπειρικά εκτιμώντας της κατάσταση καθαρότητας του λιπαντικού, όμως δεν λαμβάνει υπόψη τα φυσικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των ρύπων όπως το μέγεθος, την σκληρότητα και την δυσθραυστότητα.

Στην παρούσα εργασία γίνεται μία προσπάθεια για την βελτίωση των εργασιών συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού και ειδικότερα των εργασιών συντήρησης των εδράνων κύλισης. Η βελτίωση αφορά στην ορθότερη επιλογή των εδράνων κύλισης και στον ακριβέστερο τρόπο υπολογισμού της διάρκειας ζωής τους όταν λειτουργούν με λιπαντικό γράσο το οποίο περιέχει σωματιδιακούς ρύπους. Γνωρίζοντας την συμπεριφορά των εδράνων κάτω από αυτές τις συνθήκες, οι εργασίες συντήρησης και αντικατάστασής τους μπορούν να γίνουν με πιο αποδοτικό τρόπο.

Συγκεκριμένα γίνεται διερεύνηση των επιπτώσεων που έχουν δύο μείζονα χαρακτηριστικά των σωματιδιακών ρύπων στην διάρκεια ζωής των εδράνων: το μέγεθος και η σκληρότητα των ρύπων. Για τον σκοπό αυτό κατασκευάστηκε μια πειραματική διάταξη όπου δοκιμάστηκαν έδρανα κύλισης τα οποία είχαν πληρωθεί με λιπαντικό γράσο το οποίο περιείχε διάφορους τύπους και μεγέθη ρύπων. Επειδή οι φυσικοί ρύποι είναι άγνωστης σύνθεσης χρησιμοποιήθηκαν ρύποι γνωστών ιδιοτήτων. Χρησιμοποιήθηκαν δύο τύποι ρύπων, σίδηρος με σκληρότητα 700HV και κορούνδιο/αλουμίνα (Al_2O_3) με σκληρότητα 2,000HV, σε τέσσερις ομάδες διαφορετικού μεγέθους (κοκκομετρίας). Για την συνεχή παρακολούθηση της κατάστασης των εδράνων κατασκευάστηκε και παραμετροποιήθηκε μια διάταξη ανάλυσης ταλαντώσεων και τα τελικά αποτελέσματα των μετρήσεων συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα οπτικού ελέγχου των δοκιμών που έγιναν με χρήση ενός στερεοσκοπίου.

Τα αποτελέσματα έδειξαν μια διαφορετική συμπεριφορά για τα είδη των ρύπων που εξετάστηκαν. Τα σκληρότερα σωματίδια κορουνδίου προκάλεσαν σημαντικά μεγαλύτερη φθορά από τα σιδηρά σωματίδια και η διάρκεια ζωής των εδράνων ήταν σημαντικά μικρότερη από την αναμενόμενη. Όσον αφορά το μέγεθος των ρύπων, αυτό επηρεάζει τον μηχανισμό αστοχίας με διαφορετικό τρόπο για την κάθε κατηγορία υλικών των ρύπων. Στους ρύπους από ελατά υλικά το μέγεθος φαίνεται να έχει άμεση συσχέτιση με την φθορά και τις προκαλούμενες ταλαντώσεις, ενώ αντίθετα στους ρύπους από σκληρά ψαθυρά υλικά το αρχικό μέγεθος δεν φαίνεται να έχει τόσο σημαντικό ρόλο όσο το μέγεθος των σωματιδίων που προκύπτουν μετά από την θραυσματοποίηση των αρχικών ρύπων.

Τέλος, η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε κατά την ανάλυση των ταλαντώσεων στο πεδίο των συχνοτήτων έδειξε ότι είναι δυνατό να εντοπιστούν βλάβες σε διάφορα σημεία του εδράνου ακόμη και σε ένα περιβάλλον με πολλαπλές πηγές ταλαντώσεων λόγω πολλαπλών βλαβών αλλά και του πλήθους των σωματιδιακών ρύπων που εισέρχονται στην ζώνη κύλισης.