

ΘΕΩΡΙΑ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ



MSc Welding Engineering & NDI
Mech Eng & Ind. Design, TEIWM

Δρ. Βουλγαράκη
Χαριτίνη

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ
&
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

2016



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Μέθοδος Μαγνητικών Σωματιδίων	3
1.1. Βασικές Αρχές	3
1.1.1. Μαγνητισμός	4
1.1.2. Τύποι Μαγνητισμού	4
1.2. Βρόχος Υστέρησης	6
1.3. Εξοπλισμός και Υλικά	10
1.3.1. Φορητός Εξοπλισμός για Έλεγχο με τη Μέθοδο των Μαγνητικών Σωματιδίων	10
1.3.2 Σταθερός Εξοπλισμός για Έλεγχο με τη Μέθοδο των Μαγνητικών Σωματιδίων	12
1.4. Φωτισμός για τον έλεγχο με Μαγνητικά Σωματίδια	13
1.5. Μαγνητικά Σωματίδια	14
1.6. Επιθεώρηση με την Τεχνική των Μαγνητικών Σωματιδίων	15
1.6.1. Τα βήματα που απαιτούνται για τον έλεγχο με την τεχνική των ξηρών μαγνητικών σωματιδίων	16
1.7. Βιβλιογραφικές Αναφορές	16

1. Μέθοδος Μαγνητικών Σωματιδίων

Η επιθεώρηση με τη μέθοδο των μαγνητικών σωματιδίων (MT) χρησιμοποιείται για την ανίχνευση ασυνεχειών. Η μέθοδος αυτή είναι γρήγορη και σχετικά εύκολη στην εφαρμογή της. Χρησιμοποιεί μαγνητικά πεδία και μικρά μαγνητικά σωματίδια για την ανίχνευση των ασυνεχειών. Η βασική τους προϋπόθεση είναι το υπό-εξέταση δοκίμιο να είναι σιδηρομαγνητικό (π.χ. σίδηρος, νικέλιο, κοβάλτιο, κ.α.). Τα σιδηρομαγνητικά υλικά είναι υλικά που μπορούν να μαγνητιστούν ώστε ο έλεγχος να είναι αποτελεσματικός. Η μέθοδος χρησιμοποιείται για μια ποικιλία εφαρμογών όπως έλεγχος χυτών, συγκολλήσεων, κ.α. Από το είδος ηλεκτρικού ρεύματος, συνεχές ή εναλλασσόμενο, εξαρτάται και το βάθος ελέγχου. Με εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο, λόγω του φαινομένου “skin effect”, οι δυναμικές γραμμές έχουν την τάση να συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του δοκιμίου. Ενώ με το συνεχές μαγνητικό πεδίο είναι δυνατόν να ανιχνευθούν ατέλειες μέχρι βάθους 8-10mm. Γενικά με τη μέθοδο αυτή εντοπίζονται επιφανειακές ατέλειες πλάτους μέχρι 0.001mm.



Εικόνα 1. Επιθεώρηση μαγνητικών σωματιδίων

1.1. Βασικές Αρχές

Η θεωρία των Μαγνητικών Σωματιδίων (MT) στηρίζεται στο συνδυασμό δύο Μη Καταστροφικών Μεθόδων, της διαρροής της μαγνητικής ροής και του οπτικού ελέγχου. Εάν θεωρήσουμε ότι έχουμε μια ράβδο μαγνήτη, τότε υπάρχει μαγνητικό πεδίο μέσα και γύρω από το μαγνήτη. Το σημείο όπου μια μαγνητική γραμμή φεύγει ή εισέρχεται στο μαγνήτη ονομάζεται πόλος. Το σημείο όπου εξέρχεται μία μαγνητική γραμμή ονομάζεται βόρειος πόλος ενώ το σημείο που εισέρχεται ονομάζεται νότιος πόλος. Όταν μία ράβδος μαγνήτη κοπεί στη μέση τότε θα δημιουργηθούν δύο νέοι μαγνήτες με μαγνητικούς πόλους. Εάν ο μαγνήτης απλώς ραγίσει αλλά δεν σπάσει, ένας νότιος και βόρειος πόλος δημιουργείται στα άκρα της ρωγμής. Το μαγνητικό πεδίο εξέρχεται από το βόρειο πόλο και εισέρχεται στο νότιο πόλο. Το μαγνητικό πεδίο απλώνεται όταν εισέρχεται ένα μικρό κενό αέρα που δημιουργείται από τη ρωγμή επειδή ο αέρας δεν μπορεί να υποστηρίξει τόσο



μαγνητικό πεδίο όσο μπορεί ο μαγνήτης. Όταν το πεδίο απλώνεται, εμφανίζεται σαν να διαφεύγει από το υλικό και αυτό ονομάζεται διαρροή μαγνητικού πεδίου.

Εάν σιδηρομαγνητικά σωματίδια διασκορπιστούν σε ένα σπασμένο μαγνήτη, τα σωματίδια θα κατευθυνθούν όχι μόνο στις άκρες του μαγνήτη αλλά και στους πόλους της ρωγμής. Αυτή η ομάδα μαγνητικών σωματιδίων είναι πιο εύκολο να εντοπιστεί σε σχέση με τον εντοπισμό της ίδιας της ρωγμής.

