

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗ
ΜΕΓΑΛΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΜΗΚΟΥΣ ($100 < l < 500$ mm)
ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΚΑΙ ΚΑΘΕΤΗ ΔΙΑΤΑΞΗ**

**Χρήστος Μπαντής, Ιωάννης Κουρούπας
Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας
Βιομηχανική Περιοχή Θεσσαλονίκης, Οικ. Τετρ. 45
57022 Σίνδος, Θεσσαλονίκη
e-mail: bandis@eim.gr**

Σε αρκετές οδηγίες η διακρίβωση μεγάλων πλακιδίων μήκους συνιστάται να πραγματοποιείται σε οριζόντια διάταξη. Ο λόγος για την σύσταση αυτή είναι η μέτρηση να επηρεάζεται κατά το δυνατόν λιγότερο από την συμπίεση λόγω του βάρους των ίδιων των πλακιδίων, αλλά και από τις γεωμετρικές παραμέτρους που υπεισέρχονται στον υπολογισμό της αβεβαιότητας. Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε μετρήσεις μεγάλων πλακιδίων μήκους ($100 < l < 500$ mm) με δύο μηχανικούς συγκριτές έναν που λειτουργεί με τα προς σύγκριση πλακίδια σε οριζόντια και έναν σε κάθετη διάταξη. Επίσης παρουσιάζουμε τις θεωρητικές εξισώσεις που περιγράφουν την συστολή ενός πλακιδίων εξαιτίας του βάρους του. Όπως προκύπτει από την ανάλυση των αποτελεσμάτων για πλακίδια μικρότερα των 500 mm οι διαφορές είναι σχετικά μικρές σε σύγκριση με την συνολική αβεβαιότητα της μέτρησης.

Λέξεις-Κλειδιά: Πρότυπα μήκους, πλακίδια μήκους, αβεβαιότητα, διακύμανση μήκους.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας (E.I.M.) ο ορισμός του μέτρου υλοποιείται με δύο πρότυπα He-Ne λέιζερ (633 και 543 nm) των οποίων η συχνότητα είναι σταθεροποιημένη με τη χρήση ατμών ιωδίου και γνωστή με τυπική αβεβαιότητα της τάξης των μερικών kHz. Τα σταθεροποιημένα με ατμούς ιωδίου πρότυπα λέιζερ χρησιμοποιούνται για την διακρίβωση της συχνότητας των λέιζερ οπτικών διατάξεων συμβολής φωτός που με τη σειρά τους χρησιμοποιούνται για μετρήσεις μήκους. Στο E.I.M. η σύνδεση του άυλου ορισμού του μέτρου με φυσικά αντικείμενα πραγματοποιείται σε μια τέτοια διάταξη συμβολής φωτός με την οποία διακριβώνονται πρότυπα πλακίδια μήκους. Τα πλακίδια μήκους τα οποία διακριβώνονται στο EIM με συμβολομετρία είναι μικρότερα των 100 mm και αυτό γιατί η διακρίβωση μεγάλων πλακιδίων μήκους συνιστάται να πραγματοποιείται σε οριζόντια διάταξη απαιτώντας διαφορετικού τύπου συμβολόμετρα¹. Στην συνέχεια τα πρότυπα πλακίδια χρησιμοποιούνται για την διακρίβωση άλλων πλακιδίων με την χρήση μηχανικών συγκριτών, υλοποιώντας έτσι την πυραμίδα ιχνηλασιμότητας του Σχήματος 1.



