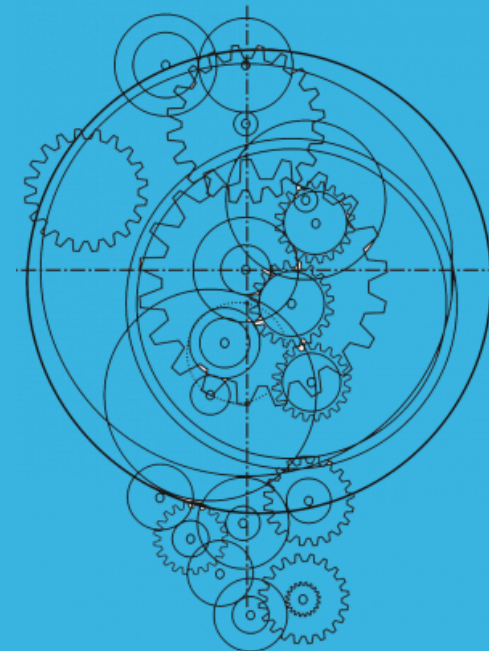


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ 2017



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
& ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
<http://me-id.teiwm.gr>



ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΚΕ

Μη-Καταστροφικές Δοκιμές (NDT – Non Destructive Testing), ή,

Μη-Καταστροφικοί Έλεγχοι (NDI – Non Destructive Inspection), ή,

Μη-Καταστροφικές Αξιολογήσεις (NDE – Non Destructive Evaluation)

ονομάζονται οι έλεγχοι που δεν καταστρέφουν το εξεταζόμενο αντικείμενο. Οι μέθοδοι ΜΚΕ είναι ζωτικής σημασίας για τη δημιουργία και συντήρηση κάθε εξαρτήματος και κατασκευής.

Ο σκοπός είναι να προβλέψουμε τη επέκταση τυχόν ρωγμών και να υπολογίσουμε τον κίνδυνο αστοχίας του υλικού, μέσω των αποτελεσμάτων των ΜΚΕ. Οι Μη-Καταστροφικοί Έλεγχοι θα χρησιμοποιηθούν για να διαπιστωθεί η ύπαρξη και το μέγεθος των ελαττωμάτων σε μια κατασκευή, χωρίς όμως να τη καταστρέψουν ούτε να επηρεάσουν τη λειτουργικότητά της. Με τη συνδυασμένη χρήση των μεθόδων Μη-Καταστροφικού Ελέγχου (ΜΚΕ) και της Θραυστομηχανικής, μπορούμε να είμαστε συνεχώς ενήμεροι για την καλή «υγεία» μιας κατασκευής (Health Monitoring) και για τον προβλεπόμενο χρόνο ζωής και καλής λειτουργίας της (Residual Lifetime).

<http://users.teiath.gr/vmouss/ebooks/fmndt/sections/301SkoposMKE.html>

ΤΕΧΝΙΚΕΣ & ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΚΕ

Οι εφαρμογές των ΜΚΕ, σήμερα, καλύπτουν ένα τεράστιο φάσμα βιομηχανικών και κατασκευαστικών δραστηριοτήτων και τις συναντάμε σχεδόν παντού:

- ▶ στην αυτοκινητοβιομηχανία (μηχανή, πλαίσιο),
- ▶ στην αεροδιαστημική (πλάσια αεροπλάνων & διαστημοπλοίων, πύραυλοι, κινητήρες τζετ)
- ▶ στις κατασκευές (κτίρια, γέφυρες)
- ▶ στη βιομηχανία (μηχανικά εξαρτήματα, καλούπια, πρέσες)
- ▶ σε εγκαταστάσεις πετροχημικές, πυρηνικές, παραγωγής ρεύματος, ορυχεία (πιεστικά δοχεία, δεξαμενές, λέβητες, εναλλάκτες, τουρμπίνες, σωληνώσεις, συγκολλήσεις)
- ▶ στο σιδηρόδρομο (σιδηροτροχιές, τροχοί και άξονες)
- ▶ σε αγωγούς αερίου και πετρελαιοαγωγούς
- ▶ στα πάρκα αναψυχής (παιχνίδια και τρένα μεγάλης ταχύτητας)
- ▶ στην ιατρική (τομογραφίες, υπέρηχοι, ακτινογραφίες, καρδιογραφήματα, εγκεφαλογραφήματα, κλπ.).

