

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΔΥΝΑΜΗΣ, ΒΑΡΟΥΣ, ΡΟΠΗΣ

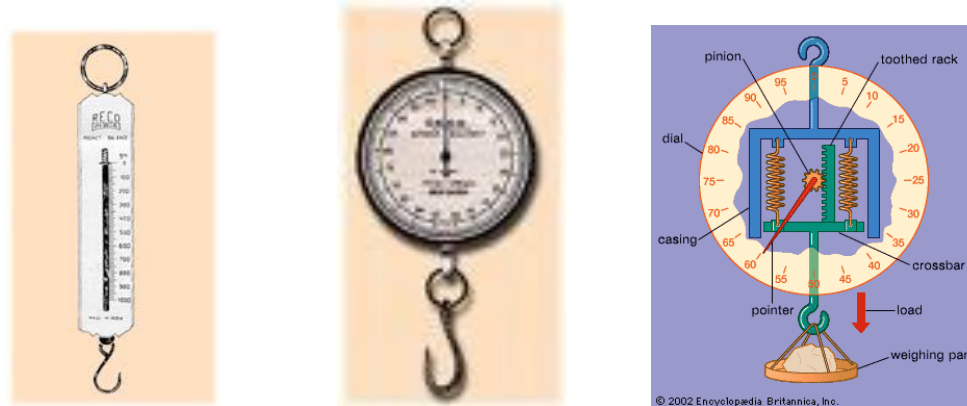
✚ Υπάρχουν διάφοροι τύποι αισθητήρα δύναμης, βάρους, ροπής. Θα εξετάσουμε τρεις τύπους:

■ Εξισορρόπηση δύναμης από γνωστό βάρος

■ Μετατροπή δύναμης σε πίεση ρευστού

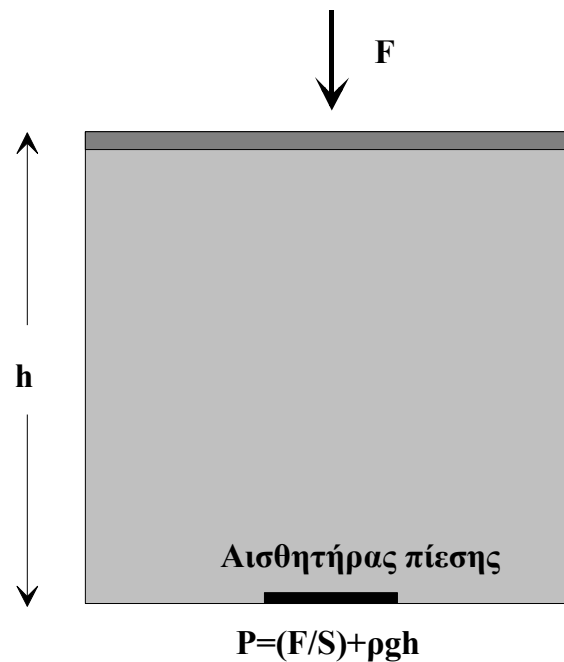
■ Παραμόρφωση ελαστικού στοιχείου

✚ Ο πρώτος τύπος αφορά την γνωστή μας ζυγαριά, η λειτουργία της οποίας μπορεί να βασίζεται σε ισορροπία ή σε ελατήριο. Ως πλέον εξελιγμένη είναι η ζυγαριά με ελατήριο, όπου η δύναμη μετατρέπεται σε μετατόπιση.



✚ Ο αισθητήρας δύναμης τύπου εξισορρόπησης, όταν συνοδεύεται από αισθητήρα μετατόπισης, όπως τύπου ποτενσιομέτρου ή γραμμικού μεταβλητού διαφορικού μετασχηματιστή, έχει δυνατότητα ηλεκτρικής εξόδου.

✚ Στο δεύτερο τύπο, η δύναμη μετατρέπεται σε πίεση ($P=F/S$) η οποία επενεργεί σε ένα ρευστό και μετριέται στη συνέχεια με αισθητήρα πίεσης.



✚ Ο τρίτος τύπος μπορεί να αναπτυχθεί απλά από ένα ελαστικό στοιχείο (ένα κυκλικό διάφραγμα) και ένα αισθητήρα γραμμικής μετατόπισης όπως για παράδειγμα γραμμικό μεταβλητό διαφορικό μετασχηματιστή. Η εφαρμοζόμενη δύναμη παραμορφώνει το διάφραγμα, οπότε το κέντρο του μετατοπίζεται. Η μετατόπιση του κέντρου προκαλεί μετατόπιση του πυρήνα μαλακού σιδήρου άρα και την ηλεκτρική έξοδο του γραμμικού μεταβλητού διαφορικού μετασχηματιστή. Ο αισθητήρας αυτός έχει ευαισθησία $2\text{mV/V}_{\text{εισ.}}$, συχνότητα λειτουργίας 60 Hz έως 20 kHz και μετρά μερικά γραμμάρια έως λίγους τόνους.