1.1.1. Μαγνητισμός

Πολλοί άνθρωποι είναι εξοικειωμένοι με τις γενικές ιδιότητες των μαγνητών αλλά δε γνωρίζουν πολλά για την πηγή μαγνητισμού. Η ιδέα του μαγνητισμού στηρίζεται στο μαγνητικό πεδίο και είναι ευρέως γνωστή ως δίπολο. Το μαγνητικό πεδίο περιγράφει ένα χώρο όπου η αλλαγή της ενέργειας γίνεται μέσα σε αυτό το χώρο. Αυτή η αλλαγή της ενέργειας μπορεί να ανιχνευτεί και να μετρηθεί. Αυτή η αλλαγή του μαγνητικού πεδίου εντοπίζεται στην είσοδο ή στην έξοδο ενός υλικού που ονομάζεται μαγνητικός πόλος. Οι μαγνητικοί πόλοι εμφανίζονται πάντα σε ζευγάρια και για αυτό ονομάζεται δίπολο. Επομένως, το δίπολο αποτελείται από δύο μαγνητικούς πόλους ίσους αλλά αντίθετους, ο ένας στην είσοδο και ο άλλος στην έξοδο του αντικειμένου. Ένα παράδειγμα μαγνητικού δίπολου είναι μία ράβδος μαγνήτη με βόρειο και νότιο πόλο. Το μαγνητικό πεδίο του δίπολου μπορεί να μετρηθεί στο βόρειο πόλο όπου εξέρχεται και στην επιστροφή του μαγνητικού πεδίου στο νότιο πόλο του. Εάν ένας μαγνήτης κόβεται στα δύο τότε δύο μαγνήτες ή δύο δίπολα δημιουργούνται.

1.1.2. Τύποι Μαγνητισμού

Τα ηλεκτρόνια των ιόντων των ορυκτών, επειδή περιστρέφονται περί τον άξονά τους παράλληλα με την κίνησή τους επί τροχιών εντός ηλεκτρικού πεδίου, έχουν μαγνητικές στιγμές (magnetic moments). Ο μαγνητισμός ενός ορυκτού αποτελεί ατομική ιδιότητα η οποία εξαρτάται κυρίως από τον τύπο περιστροφής των ηλεκτρονίων περί τον άξονά τους (spin). Όταν οι περιστροφές δύο ηλεκτρονίων είναι αντίθετες, η καθαρή μαγνητική στιγμή είναι μηδενική αφού υπάρχει αλληλοαναιρέση των περιστροφών. Αντίθετα, όταν οι περιστροφές είναι παράλληλες οι μαγνητικές στιγμές προστίθενται. Τα ορυκτά όταν βρεθούν σε ένα μαγνητικό πεδίο επηρεάζονται κατά διαφορετικό βαθμό, που εκφράζεται με τη καλούμενη μαγνητική επιδεκτικότητα αυτών, και με βάση αυτήν διακρίνονται σε:

Διαμαγνητικά, Παραμαγνητικά, Σιδηρομαγνητικά.



Διαμαγνητικά είναι τα ορυκτά οι κρύσταλλοι των οποίων περιέχουν χημικά στοιχεία, που τα ηλεκτρόνιά τους έχουν περιστροφές (spins) αντίθετες (ισορροπημένες). Εμφανίζονται με μικρή ή μηδενική μαγνητική ευαισθησία και απωθούνται ελαφρά από μαγνητικό πεδίο.

Διαμαγνητικά σώματα είναι ο ασβεστίτης, το ορυκτό άλας ή αλίτης NaCl , ο χαλαζίας SiO_2 , ο αλβίτης $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, η γύψος $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ο απατίτης $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$, τα μέταλλα Au , Ag , Bi καθώς επίσης τα ορυκτά που οι κρύσταλλοί τους σχηματίζονται με δυνάμεις ομοιοπολικού δεσμού ή έχουν ιόντα με διαμόρφωση ίδια με εκείνη που έχουν τα ευγενή αέρια.

Παραμαγνητικά είναι τα ορυκτά οι κρύσταλλοι των οποίων περιέχουν ιόντα που χαρακτηρίζονται από παράλληλη ταξινόμηση ηλεκτρονικών περιστροφών (spins). Η δομή των ορυκτών αυτών χαρακτηρίζεται από τυχαία διευθέτηση των μαγνητικών διπόλων. Έχουν μικρή μαγνητική επιδεκτικότητα και έλκονται ελαφρά από μαγνητικό πεδίο.

Ως παραδείγματα παραμαγνητικών ορυκτών αναφέρονται ο αυγίτης (πυρόξενος) $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})(\text{Al}, \text{Si})_2\text{O}_6$, ο ολιβίνης $(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$, ο βιοτίτης $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{OH})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$. Μεγάλη σημασία στο μαγνητισμό των ορυκτών έχει η παρουσία στη σύστασή τους ορισμένων μεταβατικών στοιχείων όπως Fe , Mn , Cr και Ti και σε λιγότερο βαθμό V , Ni , Co και Cu , τα οποία, λόγω της ηλεκτρονικής τους διαμόρφωσης, είναι από τα πιο μαγνητικά. Τα περισσότερα μαγνητικά υλικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι παραμαγνητικά τα οποία έχουν υποβληθεί σε ισχυρό μαγνητικό πεδίο. Τμήμα των μαγνητικών διπόλων ευθυγραμμίζεται με το μαγνητικό πεδίο και έτσι καθίστανται μαγνητικά. Μετά, όμως, την απομάκρυνση του μαγνητικού πεδίου χάνουν τον μαγνητισμό τους.