<http://users.teiath.gr/vmouss/ebooks/fmndt/sections/301SkoposMKE.html>

ΤΕΧΝΙΚΕΣ & ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΚΕ

Οι κυριότερες κατηγορίες μεθόδων ΜΚΕ αναφέρονται ακολούθως:

1. Οπτικές Μέθοδοι (Visual Inspection)
2. Ραδιογραφικές μέθοδοι (Radiographic testing)
3. Μέθοδοι Υπερήχων (Ultrasonic inspection)
4. Ηλεκτρικές μέθοδοι (Eddy-Current & Remote field testing - RFT) & Μαγνητικές Μέθοδοι (Magnetic Particles)
5. Μέθοδοι Διεισδυτικού Υγρού και Ελέγχου Διαρροής
6. Μέθοδοι Ακουστικής Πρόσκρουσης (Acoustic-Impact – ηχητικό φάσμα) και Ακουστικών Εκπομπών (Thermographic inspection)

<http://users.teiath.gr/vmouss/ebooks/fmndt/sections/301SkoposMKE.html>

1. ΟΠΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ο πιο απλός τρόπος ελέγχου που δεν καταστρέφει μια κατασκευή είναι ο οπτικός έλεγχος. Ο οπτικός έλεγχος καταδεικνύει τα εμφανή ελαττώματα μιας κατασκευής, δηλαδή αυτά που βρίσκονται στην επιφάνεια του υλικού και έχουν ορατό μέγεθος. Ο οπτικός έλεγχος μπορεί να γίνει και με το μάτι αλλά συχνότερα γίνεται με μεγεθύνσεις $\times 2$ - $\times 4$. Βέβαια στις περισσότερες περιπτώσεις, όταν ένα ελάττωμα είναι ορατό με γυμνό οφθαλμό είναι πολύ αργά.

2. ΡΑΔΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ακτίνες Χ (X-rays)

Από την ανακάλυψή τους το 1895 μέχρι σήμερα, οι ακτίνες-Χ χρησιμοποιούνται για τον ΜΚΕ ανθρώπων και υλικών. Οι ακτίνες-Χ έχουν τέτοιο μήκος κύματος που τους επιτρέπει να διαπερνούν όλα τα υλικά με κάποιο ποσοστό απορρόφησης που εξαρτάται από το υλικό. Το μήκος κύματος ποικίλει από τα 10nm (Grenz ή «απαλές» ακτίνες-Χ) έως τα 10-4nm («σκληρές» ακτίνες-Χ) που μπορούν να διαπεράσουν ακόμη και ατσάλι πάχους μισού μέτρου!

Ακτίνες Γάμα (Gamma rays)

Οι ακτίνες-Γάμα εκπέμπονται από ραδιενεργές πηγές σε παρόμοια μήκη κύματος, είναι και αυτές ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, έχουν τις ίδιες ιδιότητες με τις ακτίνες-Χ και χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανική ραδιογραφία.

<http://users.teiath.gr/vmouss/ebooks/fmndt/sections/301SkoposMKE.html>

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

Οι μηχανικές δονήσεις διαδίδονται μέσα από στερεά, υγρά και αέρια καθώς η δόνηση μεταφέρεται από το ένα σωματίδιο της ύλης στο διπλανό του. Όταν τα σωματίδια της ύλης ταλαντώνουν και η κίνησή τους είναι κανονική τότε μετριέται σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο ($\text{Hz} = \text{sec}^{-1}$). Όταν μάλιστα η συχνότητα της δόνησης είναι μεταξύ 10 και 20000 Hz, ο ήχος ακούγεται από το ανθρώπινο αυτί. Οι δονήσεις με συχνότητα πάνω από 20000 Hz οι «ήχοι» δεν ακούγονται και ονομάζονται υπέρηχοι (ultrasound ή ultrasonic).