✚ Ο βασικός όμως αισθητήρας δύναμης τύπου παραμόρφωσης ελαστικού στοιχείου είναι η πιεζοαντίσταση. Η αρχή λειτουργίας της είναι: η αλλαγή των διαστάσεων ενός αγωγίμου ή ημιαγωγίμου σύρματος (κύρια του μήκους του) λόγω της παραμόρφωσης του προκαλεί αλλαγή στην τιμή της αντίστασης του.

✚ Για να περιγράψουμε το φαινόμενο αυτό ορίζουμε τον συντελεστή πιεζοαντίστασης G που δίνεται από την σχέση:

$$G = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L}$$

και μας καθορίζει την σχετική μεταβολή της αντίστασης ως προς την μεταβολή του μήκους του σύρματος.

✚ Αντίστοιχα, για να περιγράψουμε τις τάσεις που προκαλούν οι δυνάμεις, ορίζουμε την μηχανική τάση ε που ορίζεται από:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

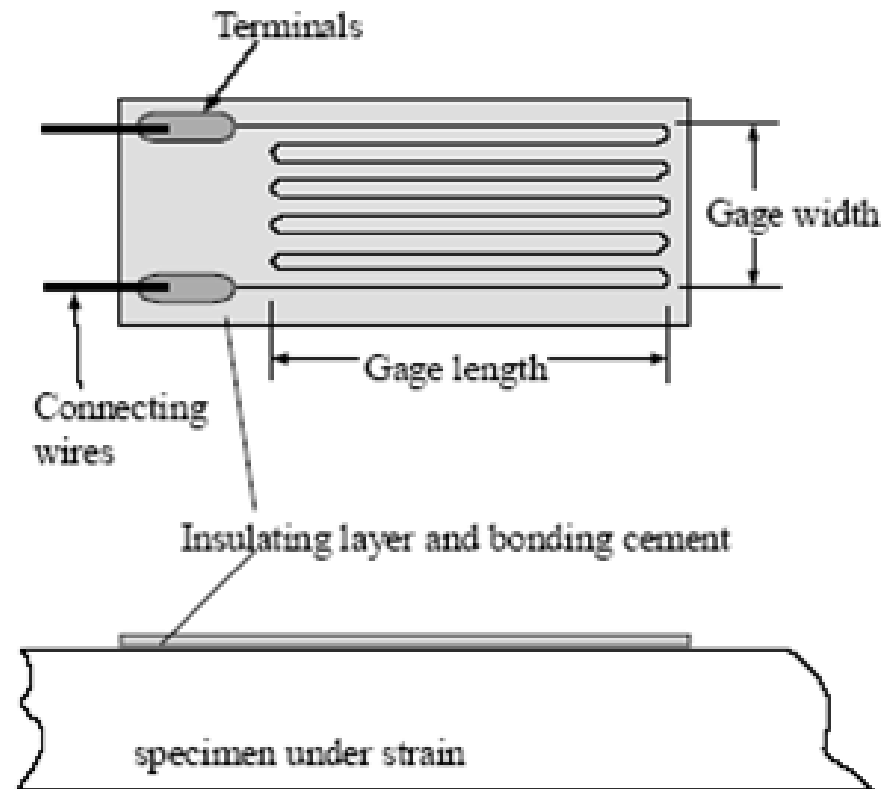
Σαν αποτέλεσμα, όταν μιλάμε για μηχανική τάση 10 με, αναφερόμαστε σε δύναμη που προκαλεί μεταβολή του μήκους του σύρματος $\Delta L = 10 \times 10^{-6} \times L$

✚ Η πιεζοαντίσταση υπάρχει σε δύο τύπους: την προσκολλημένη σε ελαστικό αντικείμενο και την ελεύθερη.

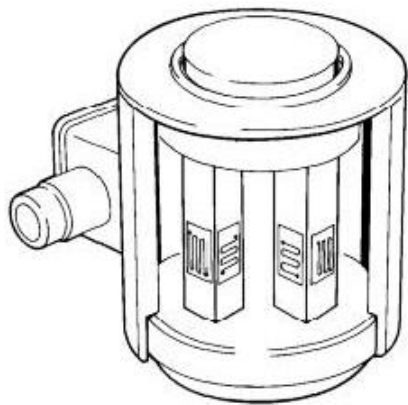
✚ Συνήθως, η πιεζοαντίσταση αποτελεί τον ένα βραχίονα σε γέφυρα Wheatstone, έτσι ώστε η μεταβολή της αντίστασης να μετατρέπεται σε μεταβολή τάσης.

✚ Η πιεζοαντίσταση η προσκολλημένη σε ελαστικό αντικείμενο αποτελείται από λεπτό σύρμα (0,03 mm διατομή) ή λεπτή επίστρωση αγωγίμου υλικού (όπως κράματα χαλκού-νικελίου ή χρωμίου-νικελίου) που σχηματίζουν ζιγκ-ζαγκ.