Σε αντίθεση με τα παραμαγνητικά, τα **σιδηρομαγνητικά** ορυκτά μαγνητίζονται έντονα όταν βρεθούν σε μαγνητικό πεδίο αλλά διατηρούν το μαγνητισμό τους και μετά την απομάκρυνσή του πεδίου. Με θέρμανση πάνω από τη θερμοκρασία Curie, την κρίσιμη θερμοκρασία μετατροπής ενός σιδηρομαγνητικού υλικού σε παραμαγνητικό, τα σιδηρομαγνητικά υλικά χάνουν το μόνιμο μαγνητισμό τους και μεταπίπτουν σε παραμαγνητικά. Η θερμοκρασία Curie για το μεταλλικό σίδηρο είναι 770°C και για το μαγνητίτη 580°C .

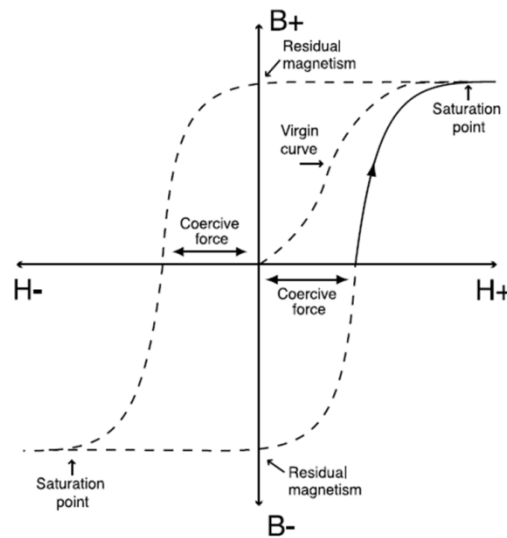
Τα φυσικά σιδηρομαγνητικά σώματα είναι λίγα όπως ο μαγνητίτης, ο μαγνητοπυρίτης και ο μαγκεμίτης, ένα πολύμορφο του αιματίτη ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Οι κοινοί μαγνήτες δεν είναι φυσικοί. Είναι κράματα τα οποία έχουν υποβληθεί σε ισχυρό μαγνητικό πεδίο. Τα σιδηρομαγνητικά ορυκτά διακρίνονται στην πραγματικότητα σε δύο ομάδες, τα σιδηρο(Fe^{2+})μαγνητικά και τα σιδηρο(Fe^{3+})μαγνητικά με βάση τον παράλληλο ή αντιπαράλληλο ευθυγραμμισμό προσανατολισμό των μαγνητικών διπόλων. Οι μαγνητικές ιδιότητες των ορυκτών έχουν μεγάλη σημασία όχι μόνο για την μακροσκοπική αναγνώριση αυτών αλλά και για το διαχωρισμό από μείγμα, των διαμαγνητικών και παραμαγνητικών, όπως επίσης και των παραμαγνητικών ορυκτών μεταξύ τους με τη βοήθεια ειδικών μαγνητικών συσκευών (μαγνητικοί διαχωριστές).



1.2. Βρόχος Υστέρησης

Βρόχος υστέρησης ορίζεται η μεταβολή της μαγνητική επαγωγής B με την ένταση του εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου H (Σχέση 1, Σχήμα 1) σε ένα σιδηρομαγνητικό υλικό.

$$B = f(H) \quad (1)$$

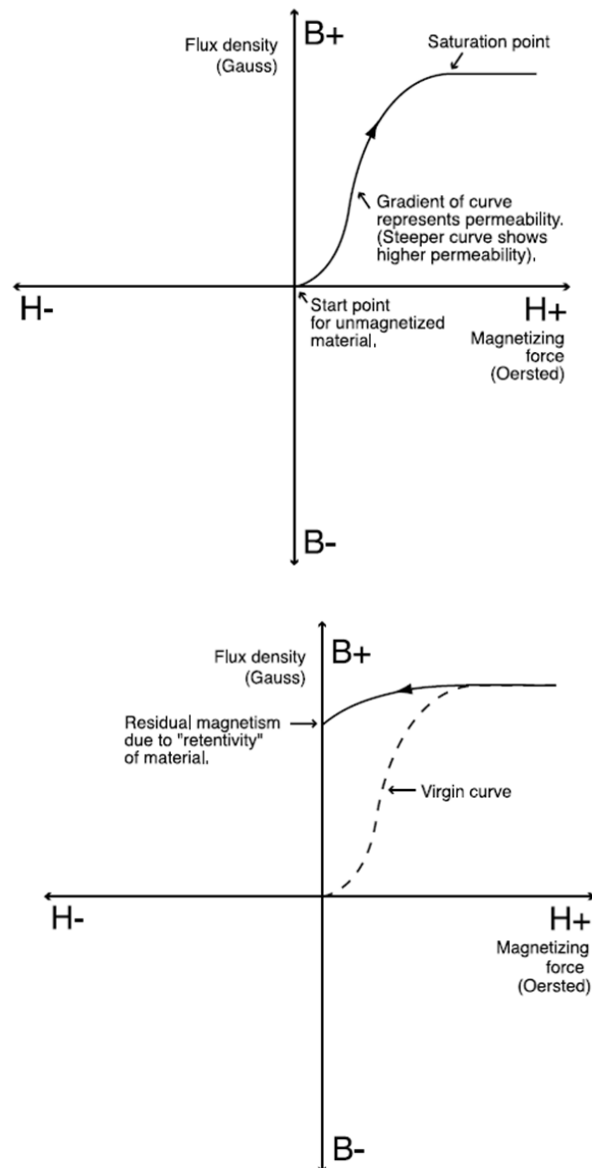


Σχήμα 1. Βρόχος Υστέρησης

Το εμβαδόν που περικλείει ο βρόχος υστέρησης αποτελεί μέτρο των απωλειών ενέργειας κατά τη διάρκεια ενός πλήρη κύκλου μαγνήτισης και απομαγνήτισης του υλικού.