<http://users.teiath.gr/vmouss/ebooks/fmndt/sections/301SkoposMKE.html>

4. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ & ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ηλεκτρικές Μέθοδοι

Υπάρχουν πολλές ηλεκτρικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στον ΜΚΕ όπως για παράδειγμα, η μέτρηση της αντίστασης του υλικού, η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, και η χρήση του τριβοηλεκτρικού, του θερμοηλεκτρικού ή του εξωηλεκτρονίου φαινομένου. Όμως, οι δύο κύριες κατηγορίες μεθόδων είναι η μέθοδος πτώσης δυναμικού για εντοπισμό ρωγμών, και, ο έλεγχος ρευμάτων eddy (Foucault).

Μαγνητικές Μέθοδοι

Οι μαγνητικές μέθοδοι ΜΚΕ βασίζονται στον εντοπισμό των απωλειών της μαγνητικής ροής λόγω ατελειών του υλικού. Όταν ένα δοκίμιο μαγνητίζεται και περιέχει μια ασυνέχεια στην επιφάνειά του ή κάτω από αυτήν, δημιουργείται μια παραμόρφωση στη μαγνητική ροή η οποία προκαλεί ένα τοπικό πεδίο απώλειας μαγνητικής ροής. Οι μέθοδοι βασίζονται στους νόμους του Maxwell (1873) και χρησιμοποιούν σύγχρονες μεθόδους ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων και πολύ ισχυρούς υπολογιστές.

Οι μαγνητικές μέθοδοι ΜΚΕ μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε υλικά που μαγνητίζονται. Η πλέον χρησιμοποιούμενη μαγνητική μέθοδος ελέγχου είναι η τεχνική των μαγνητικών ρινιδίων σε μελάνι ή σκόνη.

<http://users.teiath.gr/vmouss/ebooks/fmndt/sections/301SkoposMKE.html>

5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΕΙΣΔΥΤΙΚΟΥ ΥΓΡΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΑΡΡΟΗΣ

Διεισδυτικά υγρά (Liquid Penetrant Flaw)

Ο έλεγχος με διεισδυτικό υγρό ή χρωστική ουσία χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό επιφανειακών ρωγμών σε μη σιδηρούχα κράματα ή σε σιδηρούχα κράματα στα οποία δεν μπορεί να εφαρμοστεί κάποια αντίστοιχη ηλεκτρική ή μαγνητική μέθοδος. Μερικές φορές εφαρμόζεται και σε μη μεταλλικά υλικά.

Έλεγχοι Διαρροής (Leak Detection)

Πολλές συσκευές σχεδιάζονται να λειτουργούν με υψηλή εσωτερική πίεση και κατά συνέπεια πρέπει να ελέγχονται για τυχόν διαρροές. Με τη μέθοδο εντοπισμού διαρροών διοχετεύεται αέριο ή υγρό υπό πίεση στη συσκευή και ελέγχουμε την παρουσία του στην άλλη πλευρά του τοιχώματος καθώς και τυχόν μειώσεις στη πίεση του.

<http://users.teiath.gr/vmouss/ebooks/fmndt/sections/301SkoposMKE.html>

6. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

Μέθοδοι Ακουστικής Πρόσκρουσης (Acoustic Impact)

Η μέθοδος αυτή έρχεται από τα πρώτα χρόνια του σιδηροδρόμου όταν, οι ελεγκτές των οχημάτων, χτυπούσαν με σφυριά τους τροχούς του τραίνου για να διαπιστώσουν από τον ήχο τυχόν βλάβες. Σήμερα το «χτύπημα» έχει τυποποιηθεί και αυτοματοποιηθεί και ο ήχος αναλύεται ηλεκτρονικά ώστε να εξαχθούν οι χρήσιμες πληροφορίες.