Σχήμα 1. Πυραμίδα ιχνηλασιμότητας διαστατικών μετρήσεων

Ο λόγος που η διακρίβωση μεγάλων πλακιδίων μήκους με συμβολομετρία πραγματοποιείται σε οριζόντια διάταξη είναι ώστε η μέτρηση να επηρεάζεται κατά το δυνατόν λιγότερο από την συμπίεση λόγω του βάρους των ίδιων των πλακιδίων, αλλά και από τις γεωμετρικές παραμέτρους που υπεισέρχονται στον υπολογισμό της αβεβαιότητας. Παρόμοια τακτική ακολουθείται και για την διακρίβωση μεγάλων πλακιδίων και με μηχανικούς συγκριτές.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε μετρήσεις μεγάλων πλακιδίων μήκους ($100 < l < 500$ mm) με δύο μηχανικούς συγκριτές έναν που λειτουργεί με τα προς

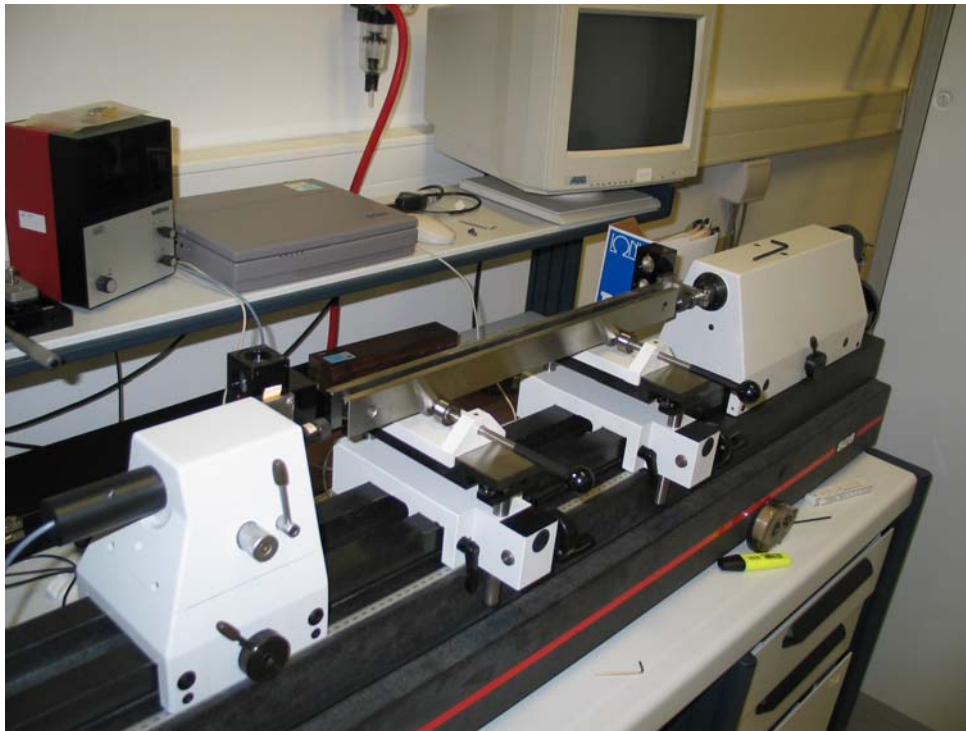
σύγκριση πλακίδια σε οριζόντια και έναν σε κάθετη διάταξη. Επίσης παρουσιάζουμε τις θεωρητικές εξισώσεις που περιγράφουν την συστολή ενός πλακιδίου εξαιτίας του βάρους του. Όπως προκύπτει από την ανάλυση των αποτελεσμάτων για πλακίδια μικρότερα των 500 mm οι διαφορές είναι σχετικά μικρές σε σύγκριση με την συνολική αβεβαιότητα της μέτρησης.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ

Οι μετρήσεις των πλακιδίων σε κάθετη διάταξη πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας τον συγκριτή TESA UPD (Σχήμα 2), ο οποίος έχει την δυνατότητα μέτρησης πλακιδίων σε κάθετη διάταξη με ονομαστικό μήκος μέχρι 500 mm. Οι μετρήσεις των πλακιδίων σε οριζόντια διάταξη πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση Mahr 828 Universal Measuring Machine, σύστημα το οποίο έχει την δυνατότητα μέτρησης πλακιδίων σε οριζόντια διάταξη με ονομαστικό μήκος μέχρι 1000 mm (Σχήμα 3).