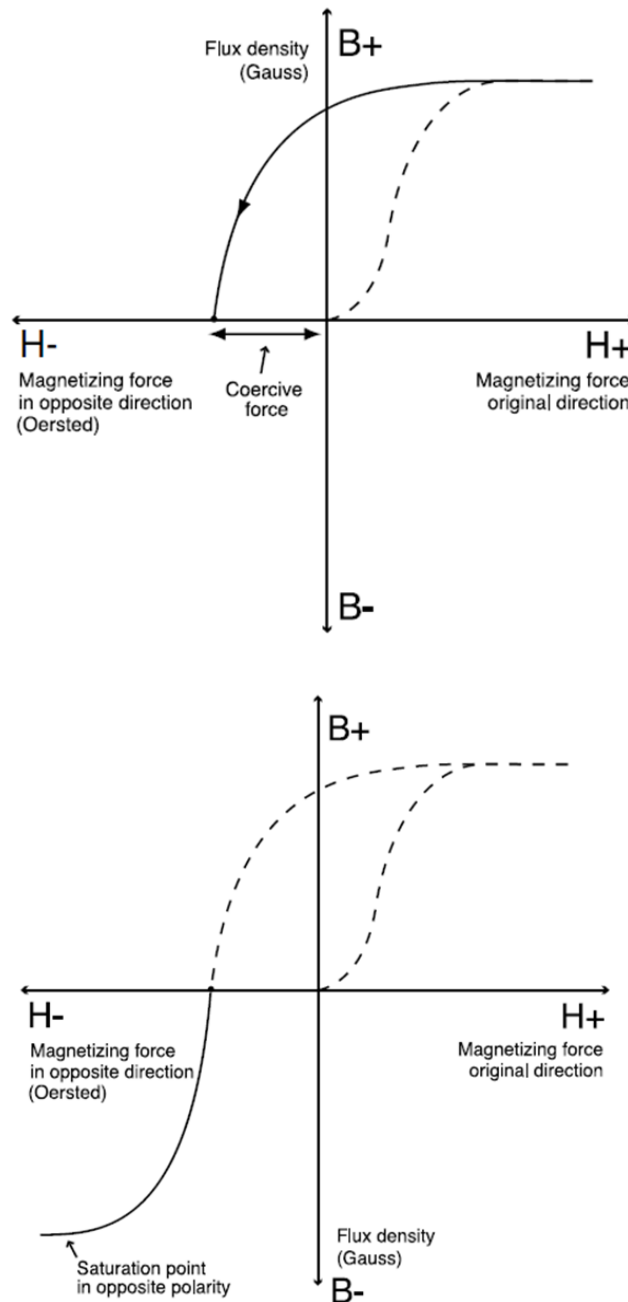
Εάν ένα υλικό μαγνητιστεί μέχρι ένα σημείο κορεσμού (saturation point) και στη συνέχεια μηδενιστεί το πεδίο που προκάλεσε τη μαγνήτιση, η μαγνητική επαγωγή δε μηδενίζεται αλλά διατηρεί μια θετική τιμή, η οποία ονομάζεται παραμένουσα μαγνητική επαγωγή (Residual magnetism) και η αντίστοιχη τιμή της μαγνήτισης παραμένουσα μαγνήτιση (Σχήμα 2). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται υστέρηση.



Σχήμα 2. Καμπύλη Μαγνήτισης, Σημείο Κορεσμού



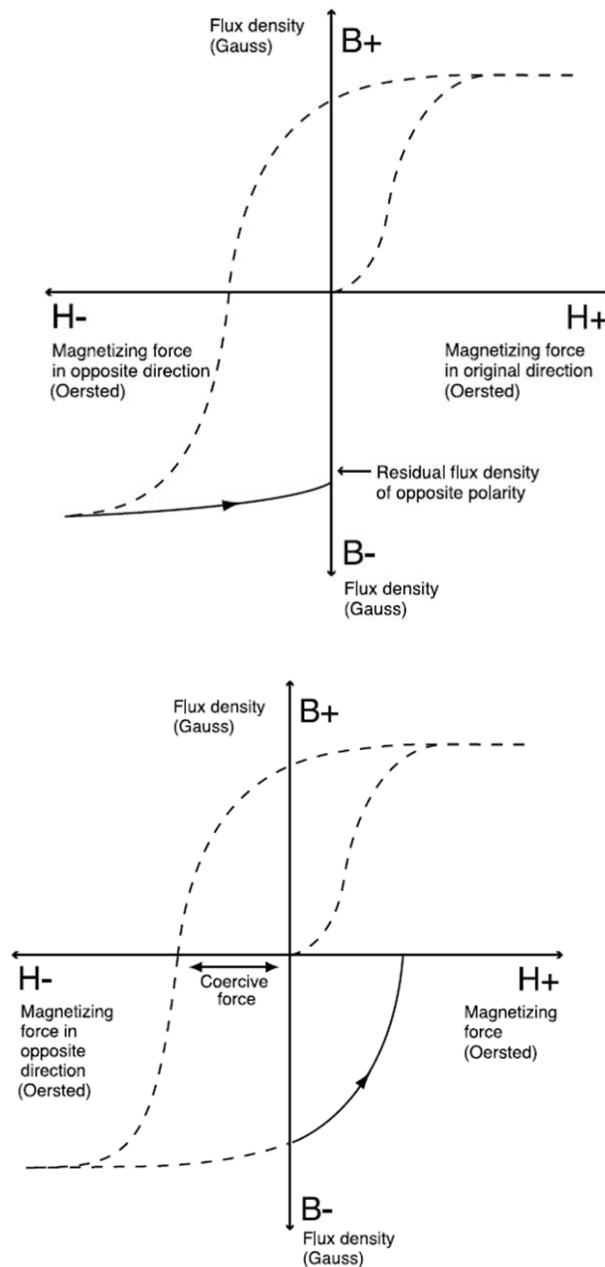
Αντιστρέφοντας το φορτίο του πεδίου επιτυγχάνεται ο μηδενισμός της μαγνήτισης. Η τιμή της μαγνητικής διέγερσης (H) για την οποία μηδενίζεται η Μαγνήτιση ονομάζεται συνεκτικό πεδίο (coercive force). Αυξάνοντας τη μαγνητική διέγερση κατά την ίδια φορά το υλικό φτάνει σε κορεσμό με τις μαγνητικές ροπές προσανατολισμένες αντίστροφα (saturation point in opposite polarity) (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Καμπύλη Μαγνήτισης, Σημείο Κορεσμού Αντίθετης Πολικότητας.