✚ Το σύρμα ή η επίστρωση είναι κολλημένο σε μονωτικό υλικό, όπως χαρτί, ενώ το όλο σύστημα είναι μόνιμα προσκολλημένο σε ελαστική επιφάνεια της οποίας οι διαστάσεις μπορούν να μεταβάλλονται λόγω εξωτερικής δύναμης.



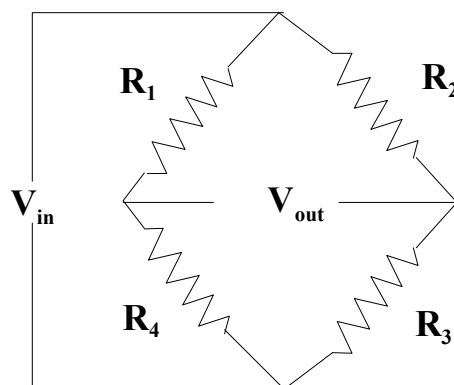
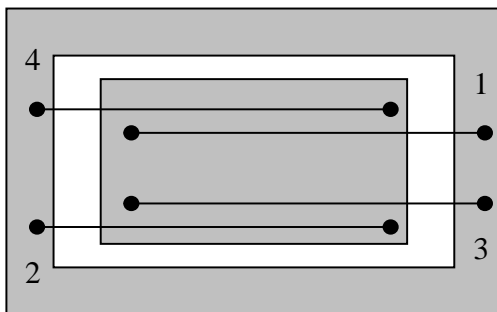
- ✚ Η παραπάνω διάταξη μπορεί να παρακολουθεί δυνάμεις σε ένα άξονα (οριζόντιο), ενώ αν συνδυαστεί με δύο ή περισσότερες, μπορεί να καταγράφει δυνάμεις σε δύο ή τρεις διαστάσεις.
- ✚ Η πιεζοαντίσταση αυτή προσκολλάται μόνο μία φορά
- ✚ Η αντίσταση της έχει τιμή $100 \Omega - 1 \text{ K}\Omega$, παρακολουθεί άνετα παραμορφώσεις 10-1000 με, ενώ με κατάλληλο σχεδιασμό η διακριτική της ικανότητα φτάνει τα 0,1 με.
- ✚ Η ακρίβεια των μετρήσεων εξαρτάται από το πόσο καλή είναι η τοποθέτηση και η προσκόλληση του σύρματος ή της επίστρωσης.
- ✚ Η ευαισθησία της εξαρτάται από την θερμοκρασία, η μεταβολή της οποίας επηρεάζει το αποτέλεσμα



- ✚ Έχει πολύ καλή δυναμική συμπεριφορά καθώς μετρά μέχρι μερικές δεκάδες kHz.
- ✚ Μπορεί να μετρήσει μέχρι μερικούς τόνους.
- ✚ Για την δημιουργία αισθητήρα δύναμης μεγάλης ακρίβειας και ευαισθησίας, η λειτουργία του οποίου δεν θα επηρεάζεται από την εφαρμογή της δύναμης, έχουν αναπτυχθεί οι κυψελίδες φόρτισης.

✚ Αποτελούνται από ελαστικό άξονα (ή ελαστικούς άξονες), οι οποίοι δέχονται το φορτίο της δύναμης, πάνω στον οποίο υπάρχουν τέσσερις πιεζοαντιστάσεις, η κατεύθυνση των οποίων διαφέρει 90° (έχουν διεύθυνση ως προς την εφαρμογή της δύναμης $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$). Αποτελούν διατάξεις ακριβείας, άριστης γραμμικότητας και μεγάλης ευαισθησίας.

✚ Η ελεύθερη πιεζοαντίσταση αποτελείται από δύο βάσεις, μία σταθερή και μία κινούμενη, με την τελευταία να μπορεί να κινηθεί λόγω της υπό μέτρηση δύναμης. Οι δύο βάσεις συνδέονται με τέσσερις πιεζοαντιστάσεις απλά σύρματα (1 έως 4), τα οποία είναι ήδη τεντωμένα (ώστε να υπάρχει δυνατότητα μέτρησης εφέλκυσης αλλά και συμπίεσης)



✚ Κατά την εφαρμογή μιας δύναμης, δύο από τις αντιστάσεις θα τεντώσουν (π.χ. οι 1 και 3) και δύο θα συμπιεστούν (π.χ. οι 2 και 4). Άρα, στις δύο θα αυξηθεί η τιμή της αντίστασης, ενώ στις άλλες δύο θα ελαττωθεί.

✚ Αν συνδεθούν σε γέφυρα όπως στο σχήμα, με την γέφυρα να είναι σε ισορροπία απουσία δύναμης, η παρουσία δύναμης θα παραμορφώσει τις αντιστάσεις και θα φέρει την γέφυρα εκτός ισορροπίας. Η τάση στην έξοδο θα είναι ανάλογη της παραμόρφωσης άρα και της δύναμης.

✚ Η ελεύθερη πιεζοαντίσταση έχει καλή ευαισθησία, καλή δυναμική συμπεριφορά αλλά μετρά μικρότερες δυνάμεις από την προσκολλημένη πιεζοαντίσταση.