Σχήμα 2. TESA UPD, μηχανικός συγκριτής πλακιδίων σε κάθετη διάταξη. Ο συγκριτής έχει την δυνατότητα μέτρησης πλακιδίων σε κάθετη διάταξη με ονομαστικό μήκος από 0 μέχρι 500 mm.



Σχήμα 3. Mahr 828 Universal Measuring Machine, μηχανικός συγκριτής πλακιδίων σε οριζόντια διάταξη. Ο συγκριτής έχει την δυνατότητα μέτρησης πλακιδίων σε οριζόντια διάταξη με ονομαστικό μήκος από 0 μέχρι 1000 mm.

3. ΣΥΣΤΟΛΗ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ ΕΞΑΙΤΙΑΣ ΤΟΥ ΒΑΡΟΥΣ

Εφαρμόζοντας το νόμο του Hook και ολοκληρώνοντας υπολογίζεται η συστολή των πλακιδίων εξαιτίας του βάρους τους Δl ,²

$$\Delta l = -\frac{\rho g l^2}{2E}$$

όπου ρ είναι η πυκνότητα του υλικού, g η επιτάχυνση της βαρύτητας, l το μήκος του πλακιδίου και E το Young modulus του υλικού κατασκευής των πλακιδίων.

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζουμε την συστολή των πλακιδίων εξαιτίας του βάρους τους σαν συνάρτηση του μήκους τους, κατασκευασμένα από δύο διαφορετικά υλικά:

από ατσάλι: $\rho=7800 \text{ kg/m}^3$, $E=208 \text{ GPa}$

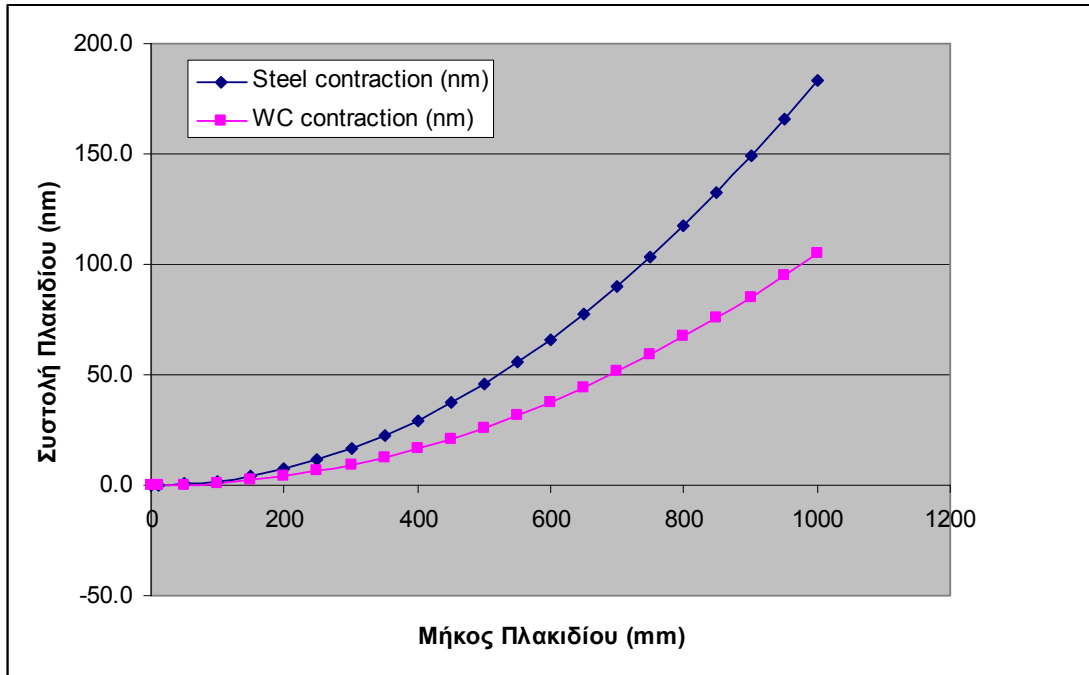
και από καρβίδιο του βολφραμίου (6% Co): $\rho=15800 \text{ kg/m}^3$, $E=720 \text{ GPa}$.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η συνολική διευρυμένη αβεβαιότητα διακρίβωσης μεγάλων πλακιδίων μήκους με μηχανικό συγκριτή στο εργαστήριο μας δίνεται από ³