Μέθοδος Ακουστικών Εκπομπών (AE)

Όταν ένα στερεό φορτίζεται με τάσεις αρκούντως υψηλές, τότε το υλικό παράγει ήχους με τη μορφή διακριτών παλμών. Το φαινόμενο αυτό το καλούμε Ακουστική Εκπομπή (Acoustic Emission – AE) ή Εκπομπή Κυμάτων Τάσης (Stress-Wave Emission – SWE). Η Ακουστική Εκπομπή μπορεί να καλύπτει και το ακουστικό φάσμα αλλά κυρίως πρόκειται για υπερήχους με συχνότητες από 30 kHz έως 30 MHz.

<http://users.teiath.gr/vmouss/ebooks/fmndt/sections/301SkoposMKE.html>

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟΥΣ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥΣ

Οι ΜΚΕ συνιστούν σήμερα βασική προϋπόθεση ασφαλούς λειτουργίας και απόδοσης κάθε κατασκευής τόσο στη βιομηχανία όσο και σε σημαντικό μέρος από τα έργα κυρίως των Πολιτικού, Μηχανολόγου και Ναυπηγού Μηχανικού. Η μεγάλη σημασία και η συμβολή των ΜΚΕ στην ποιότητα και στην ασφάλεια των κατασκευών έχουν επιβάλλει την κατάρτιση και θέσπιση μεγάλου αριθμού εθνικών και διεθνών προτύπων, κανονισμών, κωδίκων με υψηλή επιστημονική και τεχνολογική στάθμη. Τα πρότυπα, οι κανονισμοί και οι κώδικες καλύπτουν όλο το φάσμα της εφαρμογής των ΜΚΕ στην βιομηχανία και στις κατασκευές (μέθοδοι, μέσα, διαδικασίες, εκπαίδευση, διαπίστευση εργαστηρίων και προσωπικού, κ.λ.π.). Η ασφαλής εφαρμογή των μεθόδων αυτών, εκτός από τον κατάλληλο εξοπλισμό, απαιτεί πολύ καλά εκπαιδευμένο και πιστοποιημένο προσωπικό από πιστοποιημένους και διαπιστευμένους φορείς, βάσει των εθνικών και διεθνών κανονισμών.

Σήμερα η διαπίστευση των κέντρων εκπαίδευσης, κατάρτισης και πιστοποίησης προσωπικού ΜΚΕ στην Ευρώπη γίνεται με βάση το πρότυπο ISO-EN/IEC 17024 ενώ η πιστοποίηση του προσωπικού με βάση τα πρότυπα EN 473 και ISO 97012.

Ελληνική Εταιρεία Μη Καταστροφικών Ελέγχων (ΕΛΕΜΚΕ)

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟΥΣ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥΣ

Η διαδικασία πιστοποίησης καθορίζεται ρητά από το ευρωπαϊκό πρότυπο EN ISO 9712 και οδηγεί στην απόκτηση πτυχίου Level 1 ή/και Level 2 ή/και Level 3 για μια ή περισσότερες από τις ανωτέρω μεθόδους.

Επίπεδα Πιστοποίησης

► *Level 1*: Το επίπεδο αυτό πιστοποιεί ότι ο κάτοχός του είναι ικανός να διεξάγει ΜΚΕ σύμφωνα με μια γραπτή διαδικασία, υπό την επίβλεψη ενός επιθεωρητή Level 2 ή Level 3. Ο επιθεωρητής Level 1 μπορεί να αναλάβει τα εξής καθήκοντα:

- Βαθμονόμηση του εξοπλισμού.
- Διενέργεια του ελέγχου.
- Καταγραφή των ενδείξεων.
- Σύνταξη φόρμας αναφοράς.