Στη συνέχεια μειώνεται το πεδίο, μέχρι να μηδενιστεί. Παρατηρείται (όπως και προηγουμένως) παραμένουσα μαγνητική επαγωγή με αντίθετη κατεύθυνση (Residual magnetism in opposite polarity). Εφαρμόζοντας ξανά θετικό πεδίο κλείνει η καμπύλη (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Καμπύλη Μαγνήτισης, Παραμένουσα Μαγνητική Επαγωγή Αντίθετης Πολικότητας και Κλείσιμο Καμπύλης

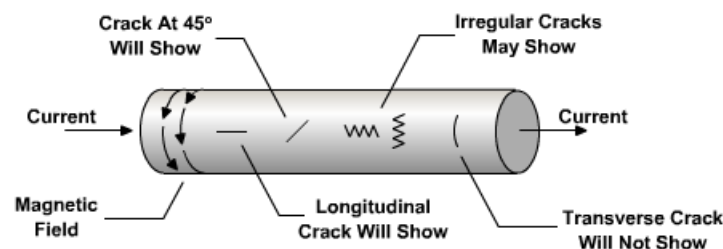
Ο βρόχος υστέρησης χαρακτηρίζει τα σιδηρομαγνητικά υλικά και τα διαχωρίζει σε δύο κατηγορίες:

- Τα Μαγνητικώς Μαλακά Υλικά, έχουν λεπτό και όρθιο βρόχο (μεγάλη μαγνητική διαπερατότητα, μικρή παραμένουσα μαγνήτιση).
- Τα Μαγνητικώς Σκληρά Υλικά, έχουν φαρδύ και πλαγιαστό βρόχο (μικρή μαγνητική διαπερατότητα, μεγάλη παραμένουσα μαγνήτιση).

1.3. Εξοπλισμός και Υλικά

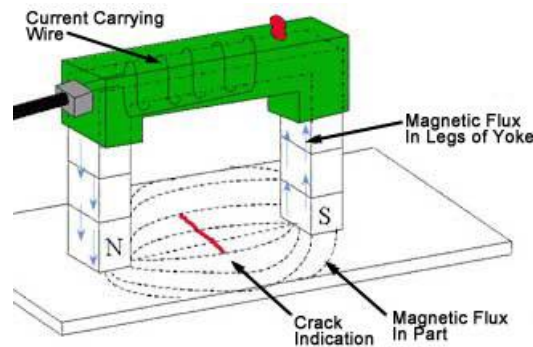
1.3.1. Φορητός Εξοπλισμός για Έλεγχο με τη Μέθοδο των Μαγνητικών Σωματιδίων

Για τον καλό έλεγχο και εντοπισμό ρωγμών και άλλων ασυνεχειών, είναι σημαντικό να υπάρχει εξοικείωση με τον εξοπλισμό που δημιουργεί μαγνητικά πεδία. Σε ένα σιδηρομαγνητικό υλικό το μαγνητικό πεδίο που επάγεται πρέπει να βρίσκεται την ασυνέχεια υπό γωνία 90° ή 45° μοίρες. Οι ασυνέχειες που βρίσκονται σε 90° με το μαγνητικό πεδίο παράγουν τις πιο έντονες ενδείξεις διότι διασπούν περισσότερη μαγνητική ροή.



Επομένως, για έναν ασφαλή και πλήρη έλεγχο θα πρέπει να δημιουργηθεί μαγνητικό πεδίο τουλάχιστον δύο κατευθύνσεων. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία εξοπλισμού που εξασφαλίζει τη δημιουργία μαγνητικού πεδίου για τον έλεγχο με τα μαγνητικά σωματίδια. Ένα βασικό κριτήριο διαχωρισμού του εξοπλισμού είναι η φορητότητά του. Υπάρχει εξοπλισμός φορητός ώστε ο έλεγχος να γίνεται σε οποιαδήποτε σημείο και εξοπλισμός σταθερός ώστε ο έλεγχος να διεξάγεται στο εργαστήριο.