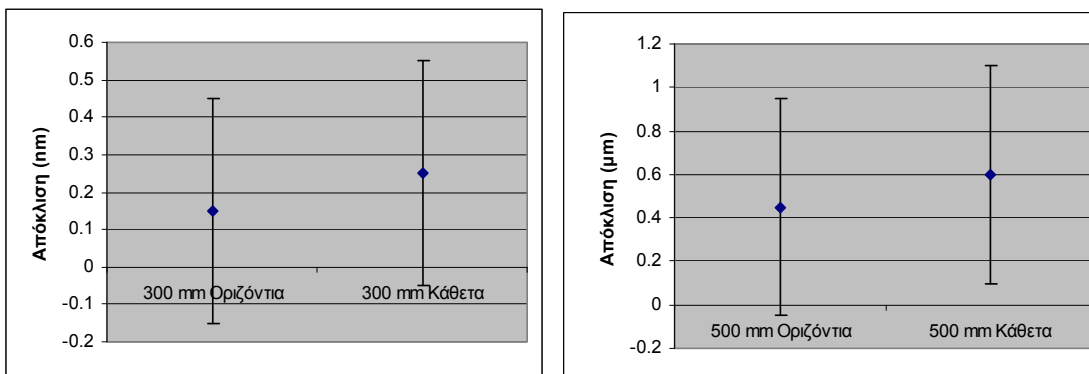
$$U = \sqrt{100^2 + l^2} \text{ (nm)}, \text{ με } l \text{ σε mm}$$

διαπιστώνουμε ότι ακόμη και διαφορετικά υλικά τα σφάλματα λόγω της διαφορετικής συστολής των πλακιδίων είναι κατά πολύ μικρότερα από την συνολική διευρυμένη αβεβαιότητα.

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε οριζόντια και κατακόρυφη θέση δύο πλακιδίων μήκους 300 mm και 500 mm, όπου και πειραματικά διαπιστώνουμε ότι μέσα στα όρια των αβεβαιοτήτων δεν υπάρχουν μετρήσιμες διαφορές μεταξύ των δύο διαφορετικών διατάξεων.



Σχήμα 4. Συστολή πλακιδίων εξαιτίας του βάρους τους κατασκευασμένα από ασάλι και καρβίδιο του βολφραμίου.



Σχήμα 5. Απόκλιση από την ονομαστική τιμή δύο πλακιδίων μήκους 300 mm και 500 mm διακριβωμένα σε οριζόντια και κατακόρυφη διάταξη.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή παρουσιάσαμε μετρήσεις μεγάλων πλακιδίων μήκους ($100 < l < 500$ mm) με δύο μηχανικούς συγκριτές έναν που λειτουργεί με τα προς

σύγκριση πλακίδια σε οριζόντια και έναν σε κάθετη διάταξη. Επίσης παρουσιάσαμε τους θεωρητικούς υπολογισμούς που περιγράφουν την συστολή ενός πλακιδίων εξαιτίας του βάρους του σε κάθετη διάταξη. Όπως προκύπτει από την ανάλυση των αποτελεσμάτων για πλακίδια μικρότερα των 500 mm οι διαφορές είναι σχετικά μικρές σε σύγκριση με την συνολική αβεβαιότητα της μέτρησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ISO 3650, *Geometrical product specification (GPS) - Length standards - Gauge blocks* (International Organization for Standardization, 1998).
- [2] A. J. Lewis, *Absolute length measurement using multiple-wavelength phase-stepping interferometry*, in *Department of Physics* (University of London, London, 1993).
- [3] ISO, *Guide to the expression of uncertainty in measurement*. (International Organization for Standardization, 1995).