Ελληνική Εταιρεία Μη Καταστροφικών Ελέγχων (ΕΛΕΜΚΕ)

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟΥΣ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥΣ

► *Level 2*: Το επίπεδο αυτό πιστοποιεί ότι ο κάτοχός του είναι ικανός να διενεργεί ελέγχους σύμφωνα με μια προκαθορισμένη διαδικασία ελέγχου. Ο επιθεωρητής Level 2 έχει επαρκείς γνώσεις ώστε να αναλάβει τα εξής καθήκοντα:

- Να επιλέγει την κατάλληλη τεχνική ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιεί.
- Να προσδιορίζει τους τυχόν περιορισμούς εφαρμογής της μεθόδου.
- Να συντάσσει γραπτές οδηγίες ελέγχου βασισμένες σε πρότυπα και προδιαγραφές.
- Να πραγματοποιεί και να ελέγχει τις ρυθμίσεις του εξοπλισμού.
- Να πραγματοποιεί και να επιθεωρεί τον έλεγχο.
- Να ερμηνεύει και να αξιολογεί τα αποτελέσματα βάσει των σχετικών προτύπων, κωδίκων και προδιαγραφών.
- Να συντάσσει και να υπογράφει τις αναφορές του ελέγχου.
- Να επιβλέπει και να καθοδηγεί τις εργασίες του προσωπικού με ίδιο ή κατώτερο επίπεδο πιστοποίησης.

Ελληνική Εταιρεία Μη Καταστροφικών Ελέγχων (ΕΛΕΜΚΕ)

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟΥΣ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥΣ

► *Level 3*: Το επίπεδο αυτό πιστοποιεί ότι ο κάτοχός του είναι ικανός να διεξάγει και να διευθύνει τις διαδικασίες επιθεώρησης με ΜΚΕ καθώς και να αναλαμβάνει τα παρακάτω:

- Έχει την πλήρη ευθύνη για τον έλεγχο που θα πραγματοποιηθεί, για τις εγκαταστάσεις και το προσωπικό.
- Καθορίζει και αξιολογεί τις οδηγίες εργασίας και τις γραπτές διαδικασίες ελέγχου.
- Ερμηνεύει κώδικες, πρότυπα και προδιαγραφές.
- Επιλέγει τη μέθοδο που πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε κάθε εφαρμογή.
- Διενεργεί και επιβλέπει όλες τις εργασίες των επιθεωρητών Level 1 και Level 2 και τους καθοδηγεί.

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟΥΣ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥΣ

Περιγραφή της Πιστοποίησης	Τυποποιητικό Έγγραφο
Πιστοποίηση προσώπων που διενεργούν Μη Καταστροφικούς Ελέγχους με βιομηχανικές ακτινογραφίες (RT) (επίπεδο ικανότητας I, II και III): συγκολλήσεις & χυτά.	ΕΛΟΤ EN 473 ISO 9712
Πιστοποίηση προσώπων που ερμηνεύουν βιομηχανικές ακτινογραφίες (RI) (επίπεδο ικανότητας I και II): συγκολλήσεις & χυτά	Αρθρο 13 και Παράρτημα I § 3.1.3 της Ευρωπαϊκής Οδηγίας για τον εξοπλισμό υπό πίεση 97/23/ΕΟΚ(ΦΕΚ 987Β/27-5-99)
Πιστοποίηση προσώπων που διενεργούν Μη Καταστροφικούς Ελέγχους με υπερήχους (UT) (επίπεδο ικανότητας I, II και III): συγκολλήσεις & χυτά (επίπεδο ικανότητας I και II): έλεγχος & παχυμέτρηση ελασμάτων.	
Πιστοποίηση προσώπων που διενεργούν οπτικό έλεγχο (VT) (επίπεδο ικανότητας I, II και III): γενικά κατασκευαστικά προϊόντα.	
Πιστοποίηση προσώπων που διενεργούν Μη Καταστροφικούς Ελέγχους με μαγνητικά σωματίδια (MT) (επίπεδο ικανότητας I, II και III): γενικά κατασκευαστικά προϊόντα.	
Πιστοποίηση προσώπων που διενεργούν Μη Καταστροφικούς Ελέγχους με διεισδυτικά υγρά (PT) (επίπεδο ικανότητας I, II και III): γενικά κατασκευαστικά προϊόντα.	