- **Ηλεκτρομαγνήτες**



Σήμερα, το μεγαλύτερο μέρος του εξοπλισμού για τη δημιουργία μαγνητικού πεδίου που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο με τα μαγνητικά σωματίδια βασίζεται στον ηλεκτρομαγνητισμό. Αυτό σημαίνει, ότι χρησιμοποιούμε ηλεκτρικό ρεύμα για να παραχθεί μαγνητικό πεδίο. Ένας Ηλεκτρομαγνήτης yoke είναι ο πιο σύνηθες εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μαγνητικού πεδίου. Υπάρχει και διακόπτης ώστε το ρεύμα και επομένως και το μαγνητικό πεδίο να διακόπτεται και να δημιουργείται. Η τροφοδοσία γίνεται με εναλλασσόμενο ρεύμα και με συνεχές ρεύμα (αν χρησιμοποιείται μπαταρία). Αυτό το είδος μαγνήτη δημιουργεί τοπικά δυνατό μαγνητικό πεδίο (όπου ακουμπούν οι πόλοι του μαγνήτη).

- **Φορητά Πηνία και Επαγόμενα Καλώδια**

Τα πηνία και τα επαγόμενα καλώδια χρησιμοποιούνται για την παραγωγή διαμήκους μαγνητικού πεδίου μέσα στο υπό-εξέταση υλικό. Τα υλικά που επιθεωρούνται τοποθετούνται στο εσωτερικό των πηνίων. Τα πηνία που συνήθως χρησιμοποιούνται αποτελούνται από τρεις ή πέντε σπείρες (καλώδιο χαλκού).

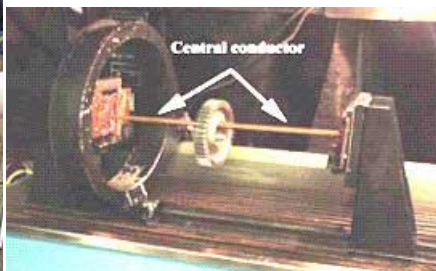


1.3.2 Σταθερός Εξοπλισμός για Έλεγχο με τη Μέθοδο των Μαγνητικών Σωματιδίων

Ο έλεγχος με μαγνητικά σωματίδια με σταθερό εξοπλισμό έχει σχεδιαστεί για χρήση στο εργαστήριο ή για χρήση σε περιβάλλον παραγωγής. Οι πιο διαδεδομένοι σταθεροί εξοπλισμοί είναι οι οριζόντιες μονάδες πάγκου. Σε αυτές παράγεται ένα κυκλικό μαγνητικό πεδίο. Επίσης, οι περισσότερες σταθερές μονάδες έχουν ένα φορητό πηνίο το οποίο μπορεί να μεταφερθεί σε διάφορα σημεία ώστε να έχει και δυνατότητα παραγωγής διαμήκους μαγνητικού πεδίου. Τα περισσότερα πηνία έχουν πέντε σπείρες και διάφορα μεγέθη. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν φθορίζοντα και μη φθορίζοντα μαγνητικά σωματίδια. Επίσης, πολλά συστήματα προσφέρουν μια ποικιλία επιλογών για τη μαγνήτιση του υπό-εξέταση δοκιμίου. Ο χειριστής μπορεί να επιλέξει τη χρήση εναλλασσόμενου ή συνεχούς ρεύματος.



Κατά την επιθεώρηση ενός υπό-εξέταση δοκιμίου για να χρησιμοποιήσουμε τη σταθερή μονάδα πάγκου απαιτείται να τοποθετήσουμε το δοκίμιο ανάμεσα στις δύο ηλεκτρικές επαφές. Όταν η μαγνητική επιθεώρηση θα γίνει με την τεχνική του λουτρού τότε το δοκίμιο θα εμποτιστεί με υγρά σωματίδια και στη συνέχεια θα εφαρμοστεί ρεύμα για μικρό χρονικό διάστημα περίπου διάρκειας 0.5-1.5 δευτερόλεπτα. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργηθεί ένα κυκλικό μαγνητικό πεδίο περιφερειακά στο υπό-εξέταση δοκίμιο. Η παρουσία ασυνεχειών θα δημιουργήσουν διαρροή μαγνητικού πεδίου και αυτή με τη σειρά της θα προσελκύσει τα σωματίδια δίνοντας μορφή και σχήμα στις ασυνέχειες που τυχόν υπάρχουν.



Όταν χρησιμοποιείται πηνίο για τη δημιουργία διαμήκους μαγνητικού πεδίου μέσα σε ένα δοκίμιο, τότε το δοκίμιο πρέπει να τοποθετηθεί στην εσωτερική πλευρά του



πηνίου και στη συνέχεια ακολουθείται η ίδια τεχνική του λουτρού όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

Επίσης, η σταθερή μονάδα πάγκου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία κυκλικού μαγνητικού πεδίου με τη χρήση ενός κεντρικού αγωγού. Αυτή η τεχνική ελέγχου χρησιμοποιείται για τον έλεγχο δοκιμών ανοιχτά στο κέντρο όπως, σωλήνες, γρανάζια κ.α. Ένας κεντρικός αγωγός είναι ηλεκτρικά αγωγίμος κατασκευασμένος από χαλκό ή αλουμίνιο. Ο αγωγός αυτός τοποθετείται στο άνοιγμα του υπό-εξέταση δοκιμίου και συγκρατείται από τα άκρα της μονάδας πάγκου. Όταν το ρεύμα διέρχεται από τον κεντρικό αγωγό ένα κυκλικό μαγνητικό πεδίο δημιουργείται γύρω από αυτό και εισέρχεται στο υπό-εξέταση δοκίμιο.

1.4. Φωτισμός για τον έλεγχο με Μαγνητικά Σωματίδια

Η επιθεώρηση με μαγνητικά σωματίδια μπορεί να διεξαχθεί με σωματίδια ορατής αντίθεσης που είναι ορατά με γυμνό μάτι ή με φθορίζοντα σωματίδια που είναι ορατά με υπεριώδη φωτισμό. Φθορισμός ονομάζεται η διεργασία μετατροπής του υπεριώδους φωτός σε ορατό. Όταν η επιθεώρηση πραγματοποιείται με σωματίδια ορατής αντίθεσης δεν απαιτείται ιδιαίτερος φωτισμός (μπορεί να είναι διάφορες πηγές) αλλά απαιτείται φωτισμός τουλάχιστον 1000 lux.

Όταν χρησιμοποιούνται φθορίζοντα μαγνητικά σωματίδια απαιτούνται συνθήκες υπεριώδους φωτός. Τα σωματίδια που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο με φθορίζοντα είναι καλυμμένα με ένα υλικό που παράγει φως στο ορατό φάσμα όταν εκτίθενται σε υπεριώδες φως. Αυτή η πρακτική παρέχει υψηλές αντιθέσεις στις ενδείξεις που υπάρχουν. Συνήθως χρησιμοποιούνται πράσινα και κίτρινα φθορίζοντα επειδή αυτά τα χρώματα ταιριάζουν περισσότερο με την ευαισθησία του ανθρώπινου ματιού σε σκοτεινές συνθήκες (570nm). Παρόλα αυτά υπάρχουν φθορίζοντα και σε κόκκινο και μπλε χρώμα.





- **Υπεριώδες Φωτισμός**

Υπεριώδες φως ή «μαύρο φως» είναι το φως μέσα στο εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φωτός (1,000 έως 4,000 Angstroms δηλαδή με μήκος κύματος 100 έως 400nm) και είναι αόρατο στο γυμνό ανθρώπινο μάτι.. Το υπεριώδες φως χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες UV-A (A), UV-B (B), UV-C Γ. Όσο πιο μικρό είναι το μήκος του φωτός τόσο περισσότερο ενέργεια υπάρχει μέσα στο φως και τόσο πιο πολύ αυξάνεται η επικινδυνότητα στα ανθρώπινα κύτταρα.

<u>Class</u>	<u>Μήκος Κύματος</u>
UV-A	3,200–4,000 Angstroms
UV-B	2,800–3,200 Angstroms
UV-C	2,800–1,000 Angstroms

Το επιθυμητό μήκος κύματος στο Μη Καταστροφικό Έλεγχο είναι ανάμεσα στα 3,500 και 3,800A με μέγιστη συνήθως τιμή τα 3,650A. Αυτό το μήκος κύματος επιλέγεται συνήθως καθώς το εύρος της UV-A είναι πιο ασφαλές. Στο εύρος της UV-B παρόλο που είναι πολύ αποτελεσματικό στα φθορίζοντα μαγνητικά σωματίδια δεν επιλέγεται καθώς προκαλεί ανεπιθύμητες ενέργειες όπως εγκαύματα στην επιδερμίδα και είναι επιβλαβή με τα μάτια. Αυτό το μήκος κύματος συναντάται στη συγκόλληση τόξου. Η UV-C (με μήκος κύματος 1,000 to 2,800A) είναι ακόμη πιο επικίνδυνη για τα ανθρώπινα κύτταρα και χρησιμοποιείται για την εξόντωση βακτηρίων στην βιομηχανία και στην ιατρική.

1.5. Μαγνητικά Σωματίδια

Τα μαγνητικά σωματίδια αποτελούν το βασικό στοιχείο για την επιθεώρηση καθώς αυτά σχηματίζουν τις ενδείξεις των ασυνεχειών. Τα μαγνητικά σωματίδια είναι ρινίσματα σιδήρου πολύ μικρών διαστάσεων εμποτισμένα στην επιφάνεια τους με μπογιά που δίνει στα ρινίσματα συγκεκριμένο χρώμα. Τα ρινίσματα έχουν υψηλή μαγνητική διαπερατότητα αλλά χαμηλή αντίσταση στην απομαγνήτιση. Η υψηλή μαγνητική διαπερατότητα είναι σημαντική καθώς κάνει τα σωματίδια να ελκύονται εύκολα από τη διαρροή μαγνητικού πεδίου που δημιουργούν οι ασυνέχειες. Η χαμηλή αντίσταση στην απομαγνήτιση δεν επιτρέπει τα σωματίδια να μαγνητίζονται πολύ ώστε να αποφεύγεται η προσκόλληση στην επιφάνεια του δοκιμίου. Τα σωματίδια είναι διαθέσιμα σε υγρή και ξηρή μορφή.



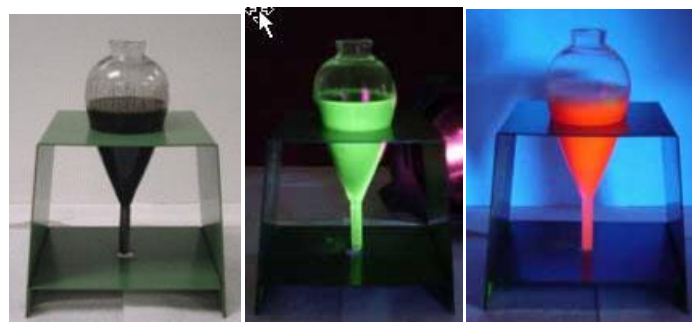


Τα ξηρά μαγνητικά σωματίδια υπάρχουν σε κόκκινο, μαύρο, γκρι κίτρινο και άλλα χρώματα ώστε να υπάρχει υψηλή αντίθεση ανάμεσα στα σωματίδια και στα υπό-εξέταση δοκίμια. Το μέγεθος των μαγνητικών σωματιδίων είναι επίσης πολύ σημαντικό. Τα ξηρά μαγνητικά σωματίδια συνήθως είναι της τάξης των 50 μm (0.002 inch) περίπου τρεις φορές μικρότερα σε μέγεθος και είκοσι φορές πιο φωτεινά από τα πιο μεγάλα σωματίδια 150 μm (0.006 inch). Αυτό τα κάνει καταλληλότερα στην διαρροή μαγνητικού πεδίου που προκαλείται από πολύ μικρές ασυνέχειες. Παρόλα αυτά δεν μπορεί μια επιθεώρηση να περιοριστεί μόνο από τα λεπτά σωματίδια. Τα πιο μεγάλα σωματίδια απαιτούνται για την ανίχνευση μεγαλύτερων ασυνεχειών. Επιπλέον, τα πολύ μικρά σωματίδια μπορούν να εγκλωβιστούν σε τραχιές επιφάνειες και μπορούν εύκολα να μετακινηθούν από τον άνεμο.

Τα υγρά μαγνητικά σωματίδια χρησιμοποιούνται σε υγρή επιθεώρηση. Συνήθως η υγρή μέθοδος είναι πιο ευαίσθητη από την ξηρή καθώς τα σωματίδια κινούνται με μεγαλύτερη ευκολία και υπάρχει δυνατότητα χρήσης σωματιδίων μικρών διαστάσεων καθώς η σκόνη και άλλες επιφανειακές “μολύνσεις” απομακρύνονται και εξαλείφονται τελείως.

Τα μαγνητικά σωματίδια είναι διαθέσιμα τόσο σε μορφή ορατής αντίθεσης όσο και σε φθορίζουσα μορφή. Τα υγρά μη φθορίζοντα μαγνητικά σωματίδια είναι σιδηρομαγνητικά ρινίσματα χρώματος μαύρου ή καφέ. Τα φθορίζοντα έχουν διάφορα χρώματα με τα πιο διαδεδομένα τα πράσινα ή κίτρινα.

Τα σωματίδια που χρησιμοποιούνται στην υγρή μέθοδο είναι μικρότερης διάστασης από αυτά που χρησιμοποιούνται στην ξηρή μέθοδο. Συγκεκριμένα, οι διαστάσεις των σωματιδίων που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι 10 μm (0.0004 inch) και μικρότερα 0.1 μm (0.000004 inch).



1.6. Επιθεώρηση με την Τεχνική των Μαγνητικών Σωματιδίων

Σε αυτή την τεχνική, τα μαγνητικά σωματίδια τοποθετούνται πάνω στην επιφάνεια καθώς το υπό-εξέταση δοκίμιο μαγνητίζεται. Η τεχνική αυτή είναι η καταλληλότερη στις περιπτώσεις ελέγχου τραχιών επιφανειών. Όταν χρησιμοποιείται ηλεκτρομαγνήτης Yoke το εναλλασσόμενο ρεύμα δημιουργεί μαγνητικό πεδίο το



οποίο δίνει κίνηση στα σωματίδια. Η τεχνική αυτή επιλέγεται και για τον έλεγχο υπό-επιφανειακών ασυνεχειών.

1.6.1. Τα βήματα που απαιτούνται για τον έλεγχο με την τεχνική των μαγνητικών σωματιδίων

Προετοιμασία της επιφάνειας. Η επιφάνεια πρέπει να είναι σχετικά καθαρή αλλά δεν είναι τόσο κρίσιμο όσο είναι στην υγρή επιθεώρηση. Η επιφάνεια πρέπει να είναι χωρίς γράσο, λάδι τα οποία παρεμποδίζουν την κίνηση των ηλεκτρονίων. Ένα λεπτό σώμα μπογιάς ή σκόνης θα μειώσουν την ευαισθησία της μεθόδου για αυτό και είναι απαραίτητο να απομακρυνθούν.

Εφαρμογή της μαγνητίζουσας δύναμης. Χρήση μόνιμων μαγνητών, ηλεκτρομαγνήτη Yoke, πηνία ώστε να εφαρμοστεί η απαραίτητη μαγνητική ροή.

Εφαρμογή μαγνητικών σωματιδίων

Εφαρμογή αέρα. Όταν εφαρμόζεται μαγνητική δύναμη απαιτείται να εφαρμόζεται αέρας για να απομακρυνθεί η πλεονάζουσα ποσότητα σωματιδίων. Η δύναμη του αέρα πρέπει να είναι ισχυρή αλλά όχι τόσο δυνατή ώστε τα απαραίτητα σωματίδια να συγκρατούνται από το μαγνητικό πεδίο. **(Εφαρμόζεται στην περίπτωση των ξηρών σωματιδίων)**

Τερματισμός της μαγνητικής δύναμης. Εάν η μαγνητική ροή δημιουργείται από έναν ηλεκτρομαγνήτη πρέπει να τερματίζεται. Εάν χρησιμοποιούνται μόνιμοι μαγνήτες τότε τους απομακρύνουμε

Έλεγχος ασυνεχειών. Παρατηρούμε τις περιοχές όπου τα μαγνητικά σωματίδια έχουν εφαρμοστεί



1.7.Βιβλιογραφικές Αναφορές

Όλες οι βιβλιογραφικές αναφορές στα Μαγνητικά Σωματίδια είναι από το www.nde-ed.org.